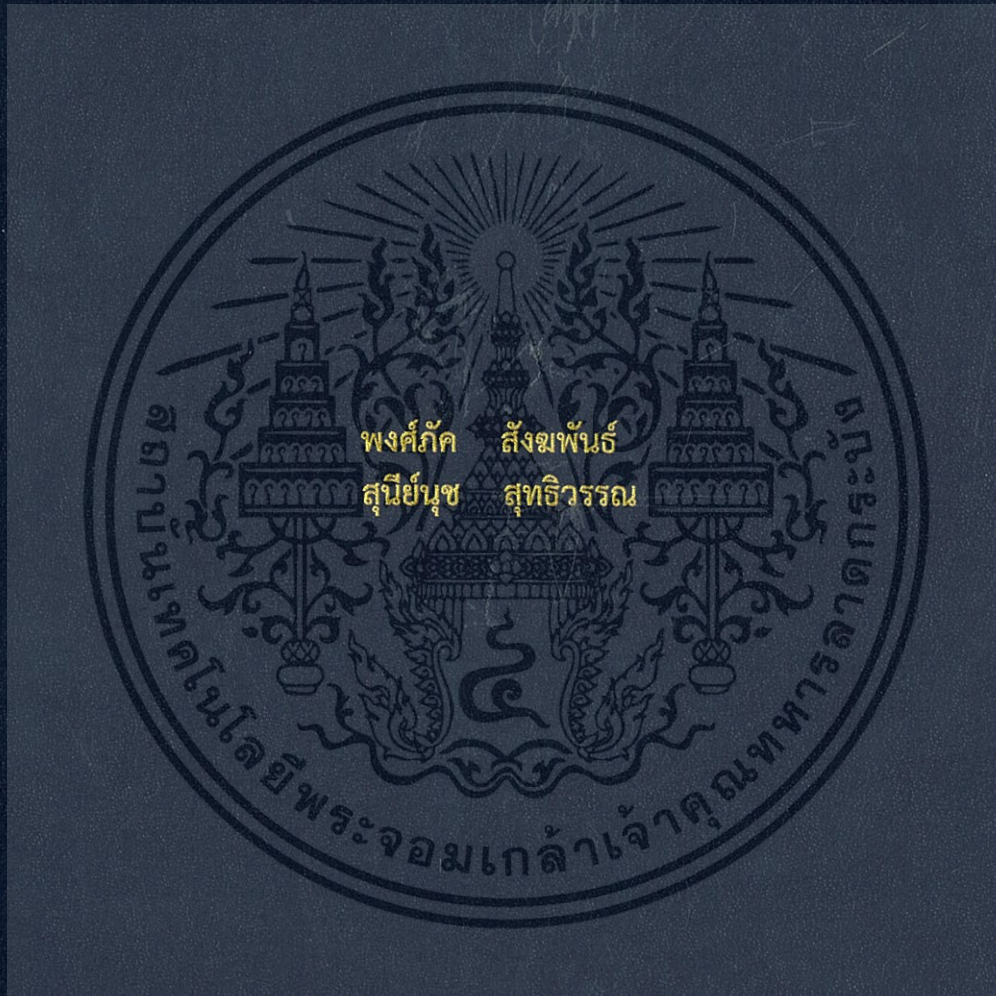


ตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ

3D PRINTER POLLUTION CONTROL CABINET



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

ตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ

3D PRINTER POLLUTION CONTROL CABINET



T149416



พงศ์ภักดิ์ สัมพันธ์

สุนิย์นุช สุทธิวารณ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 149416
วันเดือนปี 7 ส.ค. 2561

b. 19885459
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D PRINTER POLLUTION CONTROL CABINET



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ

โดย

นายพงศ์ภักดิ์ สังข์พันธ์ 56010788

นางสาวสุนีย์นุช สุทธิวรรณ 56011347

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ธีรจุฑา

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและสร้างคู่มือมลพิษของเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขและปรับปรุงข้อเสียที่เกิดจากการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยหลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติพบว่า จะก่อให้เกิดกลิ่นและควัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ตัวแปรที่สำคัญคือ อุณหภูมิที่จะต้องมีการควบคุมเพื่อให้คงประสิทธิภาพของตัวชิ้นงาน ในการทำงานของผู้ควบคุมมลพิษของเครื่องพิมพ์สามมิตินี้ ใช้ผงถ่านคาร์บอนในการกรองมลพิษอันเกิดจากกลิ่นและควันของเครื่องพิมพ์สามมิติ การทำงานอีกส่วนจะเป็นการควบคุมอุณหภูมิโดยการทำงานปกติของเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นพบว่า อุณหภูมิโดยรอบจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในโครงการนี้ได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ โดยการใช้แผ่นเพลทเทียร์ ทำหน้าที่ในการช่วยลดอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D PRINTER POLLUTION CONTROL CABINET

BY

Mr. Phongphak Sangkaphan 56010788

Ms. Suneenut Suthiwan 56011347

Advisor

Prof.Dr. Vanchai Riewruja

Academic Year 2016

ABSTRACT

This thesis presents a design and implementation of the 3D printer pollution control cabinet. The purpose of this project is to improve disadvantages caused by using the 3D printer. Based on the operation of 3D printer, it is found to produce smells and smoke that impact on user's health. In addition, another important variable is the temperature that must be controlled to maintain the work piece's performance. In the operation of 3D printer pollution control cabinet, the activated carbon is used to filter the pollution caused by smell and smoke from 3D printer. Another part is temperature control. Usually, temperature around the working table of 3D printer is increased steadily. In this project, temperature is control to not exceed the set point value by the use of temperature sensor measuring temperature around 3D printer. Peltier sheets are employed for control temperature to maintain about 30-35 degree Celsius.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ที่ถ่ายทอดความรู้ทั้งในภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติให้ผู้จัดทำได้นำมาปรับใช้ในการทำงานเพื่อให้การเขียนรายงานออกมาเป็นฉบับที่สมบูรณ์ที่สุด ซึ่งสิ่งที่ทางอาจารย์ได้ให้กับผู้จัดทำนั้นมีประโยชน์ ทั้งการให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา รวมทั้งถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่ผู้จัดทำได้มีโอกาสจัดทำโครงการนี้ และสามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้จัดทำขอขอบคุณ ศาตราจารย์ ดร.วันชัย ธีรจุฑา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการนี้ ที่คอยให้คำแนะนำต่างๆ ทั้งในด้านการทำงาน และการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการครั้งนี้ได้

ขอขอบคุณผู้สร้างเว็บไซต์และเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่ผู้จัดทำนำมาใช้เป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์และเป็นแหล่งอ้างอิง

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และหากเกิดข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้จัดทำ

พงศภัค

สุนีย์นุช

สังฆพันธ์

สุทธีวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และทำซ้ำอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ	1
1.3 ขอบเขตการทำโครงการ	2
1.4 วิธีดำเนินการทำโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ระบบกรองอากาศ	4
2.2 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ	14
2.3 แผ่นทำความเย็น	16
2.4 ทฤษฎีการควบคุมแบบ PID	20
2.5 Arduino	26
บทที่ 3 ขั้นตอนการทำโครงการ	29
3.1 Hardware ที่ใช้ในโครงการ	29
3.2 Software ที่ใช้ในโครงการ	33
3.3 รูปแบบของตู้ควบคุมที่ออกแบบใช้ในโครงการ	37
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	38
4.1 ผลการทดสอบโปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิ	38
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นเพลเทียร์	41
บทที่ 5 บทวิเคราะห์ผลและสรุปผล	46
5.1 สรุปผลการดำเนินการ	46
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2.1 ปัญหาที่พบ	46
5.2.2 แนวทางการแก้ไข	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก Datasheet ของ จอแสดงผล LCD	49
ภาคผนวก ข Datasheet ของ Arduino Uno	52
ภาคผนวก ค Datasheet ของ Arduino Motor Shield (L298P)	57
ภาคผนวก ง Datasheet ของ Pelier's Motor Drive	61
ภาคผนวก จ Datasheet ของ Temperature Sensor	69
ภาคผนวก ฉ Datasheet ของ Peltier	72
ภาคผนวก ช โปสเตอร์	75

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หลักการพื้นฐานของการกรองอากาศ	4
2.2 หลักการทำงานของการกรองอากาศ	5
2.3 รูปร่างของตู้กรองอากาศแบบต่างๆ	6
2.4 รูปร่างของพัดลมแบบ Centrifugal Fan และแบบ Axial Fan	7
2.5 โครงสร้างของตัวกรองแห้งชนิดตัวกรองละเอียดและตัวกรองเปียกในเครื่องฟอกอากาศ	9
2.6 ทิศทางการไหลของอากาศในตัวกรองอากาศ	11
2.7 ทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเปิดและปิดประตูตู้แบบต่างๆ	12
2.8 ทิศทางการไหลของอากาศในตัวกรองอากาศชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวนอน	13
2.9 ลักษณะของเครื่องพิมพ์สามมิติและสองมิติ	14
2.10 ลักษณะเครื่องพิมพ์สามมิติแบบระบบฉีดเส้นพลาสติก	15
2.11 ลักษณะของแผ่นทำความเย็น (Peltier)	16
2.12 โครงสร้างเบื้องต้นของแผ่นทำความเย็น (Peltier)	17
2.13 หลักการทำงานเบื้องต้นของแผ่นทำความเย็น (Peltier)	18
2.14 ลักษณะของตู้เย็นเพลเทียร์	19
2.15 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบพีไอดี	20
2.16 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อกำหนดค่า K_p เป็น 3 ค่า (K_i และ K_d คงที่)	22
2.17 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อกำหนดค่า K_i เป็น 3 ค่า (K_p และ K_d คงที่)	23
2.18 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อกำหนดค่า K_d เป็น 3 ค่า (K_p และ K_i คงที่)	24
2.19 บอร์ด Arduino	26
2.20 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED	26
2.21 บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield	27
2.22 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino UNO R3	27
3.1 TEC1-12706 Thermoelectric Peltier Cooler	29
3.2 พัดลม และ Heatsink ระบายความร้อน	29
3.3 Arduino UNO R3	30
3.4 2A Motor Drive Shield (L298P)	30
3.5 Power Electronic Switch Relay 1-Channel Kits Power MOSFET (55V 49A IRFZ44) with Opto-Coupler	31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 สารกรองคาร์บอนแบบหยาบ	31
3.7 1602 LCD (Blue Screen) LCD with Backlight of The LCD Screen	32
3.8 Digital Temperature Temp Sensor Probe DS18B20 for Thermometer Waterproof	32
3.9 PMT Panel Mount Power Supply 350W, 12VDC/29A	33
3.10 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino	33
3.11 การเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ Upload	34
3.12 การเลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด	34
3.13 Compile Program และ Upload Program	35
3.14 โปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องพิมพ์สามมิติ	36
3.15 รูปแบบของตู้ควบคุมที่ออกแบบใช้ในโครงการ	37
4.1 การทดสอบการทำงานภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ	38
4.2 ผลการทดสอบการทำงานภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ	41
4.3 การทดสอบการทำงานของแผ่นทำความเย็น	40
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นทำความเย็น	45

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลของการเพิ่มค่าตัวแปรอย่างอิสระ	25
2.2 Ziegler–Nichols Method	25
4.1 ผลการทดสอบการทำงานภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ	39
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นทำความเย็น	42



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่รุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว 3D Printing หรือการพิมพ์แบบสามมิติ ถือเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยม ซึ่งเป็นการสร้างโมเดลเสมือนจริงหรือการขึ้นรูปชิ้นงาน เครื่องพิมพ์แบบสามมิติไม่ใช่เรื่องใหม่ เพราะมีประวัติการพัฒนายาวนานกว่า 30 ปีแล้ว แต่สิ่งที่ทำให้วัตรกรรมนี้กลับมา เป็นที่สนใจอีกครั้งเพราะมีผู้พยายามพัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติ ให้เข้าสู่ผู้ใช้ในระดับครัวเรือนมากขึ้น

ประเภทของ 3D Printer ที่ใช้ในการพิจารณาและทำการทดลองในครั้งนี้เป็นประเภทระบบฉีดเส้นพลาสติก (Fused Deposition Modeling FDM หรือ FFF) เป็นเครื่องพิมพ์สามมิติ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากมีจำหน่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูก โดยมีหลักการทำงานคือ การหลอมเส้นพลาสติกให้กลายเป็นของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นผ่านหัวฉีด ซึ่งจากหลักการทำงานที่เครื่องพิมพ์สามมิติที่ต้องหลอมเส้นพลาสติก และการศึกษาครั้งนี้เป็นพลาสติก PLA (Polylactic Acid) ซึ่งเมื่อละลายแล้วก็จะก่อให้เกิดกลิ่นและควันขึ้นมา กลิ่นของพลาสติก PLA นั้นจะคล้ายกับน้ำตาลไหม้ เพราะว่าพลาสติก PLA นั้นทำมาจากพืชและน้ำตาล ซึ่งกลิ่นนั้นก็เป็นตัวแปรอันหนึ่งที่ผู้ใช้ 3D Printer นั้นต้องให้ความสำคัญ เพราะอาจจะทำให้ผู้ใช้เกิดปัญหาทางสุขภาพตามมาได้ และด้วยการที่ PLA นั้นจะทนต่ออุณหภูมิได้น้อย ซึ่ง PLA จะเริ่มอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส อาจทำให้ตัวชิ้นงานไม่เป็นไปตามชิ้นงานตามต้องการได้

จากปัญหาที่ได้กล่าวข้างต้นนั้นจะพบว่ามีปัญหาหลักๆ อยู่สองประการคือ ประการแรกจะเป็นปัญหาทางด้านกลิ่นและควันซึ่งจะมีผลต่อปัญหาด้านสุขภาพ และประการที่สองเป็นปัญหาที่อุณหภูมิของตัว PLA Filament ที่อาจทำให้ชิ้นงานเสียหายได้ จึงทำให้ผู้จัดทำได้เล็งเห็นและได้ดำเนินการสร้างตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่อปรับปรุงข้อเสียที่เกิดจากการใช้งานของเครื่องพิมพ์สามมิตินี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เพื่อควบคุมสภาพอากาศและอุณหภูมิในเครื่องพิมพ์สามมิติ ให้ปลอดภัยจากมลพิษต่อร่างกายและประสิทธิภาพของตัวชิ้นงาน
2. เพื่อศึกษากระบวนการการกรองอากาศของตู้ควบคุมสภาพอากาศ
3. เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด เช่น แผ่นทำความเย็น (Peltier), เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพื่อศึกษาและฝึกฝนการใช้งานและการเขียนโปรแกรมต่างๆ ที่ใช้ในโครงการงาน

1.3 ขอบเขตการทำโครงการงาน

1. เขียนแบบตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ
2. คัดเลือกและประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์แต่ละตัว
3. เขียนโปรแกรม Arduino ควบคุมการทำงานของจอแสดงผล เพลทเทียร์ พัดลม และเซนเซอร์ วัตถุอุณหภูมิ
4. เขียนโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ควบคุมไม่ให้เกิน 40 องศาเซลเซียส

1.4 วิธีดำเนินการทำโครงการงาน

โครงการนี้เป็นโครงการที่จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยเริ่มจากการหาความรู้พื้นฐานทั้งหมดที่เป็นความรู้ทางด้านการกรองอากาศ ตัวกรองอากาศ ตู้กรองอากาศ เป็นต้น เมื่อพอเข้าใจแล้วจะทำการร่างแบบตู้ควบคุมออกมาอย่างคร่าวๆ เมื่อทำการร่างแบบตู้ควบคุมและทราบว่าต้องใช้อุปกรณ์อะไรแล้วบ้าง อันดับแรกจะทำการหาตัวกรองที่มีประสิทธิภาพการกรองตรงตามที่ต้องการที่สุด

จากนั้นนำแบบที่ร่างคร่าวๆ ไปออกแบบในโปรแกรม SolidWorks เพื่อทำการ CAD ให้ทางร้านทำการตัดแผ่นอะคริลิกเพื่อนำมาทำเป็นโครงของตู้ควบคุมระหว่างนี้ทำการศึกษาอุปกรณ์แต่ละตัวว่าควรใช้ชนิดไหนตัวไหนบ้าง เช่น พัดลมดูดอากาศ เซนเซอร์วัดสภาพอากาศ เป็นต้น และทำการสั่งซื้อสินค้าทำการประกอบโครงแผ่นอะคริลิกเข้าด้วยกัน พร้อมกับอุปกรณ์ที่สั่งซื้อมา

และสุดท้ายคือ การทดสอบและแก้ไขการทำงานของตู้ควบคุมของเครื่องพิมพ์สามมิติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถควบคุมสภาพอากาศ และอุณหภูมิภายในตู้ได้ตามต้องการ
2. ปลอดภัยจากกลิ่นที่เป็นมลพิษต่อร่างกาย
3. ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้งานต่อไป
4. สามารถต่อยอดและพัฒนาต่อไปได้ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 รายละเอียดของปฏิญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำกล่าวถึงความเป็นมาของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขั้นตอนการศึกษาโครงการ และการจัดทำโครงการ พร้อมทั้งรายละเอียดของปฏิญญานิพนธ์แต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องนำเสนอหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการจัดทำโครงการฉบับนี้

บทที่ 3 ขั้นตอนการทำโครงการ อธิบายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ รวมไปถึงการออกแบบของผู้ควบคุม

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน แสดงผลการทดสอบการทำงานภายในผู้ควบคุม และประสิทธิภาพการทำงานของเพลเทียร์

บทที่ 5 บทวิเคราะห์ผลและสรุปผลเป็นการสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการแก้ไข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

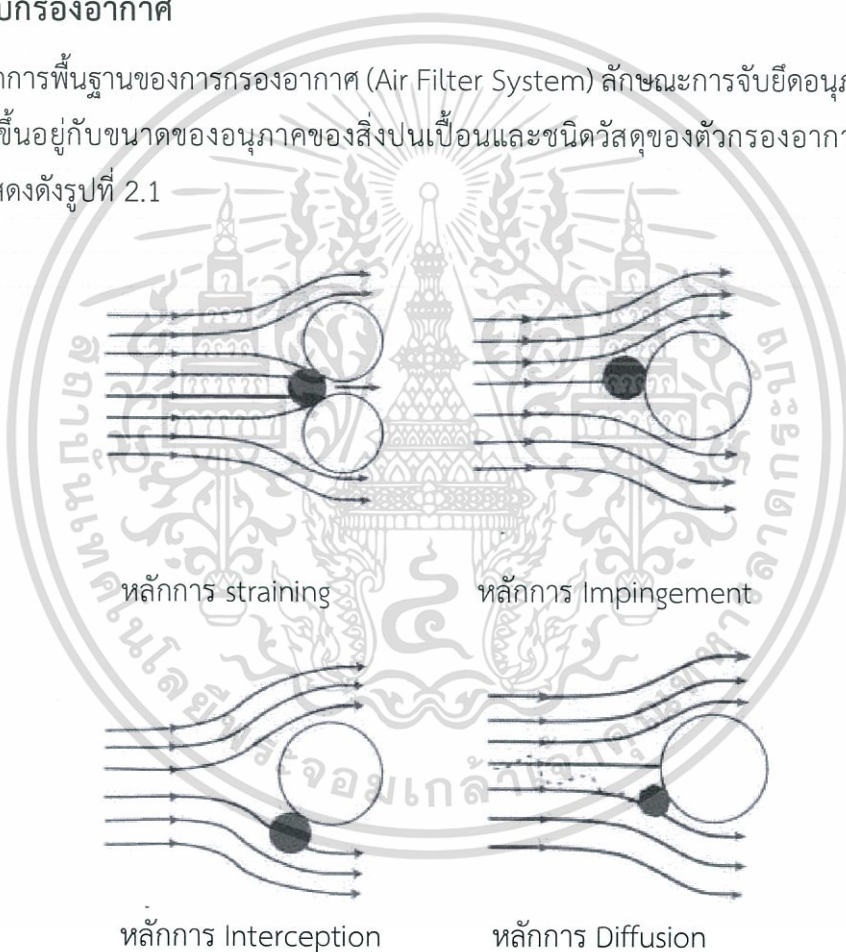
บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ก่อนที่จะออกแบบและโปรแกรมตัวควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติได้ จะต้องมีความรู้ในเรื่องต่างๆ เพื่อให้เข้าใจต่อความเข้าใจและทำให้งานมีความถูกต้องมากขึ้น ความรู้พื้นฐานที่ใช้มีดังต่อไปนี้

2.1 ระบบกรองอากาศ

หลักการพื้นฐานของการกรองอากาศ (Air Filter System) ลักษณะการจับยึดอนุภาคของกรองอากาศจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของสิ่งปนเปื้อนและชนิดวัสดุของตัวกรองอากาศ ซึ่งมีอยู่ 4 ลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการพื้นฐานของการกรองอากาศ

1. **Straining** กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคที่เคลื่อนที่มากับกระแสอากาศมีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างระหว่างเส้นใยของกรองอากาศ อนุภาคจึงติดอยู่ที่ช่องว่างระหว่างเส้นใย ดังแสดงในรูปที่ 2.1 วิธีนี้จะใช้กับกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ

2. **Impingement** กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่และมีความหนาแน่นสูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในทางอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปตามกระแสของอากาศ จึงไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่หลบเส้นใยของกรองอากาศได้ อนุภาคจึงเคลื่อนที่ชนกับเส้นใยของกรองอากาศ และถูกจับยึดไว้ ในบางครั้งเส้นใยของกรองอากาศประเภทนี้จะเคลือบด้วยสารที่มีความเหนียว (Adhesive) เช่น น้ำมันเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับยึด

3. Interception กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคที่มีขนาดเล็กเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อกรองอากาศตามกระแสการไหลของอากาศ และเกิดเคลื่อนเข้าสัมผัสกับเส้นใยของกรองอากาศ ทำให้อนุภาคถูกจับยึดกับเส้นใยของกรองอากาศด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่เรียกว่า VAN DER WAALS FORCE ลักษณะการจับยึดอนุภาคแบบนี้จะใช้กับกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพปานกลาง

4. Diffusion กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กมาก การเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดการเบียดกับโมเลกุลของอากาศ ทำให้การเคลื่อนที่ของอนุภาคมีทิศทางไม่แน่นอน หรือที่เรียกว่า Brownian Motion เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ไปชนกับเส้นใยของกรองอากาศก็就会被จับยึดไว้ด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเช่นเดียวกับกระบวนการ Interception การจับยึดอนุภาคด้วยวิธีนี้จะใช้กับกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

หลักการทำงาน

อากาศที่ปนเปื้อน (Contaminated Air) ถูกดูดผ่านตัวกรอง (Filter) ที่เหมาะสม โดยการหมุนของใบพัดทำให้เกิดความดันต่ำ (Negative Pressure) อากาศหลังจากผ่านตัวกรองจึงเป็นอากาศที่สะอาด เพราะอนุภาคขนาดต่างๆ ถูกกักไว้ในตัวกรอง แสดงดังในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 หลักการทำงานของกรองอากาศ

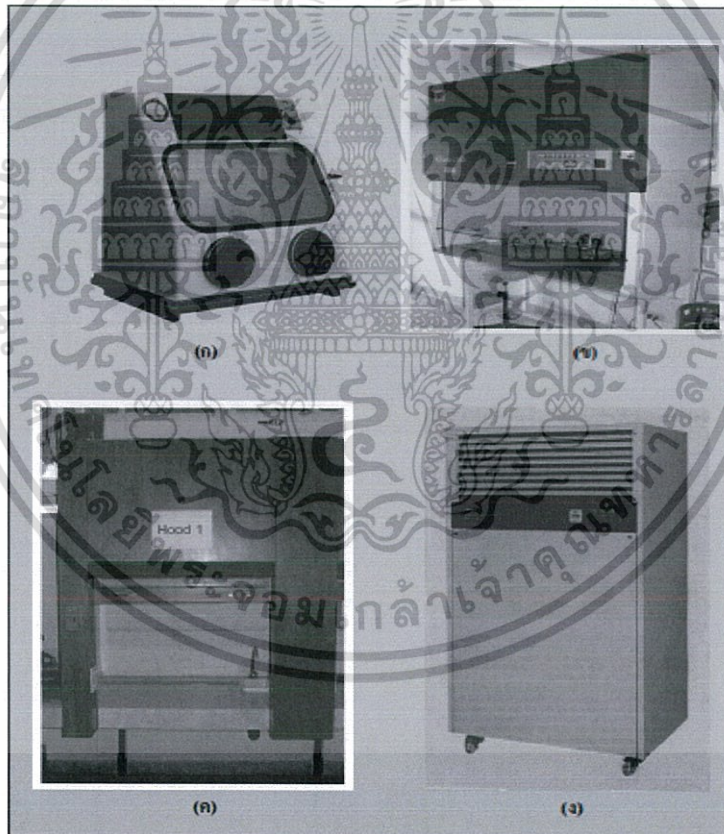
องค์ประกอบและคุณสมบัติ

ตู้กรองอากาศสำหรับงานห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบต่างๆ แสดงดังในรูปที่ 2.3 มีโครงสร้างที่คล้ายกันดังนี้

1. ตัวตู้ ประกอบด้วยผนังตู้และพื้นโต๊ะปฏิบัติงาน ทำจากวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน และทำความสะอาดได้ง่าย ตัวอย่างเช่น เหล็กเคลือบอีพอกซี พลาสติกเสริมใยแก้ว ด้านหน้าอาจมีประตูตู้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Slash หรือ Window) ที่ไต่เปิดได้โดยการเลื่อนขึ้นเลื่อนลงเพื่อประหยัดเนื้อที่ หรือโดยการเปิดออกเป็นมุม (Hinged Window) เพื่อความสะดวกในการทำงานบางประเภท ด้านหน้าของผนังด้านในตู้มีแผ่นบาฟเฟิลสำหรับควบคุมทิศทางการไหลของอากาศ โดยการปรับระยะห่างจากผนังด้านในหรือใช้สำหรับเป็นที่ติดตั้งตัวกรองอากาศ

2. หลอดไฟฆ่าเชื้อโรค (Germicidal Lamp) นิยมวางไว้หลังตัวกรองเฮปา (HEPA, High Efficiency Particulate Air Filter) เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจหลุดรอดออกมาจากตัวกรองเฮปา โดยการใช้หลอดอัลตราไวโอเล็ตซึ่งสามารถปล่อยรังสีที่เข้มข้นในช่วงความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มีกำลังส่องสว่างประมาณ 30 วัตต์ ซึ่งให้แสงอัลตราไวโอเล็ตมีความเข้มประมาณ 0.5 วัตต์/ตารางฟุต ที่ระยะห่าง 1 ฟุต หลอดดังกล่าวมีอายุการใช้งานประมาณ 7,500 ชั่วโมง นอกจากการใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อโรคแล้ว ยังมีการนำสารต้านจุลชีพ (Antimicrobial Agent) มาเคลือบบนตัวกรองเพื่อฆ่าเชื้อโรค แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก



รูปที่ 2.3 รูปร่างของตู้กรองอากาศแบบต่างๆ

- (ก) ตู้กรองอากาศแบบปอดเชื้อ 1
- (ข) ตู้กรองอากาศแบบปอดเชื้อ 2
- (ค) ตู้กรองอากาศแบบดูดควัน
- (ง) ตู้กรองอากาศแบบตั้งพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการนำเสนอเท่านั้น มอนูญาดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หลอดไฟส่องสว่างภายในตู้กรองอากาศ นิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดประมาณ 40 วัตต์ หรือ 100 วัตต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 5,000 ชั่วโมง

4. แผงควบคุม อาจประกอบด้วยสวิตช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์พัดลม หลอดไฟฆ่าเชื้อโรค หลอดไฟส่องสว่าง ฯลฯ

5. ระบบตรวจสอบ ซึ่งอาจประกอบด้วย ตัวเลขแสดงอัตราการไหลของอากาศ สัญญาณไฟแสดงปริมาณอนุภาคในอากาศที่ไหลเข้าหรือออกจากเครื่องกรองอากาศ อุณหภูมิ ความดัน ตลอดจนสัญญาณเตือนเมื่อกระแสไฟฟ้าหรือมอเตอร์พัดลมขัดข้อง

6. พัดลม สำหรับดูดหรือเป่าอากาศ ประกอบด้วยมอเตอร์และใบพัด (Impeller) นิยมใช้อยู่ 2 แบบ คือ

6.1 Centrifugal Fan แสดงดังในรูปที่ 2.4 (ก) มีข้อดีตรงที่หมุนเร็วมาก สามารถสร้างความดันต่ำได้มาก แต่ดูดอากาศเข้าไปน้อยกว่า มีเสียงดังน้อยกว่า สามารถป้องกันน้ำ และป้องกันการติดไฟได้แต่มีข้อเสียตรงที่มีราคาแพง

6.2 Axial Fan แสดงดังในรูปที่ 2.4 (ข) ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่า กินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า มีราคาถูก มีความปลอดภัยในด้านการป้องกันการติดไฟน้อยกว่า จึงนิยมใช้เฉพาะในตู้กรองอากาศราคาถูก และใช้ในงานที่ไม่มีความสำคัญมากนัก



(ก)

(ข)

รูปที่ 2.4 (ก) รูปร่างของพัดลมแบบ Centrifugal Fan

(ข) รูปร่างของพัดลมแบบ Axial Fan

7. ตัวกรอง (Filter) ในตู้กรองอากาศอาจมีตัวกรองได้มากกว่า 1 อัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรอง และยืดอายุการใช้งานของตัวกรอง ตัวกรองแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ตัวกรองเปียก และตัวกรองแห้งซึ่งนิยมใช้มากกว่าตัวกรองเปียก

7.1 ตัวกรองแห้ง ที่ใช้ในตู้กรองอากาศมีอยู่หลายชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.1 ตัวกรองก่อน (Pre Filter) เป็นตัวกรองหยาบที่นิยมติดตั้งไว้ด้านหน้าตัวกรองละเอียด เพื่อดักแมลงและอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งจะยืดอายุการใช้งานของตัวกรองละเอียดตัวกรองหยาบมีอายุการใช้งานประมาณ 300-400 ชั่วโมง

7.1.2 ตัวกรองคาร์บอน (Carbon Filter) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆ สามารถดูดซับ (Absorb) สิ่งสกปรกโดยเฉพาะแก๊สต่างๆ ไปได้มาก คิดเป็นน้ำหนัก 1 ใน 3 ส่วนของน้ำหนักถ่านกัมมันต์ ตัวกรองคาร์บอนอาจผสม KMnO_4 หรือ Aluminium Silicate เพื่อช่วยออกซิไดส์ (Oxidise) สารพิษบางชนิด ตัวอย่างเช่น ฟORMALดีไฮด์ นอกจากนี้ยังอาจผสมสารซีโอไลต์ (Zeolite) ซึ่งสามารถดูดแก๊สแอมโมเนียและแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ดี

7.1.3 ตัวกรองละเอียด (Micro Filter) ทำจากใยแก้ว (Fiber Glass) หรือ กระเบื้อง ยึดติดบนโครงที่แน่นหนาไม่มีอากาศรั่วผ่าน สามารถกรองอนุภาคในอากาศที่มีขนาดเล็ก ตั้งแต่ 0.1 ไมครอนขึ้นมาไว้ได้เกือบหมด ตัวอย่างเช่น ฝุ่น ละอองเกสรดอกไม้ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย สำหรับไวรัสซึ่งมีขนาดเพียง 0.003-0.05 ไมครอน ถูกกรองออกจากอากาศได้เพราะไวรัสมักจะไม่ใช่แบบอิสระ แต่จะติดอยู่บนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าชนิดอื่นๆ ตัวกรองละเอียดถูกเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปตามประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคดังนี้

1. ตัวกรองเฮปา (HEPA, High Efficiency Particulate Air Filter) เพิ่มพื้นที่ผิวในการกรอง (Extended Surface Filter) โดยทำเป็นถุงตัวกรองหรือเรียงเป็นรูปตัววี (V) สามารถกรองอนุภาคของ 0.3 ไมครอนออกจากอากาศได้มากกว่าร้อยละ 99.97 เป็นตัวกรองละเอียดชนิดที่นิยมในตู้กรองอากาศมากที่สุด เนื่องจากทำอากาศให้สะอาดได้ดี (ไม่เกินชั้น 100) และมีอายุการใช้งานนาน 5-10 ปี

2. ตัวกรองเวปา (VEPA, Very High Efficiency Particulate Air Filter) มีความสามารถกรองอนุภาคขนาด 0.1 ไมครอน ออกจากอากาศได้มากกว่า 99.9997%

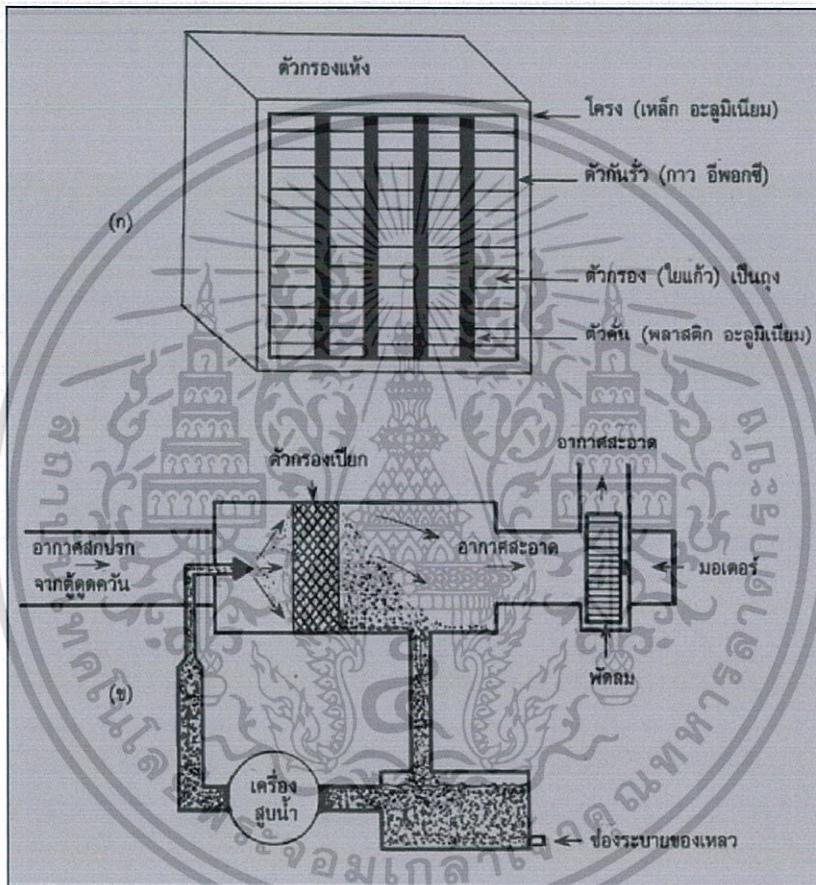
3. ตัวกรองอัลปา (ULPA, Ultra-low Penetration Particulate Air Filter) สามารถกรองอนุภาคขนาด 0.05 ไมครอนออกจากอากาศได้มากกว่า 99.99995%

7.1.4 ตัวกรองหลัง (Post Filter) เป็นตัวกรองหยาบชั้นสุดท้าย อาจเคลือบถ่านกัมมันต์ เพื่อกำจัดกลิ่นและสิ่งสกปรกที่อาจหลุดลอดออกมาในชั้นสุดท้าย

7.2 ตัวกรองเปียกติดตั้งในเครื่องฟอกอากาศ (Air Scrubber) ซึ่งใช้ร่วมกับตู้ดูดควันชนิดมีท่อนำอากาศเสียทิ้ง ตัวกรองเปียกจะทำหน้าที่ดูดซับ หรือทำลายพิษของไอของสารเคมีและแก๊สต่างๆ เช่น กรด ต่าง อัลดีไฮด์ คีโตน ฮาโลเจน พรอท สารกัมมันตรังสี ฯลฯ ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยเครื่องมือวิทยาศาสตร์อากาศเสียออกสู่อากาศภายนอกห้องปฏิบัติการได้ ของเหลวที่ใช้กำจัดสารพิษเหล่านี้มีหลายชนิด ตัวอย่างเช่น 1-5% NaOH (ใช้สำหรับกำจัดแก๊สคลอรีน แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไอของกรด HCl, HNO₃, H₂SO₄) 1% NaOCl (ใช้สำหรับกำจัดควันและไอของสารละลายอินทรีย์) 1% กรดซิตริก (ใช้สำหรับกำจัดแก๊สแอมโมเนีย) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฟอกอากาศด้วยตัวกรองเป็ยกทำงานโดยการใช้เครื่องสูบ (Pump) ดูดของเหลวที่เหมาะสม (Scrubbing Solution) จากถังเก็บฉีดผ่านหัวฉีดให้เป็นละอองขนาดเล็กไปตกกระทบที่ตะแกรง (Water Web Mesh) ซึ่งนิยมทำจาก Polyvinyl Chloride (PVC) หลังจากนั้นอาศัยแรงดูดของใบพัด ดูดอากาศเสียผ่านตัวกรองเป็ยก สารพิษต่างๆ จะถูกดูดซับไว้ในของเหลวที่ใช้กำจัดสารพิษ อากาศที่ ผ่านออกมาหลังตัวกรองเป็ยกจึงมีความบริสุทธิ์มากขึ้น ส่วนของเหลวที่มีสารพิษถูกปล่อยทิ้งไปหรือ ถูกดูดกลับมาใช้ซ้ำอีก แสดงดังในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 (ก) โครงสร้างของตัวกรองแห้งชนิดตัวกรองละเอียด
(ข) การติดตั้งตัวกรองเป็ยกในเครื่องฟอกอากาศ

ชนิดของเครื่องกรองอากาศ

เครื่องกรองอากาศมีวิธีการทำให้อากาศบริสุทธิ์ และมีวัตถุประสงค์ที่คล้ายกัน การแบ่งชนิด อาจแตกต่างกันดังนี้

แบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 3 ชนิดคือ

1. Industrial Clean Cabinet เป็นเครื่องกรองอากาศที่ออกแบบให้เหมาะสมสำหรับงาน

ทางอุตสาหกรรมแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **Biological Clean Cabinet** เป็นตู้กรองอากาศที่ป้องกันการปนเปื้อนของอนุภาคจากภายนอกตู้กรองอากาศ จึงอาจเรียกว่าเป็นชนิด “ป้องกันผลผลิต” (Product Protection) โดยการรักษาความดันภายในตู้ให้สูงกว่าความดันของอากาศภายนอกตู้

3. **Biohazard Cabinet** นิยมใช้งานทางพันธุวิศวกรรม งานทางไวรัสวิทยา ฯลฯ ทำอากาศภายในตู้ให้สะอาดโดยใช้ตัวกรอง และป้องกันการแพร่เชื้อโรค สารรังสี สารก่อมะเร็ง ฯลฯ ออกมานอกตู้กรองอากาศ โดยการรักษาความดันภายในตู้กรองอากาศให้ต่ำกว่าความดันของอากาศภายนอกตู้กรองอากาศเล็กน้อย เพื่อป้องกันการปนเปื้อนผลผลิต ป้องกันผู้ปฏิบัติงาน และผู้ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง (Product and Personal Protection) หรือเพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานอย่างเดียว (Personal Protection) ตู้กรองอากาศชนิดนี้อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “Microbiological Safety Cabinet” ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นอีก 4 ชนิดตามข้อกำหนดของ National Institute of Health (NIH-03-112C) ดังนี้

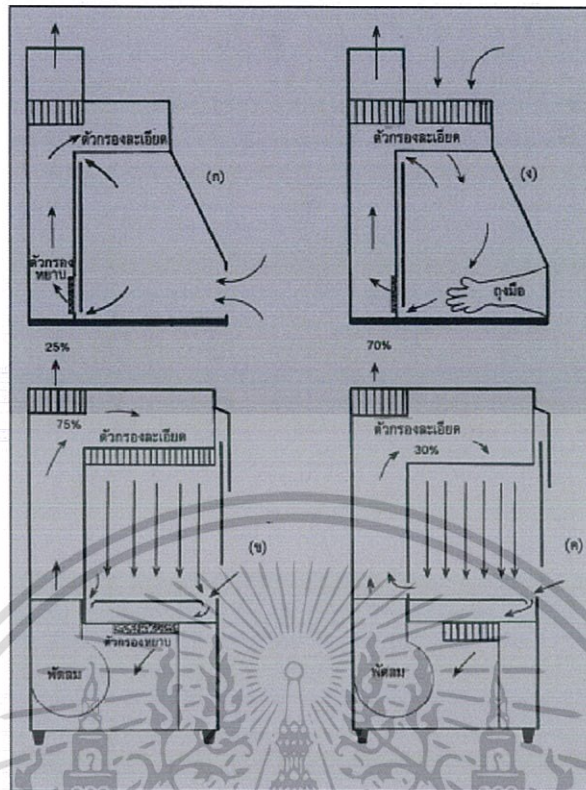
ชั้นที่ 1 (Class I) ออกแบบเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค และสารเคมีออกมาเจือปนในอากาศภายนอก อันจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และผู้อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ตู้กรองอากาศชนิดนี้ทำงานโดยการดูดอากาศจากภายนอกผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน (Working Area) ผ่านตัวกรองหยาบ ผ่านตัวกรองละเอียด (Micro Filter) ก่อนเป่าอากาศออกสู่ภายนอกทั้งหมด (100%) ในอัตราประมาณ 450 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีความเร็วลมทุกๆ จุดอย่างน้อย 0.7 เมตร/วินาที เมื่อเปิดประตูตู้กรองอากาศแสดงดังในรูปที่ 2.6 (ก)

ชั้นที่ 2A (Class IIA) เริ่มทำงานโดยการดูดอากาศจากภายนอกผ่านช่องอากาศ (Grill) ด้านนอกตู้กรองอากาศผ่านพื้นที่ปฏิบัติงานลงสู่ด้านล่าง เป่าขึ้นสู่ด้านบนของผนังด้านหลังอากาศส่วนนี้ประมาณร้อยละ 25 ถูกเป่าผ่านตัวกรองละเอียดออกสู่อากาศภายนอก อากาศส่วนที่เหลือเป่าผ่านตัวกรองละเอียดอีกตัวหนึ่งลงสู่พื้นที่ปฏิบัติงานในแนวตั้ง การไหลของอากาศดังกล่าวทำให้เกิดเป็นม่านอากาศป้องกันเชื้อโรคและไอสารเคมี ผ่านออกมาทางช่องอากาศด้านหน้าตู้กรองอากาศความเร็วลมในแนวตั้งและความเร็วลมเข้าตู้กรองอากาศมีค่าประมาณ 0.4 เมตร/วินาที (BS 5726, FS209 B) แสดงดังในรูปที่ 2.6 (ข)

ชั้นที่ 2B (Class IIB) ทำงานเหมือนชั้นที่ 2A แตกต่างกันตรงที่ออกแบบให้เป่าอากาศออกสู่ภายนอกประมาณร้อยละ 70 แสดงดังในรูปที่ 2.6 (ค)

ชั้นที่ 3 (Class III) แตกต่างจากชั้นอื่นตรงที่มีถุงมือยางลาเทกซ์ หรือนีโอพรีน (Neoprene) ปิดช่องอากาศด้านหน้า อากาศภายนอกถูกดูดเข้าสู่ภายในผ่านตัวกรองละเอียดด้านหน้าเข้าสู่ภายในผ่านตัวกรองละเอียดด้านบนตู้กรองอากาศผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน แล้วจึงไหลวนขึ้นสู่ด้านบนผ่านตัวกรองละเอียดออกสู่อากาศภายนอกทั้งหมด ในอัตราประมาณ 180 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง แสดงดังในรูปที่ 2.6 (ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 (ก) ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชั้นที่ 1
 (ข) ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชั้นที่ 2A
 (ค) ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชั้นที่ 2B
 (ง) ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชั้นที่ 3

แบ่งตามลักษณะการไหลของอากาศแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

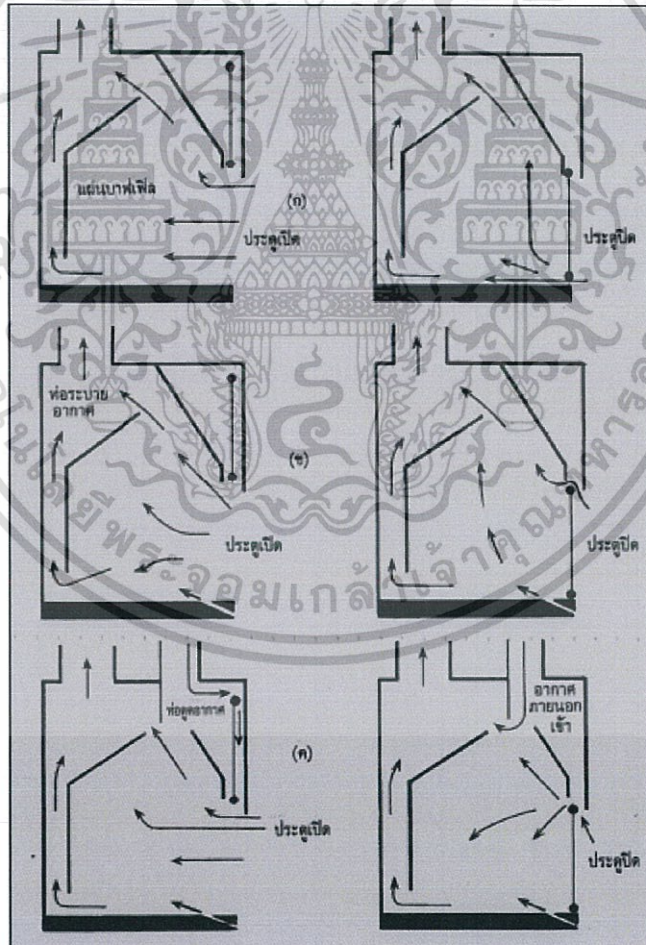
1. ชนิดอากาศไหลวน (Turbulence Flow) ทำให้อากาศสะอาดโดยการดูดอากาศสกปรกผ่านตัวกรองแห้ง (Dry Filter) หรือตัวกรองเปียก (Wet Filter) แล้วส่งกระแสอากาศสะอาด (Clean Air Stream) ออกมาเจือจางอนุภาคภายนอกตู้กรองอากาศ แต่อากาศภายในตู้กรองอากาศมีการไหลวนหลายทิศทาง จึงทำให้อนุภาคต่างๆ ถูกกักจัดออกไม่ดีเท่าที่ควร ความสะอาดของอากาศอยู่ในชั้น 1,000-100,000 ตัวอย่างเช่น ตู้ดูดควันชนิดที่ใช้ตัวกรอง (Filtration Fume Hood) และ Microbiological Safety Cabinet ชั้นที่ 1 ส่วนตู้ดูดควันชนิดมีท่ออากาศภายในตู้ มีการไหลวนเหมือนกันแต่ไอพิษหรืออนุภาคต่างๆ จะถูกดูดออกสู่อากาศภายนอกห้อง โดยผ่านไปตามท่อส่งที่ไม่มีตัวกรอง ดังนั้นจึงก่อให้เกิดมลภาวะต่ออากาศได้มาก ตู้ดูดควันชนิดมีท่อแบ่งย่อยออกได้เป็น อีก 3 แบบ คือ

แบบ Conventional เป็นแบบที่พบได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป อากาศจากภายนอกซึ่งเป็นอากาศที่ถูกดูดเข้าสู่ตู้ดูดควันด้วยความเร็วในช่วง 40-120 ฟุต/นาที ผ่านพื้นที่ปฏิบัติงาน ผ่านเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านหลังและด้านหน้าแผ่นบาฟเฟิล (Baffle) ไล่อากาศเสียภายในตู้ออกไปตามท่อระบายออกสู่ภายนอก ความเร็วและปริมาณอากาศที่ไหลผ่านพื้นที่ปฏิบัติงานสามารถควบคุมโดยการเลื่อนประตูตู้ขึ้นลง กล่าวคือความเร็วของอากาศบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานมีมากที่สุดเมื่อประตูตู้ปิดเกือบสนิท และความเร็วจะลดลงตามลำดับเมื่อเปิดประตูตู้กว้างขึ้นเรื่อยๆ

แบบ Bypass ออกแบบมาเพื่อลดข้อเสียของตู้ดูดควันแบบ Conventional ที่มีความเร็วของลมสูงมากเมื่อปิดประตูตู้เกือบสนิท ซึ่งอาจทำให้วัตถุชิ้นเล็กๆ ภายในตู้ดูดควันเกิดการฟุ้งกระจายแตกหักได้ง่าย ตู้ควันชนิดนี้เพิ่มช่องให้อากาศไหลเข้าที่บริเวณด้านบนและด้านล่างของประตูตู้ ทำให้ความเร็วของลมที่ไหลผ่านพื้นที่ปฏิบัติงานไม่เปลี่ยนแปลงมากในสภาวะปิดหรือเปิดตู้ก็ตาม

แบบ Add-air มีความแตกต่างจากสองแบบแรกตรงที่มีท่อดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาช่วยไล่อากาศภายในตู้ดูดควันออก เพื่อลดการดูดอากาศภายในห้องออกมากเกินไปจนความจำเป็นโดยเฉพาะห้องปรับอากาศขนาดเล็ก



รูปที่ 2.7 (ก) ทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเปิดและปิดประตูตู้แบบ Conventional

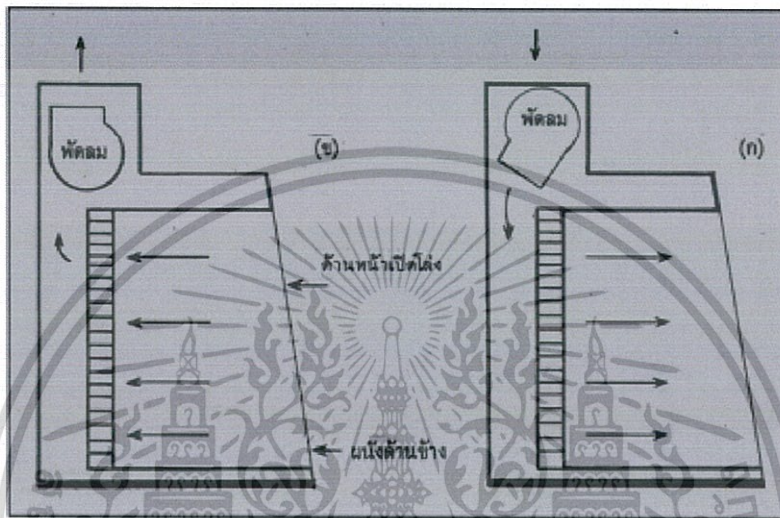
(ข) ทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเปิดและปิดประตูตู้แบบ Bypass

(ค) ทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเปิดและปิดประตูตู้แบบ Add-air

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนชื่อผู้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวนอน (Horizontal Lamina Flow) ทำให้อากาศสะอาดโดยการเป่าอากาศผ่านแผ่นตัวกรองละเอียดที่บุผนังตู้ด้านในเต็มแผ่น ออกมาสู่ด้านหน้าตู้ซึ่งเปิดโล่ง อากาศจะไหลในทิศทางเดียวเป็นระเบียบสม่ำเสมอไม่มีการหมุนวน จึงสามารถทำให้อากาศสะอาดได้ถึงชั้น 100 ส่วนชนิดที่ป้องกันผู้ปฏิบัติงาน ทำงานแบบเดียวกันแต่อากาศไหลกลับทิศทางกัน



รูปที่ 2.8 (ก) ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวนอนแบบป้องกันผลผลิต

(ข) ทิศทางการไหลของอากาศในตู้กรองอากาศชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวนอนแบบป้องกันผู้ปฏิบัติงาน

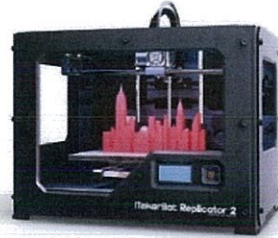
3. ชนิดอากาศไหลทิศทางเดียวในแนวตั้ง (Vertical Lamina Flow) ทำให้อากาศสะอาดโดยดูด หรือเป่าอากาศผ่านตัวกรองละเอียดในแนวตั้งจากด้านบนสู่พื้นที่ปฏิบัติงาน (Down Flow Type) การออกแบบให้อากาศไหลเป็นระเบียบในทิศทางเดียวอย่างสม่ำเสมอไม่มีการไหลวนของอากาศ ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคได้ดี (ความสะอาดของอากาศอยู่ในชั้น 100) นอกจากจะพบในรูปของตู้กรองอากาศแล้ว ยังพบได้ในรูปของถุคลุมเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการซึ่งสะดวกในการเคลื่อนย้ายและเหมาะสมกับงานบางประเภท ตัวอย่างเช่น ถุคลุมเครื่องบรรจุยาปราศจากเชื้อ บริเวณผ่าตัด บริเวณรักษาผู้ป่วยถูกไฟลวก เป็นต้น ส่วนแบบอากาศไหลในแนวตั้งจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน (Up Flow Type) มีทิศทางการไหลของอากาศในทางตรงกันข้าม แต่ไม่นิยมใช้มากเท่ากับชนิดอากาศไหลลง ผลิตภัณฑ์เครื่องกรองอากาศในท้องตลาด อาจมีการออกแบบให้แตกต่างไปจากแบบดังกล่าวแล้วข้างต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองอากาศ โดยมีความแตกต่างกันในตำแหน่งชนิดและจำนวนของตัวกรองที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ



2D Printer



3D Printer



2D Print



3D Print

รูปที่ 2.9 ลักษณะของเครื่องพิมพ์สามมิติและสองมิติ

3D Printer หรือ Rapid Prototype (RP) หรือที่คนไทยเรียกเครื่องพิมพ์สามมิติ เครื่องพิมพ์สามมิตินั้นมีใช้กันมาเกือบ 30 ปีแล้ว แต่ใช้กันในวงจำกัด ในบริษัทขนาดใหญ่ หรือใน Lab ใหญ่ๆ เท่านั้น เพิ่งจะได้รับความนิยมในผู้ใช้งานจำนวนมาก และมีราคาลดลง เมื่อประมาณปี 2009 นี้เอง 3D Printer นั้นสามารถสร้างชิ้นงานที่เป็นวัตถุจับต้องได้ (3 มิติ) มีความกว้าง-ลึก-สูง ไม่เหมือนเครื่อง Printer แบบ 2D ที่ใช้โดยทั่วไปที่พิมพ์หมึกสีลงบนกระดาษ เช่น หากพิมพ์ลูกบอลลงบนกระดาษ (2D) จะได้กระดาษที่มีรูปลูกบอลอยู่ แต่หากพิมพ์จาก 3D Printer จะได้ลูกบอลทรงกลมมากลึงบนพื้นได้

หลักการทำงาน

3D Printer เกือบทุกเครื่องนั้นใช้หลักการเดียวกัน คือ พิมพ์สองมิติ แต่ชั้นในแนวระนาบกับพื้นโลก XY ก่อน ส่วนที่พิมพ์ก็คือภาพตัดขวาง Cross Section ของวัตถุนั้นๆ เอง พอพิมพ์เสร็จในสองมิติแล้วเครื่องจะเลื่อนฐานพิมพ์ไปพิมพ์ชั้นถัดไป พิมพ์ไปเรื่อยๆ หลายร้อย หลายพันชั้น จนออกมาเป็นรูปร่างสามมิติ การเลื่อนขึ้นหรือลง (เลื่อนในแนวแกน Z) ของฐานพิมพ์ นี้เองทำให้เกิดมิติที่ 3 หมึกที่ใช้ของ 3D Printer แตกต่างกันออก บางชนิดพิมพ์โดยฉีดเส้นพลาสติกออกมา บางชนิดพ่นน้ำเรซินออกมา แล้วฐานแสงให้เรซินแข็งในแต่ละชั้น บางชนิดฉีดซีเมนต์ 3D Printer สร้างบ้าน, น้ำตาล 3D Printer ทำขนม หรือสเต็มเซลล์ 3D Printer กับการพิมพ์อวัยวะเป็นต้น โดยปกตินั้นจะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดความละเอียดในการพิมพ์ของเครื่อง 3D Printer ในหน่วยไมครอน เช่น 100-Micron (0.1mm) ต่อชั้น หมายความว่าในแต่ละชั้นนั้นเครื่องจะพิมพ์ให้มีความสูง 0.1mm ดังนั้นหากโมเดลมีความสูง 10mm เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ทั้งหมด 100 ชั้น หากพิมพ์ที่ความละเอียด 50-Micron เครื่องจะพิมพ์ทั้งหมด 200 ชั้น ซึ่งแน่นอนที่ความละเอียด 50-Micron นั้นได้งานละเอียดกว่าและสวยกว่าแน่นอน แต่ใช้เวลาเพิ่มขึ้นประมาณเท่าตัว ไฟล์ที่ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นเป็นไฟล์สามมิติ แทนที่จะเป็นรูปภาพเหมือนในเครื่องพิมพ์บนกระดาษทั่วไป 3D File นี้้อาจสร้างจากโปรแกรม เช่น AutoCAD, SolidWork, 3Ds Max, Zbrush, Maya, SketchUp หรือ PhotoShop รุ่นใหม่ก็มีส่วนที่ Support 3D Printer

ระบบฉีดเส้นพลาสติก (FDM หรือ FFF) เป็นเครื่องพิมพ์สามมิติ ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน มีหลักการทำงานคือ การหลอมเส้นพลาสติกให้กลายเป็นของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นผ่านหัวฉีด (Nozzle) หากเปรียบเทียบคงเปรียบเทียบกับได้กันปืนกาวที่ใช้กันทั่วไป เครื่อง FDM 3D Printer จะวาดเส้นพลาสติกที่ถูกฉีดออกมา เป็นรูปร่างในแนบแกนระนาบ เมื่อเสร็จชั้นหนึ่งๆ ก็พิมพ์ในชั้นต่อไป เมื่อครบหลายร้อย หรือหลายพันเลเยอร์ ก็จะได้ออกมาเป็นวัตถุที่สั่งพิมพ์



Material



Print

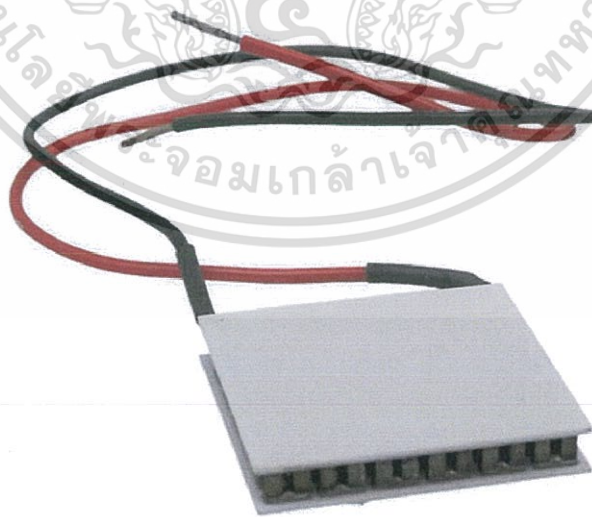
รูปที่ 2.10 ลักษณะเครื่องพิมพ์สามมิติแบบระบบฉีดเส้นพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระบบที่นิยมที่สุด และถูกที่สุด ใช้ได้กับงานทุกประเภท ชิ้นงานที่พิมพ์สามารถขัด/แต่ง/เจาะได้ สามารถใช้เป็นชิ้นส่วนในเครื่องจักรได้ นำมาใช้ได้จริง อีกทั้งเครื่องยังสามารถใช้วัสดุได้หลากหลาย และหาได้ง่ายตามท้องตลาด เช่น เส้น PLA, ABS, Nylon, Wood (พลาสติกผสมไม้), Bronze (พลาสติกผสมทองเหลือง) เป็นต้น แต่ข้อเสียคือ ฝิวงานที่พิมพ์ออกมาเป็นรองระบบอื่นๆ

2.3 แผ่นทำความเย็น (Peltier)

กระบวนการทำความเย็นหรือระบบทำความเย็น ที่ใช้คอมเพรสเซอร์เป็นตัวดูดอัดสารทำความเย็น ถือเป็นเรื่องที่ต่างก็คุ้นเคยกันอยู่แล้วในชีวิตประจำวัน เพราะไม่ว่าจะเป็นระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ระดับอุตสาหกรรม มาจนถึงระบบแอร์หรือตู้เย็น ที่ใช้งานกันในครัวเรือน ล้วนแล้วแต่เป็นระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์เป็นตัวขับเคลื่อนนี้ ถือว่าเป็นหลักการทำความเย็นที่มนุษย์สร้างขึ้น และใช้งานมานานนับร้อยปี แต่เมื่อไม่กี่ปีให้หลัง เริ่มมีการนำเอาอีกหนึ่งรูปแบบของการทำความเย็นมาใช้งานอย่างจริงจัง ในลักษณะการใช้งานแบบที่คล้ายคลึงกับระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ ซึ่งการทำความเย็นในรูปแบบนี้ ไม่ต้องใช้คอมเพรสเซอร์ หรือส่วนที่เป็นกลไกขับเคลื่อนใดๆ และไม่ต้องใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในระบบเหมือนเช่นที่เคยทำกัน เพราะเป็นการทำความเย็นที่ได้จากการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านสารกึ่งตัวนำหลักการดังกล่าวมีชื่อว่า เทอร์โมอิเล็กทริก คูลเลอร์ เพลเทียร์ TEC (Thermoelectric Cooler Peltier) ซึ่งเป็นแผ่นที่สามารถสร้างความเย็นได้ที่ด้านหนึ่ง และปล่อยความร้อนออกมาที่อีกด้านหนึ่ง เพียงแค่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปเท่านั้น

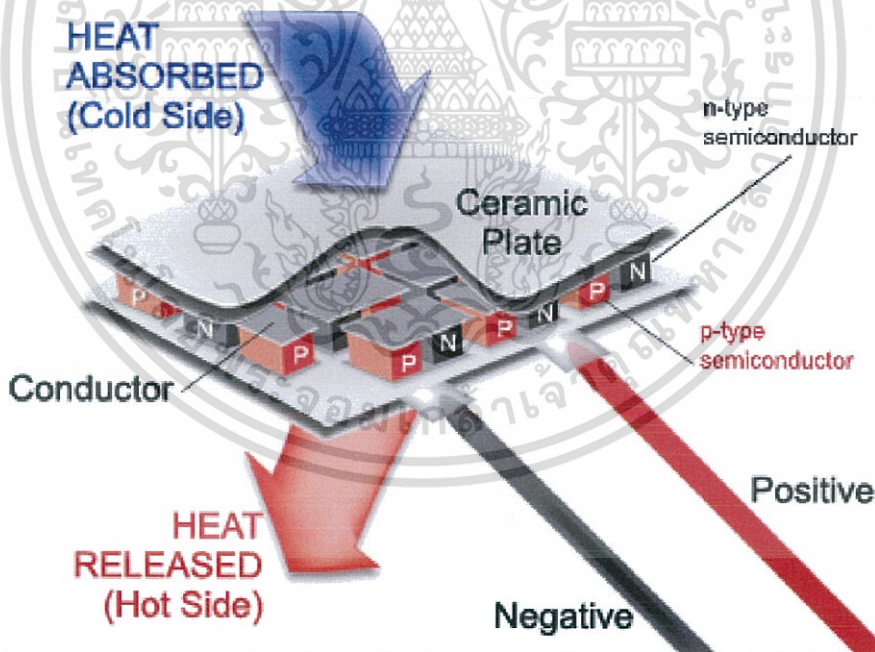


รูปที่ 2.11 ลักษณะของแผ่นทำความเย็น (Peltier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติความเป็นมา

เมื่อปี ค.ศ. 1834 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส 2 คน ที่มีชื่อว่า เฟรนช์ วัตช์เมคเกอร์ (French Watchmaker) และ ยีน ชาร์เลส เอธานเอสซี เพลเทียร์ (Jean Char Athanase Peltier) ได้ค้นพบปรากฏการณ์ที่เรียกว่า เพลเทียร์เอฟเฟกต์ (Peltier Effect) โดยทั้งสองได้ค้นพบว่า เมื่อทำการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับสารกึ่งตัวนำ แล้วพบว่าที่ผิวทั้งสองด้านของสารกึ่งตัวนำชนิดแรก เกิดความร้อนขึ้นที่ผิว (Hot Surface) และที่ผิวทั้งสองด้านของสารกึ่งตัวนำอีกชนิดก็เกิดความเย็นขึ้นที่ผิว (Cold Surface) โดยเกิดขึ้นสอดคล้องกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า และในทางกลับกัน ถ้าหากมีการให้ความร้อนที่ผิวด้านหนึ่งของสารกึ่งตัวนำ ก็จะส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ตรงกันข้ามขึ้นได้ เกิดเป็นแรงดันไฟฟ้าขึ้นมา เรียกว่า ซีเบ็คโวลต์เตจ (Seebeck Voltage) โครงสร้างเบื้องต้นของแผ่นเพลเทียร์ (Peltier) ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type) และชนิดพี (P-Type) แผ่นเพลเทียร์ (Peltier) แบบบิสมัทเทลลูไรด์ ถูกสร้างขึ้นมาจากธาตุ 2 ชนิด ได้แก่ บิสมัท (Bismuth : Bi) ซึ่งเป็นธาตุที่มีเลขอะตอม 83 และอีกตัวหนึ่งคือ เทลลูเรียม (Tellurium : Te) ซึ่งเป็นธาตุที่มีเลขอะตอม 52



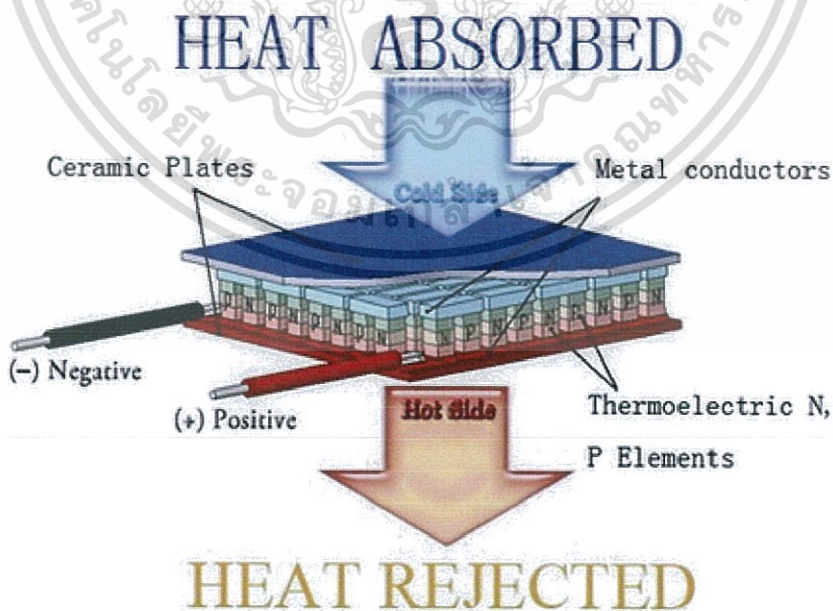
รูปที่ 2.12 โครงสร้างเบื้องต้นของแผ่นทำความเย็น (Peltier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางานของแผ่นทําความเย็น

หลักการทํางานของแผ่นทําความเย็นเพลเทียร์นั้น เป็นหลักการที่มีชื่อว่า เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) หลักการทําความเย็นแบบนี้เกิดขึ้นได้ โดยการใช้สารกึ่งตัวนำแบบ พี-เอ็น (P-N Type) ซึ่งสารกึ่งตัวนำแบบพี-เอ็น คือส่วนประกอบหลักของแผ่นทําความเย็นเพลเทียร์ โดยการทำ ความเย็นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ มีการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) หรือ ไฟดีซี ให้กับ แผ่นทําความเย็นเพลเทียร์ เพราะเมื่อกระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำแล้ว ก็จะทำให้เกิดการทําปฏิกิริยาขึ้น สารกึ่งตัวนำ แบบพี-เอ็น ซึ่งต่างชนิดกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ก็จะมี การดูดกลืนกันของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนจากระดับพลังงานต่ำทางด้านสารกึ่งตัวนำแบบพี ไปสู่ระดับ พลังงานที่สูงกว่าทางด้านสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้ที่ผิวด้านหนึ่งของแผ่น เพลเทียร์มีการดูดพลังงานความร้อน ซึ่งก็ได้จากความร้อนที่อยู่โดยรอบนั่นเอง เมื่อความร้อนใน บริเวณรอบๆ ถูกดูดเข้ามา ก็จะทำให้ในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งด้านนี้ก็คือด้านทําความเย็น นั่นเอง และในขณะเดียวกัน ก็จะทำให้เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนจากระดับพลังงานที่สูง ในสารกึ่ง ตัวนำแบบเอ็น สู่ระดับพลังงานที่ต่ำกว่า ในสารกึ่งตัวนำแบบพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนออกมา ที่บริเวณผิวหน้าของอีกด้านหนึ่ง

จากหลักการทํางานที่ได้อธิบายไปข้างต้นนั้น ทำให้สามารถนำแผ่นเพลเทียร์มาประยุกต์ใช้งาน ได้กับหลายๆ สิ่ง ที่โดดเด่นที่สุดคงหนีไม่พ้น การนำคุณสมบัติในด้านการทําความเย็นมาประยุกต์ใช้ งาน เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการทําความเย็นหรือลดอุณหภูมิ แบบไม่ต้องพึ่งพาระบบทํา ความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์



รูปที่ 2.13 หลักการทํางานเบื้องต้นของแผ่นทําความเย็น (Peltier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของแผ่นทำความเย็น

1. เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้าตัวมัน จะทำให้มันเกิดการถ่ายเทพลังงานความร้อนขึ้นทำให้ด้านหนึ่งร้อนและอีกด้านหนึ่งจะเย็น ซึ่งด้านร้อนจะร้อนถึง 90 องศา ดังนั้นจึงควรมีแผ่นระบายความร้อนไม่ให้มันร้อนเกินจนเกิดความเสียหายขึ้นได้ ส่วนด้านเย็นจะเย็นจนติดลบเลยทีเดียว (ลบ 5 ถึงลบ 10) ขึ้นอยู่ที่ขนาดและกำลังของแผ่น เนื่องจากการทำความเย็นที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องใช้น้ำยาทำความเย็นจึงมีการนำมาใช้งานการทำความเย็น หล่อเย็นต่างๆ มากมาย
2. เมื่อทำให้ด้านหนึ่งร้อนและด้านหนึ่งเย็น จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมาจากตัวมันเป็นกระแสตรง มักนิยมมาใช้พลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งให้กลับมาเป็นไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้งานต่อไป
3. ไม่มีเสียงและการเคลื่อนไหวในขณะที่ทำงาน จึงไม่เกิดเสียงรบกวน
4. มีขนาดเล็กที่สุดและง่ายที่สุดในการทำความเย็น มีเพียงแหล่งจ่ายไฟและแผ่นระบายความร้อนก็สามารถใช้งานได้
5. อายุการใช้งานนานนับ 10 ปี
6. น้ำหนักเบาและมีขนาดเล็ก

ตัวอย่างการนำแผ่นทำความเย็นไปประยุกต์ใช้งาน

1. ตู้เย็นเพลเทียร์ ใช้แช่เย็นเครื่องดื่ม เซอร์มูม เลือด เป็นต้น ซึ่งเป็นตู้เย็นที่มีน้ำหนักเบา โดยการนำแผ่นเพลเทียร์มาติดแผ่นระบายความร้อนและพัดลม ด้านร้อนไว้นอกตู้ ด้านเย็นไว้ในตู้ แล้วหาแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง เช่น ภาคจ่ายไฟของคอมพิวเตอร์, แผงโซลาร์เซลล์ มาจ่ายให้มัน เท่านั้นก็จะได้ตู้เย็นขนาดเล็กไว้ใช้งานดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ลักษณะของตู้เย็นเพลเทียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

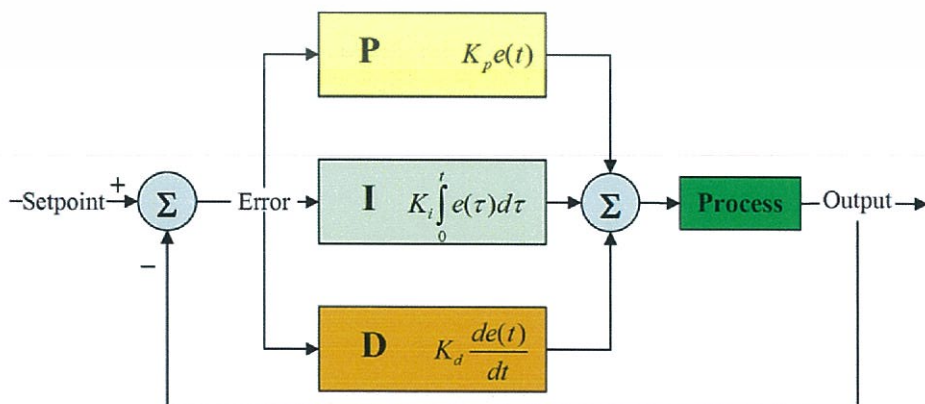
2. แอร์ขนาดเล็กการทำก็ทำคล้ายๆ กับตู้เย็น เพียงแต่ต้องใช้จำนวนแผ่นมากขึ้น เหมาะสำหรับทำแอร์ขนาดเล็กให้สัตว์เลี้ยงเล็กๆ ในห้อง
3. ซิลเลอร์ตู้ปลา ทำให้น้ำในตู้ปลาเย็นลงในช่วงหน้าร้อน
4. ระบบทำความเย็นส่วนบุคคล เป็นสายรัดข้อมือติดแผ่นเพลเทียร์ ใช้หลักการที่ว่าที่ข้อมือมีเส้นเลือดใหญ่เมื่อเลือดมีอุณหภูมิต่ำลงจะหมุนเวียนไปทั่วร่างกายทำให้รู้สึกสบายขึ้น

2.4 ทฤษฎีการควบคุมแบบ PID

ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID Controller) เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการและค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือ ค่าสัดส่วน, ปริพันธ์ และอนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน, ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งเพิ่งผ่านไป, และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ

โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าพุ่งเกิน (Overshoots) และค่าแกว่งของระบบ (Oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุด หรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอน การประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ PID บางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าใช้รูปแบบใดบ้าง



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบพีไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการที่ (2.1)

$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \quad (2.1)$$

เมื่อ P_{out} , I_{out} และ D_{out} เป็นผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID จากแต่ละเทอมซึ่งนิยามตามรายละเอียดด้านล่าง

สัดส่วน

เทอมของสัดส่วน (อัตราขยาย) จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ K_p หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วน

เทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการที่ (2.2)

$$P_{out} = K_p e(t) \quad (2.2)$$

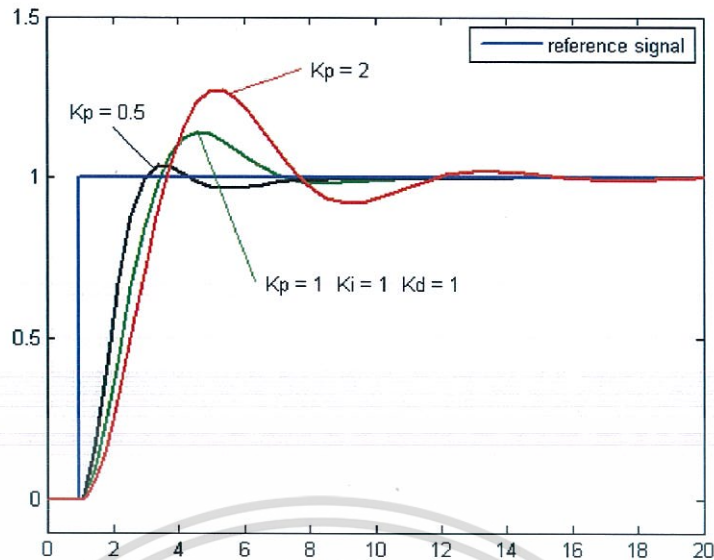
เมื่อ P_{out} = สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน

K_p = อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้

e = ค่าความผิดพลาด (SP-PV)

t = เวลา

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูง ค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้ามผลของอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย



รูปที่ 2.16 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อกำหนดค่า K_p เป็น 3 ค่า (K_i และ K_d คงที่)

ปริพันธ์

ผลจากเทอมปริพันธ์ (Reset) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาด และระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์, K_i

เทอมปริพันธ์จะเป็นไปตามสมการที่ (2.3)

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.3)$$

เมื่อ I_{out} = สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

K_i = อัตราขยายปริพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

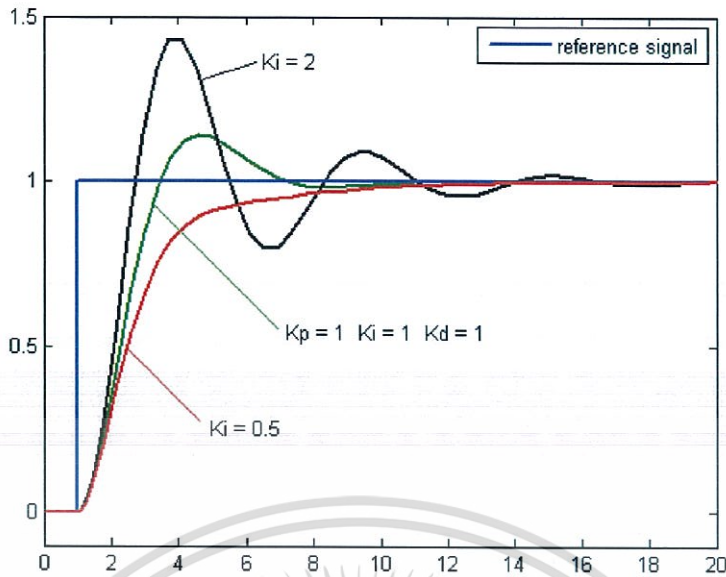
e = ค่าความผิดพลาด (SP-PV)

t = เวลา

τ = ค่าคงที่เวลา

เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการ และขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตามเทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดค่าฟุงเกินได้ (ข้ามจุดที่ต้องการและเกิดการหันเหไปทางทิศทางอื่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.17 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อกำหนดค่า K_i เป็น 3 ค่า (K_p และ K_d คงที่)

อนุพันธ์

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้น คำนวณหาจากความชันของความผิดพลาดทุกๆ เวลา (นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์, K_d ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับอัตราขยายอนุพันธ์, K_d

เทอมอนุพันธ์เป็นไปตามสมการที่ (2.4)

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.4)$$

เมื่อ D_{out} = สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

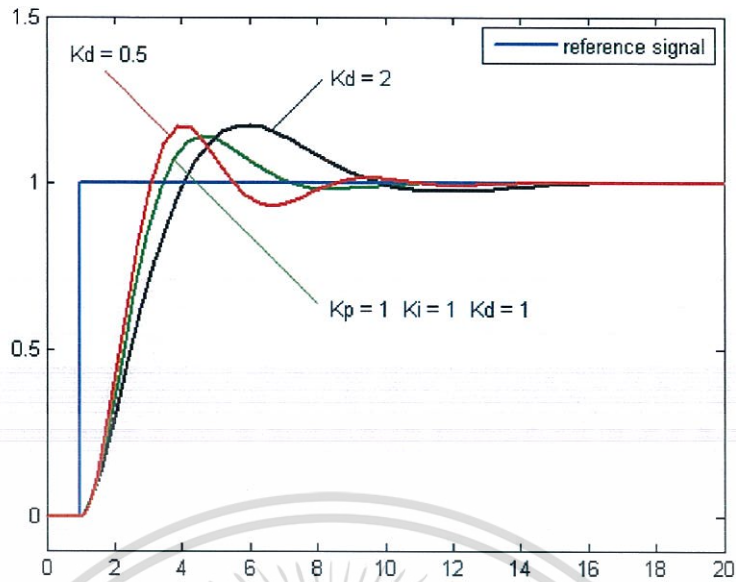
K_d = อัตราขยายอนุพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e = ค่าความผิดพลาด (SP-PV)

t = เวลา

เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุม ซึ่งจะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของค่าพุ่งเกินที่เกิดจากเทอมปริพันธ์ และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาด และสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่พอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อกำหนดค่า K_d เป็น 3 ค่า (K_p และ K_i คงที่)

ผลรวม

เทอมสัดส่วน, ปริพันธ์, และอนุพันธ์ จะนำมารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุมแบบ PID กำหนดให้ $u(t)$ เป็นสัญญาณขาออก สมการสุดท้ายของวิธี PID เป็นไปตามสมการที่ (2.5)

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.5)$$

การปรับจูนด้วยมือ

ถ้าระบบยังคงทำงาน ชั้นแรกให้ตั้งค่า K_i และ K_d เป็นศูนย์ เพิ่มค่า K_p จนกระทั่งสัญญาณขาออกเกิดการแกว่ง (Oscillate) แล้วตั้งค่า K_p ให้เหลือครึ่งหนึ่งของค่าที่ทำให้เกิดการแกว่งสำหรับการตอบสนองชนิด "Quarter Amplitude Decay" แล้วเพิ่ม K_i จนกระทั่งออฟเซตถูกต้องในเวลาที่ยอมเพียงของกระบวนการ แต่ถ้า K_i มากไปจะทำให้ไม่เสถียร ให้เพิ่มค่า K_d จนกระทั่งลู่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ถ้า K_d มากเกินไปจะเป็นเหตุให้การตอบสนองและโอเวอร์ชูตเกินยอมรับได้ ปกติการปรับจูน PID ถ้าเกิดโอเวอร์ชูตเล็กน้อยจะช่วยให้เข้าสู่จุดที่ต้องการเร็วขึ้น แต่ในบางระบบไม่สามารถยอมให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ และถ้าค่า K_p น้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดการแกว่ง

ตารางที่ 2.1 ผลของการเพิ่มค่าตัวแปรอย่างอิสระ

ตัวแปร	ช่วงเวลาขึ้น (Rise time)	โอเวอร์ชูต (Overshoot)	เวลาสู่สมดุล (Settling time)	ความผิดพลาดสถานะคงตัว (Steady-state error)	เสถียรภาพ
K_p	ลด	เพิ่ม	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ลด	ลด
K_i	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ	ลด
K_d	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ตามทฤษฎีไม่มีผล	ดีขึ้นถ้า K_d มีค่าน้อย

วิธีการ Ziegler–Nichols

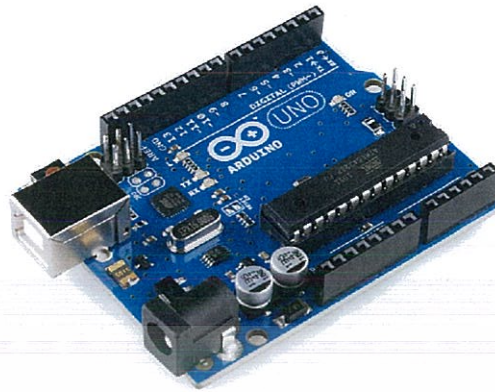
วิธีการนี้นำเสนอโดย John G. Ziegler และ Nathaniel B. Nichols ในคริสต์ทศวรรษที่ 1940 ขั้นแรกให้ตั้งค่า K_i และ K_d เป็นศูนย์ เพิ่มอัตราขยาย P สูงที่สุด, K_u , จนกระทั่งเริ่มเกิดการแกว่ง นำค่า K_u และค่าช่วงการแกว่ง P_u มาหาค่าตัวแปรที่เหลือดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 Ziegler–Nichols Method

Control Type	K_p	K_i	K_d
P	$0.50 K_u$	-	-
PI	$0.45 K_u$	$1.2 K_p / P_u$	-
PID	$0.60 K_u$	$2 K_p / P_u$	$K_p P_u / 8$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

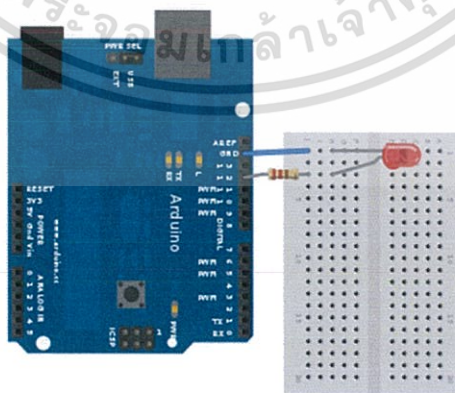
2.5 Arduino



รูปที่ 2.19 บอร์ด Arduino

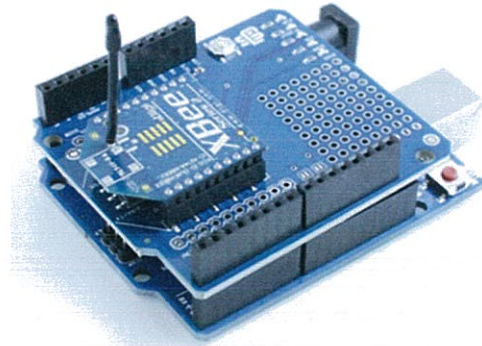
Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง, เพิ่มเติม และพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดแสดงดังในรูปที่ 2.20 หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ แสดงดังในรูปที่ 2.21 เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้



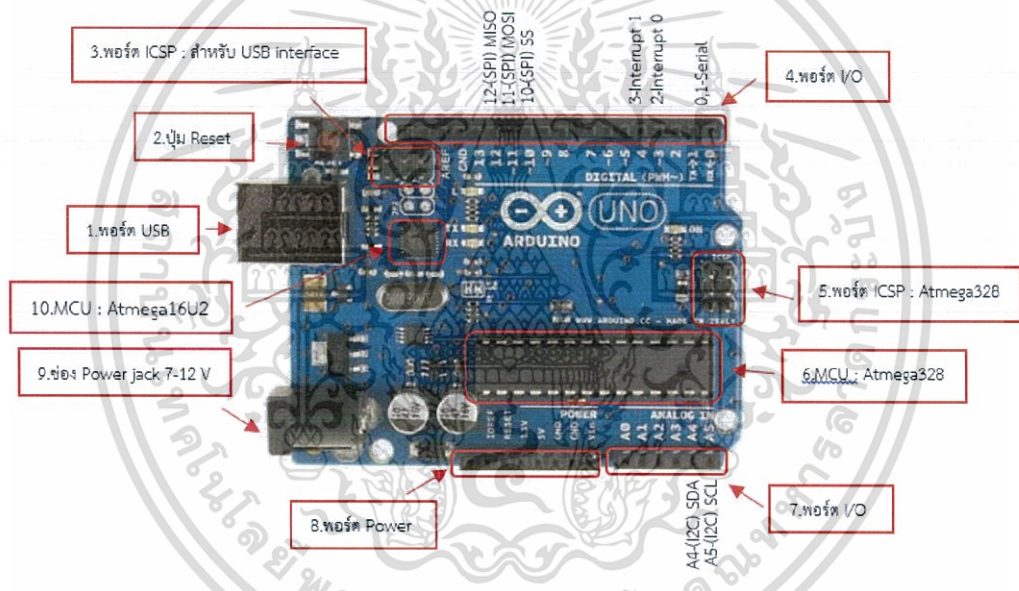
รูปที่ 2.20 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield

Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)



รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino UNO R3

1. USB Port : ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button : เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com Port บน Atmega16U2

4. I/O Port : Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port : Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. MCU : Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port : นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port : ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3V, +5V, GND, V_{in}
9. Power Jack : รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำโครงงาน

ในการจัดทำโครงงาน เรื่องตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิตินี้ มีส่วนประกอบที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน โดยแบ่งเป็นส่วนของ Hardware และ Software ซึ่งประกอบด้วยดังนี้

3.1 Hardware ที่ใช้ในโครงงาน

1. เพลเทียร์ (Peltier)

เป็นแผ่นที่สามารถสร้างความเย็นได้ที่ด้านหนึ่ง และปล่อยความร้อนออกมาที่อีกด้านหนึ่ง โดยต้องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไป



รูปที่ 3.1 TEC1-12706 Thermoelectric Peltier Cooler

2. พัดลมระบายอากาศ



รูปที่ 3.2 พัดลม และ Heatsink ระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Arduino UNO R3

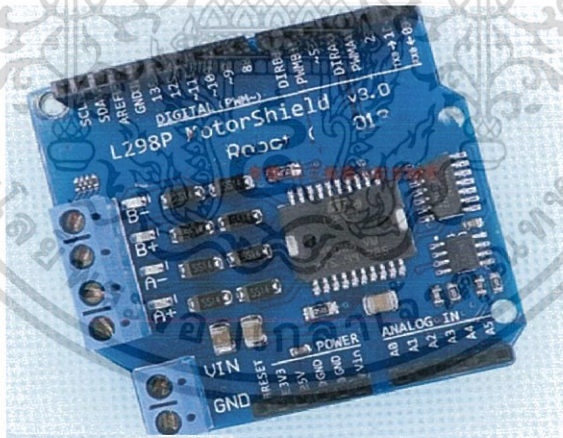
เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 3.3 Arduino UNO R3

4. Driver Motor

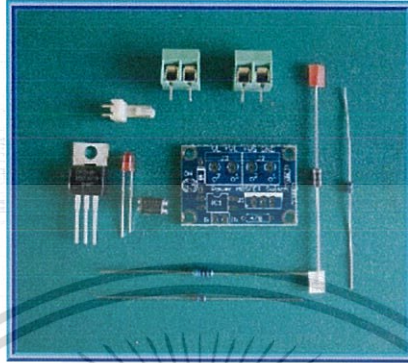
- 2A Motor Drive Shield (L298P) ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์พัดลม



รูปที่ 3.4 2A Motor Drive Shield (L298P)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Power Electronic Switch Relay -1Channel Kits Power MOSFET (5.5V 49 A IRFZ 44with Opto-Coupler เป็นโมดูลเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ หรือ อิเล็กทรอนิกส์รีเลย์ แบบ ช่อง ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 1IRFZ44N (55V 49A) จะใช้ในการควบคุมการทำงานของเพลเทียร์



รูปที่ 3.5 Power Electronic Switch Relay 1-Channel Kits Power MOSFET (55V 49A IRFZ44) with Opto-Coupler

5. สารกรองคาร์บอน

เป็นสารกรองคาร์บอนแบบหยابในเครื่องกรองน้ำซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับ และตัดกรองจึงทำให้สารกรองคาร์บอนมีความสามารถในการกรองกลิ่น และควันได้



รูปที่ 3.6 สารกรองคาร์บอนแบบหยاب

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หน้าจอแสดงผล LCD

หน้าจอแสดงผล LCD ไฟแบคไลท์สีน้ำเงิน ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด โดยจะแสดงอุณหภูมิที่วัดได้ภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ



รูปที่ 3.7 1602 LCD (Blue Screen) LCD with Backlight of The LCD Screen

7. Temperature Sensor

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยใช้ IC เบอร์ DS18B20 แบบกันน้ำได้



รูปที่ 3.8 Digital Temperature Temp Sensor Probe DS18B20 for Thermometer
Waterproof

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

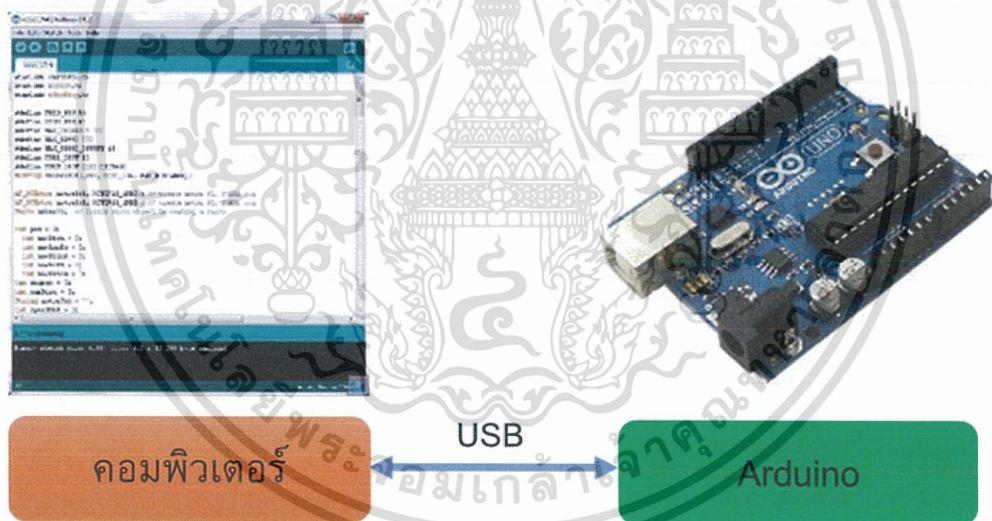
8. Power Supply

PMT Panel Mount Power Supply 350W, 12VDC/29A, Input Range 90-132VAC/180-264VAC



รูปที่ 3.9 PMT Panel Mount Power Supply 350W,12VDC/29A

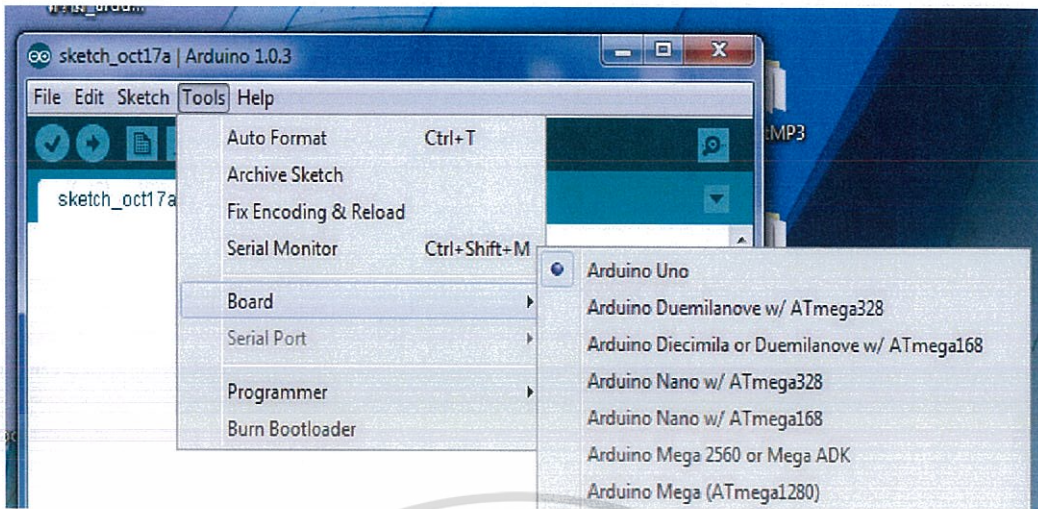
3.2 Software ที่ใช้ในโครงการ



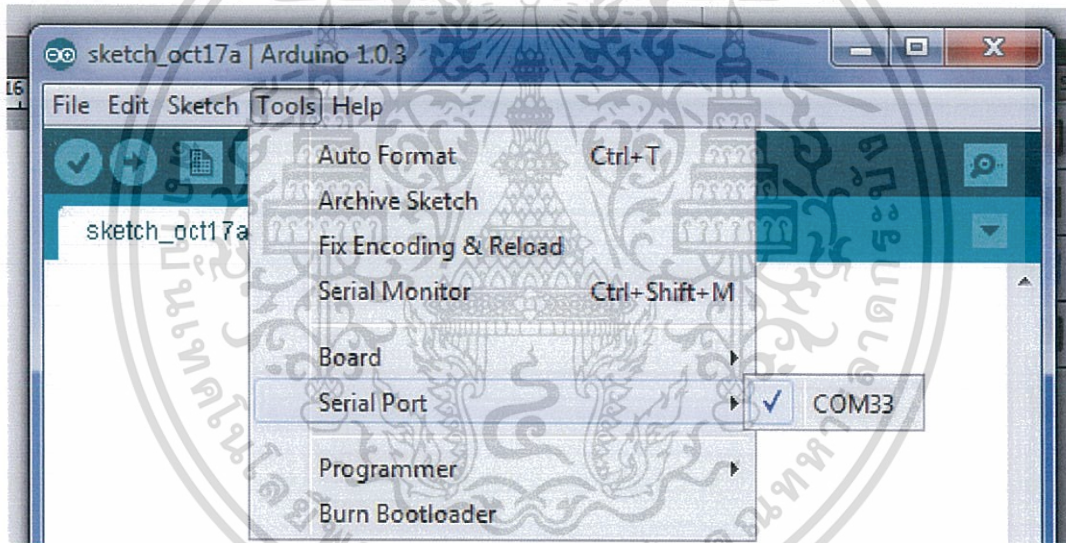
รูปที่ 3.10 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
2. หลังจากที่ได้เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



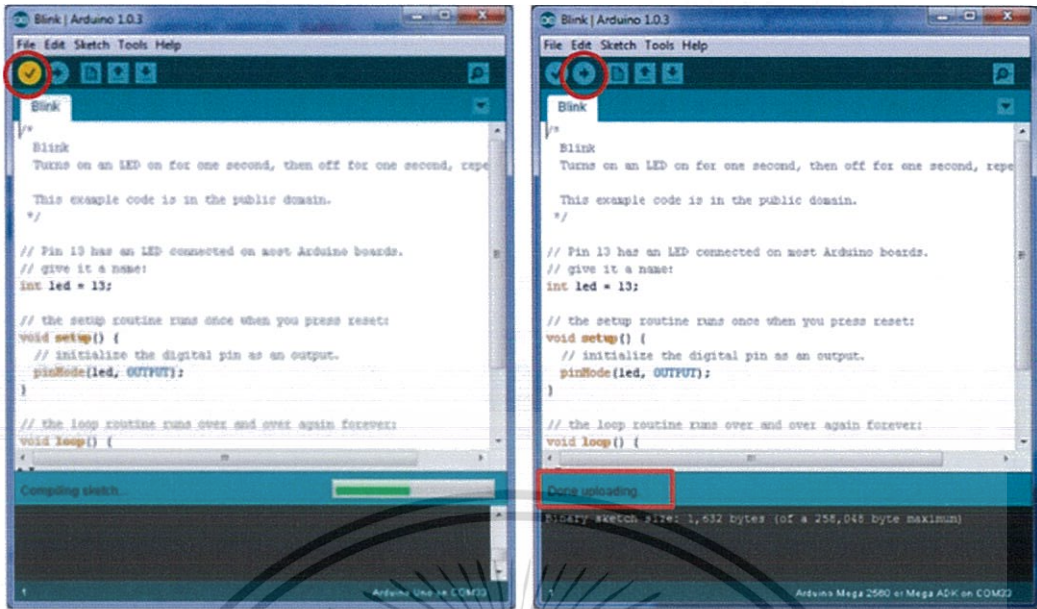
รูปที่ 3.11 การเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ Upload



รูปที่ 3.12 การเลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่อ Upload เรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done Uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 Compile Program และ Upload Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Code_Control

//Sensor must be installed as libraries
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS_1 4
OneWire oneWire_in(ONE_WIRE_BUS_1);
DallasTemperature sensors(oneWire_in);
DeviceAddress T_addr[2];
float temp[2];
float setpoint = 40 ;

// Parameter for PID CONTROLLER
int Fp = 10 ; // (Set Gain Proportional)
int Fi = 0 ; // (Set Gain Integral)
int Fd = 0 ; // (Set Gain Derivative)
int SampleTime = 1000; //1 sec

int P; // (Proportional)
int I; // (Integral)
int D; // (Derivative)

float Integral= 0;
int LastError = 0;
int IntThresh = 0;
int S_Temp ;

// Display must be installed as Libraries
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 3);

//Parameter for FAN CONTROL
const byte PWM_A = 3; // PWM control (speed) for FAN A
const byte PWM_B = 11; // PWM control (speed) for FAN B
const byte DIPA = 12; // Direction control for FAN A
const byte DIPB = 13; // Direction control for FAN B

//Parameter for PELTIER
const byte PWM_C = 5; // PWM control (PELTIER) for PELTIER Driver A
const byte PWM_D = 6;

#define FAN_A 0
#define FAN_B 1

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // initialize serial communication
  Serial.println("Dallas Temperature Control "); // initialize device
  sensors.begin();
  sensors.getDeviceCount();

  sensors.getAddress(T_addr[0], 0);
  sensors.getAddress(T_addr[1], 1);

  sensors.setResolution(T_addr[0], 11);
  sensors.setResolution(T_addr[1], 11);
}

for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)
{
  if (T_addr[0][i] < 16) Serial.print("0");
  Serial.print(T_addr[0][i], HEX);
}
Serial.println();
for (uint8_t i = 0; i < 8; i++)
{
  if (T_addr[1][i] < 16) Serial.print("0");
  Serial.print(T_addr[1][i], HEX);
}
Serial.println();

// setupFanDriver()
// All pins should be setup as outputs:
pinMode(PWMA, OUTPUT);
pinMode(PWMB, OUTPUT);
pinMode(DIPA, OUTPUT);
pinMode(DIPB, OUTPUT);

```

```

// Initialize all pins as low:
digitalWrite(PWMA, LOW);
digitalWrite(PWMB, LOW);
digitalWrite(DIPA, LOW);
digitalWrite(DIPB, LOW);

lcd.begin();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("Temperature");
}

void loop(void)
{
  ////////////////Sensor/////////////////
  sensors.requestTemperatures();

  temp[0] = sensors.getTempC(T_addr[0]);
  temp[1] = sensors.getTempC(T_addr[1]);
  float room = (temp[0] + temp[1]) / 2 ;

  //Serial.print(temp[0]);
  //Serial.print(",");
  //Serial.print(temp[1]);
  //Serial.print(",");
  //Serial.println(room);

  ////////////////PID CONTROL/////////////////
  int position = room ;
  int Error = position - setpoint ; // position
  if (abs(Error) < IntThresh) {
    IntThresh = Integral + Error;
  }
  else {
    Integral = 0;
  }
  double SampleTimeInSec = ((double)SampleTime)/1000;
  P = Error * Fp ;
  I = Integral * (FI*SampleTimeInSec) ;
  D = (LastError - position) * (FD/SampleTimeInSec) ;
  S_Temp = P + I + D ;

  LastError = position ;
  delay(80);

  ////////////////Fan Control/////////////////
  FanDriver(FAN_A, 1, 255); // FAN A at max speed.
  FanDriver(FAN_B, 1, 255); // FAN B at max speed.

  ////////////////peltier Control/////////////////
  if(room > 40){
    analogWrite(PWMC, S_Temp);
  }
  else {
    analogWrite(PWMC, 0);
  }

  Serial.println(room);
  ////////////////Display/////////////////
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("Room = ");
  lcd.print(room);

  void FanDriver(byte fan, byte dir, byte spd)
  {
    if (fan == FAN_A)
    {
      digitalWrite(DIPA, dir);
      analogWrite(PWMA, spd);
    }
    else if (fan == FAN_B)
    {
      digitalWrite(DIPB, dir);
      analogWrite(PWMB, spd);
    }
  }

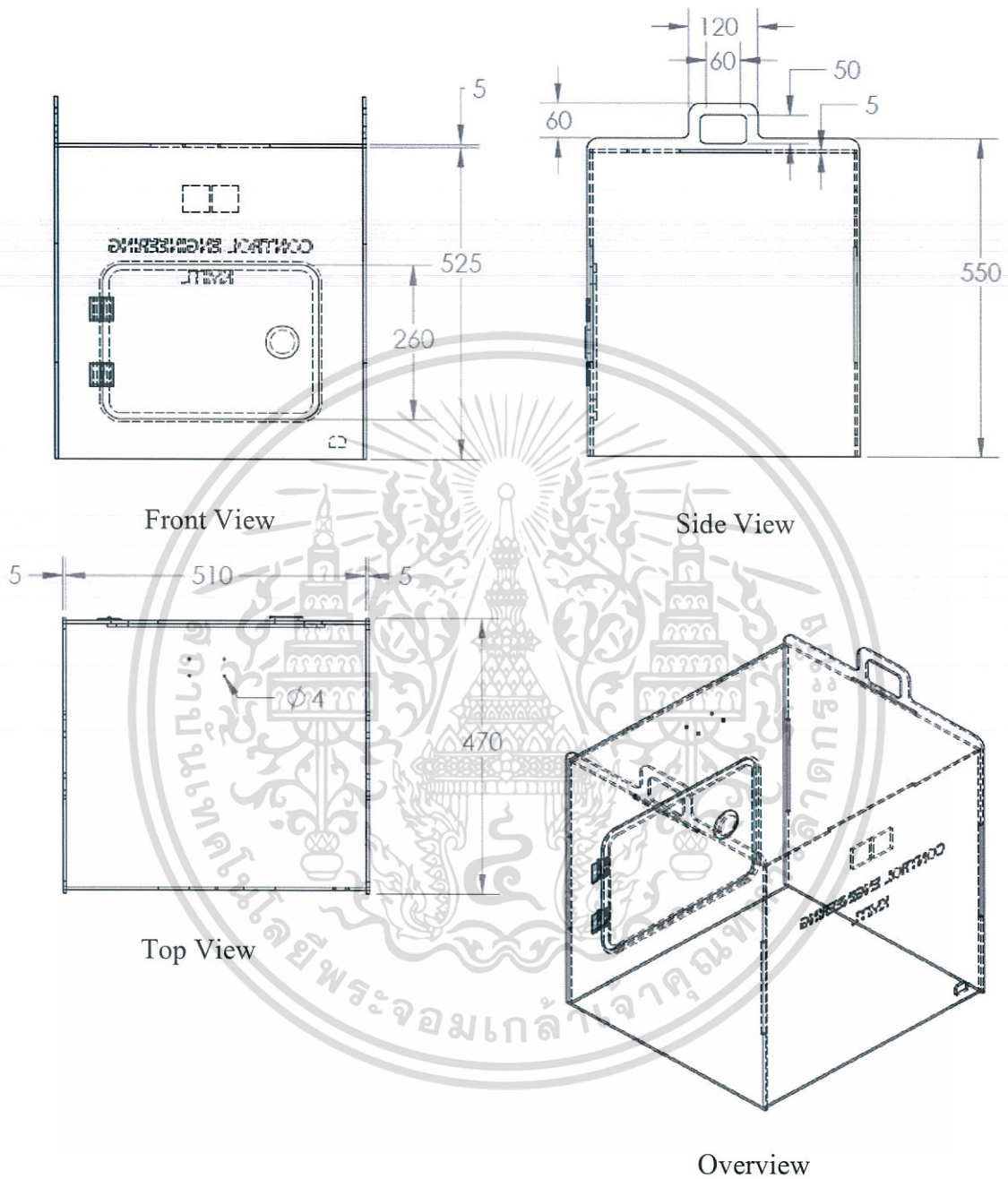
  void stopFanDriver(byte fan)
  {
    FanDriver(fan, 0, 0);
  }
}

```

รูปที่ 3.14 โปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องพิมพ์สามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 รูปแบบของตู้ควบคุมที่ออกแบบใช้ในโครงการ



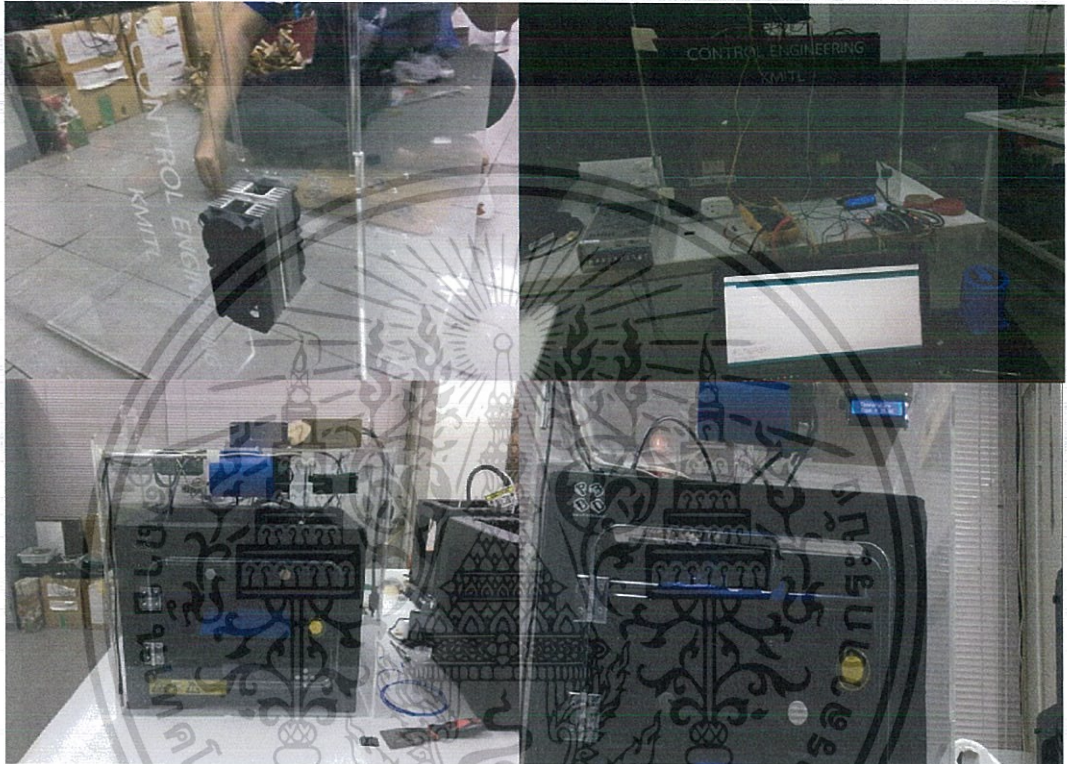
รูปที่ 3.15 รูปแบบของตู้ควบคุมที่ออกแบบใช้ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดสอบโปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4.1 การทดสอบโปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิ

ทำการทดลองโดยการใช้เครื่องพิมพ์สามมิติพิมพ์ชิ้นส่วนออกมาชิ้นส่วนหนึ่ง โดยใช้เวลาในการพิมพ์ประมาณสามชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

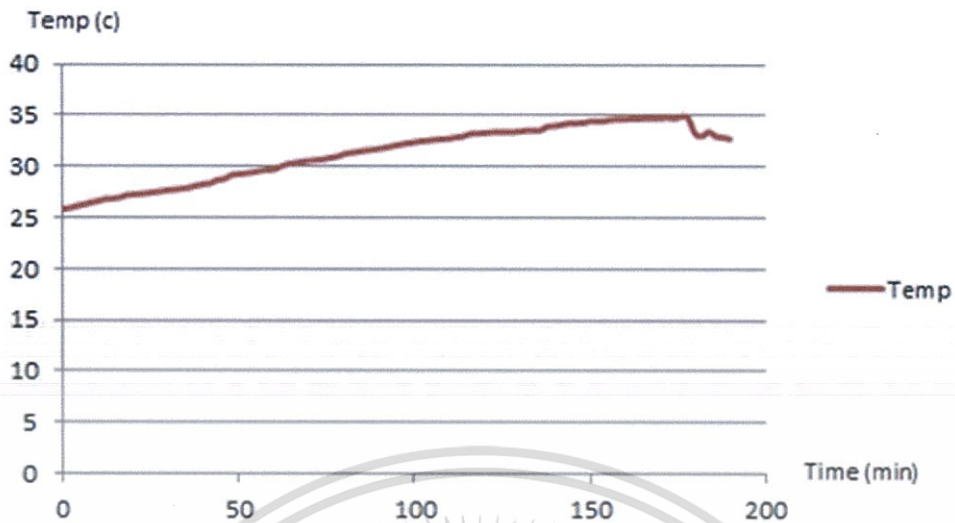
(อุณหภูมิ ตอนเปิดเครื่องอยู่ที่ 25.81 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการทำงานภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ

Time (sec)	Temp. (Celsius)	Time (sec)	Temp. (Celsius)	Time (sec)	Temp. (Celsius)
0	25.81	60	29.73	120	33.3
2	25.91	62	30.02	122	33.38
4	26.11	64	30.24	124	33.41
6	26.29	66	30.36	126	33.41
8	26.46	68	30.47	128	33.42
10	26.62	70	30.55	130	33.44
12	26.79	72	30.64	132	33.56
14	26.84	74	30.72	134	33.58
16	26.94	76	30.86	136	33.58
18	27.18	78	30.97	138	33.94
20	27.25	80	31.21	140	34
22	27.3	82	31.36	142	34.12
24	27.39	84	31.45	144	34.26
26	27.49	86	31.57	146	34.27
28	27.57	88	31.64	148	34.3
30	27.68	90	31.77	150	34.46
32	27.75	92	31.86	152	34.47
34	27.83	94	32.02	154	34.47
36	27.94	96	32.15	156	34.62
38	28.13	98	32.28	158	34.65
40	28.28	100	32.37	160	34.66
42	28.37	102	32.49	162	34.71
44	28.69	104	32.54	164	34.73
46	28.78	106	32.64	168	34.74
48	29.18	108	32.71	170	34.74
50	29.26	110	32.75	172	34.86
52	29.34	112	32.87	174	34.74
54	29.44	114	32.96	176	34.92
56	29.56	116	33.21	178	34.84
58	29.67	118	33.26	180	33.32

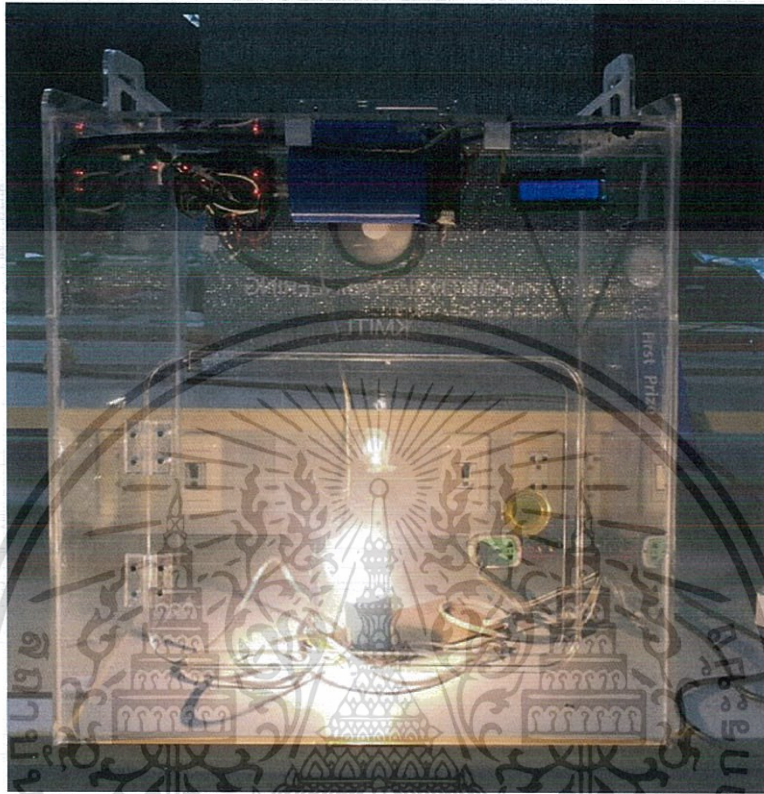
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการทำงานภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ

จากตารางที่ 4.1 ทำการทดสอบการทำงานภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศ ของเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ สามารถนำมาพล็อตเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.2 ทำการทดสอบโดยการพิมพ์ชิ้นงานโดยใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 200 นาที พบว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิในช่วง 30-35 องศาเซลเซียส แผ่นทำความเย็นเริ่มทำงานและอุณหภูมิจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนประมาณ 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะเริ่มลดลง โดยการเพิ่มและการลดของอุณหภูมิจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ จึงจำเป็นต้องใช้เวลานานในการทดสอบการทำงาน

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นทำความเย็น



รูปที่ 4.3 การทดสอบการทำงานของแผ่นทำความเย็น

ผู้ทำการทดลองได้ทดลองโดยใช้หลอดไฟขนาด 100 W เพื่อนำมาใช้เป็นตัวในการทำความร้อน เวลาที่ใช้ในการทดลองประมาณหนึ่งชั่วโมงสามสิบนาที ผลการทดลองที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นทำความเย็น

Time	Temp. (Celsius) (Without peltier)	Temp. (Celsius) (With peltier)
0	29	29
1	29.31	29.25
2	29.5	29.41
3	29.66	29.56
4	29.8	29.69
5	29.94	29.81
6	30.09	29.91
7	30.22	30.03
8	30.34	30.12
9	30.44	30.22
10	30.56	30.31
11	30.66	30.41
12	30.75	30.5
13	30.87	30.56
14	30.97	30.66
15	31.06	30.72
16	31.16	30.81
17	31.22	30.87
18	31.31	30.97
19	31.37	31.03
20	31.47	31.09
21	31.53	31.16
22	31.59	31.25
23	31.66	31.31
24	31.75	31.37
25	31.78	31.47
26	31.84	31.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นทำความเย็น (ต่อ)

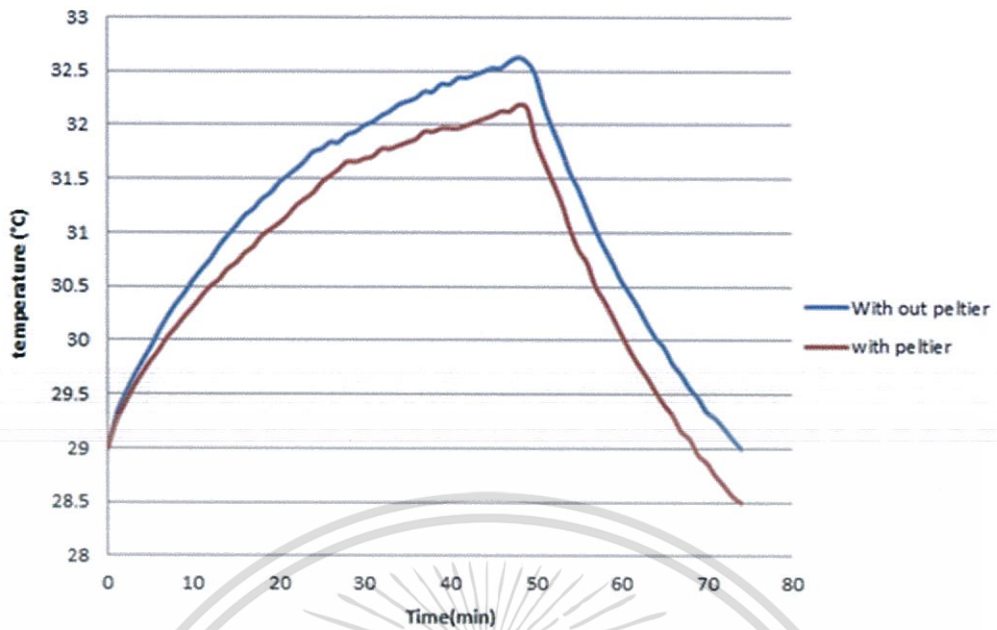
27	31.84	31.59
28	31.91	31.66
29	31.94	31.66
30	32	31.69
31	32.03	31.71
32	32.09	31.78
33	32.13	31.78
34	32.19	31.81
35	32.22	31.84
36	32.25	31.87
37	32.31	31.94
38	32.31	31.94
39	32.38	31.97
40	32.38	31.97
41	32.44	31.97
42	32.44	32
43	32.47	32.03
44	32.5	32.06
45	32.53	32.09
46	32.53	32.13
47	32.59	32.13
48	32.63	32.19
49	32.59	32.16
50	32.47	31.86
51	32.19	31.66
52	31.97	31.47
53	31.78	31.28
54	31.56	31.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นทำความเย็น (ต่อ)

55	31.41	30.84
56	31.22	30.72
57	31.03	30.5
58	30.87	30.37
59	30.72	30.22
60	30.56	30.06
61	30.44	29.91
62	30.31	29.78
63	30.16	29.66
64	30.03	29.53
65	29.94	29.41
66	29.79	29.31
67	29.69	29.16
68	29.56	29.09
69	29.47	28.94
70	29.34	28.87
71	29.28	28.75
72	29.19	28.66
73	29.09	28.56
74	29	28.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นทำความเย็น

จากตารางที่ 4.2 ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นเพลเทียร์ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ สามารถนำมาพล็อตเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.4 พบว่ากราฟเส้นสีน้ำเงิน (Without Peltier) จะแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการลดลงของอุณหภูมิในขณะที่แผ่นเพลเทียร์ไม่ทำงาน กราฟเส้นสีแดง (With Peltier) จะแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการลดลงของอุณหภูมิในขณะที่แผ่นเพลเทียร์ทำงาน จะพบว่าเมื่อแผ่นเพลเทียร์มีการทำงานการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะช้ากว่าในกรณีที่แผ่นเพลเทียร์ไม่ทำงาน และการลดลงของอุณหภูมิในกรณีที่แผ่นเพลเทียร์ทำงานจะเร็วกว่ากรณีที่แผ่นเพลเทียร์ไม่ทำงาน ดังนั้นเมื่อแผ่นเพลเทียร์มีการทำงานจะสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิเคราะห์ผลและสรุปผล

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

โครงการนี้เป็นโครงการที่ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องพิมพ์สามมิติ จากการปล่อยกลิ่น, คิว้น และควบคุมอุณหภูมิ เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพและชิ้นงาน ซึ่งตัวกรองอากาศจะทำงานตลอดระยะเวลาที่เครื่องเปิดการทำงานเพื่อกรองกลิ่นและคิว้น และเมื่อเซนเซอร์วัดอุณหภูมิตรวจจับได้ว่ามีอุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส (จากการกำหนด) จะทำให้เพลเทียร์ทำงานเพื่อที่จะทำการปรับอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบพบว่าผู้ควบคุมสภาพอากาศของเครื่องพิมพ์สามมิติ สามารถควบคุมปริมาณของกลิ่นและคิว้นให้มีปริมาณน้อยลง และควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ ในช่วง 30-35 องศาเซลเซียสได้

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. ตัวตู้ที่ทำจากแผ่นอะคริลิก มีความแข็งแรงไม่พอ
2. การทำความเย็นของแผ่นทำความเย็นไม่เพียงพอ เนื่องจากเครื่องพิมพ์สามมิติทำงานและจะทำให้เกิดความร้อนตลอดเวลา
3. การทดสอบการควบคุมอุณหภูมิใช้เวลานาน เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

5.2.2 แนวทางการแก้ไข

1. ด้วยความกังวลของความเสี่ยงของตัวตู้อะคริลิก ได้ทำงานนำชิ้นส่วนมาประกอบเพิ่มเพื่อเพิ่มความแข็งแรง
2. เพิ่มจำนวนการใช้งานแผ่นเพลเทียร์เป็นสองแผ่นและเลือกฮีทซิงค์ (Heat Sink) ที่เหมาะสม
3. เพื่อย่นระยะเวลาในการทดสอบ จึงใช้ตัวทำความร้อนตัวอื่นๆ เช่น หลอดไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] “ระบบกรองอากาศ” [Online]. Available: <http://home.kku.ac.th/chuare/12/airfilter>
- [2] “เรื่อนำรู้เกี่ยวกับการกรองอากาศ” [Online]. Available: https://www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-17/17%20-%2006
- [3] “เครื่องพิมพ์สามมิติ” [Online]. Available: <http://www.siamregrap.com/2015/10/what-is-fdm-3d-printer>
- [4] “3D Printer คืออะไร” [Online]. Available: <http://www.print3dd.com/3d-printers>
- [5] “แผ่นทำความเย็น (Peltier)” [Online]. Available: <http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=kanichikoong&month=25-04-2015&group=17&gblog=20>
- [6] “แผ่นเพลเทียร์ (Peltier)” [Online]. Available: www.dmsc.moph.go.th/itc/usersfile/files/KM59_PT.pdf
- [7] “ระบบควบคุม PID” [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีไอดี>
- [8] “Arduino” [Online]. Available: <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronic>



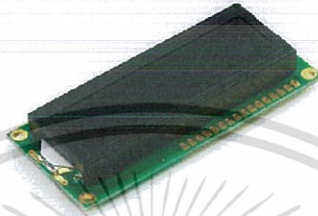
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Datasheet ของ จอแสดงผล LCD

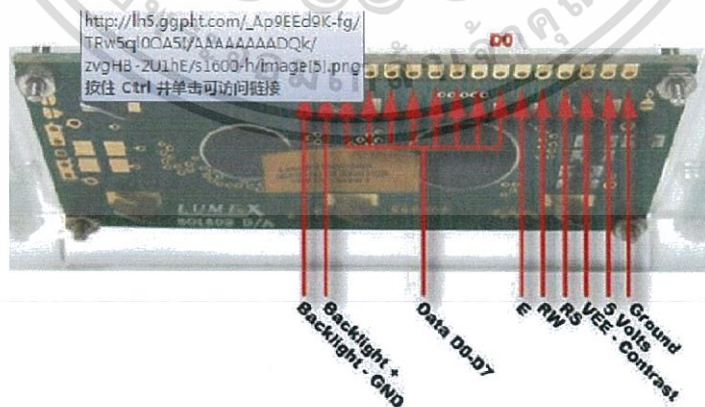
1602 LCD

General Description



- 16 characters (5x8 dots) x 2 lines FSTN Positive Black & White Transflective Dot Matrix LCD module.
- Viewing Angle: 6 O'clock direction.
- Driving scheme: 1/16 Duty, 1/5 bias.
- HD44780 LCD Controller and Driver or equivalent.
- 40-Channel Segment/Common Driver for Dot Matrix LCD or equivalent.
- Connector: 16 pins ZIF SMD connector (CON-IL-402).
- White LED05 backlight.

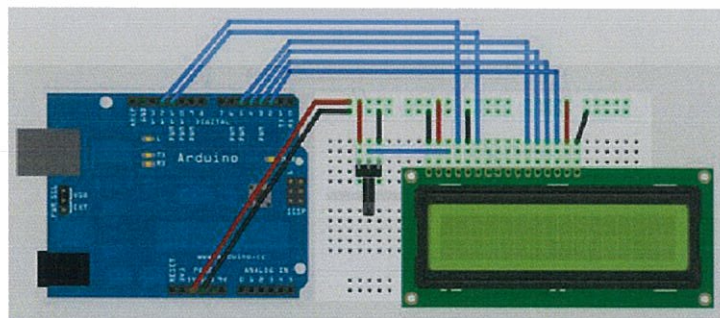
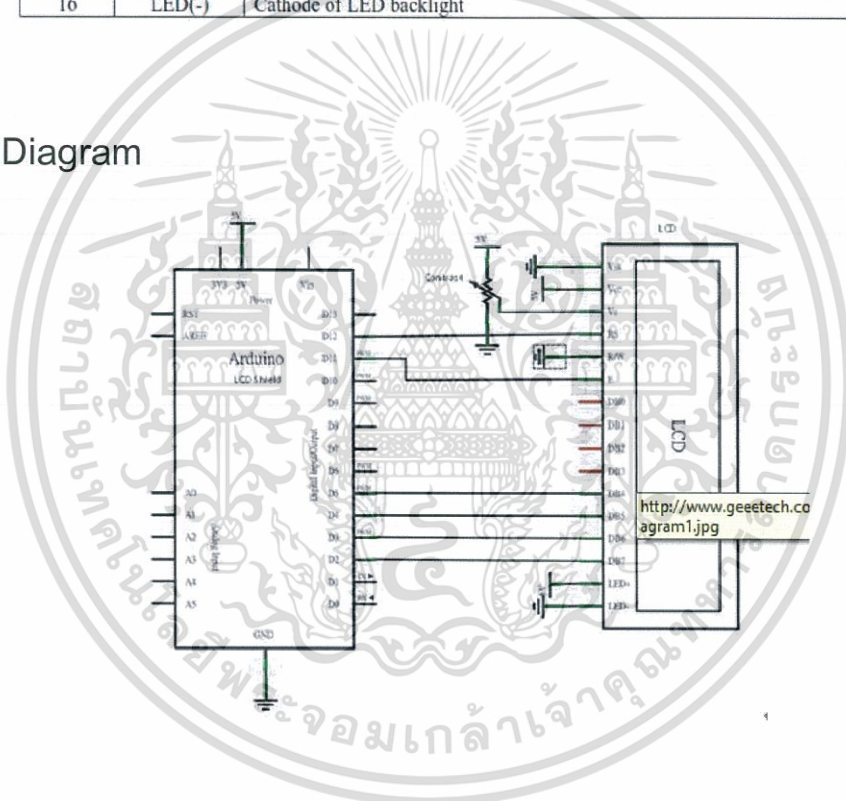
Description



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin No.	Symbol	Description
1	VSS	Ground(0V).
2	VDD	Power supply for logic (+5V)
3	V0	Power supply for LCD driver
4	RS	Register Select Input: "High" for Data register (for read and write) "Low" for Instruction register (for write), Busy flag, address counter (for read)
5	R/W	Read/Write signal: "High" for Read mode. "Low" for Write mode.
6	E	Enable. Start signal for data read /write.
7	DB0	Data input/output (LSB)
8	DB1	Data input/output
9	DB2	Data input/output
10	DB3	Data input/output
11	DB4	Data input/output
12	DB5	Data input/output
13	DB6	Data input/output
14	DB7	Data input/output (MSB)
15	LED(+)	Anode of LED backlight
16	LED(-)	Cathode of LED backlight

Wiring Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

example

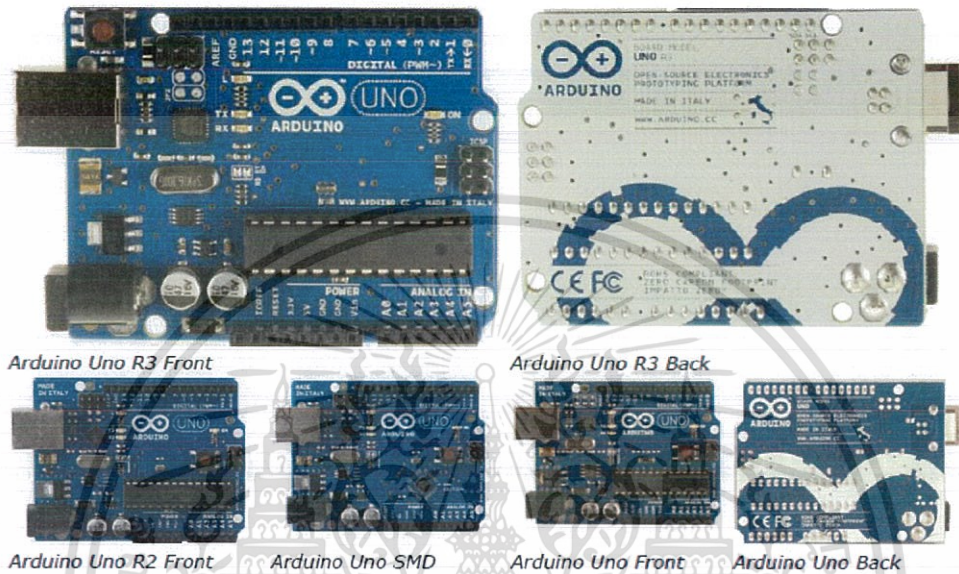
```
#include <LiquidCrystal.h>
// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup() {
// set up the LCD's number of columns and rows:
lcd.begin(16, 2);
// Print a message to the LCD.
lcd.print("hello, world!");
}
void loop() {
// set the cursor to column 0, line 1
// (note: line 1 is the second row, since counting begins with
0):
lcd.setCursor(0, 1);
// print the number of seconds since reset:
lcd.print(millis()/1000);
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Datasheet ของ Arduino Uno



Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

Revision 2 of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

Revision 3 of the board has the following new features:

- pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ความรู้แก่สาธารณชน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: arduino-uno-Rev3-reference-design.zip (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: arduino-uno-Rev3-schematic.pdf

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V).

Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.

เอกสารนี้เป็นเอกสารของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A SoftwareSerial library allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation for details. For SPI communication, use the SPI library.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software (download). Select "Arduino Uno" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the reference and tutorials.

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details. The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use Atmel's FLIP software (Windows) or the DFU programmer (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this user-contributed tutorial for more information.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

USB Overcurrent Protection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

Datasheet ของ Arduino Motor Shield (L298P)

I Introduction

This DFRobot L298 DC motor driver shield uses LG' high power H-bridge driver Chip L298P, which is able to drive DC motor, two-phase or four phase stepper motor with a maximum 2A current. The motor output uses eight high-speed Schottky diodes for protection. The circuit wiring of the shield is well organised and the stack design makes it directly mountable onto our Arduino compatible Duemilanove 328 or Mega.

The Shield can switch between PWM speed control mode and PLL phase-locked loop mode through setting the appropriate jumpers. The power supply can be achieved either via Arduino VIN input or PWRIN input on the shield through setting the appropriate jumpers. The speed control is achieved through conventional PWM which can be obtained from Arduino's PWM output Pins 5 and 6. The enable/disable function of the motor control is signaled by Arduino Digital Pins 4 and 7.

The Motor shield can be powered directly from Arduino or from external power source. It is strongly recommended to use external power supply to power the motor shield.

- Logic Control Voltage: 5V (From Arduino)
- Motor Driven Voltage: 4.8~35V (From Arduino or External Power Source)
- Logic supply current I_{SS} : $\leq 36\text{mA}$
- Motor Driven current I_o : $\leq 2\text{A}$
- Maximum power consumption: 25W ($T=75^\circ\text{C}$)
- PWM、PLL Speed control mode
- Control signal level:

High: $2.3\text{V} \leq V_{in} \leq 5\text{V}$

Low: $-0.3\text{V} \leq V_{in} \leq 1.5\text{V}$

II Diagram and Control Mode Setting

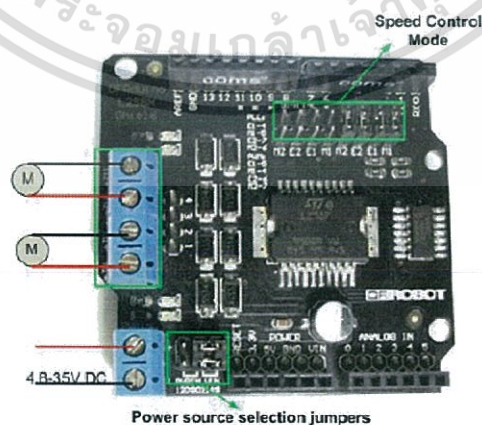


Figure 1 L298 Motor Shield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Control Mode Selection Jumpers (Figure 2 below): The shield supports PWM and PLL (Phased Locked Loop) control Modes. The PWM mode uses E1 and E2 to generate PWM signal. The PLL mode uses M1 and M2 to generate phase control signal.



Figure 2 Control Mode Selection Jumpers

Motor Terminal (Figure 3 below): Two DC motors are connected to blue motor terminals. The male header behind the terminals are the same as the motor terminals.



Figure 3 L298 Motor terminal

PWRIN (Figure 4 below) : The motors can be powered by external power supply when the motor current exceeds the limits provided from the Arduino. The switch between external and Arduino power is implemented by two jumpers.

- PWRIN: External Power
- VIN: Arduino Power

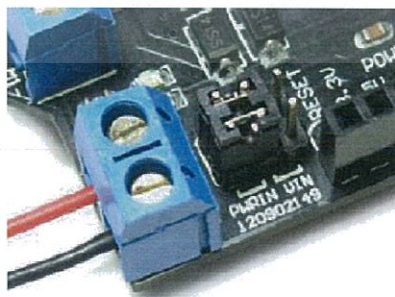


Figure 4 The motors are powered by external power supply

Figure 5 below demonstrates how the motor shield is set to be powered by Arduino power

only. เอกสารนี้เขียนเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Figure 5 The motors are powered by Arduino power supply

NOTE: When the motor shield is powered by external power source, make sure the external power source and Arduino have the same GND.

Control Signal Truth Table:

E1	M1		E2	M2	
L	X	Motor 1 Disabled	L	X	Motor 2 Disabled
H	H	Motor 1 Backward	H	H	Motor 2 Backward
PWM	X	PWM Speed control	PWM	X	PWM Speed control

Note: H is High level; L is Low level; PWM is Pulse Width Modulation signal; X is any voltage level

III Pin Allocation

"PWM Mode"		"PLL Mode"	
Pin	Function	Pin	Function
Digital 4	Motor 2 Direction control	Digital 4	Motor 2 Enable control
Digital 5	Motor 2 PWM control	Digital 5	Motor 2 Direction control
Digital 6	Motor 1 PWM control	Digital 6	Motor 1 Direction control
Digital 7	Motor 1 Direction control	Digital 7	Motor 1 Enable control

IV Sample Code

PWM Speed Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1 //Arduino PWM Speed Control:
2 int E1 = 6;
3 int M1 = 7;
4 int E2 = 5;
5 int M2 = 4;
6 void setup()
7 {
8   pinMode(M1, OUTPUT);
9   pinMode(M2, OUTPUT);
10 }
11 void loop()
12 {
13   int value;
14   for(value = 0 ; value <= 255; value+=5)
15   {
16     digitalWrite(M1,HIGH);
17     digitalWrite(M2, HIGH);
18     analogWrite(E1, value); //PWM Speed
19     Control
20     analogWrite(E2, value); //PWM Speed
21     Control
22     delay(30);
23   }
24 }

```

PLL Speed Control

```

1 //Arduino PLL Speed Control:
2 int E1 = 7;
3 int M1 = 6;
4 int E2 = 4;
5 int M2 = 5;
6 void setup()
7 {
8   pinMode(M1, OUTPUT);
9   pinMode(M2, OUTPUT);
10 }
11
12 void loop()
13 {
14   int value;
15   for(value = 0 ; value <= 255; value+=5)
16   {
17     digitalWrite(M1,HIGH);
18     digitalWrite(M2, HIGH);
19     analogWrite(E1, value); //PLL Speed Control
20     analogWrite(E2, value); //PLL Speed Control
21     delay(30);
22   }
23 }
24 }

```

ภาคผนวก ง

Datasheet ของ Pelier's Motor Drive

Power Electronic Switch Relay 1-Channel Kits Power MOSFET (55V 49A IRFZ44) with Opto-Coupler

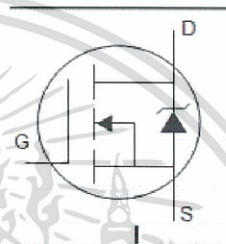
International
IR Rectifier

PD - 94053

IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



$$V_{DSS} = 55V$$

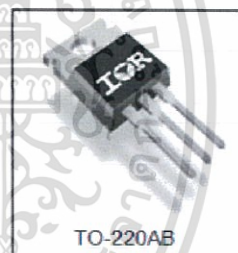
$$R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$$

$$I_D = 49A$$

Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well

known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.



TO-220AB

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	49	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	35	
I_{DM}	Pulsed Drain Current CD	160	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	94	W
	Linear Derating Factor	0.63	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AR}	Avalanche Current CD	25	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy CD	9.4	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt @	5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to + 175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf·in (1.1N·m)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	55	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.058	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	17.5	m Ω	$V_{GS} = 10V, I_D = 25A$ ①
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	19	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D = 25A$ ②
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS} = 55V, V_{GS} = 0V$
		—	—	250		$V_{DS} = 44V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{DS} = 20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS} = -20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	63	nC	$I_D = 25A$
Q_{gS}	Gate-to-Source Charge	—	—	14		$V_{DS} = 44V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	23		$V_{GS} = 10V$, See Fig. 6 and 13
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	12	—	ns	$V_{DD} = 28V$
t_r	Rise Time	—	60	—		$I_D = 25A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	44	—		$R_G =$
t_f	Fall Time	—	45	—		12 Ω
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	1470	—	pF	$V_{GS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	360	—		$V_{DS} = 25V$
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance	—	88	—		$f = 1.0\text{MHz}$, See Fig. 5
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy	—	530	150	mJ	$I_{AS} = 25A, L = 0.47\text{mH}$

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	49	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	160		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 25A, V_{GS} = 0V$ ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	63	95	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = 25A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	170	260	nC	$di/dt = 100A/\mu s$ ④
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}, L = 0.48\text{mH}$
 $R_G = 25\Omega, I_{AS} = 25A$. (See Figure 12)
- ③ $I_{SD} \leq 25A, di/dt \leq 230A/\mu s, V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}, T_J \leq 175^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 400\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.
- ⑤ This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.
- ⑥ This is a calculated value limited to $T_J = 175^\circ\text{C}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

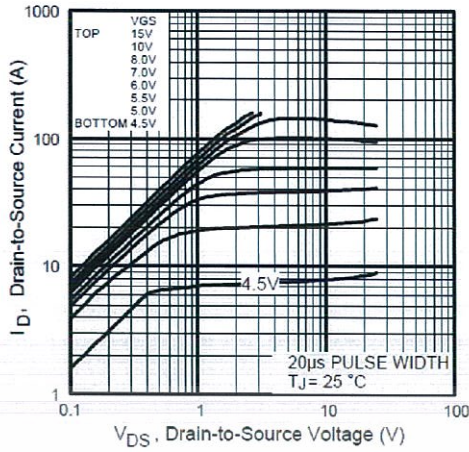


Fig 1. Typical Output Characteristics

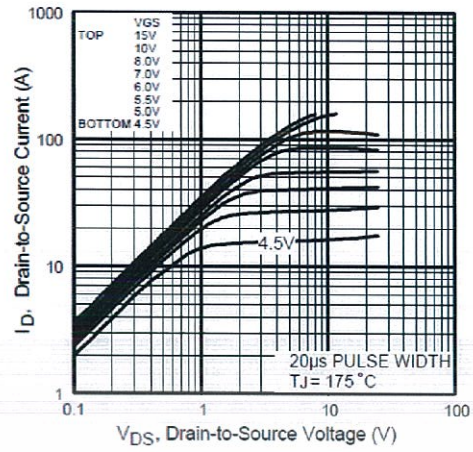


Fig 2. Typical Output Characteristics

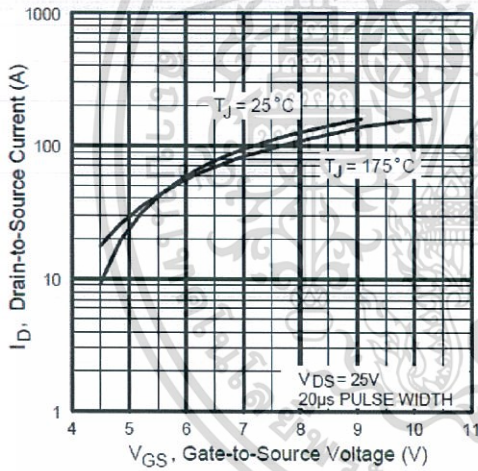


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

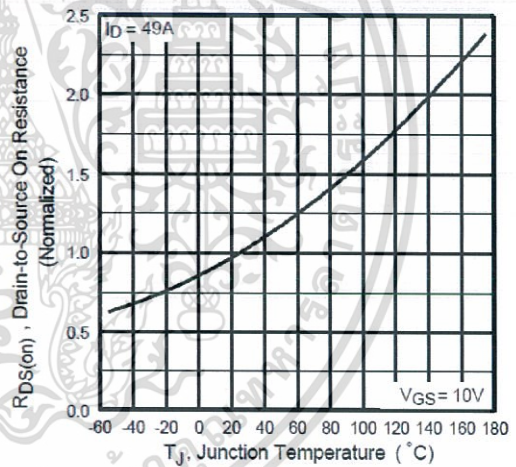


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

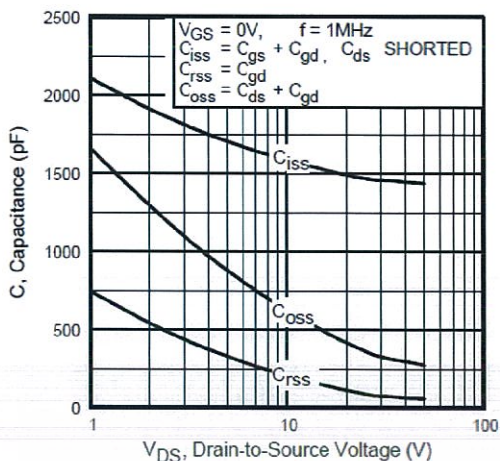


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

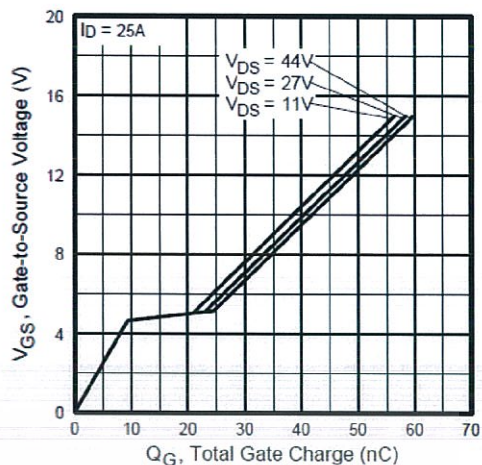


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

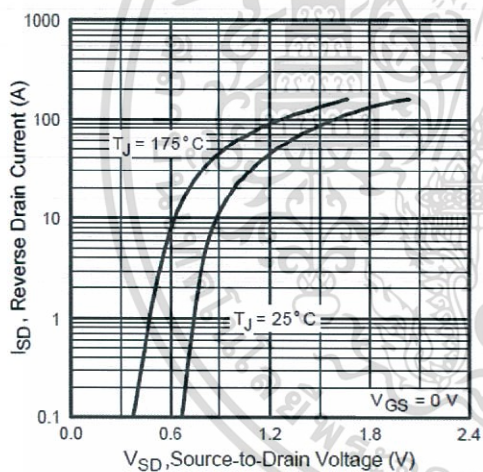


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

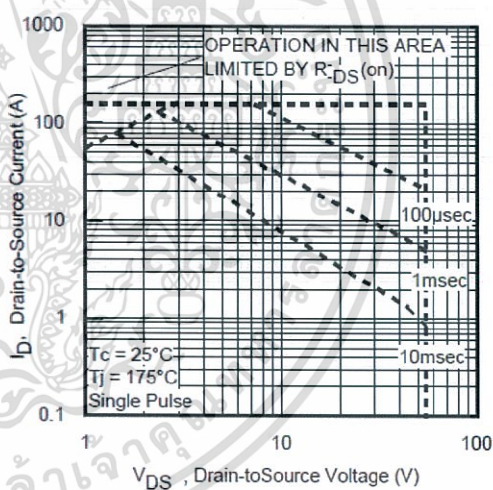


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

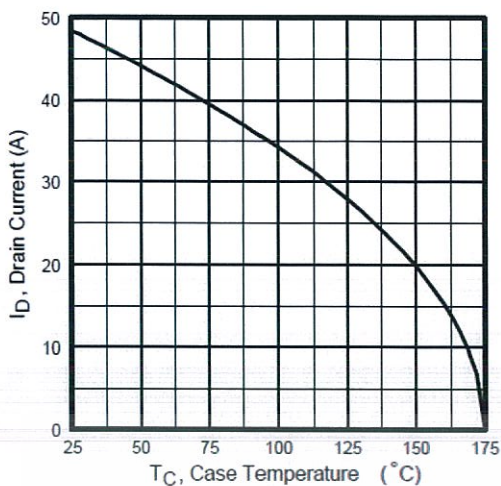


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

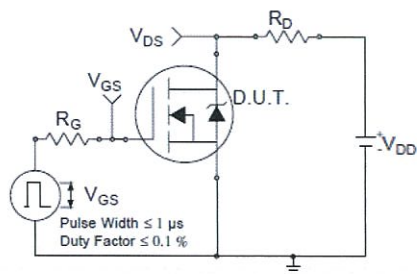


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

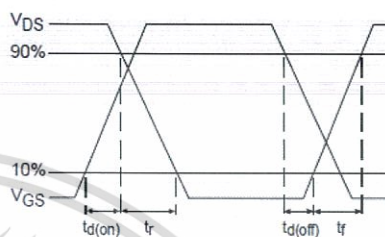


Fig 10b. Switching Time Waveforms

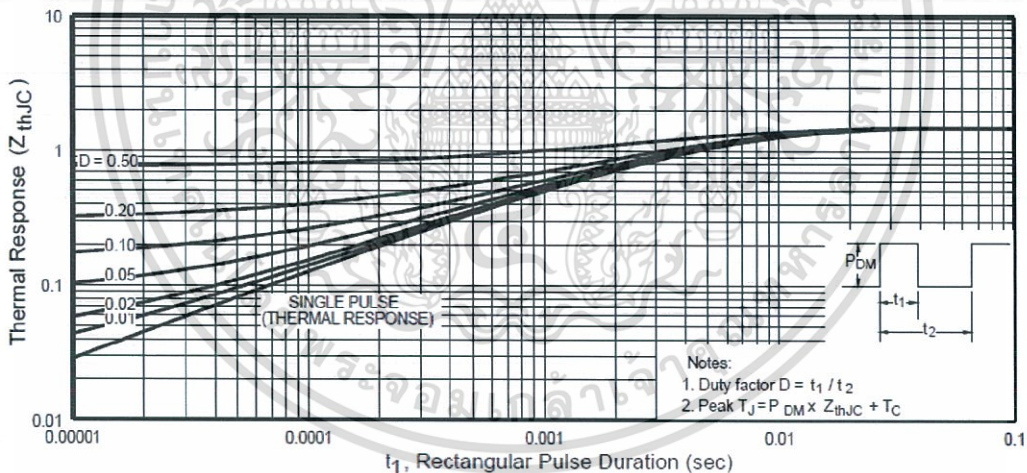


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

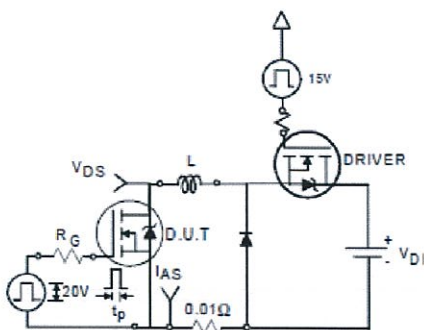


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

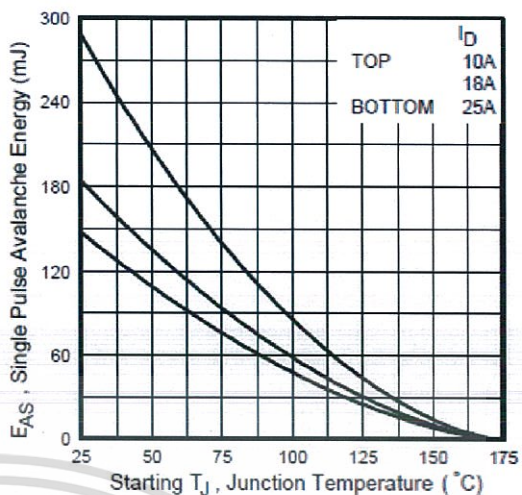


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

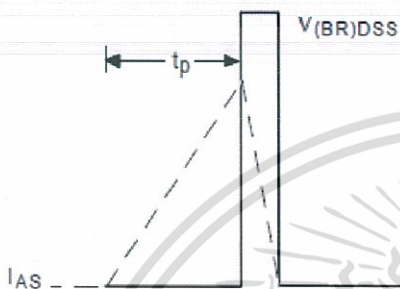


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

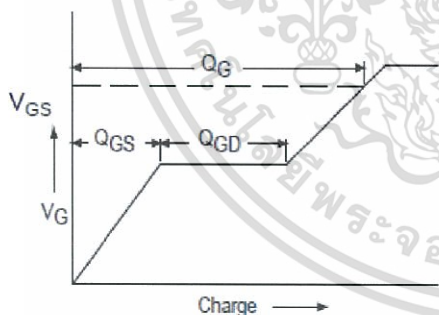


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

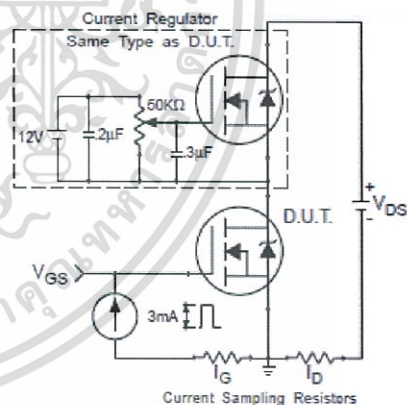
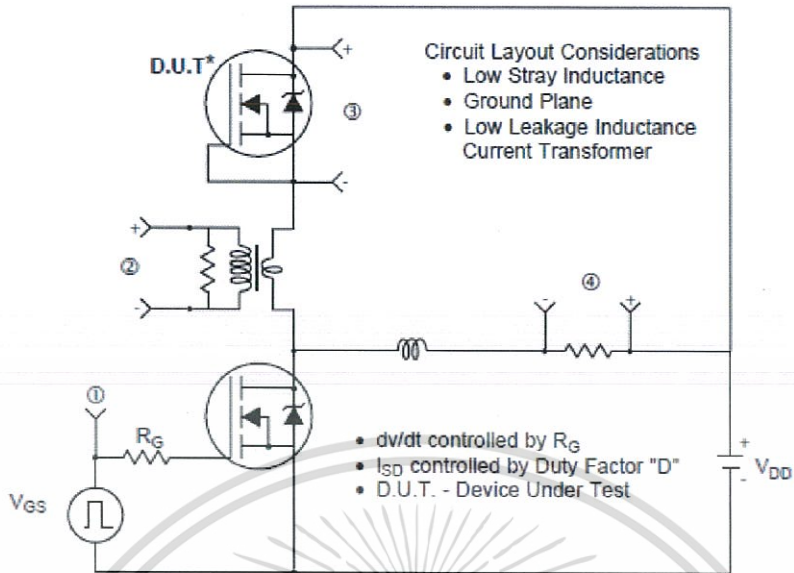


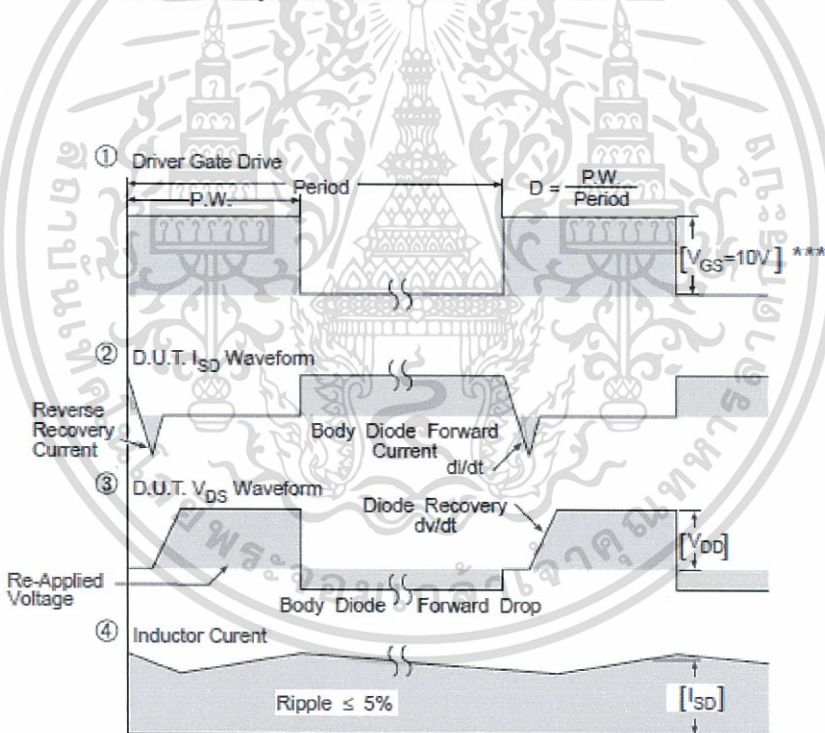
Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit



* Reverse Polarity of D.U.T for P-Channel



*** $V_{GS} = 5.0V$ for Logic Level and $3V$ Drive Devices

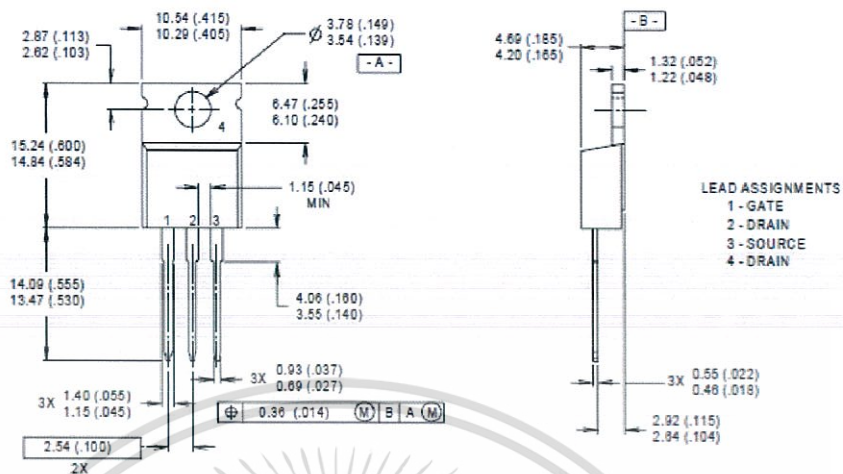
Fig 14. For N-channel HEXFET® power MOSFETs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outline

TO-220AB

Dimensions are shown in millimeters (inches)



NOTES:

- 1 DIMENSIONING & TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
- 2 CONTROLLING DIMENSION: INCH.
- 3 OUTLINE CONFORMS TO JEDEC OUTLINE TO-220AB.
- 4 HEATSINK & LEAD MEASUREMENTS DO NOT INCLUDE BURRS.

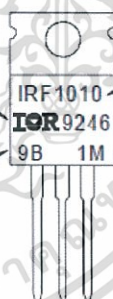
Part Marking Information

TO-220AB

EXAMPLE: THIS IS AN IRF1010
WITH ASSEMBLY
LOT CODE 9B1M

INTERNATIONAL
RECTIFIER
LOGO

ASSEMBLY
LOT CODE



PART NUMBER

DATE CODE
(YYWW)
YY = YEAR
WW = WEEK

Data and specifications subject to change without notice.

This product has been designed and qualified for the Automotive [Q101] market.
Qualification Standards can be found on IR's Web site.

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245,
USA Tel: (310) 252-7105
TAC Fax: (310) 252-7903

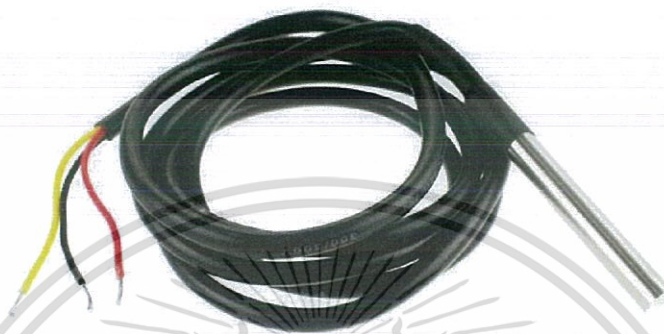
Visit us at www.irf.com for sales contact information.01/01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

Datasheet ของ Temperature Sensor

DS18B20 Waterproof Temperature Sensor Cable



Product Description

This Maxim-made item is a digital thermo probe or sensor that employs DALLAS DS18B20. Its unique 1-wire interface makes it easy to communicate with devices. It can convert temperature to a 12-bit digital word in 750ms (max). Besides, it can measure temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$). In addition, this thermo probe doesn't require any external power supply since it draws power from data line. Last but not least, like other common thermo probe, its stainless steel probe head makes it suitable for any wet or harsh environment.

The datasheet of this DS18B20 Sensor Cable can be found from:
<http://www.quick-teck.co.uk/ElectronicElement/eeList.php?typeId=97#title>

Feature:

Power supply range:	3.0V to 5.5V
Operating temperature range:	-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
Storage temperature range:	-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
Accuracy over the range of -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$:	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
3-pin 2510 Female Header Housing	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Waterproof Stainless steel sheath	
Stainless steel sheath	
Size of Sheath:	6*50mm
Connector:	RJ11/RJ12, 3P-2510, USB.
Pin Definition:	RED: VCC Yellow: DATA Black: G ND
Cable length:	1meter, 2m, 3m, 4m are request.

Application:

The DS18B20 Digital Temperature Probe provides 9 to 12 bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device. Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS 18B20s can exist on the same 1Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

Details :



Figure 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

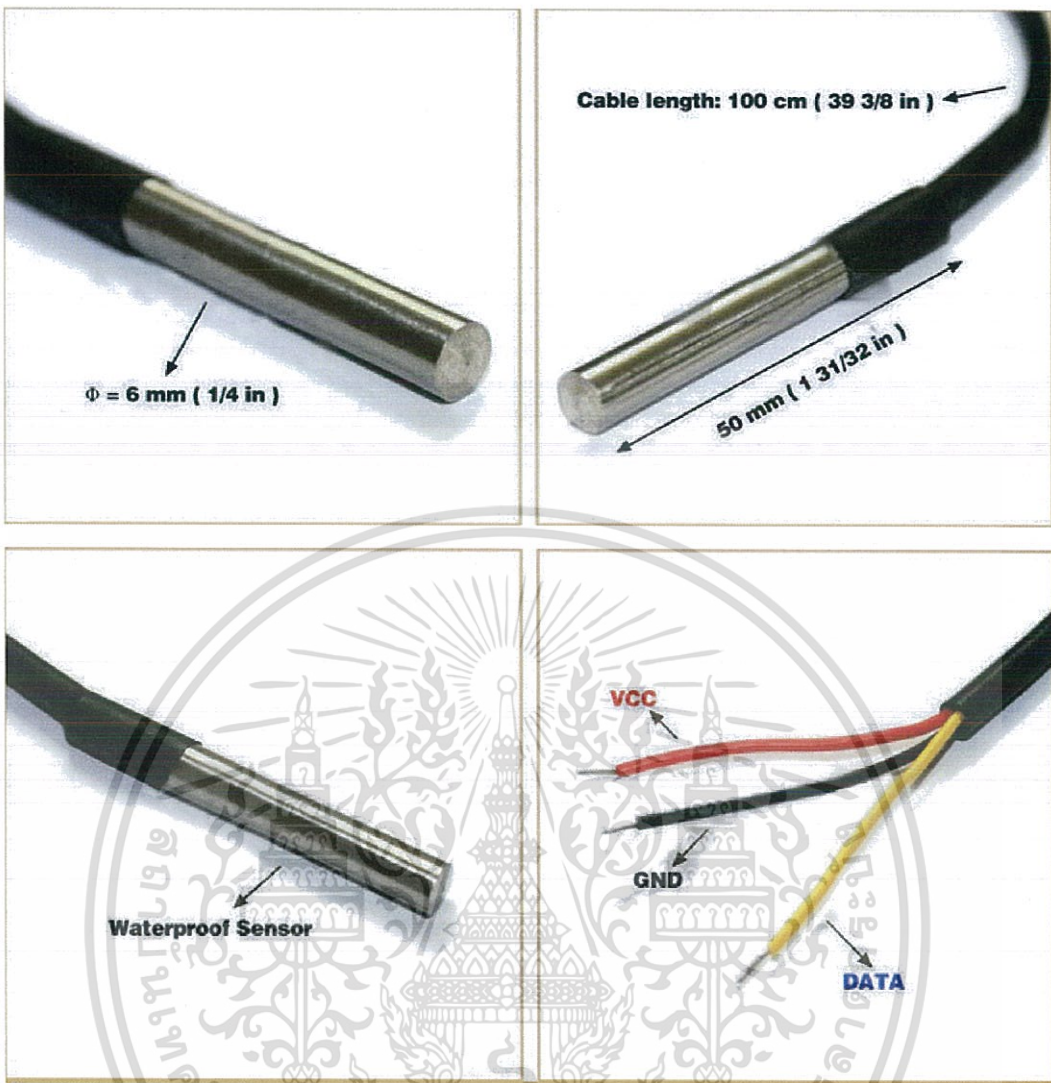


Figure 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

Datasheet ของ Peltier



Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.

Thermoelectric
Cooler

TEC1-12706

Performance Specifications

Hot Side Temperature (°C)	25° C	50° C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

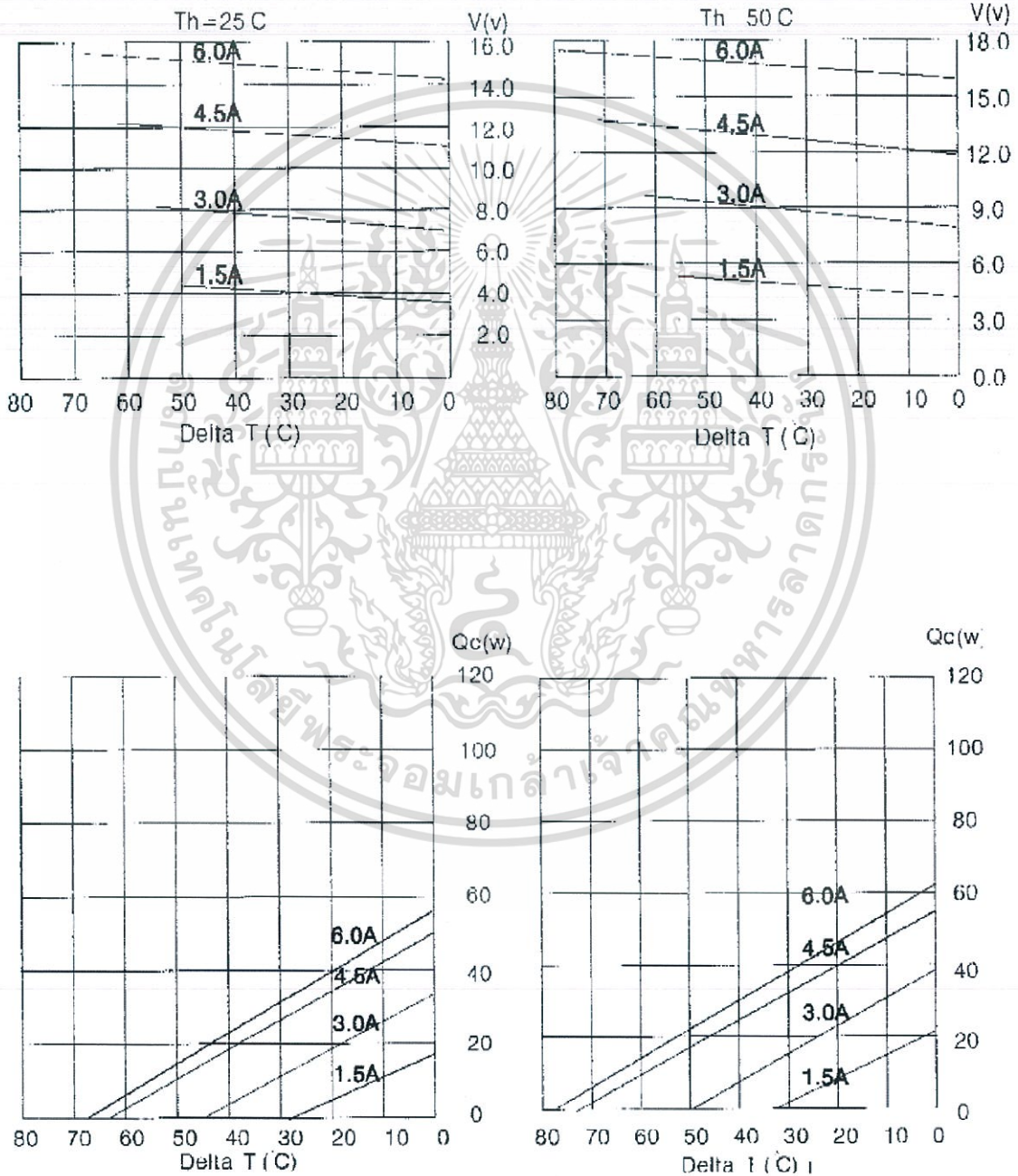


Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.

Thermoelectric
Cooler

TEC1-12706

Performance curves:



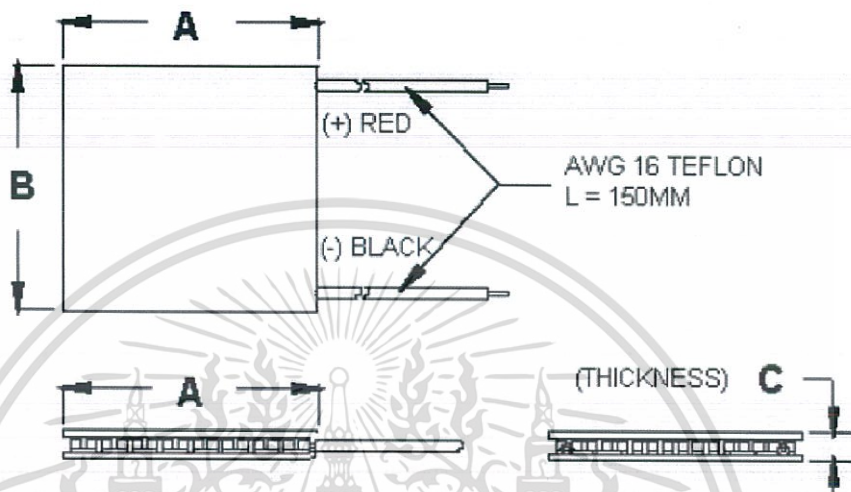
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.

Thermoelectric
Cooler

TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C		
40	40	3.9		

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I_{max} or V_{max} when operating module.
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Life expectancy: 200,000 hours
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปสเตอร์

Department of Instrumentation and Control Engineering
(Control Engineering)KMIT ENGINEERING
PROJECT
DAY 2017

3D Printer Pollution Control Cabinet

Phongphak Sangkaphan and Suneenut Suthiwan

Abstract

This project presents a design and implementation of the 3D printer pollution control cabinet. The purpose of this project is to improve disadvantages caused by using the 3D printer.

Based on the operation of 3D printer, it is found to produce smells and smoke that impact on user's health. In addition, another important variable is the temperature that must be controlled to maintain the work piece's performance. In the operation of 3D printer pollution control cabinet, the activated carbon is used to filter the pollution caused by smell and smoke from 3D printer. Another part is temperature control.

Usually, temperature around the working table of 3D printer is increased steadily. In this project, temperature is control to not exceed the set point value by the use of temperature sensor measuring temperature around 3D printer. Peltier sheets are employed for control temperature to maintain about 30-35 degree Celsius via PID controller.

Keywords — 3D Printer; Carbon filter; Peltier; PID Controller

Introduction

The advancement in technology of 3D printing is another technology that is gaining popularity.

The principle of a three-dimensional printer is to melt plastic (PLA) into liquid and inject it through a nozzle. When dissolved plastic, it will cause smells and smoke. The smell is a variable that 3D printer users need to focus on. Because it can cause health problems. And the PLA is less resistant to temperatures, which PLA softens at about 50-60 degrees Celsius. As a result, the workpiece does not meet the work piece as desired.

From the problems mentioned above. There are two major problems. First of all, it is a problem of smell and smoke which can affect health problems. And secondly, it is a problem at the temperature of the PLA filament that could damage the work piece. The organizer saw and created a 3D printer pollution control cabinet to improve the disadvantages of the 3D printer.

Methodology

1. Learn the basics needed such as the knowledge of air filtration to understand the basic principles.
2. Test many kind of carbon filter to find the carbon that is suitable for this project.
3. Design systems and the control cabinet.
4. Make control cabinet and install equipment inside.
5. Programming to control by using the Arduino program.
6. Test and modify the operation of the pollution control cabinet of the three-dimensional printer.

Results

Experiment by using a 3D printer, print the parts came out of one piece. It takes about three hours and printing results and results will be summarized by the graph below.

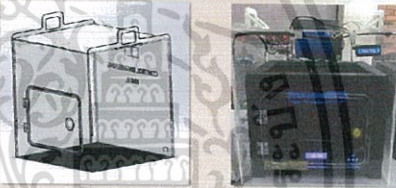


Figure 1: Cabinet model and testing system

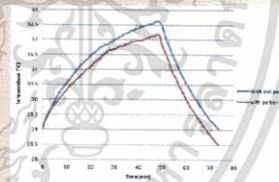


Figure 2: Tendency of testing performance of Peltier.

Conclusion

This project was created to fix a 3D printer defect from the smell smoke and temperature control to reduce the risk of impact on the workpiece. The air filter works throughout the duration of the machine. And when the temperature sensor detects that the temperature exceeds 30-35 degrees Celsius, the peltier will work to adjust the temperature to value properly.

Based on experimental results, it is found that the temperature is increasing to the set point, then the temperature will decrease and the temperature is maintained.

References

- [1] ธีรชัยเชษฐวิมลกุล. "เรื่องเทคโนโลยีที่ชาวไทยมองจากนอก". Retrieved 10 august 2016, from Web site : www.acat.or.th/download/acat_or_th/journal-17/17%20-%2006.pdf
- [2] รศ.ชูชาติชัยจิตร บุนนาค. "ระบบกรองอากาศ". Retrieved 10 august 2016, from Web site : <https://home.kku.ac.th/chuare/12/airfilter.pdf>
- [3] Siamreprep. "การสร้างเครื่อง 3D Printer ระบบ FDM". Retrieved 10 august 2016, from Web site : <http://www.siamreprep.com/2016/10/what-is-fdm-3d-printer/>
- [4] Print3DD 3D Printer Store. (2015). "3D Printer สอนวิธีใช้เครื่องพิมพ์". Retrieved 10 august 2016, from Web site : <http://www.print3dd.com/3d-printer>



**ENGINEERS
LADKRABANG**
วิศวกรระบบอัตโนมัติ และระบบฝังตัว

E-mail: tterry.tt@hotmail.com, suneenut.suthiwan@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้