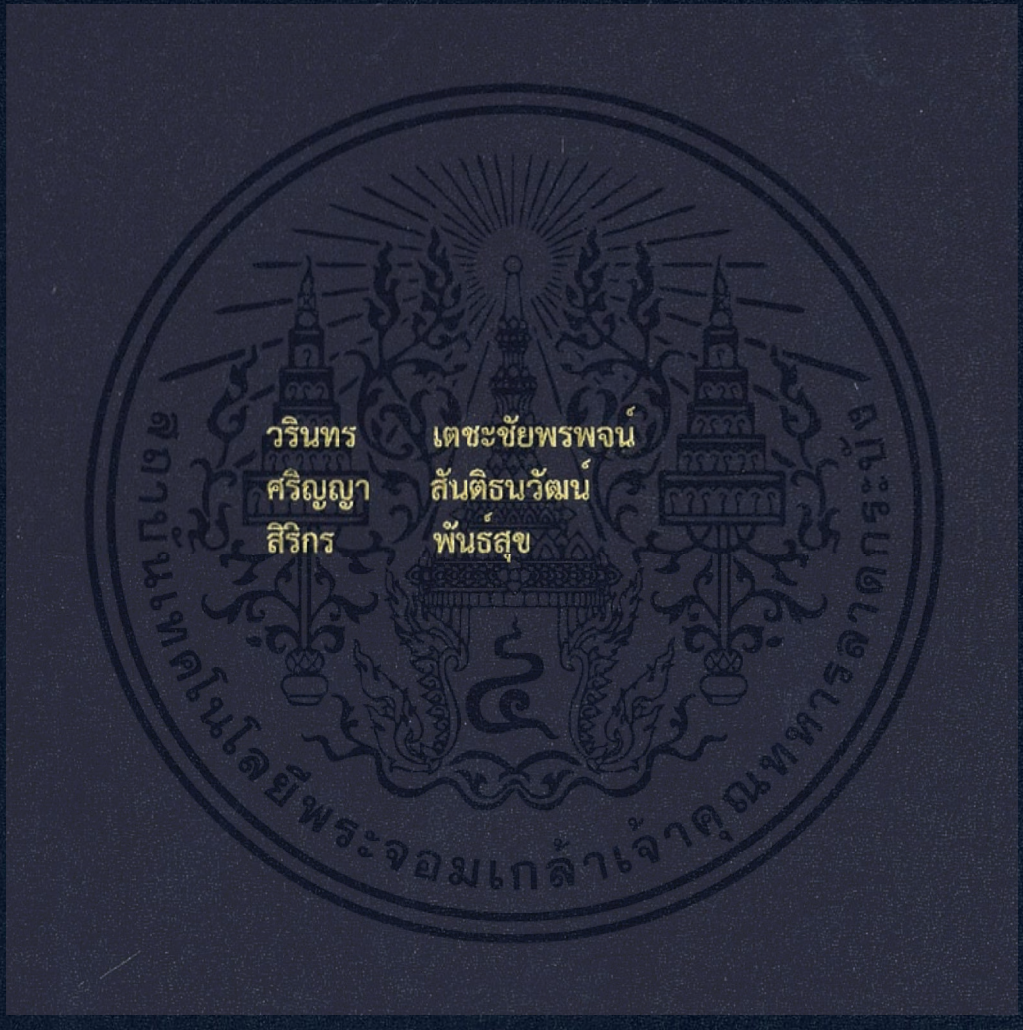
เครื่องพิมพ์สามมิติ
3D PRINTER



วรินทร เตชะชัยพรพจน์
ศริญญา สันติธนวัฒน์
สิริกร พันธ์สุข

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เครื่องพิมพ์สามมิติ

3D PRINTER

วรินทร เตชะชัยพรพจน์

ศริญญา สันติธนวัฒน์

สิริกร พันธ์สุข

b00264557

TB00031

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D PRINTER

VARINTR TAECHACHAIPORNPOJ

SARINYA SANTITANAWAT

SIRIKORN PHANSOOK

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องพิมพ์สามมิติ

3D PRINTER

ผู้จัดทำ นางสาววรินทร เตชะชัยพรพจน์ 57011122

นางสาวศริญญา สันติธนวัฒน์ 57011225

นางสาวสิริกร พันธ์สุข 57011365

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องพิมพ์สามมิติ

โดย

นางสาววรินทร เตชะชัยพรพจน์ 57011122

นางสาวศริญญา สันติธนวัฒน์ 57011225

นางสาวสิริกร พันธ์สุข 57011365

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) เพื่อมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอนของสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ เนื่องจากประโยชน์ของเครื่องพิมพ์สามมิตินี้คือสามารถสร้างชิ้นงานต่างๆ ขึ้นมาได้ ทำให้นักศึกษาได้ใช้ประโยชน์ในการสร้างสรรค์ ออกแบบผลงานของตนเอง เครื่องพิมพ์สามมิติที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นระบบฉีดเส้นพลาสติกแบบ Cartesian หลักการทำงานคือ ใช้แกน X, Y, Z เพื่อระบุตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของหัวฉีด โดยสามารถพิมพ์ชิ้นงานด้วยวัสดุแบบ PLA เท่านั้น รวมถึงขนาดชิ้นงานที่พิมพ์ได้มีขนาดที่จำกัด ทำให้ยังต้องได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพใช้งานได้หลากหลายมากขึ้นอีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D PRINTER

By

Ms.Varintr Taechachaipornpoj 57011122

Ms.Sarinya Santitanawat 57011225

Ms.Sirikorn Phansook 57011365

Advisor

Asst. Prof. Thepjit Cheypoca

Academic Year 2017

ABSTRACT

The basis of this thesis is to create 3D printer in order to be useable for students and the faculty of Mechatronic engineering. Since many courses can be engage with 3D printing, students can use this 3D printer to create their project from their ideas. This 3D printer uses FDM technology in Cartesian arrangement which uses three-axis X, Y, and Z to determine the correct positions and direction of the print head. Our printer, the printing bed moves only on the Y-axis, with the print head, working two-dimensionally on the X-Z plane. Upon completion of this project, we found that our 3D printer is able to create object but it can print only PLA filament and also the printing area is limited by the size of the print bed. However it will need more improving to be more efficient and able to create various kinds of works.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความความเมตตากรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ทำให้คณะผู้จัดทำได้หัวข้อในการทำปริญญานิพนธ์ และกรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของคณะผู้จัดทำ ทั้งได้ให้ข้อมูลและคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่ท่านได้กรุณาชี้แนะแนวทางและคำแนะนำ ตลอดจนข้อสังเกตต่างๆ ทำให้คณะผู้จัดทำได้พัฒนาแนวความคิดและไตร่ตรองปัญหาได้อย่างรอบคอบมากยิ่งขึ้นจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ทางด้านวิชาการแก่คณะผู้จัดทำ รวมทั้งผู้แต่งตำราให้ได้ใช้ค้นคว้า อ้างอิง แก่คณะผู้จัดทำ

สุดท้ายคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่องซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ โดยหากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีประโยชน์และคุณค่าทางการศึกษาอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำขอยกความดีทั้งหมดแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ
นางสาววรินทร เตชะชัยพรพจน์
นางสาวศริญญา สันติธนวัฒน์
นางสาวสิริกร พันธ์สุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์การทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีดำเนินการ	2
1.6 ขอบเขตเวลาของแผนงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer)	4
2.2 ประเภทของเครื่องพิมพ์สามมิติ	4
2.2.1 ระบบฉีดเส้นพลาสติก (FDM)	4
2.2.2 ระบบถาดเรซิ่น (SLA หรือ DLP)	7
2.2.3 ระบบผงยิปซั่ม + สี Ink Jet	7
2.2.4 ระบบหลอมผงพลาสติก, ผงโลหะ, เซรามิก (SLS)	8
2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์	8
2.3.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	8
2.3.2 การควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	9
2.4 ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)	11
2.5 Arduino Mega 2560 R3	12
2.6 RAMPS 1.4 Controller	14
2.7 บอร์ดขับมอเตอร์ DRV8825	15
2.8 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.9 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน	16
2.9.1 SolidWorks	16
2.9.2 Cura	17
2.9.3 Repetier Host	18
2.9.4 Arduino IDE	19
2.10 การแปลงแบบจำลองสามมิติเป็น G-Code	19
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.1 Mechanical Design	21
3.1.1 ส่วนหัวฉีดเส้น Filament	21
3.1.2 ส่วนแกน X	22
3.1.3 ส่วนแกน Y	24
3.1.4 ส่วนแกน Z	25
3.2 Electrical Design	27
3.2.1 การออกแบบส่วนควบคุม	27
3.2.2 การเขียนโปรแกรม	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	45
4.1 การทดลองการขับมอเตอร์	45
4.1.1 มอเตอร์แกน X	45
4.1.2 มอเตอร์แกน Y	46
4.1.3 มอเตอร์แกน Z	48
4.1.4 มอเตอร์ Extruder	50
4.2 การทดลองการพิมพ์ชิ้นงาน	52
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	53
5.1 สรุป	53
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	53
5.3 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 มอเตอร์ขับเส้นพลาสติกมายังหัวฉีด	5
2.2 เครื่องพิมพ์สามิติแบบ Cartesian	5
2.3 เครื่องพิมพ์สามมิติแบบ Delta	6
2.4 เครื่องพิมพ์สามมิติระบบถาดเรซิ่น	7
2.5 เครื่องพิมพ์สามมิติระบบผงยิปซั่ม	8
2.6 เครื่องพิมพ์สามมิติระบหลอมผงพลาสติก	8
2.7 ลักษณะการพันขดลวดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไบโพล่าร์	9
2.8 ลักษณะการพันขดลวดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์	9
2.9 ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)	12
2.10 โครงสร้างภายนอกของบอร์ด Arduino Mega 2560 R3	12
2.11 ตำแหน่งของ Pin บน Arduino Mega 2560 R3	14
2.12 บอร์ด RAMPS 1.4	14
2.13 การเชื่อมต่อระหว่าง RAMPS 1.4 กับ Hard Ware	15
2.14 การต่อใช้งานบอร์ดขับมอเตอร์ DRV8825	16
2.15 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)	16
2.16 หน้าต่างของโปรแกรม SolidWorks 2017	17
2.17 หน้าต่างของโปรแกรม Cura 3.2.1	18
2.18 หน้าต่างของโปรแกรม Repetier Host	18
2.19 หน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE	19
2.20 ขั้นตอนการพิมพ์ชิ้นงาน	20
3.1 ส่วนหัวฉีดเส้น Filament	22
3.2 ปลายแกน X ด้านสเต็ปมอเตอร์	22
3.3 ปลายแกน X ด้าน Pulley	23
3.4 ชิ้นส่วนทั้งหมดบนแกน X ด้านหน้า	23
3.5 ชิ้นส่วนทั้งหมดบนแกน X ด้านหลัง	23
3.6 ชิ้นส่วนของแกน Y ด้านบน	24
3.7 ชิ้นส่วนของแกน Y ด้านล่าง	24
3.8 ชิ้นส่วนของแกน Z ด้านปลายแกน X ที่มี Pulley	25
3.9 ชิ้นส่วนของแกน Z ด้านปลายแกน X ที่มีสเต็ปมอเตอร์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	เครื่องพิมพ์สามมิติด้านหน้า	26
3.11	เครื่องพิมพ์สามมิติด้านหลัง	26
3.12	การเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	28
3.13	การตั้งค่าใน Repetier หมวด General (1)	29
3.14	การตั้งค่าใน Repetier หมวด General (2)	30
3.15	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (1)	31
3.16	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (2)	32
3.17	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (3)	33
3.18	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (4)	34
3.19	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Tools (1)	35
3.20	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Tools (2)	36
3.21	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Tools (3)	37
3.22	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Features (1)	38
3.23	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Features (2)	39
3.24	การตั้งค่าใน Repetier หมวด Features (3)	40
3.25	การตั้งค่าใน Repetier หมวด User Interface (1)	41
3.26	การตั้งค่าใน Repetier หมวด User Interface (2)	42
4.1	ระยะที่จะทำการทดสอบมอเตอร์แกน X	45
4.2	จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์แกน X	45
4.3	จุดสุดท้ายที่กำหนดให้มอเตอร์แกน X เคลื่อนไปถึง	46
4.4	มอเตอร์แกน X เคลื่อนกลับคืนตำแหน่งเดิม	46
4.5	ระยะที่จะทำการทดสอบมอเตอร์แกน Y	47
4.6	จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์แกน Y	47
4.7	จุดสุดท้ายที่กำหนดให้มอเตอร์แกน Y เคลื่อนไปถึง	47
4.8	มอเตอร์แกน Y เคลื่อนกลับคืนตำแหน่งเดิม	48
4.9	ระยะที่จะทำการทดสอบมอเตอร์แกน Z	48
4.10	จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์แกน Z	49
4.11	จุดสุดท้ายที่กำหนดให้มอเตอร์แกน Z เคลื่อนไปถึง	49
4.12	มอเตอร์แกน Z เคลื่อนกลับคืนตำแหน่งเดิม	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.13	ระยะของเส้นที่จะทำการทดสอบมอเตอร์ Extruder	50
4.14	จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์ Extruder	51
4.15	มอเตอร์ Extruder ขับเส้นไม่ถึงระยะที่กำหนด	51
4.16	ปรับค่า E Step จนสามารถขับเส้นได้ระยะถูกต้องตามที่กำหนด	52
4.17	การทดลองการพิมพ์ชิ้นงาน	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการปฏิบัติงาน	3
2.1 ลำดับการป้อนกระแสแบบเฟสเดียว	10
2.2 ลำดับการป้อนกระแสแบบสองเฟส	10
2.3 ลำดับการป้อนกระแสแบบครึ่งเฟส	11
2.4 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Mega 2560 R3	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันเครื่องพิมพ์สามมิติเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้มากมาย อาทิ ในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่นำเครื่องพิมพ์สามมิติมาใช้ในการผลิตต้นแบบ, งานสถาปัตยกรรมที่สร้างโมเดลจำลองจากเครื่องพิมพ์สามมิติ, ทางการแพทย์ใช้สร้างเครื่องช่วยฟัง อวัยวะเทียมต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ด้านการศึกษา เครื่องพิมพ์สามมิติช่วยให้นักเรียนมีโอกาสได้สร้างสรรค์ผลงานของตนเอง ช่วยสนับสนุนแนวคิดให้เป็นสิ่งที่จับต้องได้ ทำให้ได้เรียนรู้ถึงความผิดพลาดและสามารถหาวิธีแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ในสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของเครื่องพิมพ์สามมิติ ที่จะช่วยต่อยอดทางความคิดจึงได้นำเครื่องพิมพ์สามมิติมาเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอนหลายๆ วิชา เพราะสามารถพิมพ์ชิ้นส่วนงานต่างๆ ที่ตนเองได้ออกแบบเองได้ รวมถึงชิ้นงานที่ไม่มีผลิตขาย หรือขายในราคาสูง ทำให้สามารถประหยัดงบประมาณในการสร้างสรรค์ผลงานของตนเอง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความสะดวกส่งผลให้นักศึกษาสนใจที่จะคิดสร้างสรรค์ไอเดียใหม่ๆ ขึ้นมา จึงทำให้อยากสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติขึ้นมาเพื่อสนับสนุนอาจารย์ที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของเครื่องพิมพ์สามมิตินี้ และเพื่อได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานและทฤษฎีต่างๆ ของเครื่องพิมพ์สามมิติ
2. เพื่อสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติมาใช้ประโยชน์ภายในสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
3. เรียนรู้และนำความรู้ทฤษฎีต่างๆ มาประยุกต์ใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

สร้างเครื่องพิมพ์สามมิติที่ขนาด 40 x 40 x 40 เซนติเมตร ในงบประมาณที่ไม่สูงมาก ให้สามารถพิมพ์ชิ้นงานได้อย่างมีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติให้สามารถพิมพ์ชิ้นงานและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้
2. ได้พัฒนาทักษะในด้านการออกแบบ โดยการใช้โปรแกรม SolidWorks
3. ได้เรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่มและการแก้ไขปัญหา

1.5 วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ
2. ออกแบบเครื่องพิมพ์สามมิติ
3. ประกอบโครงสร้างที่ได้ออกแบบ
4. ทำส่วนโปรแกรมควบคุม
5. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข

1.6 ขอบเขตเวลาของแผนงาน

1. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องพิมพ์สามมิติ
2. ออกแบบโครงสร้างตัวเครื่อง
3. เตรียมการจัดซื้ออุปกรณ์
4. ประกอบโครงสร้างที่ออกแบบ
5. ปรับปรุงแก้ไขโครงสร้าง
6. ศึกษาส่วนโปรแกรมควบคุม เฟิร์มแวร์ที่จะนำมาใช้
7. เขียนโปรแกรม
8. ทดสอบการทำงาน หาข้อผิดพลาดและทำการแก้ไข
9. สรุปผลการดำเนินงาน จัดทำรายงานผลปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแผนการปฏิบัติงานเป็นดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	2560					2561				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องพิมพ์สามมิติ										
2. ออกแบบโครงสร้าง										
3. จัดซื้ออุปกรณ์										
4. ประกอบโครงสร้างที่ออกแบบ										
5. ปรับปรุงแก้ไขโครงสร้าง										
6. ศึกษาส่วนโปรแกรม										
7. เขียนโปรแกรม										
8. ทดสอบการทำงาน										
9. สรุปผลการดำเนินงาน										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน เช่น หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ และการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

2.1 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ

เครื่องพิมพ์สามมิติส่วนใหญ่จะมีหลักการทำงานเดียวกันกับเครื่องพิมพ์สองมิติ โดยจะเริ่มพิมพ์ภาพตัดขวาง (Cross Section) ของวัตถุแต่ละชั้นในแนวระนาบกับพื้นโลกคือแกน XY เมื่อพิมพ์ในด้านสองมิติเสร็จแล้วเครื่องพิมพ์สามมิติจะเริ่มพิมพ์ในชั้นถัดไปเรื่อยๆ จนออกมาเป็นรูปร่างตามที่ออกแบบ การเลื่อนขึ้นลงในแนวแกน Z เป็นการทำให้เกิดมิติที่ 3 ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการพิมพ์ชิ้นงานนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามประเภทของเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยปกติแล้วความละเอียดในการพิมพ์ชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิติจะใช้หน่วยวัดเป็นไมครอน เช่น 100 Micron (0.1mm) ต่อชั้นซึ่งหมายความว่าในแต่ละชั้นนั้นจะพิมพ์ให้มีขนาดความสูงประมาณ 0.1 mm ดังนั้นหากโมเดลมีความสูง 10 mm เครื่องพิมพ์จะต้องพิมพ์ทั้งหมด 100 ชั้น ยิ่งค่าไมครอนสูงมากจะยิ่งทำให้ได้ผลงานที่มีความละเอียด และความสวยงามมากแต่ต้องใช้ระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น โดยเครื่องจะรับคำสั่งทำหมดเป็น G-Code ภาษาเดียวกับการสั่งงานเครื่อง CNC หรือ Milling ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยโปรแกรมที่ทำการสร้าง G-Code นั้นมีหลากหลาย เช่น Cura, Simplify3D, MakerWare, Sli3r, Repetier เป็นต้น ส่วนตัวไฟล์งานที่ใช้มาแปลงเป็น G-Code นั้นเป็นไฟล์ 3 มิติสร้างจากโปรแกรม เช่น AutoCAD, SolidWorks, 3Ds Max, Zbrush, Maya, SketchUp และ Adobe Photoshop

2.2 ประเภทของเครื่องพิมพ์สามมิติ

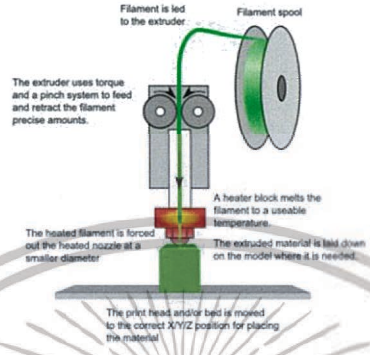
ประเภทของเครื่องพิมพ์สามมิติสามารถแบ่งออกได้ตามกระบวนการพิมพ์และวัสดุที่ใช้ดังนี้

2.2.1 ระบบฉีดเส้นพลาสติก (FDM)

FDM หรือ Fused Deposition Modeling มีหลักการทำงานคือ การหลอมเส้นพลาสติกให้กลายเป็นของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นผ่านหัวฉีด (Nozzle) โดยที่หัวฉีดมีฮีทเตอร์ทำความร้อนให้ถึงจุดที่เส้นพลาสติกละลายเป็นน้ำฉีดผ่านหัวฉีดออกมา โดยปกติหัวฉีดจะมีรูขนาด 0.4 mm ตัวเครื่องจะมีมอเตอร์ทำการเคลื่อนหัวฉีด หรือฐานพิมพ์ให้เคลื่อนที่และพิมพ์ไปทีละชั้นจนออกมาเป็นงานขึ้นรูป เครื่องพิมพ์สามมิติระบบฉีดเส้นพลาสติกนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบันและมีราคาถูก ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับงานทุกประเภท ชิ้นงานที่พิมพ์สามารถขัด/แต่ง/เจาะได้ อีกทั้งยังใช้วัสดุได้หลากหลาย หาได้ง่ายตามท้องตลาด เช่น เส้น PLA, ABS, PET, Nylon, Wood (พลาสติกผสมไม้), Bronze (พลาสติกผสมทองเหลือง) เป็นต้น แต่ข้อเสียคือ ผิวงานที่พิมพ์ออกมาเป็นรองจากระบบอื่นๆ ดังรูปที่ 2.1



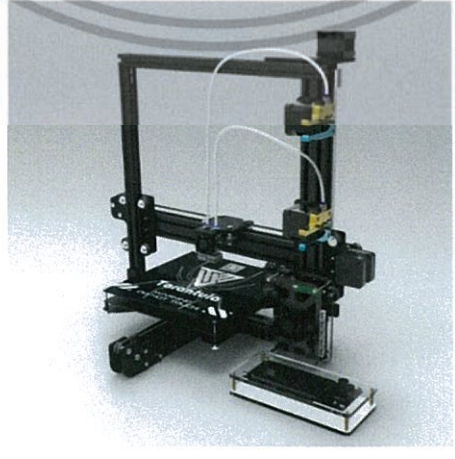
รูปที่ 2.1 มอเตอร์ขับเส้นพลาสติกมายังหัวฉีด

ประเภทของเครื่อง FDM 3D Printer

1. Cartesian เป็นเครื่องพิมพ์ที่พบเห็นทั่วไปในท้องตลาด เครื่องจะพิมพ์จาก Fix แกนในการเคลื่อนที่ของหัวฉีด โดยเครื่องพิมพ์สามมิติที่ได้ทำการสร้างขึ้นนั้น จะทำการ Fix การเคลื่อนที่ของหัวฉีดในแกน X, Z คือ วิ่งได้ซ้าย-ขวา/ขึ้น-ลง ส่วนฐานพิมพ์นั้นจะเคลื่อนที่ในแกนแนว Y คือเคลื่อนที่หน้า-หลัง ดังรูปที่ 2.2

ข้อดี ค่อนข้างเสถียรกว่าแบบอื่น เนื่องจากหัวฉีดจะเคลื่อนที่อยู่ใน 1 หรือ 2 แกนในรางสไลด์

ข้อเสีย หากมีขนาดใหญ่ขึ้น จะผลิตค่อนข้างยาก น้ำหนักมาก เนื่องจากหนักโครงสร้างและรางสไลด์



รูปที่ 2.2 เครื่องพิมพ์สามมิติแบบ Cartesian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Delta เป็นเครื่องพิมพ์ที่มีแกนเสาอยู่ 3 เสา โดยมีฐานพิมพ์อยู่กับที่ หัวฉีดจะเคลื่อนที่อย่างอิสระทั้งสามแกน X, Y, Z ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวฉีดด้วยการทำงานสัมผัสกันของมอเตอร์ทั้งสามตัว ดังรูปที่ 2.3

ข้อดี สามารถสร้างชิ้นงานให้มีขนาดใหญ่มากๆ ได้ พิมพ์ชิ้นงานได้ง่าย มีน้ำหนักน้อยกว่า มีต้นทุนในการผลิตน้อยกว่า มีพื้นที่พิมพ์งานทรงกระบอกสูง

ข้อเสีย ตั้งค่าเครื่องให้พิมพ์ได้ดีค่อนข้างยาก คุณภาพงานลดลงเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 2.3 เครื่องพิมพ์สามมิติแบบ Delta

วัสดุที่ใช้ในการพิมพ์

โดยทั่วไปนั้นเส้นพลาสติกจะมีอยู่สองขนาดคือ 1.75 mm และ 3.0 mm จะอยู่ในรูปแบบม้วน เช่น

1. PLA (Polylactic Acid) เป็นเส้นพลาสติกที่ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กากพืชผลทางการเกษตร, ข้าวโพด พลาสติกชนิดนี้เหมาะกับการใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติเกือบทุกชนิดเนื่องจากค่อนข้างปลอดภัย ไม่มีกลิ่นพลาสติกไหม้ หดตัวน้อย ไม่จำเป็นต้องใช้ฐานทำความร้อน แต่มีข้อเสียเรื่องทนความร้อนได้ไม่สูงมากนัก

2. ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) เป็นพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน เช่น ขันน้ำ ถังน้ำ สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี แต่ก็มีข้อเสียค่อนข้างมากคือ พิมพ์ได้ยากเนื่องจากมีอัตราการหดตัวสูง ต้องเปิดฐานทำความร้อน พิมพ์แล้วมีกลิ่นพลาสติกไหม้

3. Dissolveable Filament หรือเส้นพลาสติกที่ละลายออกได้ ใช้ในการพิมพ์ส่วน Support โดยต้องใช้กับเครื่องพิมพ์ FDM ที่มีหัวตั้งแต่ 2 หัวขึ้นไป พลาสติกที่พิมพ์นี้จะถูกละลายออกไปหลังการพิมพ์ชิ้นงานเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ระบบถาดเรซิ่น (SLA หรือ DLP)

SLA (Stereolithography) หรือ DLP (Digital Light Processing) มีหลักการทำงานคือ เครื่องจะฉายแสงไปตัวถาดที่ใส่เรซิ่นความไวแสงไว้เมื่อเรซิ่นถูกแสงจะแข็งตัวเฉพาะจุดที่โดนแสง ทำให้ชิ้นงานเกิดเป็นรูปร่างขึ้นมา และเริ่มทำให้แข็งเป็นรูปร่างในชั้นต่อไปจนเกิดเป็นชิ้นงานวัตถุที่จับต้องได้ ดังรูปที่ 2.4

ระบบ SLA และ DLP ต่างกันที่ต้นกำเนิดของแสง ระบบ SLA มีแหล่งกำเนิดเส้นเป็นเลเซอร์ ดังนั้นจะยิงแสงเลเซอร์ไปที่เรซิ่นโดยวาดเส้นเลเซอร์ไปเรื่อยๆ ถ้าต้องการพิมพ์ชิ้นงานใหญ่จะใช้เวลาวาดนานกว่าชิ้นงานเล็ก ส่วน DLP นั้นใช้โปรเจกเตอร์ DLP Project ฉายภาพ ภาพที่ฉายจะครอบคลุมทั้งเลเยอร์ ทำให้ใช้เวลาในการพิมพ์น้อยกว่าไม่ขึ้นกับจำนวนชิ้นงานบนฐานพิมพ์ เนื่องจากไม่ต้องลากทีละเส้น

การพิมพ์ระบบถาดเรซิ่นนี้เหมาะกับงานชิ้นเล็กๆ ที่ต้องการความละเอียดสูงจึงเหมาะกับธุรกิจเครื่องประดับ Jewelry, ชิ้นส่วนเล็กในงานอุตสาหกรรม, ออกแบบผลิตภัณฑ์, งานโมเดลฟิกเกอร์

รูปที่ 2.4 เครื่องพิมพ์สามมิติระบบถาดเรซิ่น

2.2.3 ระบบผงยิปซั่ม + สี Ink Jet (Powder 3D Printer หรือ Color Jet Printing)

Powder 3D Printer เป็นระบบที่ใช้ผงยิปซั่ม/ผงพลาสติก เป็นตัวกลางในการขึ้นชิ้นงาน โดยเครื่องจะพิมพ์สีลงไปบนผงยิปซั่ม และระบบจะฉีด Blinder หรือกาวลงไปด้วยใช้ในการผสานผงเข้าด้วยกันเป็นรูปร่าง เมื่อสร้างเสร็จในชั้นหนึ่ง เครื่องจะเกลี่ยผงยิปซั่มมาทับเป็นชั้นบางๆ ในชั้นต่อไปเพื่อเตรียมพร้อมให้เครื่องพิมพ์สีและ Blinder อีกครั้ง ดังรูปที่ 2.5

เครื่องระบบนี้มีจุดเด่นมากคือ สามารถพิมพ์สีได้สมจริง จึงเหมาะในกับงานศิลปะ โมเดลคนเหมือนจริง หุ่นจำลอง แต่มีข้อเสียคือ งานที่ได้มีความเปราะ หล่นแล้วแตก ค่อนข้างสกปรกเนื่องจากเป็นฝุ่นผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 เครื่องพิมพ์สามมิติระบบผงยิปซั่ม

2.2.4 ระบบหลอมผงพลาสติก, ผงโลหะ, เซรามิก (SLS)

ระบบ SLS หรือ Selective Laser Sintering เป็นระบบที่มีหลักการทำงานคล้ายระบบ SLA ต่างกันตรงที่จะทำให้เรซิ่นแข็งตัวโดยการฉายเลเซอร์ SLS จะยิงเลเซอร์ไปโดยตรงบนผงวัสดุ ความร้อนจากเลเซอร์นั้นเองทำให้ผงวัสดุหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ระบบนี้มีข้อดีคือ ได้งานออกมาเป็นโลหะ หรือพลาสติกพิเศษโดยใช้ผงของวัสดุนั้นไปเลย แต่ข้อเสียคือ เครื่องมีราคาสูง ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 เครื่องพิมพ์สามมิติระบบหลอมผงพลาสติก

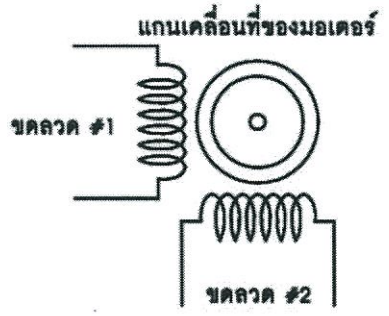
2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) คือ มอเตอร์ที่มีการหมุนเป็นขั้นๆ โดยแกนของมอตอร์จะหมุนด้วยมุมค่าคงที่เมื่อมีสัญญาณ Pulse มากระตุ้น เนื่องจากการควบคุมสามารถใช้สัญญาณดิจิตอลควบคุมได้โดยตรง และสามารถบังคับทิศทางและความเร็วของแกนหมุนจึงเป็นที่นิยมมาใช้ในงานควบคุม

2.3.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

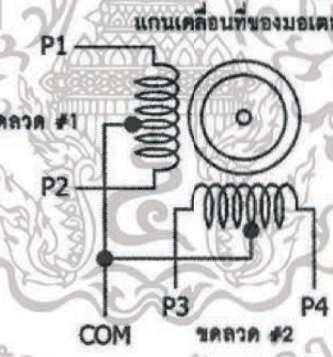
1. สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไบโพล่าร์ มีลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ขดที่ไม่มีแท็ปกลาง ทำให้เรียกสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้ว่า เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบ 2 เฟส การขับให้มอเตอร์แบบนี้หมุนจะต้องป้อนแรงดันต่างขั้วกันให้แก่ขดลวดแต่ละขด ทำให้วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้ค่อนข้างซับซ้อน ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ลักษณะการพันขดลวดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไบโพล่าร์

2. สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์ มีลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์ 2 แบบคือ แบบ 5 และ 6 สาย เรียกสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้ว่า เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบ 4 เฟส การขับจะต้องป้อนสัญญาณเข้าที่ขั้วหรือเฟสของมอเตอร์ให้เรียงลำดับอย่างถูกต้อง มอเตอร์จึงจะสามารถหมุนได้อย่างราบรื่น สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจะมี 4 เฟส มีการต่อสายออกมาจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง โดยถ้าเป็นแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสาย ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะการพันขดลวดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์

2.3.2 การควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

1. การควบคุมการหมุนแบบเฟสเดียว (Single Phase) หรือ Wave Drive

เป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวดจะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีน้อย จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ ดังตารางที่ 2.1

ตัวเลข 1 หมายถึง มีการจ่ายแรงดันให้กับขดลวด ตัวเลข 0 คือ ไม่จ่ายแรงดันให้กับขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลำดับการป้อนกระแสแบบเฟสเดียว

Step	Phase A	Phase B	Phase A'	Phase B'
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1
5	Back to Step 1			

2. การควบคุมการหมุนแบบสองเฟส (Two Phase) หรือ Full Step Drive

เป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทั้ง 2 ขด พร้อมๆ กันไป และป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นจึงมีกระแสไหลในขดลวดของมอเตอร์มากขึ้น และจะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดมากขึ้น ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลำดับการป้อนกระแสแบบสองเฟส

Step	Phase A	Phase B	Phase A'	Phase B'
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1
5	Back to Step 1			

3.การควบคุมการหมุนแบบครึ่งเฟส (Half Step)

เป็นการป้อนกระแสแบบ Two Phase และ Single Phase สลับการไป ซึ่งเป็นการเพิ่มความละเอียดของตำแหน่งในการหมุน ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ลำดับการป้อนกระแสแบบครึ่งเฟส

Step	Phase A	Phase B	Phase A'	Phase B'
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1
9	Back to Step 1			

โดยความเร็วการหมุนของแกนสเต็ปเปอร์มอเตอร์ จะขึ้นอยู่กับการหน่วงเวลา (Time Delay) ในแต่ละลำดับ ถ้า Time Delay มีค่าน้อย แกนจะหมุนเร็วขึ้น ถ้า Time Delay มีค่ามาก แกนจะหมุนช้าและหมุนไม่สม่ำเสมอ

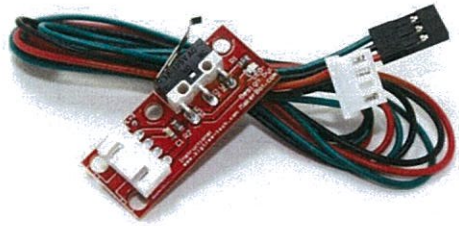
2.4 ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)

ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) เป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำการเปิด-ปิดสวิตช์จะเป็นไปตามจังหวะของการชน

หลักการทำงาน

ลิมิตสวิตช์โดยปกติแบ่งออกเป็น 2ลักษณะคือ ปกติเปิด (NO) และปกติปิด (NC) จากโครงสร้างภายในตำแหน่งปกติเปิดหน้าสัมผัสจะไม่ต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ ที่ตำแหน่งทำงานเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ เช่น ลูกสูบเคลื่อนที่ออกมากดลิมิตสวิตช์ ทำให้สภาวะการทำงานเปลี่ยนจากปกติเปิด (NO) เป็นปกติปิด (NC) มีผลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับจะทำให้ลิมิตสวิตช์กลับสู่สภาพเดิมจากปกติปิด (NC) เป็นปกติเปิด (NO) ทำให้ตัดวงจรการทำงาน ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

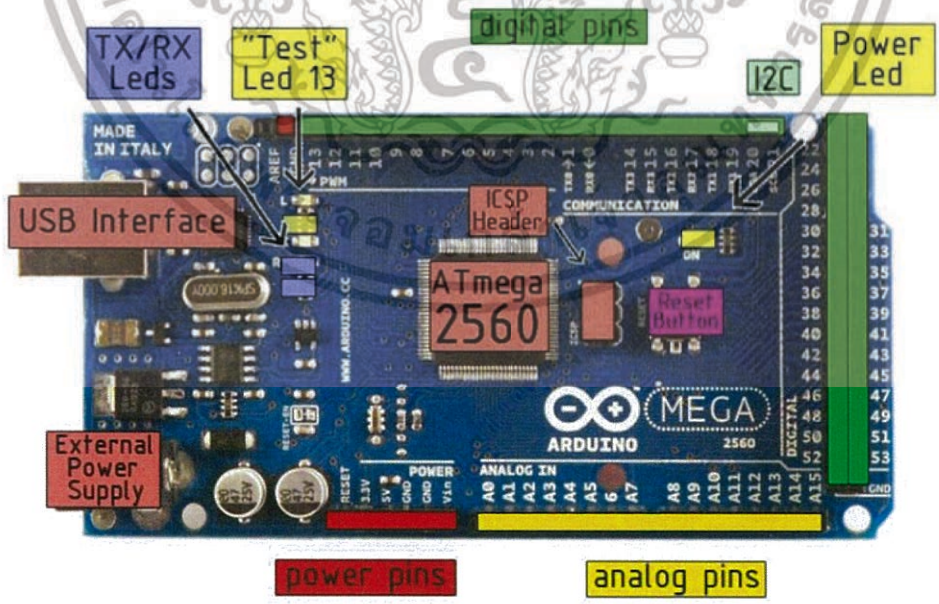


รูปที่ 2.9 ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)

2.5 Arduino Mega 2560 R3

บอร์ด Arduino Mega 2560 R3 จะเหมือนกับ Arduino Mega ADK ต่างกันตรงที่บนบอร์ดไม่มี USB Host โปรแกรมยังต้องทำผ่านโปรโตคอล UART อยู่บนบอร์ดใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT

Mega 2560 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ IO มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลายๆ ตัว ทำให้ Pin IO ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้ยังมีความหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายนอกของบอร์ด Arduino Mega 2560 R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

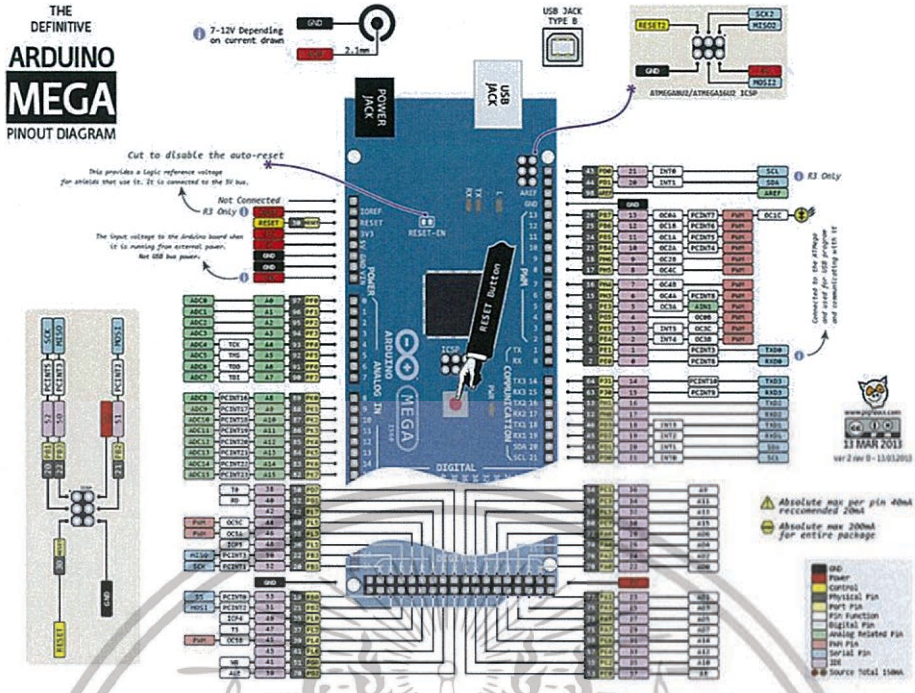
คุณสมบัติ

Arduino Mega 2560 R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชิพ AT Maga 2560 ซึ่งมี 54 ดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต โดยในขาเหล่านั้นสามารถใช้งานเป็น PWM ได้ 15 ขา, อนาลอคอินพุต 16 ขา, UART 4 ชุด โดยความถี่คริสตรัลบนบอร์ดคือ 16 MHz เชื่อมต่อข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต USB บนบอร์ดได้โดยตรง ถูกออกแบบให้รองรับการสวมกับ Shield ต่างๆ ได้โดยตรง ทำให้สามารถพัฒนาระบบต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและเรียบร้อยสวยงาม โดยรองรับการพัฒนาโปรแกรมบนแพลตฟอร์ม Arduino อย่างเต็มรูปแบบ ดังตารางที่ 2.4 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Mega 2560 R3

Microcontroller	AT Mega 2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (Recommended)	7-12V
Input Voltage (Limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 Provide PWM Output, 4 UART TTL)
Analog Input Pins	16
DC Current Per I/O Pin	40 MA
DC Current For 3.3V Pin	50 MA
Flash Memory	256 KB of Which 8 KB Used By Bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHZ

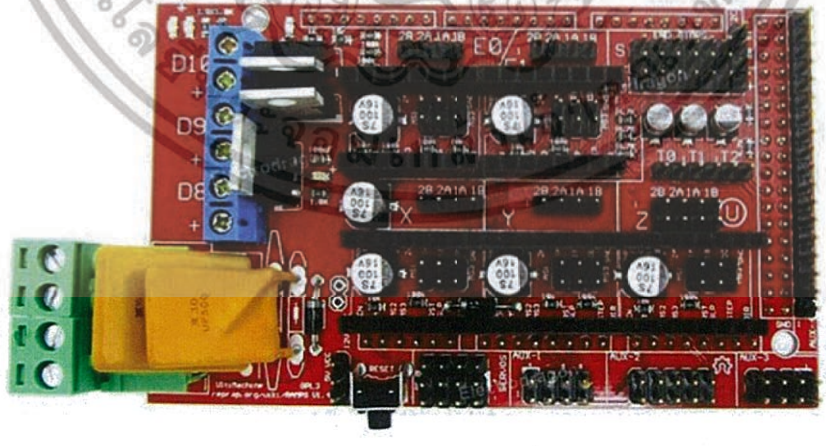
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งของ Pin บน Arduino Mega 2560 R3

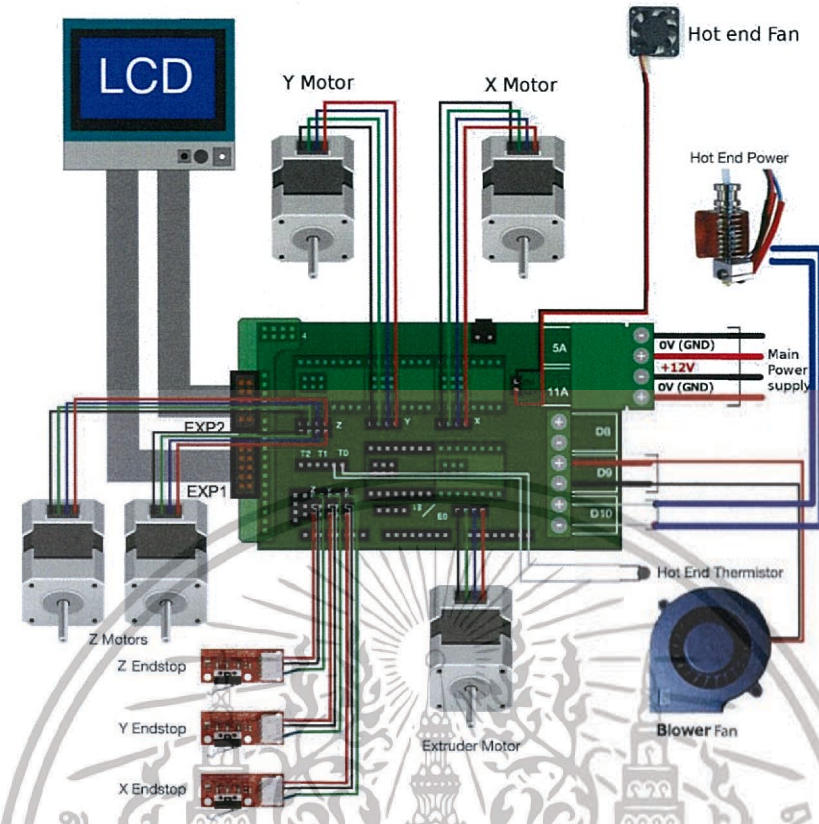
2.6 RAMPS 1.4 Controller

RAMPS 1.4 (RepRap Arduino Mega Pololu Shield 1.4) ทำงานร่วมกับ Arduino Mega 2560 R3 ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ เช่น มอเตอร์ พัดลม ลิมิตสวิตช์ หัวฉีดพลาสติก แผ่นฐานความร้อน เป็นต้น ดังรูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 บอร์ด RAMPS 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อระหว่าง RAMPS 1.4 กับ Hard Ware

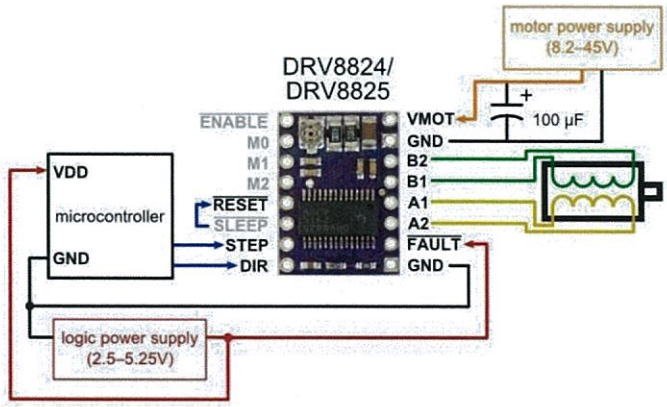
2.7 บอร์ดขับมอเตอร์ DRV8825 (DRV8825 Stepper Motor Drive)

DRV8825 เป็นโมดูลบอร์ดสำหรับควบคุม Stepper Motor ทำหน้าที่ควบคุมทิศทาง องศาและความเร็วในการหมุน ดังนั้นจึงต้องมีระบบคอนโทรลการหมุนนิยมใช้ Arduino มาทำหน้าที่เป็นตัวคอนโทรลและสามารถใช้บอร์ดอื่นๆ ได้เช่นกัน ใช้ไอซี DRV8825 มีขาใช้งานทั้งหมด 16 ขา ซึ่งแบ่งเป็นขาไฟเลี้ยง 4 ขา, คอนโทรล 8 ขา และ Output 4 ขา สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น งานหุ่นยนต์ เครื่อง CNC หรือเครื่องพิมพ์สามมิติ เป็นต้น

คุณสมบัติ

สามารถขับกระแสสูงสุดได้ 2.5 A มีแรงดันทำงาน 2.5–5.25V และแรงดันขับมอเตอร์ 8.2-45 V ความละเอียดสูงสุด (Step Resolution) 1/32 Step ปิดระบบเมื่ออุณหภูมิเกิน หรือโวลต์ต่ำกว่า มีวงจรป้องกันเอาต์พุตช็อตกับกราวน์ ดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การต่อใช้งานบอร์ดขับมอเตอร์ DRV8825

2.8 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

2.9 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน

2.9.1 SolidWorks

SolidWorks เป็นโปรแกรมเขียนแบบและออกแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ ออกแบบเฟอร์นิเจอร์และออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันการใช้งาน

1. การสร้าง Part Solid ใช้วิธีการและเทคโนโลยีของ Surface Modeling (NURBS)

2. Assembly Modeling สามารถประกอบชิ้นส่วนสามมิติได้เร็วขึ้น โดยมีขนาดของไฟล์เล็กลง และใช้หน่วยความจำน้อย

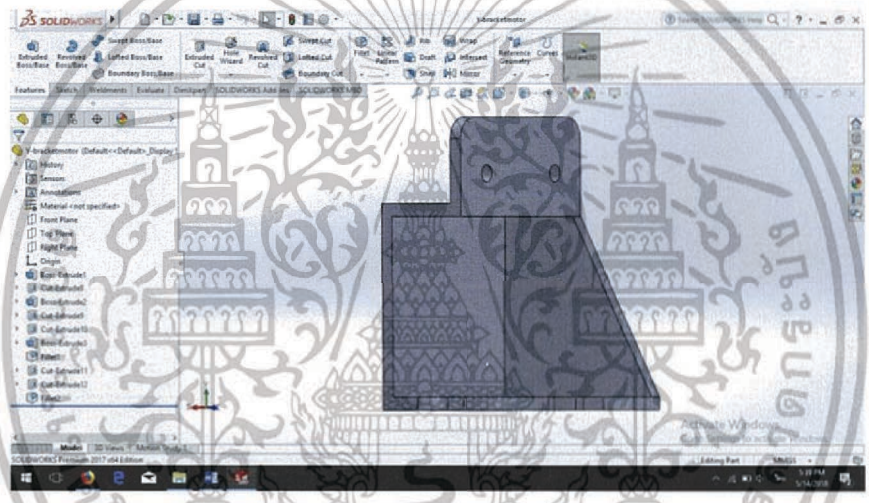
3. Drawing สร้าง Drawing สองมิติจากสามมิติ โดยอัตโนมัติและบันทึกไฟล์เป็น *dwg ได้

4. Simulation ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่และตรวจสอบหาชิ้นส่วนที่ขัดกัน

5. Animator สร้างภาพเคลื่อนไหวแสดงการทำงานของชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรกล และสามารถบันทึกไฟล์เป็น *AVI (ไฟล์วีดีโอ) ได้

6. Sheet Metal สามารถสร้างงานพับแบบต่างๆ และทำแผนคลี่งานโลหะแผ่นได้

7. Module การใช้งานอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น



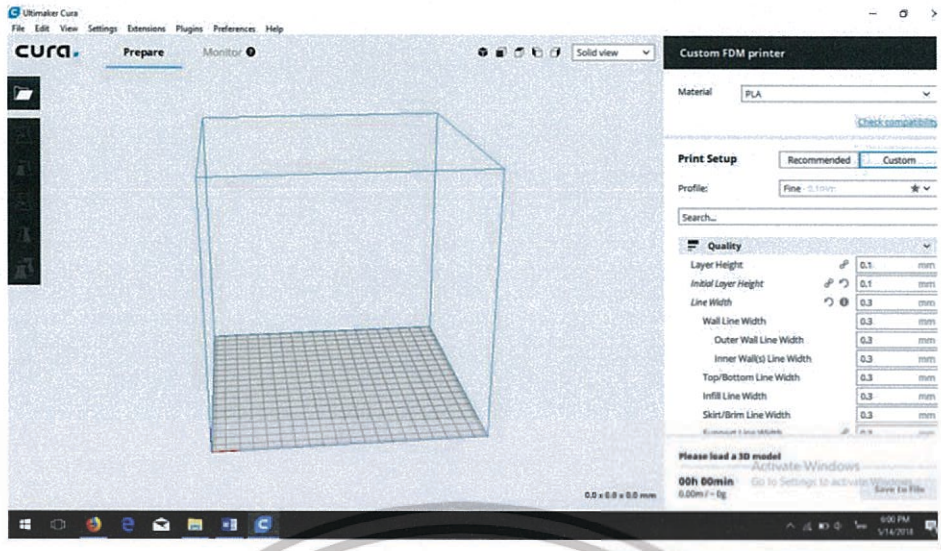
รูปที่ 2.16 หน้าต่างของโปรแกรม SolidWorks 2017

2.9.2 Cura

Cura เป็นโปรแกรมที่แปลงข้อมูลจากแบบจำลองสามมิติ ที่วาดขึ้นมาทำการแบ่งย่อยไปชั้นๆ (Layer Slicing) และบันทึกไฟล์เป็นนามสกุล .gcode สำหรับควบคุมเครื่องพิมพ์สามมิติ สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย (Freeware) และเป็นโปรแกรมจากผู้ผลิตเครื่อง Ultimaker ทำให้มีเครือข่ายการใช้งานที่ใหญ่ระดับโลก มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา และชุมชนที่มีแหล่งความรู้มากมาย

ข้อดีของโปรแกรมคือ หน้าจอที่สะอาด ใช้งานง่าย สามารถใช้งานได้ตั้งแต่มือใหม่จนไปถึงมืออาชีพ โดยผู้พัฒนาเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ตั้งค่าได้มากขึ้น ดังรูปที่ 2.17

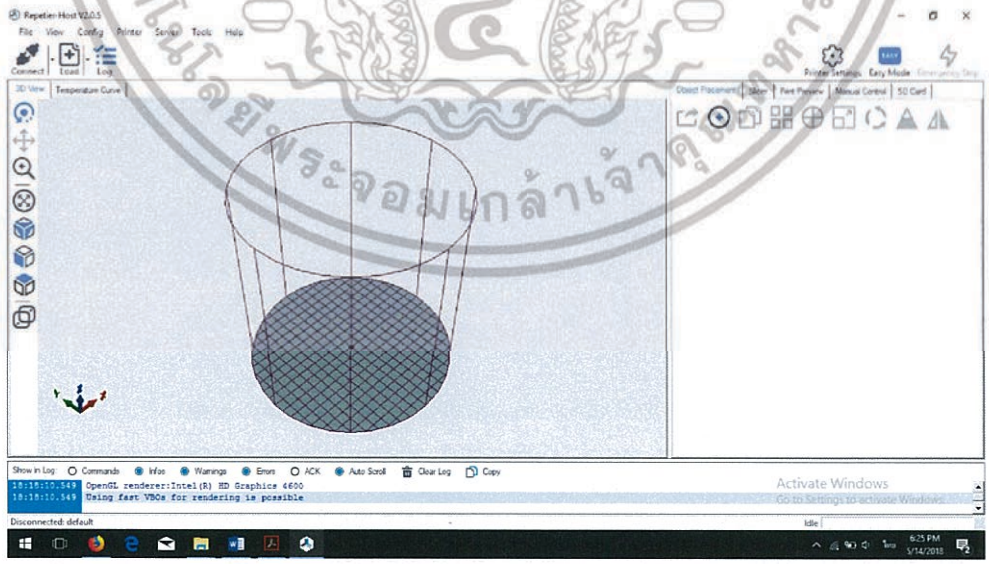
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 หน้าต่างของโปรแกรม Cura 3.2.1

2.9.3 Repetier Host

Repetier Host เป็นโปรแกรมที่แปลงข้อมูลจากแบบจำลองสามมิติ ไฟล์ .STL เป็นไฟล์ .gcode สามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่ง แนวการวางชิ้นงาน และขนาดได้ แล้วทำการส่งไฟล์เอาต์พุต หรือ export ออกไปได้ ข้อมูลของไฟล์ใช้ควบคุมความละเอียด ความหนาแน่นของพื้นผิวตัน (Infill) ปรับอุณหภูมิของหัวฉีดให้เหมาะกับวัสดุที่ใช้ สร้างส่วนรองรับชิ้นงาน ตลอดจนกำหนดความเร็วในการฉีด โดยไฟล์เอาต์พุตจะถูกคัดลอกลงใน SD การ์ด แล้วนำไปเสียบยังเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่ออ่านไฟล์ แล้วทำการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติต่อไป ดังรูปที่ 2.18

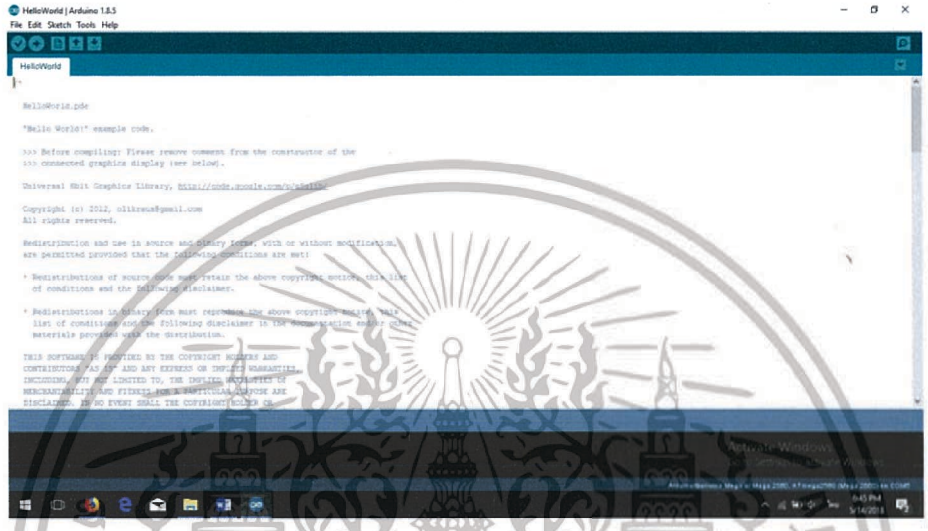


รูปที่ 2.18 หน้าต่างของโปรแกรม Repetier Host

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4 Arduino IDE

Arduino ได้พัฒนาส่วนของระบบการเขียนโปรแกรม หรือที่เรียกว่า IDE (Integrated Development Environment) ซึ่งจะช่วยให้ฝังคำสั่งลงในบอร์ด Arduino ชนิดต่างๆ ได้ ซึ่งในส่วนของ Software นี้สามารถดาวโหลด Library เพิ่มได้จาก Internet ซึ่งทำให้สามารถเขียนโปรแกรมกับ Controller ชนิดอื่นๆ ได้ ไม่จำกัดอยู่แค่ Arduino ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 หน้าต่างของโปรแกรม Arduino IDE

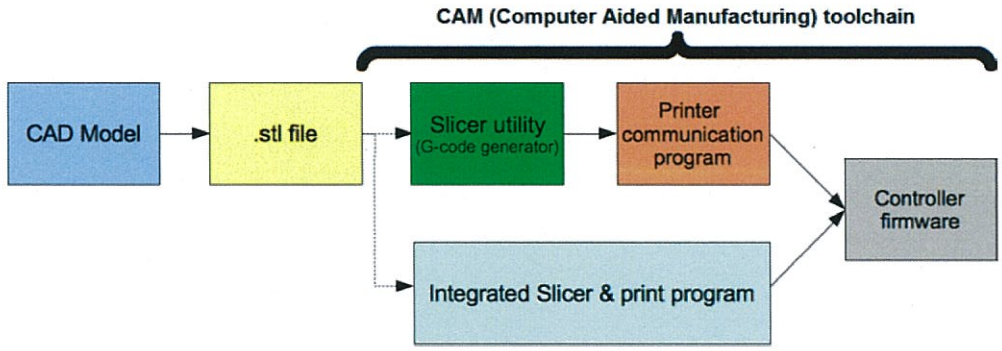
2.10 การแปลงแบบจำลองสามมิติเป็น G-Code

การนำแบบจำลองสามมิติที่ได้ทำการออกแบบมาใช้งานกับเครื่องพิมพ์สามมิติ ต้องทำการแปลงเป็น G-Code ก่อนโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรมออกแบบสามมิติมาตรฐานทั่วไป เช่น Sketchup, SolidWorks, AutoCAD 3D, Autodesk 3D max, Rhino โดยจัดเก็บไฟล์เป็นนามสกุล .STL

2. เปิดโปรแกรมเพื่อแปลงเป็น G-Code เช่น Slic3r, Cura, Repetier Host นำเข้าไฟล์ .STL เพื่อจัดวางตำแหน่งบนแท่นพิมพ์จำลอง กำหนดคุณสมบัติของการพิมพ์ชิ้นงาน ความสูงต่อชั้น ความละเอียดของผิวชิ้นงาน ความหนาของชิ้นงาน ความหนาแน่นของชิ้นงาน ความเร็วในการพิมพ์ อุณหภูมิในการละลายเส้นพลาสติก ขนาดของเส้นพลาสติกที่ใช้ โดยโปรแกรมจะแปลงคำสั่งในการพิมพ์ออกเป็นชั้นๆ (Layers) เรียกว่า G-Code เพื่อส่งคำสั่งต่อไปยังเครื่องพิมพ์สามมิติ ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ขั้นตอนการพิมพ์ชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 Mechanical Design

ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยให้มีพื้นที่ทำงานขนาด 40 x 40 x 40 เซนติเมตร ได้มีการออกแบบในโปรแกรม SolidWorks ก่อน เพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นงานต่างๆ ที่ต้องการ และใช้ออกแบบชิ้นงานที่ต้องการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์สามมิติเครื่องอื่น เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มีรูปทรงตามที่ได้ต้องการในการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิตินี้

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องพิมพ์สามมิติ จึงได้เลือกที่จะออกแบบเครื่องพิมพ์แบบ Fused Deposition Modeling (FDM) หรือการฉีดพลาสติก และมีการเคลื่อนที่แบบ Moving Bed โดยที่แกน X และแกน Y เคลื่อนที่ด้วยสายพาน ส่วนแกน Z เคลื่อนที่ด้วยลีดสกรู โดยทั้ง 3 แกนนั้นเคลื่อนที่ได้ด้วยสเต็ปมอเตอร์ และใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาด 20 x 20 มิลลิเมตร แบบ V-slot เป็นวัสดุของโครงสร้างหลักเพื่อให้การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่างๆ เป็นไปตามแนวแกนของอลูมิเนียมโปรไฟล์ ด้วย V-slot Wheel ที่ติดไว้กับชิ้นส่วนนั้นที่จะวิ่งไปตามร่องของอลูมิเนียมโปรไฟล์

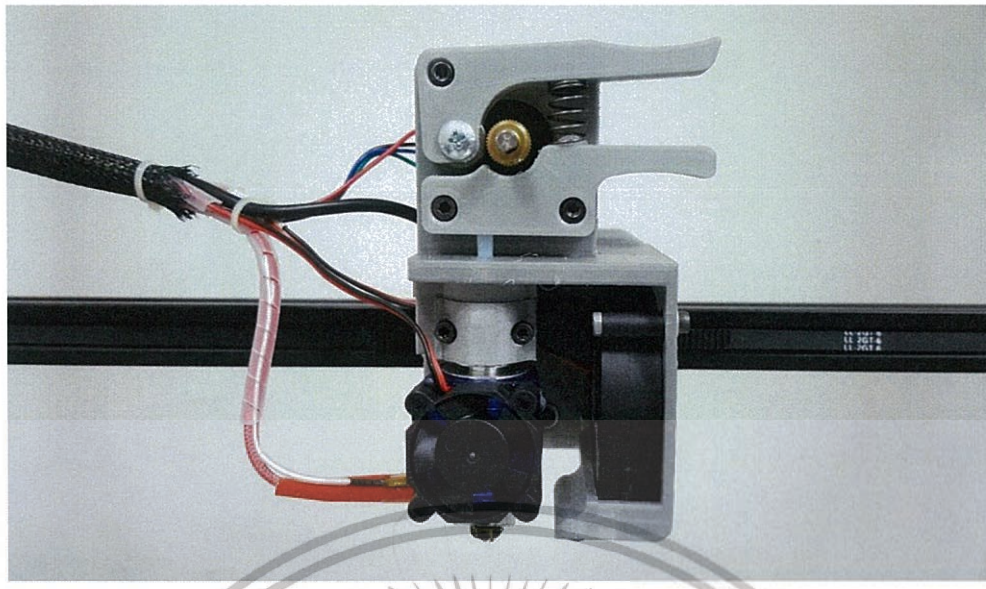
3.1.1 ส่วนหัวฉีดเส้น Filament

เมื่อกำหนดลักษณะของเครื่องพิมพ์สามมิติที่ต้องการได้แล้ว จึงเริ่มต้นการออกแบบที่ส่วนหัวฉีดเส้น Filament ก่อน โดยจะมีการเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X และส่วนหัวฉีดเส้น Filament ประกอบด้วย

1. หัว Nozzle 0.4 mm
2. Heat Sink
3. พัดลมระบายความร้อน
4. Heater
5. Thermistor
6. หัวจับ Nozzle
7. เฟือง และชุดขับ Filament
8. สเต็ปมอเตอร์

ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ด้วยสายพานและถูกประคองด้วย V-slot Wheel จำนวน 4 ล้อ ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.1

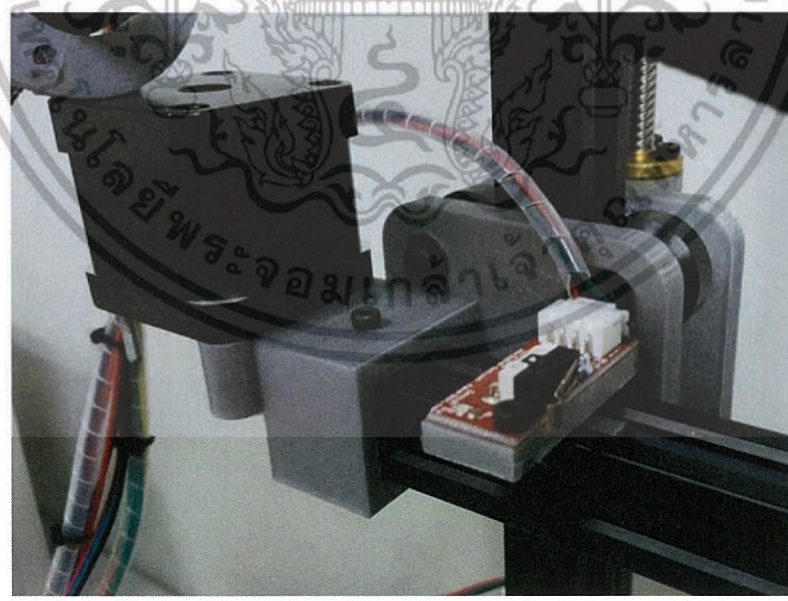
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ส่วนหัวฉีดเส้น Filament

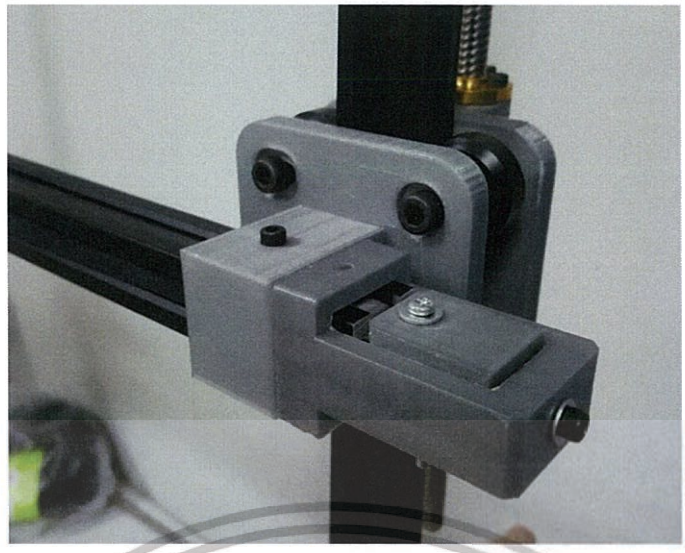
3.1.2 ส่วนแกน X

ต่อมาเป็นการออกแบบการเคลื่อนที่ที่แกน X ซึ่งด้านหนึ่งของแกน X จะเป็นสเต็ปมอเตอร์ ส่วนอีกด้านจะเป็น Pulley และทั้งสองด้านของแกน X จะมีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามแกน Z ด้วยลีดสกรู และประคองด้วย V-slot Wheel จำนวนด้านละ 4 ล้อ

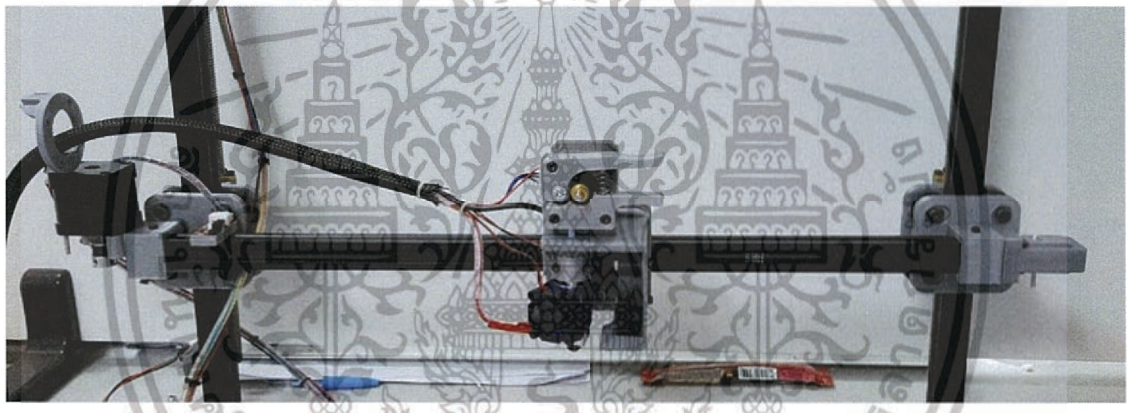


รูปที่ 3.2 ปลายแกน X ด้านสเต็ปมอเตอร์

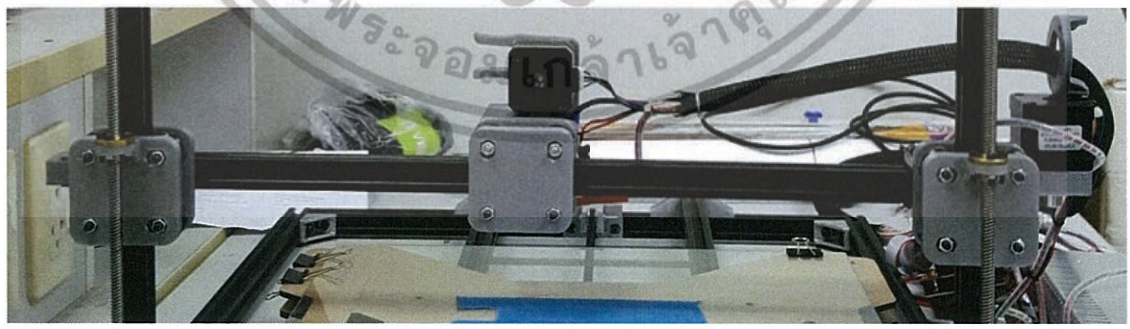
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ปลายแกน X ด้าน Pulley



รูปที่ 3.4 ชิ้นส่วนทั้งหมดบนแกน X ด้านหน้า

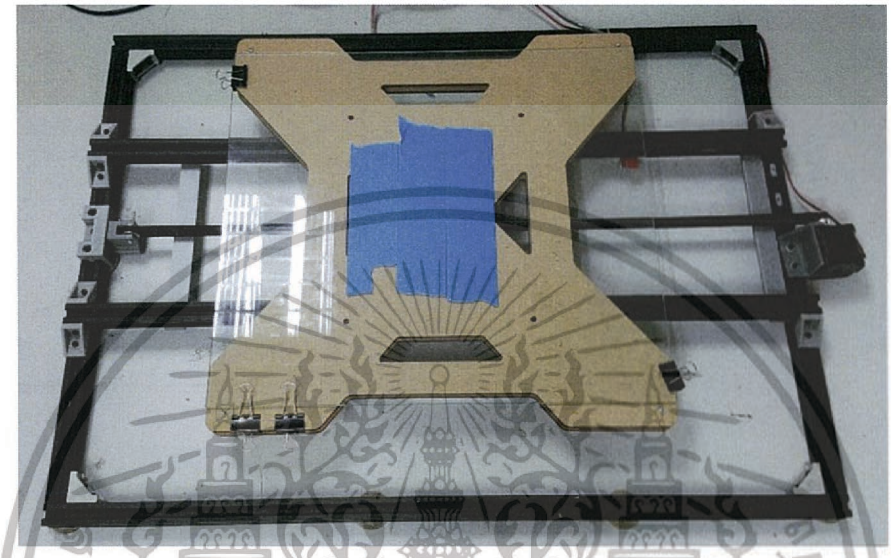


รูปที่ 3.5 ชิ้นส่วนทั้งหมดบนแกน X ด้านหลัง

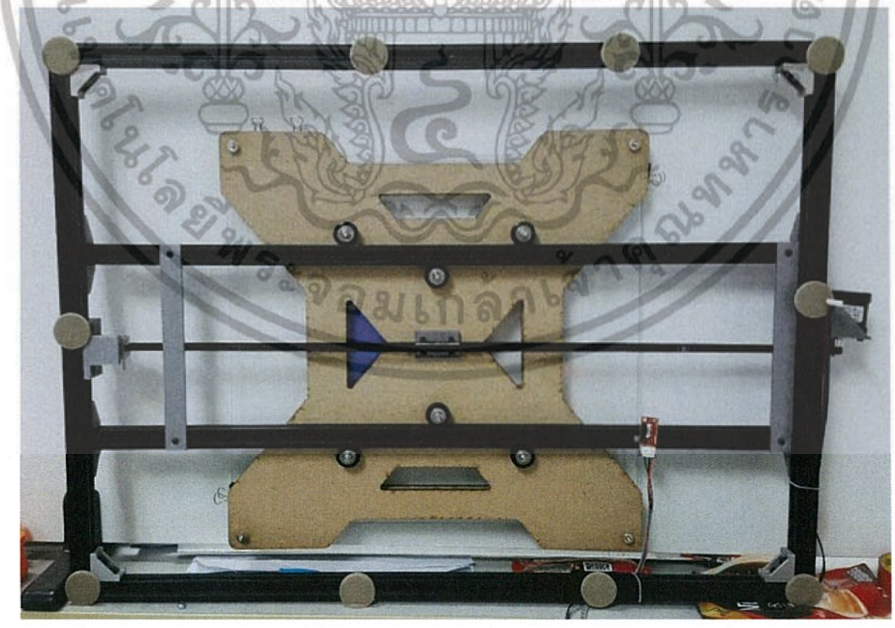
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนแกน Y

ในส่วนแกน Y นั้นจะเป็นส่วนฐานของเครื่องพิมพ์สามมิติที่รองรับชิ้นส่วนต่างๆ และเป็นแกนในการเคลื่อนที่ของฐานพิมพ์ชิ้นงาน ซึ่งฐานพิมพ์ชิ้นงานนี้จะเคลื่อนที่ด้วยสายพานที่ยึดไว้ด้านล่างของฐาน และถูกประคองด้วย V-slot Wheel จำนวน 6 ล้อ



รูปที่ 3.6 ชิ้นส่วนของแกน Y ด้านบน

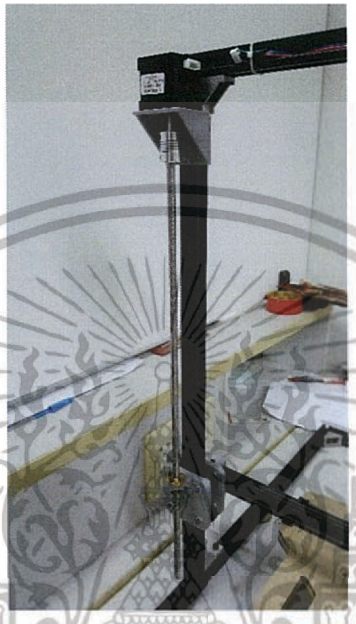


รูปที่ 3.7 ชิ้นส่วนของแกน Y ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ส่วนแกน Z

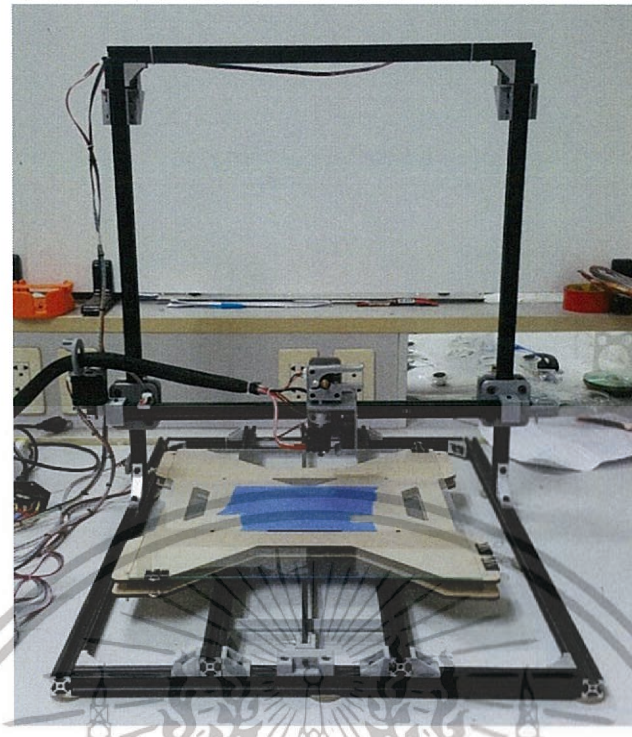
แกน Z จะติดตั้งบนส่วนของแกน Y ในแนวตั้งฉากกัน และเป็นแกนเคลื่อนที่ของปลายทั้งสองด้านของแกน X ด้วยลีดสกรู โดยติดตั้งสเต็ปมอเตอร์ไว้ที่ด้านบนสุดของแกน และมีอลูมิเนียมโปรไฟล์เชื่อมปลายด้านบนทั้ง 2 ของแกน Z ให้ได้ระยะที่ขนานกัน



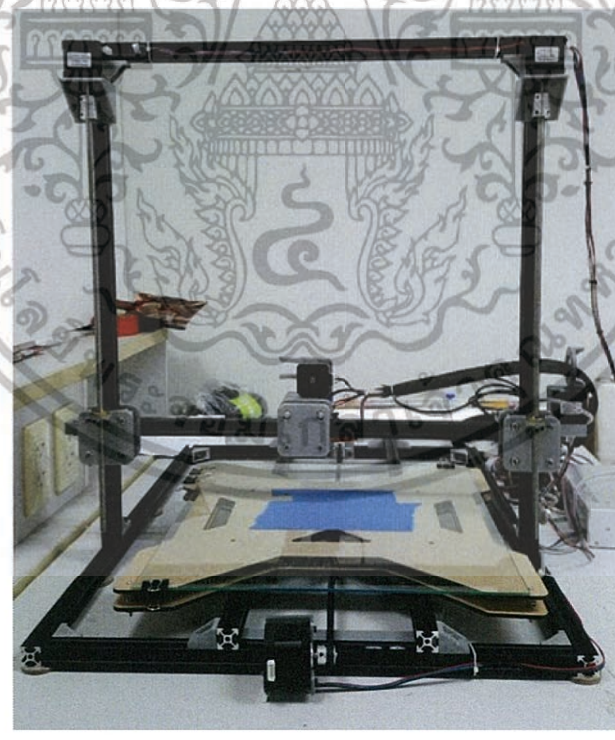
รูปที่ 3.8 ชิ้นส่วนของแกน Z ด้านปลายแกน X ที่มี Pulley

รูปที่ 3.9 ชิ้นส่วนของแกน Z ด้านปลายแกน X ที่มีสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เครื่องพิมพ์สามมิติด้านหน้า



รูปที่ 3.11 เครื่องพิมพ์สามมิติด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Electrical Design

3.2.1 การออกแบบส่วนควบคุม

ในส่วนของการควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ ควบคุมด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อไปนี้

1. Arduino Mega 2560 R3 จำนวน 1 บอร์ด ต่อกับ RAMPS 1.4 ใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมและประมวลผลอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร

2. RAMPS 1.4 3D Printer Shield จำนวน 1 บอร์ด ใช้ต่อกับอุปกรณ์ในเครื่องพิมพ์สามมิติ

3. DRV8825 Stepper Motor Driver Module จำนวน 4 โมดูล ใช้ควบคุม Stepper Motor ที่ Extruder แกน X แกน Y และแกน Z

4. LCD 12864 LCD Control Panel 3D Printer RAMPS1.4 จำนวน 1 ชุด เป็นหน้าจอแสดงผลขนาด 128 x 64 mm พร้อม Smart Adapter ไว้เชื่อมต่อกับ RAMPS 1.4

5. Endstop/Limit Switches จำนวน 3 ชิ้น ติดตั้งที่ แกน X แกน Y และแกน Z ในตำแหน่ง min

6. Hot End Heater จำนวน 1 ชิ้น เป็นตัวทำอุณหภูมิให้กับชุดหัวฉีดเส้น Filament

7. 100K ohm NTC 3950 Thermistors จำนวน 1 ชิ้น ใช้วัดอุณหภูมิที่หัวฉีดเส้น Filament

8. Blower Fan 5015S DC 12V 0.14A จำนวน 1 ตัว ใช้ลดความร้อนของ Filament ที่ตำแหน่งหัวฉีด

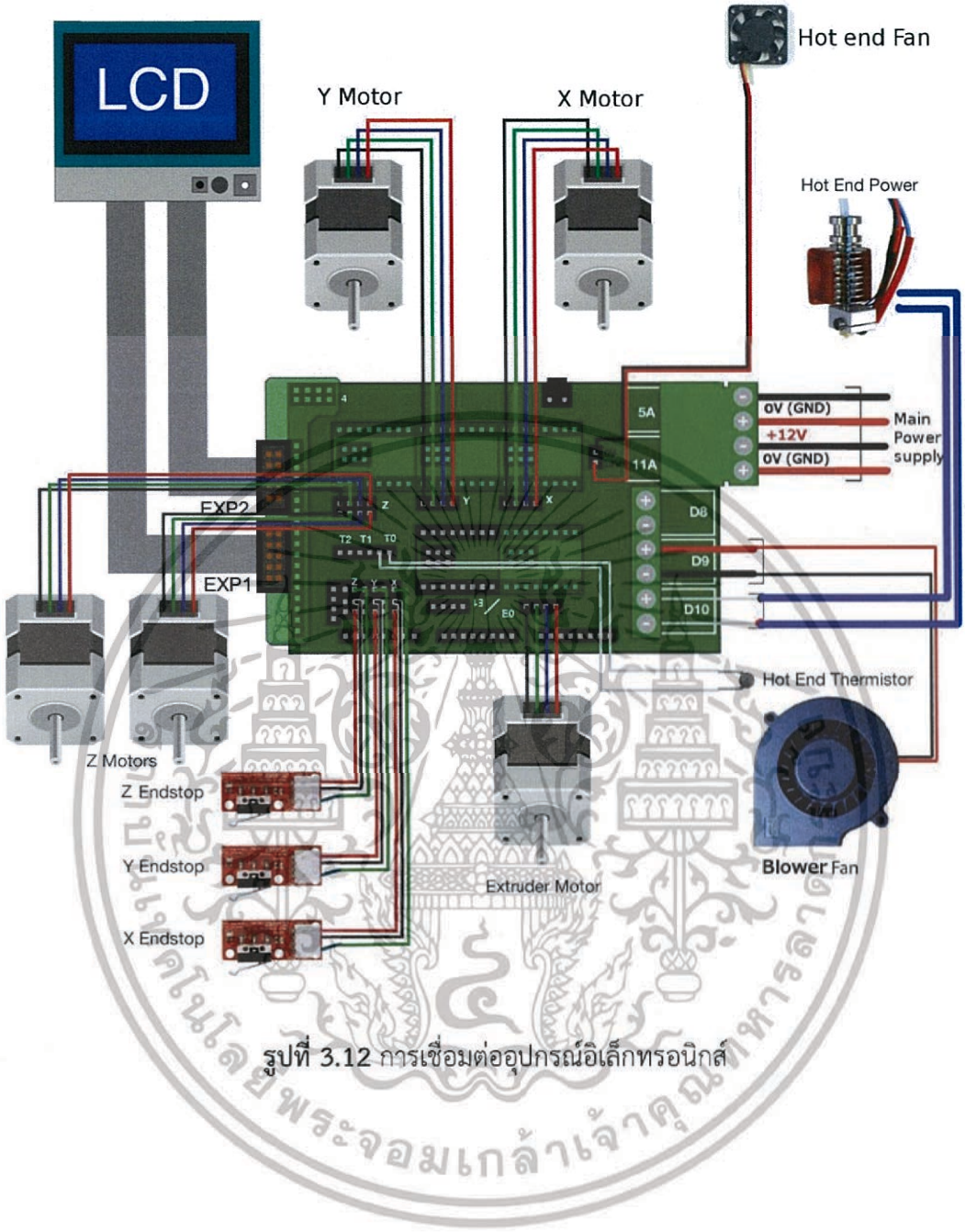
9. Fan 20 x 20 x 10 mm DC 12V จำนวน 1 ตัว ติดกับ Heat Sink เพื่อช่วยลดความร้อน

10. Stepper Motor (Nema 17) จำนวน 5 ตัว ใช้ขับสายพานที่แกน X และแกน Y ตำแหน่งละ 1 ตัว และขับให้ลีดสกรูหมุนที่แกน Z ทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 1 ตัว ส่วนตัวสุดท้ายใช้ในชุดขับเส้น Filament

11. Power Supply DC 12V 30A จำนวน 1 ตัว

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมาข้างต้นเชื่อมกันดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



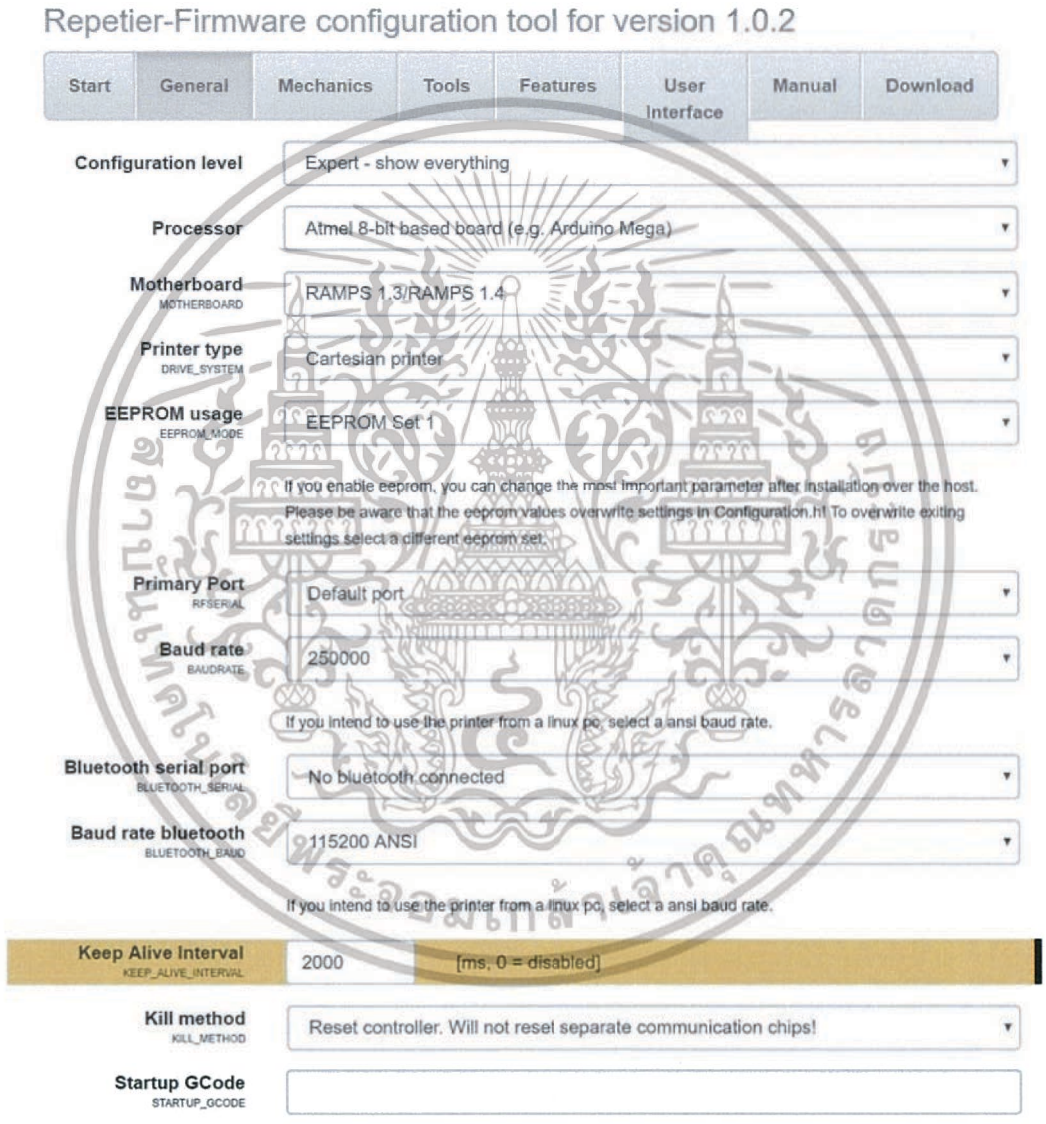
รูปที่ 3.12 การเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การเขียนโปรแกรม

3.2.2.1 การตั้งค่า Firmware

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิตินั้น ได้ใช้ Repetier Firmware เนื่องมาจาก Repetier มี Firmware กึ่งสำเร็จรูปที่สามารถนำมาปรับแต่งหรือตั้งค่าเพิ่มเติมได้ตามที่ต้องการ โดยดูจากคุณสมบัติของเครื่องพิมพ์นั้นๆ โดยได้กำหนดค่าไว้ดังนี้



รูปที่ 3.13 การตั้งค่าใน Repetier หมวด General (1)

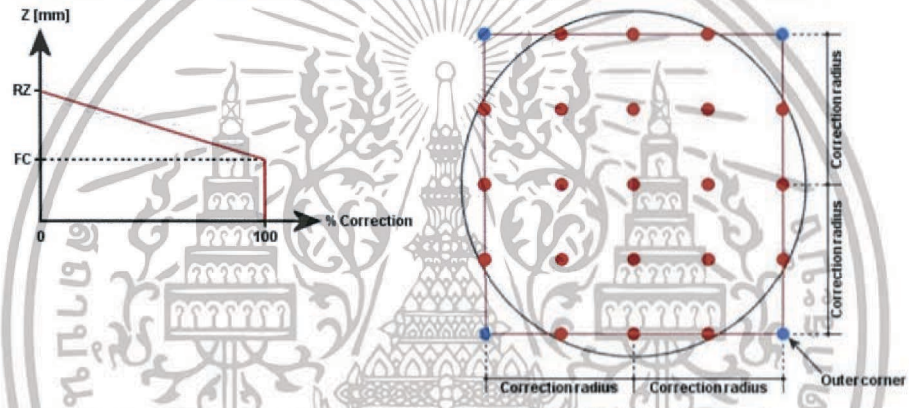
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimensions

X min position X_MIN_POS	0	[mm]
Y min position Y_MIN_POS	0	[mm]
Z min position Z_MIN_POS	0	[mm]
X length X_MAX_LENGTH	370	[mm]
Y length Y_MAX_LENGTH	370	[mm]
Z length Z_MAX_LENGTH	370	[mm]

Z-correction (distortion correction)

Sometimes it is hard to calibrate your delta printer in such a way that the bed is even - even if it is even. The nonlinearities and build errors can make it a bump map when measured, making it hard to stick filament everywhere. In this case you can now use the the Z-correction. But be warned, to use it only after you have done your best to calibrate your printer! It will not remove these errors, it will only removed the effect on the first layers! You can set from where to where you want the correction. You should start after the heighest first layer you want to print and stop a few layers higher. These corrections need extra computation cost, so you should limit them to an area where necessary.



☐ Enable z-correction (DISTORTION_CORRECTION)

☑ Store correction data in eeprom (DISTORTION_PERMANENT)

Storing correction data in eeprom reduces RAM usage and it also eliminate sthe need to recalibrate after each restart.

Full correction until (FC) DISTORTION_START_DEGRADE	0.5	[mm]
Reduce correction to zero at (RZ) DISTORTION_END_HEIGHT	1	[mm]
Correction points per axis DISTORTION_CORRECTION_POINTS	20	

Creates Size x Size grid with maximum 22 points per row. Each point takes 4 byte RAM/EEPROM.

Max. correction DISTORTION_LIMIT_TO	2	[mm]

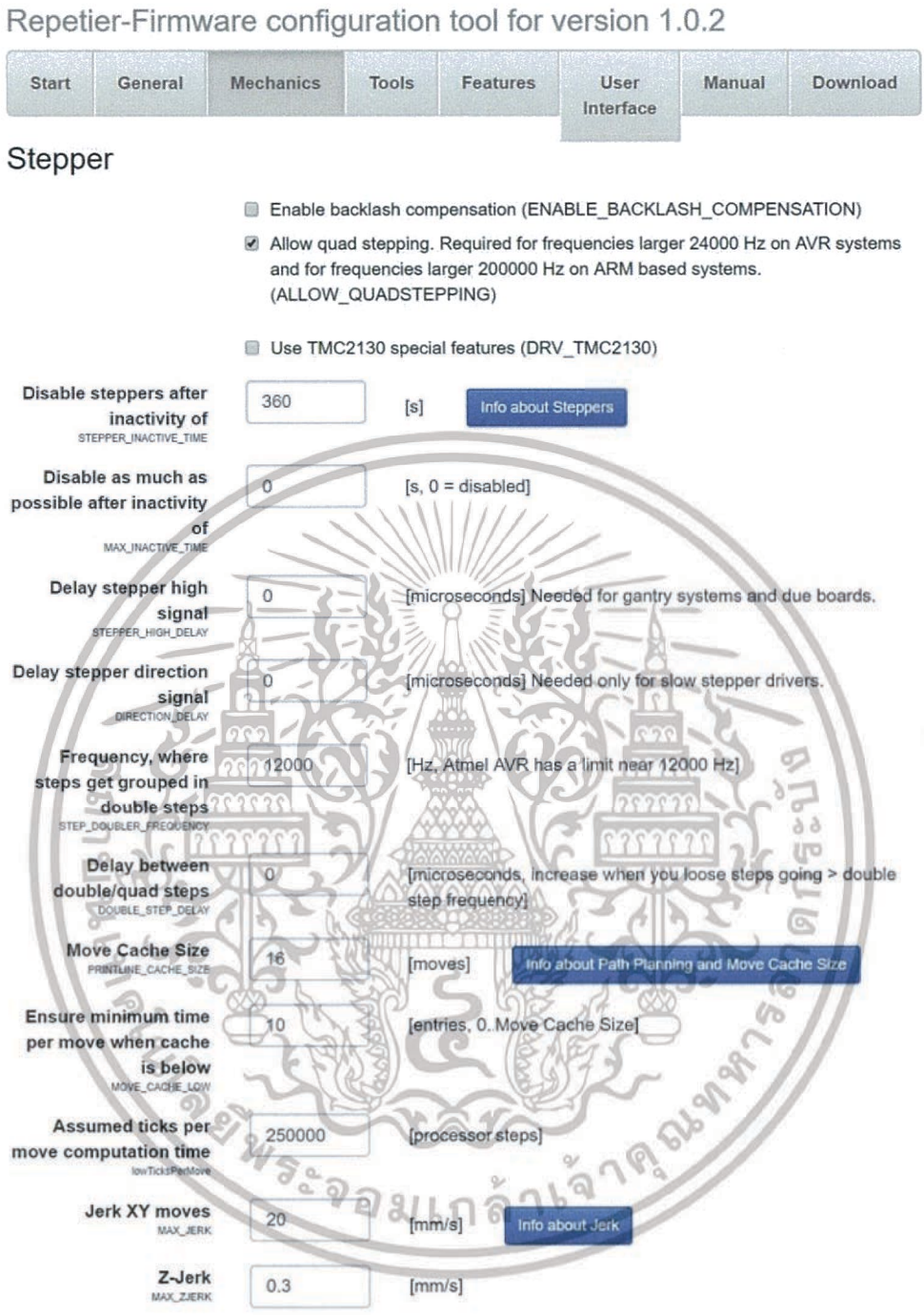
If z-probe triggers for some reason at wrong point it can store a insane value otherwise.

Minimum/maximum points for distortion measurement. Select largest possible area that can be reached with your z-probe.

X Min DISTORTION_XMIN	0	[mm]
Y Min DISTORTION_YMIN	0	[mm]
X Max DISTORTION_XMAX	370	[mm]
Y Max DISTORTION_YMAX	370	[mm]

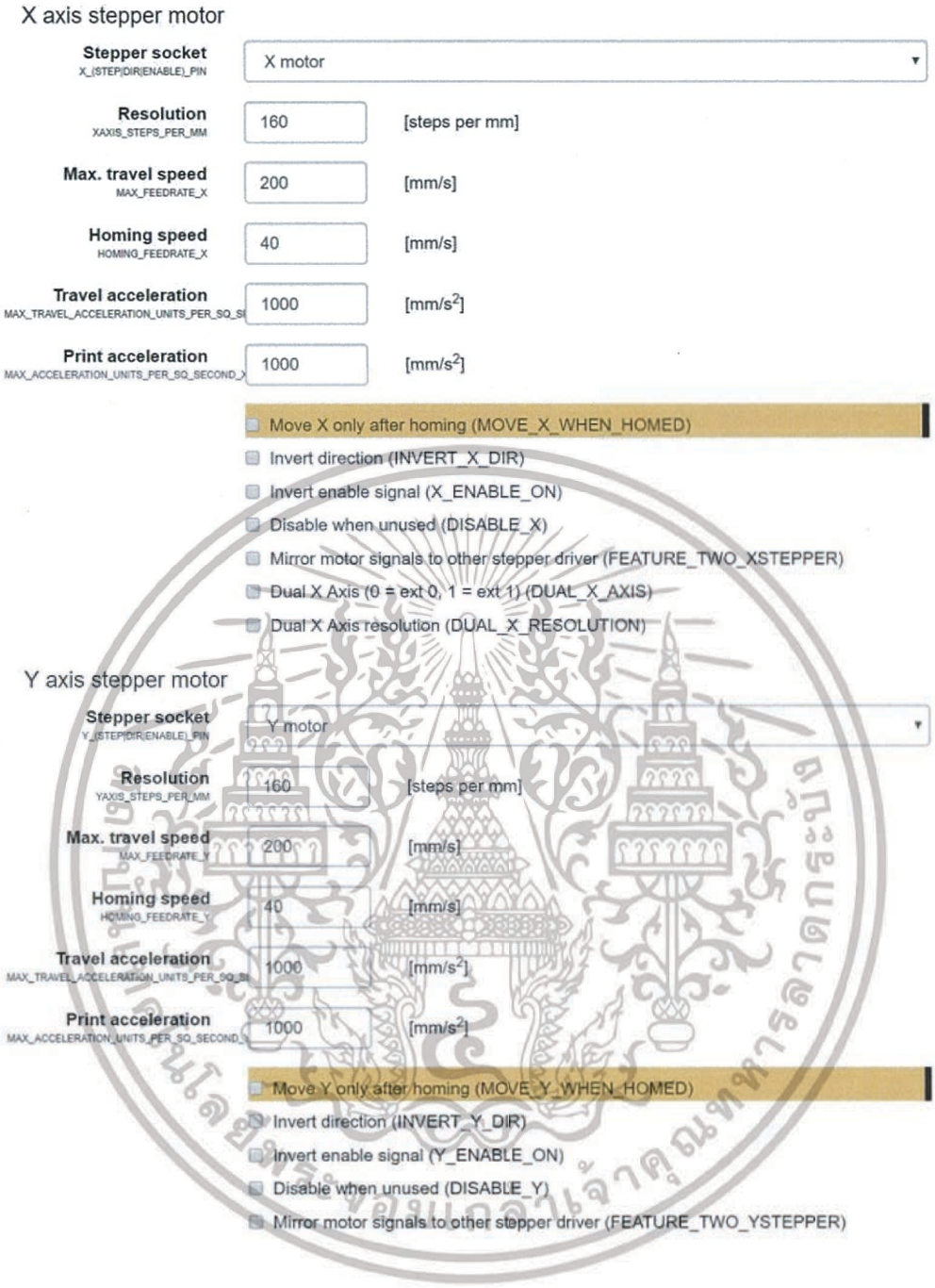
รูปที่ 3.14 การตั้งค่าใน Repetier หมวด General (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



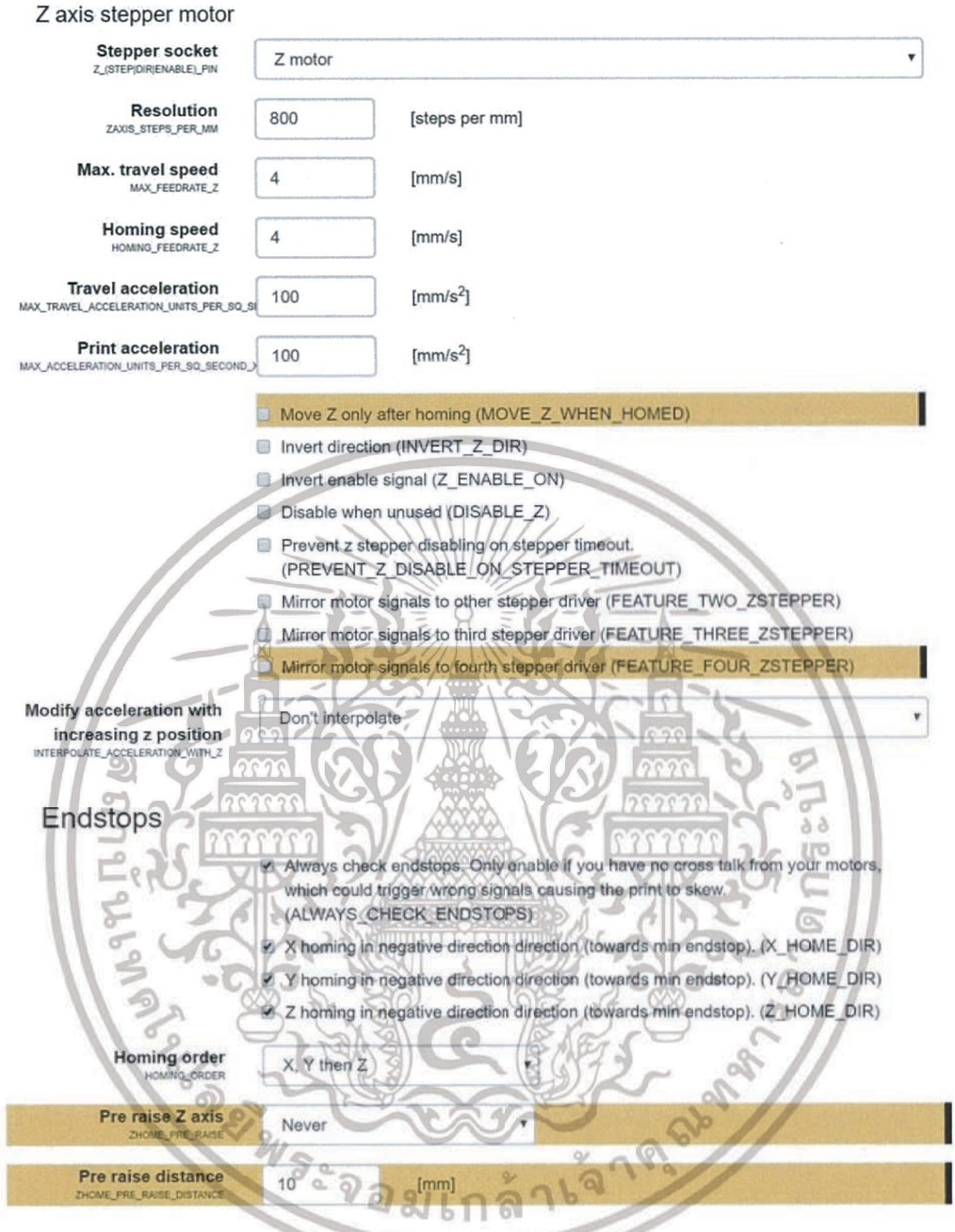
รูปที่ 3.15 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



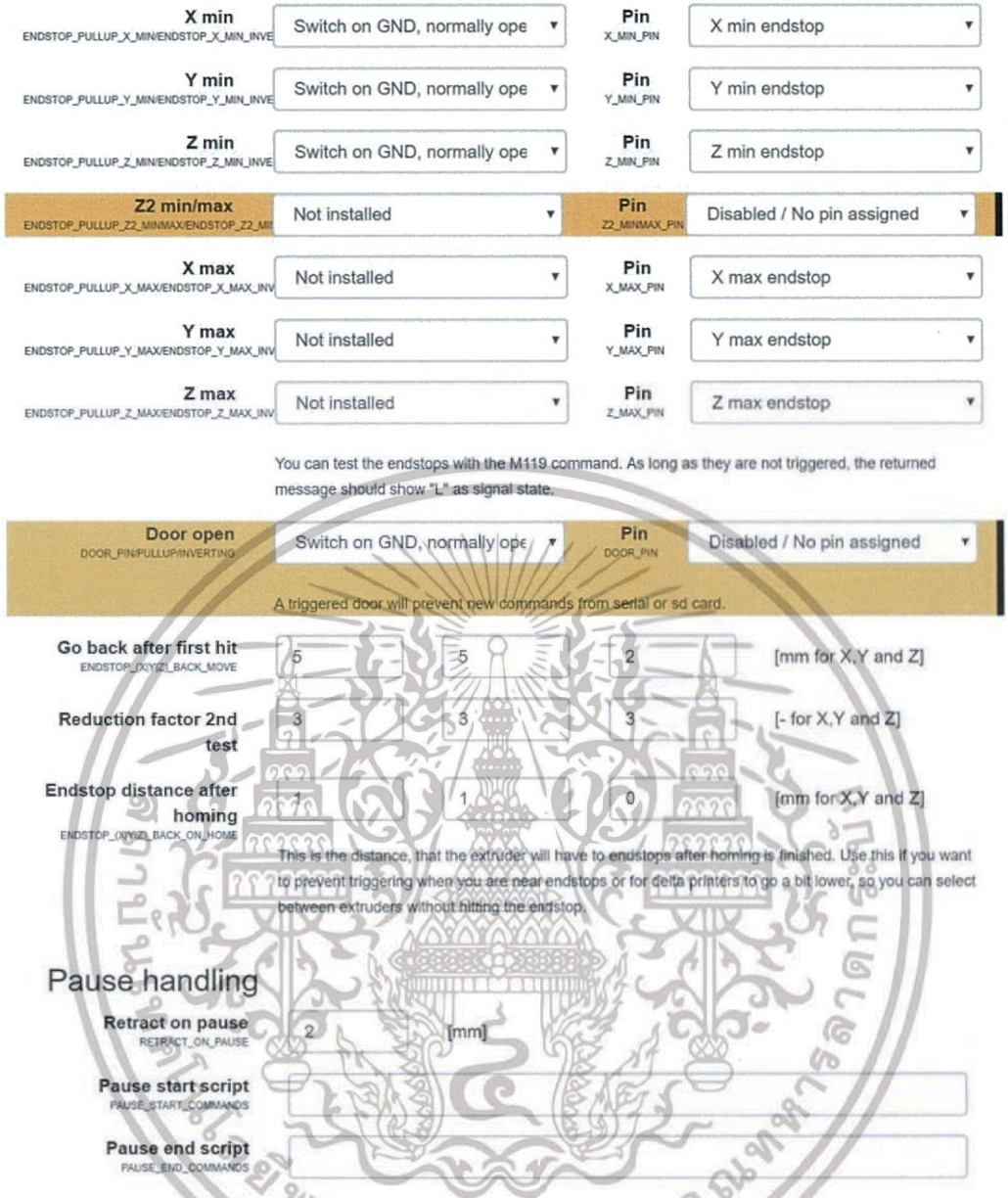
รูปที่ 3.16 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



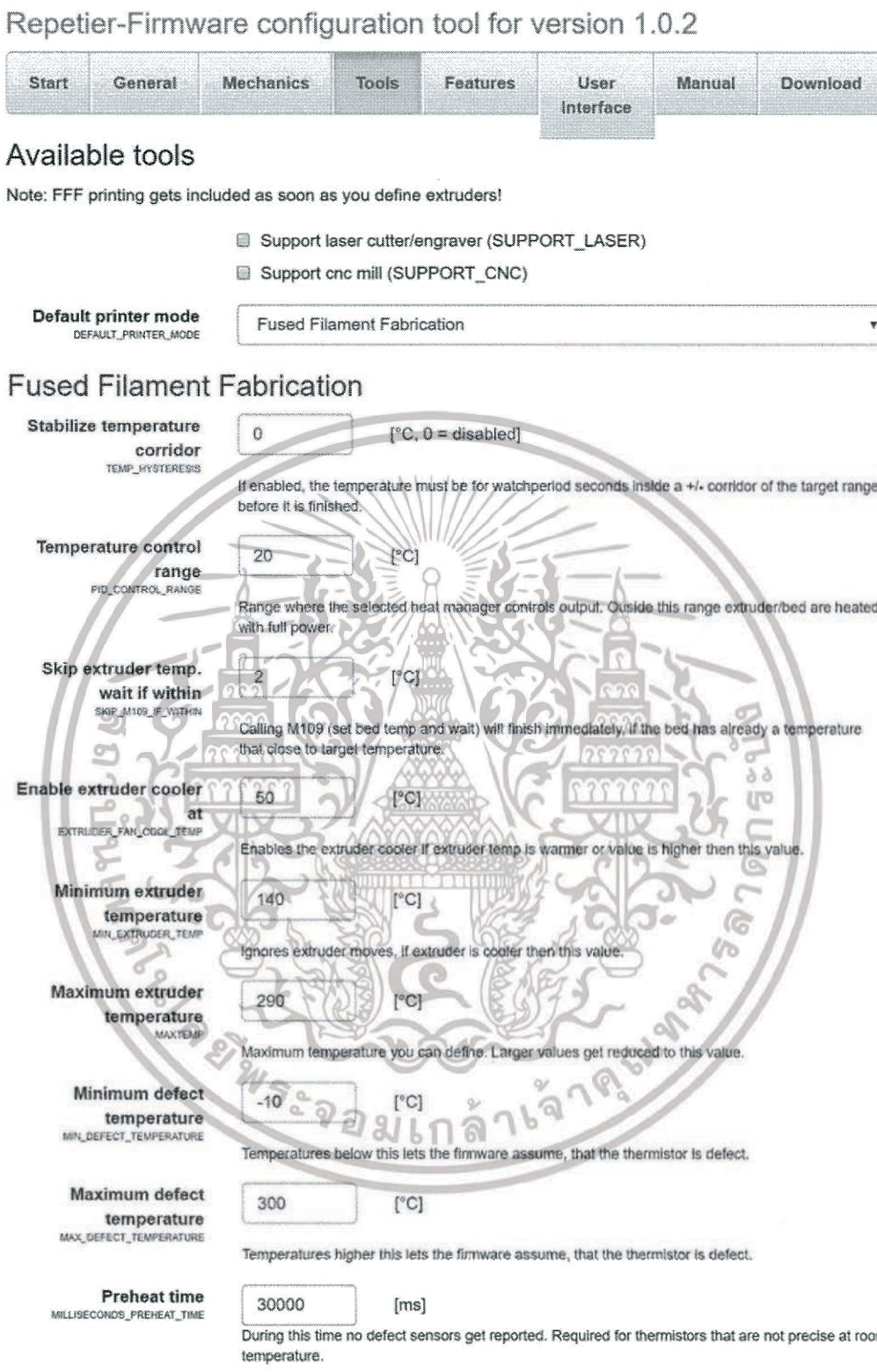
รูปที่ 3.17 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



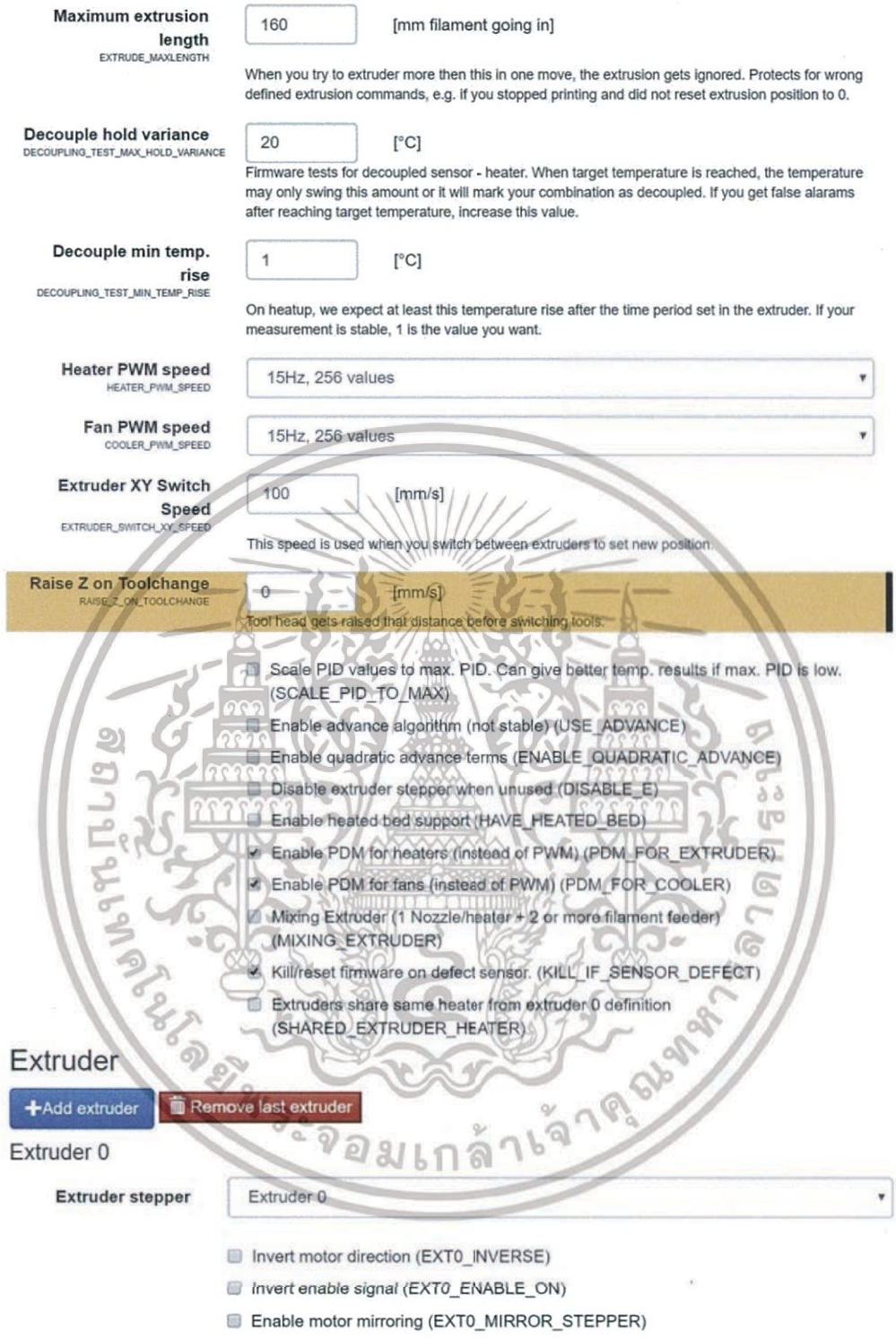
รูปที่ 3.18 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Mechanics (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



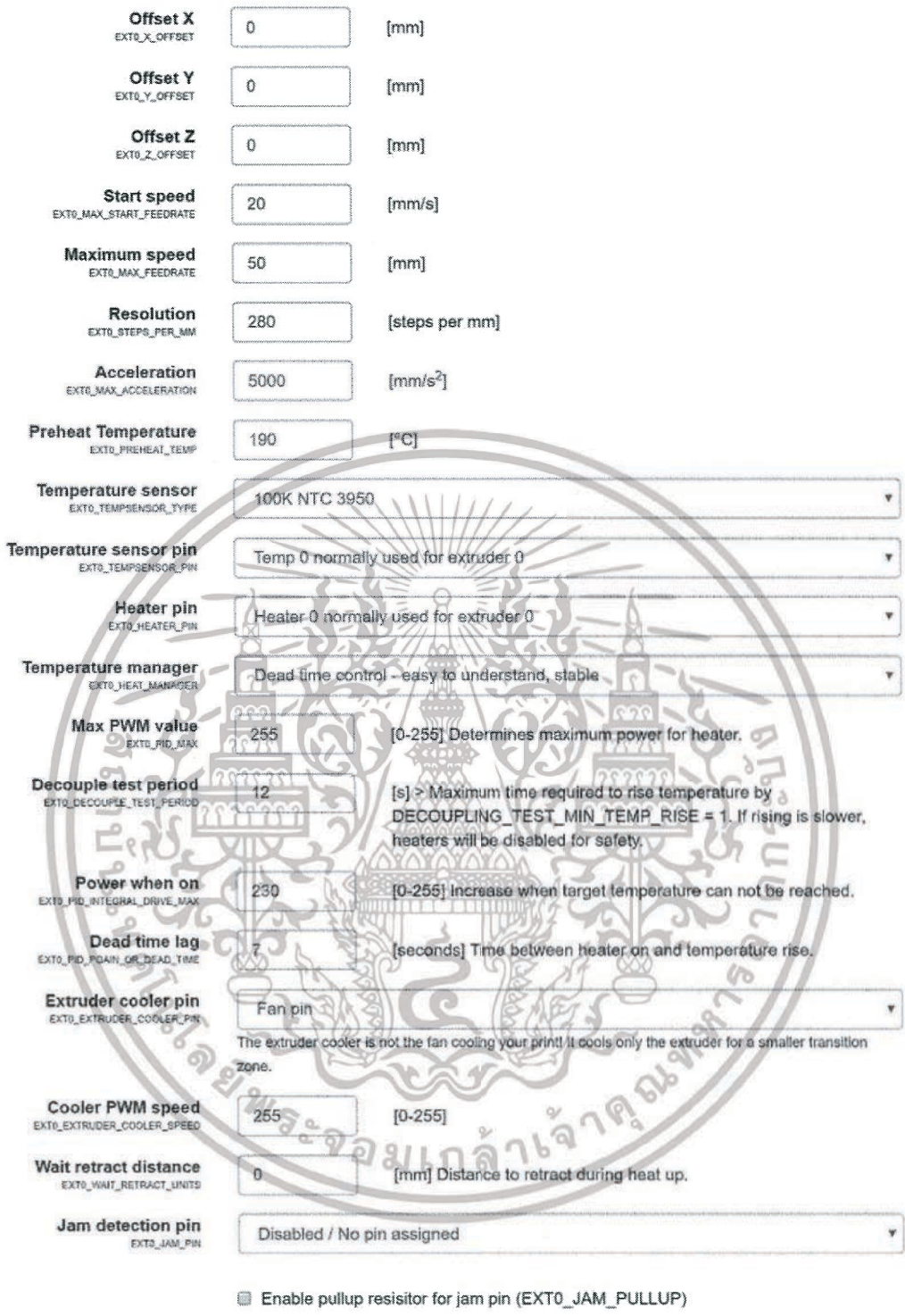
รูปที่ 3.19 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Tools (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



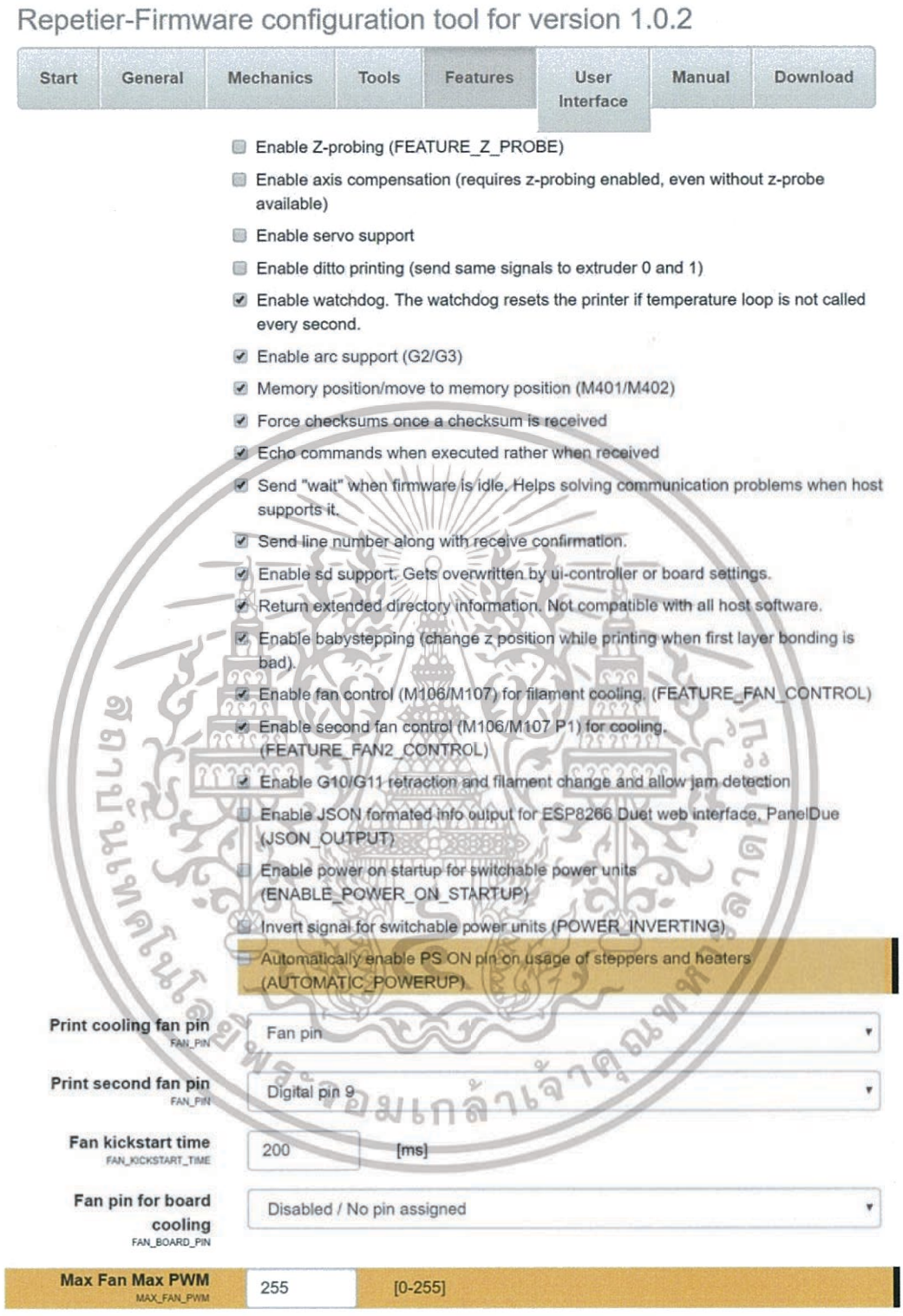
รูปที่ 3.20 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Tools (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



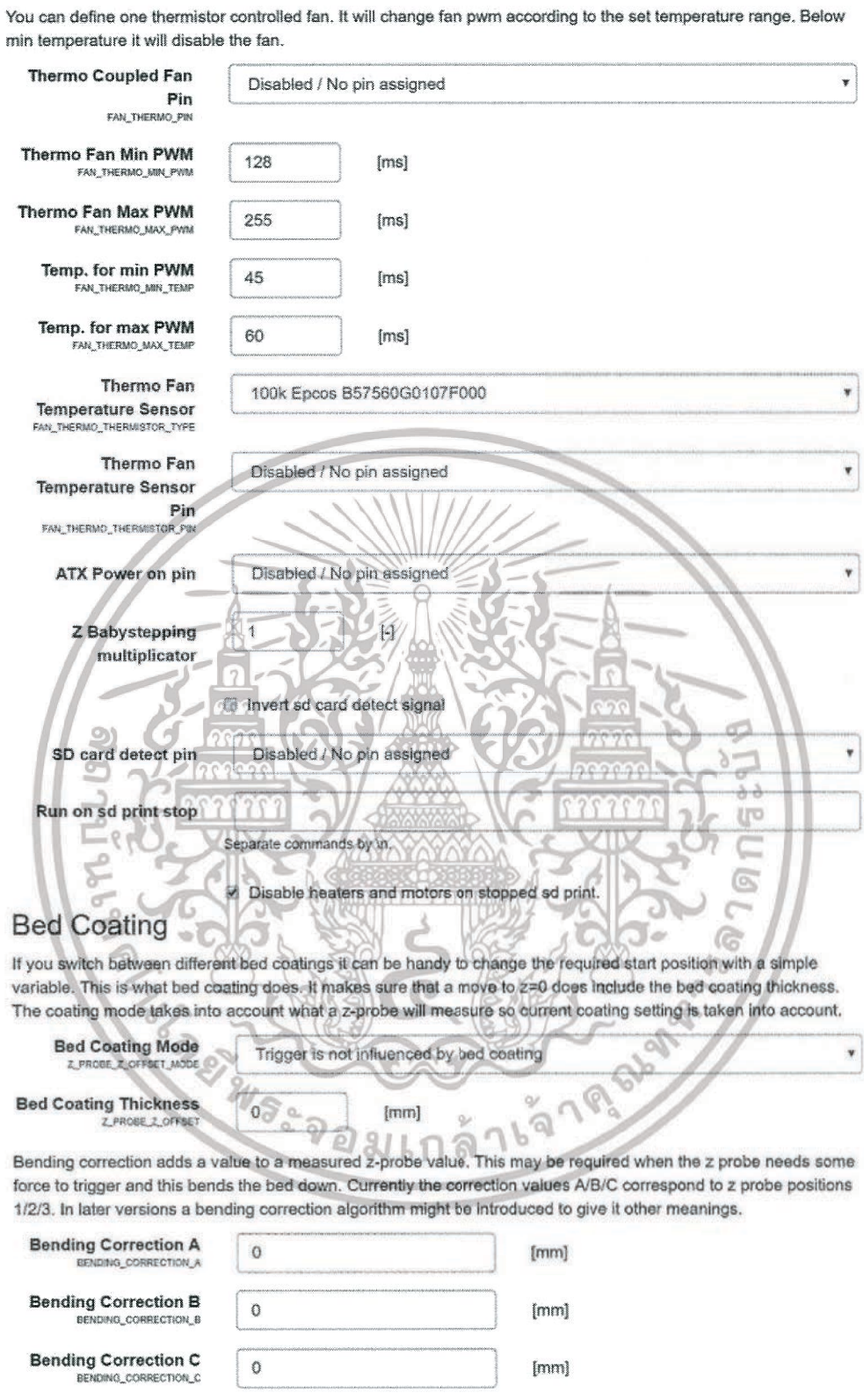
รูปที่ 3.21 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Tools (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Features (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Features (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G10/G11 Retraction and Filament Change

This feature allows slicers to use the commands G10 and G11 for retracting and undo retracts instead of adding the moves on their own. These parameters can be changed in EEPROM later. Autoretraction converts pure E moves into G10/G11. For that reason it is when enabled not possible to extrude with only E axis. So if you want to use it, I would suggest to enable/disable it with **M209 S1** and **M209 S0** in the slicers start and end g-code so it is normally disabled.

☐ Enable autoretract conversion. Simple extrusion will not work when enabled!

Normal retraction	3	[mm]
Extruderswitch retraction	13	[mm]
Retraction speed	40	[mm/s]
Z-Lift on retraction	0	[mm]
Extra length on undo retraction	0	[mm]
Extra length on undo switch retr.	0	[mm]
Speed undo retraction	20	[mm/s]

Filament change allows to initaite a filament change procedure with M600 or the filament change command in the LCD interface. A LCD interface is required for this to work. Once initiated, the extruder will retract the short distance, move up, move to target x,y position and then do the long retract. Then you must replace the filament and insert new one until plastic comes out of the nozzle. Then click the *ok button of the printer*. While changing, the rotary encoder will move the extruder. If not moving, motor gets disabled to make insertion/removal easier. Then it goes back to starting position and continues printing. You can add a homing before going to target position. This may help if you moved the extruder by accident.

Filament change x	0	[mm]
Filament change y	0	[mm]
Filament change z lift	2	[mm]
Filament change first retract	5	[mm]
Filament change last retract	50	[mm]
Homing after Filamentchange	Home only x and y	

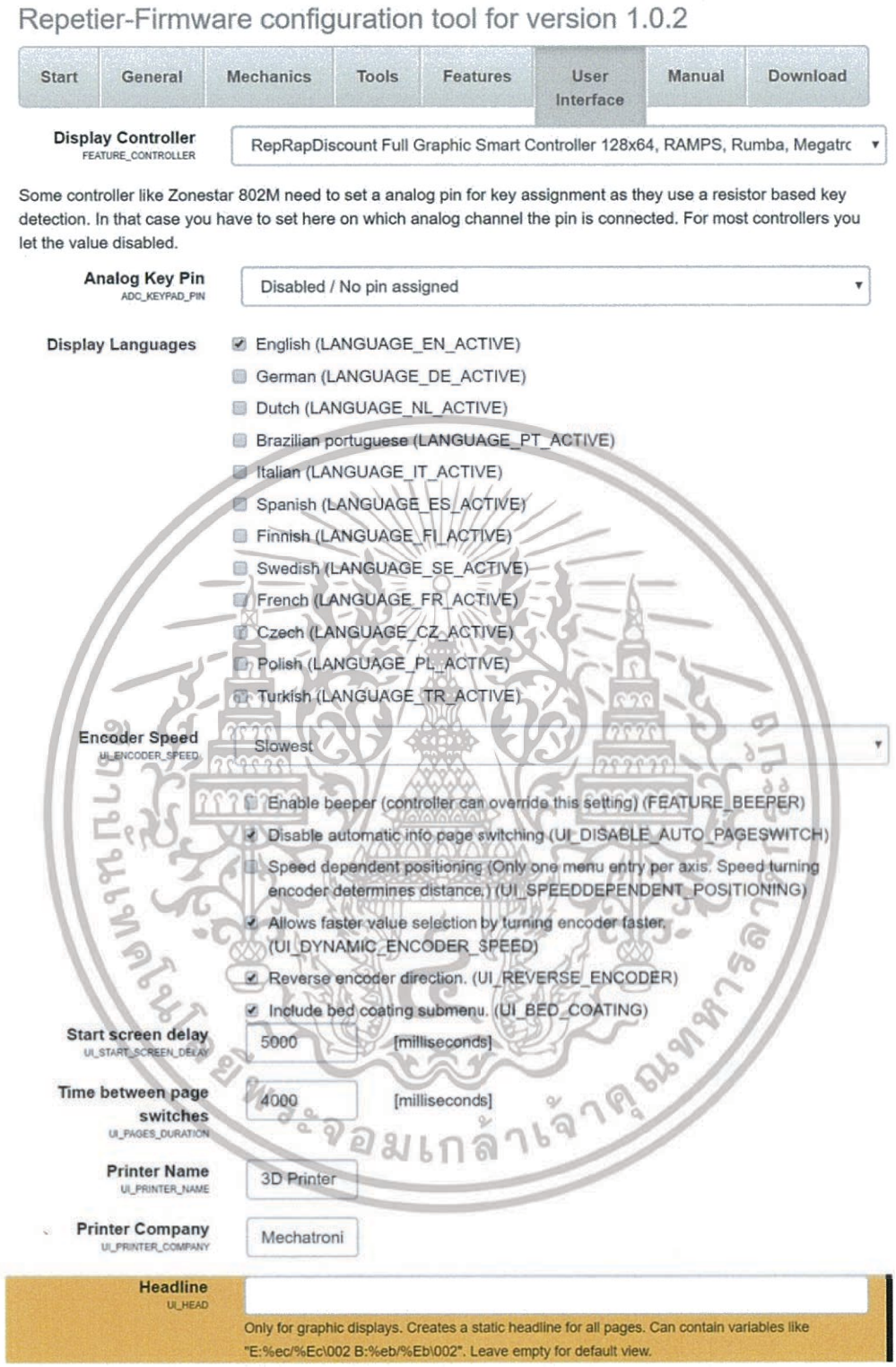
Extra Motor Driver

For some special functions you may need to drive extra motors. Here you can define how to drive the motors. You can control them with G201 - G204, see Repetier.ino for more infos.

Number Extra Motors	0

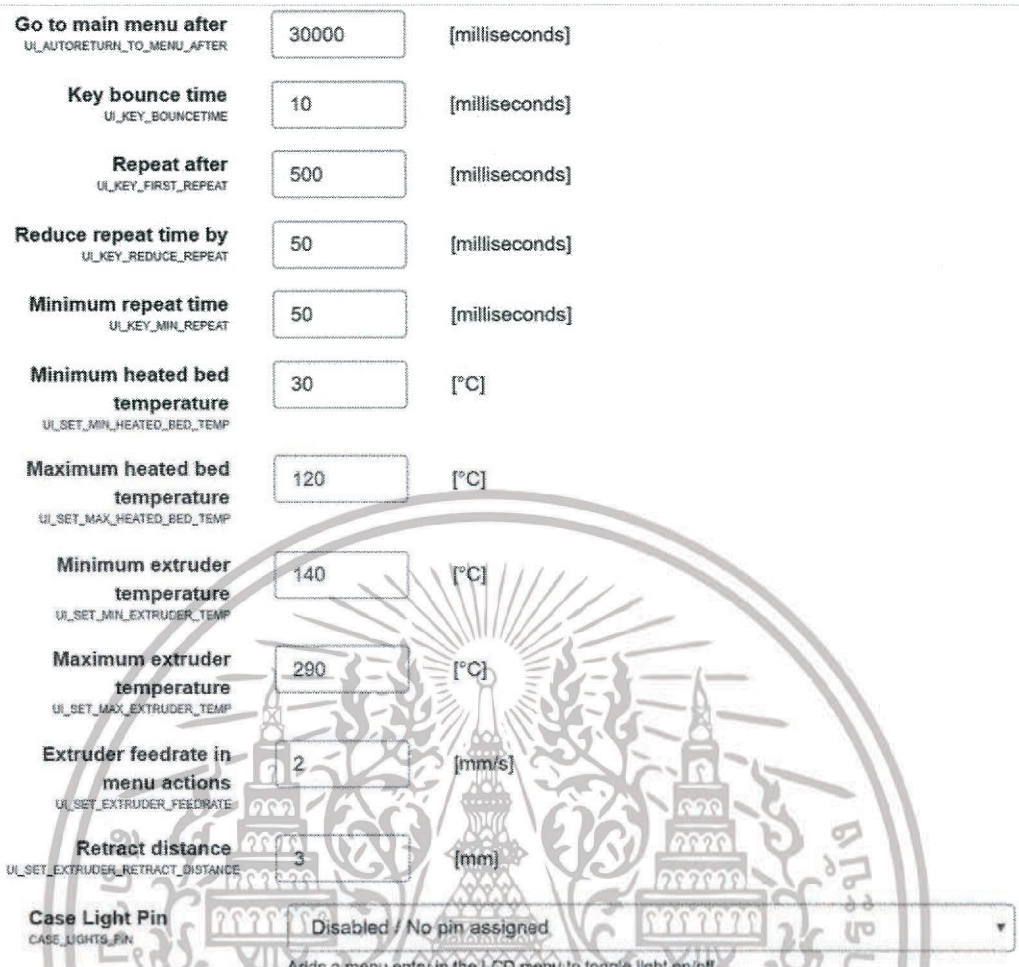
รูปที่ 3.24 การตั้งค่าใน Repetier หมวด Features (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การตั้งค่าใน Repetier หมวด User Interface (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 การตั้งค่าใน Repetier หมวด User Interface (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 การคำนวณค่าการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ

1. XY Step

$$\text{Step/mm} = \frac{\text{Motor Step per rev} \times \text{driver microstep}}{\text{belt pitch} \times \text{pulley number of teeth}} \quad (3.1)$$

แทนค่าตัวแปรดังต่อไปนี้ในสมการที่ (3.1)

Motor Step per rev = 200

driver micro step = 32

belt pitch = 2 mm

pulley number of teeth = 20

จะได้ว่า XY Step มีค่าเท่ากับ

$$\text{XY Step/mm} = \frac{200 \times 32}{2 \times 20} = 160$$

2. Z Step

$$\text{Step/mm} = \frac{\text{Motor Step per rev} \times \text{driver microstep}}{\text{thread pitch}} \quad (3.2)$$

แทนค่าตัวแปรดังต่อไปนี้ในสมการที่ (3.2)

Motor Step per rev = 200

driver micro step = 32

thread pitch = 8 mm

จะได้ว่า Z Step มีค่าเท่ากับ

$$\text{Z Step/mm} = \frac{200 \times 32}{8} = 800$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. E Step

$$\text{Step/mm} = \frac{\text{Motor Step per rev} \times \text{driver microstep} \times \text{gear ratio}}{\text{hob effective diameter} \times \pi} \quad (3.3)$$

แทนค่าตัวแปรดังต่อไปนี้ในสมการที่ (3.3)

Motor Step per rev = 200

driver micro step = 32

gear ratio = 1

hob effective diameter = 10.9 mm

จะได้ว่า E Step มีค่าเท่ากับ

$$\text{E Step/mm} = \frac{200 \times 32}{10.9\pi} = 186.8975$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

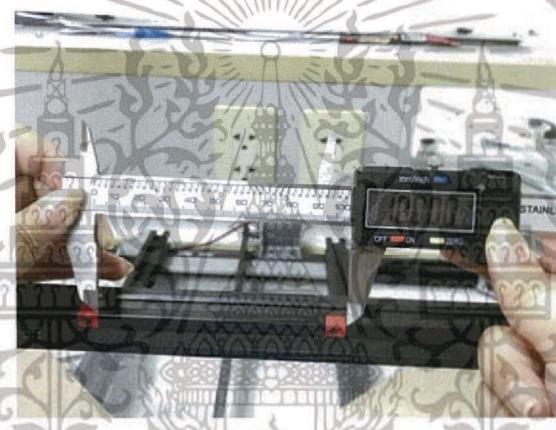
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

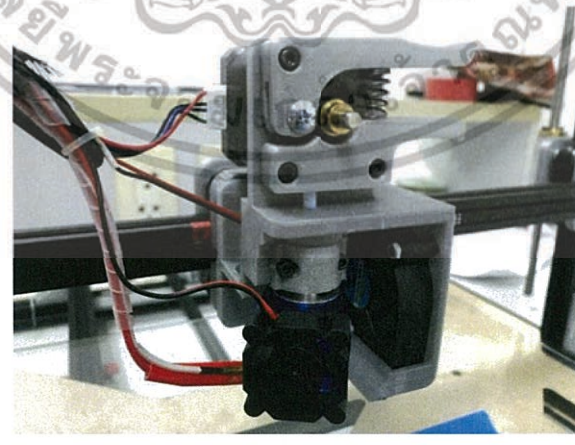
4.1 การทดลองการขับมอเตอร์

4.1.1 มอเตอร์แกน X

ได้ทำการทดลอง โดยการสั่งมอเตอร์แกน X ขับสายพานเพื่อเคลื่อนที่หัวฉีดไปยังจุดที่กำหนด แล้ววัดระยะการเคลื่อนที่ที่ได้ จากนั้นสั่งให้เคลื่อนที่กลับมาที่ตำแหน่งเดิม จากนั้นตรวจสอบว่าสามารถกลับมาได้ที่ตำแหน่งเดิมหรือไม่

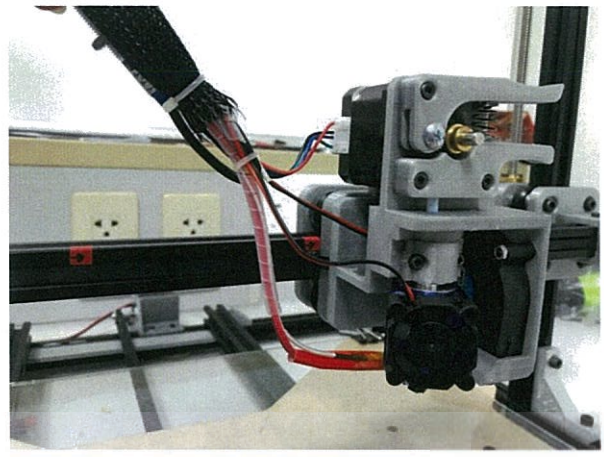


รูปที่ 4.1 ระยะที่จะทำการทดสอบมอเตอร์แกน X

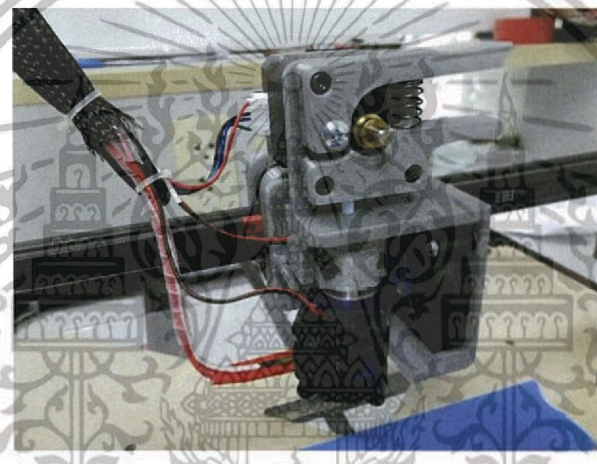


รูปที่ 4.2 จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์แกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 จุดสุดท้ายที่กำหนดให้มอเตอร์แกน X เคลื่อนไปถึง



รูปที่ 4.4 มอเตอร์แกน X เคลื่อนกลับคืนตำแหน่งเดิม

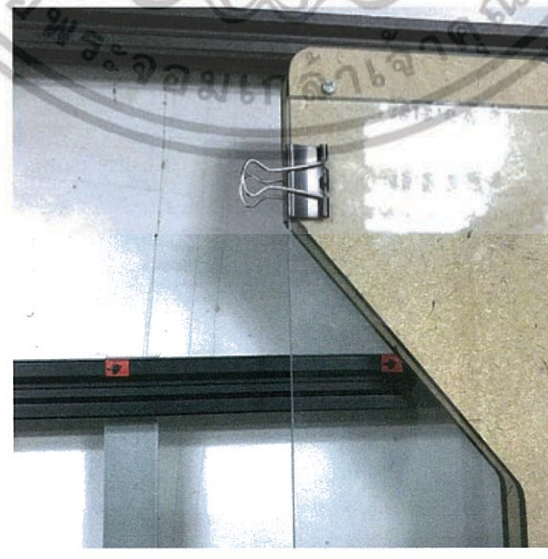
4.1.2 มอเตอร์แกน Y

ได้ทำการทดลอง โดยการสั่งมอเตอร์แกน Y ขับสายพานเพื่อเคลื่อนที่ฐานพิมพ์ชิ้นงานไปยังจุดที่กำหนด แล้ววัดระยะการเคลื่อนที่ที่ได้ จากนั้นสั่งให้เคลื่อนที่กลับมาที่ตำแหน่งเดิม จากนั้นตรวจสอบว่าสามารถกลับมาได้ที่ตำแหน่งเดิมหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

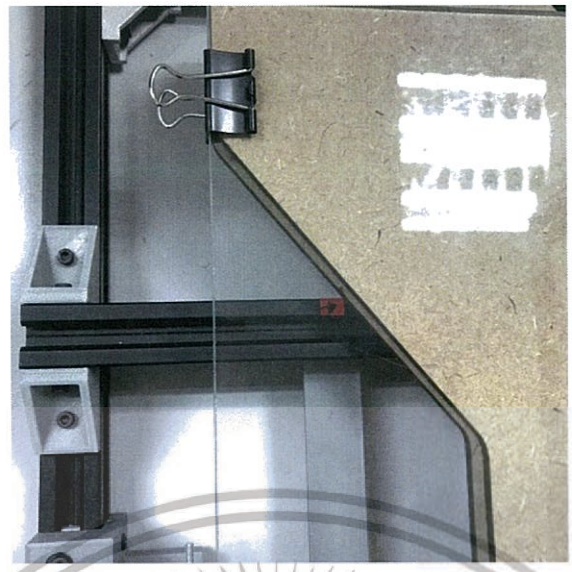
รูปที่ 4.5 ระยะที่จะทำการทดสอบมอเตอร์แกน Y

รูปที่ 4.6 จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์แกน Y



รูปที่ 4.7 จุดสุดท้ายที่กำหนดให้มอเตอร์แกน Y เคลื่อนไปถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



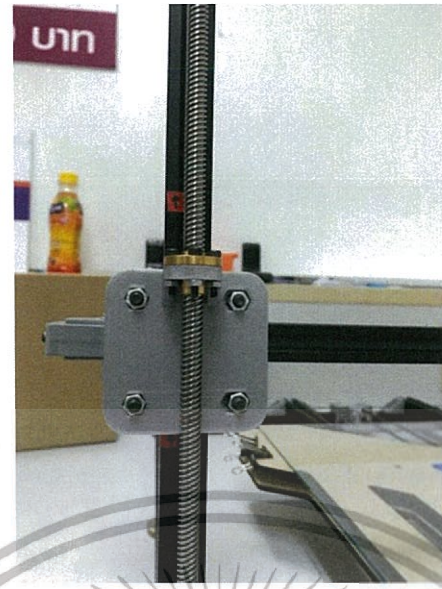
รูปที่ 4.8 มอเตอร์แกน Y เคลื่อนกลับคืนตำแหน่งเดิม

4.1.3 มอเตอร์แกน Z

ได้ทำการทดลอง โดยการสั่งมอเตอร์แกน Z ขับลีดสกรูเพื่อเคลื่อนที่ชิ้นส่วนแกน X ไปยังจุดที่กำหนด แล้ววัดระยะการเคลื่อนที่ที่ได้ จากนั้นสั่งให้เคลื่อนที่กลับมาที่ตำแหน่งเดิม จากนั้นตรวจสอบว่าสามารถกลับมาได้ที่ตำแหน่งเดิมหรือไม่

รูปที่ 4.9 ระยะที่จะทำการทดสอบมอเตอร์แกน Z

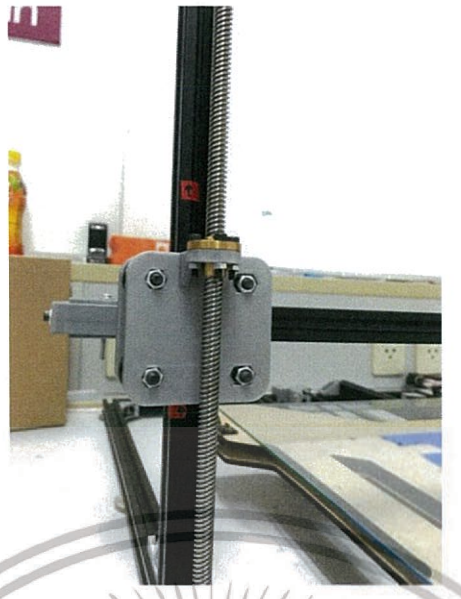
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์แกน Z

รูปที่ 4.11 จุดสุดท้ายที่กำหนดให้มอเตอร์แกน Z เคลื่อนไปถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



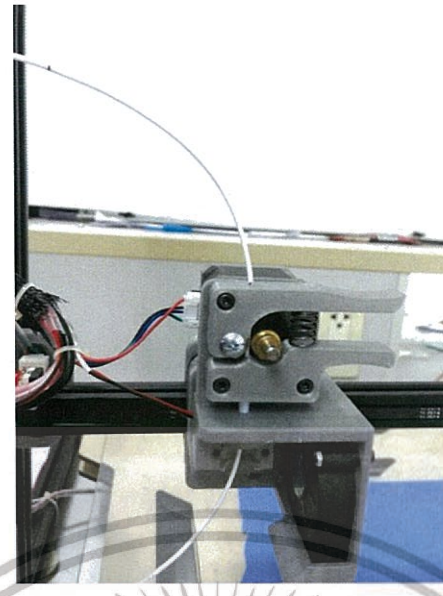
รูปที่ 4.12 มอเตอร์แกน Z เคลื่อนกลับคืนตำแหน่งเดิม

4.1.4 มอเตอร์ Extruder

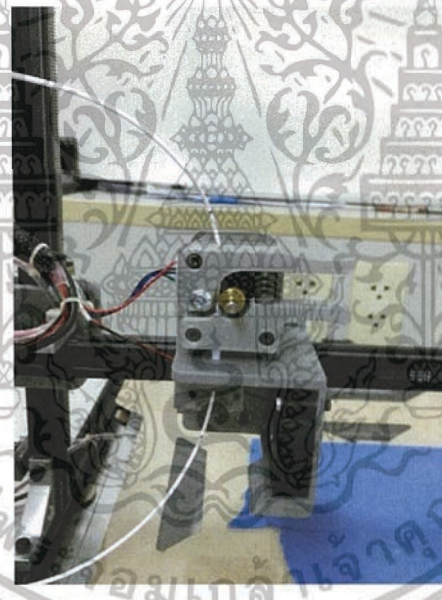
ได้ทำการทดลอง โดยการสั่งมอเตอร์ Extruder หมุนเฟืองเพื่อขับเส้น Filament ให้ได้ระยะที่กำหนดไว้ หากการขับเส้นไม่ได้ตามที่ต้องการ ให้ปรับค่าของ E Step ตามความเหมาะสม จนสามารถขับเส้นออกมาได้ระยะถูกต้องตามที่สั่งงาน

รูปที่ 4.13 ระยะของเส้นที่จะทำการทดสอบมอเตอร์ Extruder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

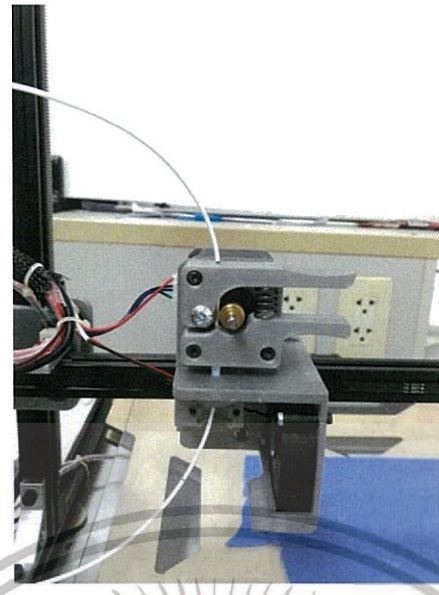


รูปที่ 4.14 จุดที่เริ่มทดสอบมอเตอร์ Extruder



รูปที่ 4.15 มอเตอร์ Extruder ขับเส้นไม่ถึงระยะที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ปรับค่า E Step จนสามารถขับเส้นได้ระยะถูกต้องตามที่กำหนด

4.2 การทดลองการพิมพ์ชิ้นงาน

ในการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติต้องมีการตั้งค่าที่โปรแกรม Slicer เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สวยงาม ซึ่งชิ้นงานในแต่ละชิ้นนั้นจะมีการตั้งค่าที่แตกต่างกัน ควรตั้งค่าความละเอียด ความหนาแน่นของพื้นผิวตัน (Infill) ปรับอุณหภูมิของหัวฉีดให้เหมาะกับวัสดุที่ใช้ สร้างส่วนรองรับชิ้นงาน ตลอดจนกำหนดความเร็วในการฉีดตามความเหมาะสม

รูปที่ 4.17 การทดลองการพิมพ์ชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุป

เครื่องพิมพ์สามมิติที่ได้สร้างขึ้นนี้ เป็นเครื่องพิมพ์ชนิด FDM Cartesian ทำงานโดยฉีดเส้นพลาสติกที่ให้ความร้อนออกมาผ่านรูเล็กๆ แล้วฉีดพลาสติดออกมาเป็นรูปร่างสองมิติซ้ำกันหลายๆ ชั้น จนเกิดความหนาเป็นมิติที่สามขึ้น โดยเครื่องจะมีสามแกนคือ แกน X, Y และ Z สำหรับแกน X และ Y จะใช้การเคลื่อนที่ด้วยสายพานเพราะต้องการความเร็วสูง ส่วนแกน Z จะใช้ลีดสกรูเพราะต้องการความแม่นยำ พื้นที่ในการพิมพ์ชิ้นงานจริงคือ 37 x 37 x 37 ซม.

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคสามารถแบ่งได้จากสาเหตุหลักๆ ได้แก่

1. ปัญหาในการออกแบบ

เนื่องจากชิ้นส่วนต่างๆ เป็นชิ้นส่วนที่ออกแบบเอง ทำให้เกิดปัญหาระหว่างประกอบ เช่น ชิ้นงานสวมไม่พอดีเนื่องจากความไม่แม่นยำของเครื่องพิมพ์สามมิติที่ใช้พิมพ์ชิ้นส่วน รูสำหรับใส่สกรูเล็กเกินไป ชิ้นส่วนยื่นออกมาขวางการทำงานของเครื่อง ชิ้นส่วนที่สั่งมามีขนาดไม่ตรงกับ Data Sheet ทำให้ชิ้นงานที่ออกแบบใช้ไม่ได้ และพื้นที่ที่สามารถพิมพ์ได้จริงมีขนาดเล็กกว่าที่กำหนดไว้ตอนแรก เป็นต้น

2. ปัญหาในการประกอบเครื่อง

จากการที่ชิ้นส่วนหลายชิ้นสร้างมาจากเครื่องพิมพ์สามมิติอีกเครื่อง วัสดุที่ใช้ทั้งหมดจึงเป็นพลาสติก PLA ที่มีความทนทานในระดับหนึ่ง แต่ไม่เพียงพอสำหรับชิ้นส่วนบางส่วนที่อยู่ในจุดรับน้ำหนักของเครื่อง ทำให้ชิ้นส่วนเหล่านั้นชำรุดระหว่างการเคลื่อนย้าย และสุดท้ายต้องแก้ไขด้วยการสั่งชิ้นส่วนเหล่านั้นที่เป็นโลหะมาเปลี่ยนเพื่อให้โครงสร้างแข็งแรงมากขึ้น

3. ปัญหาในการเขียนโปรแกรม

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ เนื่องจากเป็นโปรแกรมสำเร็จจาก Repetier ค่าส่วนใหญ่จึงเป็นสเปคของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การคำนวณต่างๆ เช่น การคำนวณอัตราการขับเส้นของหัวฉีด การคำนวณความเร็วของสายพาน และการคำนวณความเร็วของลีดสกรู ดังนั้นความผิดพลาดจึงมักเกิดจากการตั้งค่าเฟิร์มแวร์ และค่าที่คำนวณได้ เนื่องจากค่าที่คำนวณได้เป็นค่าในอุดมคติ แต่ในความเป็นจริงอุปกรณ์ต่างๆ จะมีความผิดพลาด จึงทำให้ต้องปรับค่าไปเรื่อยๆ จนกว่าจะเหมาะสมกับเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

เครื่องพิมพ์สามมิติที่สร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องอื่นๆ ได้ เช่น เปลี่ยนเป็นเครื่อง CNC เปลี่ยนหัวฉีดให้เป็นปากกา เปลี่ยนเป็นเครื่องตัดเลเซอร์ เป็นต้น และยังสามารถเพิ่มชุดขับเส้นให้มีหลายชุดและใช้หัวฉีดแบบที่ใส่ Filament ได้หลายเส้น เพื่อให้พิมพ์ได้หลายสีในการพิมพ์ครั้งเดียว นอกจากนี้ยังสามารถลดความผิดพลาดในการพิมพ์ชิ้นงานที่มีความสูงมากๆ โดยใช้โครงสร้างที่เป็นกล่องเพื่อแก้ไขเรื่องการโยกไปมาของเสานั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท นีโอเทค จำกัด. (2015). **เครื่องพิมพ์สามมิติ** [Online]. Available : http://www.print3dd.com/knowledge/

[2] บริษัท เอมเมจิน จำกัด. (2014). **การขับStep Motor** [Online]. Available : http://aimagin.com/blog/driving-step-motor-and-rc-servo-motor/?lang=th

[3] บริษัท อิเล็คทริคอล พาร์ท แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง. (2015). **ลิมิตสวิตช์ Limit Switch OMRON** [Online]. Available : http://www.eeeasyshop.com/category/10/limit-switch-Omron

[4] พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย, อโณ โชติมณี. (2015). **สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเบื้องต้น** [Online]. Available : https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/

[5] **บริษัท อินเตอร์คอมพิวเตอร์เซอร์วิส แอนด์ เทคโนโลยี จำกัด. (2016). 3D Printer** [Online]. Available : https://www.icst3dprinter-group.com/15691244/

[6] Hobbytronics. (2017). **DRV8825 Stepper Motor Driver Carrier, High Current** [Online]. Available : http://www.hobbytronics.co.uk/drv8825-stepper-motor-Driver

[7] Thaieasyelec. (2015). **บทความ Arduino** [Online]. Available : https://thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics.html

[8] AJ. NEST THE SERIES. (2017). **การใช้โปรแกรม SolidWorks ขั้นพื้นฐาน** [Online]. Available : http://www.glurgeek.com/educationA1-solidworks/

[9] Sync Innovation 3D Printing Company. (2016). **Cura โปรแกรม Slicing** [Online]. Available : https://www.synci.co/support/cura/

[10] RepRap. (2015). **RAMPS 1.4** [Online]. Available : http://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4

[11] Somkiat Somsirivatana. (2016). **วิธีการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ** [Online]. Available : http://i3dbotprinter.blogspot.com/p/3-3-3-sketchup-solidworks-autocad-3d.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้