



เครื่องกัดลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์  
ELECTRONIC LASER MARKING CIRCUIT MACHINE

กษิตศ สีตาคำ  
ชัชวัสส์ ชาญกสิกรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2020

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

รับที่...../.....  
งานทะเบียนและประมวลผล  
ฉบับที่.....

เรื่อง เครื่องกัดลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

ELECTRONIC LASER MARKING CIRCUIT MACHINE

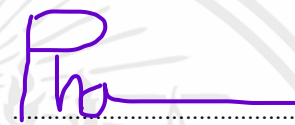
ผู้จัดทำ

1. นายกษิต ศีตาคำ

รหัสนักศึกษา 60511034

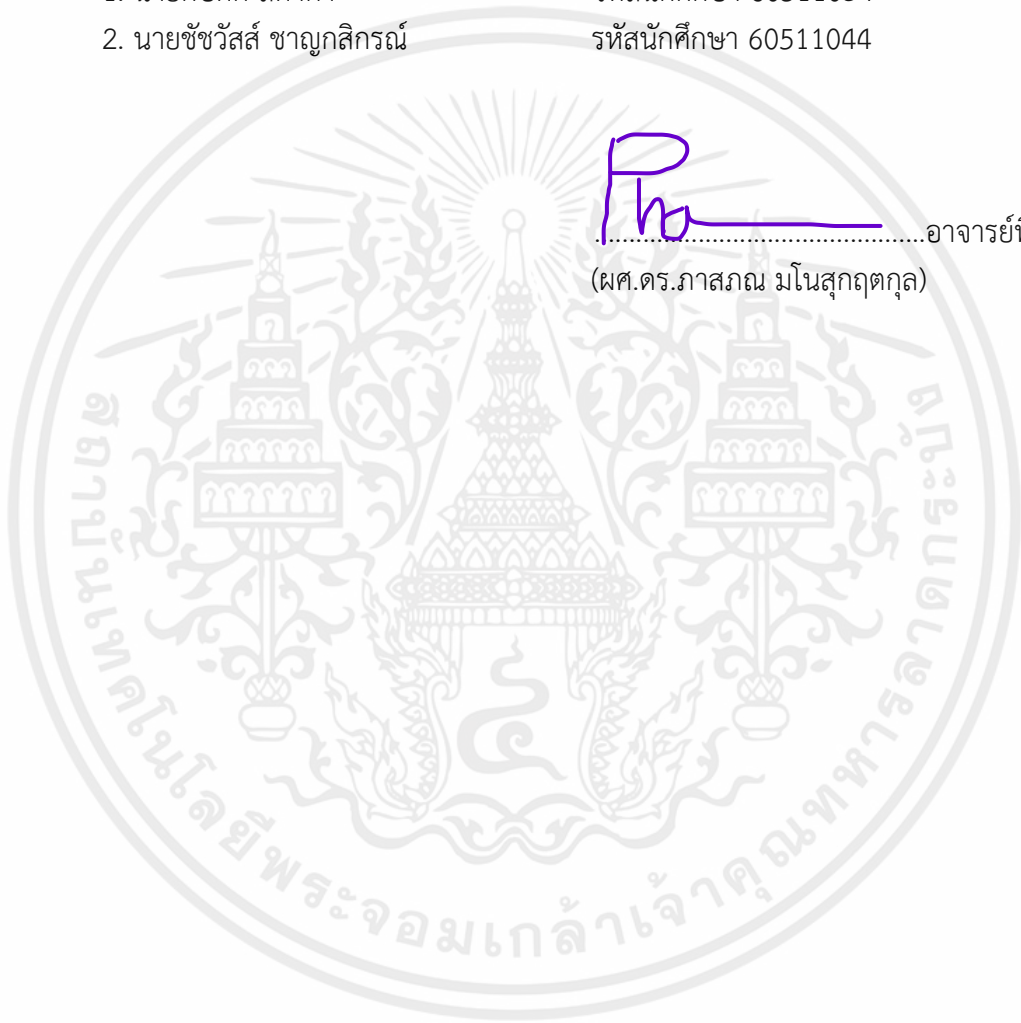
2. นายชัชวาลล์ ชาญกสิกรรม

รหัสนักศึกษา 60511044



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญาบัตร	เครื่องกัตลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์	
นักศึกษา	นายกษิตศ สีตาคำ	รหัสนักศึกษา 60511034
	นายชัชวัสส์ ชาญกสิกรรม	รหัสนักศึกษา 60511044
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล	
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2563	

## บทคัดย่อ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ขอเสนอ เครื่องกัตลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์ เป็นเครื่องระบบซีเอ็นซีโดยการใช้เลเซอร์ในการทำงาน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยุโนทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมเลเซอร์และสเต็ปมอเตอร์ที่นำมาใช้ในการกัตลายวงจรรต่างๆ โดยตัวเครื่องจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วนการเคลื่อนที่ของสเต็ปมอเตอร์ และส่วนของเลเซอร์ การทำงานเริ่มจะมีคอมพิวเตอร์ควบคุมโปรแกรมจากนั้นทำการส่งข้อมูลไปยังบอร์ดอาดยุโนเพื่อให้ตัวอาดยุโนทำการส่งสัญญาณให้กับมอเตอร์และเลเซอร์ทำตามคำสั่งจากโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ เพื่อเริ่มขึ้นงานที่จะแกะสลักลายวงจรร

จากการทดลองทำให้เห็นว่า เครื่องกัตลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่มอเตอร์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามระยะที่สั่งการ และเลเซอร์สามารถใช้งานในการแกะสลักลายวงจรรบนแผ่นพีซีได้ แสงเลเซอร์ทำงานคงที่และมีประสิทธิภาพ สามารถแกะสลักลายวงจรรขนาด 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตรได้ และสามารถเจาะแผ่นพีซีโดยใช้เวลา 3 นาที 81 วินาที ในการเจาะแผ่นพีซีให้ทะลุ

<b>Project Title</b>	Electronic Laser marking Circuit Machine	
<b>Student</b>	Mr. Kasidit Sedakum	Student ID 60511034
	Mr. Chatchawat Chankasrikron	Student ID 60511044
<b>Advisor</b>	Asst. Prof. Dr. Phasapol Manosukritkul	
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering	
<b>Program in</b>	Electronics Engineering	
<b>Academic Year</b>	2020	

## ABSTRACT

This thesis presents the Electronic Marking Circuit Machine, which is a CNC system by using a laser to work. There is an Arduino microcontroller that acts as a laser control and step motor which is used to mill various circuits. The machine is divided into 2 important parts, The moving part of the stepper motor and the laser part, when starting the computer will control the program and send the data to the Arduino board to send the signal to the motor and laser according to the commands from the program and start the work piece that will engrave the circuit pattern.

In summary, the Electronic Marking Circuit Machine can work efficiently, that is the motor movement can move according to the specified distance, the laser can be used to engrave circuit patterns on the PCB, the laser light works stable and efficiently and able to engrave a circuit pattern measuring 30 cm. x 30 cm. and can take 3 minutes 81 seconds to pierce the PCB board.

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู และสนับสนุนเงินทุนในการศึกษา ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษาต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในการออกแบบ การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงการจัดรูปแบบเล่มของโครงงาน ตลอดจนการติดตามเกี่ยวกับงานโครงงานตลอดมา ผู้เขียนจึงขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ อาจารย์ประจำวิชา ผู้ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับการทำโครงงาน

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ คอยช่วยเหลือเสมอมา แม้ว่า จะไม่ใช่อาจารย์ที่ปรึกษาก็ตามขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่คอยช่วยเหลือในการทำโครงงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งในด้านของความรู้ การแบ่งปันอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงกำลังใจและการช่วยเหลือในทุกๆ ด้านที่มีให้เสมอมา

ขอน้อมรำลึกถึงคุณของทุกๆ ท่านตลอดไป และความรู้ที่ได้จากการทำชิ้นงานในครั้งนี้ผู้เขียนจะใช้ให้เป็นประโยชน์สูงสุด รวมถึงแบ่งปันให้กับผู้ที่สนใจต่อไป

กชิติศ สีตาคำ  
ชัชวีสร์ ชาญกสิกรณ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 สมมติฐานของโครงการ.....	1
1.4 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	2-3
1.7 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 อาวุธปืน.....	4
2.2 สเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์.....	5
2.3 สเต็ปมอเตอร์.....	5-6
2.3.1 หลักการทำงาน.....	6
2.4 ซีเอ็นซีเซลวี3.....	6-7
2.5 พาวเวอร์ซัพพลาย.....	7
2.6 หลอดเลเซอร์ซีไอทู 40 วัตต์.....	7-8
2.7 การคำนวณการเดินสเต็ปมอเตอร์.....	8
2.8 ทฤษฎีการกำเนิดแสงเลเซอร์.....	9
2.9 พาวเวอร์ซัพพลายเลเซอร์ซีไอทู 40 วัตต์.....	9-10
2.10 แกนเลเซอร์ซีไอทู.....	10
2.11 ระบบกระจกและเลนส์.....	11
2.12 ระบบเป่าลม.....	11-12
บทที่ 3 การออกแบบ.....	13

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.1 บล็อกไดอะแกรมของส่วนต่างๆ ในโครงการ.....	13-14
3.2 การออกแบบภายใน.....	14-15
3.3 การออกแบบโครงสร้าง.....	17
3.3.1 การออกแบบชุดโครงสร้าง.....	17
3.3.2 การออกแบบโครงสร้างชุดสะท้อนแสงเลเซอร์.....	18
3.3.3 การออกแบบระบบวอเตอร์คูลลิ่ง.....	18-19
3.3.4 การออกแบบระบบเป่าลม.....	19-20
3.3.5 อุปกรณ์ภายใน.....	20
3.4 การออกแบบคำสั่งโปรแกรมภายในเลเซอร์จีอาบีแอล.....	21-30
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	31
4.1 การทดลองการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X,Y.....	31-32
4.2 การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน.....	32-33
4.3 การทดลองการแกะสลักลายวงจรมบนแผ่นพีซี.....	34-35
4.4 การทดลองการแกะสลักลายได้ขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm.....	35-37
4.5 การทดลองการเจาะรูแผ่นพีซี.....	38
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	39
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	39
5.1.1 สรุปผลการทดลองการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X,Y.....	39
5.1.2 สรุปผลการทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน.....	39
5.1.3 สรุปผลการทดลองการแกะสลักลายวงจรมบนแผ่นพีซี.....	39
5.1.4 สรุปผลการทดลองการแกะสลักลายวงจรมบนแผ่นพีซีขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm.....	39
5.1.5 สรุปผลการทดลองการเจาะรูแผ่นพีซี.....	39
5.2 วิเคราะห์การทดลอง.....	39
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	40
อ้างอิง.....	41
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานอุปกรณ์.....	42
ภาคผนวก ข โปรแกรมการทำงาน.....	45
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งาน (Datasheet).....	51
ประวัติผู้จัดทำ.....	83

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1.....	2
1.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2.....	3
4.1 การทดลองการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X, Y.....	32
4.2 การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน.....	33
4.3 การทดลองการแกะสลักลายวงจรรบนแผ่นพีซีบี.....	34-35
4.4 การทดลองการแกะสลักลายวงจรรได้ขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm.....	36
4.5 การทดลองการเจาะรูแผ่นพีซีบี.....	38



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
รูปที่ 2.1 บอร์ดอาคิโยโนโยโน.....	4
รูปที่ 2.2 สเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์.....	5
รูปที่ 2.3 สเต็ปมอเตอร์.....	5
รูปที่ 2.4 หลักการทำงานสเต็ปมอเตอร์.....	6
รูปที่ 2.5 CNC Shield V3.....	6
รูปที่ 2.6 Power supply.....	7
รูปที่ 2.7 หลอดเลเซอร์ CO2 40W.....	7
รูปที่ 2.8 ทฤษฎีการสะท้อนเลเซอร์.....	9
รูปที่ 2.9 Power supply Laser CO <sub>2</sub> .....	9
รูปที่ 2.10 แกนสะท้อนเลเซอร์.....	10
รูปที่ 2.11 ระบบกระจกเลนส์.....	11
รูปที่ 2.12 ระบบเป่าลม.....	11
รูปที่ 3.1 การออกแบบการทำงานของเครื่องกัดลายวงจรีเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์.....	13
รูปที่ 3.2 การออกแบบลายวงจรีในการต่อ Step motor.....	15
รูปที่ 3.3 การออกแบบลายวงจรีในการต่อ Laser.....	16
รูปที่ 3.4 โครงสร้างเครื่องแกะลายวงจรีเล็กทรอนิกส์.....	17
รูปที่ 3.5 โครงสร้างเครื่องแกะลายวงจรีเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ต่างๆ.....	17
รูปที่ 3.6 แกนสะท้อนเลเซอร์.....	18
รูปที่ 3.7 สายลำเลียงน้ำเข้าและออก.....	19
รูปที่ 3.8 ป้อนน้ำ.....	19
รูปที่ 3.9 ป้อนลม.....	20
รูปที่ 3.10 จุดเป่าลม.....	20
รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ภายใน.....	20
รูปที่ 3.12 โปรแกรม LaserGRBL.....	21
รูปที่ 3.13 เปิดโปรแกรม LaserGRBL.....	21
รูปที่ 3.14 กดเชื่อมต่อโปรแกรม LaserGRBL เข้ากับบอร์ด.....	22
รูปที่ 3.15 เชื่อมต่อโปรแกรม LaserGRBL เข้ากับบอร์ด.....	22
รูปที่ 3.16 วิธีเซ็ทค่า GCODE.....	23
รูปที่ 3.17 ค่าและความหมายต่างๆของ GCODE.....	23
รูปที่ 3.18 วิธีเปลี่ยนค่า GCODE.....	26
รูปที่ 3.19 ค่าของ GCODE ได้ถูกบันทึก.....	26

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
รูปที่ 3.20 วิธีเปิดไฟล์ภาพ.....	27
รูปที่ 3.21 หน้าต่างการปรับค่าลายเส้น.....	27
รูปที่ 3.22 การกำหนดความละเอียดเส้น.....	28
รูปที่ 3.23 วิธีกำหนดขนาดชิ้นงาน.....	28
รูปที่ 3.24 การกำหนดค่าความเร็วในการแกะสลักและขนาดของชิ้นงาน.....	29
รูปที่ 3.25 ภาพเมื่อกดเลือกไฟล์.....	29
รูปที่ 3.26 ปุ่มสั่งให้โปรแกรมทำงาน.....	30
รูปที่ 4.1 ผลการทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน.....	33
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองขนาด 10 x 10 เซนติเมตร.....	36
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองขนาด 15 x 15 เซนติเมตร.....	36
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองขนาด 20 x 20 เซนติเมตร.....	37
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองขนาด 25 x 25 เซนติเมตร.....	37
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองขนาด 30 x 30 เซนติเมตร.....	37
รูปที่ 4.7 ผลการทดลองการเจาะรูแผ่นพีซี.....	38

# บทที่ 1

## บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของโครงการ สมมติฐานของโครงการ ขอบเขตของโครงการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ แผนการดำเนินงาน และ โครงสร้างของปฏิญานิพนธ์

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เราพบว่าในการทำลายวงจรลงบนแผ่นพีซีบีเนื่องจากการทำลายวงจรบนแผ่นพีซีบีนั้นมีวิธีหลายขั้นตอน และจำเป็นจึงจะต้องใช้เวลาในระดับหนึ่ง อีกทั้งยังต้องใช้เตารีดรีดใส่กระดาษลงบนพีซีบีเพื่อที่จะได้นำไปกัดลงแผ่นปรินต์แล้วใช้ส่วนเจาะในการเจาะรูอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบีดังนั้นจึงได้สร้างเครื่องเครื่องกัดลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยเลเซอร์ขึ้นมาเพื่อที่จะลดระยะเวลาและลดขั้นตอนของการลายวงจรบนพีซีบี สามารถลดเวลาในการทำได้อีกด้วยแล้วยังเพิ่มความสะดวกสบายให้มากขึ้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.ลดขั้นตอนการทำลายวงจรในแผ่นพีซีบี(PCB)
- 2.เพิ่มความสะดวกสบายในการทำชิ้นงาน
- 3.เพื่อลดปัญหาการใช้ดอกสว่านในการเจาะและแกะสลักลายวงจรจึงใช้เลเซอร์
- 4.เพื่อศึกษาการแกะสลักวงจรโดยใช้เลเซอร์

### 1.3 สมมติฐานของโครงการ

เครื่องกัดลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์สามารถกัดลายวงจรเร็วกว่าทำกับมือในระบบการทำงานนั้นจะส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์นั้นไปยังโปรแกรมเลเซอร์จีอาบีแอล (Laser GRBL) ในการใช้คำสั่งจีโค้ด (G code) ต่างๆ โดยข้อมูลนั้นได้ส่งผ่านไปยังบอร์ดอาดูยโน (Arduino) เพื่อที่จะให้ส่งสัญญาณข้อมูลออกไปให้มอเตอร์และเลเซอร์ทำงานได้

### 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.เครื่องสามารถแกะสลักลายวงจรบนแผ่นพีซีบีได้
- 2.เครื่องสามารถแกะสลักลายวงจรได้ขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm
- 3.เครื่องสามารถแกะสลักลายวงจรทำชิ้นงานออกมาได้เร็วกว่าทำกับมือ
- 4.เครื่องสามารถเจาะรูแผ่นพีซีบีได้

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ได้รับความรู้และความเข้าใจในการศึกษาวิจัยวัสดุโพลิเมอร์และการออกแบบโปรแกรม
2. เข้าใจหลักการการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ควบคุม
3. สามารถนำชิ้นงานไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในธุรกิจขนาดเล็กได้
4. เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภค

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าหาข้อมูลของอุปกรณ์รวมทั้งหลักการทำงานต่าง ๆ ของวงจรที่นำมาใช้งาน
2. ออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน
3. จัดหาอุปกรณ์และสั่งซื้อวัสดุที่ใช้ในการทำโครงงาน
4. ทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน
5. นำชิ้นงานมาประกอบรวมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์
6. ทดลองใช้งานจริงรวมถึงการแก้ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดจากการทำโครงงาน
7. สรุปผลการทำโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานที่ผู้จัดทำนั้นได้วางแผนไว้เริ่มจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ออกแบบโครงสร้าง การจัดหาอุปกรณ์ จัดทำโครงงาน ทำการทดลอง เก็บผลการทดลองและการแก้ไขจะแบ่งตามภาคเรียนที่ 1 และ ภาคเรียนที่ 2 ซึ่งได้แจกแจงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 และ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน															
	กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ค้นคว้าหาข้อมูลของอุปกรณ์รวมทั้งหลักการทำงานต่างๆ ของโปรแกรมที่นำมาใช้	←	→														
2. ออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน					←	→										
3. จัดหาอุปกรณ์ และสั่งซื้อวัสดุที่ใช้ในการทำโครงงาน									←	→						
4. ทดลองใช้งานโปรแกรม เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของชิ้นงาน											←	→				
5. ทดลองใช้งานจริงรวมถึงการแก้ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดจากการทำโครงงาน													←	→		
6. นำเสนอ															←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน																			
	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ศึกษาการทำงาน ของเลเซอร์																				
2.จัดทำติดตั้ง อุปกรณ์ใน เครื่องต่างๆ																				
3.ทำการ ติดตั้งและเช็ท การสะท้อน เลเซอร์																				
4.ติดตั้งระบบ คูลิ่งวอเตอร์																				
5.ทดลองและ วิเคราะห์ผล																				
7.นำเสนองาน																				

### 1.7 โครงสร้างปริญญาโท

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับเรื่อง หุ่นยนต์บาร์ติดตาม ด้วยโปรแกรมราสเบอร์รี่พาย เพื่อใช้ควบคุมในการทำงาน อธิบายขั้นตอนการทำงาน ผลการทดลอง สุดท้ายจะเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 บทนำในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่ได้รับ และโครงสร้างของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ต่างๆ ระบบการทำงาน ที่ใช้ในการทำเครื่องซีเอ็นซีเลเซอร์

บทที่ 3 วิธีการออกแบบวงจรในบทนี้จะกล่าวถึงในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทำงานของเครื่องซีเอ็นซีเลเซอร์ บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซีเลเซอร์ การใช้โปรแกรมควบคุมสำหรับเลเซอร์ การออกแบบเครื่องซีเอ็นซีเลเซอร์

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการเคลื่อนที่ สเต็ปมอเตอร์ การทดลองระบบเลเซอร์ในระยะต่างๆ การทดลองการสั่งการระบบกัลดายวงจรด้วยเลเซอร์

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง สรุปการทำงานของเครื่องซีเอ็นซีเลเซอร์

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการเครื่องกำเนิดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเครื่องกำเนิดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

### 2.1. อาดูยโนยูโน (Arduino UNO)

อาดูยโน (Arduino) [1] เป็นชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C มีการเขียนไลบรารีของ อาดูยโน(Arduino) ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้

ในที่นี้ผู้จัดทำได้ใช้เป็น อาดูยโนยูโน (Arduino UNO) ใช้ในการเขียนโปรแกรม มีแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ไฟเข้า 6-20 โวลต์ มีขาดิจิตอล I/O 14 ขา และขาแอนาล็อกอินพุต 6 ขา กระแสไฟฟ้า DC ต่อขา I/O 40 mA กระแสไฟฟ้าออก DC สำหรับขา 3.3V 50 mA ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บอร์ดอาดูยโนยูโน(Arduino UNO)

(ที่มา: <https://compare-price.thairath.co.th/s/Arduino+R3+Atmega+328/?p=13>)

## 2.2 สเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์ (Step Motor Drive)



รูปที่ 2.2 สเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์(Step Motor Drive)  
(ที่มา: <https://commandronestore.com/products/cm4988.php>)

สเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์ (Step Motor Drive) คือ เป็นอุปกรณ์ที่คอยขับสเต็ปมอเตอร์ให้สามารถหมุนไปตามตำแหน่งและทิศทางตามที่ต้องการ เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวคอนโทรลในการรับสัญญาณพัลส์(Pulse) มาแล้วส่งให้กับตัวสเต็ปมอเตอร์ โดยสเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์(Step Motor Drive) มีแหล่งจ่ายไฟ DC 12 ~ 48V การรวมภายในของตัวควบคุม 12V และ 5V มีการการป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินแรงดันตกกระแสเกินและการลัดวงจรเป็นการควบคุมกระแสเฉลี่ยเอาต์พุตไตรกระแสไซน์สองเฟส ดังแสดงในรูปที่ 2.2

## 2.3 สเต็ปมอเตอร์(Steptomotor)



รูปที่ 2.3 สเต็ปมอเตอร์(Step motor)  
(ที่มา: [www.lazada.co.th/products/42bygh47-401a-nema-17-stepper-motor-.html](http://www.lazada.co.th/products/42bygh47-401a-nema-17-stepper-motor-.html))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปมอเตอร์ (Step motor) [2] เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะเมื่อเราป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทำให้หมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุดซึ่งต่างจากมอเตอร์โดยทั่วไปที่จะหมุนทันทีและมีการหมุนตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าข้อดีของสเต็ปมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลข ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น เครื่องกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 2.3

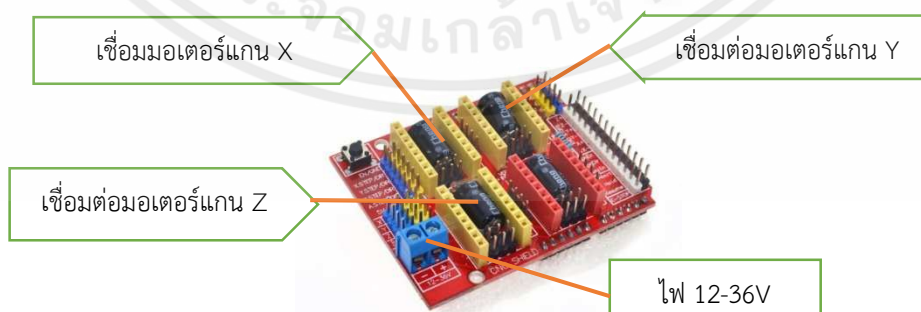
### 2.3.1 หลักการทำงาน



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานสเต็ปมอเตอร์(Steptomotor)  
(ที่มา: <https://mall.factomart.com/principle-of-stepping-motor/>)

หลักการทำงานสเต็ปมอเตอร์(Steptomotor)ที่โดยสเต็ปมอเตอร์นั้นจะรับการสั่งการมาจากตัวสแต็ปไดเวอ์โดยการรับสัญญาณพัลส์(Pulse) โดยส่วนมากแล้วในการจ่ายสัญญาณ 1 พัลส์(Pulse) จะทำให้มอเตอร์นั้น 1.8 องศาขึ้นอยู่กับประเภทของสเต็ปมอเตอร์โดยมีด้วยกัน 2 แบบคือแบบ Bipolar[3] จะมีการพันขดลวดหนึ่งขดในแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า แบบ Unipolar แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็ก ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามเช่นกันครบการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิตซึ่งให้สลับหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทน ดังแสดงในรูปที่ 2.4

### 2.4 ซีเอ็นซีเชล วี3 (CNC Shield V3)



รูปที่ 2.5 ซีเอ็นซีเชล วี3 (CNC Shield V3)

(ที่มา:<https://www.electan.com/cnc-shield-v35-for-arduino-p-6526-en.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเอ็นซีเชล วี3 (CNC Shield V3) เป็น shield ที่ใช้ในการควบคุม Stepper motor สามารถควบคุมมอเตอร์พร้อมกันได้ 4 ตัว ใช้ต่อเข้ากับบอร์ด Arduino ที่มี Layout และ Pin เป็นแบบอา 3 (R3) ใช้รับโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ ในตัวบอร์ดนั้นสามารถรับไฟได้ 12V-36V ใช้งานร่วมกับอา ดุยโน (Arduino) มีแชแนลแบ่งแกนอยู่ 3 แกนคือแกน X,Y และ Z โดยตัวบอร์ดนั้นจะทำการส่ง สัญญาณให้กับไดเวอร์แล้วให้ไดเวอร์นั้นสั่งให้มอเตอร์ทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

## 2.5 พาวเวอร์ ซัพพลาย (Power supply)



รูปที่ 2.6 พาวเวอร์ ซัพพลาย (Power supply)

(ที่มา: <https://th.rs-online.com/web/p/embedded-switch-mode-power-supplies>)

เป็นอุปกรณ์หลักที่คอยจ่ายไฟให้กับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆทั้งหมดภายในเครื่อง ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ตามบ้านจาก 220 โวลต์ให้เหลือเพียงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 3 ชุดคือ 3.3 และ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ และ 12 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ของอุปกรณ์ดีสก์ไดรฟ์ต่างๆ ใช้ในการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว ให้ทำงานโดยการจ่ายผ่านไดเวอร์สตีปมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

## 2.6 หลอดเลเซอร์ CO<sub>2</sub> 40W



รูปที่ 2.7 หลอดเลเซอร์ CO<sub>2</sub> 40W

(ที่มา: <https://th.aliexpress.com/item/32838254657.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดเลเซอร์ระบบ CO<sub>2</sub> [4] เป็นระบบ CO<sub>2</sub> Glass Tube ให้ความยาวคลื่นแสง ตั้งแต่ 1064 - 1440 นาโนเมตร มีส่วนประกอบสำคัญคือ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ + ก๊าซไนโตรเจน+ ก๊าซฮีเลียม ในอัตราส่วนมาตรฐานคือ 1:1:10 บรรจุในหลอดแก้ว 3 ชั้น โดยมีหลักการทำงานคร่าวๆคือ เกิดจากการหมุนและการสั่นของโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO<sub>2</sub> Laser

ในที่นี้เลเซอร์นั้นจะได้รับไฟมาจากตัวพาวเวอร์ซัพพลายเลเซอร์เองซึ่งในตัวซัพพลายนั้นจะมีตัวรับสัญญาณอยู่เพื่อที่จะให้เลเซอร์นั้นสามารถทำตามโปรแกรมที่เราสั่งได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

## 2.7 การคำนวณการเดินสเต็ปมอเตอร์

$$\text{จำนวน Pulse ในหนึ่งรอบ} = \frac{360^\circ}{1.8^\circ} = 200 \text{ Pulse} \quad (2.1)$$

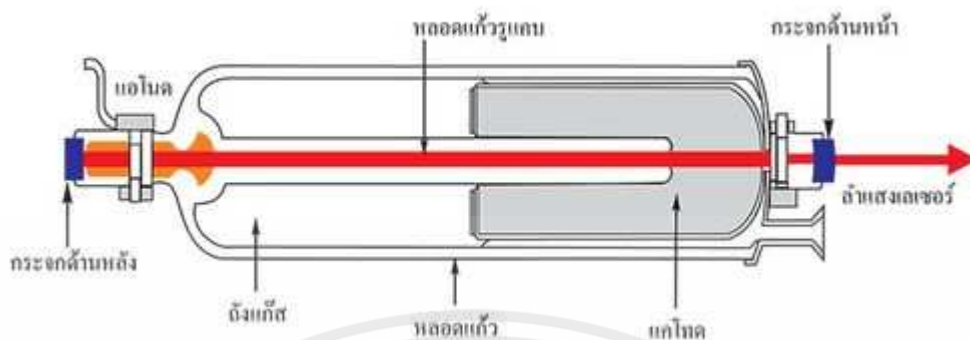
การคำนวณค่าการเดินสเต็ปมอเตอร์ [5] นั้นต้องคำนวณหาค่า Pulse ในหนึ่งรอบก่อนซึ่งในที่นี้มอเตอร์นั้นหมุน 1 ครั้งจะได้ 1.8 องศา เราจึงนำ 1.8 องศา ไปหารกับ 360 องศา เพราะต้องการหาค่า Pulse ในการหมุน 1 รอบ จึงได้ว่าในหนึ่งรอบนั้นต้องใช้ 200 pulse ในการหมุน 1 รอบ(Full step) ดังแสดงในสมการที่ 2.1

ต่อไปในตัว Controller GRBL จะมี Parameter ให้เราเซตระยะ Step/mm ของแต่ละแกน เราต้องบอกตัว Controller ว่าใน 1 mm.จะให้ ตัว Controller จ่าย Pulse เท่าไร โดยสูตรการหาค่าที่ใช้เซตมีดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Step/mm} &= \frac{\text{ระยะที่ต้องการเดิน}}{\text{ระยะพิท}} \times \text{จำนวน Pulse ใน 1 รอบ} \\ &= \frac{1}{2} \times 200 = 50 \text{ Step/mm} \end{aligned} \quad (2.2)$$

จากสมการนั้นให้นำระยะการเดินหารด้วยระยะพิท ระยะพิทนั้นคือขนาดของสายพานในที่นี้แล้วแต่เครื่องของแต่ละคนที่เลือกใช้ แล้วนำมาคูณด้วยค่า Pulse ของเราในหนึ่งรอบ ดังแสดงในสมการที่ 2.2

## 2.8 ทฤษฎีการกำเนิดแสงเลเซอร์



รูปที่ 2.8 ทฤษฎีการกำเนิดแสงเลเซอร์

(ที่มา: <https://fablabthailand.com/content/lasercuttersystem/>)

ทฤษฎีการกำเนิดแสงเลเซอร์ [6] พลังงานของแสงเลเซอร์จะมีคุณสมบัติที่หลากหลาย ขึ้นอยู่กับเป้าหมายในการออกแบบและการนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยเลเซอร์ส่วนมากจะมีขนาดเล็ก พบการเบี่ยงเบนน้อย (low-divergence beam) ระยะเวลาของคลื่นแสงได้ง่าย ซึ่งดูได้จากสีของเลเซอร์เอง หากอยู่ในสเปกตรัมที่ตาเปล่ามองเห็นได้ เรียกว่า visible spectrum ซึ่งจะประกอบด้วยกระจกทั้งหมด 2 อัน มีการจัดเรียงลำแสงเข้าด้วยกันหลายๆ ครั้ง แต่ทุกครั้งจะมีการผ่านสื่อส่งนำแสง มีกระจกหนึ่งชิ้นทำหน้าที่เป็นตัวส่งลำแสงออกมา (Output coupler) ตัวลำแสงเลเซอร์ที่ส่งผ่านไปยังสื่อส่งนำแสง จะมีความยาวคลื่นแบบเฉพาะ มีพลังงานเพิ่มเข้ามา ทำให้กระพวยกที่กระตุ่นให้แสงส่วนมากส่งผ่านไปยังสื่อส่งนำแสงออกมาเป็นลำแสงเลเซอร์ให้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

## 2.9 พาวเวอร์ซัพพลาย เลเซอร์ซีโอทู (Power supply Laser CO<sub>2</sub>)



รูปที่ 2.9 พาวเวอร์ซัพพลาย เลเซอร์ซีโอทู (Power supply Laser CO<sub>2</sub>)

(ที่มา: <https://www.amazon.com/VEVOR-Supply-Engraver-Engraving-Machine/dp/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) แหล่งจ่ายไฟสำหรับคอมพิวเตอร์ หรือ พาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับเลเซอร์ ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 3.3 โวลต์, 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ ตามแต่ความต้องการของอุปกรณ์นั้นๆ โดยชนิดของพาวเวอร์ซัพพลาย ในคอมพิวเตอร์จะแบ่งได้เป็น 2 ชนิดตามเคส คือแบบ AT และแบบ ATX ในที่นี้ซัพพลายของเลเซอร์นั้นจะมีตัวรับสัญญาณจากบอร์ด Arduino ซึ่งจะต้องรับสัญญาณจากบอร์ดเพื่อให้เลเซอร์นั้นทำงานออกมาตามรูปที่เรากำหนดไว้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9

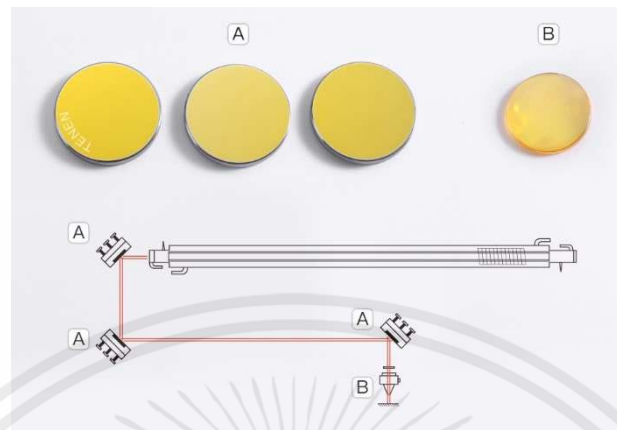
## 2.10 แกนสะท้อนเลเซอร์



รูปที่ 2.10 แกนสะท้อนเลเซอร์

ลำแสงเลเซอร์ที่ผ่านทางสื่อนำแสงจะมีความยาวคลื่นเฉพาะและมีพลังงานเพิ่มซึ่งกระจกนี้จะพยายามทำให้แสงส่วนมากจะทำให้ สามารถผ่านทางสื่อนำแสงให้ได้และออกมาเป็นลำแสงเลเซอร์ กระบวนการเหนี่ยวนำลำแสงเพื่อเพิ่มพลังงานนี้ จะใช้พลังงานไฟฟ้าหรือแสงในหลายความยาวคลื่น ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งจะมี ความยาวคลื่นของแสงในแต่ละความยาวคลื่นทำให้ จะส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติรูปร่างและความยาวคลื่นของลำแสงเลเซอร์ที่สร้างออกมาเราจึงใช้แกนที่ติดกระจก เพื่อที่จะสะท้อนแสงเลเซอร์ไปยังจุดที่กำหนดได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

## 2.11 ระบบกระจกและเลนส์

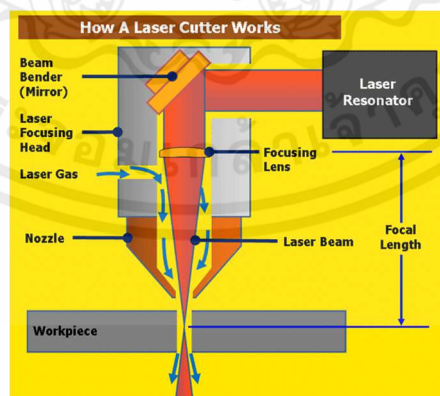


รูปที่ 2.11 ระบบกระจกเลนส์

(ที่มา: <https://fablabthailand.com/content/lasercuttersystem/>)

ในการทำงานของกระจกเลนส์นั้นจะมีอยู่ 2 ประเภทคือ กระจกสะท้อน และ กระจกเลนส์ โดยการกระจกเลนส์นั้นจะใช้งานคือ ใช้ในการหักเหแสงของเลเซอร์ ระบบกระจกเลนส์ จะเห็นว่าใช้ กระจกเลนส์สะท้อนมายังจุดโฟกัส โดยกระจกสะท้อนนั้นจะติดอยู่กับแกนสะท้อนทั้ง 3 อัน กระจกจะทำการตั้งมุม 45 องศากับเลเซอร์เพื่อให้ได้แสงตกกระทบบที่มุม 90 องศา ในส่วนที่ 2 คือกระจกเลนส์รวมแสง ในส่วนของกระจกเลนส์อันนี้ จะติดอยู่กับกระบอกรวมแสง โดยจะหันด้านนูนขึ้นด้านบนไว้ลง เพื่อให้ได้จุดโฟกัสออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

## 2.12 ระบบเป่าลม



รูปที่ 2.12 ระบบเป่าลม

(ที่มา: <https://fablabthailand.com/content/lasercuttersystem/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเป่าลมจะเป็นปั๊มที่เชื่อมต่อไปติดตั้งหัวเลเซอร์เพื่อดับไฟจากการเผาไหม้ ซึ่งมีความสำคัญมากในการป้องกันอันตรายจากไฟไหม้ที่อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งหรือระบบปั๊มลมใช้งานได้ไม่ดี ซึ่งอาจจะมีโอกาสที่ชิ้นงานจะเกิดการติดไฟและก่อให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นผู้ใช้จะต้องระวังกรณีที่ปั๊มลมทำงานผิดปกติให้ดี ซึ่งอาจเกิดจากสายหลุดหรือระบบเป่าลมขัดข้องในการต่อสายนั้นจะต่อสายลำเลียงลมกับปั๊มลม นำมาติดที่กระบอกรวมแสงเพื่อให้ชิ้นงานนั้นไม่เกิดการเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



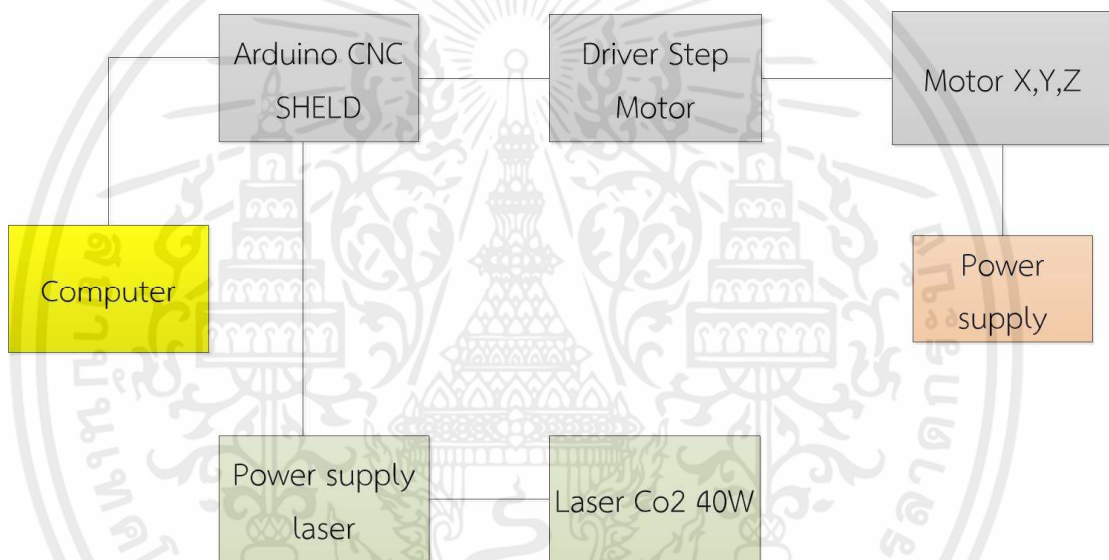
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการทำงานเครื่องกัดลายวงจรรีเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์ บล็อกไดอะแกรม การออกแบบวงจรถ่ายงานมอเตอร์ การออกแบบการทำงานเลเซอร์ รูปแบบการทำงานของเครื่องกัดลายวงจรรีเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์ การออกแบบภายนอกและการออกแบบภายในของเครื่องกัดลายวงจรรีเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

#### 3.1 บล็อกไดอะแกรมของส่วนต่างๆ ในโครงการ



รูปที่ 3.1 การออกแบบการทำงานของเครื่องกัดลายวงจรรีเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

จากรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายบล็อกไดอะแกรมของเครื่องกัดลายวงจรรีเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์ได้ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์(Computer) มีหน้าที่ในการควบคุมโปรแกรมคอนโทรลเครื่องกัดลายวงจรรีเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะควบคุมโปรแกรมในการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี(CNC)

2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Power Supply) มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ 5 แอมแปร์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว เพื่อให้มอเตอร์สามารถทำงานได้

3.แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงของเลเซอร์ (Power Supply Laser) จะทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 3.3 โวลต์, 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ ตามขนาดเลเซอร์ที่ต้องการใช้งาน

4.อาดุยโนซีเอ็นซีเชลวี3(Arduino cnc shield v3) ใช้ในการควบคุม Stepper motor ได้พร้อมกัน 3 ตัว โดย CNC shield ต่อเข้ากับ Arduino ที่มี Layout & Pin เป็นแบบ R3 ได้โดยตรง

5.ไดเรกเตอร์สเต็ปมอเตอร์(Driver step motor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลและสัญญาณเพื่อจะส่งสัญญาณให้มอเตอร์ทำงานแปลงสัญญาณซีพจรไปยังสัญญาณปัจจุบันเพื่อขับเคลื่อนการเคลื่อนไหวยของมอเตอร์ในความเป็นจริง

6.สเต็ปมอเตอร์(Step motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ (pulse) การที่เราจะควบคุมการหมุนมอเตอร์ประเภทนี้ให้ครบหนึ่งรอบนั้น จำเป็นจะต้องจ่ายพัลส์เป็นสเต็ป โดยในแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้เพียงแค่ 1.8 องศา ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อให้ได้ชิ้นงานของเครื่องกัดลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

7.หลอดเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์40วัตต์(Laser CO<sub>2</sub> 40W) ใช้ในการแกะสลักลายวงจรรของเครื่องกัดลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์ ความยาว720mm ความยาวคลื่น 10.6um สันผ่านศูนย์กลางท่อ 50mm

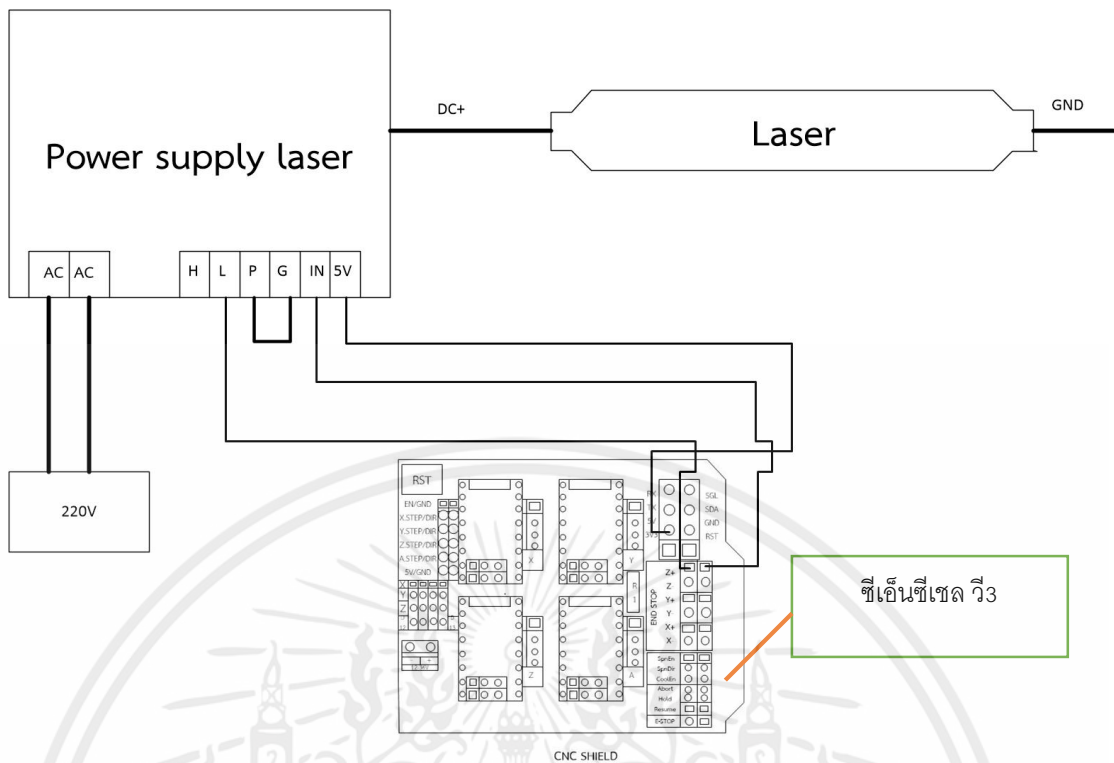
### 3.2 การออกแบบภายใน

Arduino คือ โครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษาอาดุยโน(Arduino) เป็นชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C มีการเขียนไลบรารีของ อาดุยโน(Arduino) ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้

อาดุยโน ที่ผู้จัดทำในโครงการนี้คือ อาดุยโนซีเอ็นซีเชลวี3 (ไม่รวม A4988) เป็นเชลที่ใช้ในการควบคุม สเต็ปมอเตอร์ได้พร้อมกันถึง3 ตัว สามารถต่อเข้ากับอาดุยโนที่มีเลเอาท์และพิน เป็นแบบอา3 ได้โดยตรง เหมาะสำหรับสร้าง ซีเอ็นซี ,เครื่องปริ้นสามมิติ หรือ หรือเครื่องเลเซอร์ อาดุยโนซีเอ็นซีเชลวี3 รองรับการทำงานสำหรับไฟกระแสตรงขนาด 12 – 36 โวลต์

อุปกรณ์ที่ต่อใช้ในวงจรรได้แก่ สวิตช์ ปุ่มหยุดฉุกเฉิน ไตเวอร์สเต็ปมอเตอร์ มอเตอร์ อาดุยโนซีเอ็นซีเชลวี 3 หลอดเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์40วัตต์





รูปที่ 3.3 การออกแบบสายวงจรในการต่อเลเซอร์กับซีเอ็นซีเชลล์ ๖3

จากรูปที่ 3.3 พาวเวอร์ซัพพลายจะทำการจ่ายไฟไปให้กับทางหลอดเลเซอร์แต่เลเซอร์นั้นจะยังไม่ทำงานเพราะจะต้องรอคำสั่งจากอาตฺยโน้ ในการสั่งการในส่วนของการต่อจากซีพพลายเลเซอร์มายังบอร์ด Arduino จากรูปนั้นจะทำการเชื่อมสายไฟ P G ส่วนในช่อง 5V นั้นจะทำการต่อลงไปในแชนแนล 5V ในบอร์ดส่วนช่อง IN นั้นจะทำการเชื่อมต่อมายังขาแชนแนล Z- ในบอร์ดให้เป็นสัญญาณขาเข้าและจากช่อง L มายังขาแชนแนล Z+ ในบอร์ดเพื่อรับสัญญาณ

### 3.3 การออกแบบโครงสร้าง

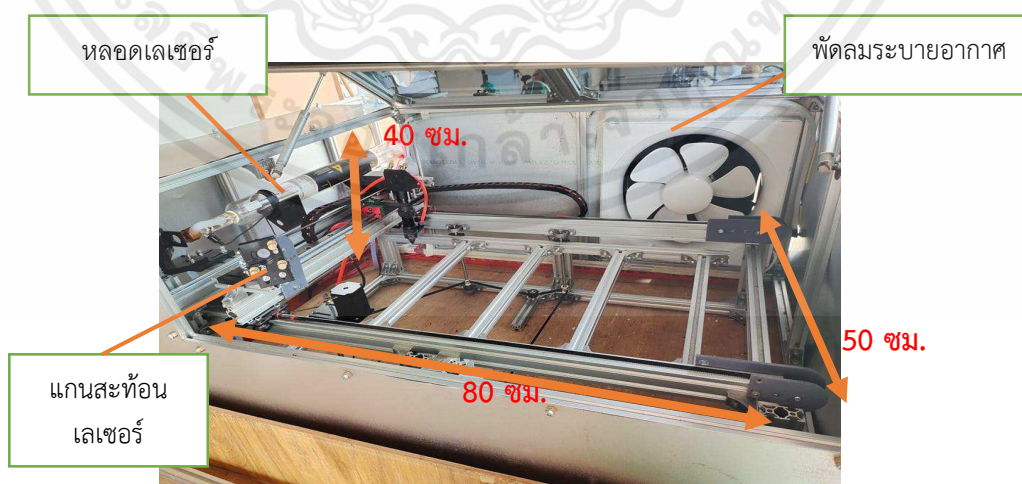
การออกแบบโครงสร้างมีความสำคัญมากเท่ากับการออกแบบวงจรและการออกแบบซอฟต์แวร์เพราะหากออกแบบวงจรและซอฟต์แวร์ให้ดีเพียงใดแต่ถ้าโครงสร้างไม่แข็งแรงนั้นการทำงานของเครื่องแกะสลักลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเลเซอร์จะทำงานได้มีประสิทธิภาพหรือทำงานไม่มีประสิทธิภาพการ ออกแบบโครงสร้างจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องแกะสลักลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเลเซอร์

#### 3.3.1 การออกแบบชุดโครงสร้าง

ในการออกแบบโครงสร้างมีขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร ขนาดความยาว 80 เซนติเมตร ขนาดความสูง 40 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ รูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 โครงสร้างเครื่องแกะลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์

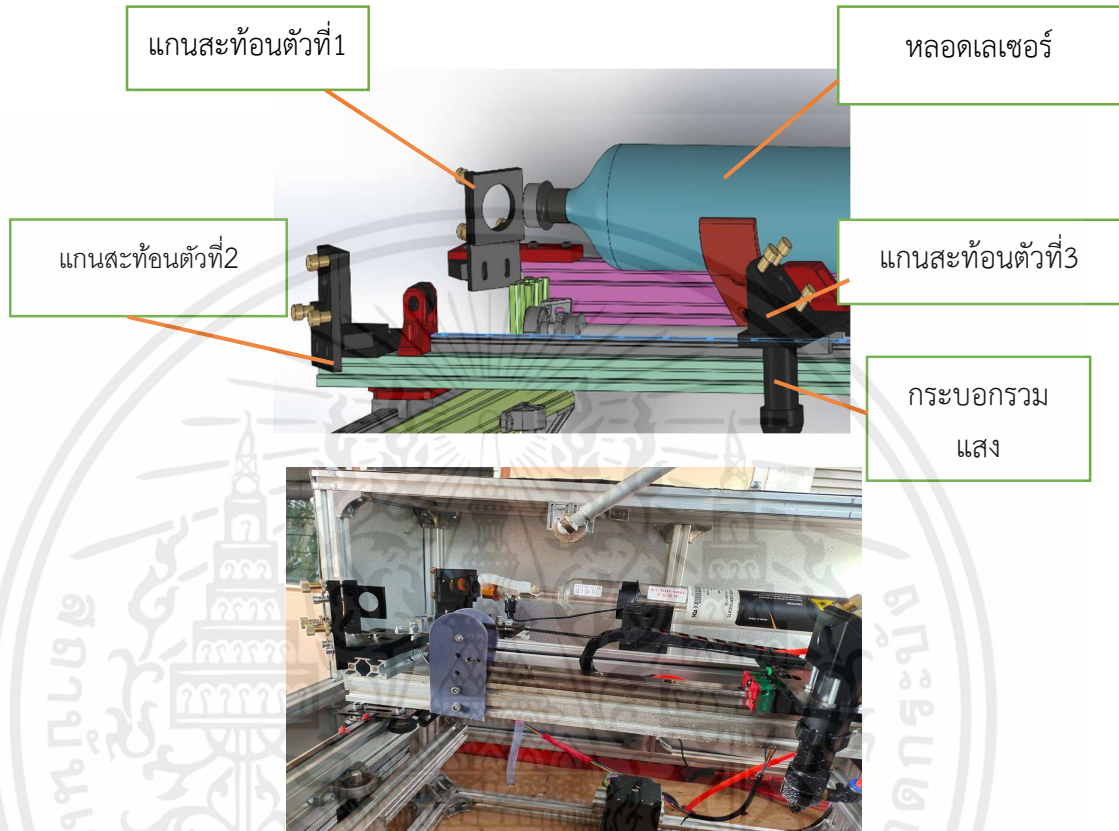


รูปที่ 3.5 โครงสร้างเครื่องแกะลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การออกแบบโครงสร้างชุดสะท้อนแสงเลเซอร์

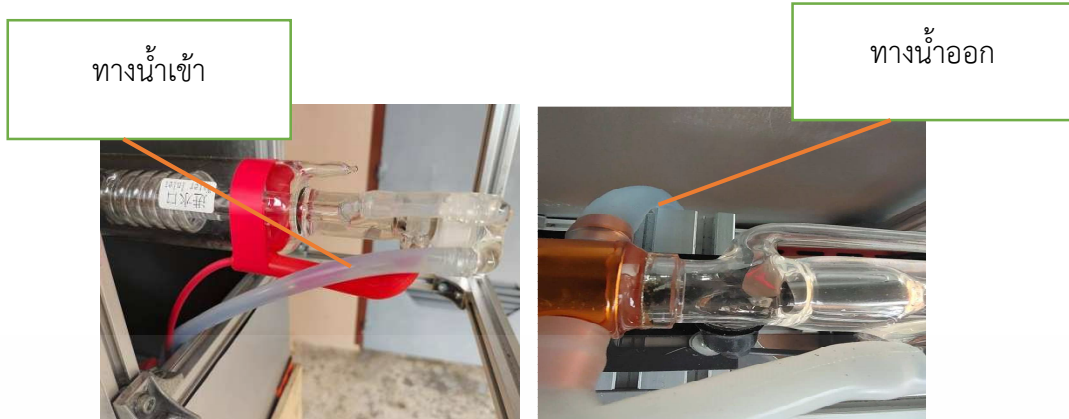
ในส่วนของแกนเลเซอร์นั้นจะใช้แกนสะท้อนทั้งหมด 3 ตัวและตัวรวมแสงอีก 1 ตัว แต่ละตัวจะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งตามรูปแต่ละแกนจะหันกระจกเลนส์ทำมุม 45 องศา เพื่อให้แสงเลเซอร์ตกกระทบที่มุม 90 องศา ดังแสดงรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แกนสะท้อนเลเซอร์

### 3.3.3 การออกแบบระบบวอเตอร์คูลลิ่ง

เนื่องจากการทำงาน 1 ชั่วโมงหลอดเลเซอร์นั้นใช้เลเซอร์เป็นเวลาพอสมควรจึงจำเป็นต้องใช้ระบบวอเตอร์คูลลิ่งเพื่อให้ น้ำเข้าไปเลี้ยงในหลอดเลเซอร์ จะทำให้เลเซอร์นั้นไม่ร้อนและทำงานได้นาน โดยจะมีสายยาง 2 เส้น ต่อระหว่างปั้มน้ำและเลเซอร์ โดยมี 1 สายเป็นสายสูบน้ำมาไว้ในหลอดเลเซอร์ และอีก 1 สายเป็นสายเอาน้ำออกจากเลเซอร์ จะทำงานวนไปเรื่อยๆเพื่อไม่ให้เลเซอร์นั้นร้อนเกินไป ปั้มน้ำที่ใช้สามารถปั้มน้ำได้ 3000 ลิตรต่อชั่วโมง ปั้มน้ำได้สูงสุด 2.5 เมตร ใช้ไฟบ้าน 220 V กำลังไฟ 55 วัตต์ ขนาดปั้มน้ำ 14 x 8 x 11.5 เซนติเมตร ใช้ต่อเข้ากับกรองน้ำและสกินเมอร์ได้ดังรูป 3.7 สายลำเลียงน้ำเข้าและออก และ 3.8 ปั้มน้ำ



รูปที่ 3.7 สายลำเลียงน้ำเข้าและออก

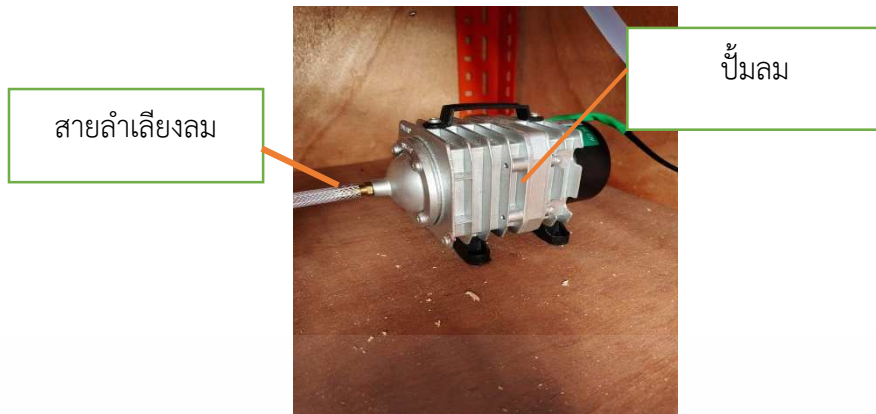


รูปที่ 3.8 ปั้มน้ำ

### 3.3.4 การออกแบบระบบเป่าลม

ในการจะใช้งานเครื่องแกะลายวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์นั้นจำเป็นต้องมีระบบเป่าลมเพราะการที่เลเซอร์ยิ่งมาบนชิ้นงานนั้น หากชิ้นงานเป็นวัสดุประเภทติดไฟได้ชิ้นงานอาจไหม้ได้และทำความเสียหายกับเครื่องได้ ซึ่งในการแกะจะต่อจากปั้มลงไปยังตัวรวมแสงของเลเซอร์ ลมนั้นจะออกพร้อมกับเลเซอร์เพื่อไม่ให้เกิดการเผาไหม้ ปั้มลมที่ใช้มีกำลังปั้ม 70L/min กำลังไฟ 45W แรงดันลม 0.018 Mpa น้ำหนัก 2 kg ดังรูป 3.9 ปั้มลม และ 3.10 จุดเป่าลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ปั๊มลม



รูปที่ 3.10 จุดเป่าลม

### 3.3.5 อุปกรณ์ภายใน

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในเครื่องได้แก่ พาวเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ 5 แอมป์ ใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว สเต็ปไดเวอร์ 3 ตัว ใช้สำหรับจ่ายสัญญาณให้กับมอเตอร์ พาวเวอร์ซัพพลายเลเซอร์ ใช้จ่ายไฟเลเซอร์รวมถึงส่งสัญญาณการทำงานของเลเซอร์ ดังรูป 3.11



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การออกแบบคำสั่งโปรแกรมภายใน LaserGRBL

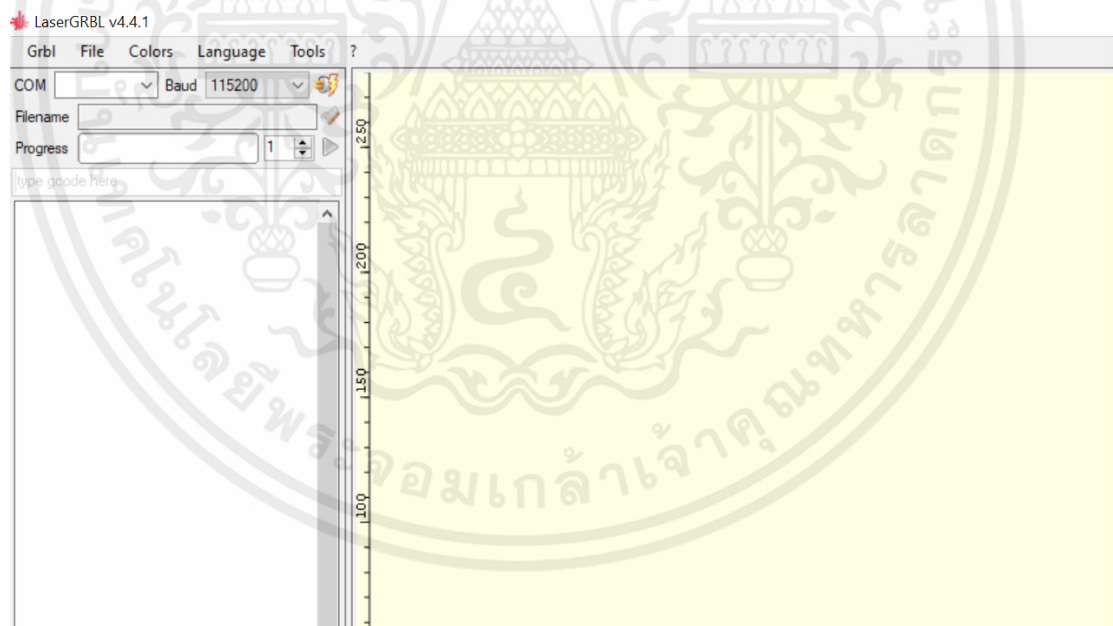
การออกแบบโปรแกรมภายใน ผู้จัดทำใช้โปรแกรม LaserGRBL เป็นโปรแกรม ส่ง GCode กับเลเซอร์ เหมาะกับงานแกะสลักภาพทั้งภาพและโลโก้ และ LaserGRBL ยังเครื่องมือแปลงไฟล์ภายในด้วย

#### 3.4.1 ขั้นตอนการเข้าโปรแกรม LaserGRBL



รูปที่ 3.12 โปรแกรม LaserGRBL

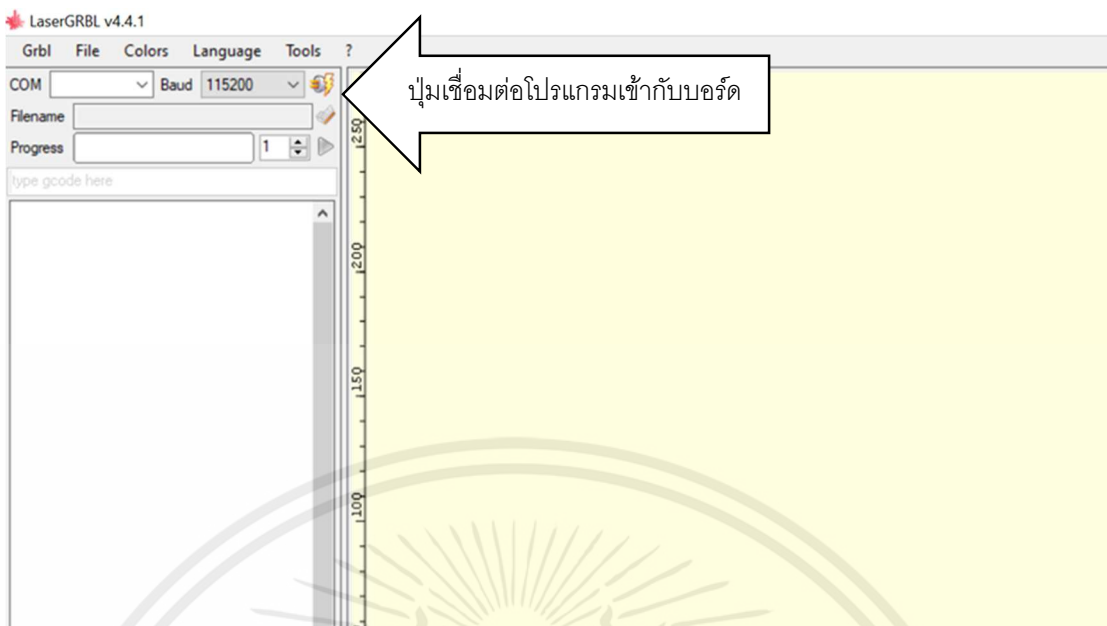
1. เข้าโปรแกรม LaserGRBL ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เปิดโปรแกรม LaserGRBL

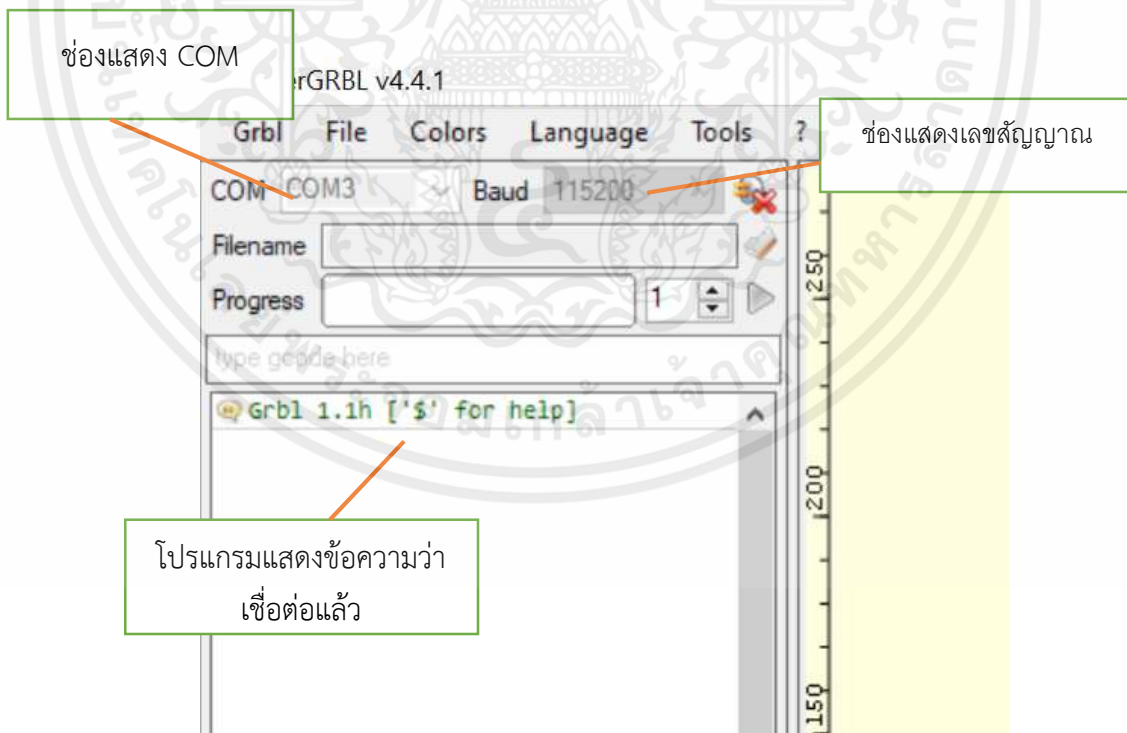
2. กด connect เพื่อเชื่อมต่อโปรแกรมเข้ากับบอร์ด ดังแสดงในรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 กดเชื่อมต่อโปรแกรม LaserGRBL เข้ากับบอร์ด

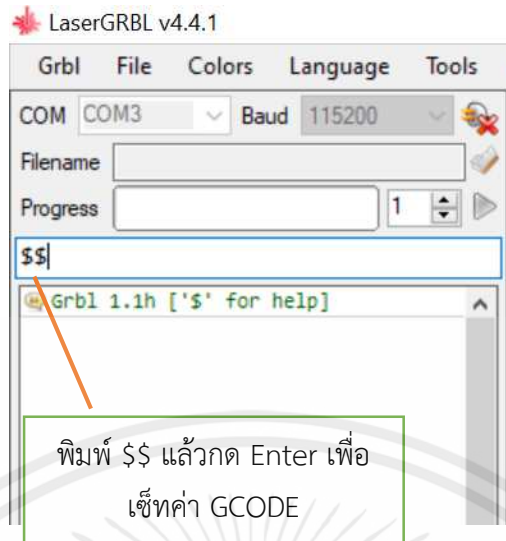
3.โปรแกรมจะแสดง COM และ เลขBaud เมื่อเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เชื่อมต่อโปรแกรม LaserGRBL เข้ากับบอร์ด

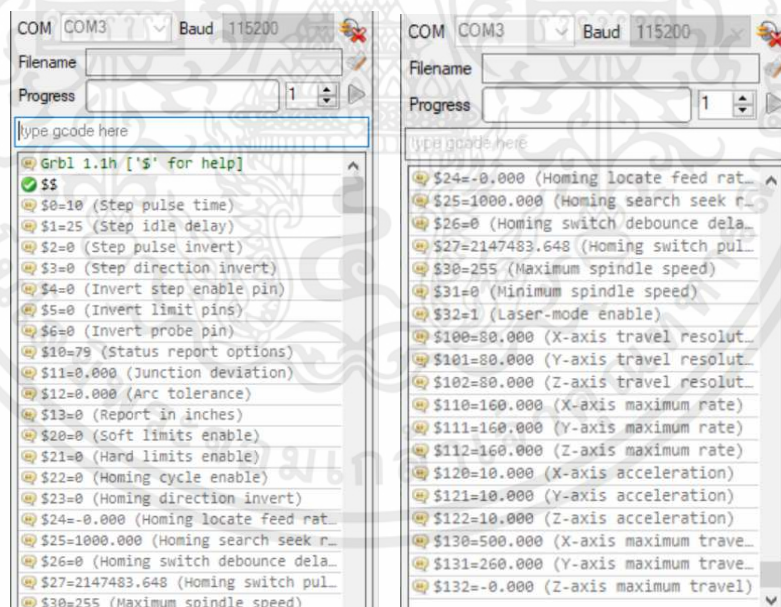
4.พิมพ์ \$\$ แล้วกดEnterเพื่อที่จะเช็คค่า GCODE ดังแสดงในรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วิธีเช็คค่า GCODE

5. โปรแกรมจะแสดงคำสั่งของ GCODE ขึ้นมาดังรูปที่ 3.17 ค่าและความหมายต่างๆ  
ของ G CODE



รูปที่ 3.17 ค่าและความหมายต่างๆของ GCODE

6. คำสั่งของ GCODE มีดังนี้

-\$0Step pulse time กำหนดระยะเวลาต่อขั้น ขั้นต่ำ 3usec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

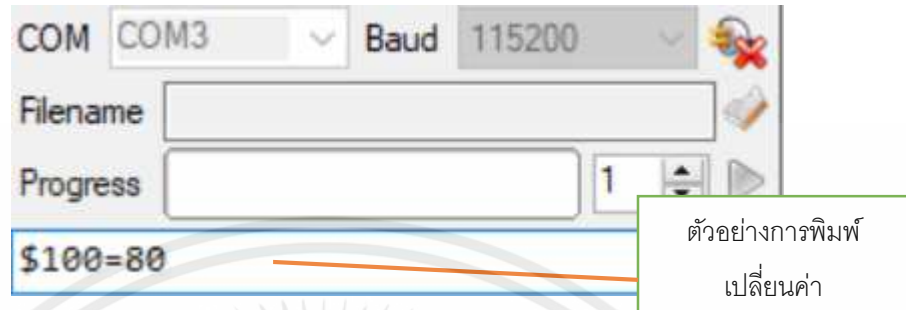
- \$1 Step idle delay    ตั้งค่าการหน่วงเวลาไว้สั้นๆ เมื่อหยุดเพื่อให้ไดนามิกนึ่งก่อนปิดใช้งานสแต็ป
- \$2 Step pulse invert    สลับสัญญาณ ตั้งค่าบิตแกนให้กลับด้าน
- \$3 Step direction invert    สลับสัญญาณทิศทาง ตั้งค่าบิตแกนให้กลับด้าน
- \$4 Invert step enable pin    สลับไดรเวอร์ stepper ที่เปิดใช้งานสัญญาณพิน
- \$5 Invert limit pins    สลับพินอินพุทลิมิตทั้งหมด
- \$6 Invert probe pin    สลับสัญญาณขาอินพุทของโพรบ
- \$10 Status report options    แก้ไขข้อมูลที่รวมอยู่ในรายงานสถานะ
- \$11J unction deviation    กำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของ Gbrl ในการเคลื่อนที่ต่อเนื่องกัน ค่าที่ต่ำกว่าจะทำให้ช้าลง
- \$12 Arc tolerance    ตั้งค่าความแม่นยำในการติดตามส่วนโค้งของ G2 และ G3 ตามข้อผิดพลาดในแนวรัศมี ระวัง: ค่าที่น้อยมากอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน
- \$13 Report in inches    เปิดใช้งานหน่วยนิ้วเมื่อส่งคืนตำแหน่งและค่าอัตราที่ไม่ใช่ค่าการตั้งค่า
- \$20 Soft limits enable    เปิดใช้งานการตรวจสอบการจำกัดซอฟต์แวร์ภายในการเดินทางของเครื่องจักรและตั้งค่าการเตือนเมื่อเกินต้องกลับบ้าน
- \$21 hard limits enable    เปิดใช้งานขีดจำกัดฮาร์ด หยุดการเคลื่อนไหวทันทีและส่งสัญญาณเตือนเมื่อสวิทช์ทำงาน
- \$22 homing cycle enable    เปิดใช้งานวงจรกลับบ้านต้องใช้ลิมิตสวิทช์บนแกนทั้งหมด
- \$23 Homing direction invert    homing ค้นหาสวิทช์ในทิศทางบวก ตั้งค่าบิตแกน (0000ZYX) เพื่อค้นหาในทิศทางลบ
- \$24 Homing locate feed rate    อัตราการป้อนเพื่อเปิดใช้งานสวิทช์จำกัดอย่างช้าๆ เพื่อระบุตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ
- \$25 Homing search seek rate    ค้นหาอัตราเพื่อค้นหาลิมิตสวิทช์อย่างรวดเร็วก่อนเฟสการค้นหาที่ช้ากว่า
- \$26 Homing switch debounce delay    ตั้งค่าการหน่วงเวลาสั้นๆ ระหว่างเฟสของวงจรกลับบ้านเพื่อให้สวิทช์ทำงานผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- \$27 Homing switch pull-off distance ถอยห่างออกไปหลังจากสวิตช์ทริกเกอร์เพื่อปลดออก การกลับบ้านจะล้มเหลวหากสวิตช์ไม่ล้าาง
- \$30 Maximum spindle speed ความเร็วแกนหมุนสูงสุด ตั้งค่า PWM เป็นรอบการทำงาน 100%
- \$31 Minimum spindle speed ความเร็วแกนหมุนขั้นต่ำ ตั้งค่า PWM เป็น 0.4% หรือรอบการทำงานต่ำสุด
- \$32 Laser-mode enable เปิดใช้งานโหมดเลเซอร์ คำสั่ง G1/2/3 ที่ต่อเนื่องกันจะไม่หยุดเมื่อความเร็วของแกนหมุนเปลี่ยนไป
- \$100 X-axis travel resolution ความละเอียดการเคลื่อนที่ของแกน X เป็นขั้นต่อมิลลิเมตร
- \$101 Y-axis travel resolution ความละเอียดการเคลื่อนที่ของแกน Y เป็นขั้นต่อมิลลิเมตร
- \$102 Z-axis travel resolution ความละเอียดการเคลื่อนที่ของแกน Z เป็นขั้นต่อมิลลิเมตร
- \$110 X-axis maximum rate อัตราสูงสุดของแกน X ใช้เป็นอัตราเร็ว G0
- \$111 Y-axis maximum rate อัตราสูงสุดของแกน Y ใช้เป็นอัตราเร็ว G0
- \$112 Z-axis maximum rate อัตราสูงสุดของแกน Z ใช้เป็นอัตราเร็ว G0
- \$120 X-axis acceleration การเร่งความเร็วแกน X ใช้สำหรับการวางแผนการเคลื่อนที่ไม่ให้เกินแรงบิดของมอเตอร์และสูญเสียขั้นตอน
- \$121 Y-axis acceleration การเร่งความเร็วแกน Y ใช้สำหรับการวางแผนการเคลื่อนที่ไม่ให้เกินแรงบิดของมอเตอร์และสูญเสียขั้นตอน
- \$122 Z-axis acceleration การเร่งความเร็วแกน Z ใช้สำหรับการวางแผนการเคลื่อนที่ไม่ให้เกินแรงบิดของมอเตอร์และสูญเสียขั้นตอน
- \$130 X-axis maximum travel ระยะเคลื่อนที่แกน X สูงสุดจากสวิตช์โฮม กำหนดพื้นที่เครื่องที่ถูกต้องสำหรับขีดจำกัดแบบนุ่มนวลและระยะการค้นหาค้นกลับบ้าน
- \$131 Y-axis maximum travel ระยะเคลื่อนที่แกน Y สูงสุดจากสวิตช์โฮม กำหนดพื้นที่เครื่องที่ถูกต้องสำหรับขีดจำกัดแบบนุ่มนวลและระยะการค้นหาค้นกลับบ้าน
- \$132 Z-axis maximum travel ระยะเคลื่อนที่แกน Z สูงสุดจากสวิตช์โฮม กำหนดพื้นที่เครื่องที่ถูกต้องสำหรับขีดจำกัดแบบนุ่มนวลและระยะการค้นหาค้นกลับบ้าน

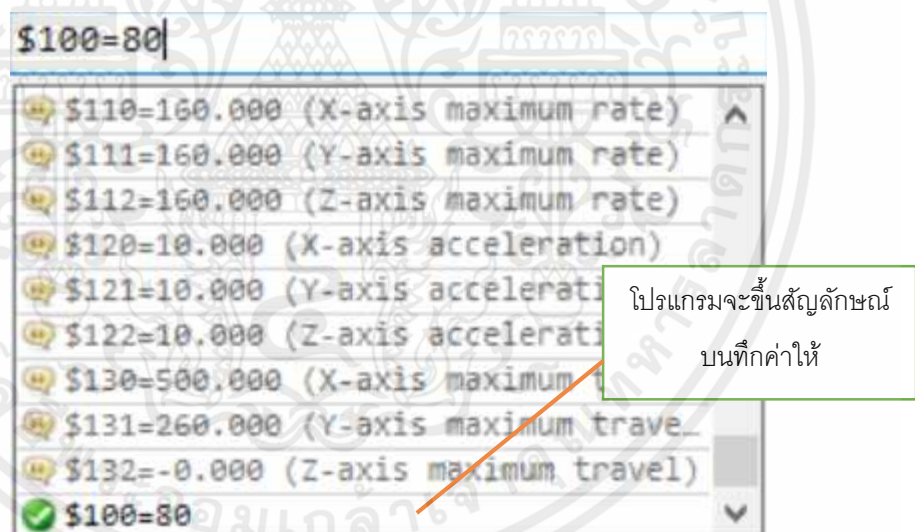
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หากต้องการเปลี่ยนค่าให้พิมพ์ \$ ตามด้วยฟังก์ชันที่ต้องการเปลี่ยนแล้วกด Enter (ควรเปลี่ยนฟังก์ชัน \$30 \$100 \$101 \$102 \$130 \$131 \$132 ให้เหมาะสมกับเครื่อง) ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 วิธีเปลี่ยนค่า GCODE

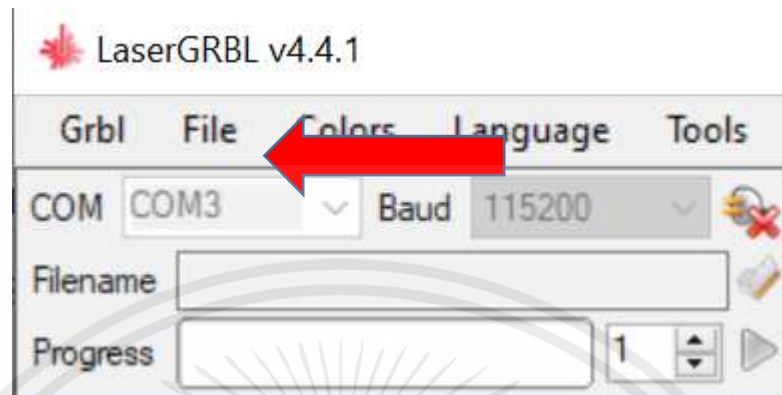
8. หลังจากเซ็ทค่าแล้วโปรแกรมจะขึ้นสัญลักษณ์บันทึกค่าให้ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ค่าของ GCODE ได้ถูกบันทึก

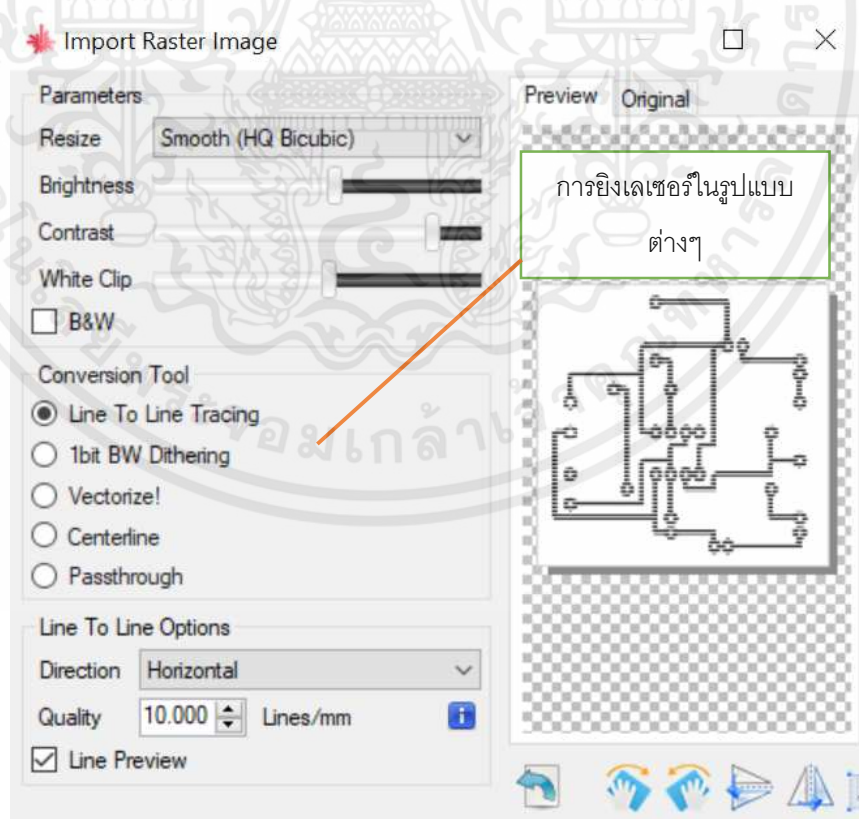
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. หากเซ็ทค่าเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม File แล้วเลือก Open File เพื่อเลือกภาพที่จะทำการยิงเลเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 วิธีเปิดไฟล์ภาพ

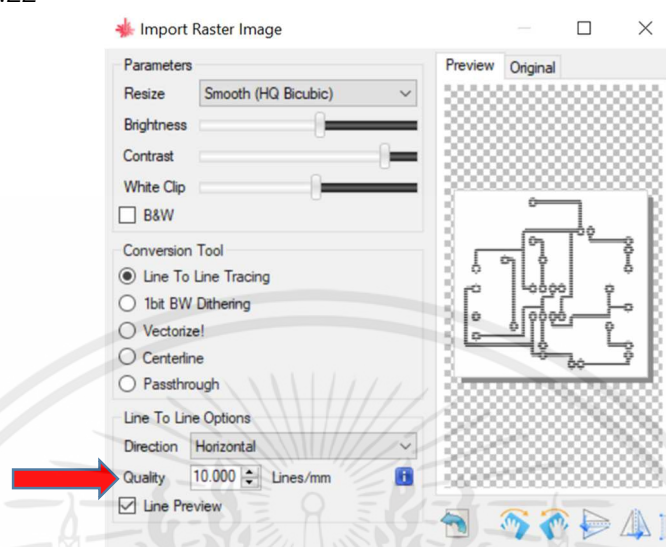
10. เมื่อเลือกไฟล์จะปรากฏหน้าต่างดังรูปให้เซ็ทค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 หน้าต่างการปรับค่าลายเส้น

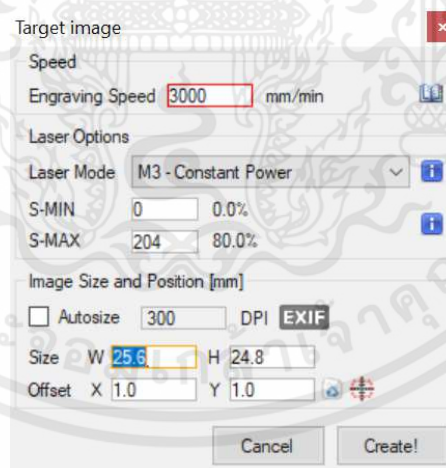
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. จากหน้าต่างการเซ็ทค่าควรปรับในส่วนของ Quality (ความละเอียดเส้นของชิ้นงานยิ่งเยอะลายเส้นจะยิ่งละเอียดหากใช้เลเซอร์ที่มีกำลังวัตต์น้อยอาจทำให้เครื่องทำงานหนักไป) ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การกำหนดความละเอียดเส้น

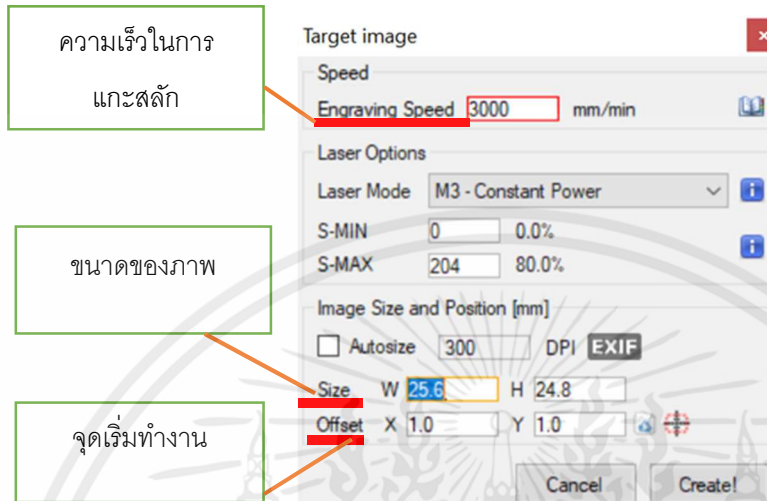
12. หลังจากเซ็ทค่าแล้วก่อนจะกดสั่งให้ทำงานโปรแกรมจะปรากฏหน้าต่างกำหนดชิ้นงานอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วิธีกำหนดขนาดชิ้นงาน

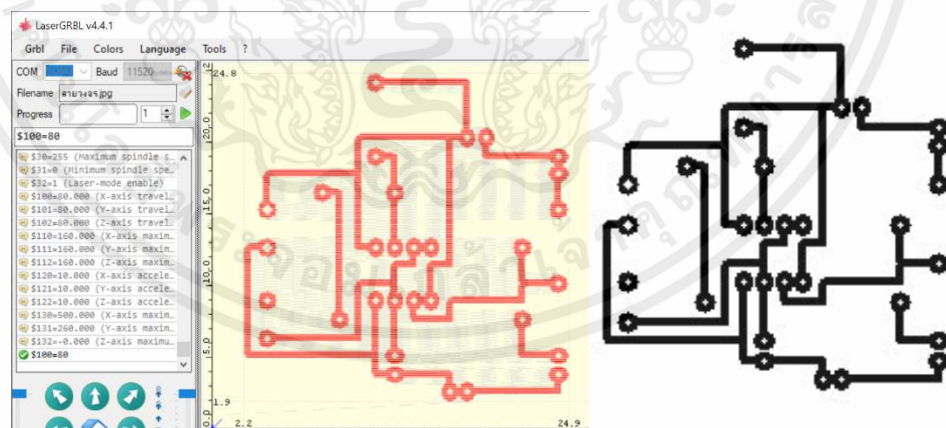
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ควรปรับค่า Engraving Speed (ความเร็วในการแกะสลัก) Size(ขนาดของชิ้นงาน W คือขนาดในแนวแกน X และ H คือขนาดในแนวแกน Y) Offset(จุดที่จะเริ่มทำงาน) ดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การกำหนดค่าความเร็วในการแกะสลักและขนาดของชิ้นงาน

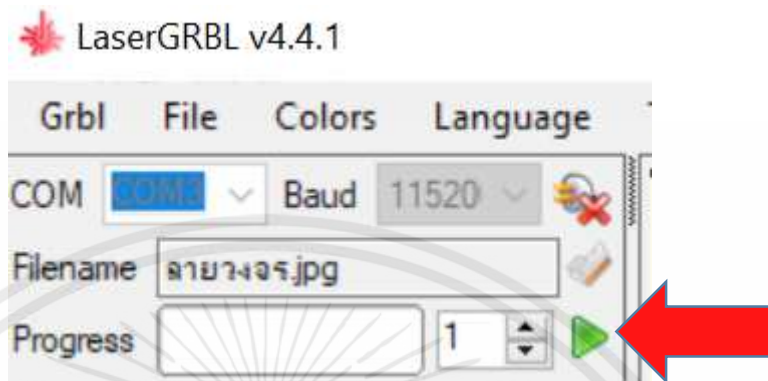
14. เมื่อกดสั่งชิ้นงานแล้วจะปรากฏภาพดังรูปบนโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ภาพเมื่อกดเลือกไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. จากนั้นกดปุ่ม Run เพื่อให้โปรแกรมทำงานคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลไปยังบอร์ดอาศัยโนเพื่อส่งสัญญาณให้เครื่องนั้นทำตามคำสั่งที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ปุ่มสั่งให้โปรแกรมทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง







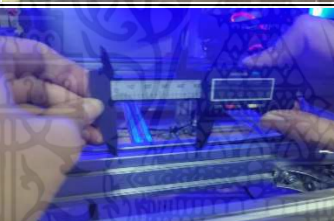



ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ขนาดแสงเลเซอร์ในการยิง การแกะสลักลายวงจบบนแผ่นพีซี การแกะสลักลายวงจรถัดขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm และการเจาะรูแผ่นพีซี

#### 4.1 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X,Y

การทดลองการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X,Y โดยมีระยะทางที่จะใช้ทดสอบมีทั้งหมด 4 ระยะคือ 5 cm , 10 cm , 15 cm , 20 cm และ 30 cm ในการเคลื่อนที่นั้นจะสั่งการให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไปยังความยาวของระยะทางที่กำหนดโดยใช้การสั่งการจากโปรแกรม Laser Grbl เหตุผลที่ไม่ได้นำมอเตอร์แกน Z มาทดสอบเพราะในการทำชิ้นงานแกน Z จะไม่มีการขยับเพราะถ้าหากขยับชิ้นงานอาจจะผิดเพี้ยนได้ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. กำหนดระยะทางที่ต้องการให้มอเตอร์เคลื่อนที่มีทั้งหมด 5 ระยะ นั่นก็คือ 5 cm , 10 cm , 15 cm , 20 cm และ 30 cm โดยโปรแกรม Laser Grbl โดยจะสั่งเพิ่มขึ้นทีละ 5 เซนติเมตรและทำการขีดเส้นไว้
2. วัดระยะทางหลังมอเตอร์เคลื่อนที่ทั้ง 5 ระยะ
3. บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดลองการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X,Y

ระยะทางการเคลื่อนที่	มอเตอร์แต่ละแกน		ค่าที่ได้	
	X	Y	X	Y
5 เซนติเมตร			5.04	5.03
10 เซนติเมตร			10.14	10.8
15 เซนติเมตร			15.08	15.16
20 เซนติเมตร			20.14	20.24
30 เซนติเมตร			30.3	30.1

จากตารางที่ 4.1 มอเตอร์แกน X และ แกนY สามารถทำงานได้ตามระยะที่สั่งการทั้งแกน X และ แกน Y

#### 4.2 การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน

ในการยิงเลเซอร์นั้นจำเป็นจะต้องใส่กระบอกรวมแสงเลเซอร์เพื่อที่จะให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ ในการทดลองนี้จะทำการวัดขนาดของเส้นเลเซอร์ที่ยิงออกมาเป็นเส้นโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1.สั่งการเลเซอร์ให้ทำการยิงเป็นเส้นตรงเพื่อวัดขนาดของเส้นเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.บันทึกผลการทดลองในตารางที่4.2 และ ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน

การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน	
รูปทดสอบแสงเลเซอร์	ขนาดของเส้น
	สามารถวัดเส้นของการยิงเลเซอร์ได้ขนาด 0.4 mm.

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.2 การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงานในการยิงเลเซอร์นั้นมีขนาดลายเส้นอยู่ที่ 0.4 mm. ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน


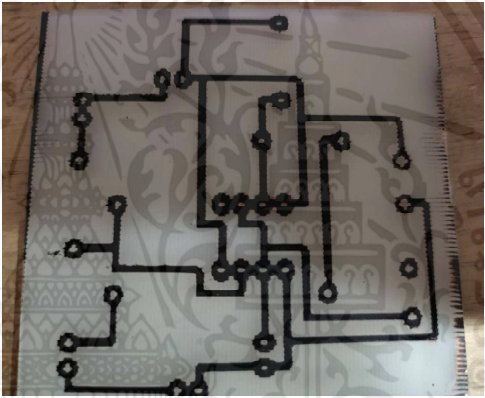
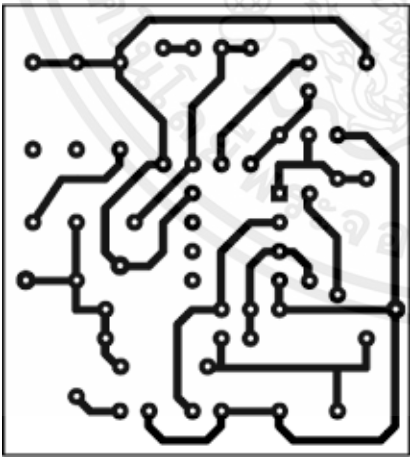
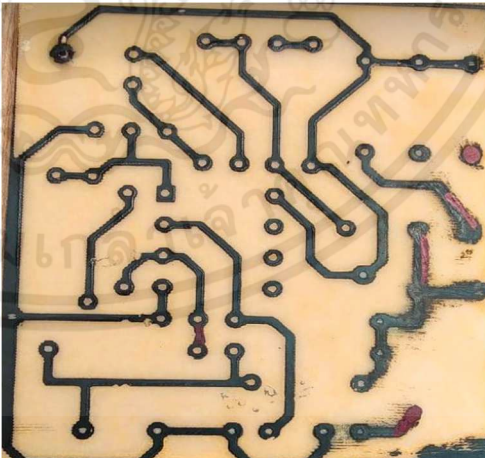
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทดลองการแกะสลักลายวงจรบนแผ่นพีซีบี

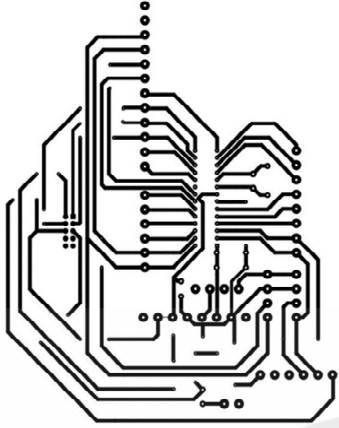
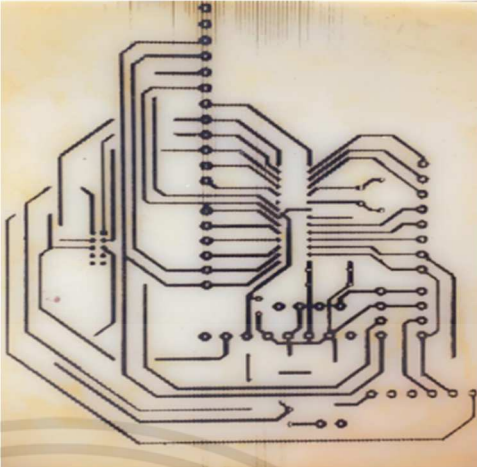
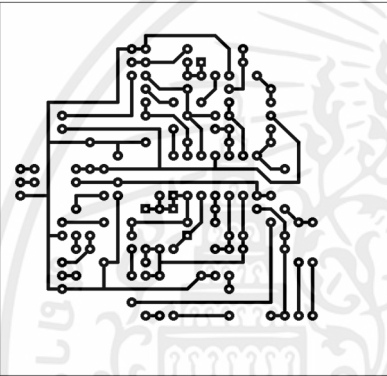
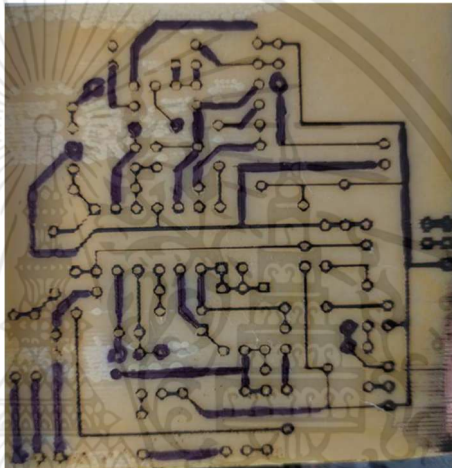
การแกะสลักลายวงจรโดยที่จํานำไฟล์ภาพใส่ในโปรแกรมที่เซ็คค่าไว้จากนั้นนำแผ่นพีซีบีที่ต้องการแกะสลักพ่นด้วยสีเพื่อป้องกันการสะท้อนของเลเซอร์โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำไฟล์รูปที่ออกแบบมาใส่ในโปรแกรม
2. นำแผ่นพีซีบีที่ต้องการแกะสลักมาพ่นสี
3. วางแผ่นพีซีบีลงบนแกน Z เพื่อจะทำการแกะสลักลายวงจร จากนั้นกดรันโปรแกรม
4. บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ทดลองการแกะสลักลายวงจรบนแผ่นพีซีบี

รูปภาพที่นำมาแกะสลัก	ผลการทดลอง	หมายเหตุ
		สามารถแกะสลักลายวงจรได้ตามรูปภาพ
		สามารถแกะสลักลายวงจรได้ตามรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		<p>สามารถ แกะสลัก ลายวงจรได้ ตามรูปภาพ</p>
		<p>สามารถ แกะสลัก ลายวงจรได้ ตามรูปภาพ</p>

จากตารางที่ 4.3 เครื่องสามารถแกะสลักลายวงจรลงแผ่นพีซีบีได้ตามรูปภาพที่กำหนด

#### 4.4 การทดลองการแกะสลักลายวงจรได้ขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองการแกะสลักลายวงจรที่มีขนาดตั้งแต่ 10 cm x 10 cm และเพิ่มขนาดไปเรื่อยๆจนถึง 30 cm x 30 cm โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.ทำการทดสอบแกะสลักลายวงจรที่มีขนาดดังนี้

- รอบที่1 ขนาด 10cm x 10cm
- รอบที่2 ขนาด 15cm x 15cm
- รอบที่3 ขนาด 20cm x 20cm
- รอบที่4 ขนาด 25cm x 25cm
- รอบที่5 ขนาด 30cm x 30cm

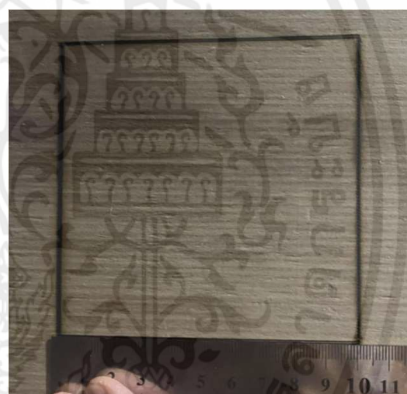
2.บันทึกผลการทดลองในตาราง 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

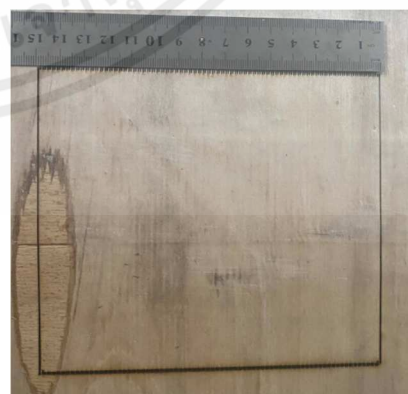
ตาราง 4.4 การทดลองการแกะสลักได้ขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm

ขนาดของชิ้นงาน	สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้
ขนาด 10cm x 10cm	✓	
ขนาด 15cm x 15cm	✓	
ขนาด 20cm x 20cm	✓	
ขนาด 25cm x 25cm	✓	
ขนาด 30cm x 30cm	✓	

จากตารางที่ 4.4 เครื่องกัดลายวงจรรอเล็กทรอนิกส์ สามารถทำงานได้ตามขนาดที่กำหนดไว้ทั้งหมด ดังรูปที่ 4.2 รูปที่ 4.3 รูปที่ 4.4 รูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6

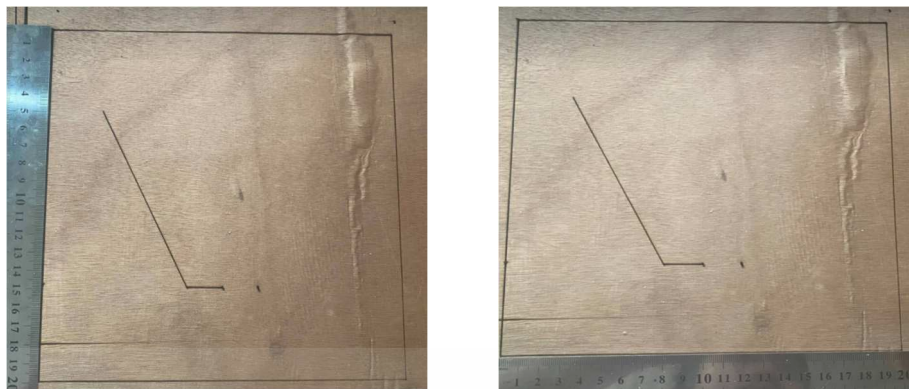


รูปที่ 4.2 ผลการทดลองขนาด 10 x 10 เซนติเมตร



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองขนาด 15 x 15 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองขนาด 20 x 20 เซนติเมตร



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองขนาด 25 x 25 เซนติเมตร



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองขนาด 30 x 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

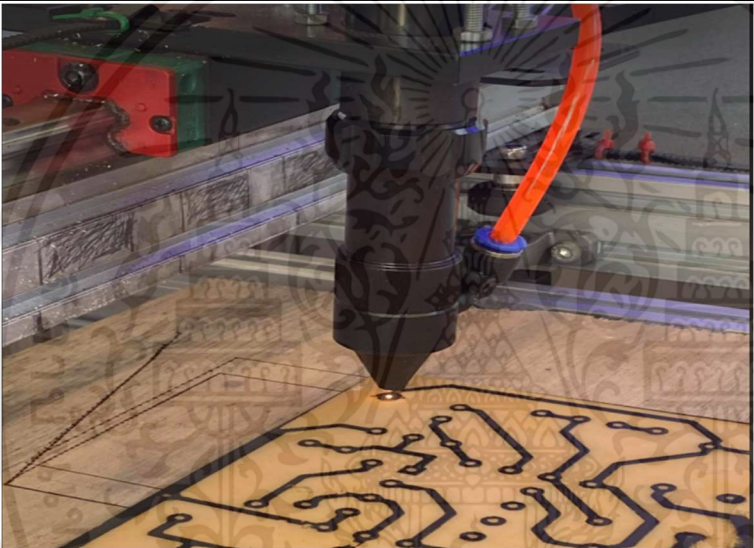
#### 4.5 การทดลองการเจาะรูแผ่นพีซีบี

ในการเจาะรูของเลเซอร์นั้นจะใช้เลเซอร์ยิงไปที่จุดๆนั้นทีเดียวเพื่อให้เกิดความร้อนเพื่อที่จะเจาะให้ชิ้นงานทะลุลงไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

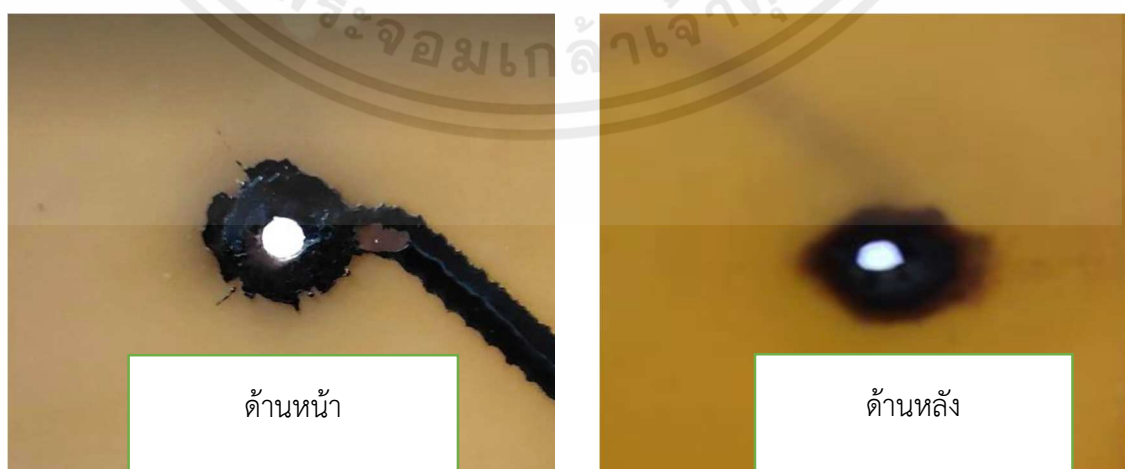
1. นำแผ่นพีซีบีมาวางบนแกน Z ปรับตำแหน่งให้เรียบร้อย จากนั้นเริ่มทำการส่องแสงเลเซอร์ลงบนแผ่นพีซีบีเพื่อการเจาะแผ่นพีซีบีให้ทะลุ

2. บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.5 และ ดังรูปที่ 4.7

#### ตารางที่ 4.5 การทดลองการเจาะรูแผ่นพีซีบี

ภาพการทดลอง	ระยะเวลาในการเจาะ
	3.81 นาที

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.5 การทดลองการเจาะรูแผ่นพีซีบี ใช้เวลาเจาะเป็นเวลา 3.81 นาที ดังรูปที่ 4.2



รูปที่4.7 ผลการทดลองการเจาะรูแผ่นพีซีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึง บทสรุปในการทดลองจากบทที่ 4 ในหัวข้อการทดลองการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน การแกะสลักลายวงจบบนแผ่นพีซีบี การแกะสลักลายวงจรมัดขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm การเจาะรูแผ่นพีซีบีปัญหาและอุปสรรค และแนวทางแก้ไข

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

##### 5.1.1 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X,Y

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในระยะทาง 5 cm , 10 cm , 20 cm และ 30 cm ผลสรุปว่า แกน X นั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ทุกระยะตามที่กำหนด

##### 5.1.2 การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน

จากตารางที่ 4.2 การทดลองวัดขนาดแสงเลเซอร์ในการยิงลงบนชิ้นงาน ในการยิงเลเซอร์นั้นจำเป็นต้องใส่กระบอกรวมแสงเลเซอร์เพื่อที่จะให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ ในการทดลองนี้จะทำการวัดขนาดของเส้นเลเซอร์ที่ยิงออกมาเป็นเส้นสามารถวัดได้ที 0.4 มิลลิเมตรทุกเส้น แสดงให้เห็นความคงที่ในการยิงเลเซอร์

##### 5.1.3 การทดลองการแกะสลักลายวงจบบนแผ่นพีซีบี

จากตารางที่ 4.3 ทดลองการแกะสลักลายวงจบบนแผ่นพีซีบี โดยการสั่งโปรแกรม laser Grbl ให้วาดภาพตามลายวงจรมัด ชิ้นงานที่ได้ตรงตามกับภาพที่ได้สั่งการไว้

##### 5.1.4 การทดลองการแกะสลักลายวงจรมัดขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm

จากตาราง 4.4 การทดลองการแกะสลักลายวงจรมัดขนาดใหญ่ที่สุด 30cm x 30cm ในการวาดลายแกะสลักทั้งหมดที่มีขนาดตั้งแต่ตั้งแต่ 10 cm x 10 cm และ เพิ่มขนาดไปเรื่อยๆ จนถึง 30 cm x 30 cm เครื่องสามารถทำงานในขนาด 30 x 30 cm

##### 5.1.5 การทดลองการเจาะรูแผ่นพีซีบี

จากตาราง 4.5 การทดลองการเจาะรูแผ่นพีซีบีสามารถเจาะได้ แต่ใช้เวลาในการเจาะอยู่ 3.81 นาที ถึงจะเจาะทะลุชิ้นงานได้

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. เนื่องจากการใช้ซอสโค้ดมาเป็นตัวสั่งการทำงานจึงทำให้ต้องมีการเข้าใจโปรแกรมและโค้ดเป็นอย่างมากจึงทำให้การเช็คค่าต่างๆเป็นไปด้วยความยากลำบาก

2. เนื่องจากโปรแกรมเลเซอร์ Grbl นั้นเป็นโปรแกรมแกะสลักด้วยเลเซอร์ไม่ใช่โปรแกรมที่ใช้ในการเจาะหรือตัดเลยส่งผลให้ในการสั่งเจาะนั้นเป็นไปได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1.ควรศึกษาเกี่ยวกับซอสโค้ดและจีโค้ดให้ได้เยอะกว่านี้
- 2.สายพานในการเดินมอเตอร์นั้นไม่ควรจะหย่อน เพื่อให้มอเตอร์นั้นทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
- 3.การใช้เลเซอร์ควรศึกษาให้ดีกว่าก่อนว่าเลเซอร์มีเวลาการใช้งานมากน้อยเพียงใดเพื่อความปลอดภัยของชิ้นงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] “อาคิโน” (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา : [blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1](http://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1)  
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 10 กรกฎาคม 2563
- [2] “ซีเอ็นซีเชลวี 3” (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา : [www.ab.in.th/product/574/cnc-shield-v3-for-arduino-uno](http://www.ab.in.th/product/574/cnc-shield-v3-for-arduino-uno)  
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 10 กรกฎาคม 2563
- [3] “สเต็ปไดเวอร์”  
แหล่งที่มา : <http://th.hybridservos.com/news/why-does-stepper-motor.html>  
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 10 กรกฎาคม 2563
- [4] “ลวดเลเซอร์ซีไอทู”  
แหล่งที่มา : [fablabthailand.com/content/lasercuttersystem](http://fablabthailand.com/content/lasercuttersystem)  
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 10 กรกฎาคม 2563
- [5] “การสะท้อนเลเซอร์”  
แหล่งที่มา : [fablabthailand.com/content/lasercuttersystem](http://fablabthailand.com/content/lasercuttersystem)  
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 10 กรกฎาคม 2563
- [7] สมบัติ ชิวหา, พื้นฐานเทคโนโลยีซีเอ็นซี, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สนพ.อินโฟเพรส จำกัด, 2019.
- [8] ผศ.ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม, คัมภีร์การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สนพ.ซีเอ็ดยูเคชั่น บมจ., 2017
- [9] สมบัติ ชิวหา, โปรแกรมเอ็นซีพื้นฐาน, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2559



ภาคผนวก ก

โปรแกรมเครื่องกัตลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำสั่งจีโค้ดภายในโปรแกรมเลเซอร์จีอาบีแอล

\$0	Step pulse time	10	microseconds
\$1	Step idle delay	25	milliseconds
\$2	Step pulse invert	0	mask
\$3	Step direction invert	0	mask
\$4	Invert step enable pin	0	boolean
\$5	Invert limit pins	0	boolean
\$6	Invert probe pin	0	boolean
\$10	Status report options	1	mask
\$11	Junction deviation	0.010	millimeters
\$12	Arc tolerance	0.002	millimeters
\$13	Report in inches	0	boolean
\$20	Soft limits enable	0	boolean
\$21	Hard limits enable	0	boolean
\$22	Homing cycle enable	0	boolean
\$23	Homing direction invert	0	mask
\$24	Homing locate feed rate	25.000	mm/min
\$25	Homing search seek rate	1000.00	mm/min
\$26	Homing switch debounce delay	250	Milliseconds
\$27	Homing switch pull-off distance	1.000	millimeters
\$30	Maximum spindle speed	255	RPM
\$31	Minimum spindle speed	0	RPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$32 Laser-mode enable	1	boolean
\$100 X-axis travel resolution	100	step/mm
\$101 Y-axis travel resolution	100	step/mm
\$102 Z-axis travel resolution	80	step/mm
\$110 X-axis maximum rate	160.000	mm/min
\$111 Y-axis maximum rate	160.000	mm/min
\$112 Z-axis maximum rate	160.000	mm/min
\$120 X-axis acceleration	10	mm/sec <sup>2</sup>
\$121 Y-axis acceleration	10	mm/sec <sup>2</sup>
\$122 Z-axis acceleration	10	mm/sec <sup>2</sup>
\$130 X-axis maximum travel	500	millimeters
\$131 Y-axis maximum travel	260	millimeters
\$132 Z-axis maximum travel	200.000	millimeters

### คำสั่งเลเซอร์

M03 เลเซอร์ทำงาน

M05 เลเซอร์หยุดทำงาน

### คำสั่งการเคลื่อนที่

G00 คำสั่งการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามความเร็วตามเปอร์เซ็นต์ของ RAPID

G01 คำสั่งการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามความเร็ว ฟรีดโอเวอร์ที่กำหนด

G02 คำสั่งการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา

G03 คำสั่งการการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

G28 U0.0 W0.0 คำสั่งการเลื่อนกลับตำแหน่งอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



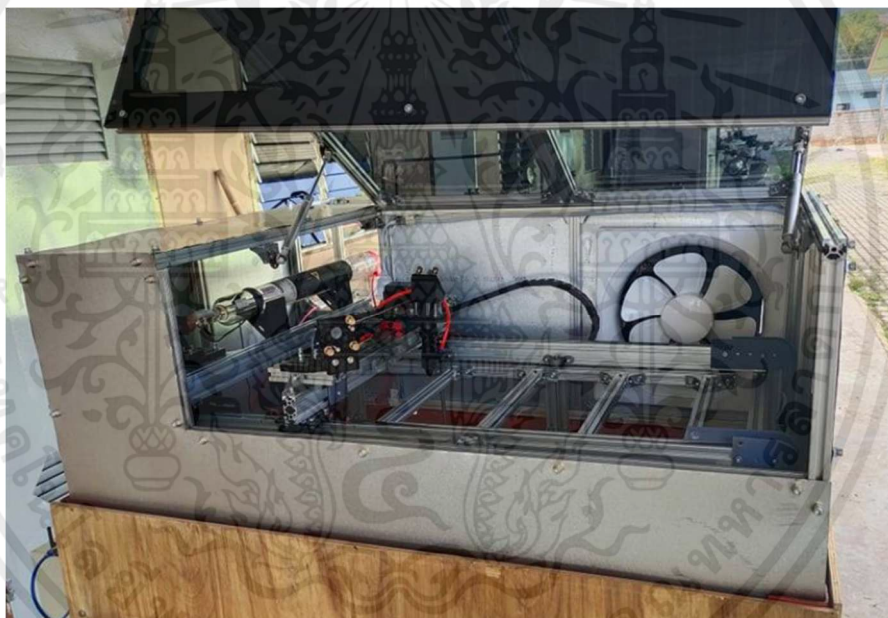
ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานเครื่องกัดลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## คู่มือการใช้งานเครื่องกัดลายวงจรรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบการทำงานของตัวเครื่องกักตายนวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยเลเซอร์

1. เริ่มการเปิดใช้งานเครื่องโดยการเปิดสวิตช์ทั้ง 2 สวิตช์ ดังแสดงในรูป ข.1



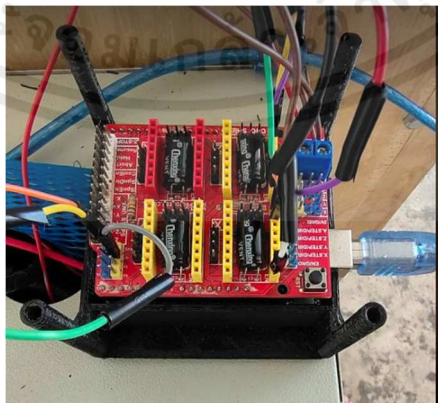
รูป ข.1 ตู้ควบคุม

สวิตช์ฝั่งซ้าย: ใช้ในการเปิดปิดระบบปั้มน้ำและปั้มลม

สวิตช์ฝั่งขวา: ใช้ในการเปิดระบบทำงานของมอเตอร์และเลเซอร์ปั้ม

Emergency: ตัดการทำงานในทันทีทั้งระบบ

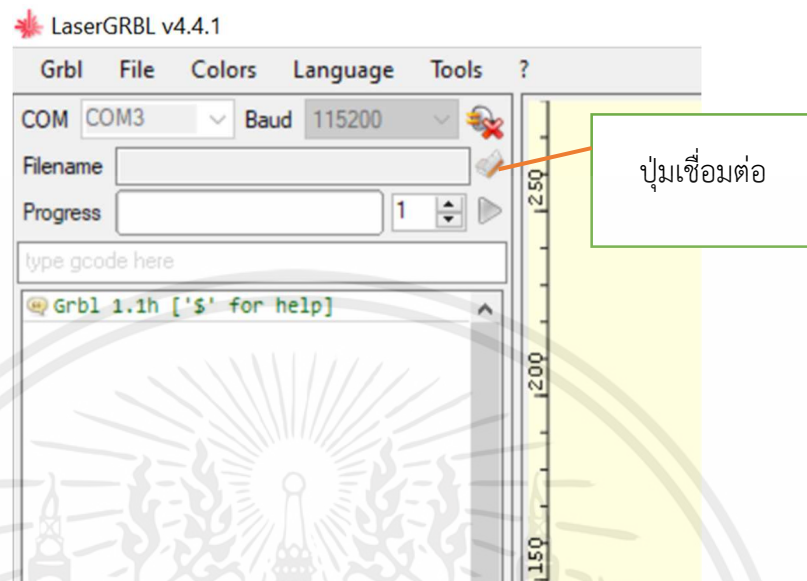
2. ทำการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับบอร์ดนำคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมเลเซอร์จีโอพีแอล มาเชื่อมต่อกับบอร์ด เพื่อทำการเปิดโปรแกรม ดังแสดงในรูป ข.2



รูป ข.2 บอร์ดอะดุยโน้ซีเอ็นซีเซล วี 3

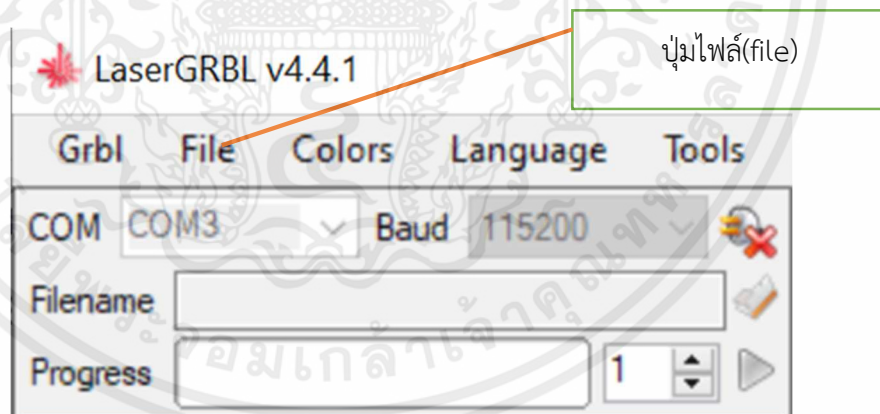
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสั่งการโปรแกรมเมื่อเชื่อมต่อบอร์ดกดปุ่มเชื่อมต่อเพื่อจะใช้การโปรแกรม หากทำการเชื่อมต่อบอร์ดแล้ว โปรแกรมจะแสดงเลข COM และเลข สัญญาณ Baud ดังแสดงในรูป ข.3



รูป ข.3 เชื่อมต่อบอร์ดกดปุ่มเชื่อมต่อ

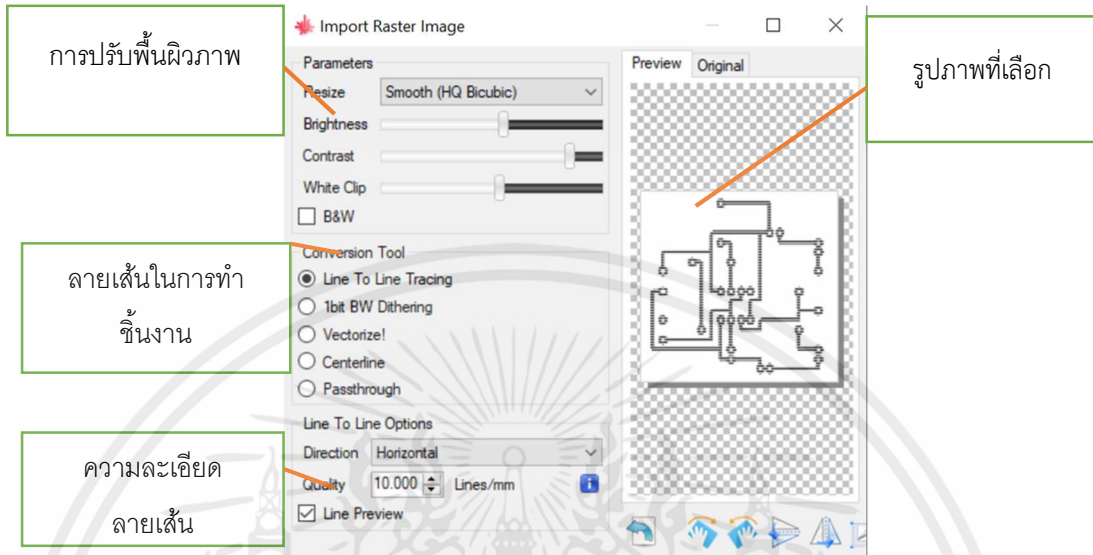
4. กดปุ่มไฟล์(File) เพื่อเปิดขึ้นงานที่ต้องการแกะสลัก ดังแสดงในรูป ข.4



รูป ข.4 กดปุ่มไฟล์(File)

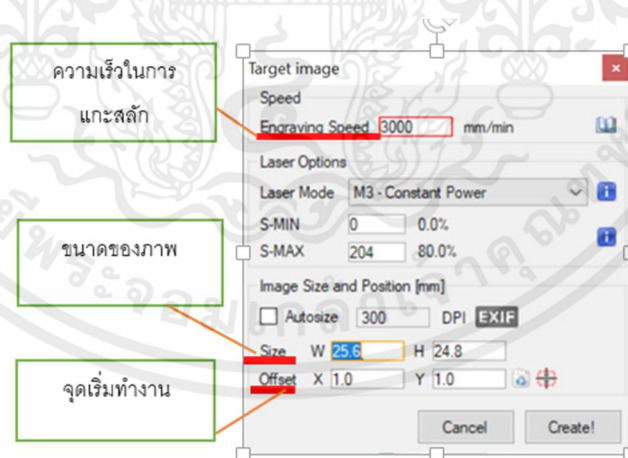
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หากเลือกชิ้นงานได้แล้ว จะมีค่าสายเส้นต่างๆให้ปรับ ในหมวดหมู่ Conversion Tool สามารถเลือกรูปแบบการยิงเลเซอร์ได้ และ Quality คือค่าความละเอียดเส้น ดังแสดงในรูป ข.5



รูป ข.5 การตั้งค่าการทำงาน

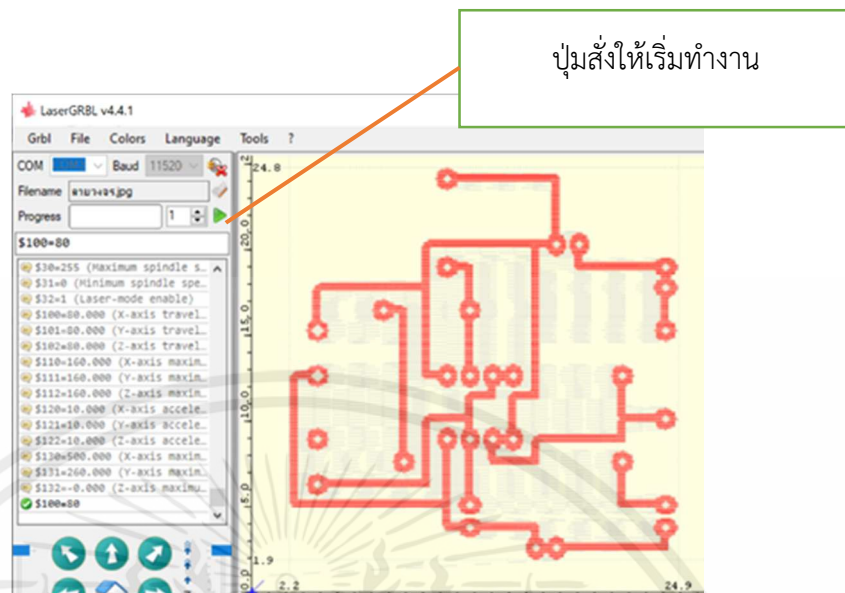
6. ก่อนเริ่มชิ้นงานโปรแกรมจะแสดงการตั้งค่าขนาด ความเร็วในการแกะสลัก และจุดเริ่มทำงาน ดังแสดงในรูป ข.6



รูป ข.6 การตั้งขนาดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

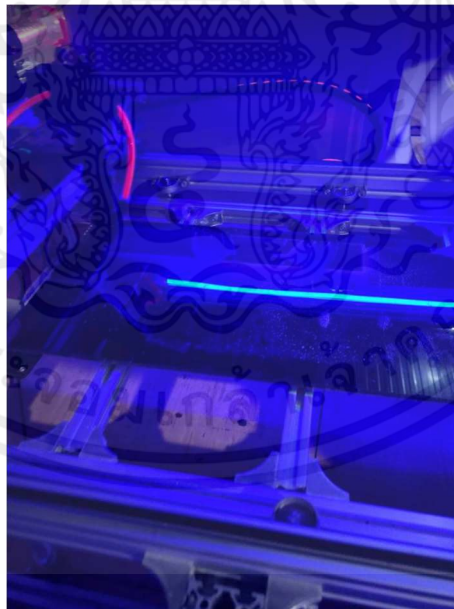
7. โปรแกรมจะแสดงภาพที่เลือกจากนั้นกดรันเพื่อเริ่มทำงาน ดังแสดงในรูป ข.7 รันโปรแกรม



ปุ่มสั่งให้เริ่มทำงาน

รูป ข.7 รันโปรแกรม

8. เมื่อกดปุ่มเครื่องจะเริ่มทำงานตามคำสั่ง ดังแสดงในรูป ข.8



รูป ข.8 เครื่องทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

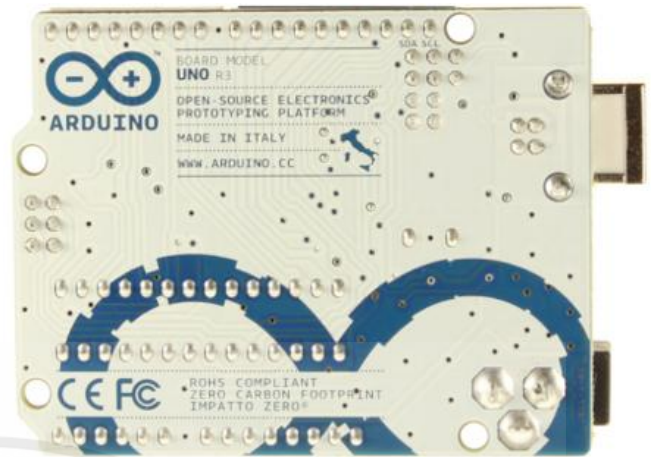
คู่มือการใช้งานอุปกรณ์(Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Arduino Uno



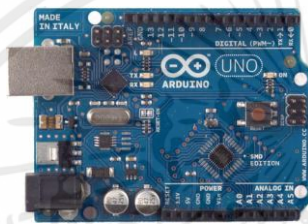
Arduino Uno R3 Front



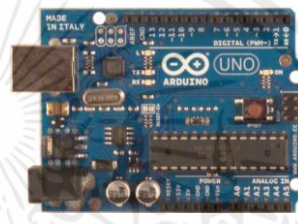
Arduino Uno R3 Back



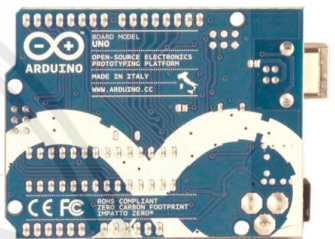
Arduino Uno R2 Front



Arduino Uno SMD



Arduino Uno Front



Arduino Uno Back

## 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:

- 1.0 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 versions, see the [index of Arduino boards](#).

## Summary

Microcontroller ATmega328

Operating Voltage 5V

Input Voltage (recommended) 7-12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 การบริการนี้ฟรี \* ฟังสนธิ ขก หงษ์ รม มีเพ็ดเตปแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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.

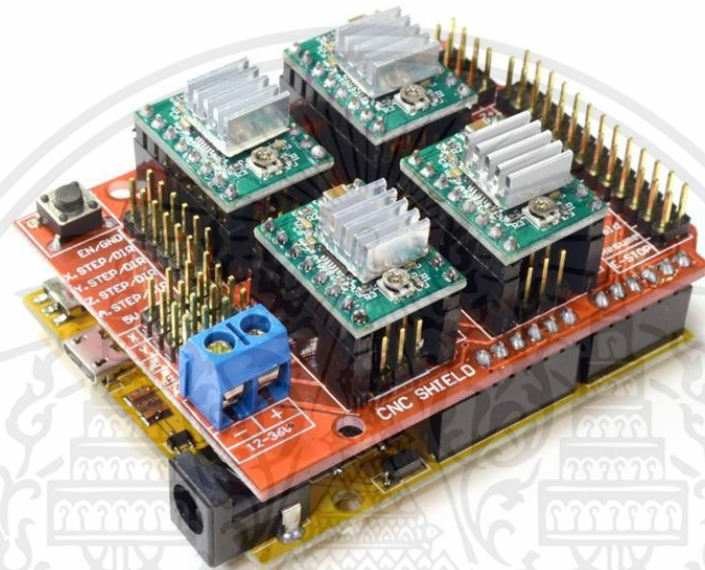
## Physical Characteristics

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3-Axis CNC/Stepper Motor Shield for Arduino

The Arduino CNC Shield makes it easy to get your CNC projects up and running in a few hours. It uses opensource firmware on Arduino to control 4 stepper motors using 4 pieces of A4988 Stepper Motor driver breakout board, with this shield and ArduinoUno/Mega, you can build all kinds of robotics, linear motion project or projects including CNC routers, laser cutters and even pick&place machines.



SKU: [DRV1001](#)

### Brief Data:

- GRBL 0.9 compatible. (Open source firmware that runs on an Arduino UNO that turns G-code commands into stepper signals)
- 4-Axis support (X, Y, Z , A-Can duplicate X,Y,Z or do a full 4th axis with custom firmware using pins D12 and D13)
- 2 x End stops for each axis (6 in total)
- Coolant enable
- Uses removable A4988 compatible stepper drivers. (A4988, DRV8825 and others)(Not Included)
- Jumpers to set the Micro-Stepping for the stepper drivers. (Some drivers like the DRV8825 can do up to 1/32 micro-stepping )
- Compact design.
- Stepper Motors can be connected with 4-pin Molex connectors or soldered in place.
- Runs on 12-36VDC. (At the moment only the DRV8825 drivers can handle up to 36V so please consider the operation voltage when powering the board.)

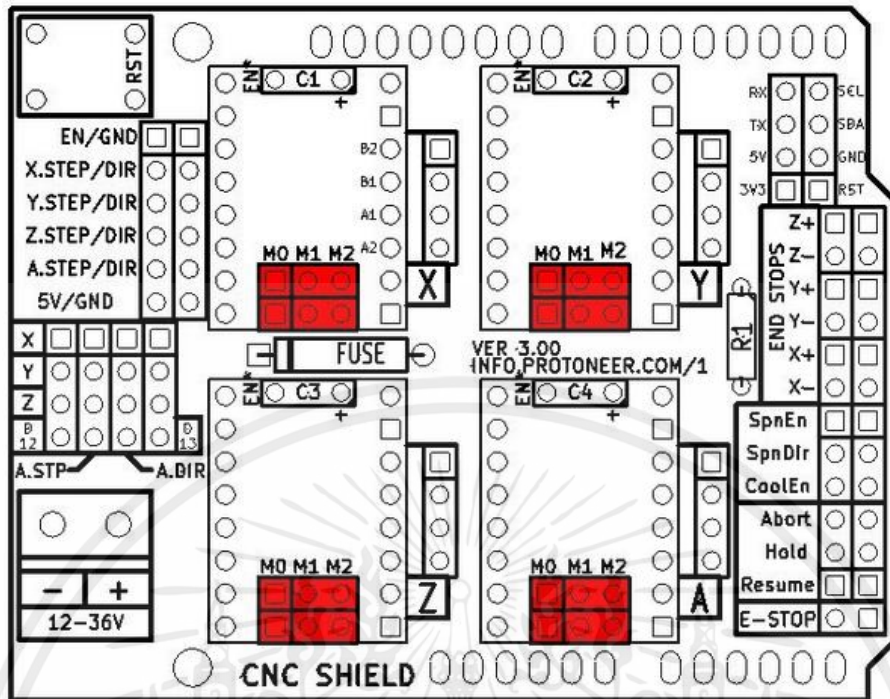
## Table of Contents

1. Configuring Micro Stepping for Each Axis.....	3
2. GRBL Control Software/Firmware for Arduino .....	4
3. Hooking Up the Stepper Motor to CNC Shield.....	7
4. G-Code Sender .....	8
5. Recommended Driver Board & Accessory .....	10



# 1. Configuring Micro Stepping for Each Axis

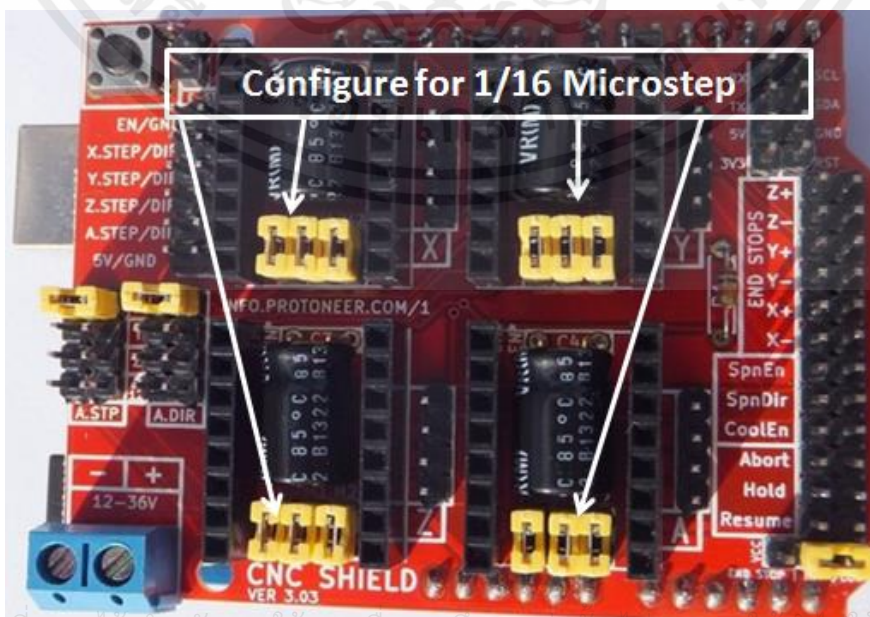
Each axis has 3 jumpers that can be set to configure the micro stepping for the A4988 plug-in driver board.



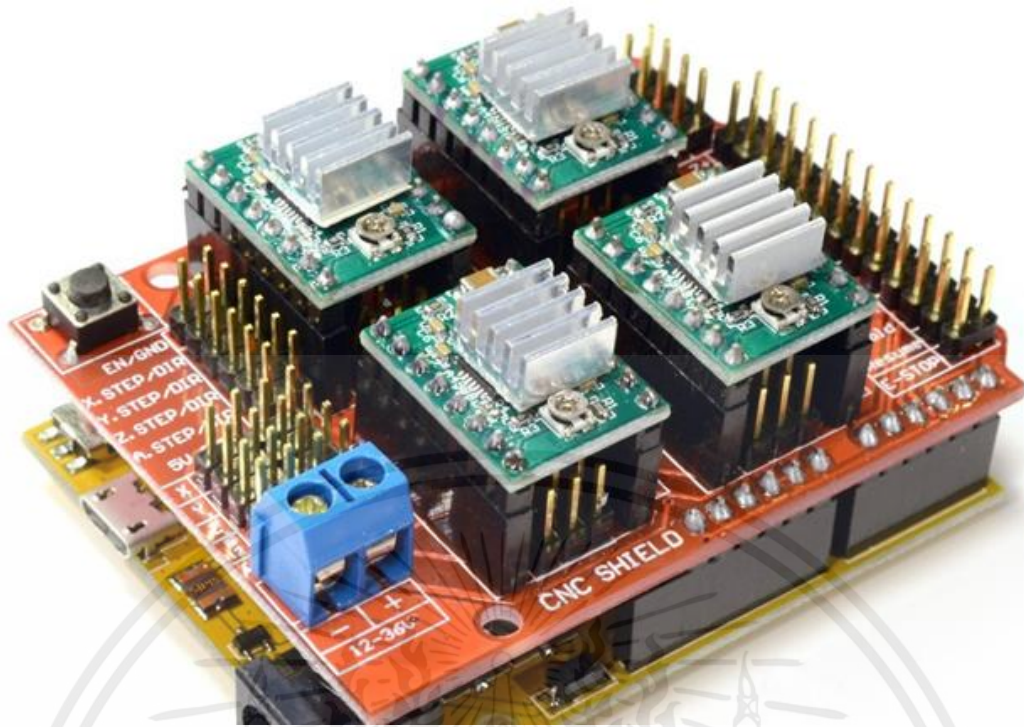
Micro-stepping jumper location, before inserting A4988.

In the tables below 'High' indicates that a jumper is insert and 'Low' indicates that no jumper is inserted.

MS0	MS1	MS2	Microstep Resolution
Low	Low	Low	Full Step
High	Low	Low	1/2 Step
Low	High	Low	1/4 Step
High	High	Low	1/8 Step
High	High	High	1/16 Step



After setting the microstep jumper, you can plug-in A4988 driver boards as shown in the photo below. The photo also shown this CNC sit nicely on top of Arduino Uno board, without any external jumper wires.



**!!! Beware of the orientation of the A4988 driver boards! You will destroy the A4988 driver board if plug-in with wrong orientation.**

## 2. GRBL Control Software/Firmware for Arduino

Before you can use this CNC shield with Arduino, a control firmware need to be downloaded into Arduino board. We are going to use 'GRBL' to accomplish our job. GRBL is open-source software that runs on an Arduino Uno that takes G-Code commands via Serial and turns the commands into motor signals. Grbl is a no-compromise, high performance, low cost alternative to parallel-port-based motion control for CNC machine. It accepts standards-compliant g-code and has been tested with the output of several CAM tools with no problems. Arcs, circles and helical motion are fully supported, as well as, all other primary g-code commands. Macro functions, variables, and most canned cycles are not supported, but we think GUIs can do a much better job at translating them into straight g-code anyhow.

A copy of this open-source firmware can be downloaded from the below link:

Following the below steps to prepare this CNC Shield board to function properly:

1. Download a copy of GRBL from: <https://github.com/grbl/grbl>

An open source, embedded, high performance g-code-parser and CNC milling controller written in optimized C that will run on a straight Arduino <https://github.com/grbl/grbl/wiki>

631 commits

5 branches

0 releases

24 contributors

GPL-3.0

Branch: master

New pull request

Find file

Clone or download

chamnit Non-CoreXY compiling fix.

- build Git fix for empty directory. Makefile updated.

- doc Non-CoreXY compiling fix.

- grbl Non-CoreXY compiling fix.

- .gitignore Merge branch 'edge'

- COPYING Homing alarm upon no switch. Licensing update.

- Makefile Added restore settings defaults command.

- README.md No variable spindle and spindle speed.

Clone with HTTPS

Use Git or checkout with SVN using the web URL.

Open in Desktop

Download ZIP

2 years ago

2 years ago

a year ago

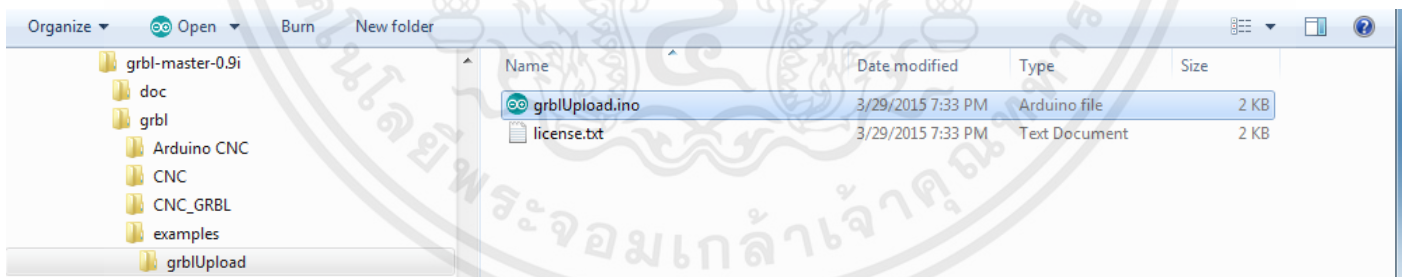
months ago

Click here to download this zip file.

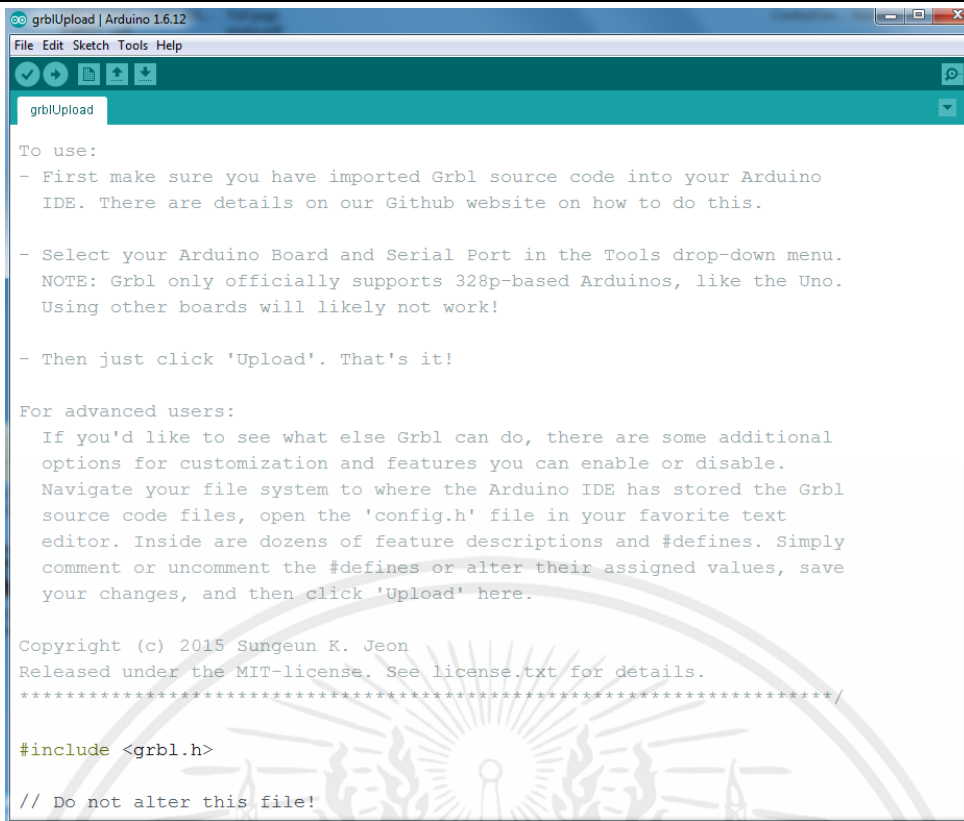
# grbl

Unzip this file into your local hardisk location, you may want to create a special new folder for this purpose for easy locating of all files needed in your project. Locate an Arduino sketch '*grblUpload.ino*' in this folder where you have unzip the files.

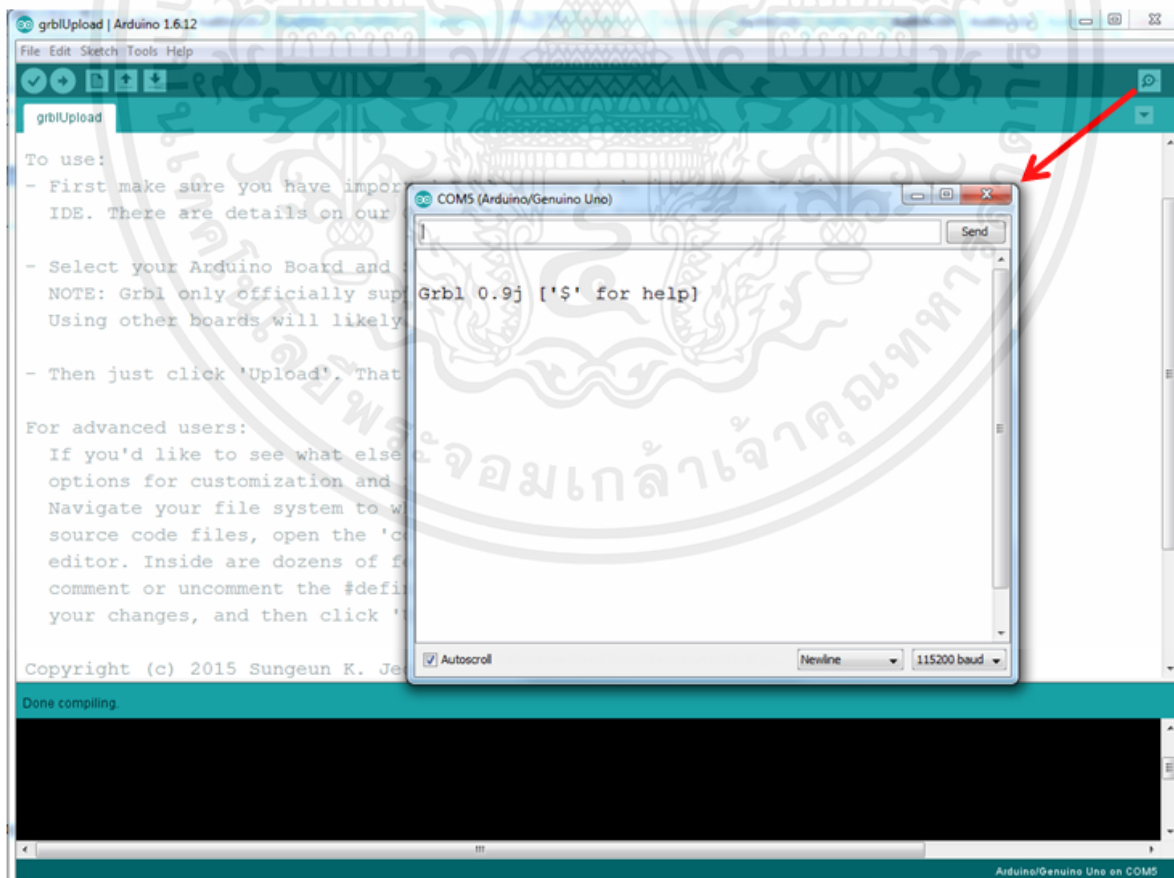
Below is the files structures located in my local hardisk:



Open up this sketch '*grblUpload.ino*' and you should see the screen as below:



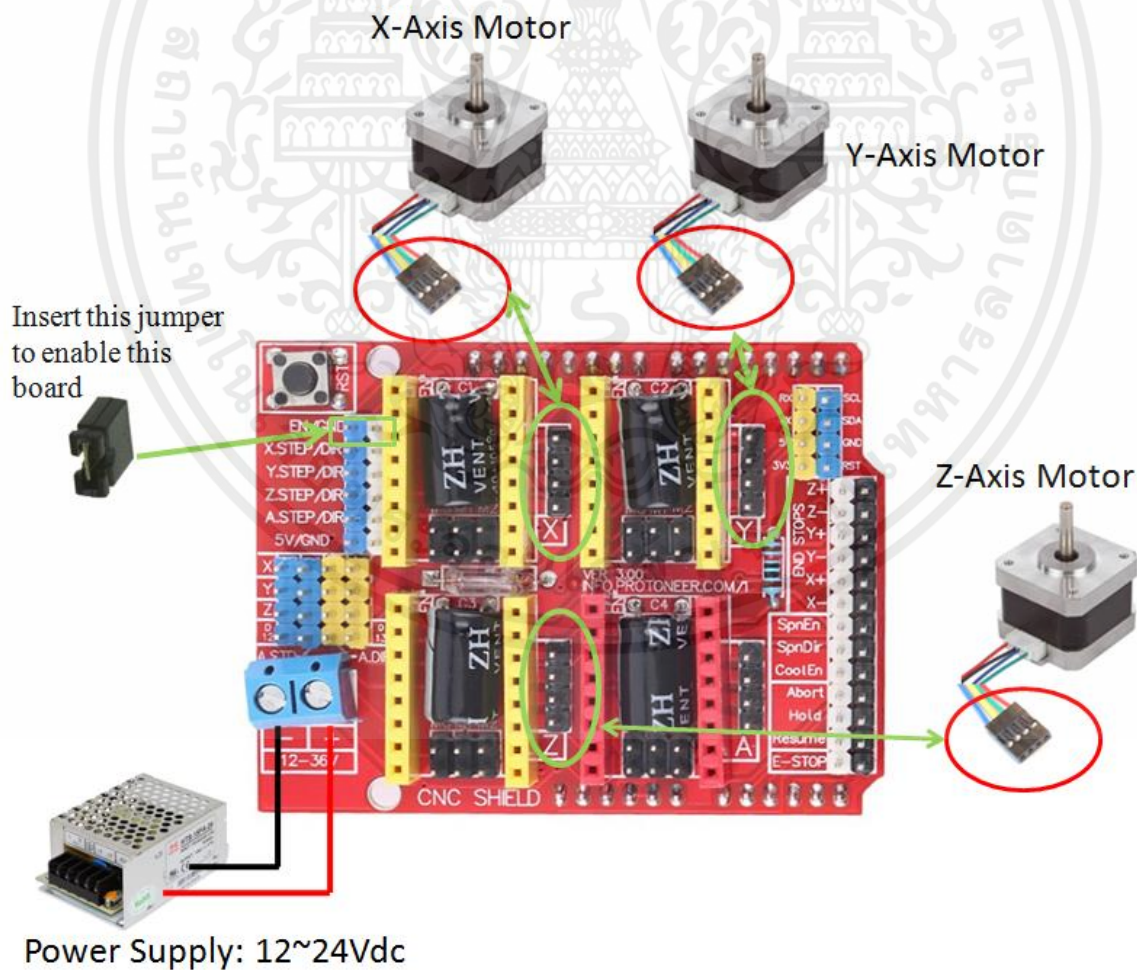
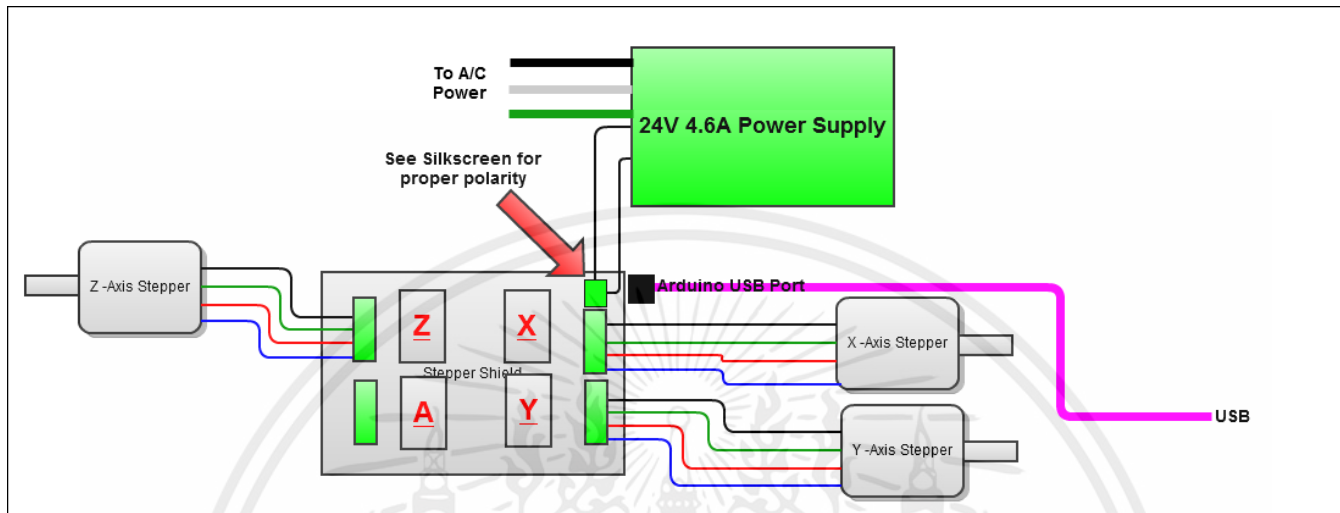
Click the upload icon as usual to 'compile/upload' as you normally upload Arduino sketch. When you see 'done uploading', click the 'Serial Monitor' on Arduino IDE as shown below:



If you can receive response message “ *Grbl 0.9j ['\$' for help]* ” from your Serial Monitor, congratulation! You have successful uploaded the ‘GRBL’ firmware into your Arduino board.

### 3. Hooking Up the Stepper Motor to CNC Shield

Connect steppers motor to CNC Shield board as the below block diagram. of the CNC Shield connected to 3-stepper motor:



Your CNC Shield board is now ready to go for a test run, let's try to turn the motor as to our instruction !!

## 4. G-Code Sender

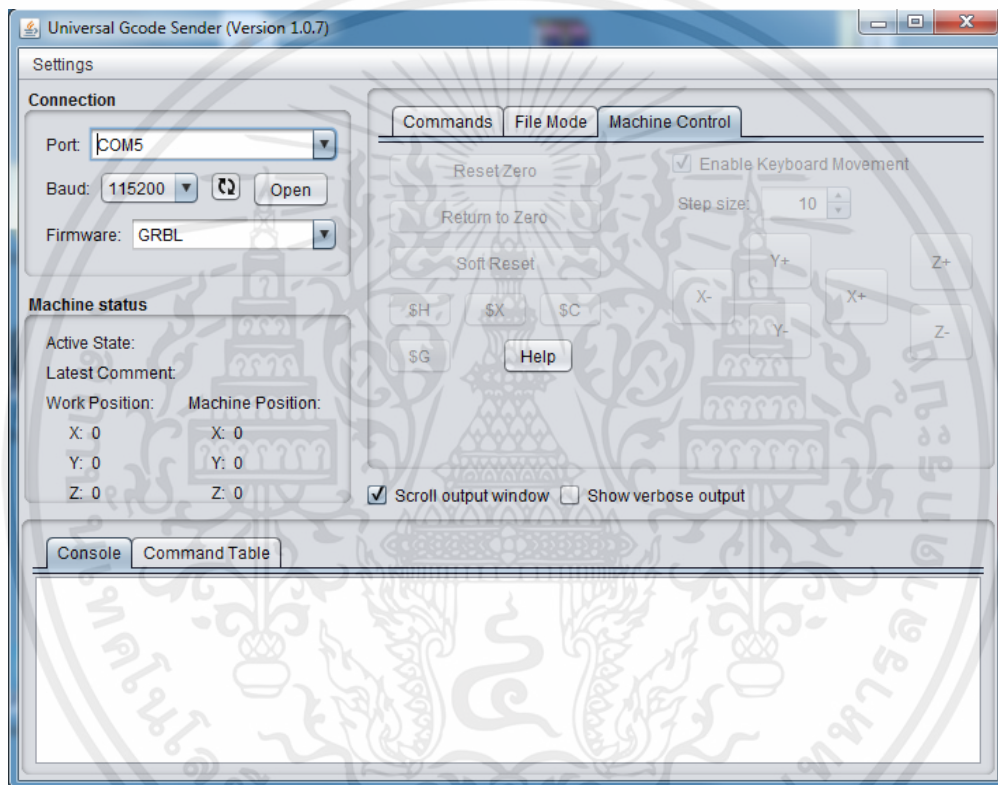
To send commands to your CNC/3-axis stepper motor driver board you need a g-code sender to send command and instruction.

[Download the Universal-G-Code-Sender.](#)

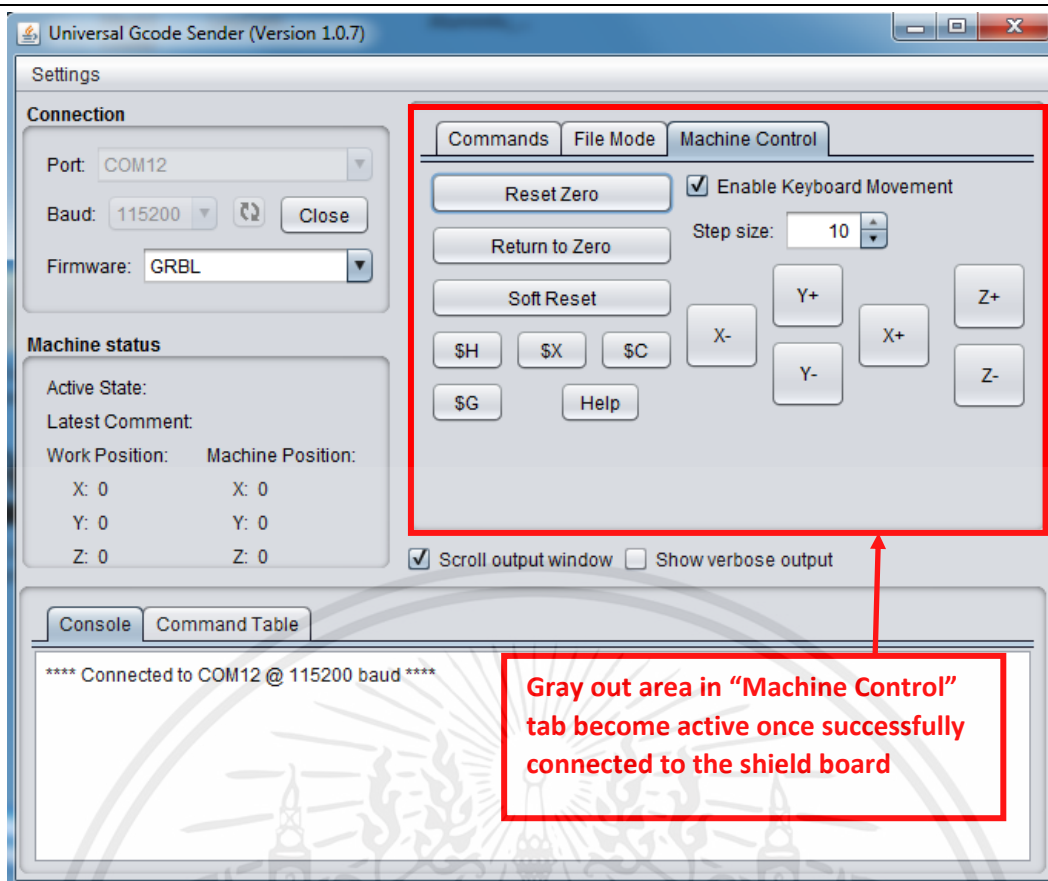
Universal GcodeSender is a Java based GRBL compatible cross platform G-Code sender. Use this program to run a GRBL controlled CNC machine. Once downloaded, connect the UNO board USB to your computer and take note of the COM port it is connected to.

Run the *start-windows.bat* or the *JAR* file directly.

You will be presented with the following screen:



Click the “Machine Control” tab. Select the “Port” number which your Arduino board is attached to. Select 115200 as the Baud rate as this is the speed configured in “GRBL” firmware. Click “Open” button to start the communication for controlling this shield board.



Now, you are ready to control the XYZ stepper motor connected to shield board. Click X+ or X- for example, the stepper motor attached to X terminal will turn in forward or reverse direction.

This will complete our initial setup for driving 3-axis stepper motor connected to this shield board with "GRBL" loaded to Arduino controller board using "Universal G-Code Sender" user interface.

## 5. Recommended Driver Board & Accessory

- [CNC/3-Axis Stepper Motor Driver Shield for Arduino Board](#)
- [A4988 Stepper Motor Driver Module](#)
- [GT2 Pulley 5mm Bore](#)
- [5mm to 8mm Motor Shaft Coupler](#)





# Handsontec.com

*We have the parts for your ideas*

HandsOn Technology provides a multimedia and interactive platform for everyone interested in electronics. From beginner to diehard, from student to lecturer. Information, education, inspiration and entertainment. Analog and digital, practical and theoretical; software and hardware.



HandsOn Technology support Open Source Hardware (OSHW) Development Platform.

*Learn : Design : Share*

[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

The Face behind our product quality...

In a world of constant change and continuous technological development, a new or replacement product is never far away – and they all need to be tested.

Many vendors simply import and sell without checks and this cannot be the ultimate interests of anyone, particularly the customer. Every part sell on Handsotec is fully tested. So when buying from Handsontec products range, you can be confident you're getting outstanding quality and value.

We keep adding the new parts so that you can get rolling on your next project.



[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

[Breakout Boards & Modules](#)



[Connectors](#)



[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

[Electro-Mechanical Parts](#)



[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

[Engineering Material](#)



[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

[Mechanical Hardware](#)



[Electronics Components](#)



[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

[Power Supply](#)



[Arduino Board & Shield](#)



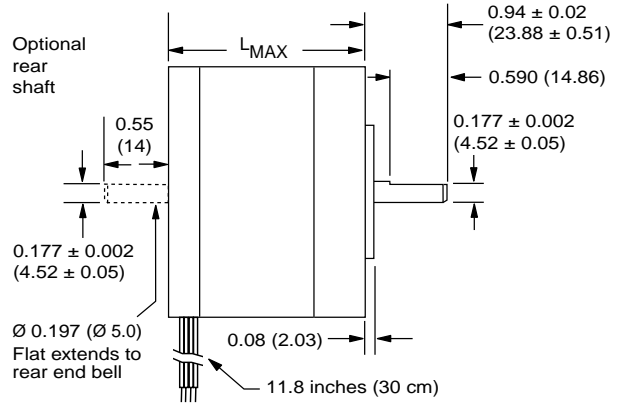
[www.handsontec.com](http://www.handsontec.com)

[Tools & Accessory](#)

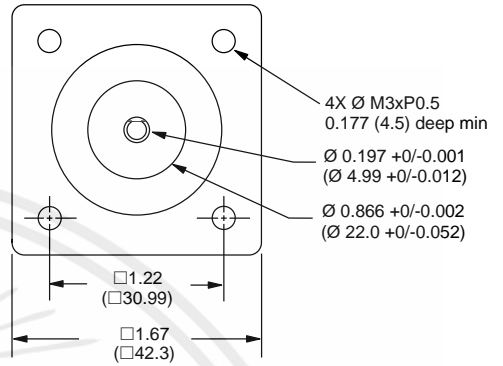
**Quick Reference** **NEMA size 17 1.8°**  
**2-phase stepper motor**



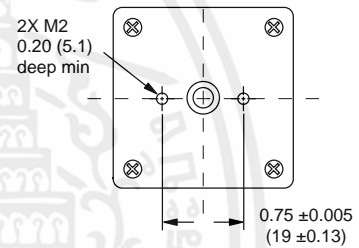
**Mechanical Specifications**  
Dimensions in inches (mm)



FRONT VIEW



REAR VIEW (Reduced)



Motor stack length inches (mm)	Single	Double	Triple
LMAX	1.34 (34.0)	1.57 (40)	1.89 (48)



**Notes and Warnings**

Installation, configuration and maintenance must be carried out by qualified technicians only. You must have detailed information to be able to carry out this work.

- Unexpected dangers may be encountered when working with this product!
- Incorrect use may destroy this product and connected components!

For more information, go to [www.imshome.com](http://www.imshome.com)

**Specifications**

1.5 Amp motors		Single length	Double length	Triple length
Part number		<b>M-1713-1.5 • (1)</b>	<b>M-1715-1.5 • (1)</b>	<b>M-1719-1.5 • (1)</b>
Holding torque	oz-in	32	60	75
	N-cm	23	42	53
Detent torque	oz-in	1.7	2.1	3.5
	N-cm	1.2	1.5	2.5
Rotor inertia	oz-in-sec <sup>2</sup>	0.000538	0.0008037	0.0011562
	kg-cm <sup>2</sup>	0.038	0.057	0.082
Weight	oz	7.4	8.1	12.7
	grams	210	230	360
Phase current	amps	1.5	1.5	1.5
Phase resistance	ohms	1.3	2.1	2.0
Phase inductance	mH	2.1	5.0	3.85

(1) Indicate S for single-shaft or D for double-shaft. Example M-1713-1.5S

**Wiring and Connections**

Signals and wire colors	
Phase A	Red
Phase /A	Blue
Phase B	Green
Phase /B	Black

**Part Numbers**

<b>Example:</b>	<b>M - 1 7 1 3 - 1.5 S</b>
<b>Stepper motor frame size</b>	<b>M - 1 7 1 3 - 1.5 S</b>
<b>M-17 = NEMA 17 (1.7"/42 mm)</b>	
<b>Motor length</b>	<b>M - 1 7 1 3 1.5 S</b>
13 - = single stack	
15 - = double stack	
19 - = triple stack	
<b>Phase current</b>	<b>M - 1 7 1 3 - 1.5 S</b>
1.5 = 1.5 Amps	
<b>Shaft</b>	<b>M - 1 7 1 3 - 1.5 S</b>
S = single, front shaft only	
D = double, front and rear shafts	
<b>Optional optical encoder (1)</b>	<b>M - 1 7 1 3 - 1.5 E S 1 0 0</b>
ES = Single-end	
ED = Differential	
<b>Line count</b>	
100, 200, 250, 400, 500 or 1000 (2)	

(1) An encoder replaces the shaft designator in the part number.

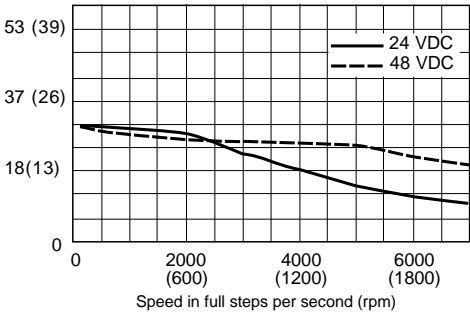
(2) All encoders have an index mark, except the 1000 line count version.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Torque-speed performance**  
Measured at 1.5 Amps RMS

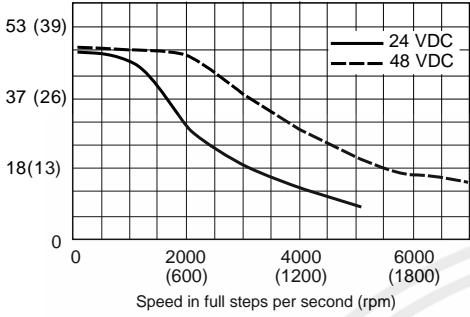
**M-1713-1.5**

Torque in oz-in (N-cm)



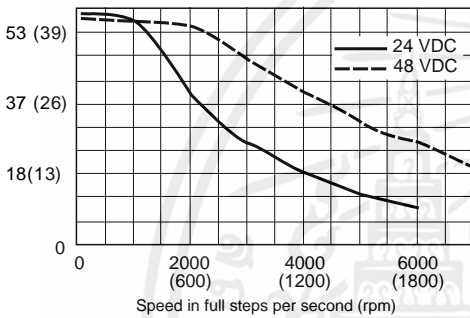
**M-1715-1.5**

Torque in oz-in (N-cm)



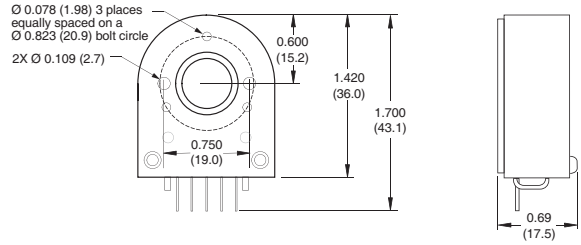
**M-1719-1.5**

Torque in oz-in (N-cm)



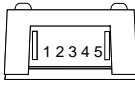
**Optical Encoder Option**

Dimensions in inches (mm)



**Connectivity**

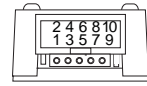
single-end encoder



wire	function
1 Brown	Ground
2 Violet	Index
3 Blue	Channel A
4 Orange	+5 VDC input
5 Yellow	Channel B

optional interface cable available: ES-CABLE-2

differential encoder

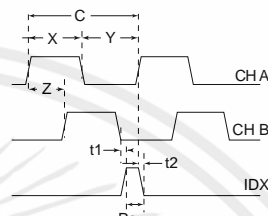


pin	function	pin	function
1	no connect	6	Channel A+
2	+5 VDC input	7	Channel B -
3	Ground	8	Channel B+
4	no connect	9	Index -
5	Channel A -	10	Index +

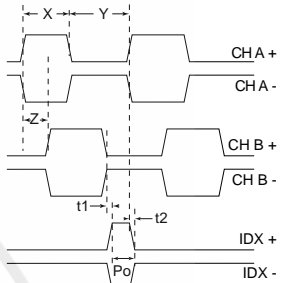
interface cable included

**Timing**

single-end encoder



differential encoder



Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Cycle error			3	5.5	°e
Symmetry		130	180	230	°e
Quadrature		40	90	140	°e
Index pulse width	Po	60	90	120	°e
Index rise (after Ch A or B rise)	t1	-300	100	250	ns
Index fall (after Ch A or B fall)	t2	70	150	1000	ns

C One cycle: 360 electrical degrees (°e).  
 X/Y Symmetry: the measure of the relationship between X and Y, nominally 180°e.  
 Z Quadrature: the phase lead or lag between channels A and B, nominally 90°e.  
 Po Index pulse width, nominally 90°e.  
 NOTE: Rotation is as viewed from the cover side of the encoder.

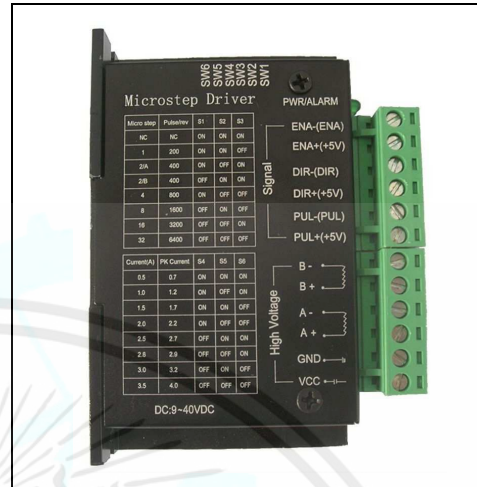
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TB6600

# Stepper Motor Driver

## Analog Driver Model TB6600

Analog Technology, max. 40 VDC / 4.0 A (PEAK)



### Product Description:

The TB6600 single axis drive is a low cost microstepping drive. It is suitable for driving 2-phase and 4-phase hybrid stepper motors. Not for professional applications.

### Features:

- Cost-effective
- Supply voltage up to +40 VDC, Output current up to 4.0 A (PEAK)
- Output current selectable in 8 steps via DIP-switch
- Automatic idle-current reduction (in standstill mode) to reduce motor heating
- Pulse input frequency up to 20 kHz
- Input suitable for 5 V signals
- Inputs are optically isolated
- 6 selectable microstep resolutions, up to 6400 steps/rev with standard 1.8° motors
- Suitable for 2-phase and 4-phase motors
- Supports PUL/DIR mode
- Over current and overheat protection

### Electrical Specifications:

Parameters	Min	Typ.	Max	Unit
Output current	0.7	-	4.0 (3.5 RMS)	A
Supply voltage	+9	+36	+40	VDC
Logic signal current	8	10	15	mA
Puls input frequency	0	-	20 when duty cycle is 25 high / 75 low 13 when duty cycle is 50 / 50	kHz
Insulation resistance	500			MΩ

### Further Specifications:

Microsteps / 1,8 °	200		6400
PUL / DIR		yes	
NEMA sizes	17		24
Motor type Mecheltron	42BYGH-XXXX		60BYGH-XXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น 22.01.18

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

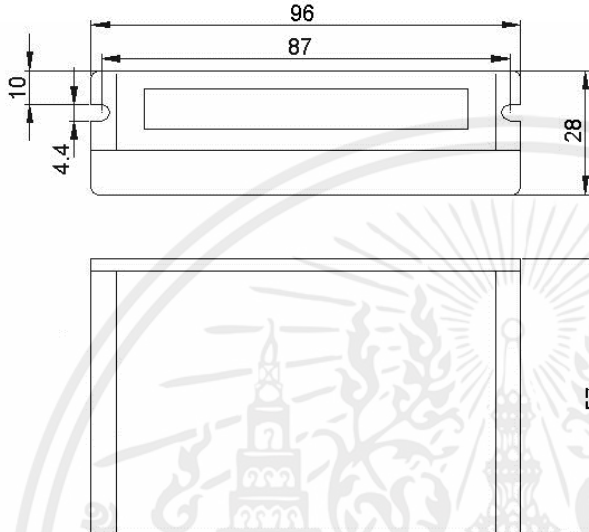
# TB6600

# Stepper motor driver

Analog Driver

Model TB6600

**Mechanical Specifications:** (Unit: mm)

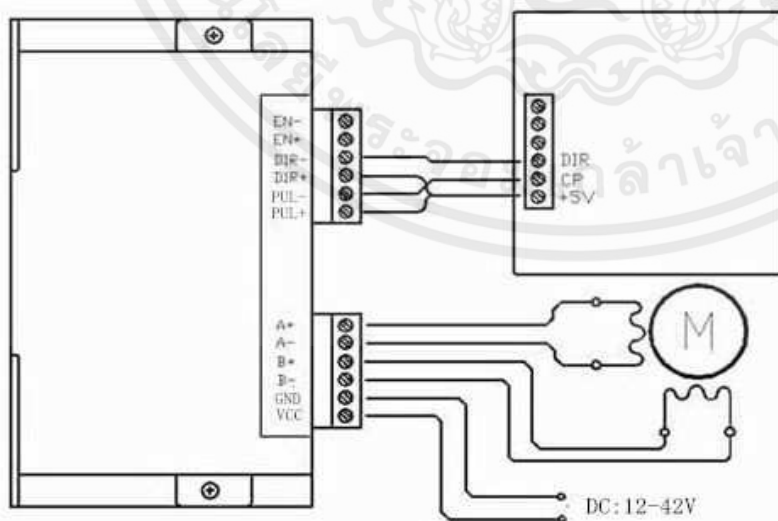


**Applications:**

Suitable for a wide range of stepping motors of NEMA sizes 17, 23 and 24 (42x42 mm to 60x60 mm). It can be used in various kinds of machines, such as X-Y tables, engraving machines, labeling machines, laser cutters, pick-place devices, and so on. Particularly well suited for applications where low noise levels, less heat development, high speed and high precision are desired.

**Typical Connection Schematic:**

A typical system consists of stepper motor, stepper motor driver, power supply and controller. The following image shows a typical connection schematic:



Logic control signals which have 5 V can be connected directly;

R 1kΩ must be connected in line when control signal is 12V;

R 2kΩ must be connected in line when control signal is 24V to ensure control signal current is 8mA to 15mA.

22.01.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 40W Power Supply for CO<sub>2</sub> Laser Tubes

It is combination of high quality & reasonable price. It has good compatibility, fast response speed, open circuit protection.

### I . Main Features

- 1) **Good compatibility:** It can be applicable to 40W and 30W laser tube.
- 2) **Fast response speed and effect.**
- 3) Dramatically lengthen the life of laser.
- 4) **Easy Control:** The start and stop of laser can be easily controlled by TTL level. And there are protection switch to test the external water, ventilation, etc.
- 5) **Easy control of laser power:** Both 0-5V analog signal and PWM signal can control the laser power.
- 6) The power supply has **open circuit protection:** Under the condition of good protective earthing, the power supply can work in open-circuit for a short time, which could avoid the damage of laser power supply because of the bursting of laser tube, thereby enhancing the life of power supply.
- 7) The power supply can take feedback interface which can be used in closed-loop control and testing the working current of laser.
- 8) The power supply adds a new function, that is timely scene judging which part is damaged, laser tube or laser power.
- 9) Application: acrylic sculpture, cut; fabric sculpture, cut; rubber sheet sculpture, cut, etc.

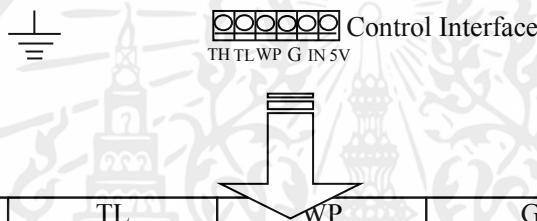
### II . Specification

Input	Input Voltage	AC220V or AC110V (to be specified when placing order)	
	AC frequency	47—440HZ	
	Cold Surge Current	≤60A(AC220V Input)	≤30A(AC110 Input)
	Current Leakage	≤ 0.7MA ( AC220V Input)	≤ 0.4MA(AC110V Input)
Output	Maximum Input Voltage	DC 25KV	
	Maximum Output Current	DC 20MA	
Efficiency	≥90% (full load)		
Mean Time Between Failure (MTBF)	≥10000H		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Response Speed	≤1ms (from the switch Signal is given to the output current up to 90% of the setting current)
Control Interface	TTL level switch control; high or low effective level can be chosen (details refer to the control terminal specification)
Withstand Voltage	Input-Output, Input-Shell: AC1500V 10MA 60S; Output negative is connected with machine shell.
Protection	can work in open-circuit condition for a short time (Require a good protective earthing and avoid arc between the positive and the machine shell)
Environment	Operating Temperature : -10~40°C) , Relative Humidity (RH)≤90%
Cooling Way	Force-Air Cooling (FAC)
Dimension	L×W×H=167*144*97(mm)

### III. Terminal definition

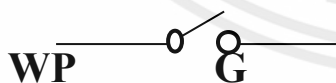


TH	TL	WP	G	IN	5V
----	----	----	---	----	----

#### Terminal definition

TH	Input Signal	The control of laser: TH≥3V, emitting laser; TL≤0.3V, no laser.
TL	Input Signal	The control of laser: TH≥3V, emitting laser; TL≤0.3V, no laser.
WP*1	Input Signal	The control of laser: TH≥3V, emitting laser; TL≤0.3V, no laser.
G	GND	This foot must be connected well with the shell of laser machine and the ground of control board.
IN*2	Input Signal	The control of laser power: Both 0-5V analog signal and PWM signal can control the laser power.
5V	Output Power	Output 5V, the maximum output current is 20mA.

**NOTE:** 1. WP can be used as detecting end of blower switch or water detection switch. If WP and ground are not connected by empty node like picture 1, but connected through optocoupler, the connection will be like picture 2.



Picture 1



Picture 2

2. When the laser power is controlled by PMW, the frequency of PWM must be equal or greater than 20 kHz and the amplitude (P-P) is smaller or equal to 5V.

#### Function of control interface:

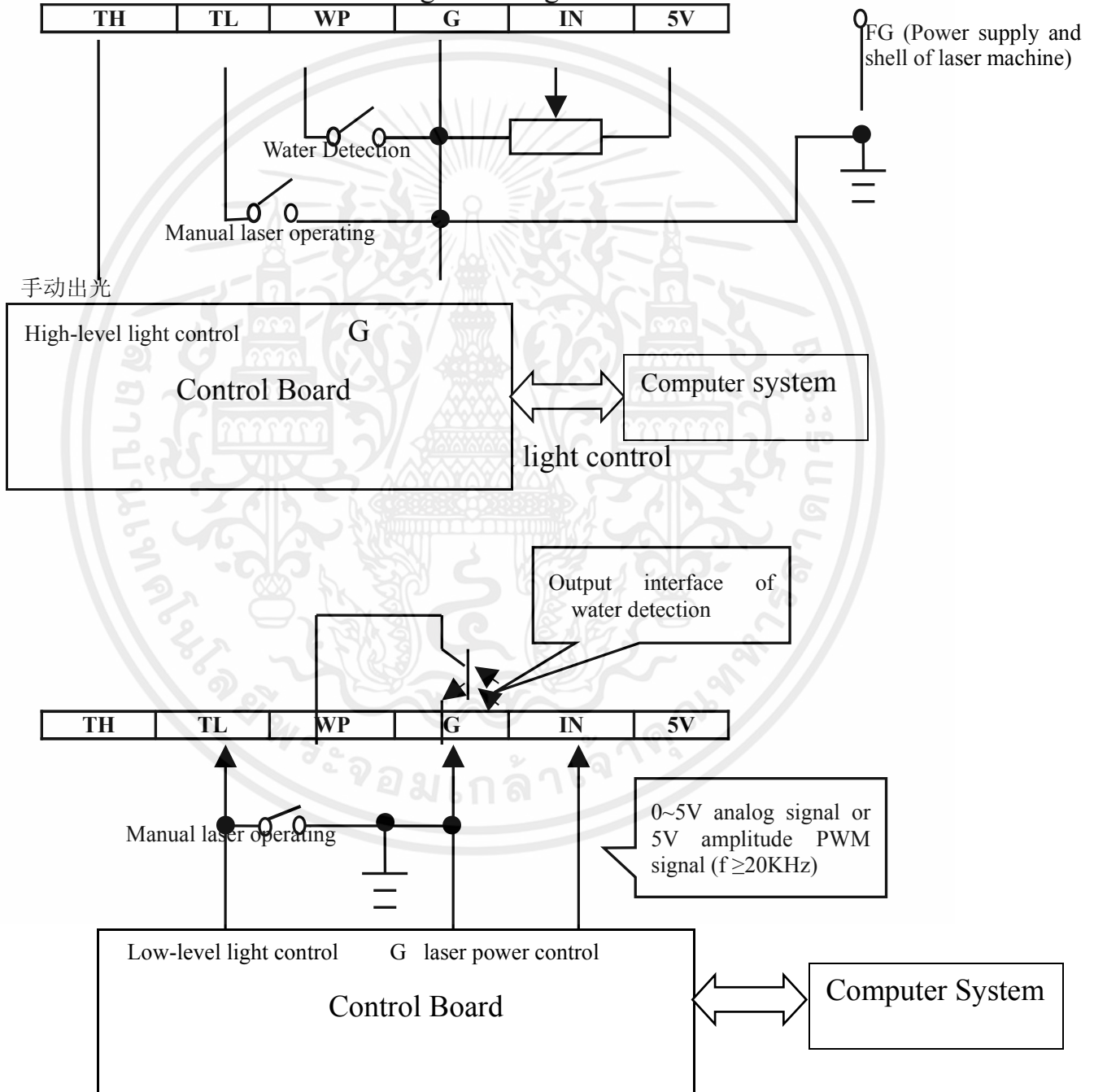
TH	TL	WP	IN	Laser Output
hang in the air	Low(≤0.3V)	Low(≤0.3V)	0—5V or PWM	Emitting laser Power: P <sub>min</sub> ~P <sub>max</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Low( $\leq 0.3V$ )		hang in the air	Output 40% laser
	High( $\geq 3V$ )		All value is ok	No laser
High( $\geq 3V$ )	hang in the air		0-5V 或 PWM	Emitting laser, $P_{min} \sim P_{max}$
Low( $\leq 0.3V$ )			hang in the air	Output 40% laser
Low( $\leq 0.3V$ )			All value is ok	No laser
All value is ok	All value is ok	High( $\geq 3V$ )		No laser

#### IV. The connection of power supply and control board

##### 1. Recommended connection: High-level light control



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# CO<sub>2</sub> Laser Tube - Model W

## Instruction Manual



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Contents

1. Safety Information.....	3
1.1 Safety Symbols.....	3
1.2 Laser Safety Level.....	3
1.3 Safety Symbols.....	3
1.4 Other safety precautions.....	4
2. Product introduction.....	4
2.1 Features.....	4
2.2 Unpacking and inspection.....	5
3. Installation.....	5
3.2 The Parameters of Model W CO2 Laser Tube.....	6
3.3 The Parameters of Power Supply.....	6
3.4 Requirement for Installation.....	6
3.5 Working Conditions.....	7
3.6 Working Functions.....	7
3.7 Notices.....	7
3.8 Safety.....	7
3.9 Storage and transportation requirements.....	8

## 1. Safety Information

Thank you for choosing Reciprocal CO2 laser tube. This user manual provides you with important information on safety, operation and maintenance. Please read it carefully before using the product. To ensure safe operation, please observe the following cautions, warnings and other information in this manual.

### 1.1 Safety Symbols



Cautions:

Refer to a potential hazard on products. It requires a procedure, if not correctly followed, may result in damage to the product or components. In order to ensure normal use of requirement, do not violate the requirement of the CAUTION Sign.

Table 1

### 1.2 Laser Safety Level



Cautions:

Refer to a potential hazard on people or products.

Table 2

This product belongs to safety level 4. It emits laser radiation with a wavelength around 10600nm and the laser power radiated by the output head is bigger than the rated power (depending on the model). The eyes or skin will be damaged if direct or indirect exposure to such light intensity. Although the radiant light is not visible, the beam still causes irreparable damage to the retina or cornea. Thus, appropriate and certified laser safety glasses must be worn throughout the operation.

### 1.3 Safety Symbols



Figure 1 Location of safety symbols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1 shows the product and the location of safety symbols. These safety symbols mainly include safety warnings, laser output warnings, and strong electric warnings. All is described in detail as follows:



	
<p>1. Avoid exposure visible and/or invisible laser radiation is emitted from this aperture.</p>	<p>2. Warning: Refer to a potential laser hazard. The symbol represents laser radiation. The symbol is pasted on laser output end.</p>

Table 3 Safety symbols

#### 1.4 Other safety precautions

Do not look directly at the laser output head while the laser is running;

Please strictly follow the product manual to operate the laser, otherwise any damage to the laser will not be responsible.

## 2. Product introduction

### 2.1 Features

**Technical advantages:** high product qualification rate, and the independent processing capacity for core components;

**Standardization:** The production process is highly automated;

**Power advantage:** the power is more than 10w higher compared with the same specification of other brands.

**Beam quality:** Beam quality of all laser tube can reach more than 95% of TEM00. The product consistency is good.

**Long warranty:** 12-18 months warranty, most can be used around 3 years, actually.

**Advantages of Optical Resonators:** The lithographic discharge tube for spatial filtering has been recently developed, which can improve power and product consistency. With the technology launched, it expands

the leading position in the industry.

**Advantages of optical coating:** After more than three years of review, the radiation safety license was successfully applied. Reci is only one nuclear radioactive material coating company in Asia, and the second in the world. Reci vacuum-deposits the radioactive isotope material from the crucible to the optical lens. This material has a very low absorption of 10.6um and is irreplaceable.

## 2.2 Unpacking and inspection

The company has designed specifically a wooden box to ensure that the laser is always protected during transportation. However, in order to prevent unpredictable situations during transportation, the user still needs to carefully check whether the package is correctly placed before unpacking, and there is no damage such as collision, cracking, rain and flooding on the outside of the box. Once you find that there is an abnormality in the external cabinet, please contact the sales manager in time to deal with it as soon as possible. After unpacking, please check if the packing list is consistent with the actual items. If you have any questions, please contact the sales manager in time.

## 3. Installation

### 3.1 Installation diagram of model W laser tube

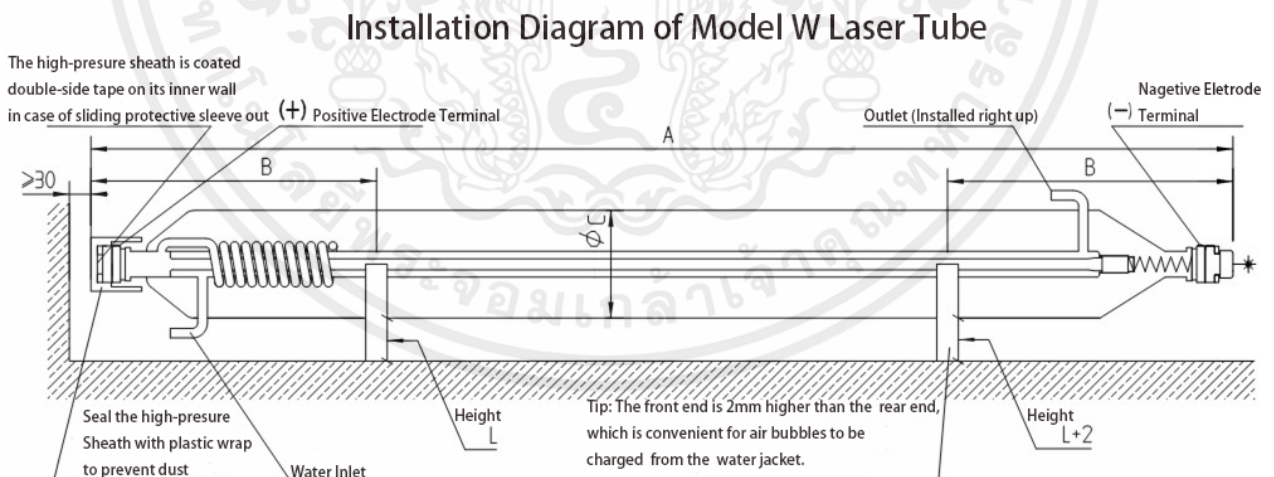


Figure 2 Diagram

Length A: Length of the tuber

Length B: The recommended distance from the ends of laser tube where pipe rack be placed.

Length C: The Diameter of Laser Tube

Unit: (mm)

### 3.2 The Parameters of Model W CO2 Laser Tube

Model Name	Length (mm)	Mounting Position (mm)	Diameter (mm)	Ignition Voltage (KV)	Recommended Current (mA)	Target Power (W)	Max Power (W)
W1	1100	240	80	19	22	75	90
W2	1250	260	80	19	24	90	100
W4	1400	280	80	24	26	100	130
W6	1650	320	80	28	28	130	160
W8	1850	320	90	30	28	150	180

Table 4

### 3.3 The Parameters of Power Supply

Model W		W1	W2	W4	W6	W8
Input	Voltage	AC220V (110V Customized)				
	Frequency	47---440Hz				
	Max Power	550W	550W	1000W	1000W	1200W
	Max Current	5A	5A	10A	10A	12A
Output	Max Voltage	DC 40KV	DC 40KV	DC 50KV	DC 50KV	55KV
	Max Current	DC 28mA	DC 28mA	DC 38mA	DC 38mA	35mA

Table 5

Notice: All paras above only for reference.

### 3.4 Requirement for Installation

Please follow the above installation diagram. The specialized power supply should be matched with the specific tube. And the positive electrode carries a high voltage, and the ignition voltage should be reached to the specific parameters above. If not follow the above, fire, inner tube breakdown and water leakage will be caused.

### 3.5 Working Conditions

**Water cooling:** The cooling liquid is pure water with standard water temperature from 10°C to 50°C. And the flow rate is 2-5 liters per minute.

Application environment: temperature from 2°C to 40°C, humidity from 10% to 60%.

**Current:** The detection current is 28mA. The max operating current must be controlled at 28mA or less. And the long-term operating current must be controlled at 26 mA or below. Working life can reach 8,000 hours if the current is 24 mA or less. All current above must be based on the actual current of the ammeter connected in series on the cathode line. The undesired consequences by illegal operation may as below.

**Tips:** The negative electrode will turn yellowish if long-term overcurrent. What's more, it will shorten the life.

Please keep the plastic wrap around the high-pressure jacket to prevent dust from entering the vicinity of the electrode.

### 3.6 Working Functions

Working functions include cutting and engraving. Taking engraving as an example, 4mA is recommended to produce pulse with high frequency under preionization state for better engraving.

### 3.7 Notices

The surface of beam output lens cannot be scrubbed with any tools such as cotton balls, otherwise the power will be serious affected. Here are several methods for cleaning.

- (1) When the lens is contaminated, do not use the laser tube;
- (2) Blow the lens surface obliquely with balloon;
- (3) If the above no effect, user needs to remove the lens and use a cotton ball with a little alcohol to rotate the lens.
- (4) No need too much alcohol, but the glue layer of the adhesive lens cannot be touched in case of gas inside escaping.
- (5) The laser cannot be used till alcohol evaporating.
- (6) Do not scrub the lens with acetone. The best way to protect the lens is keeping the environment clean.
- (7) When testing the beam on plexiglass, please keep it 300mm from the mirror.

### 3.8 Safety

Goggles are necessary when debugging because the laser belongs to invisible beam. Positive electrode carries high voltage. By the way, users must pay attention to the safety signs.

### 3.9 Storage and transportation requirements

The cooling liquid must run out in storage or transportation;

The output must be covered with a dust-proof plastic wrap;

The storage temperature should be kept between 2-40°C and the humidity between 10-60%.

Packing: original package. Be sure to stick the sponge and laser tube with tape to prevent the laser tube from sliding longitudinally during transportation. The output lens should have a protruding sponge of 70 mm and the reflective lens 50 mm.



## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล

นายกษิต สีดาคำ

วัน เดือน ปีเกิด

7 พฤศจิกายน 2541

ที่อยู่

370/17 หมู่ 6 ซอย 6 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.  
เชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2560 สายวิทย์-คณิต

โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ

Tel : 091-851-9241

Email: naekasidit.1998@gmail.com



ชื่อ-นามสกุล

นายชัชวีสต์ ชาญกสิกรณ์

วัน เดือน ปีเกิด

1 ธันวาคม 2541

ที่อยู่

55/18 หมู่ 2 ซอย 21 ต.บางหมาก อ.เมืองจ.  
ชุมพร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2560 สายวิทย์-คณิต

โรงเรียนศรีวิทยาภัยจังหวัดชุมพร

Tel : 099-4080-943

Email: asdf.game@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# ใบรับรองรูปเล่มปริญญาานิพนธ์

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ชื่อโครงการ เครื่องกัลดายวงจรรีเล็ททรอนิกส์โดยเลเซอร์  
ELECTRONIC LASER MARKING CIRCUIT MACHINE

## ผู้จัดทำ

1. นาย กษิติศ สีตาคำ รหัสนักศึกษา...60511034.....
2. นาย ชัชวัสส์ ชาญกสิกรณ์ รหัสนักศึกษา...60511044.....

ด้วยข้าพเจ้า นักศึกษาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้จัดทำรูปเล่มปริญญาานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในการนี้ข้าพเจ้าได้แก้ไขเนื้อหาและจัดทำรูปเล่มตามข้อกำหนดของรูปเล่มปริญญาานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว จึงขอให้อาจารย์ตรวจสอบ และรับรองความถูกต้องเหมาะสมของปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วย

## อาจารย์รับรองรูปเล่มปริญญาานิพนธ์

- |                    |                                   |             |
|--------------------|-----------------------------------|-------------|
| 1.อาจารย์          | อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ | ลงชื่อ..... |
| 2.อาจารย์          | ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข          | ลงชื่อ..... |
| 3.อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล           | ลงชื่อ..... |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้