

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี
PCB CNC MACHINE

เจตพร จงรอดชาต
ผู้ค้นคว้า บัณฑิต

ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ตามวิทยานิพนธ์เรื่อง การออกแบบเครื่องจักรกลซีเอ็นซี สำหรับผลิต
แผงวงจรพิมพ์ด้วยเทคนิคการกัดด้วยเครื่องจักรกลซีเอ็นซี
ตามต้นแบบที่ออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา ๒๕๕๗

เครื่องแกะลายพีซีบี
PCB CNC MACHINE

เจตริน วรรณานกุล
ณัฐคนัย บัวสุข

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ปริญญาโทปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องแกะลายพีซีบี

PCB CNC MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นายเจตริน วรธรรณากุล รหัสนักศึกษา 54010235
2. นายณัฐคนัย บัวสุข รหัสนักศึกษา 54010403



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)



อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร. ปกรณ์ วัฒนจตุรพร)

เครื่องแกะลายพีซีบี

นายเจตริน	วรรณานกุล	54010235
นายณัฐคนัย	บัวสุข	54010403
ผศ. เจริญ	วงษ์หุ้มเย็น	อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. ปกรณ์	วัฒนจตุรพร	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2557		

บทคัดย่อ

PCB (Printed Circuit Board) เป็นส่วนประกอบสำคัญในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างที่วางอยู่บนแผงวงจร ทำให้สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ แต่จะมีความยุ่งยากในการทำแผ่นวงจรซึ่งต้องใช้การโยงสายไฟหากันตามที่ได้ออกแบบไว้ หรือต้องออกแบบแผ่นที่ต้องลงลายน้ำยากัดแผ่นวงจรเอง เราจึงนำเทคโนโลยีการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในอุตสาหกรรม (CNC : Computer Numerical Control) มาประยุกต์ใช้กับการแกะลายวงจร เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน มีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น จึงทำให้ “เครื่องแกะลายพีซีบี (PCB CNC MACHINE)” เกิดขึ้น เป็นเครื่องมือที่มิได้สำหรับการทำแผ่นพีซีบี โดยแค่ นำไฟล์ที่ได้ออกแบบไว้ ส่งโปรแกรมที่ติดต่อกับเครื่องแกะลายพีซีบี โดยใช้ Gerber file หรือ G-Code ไล่เข้าไปในโปรแกรม ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสะดวก ไม่จำเป็นต้องแปลงไฟล์อีกครั้งหนึ่งก่อนใช้ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งให้สเปดเปเปอร์มอเตอร์ทำการหมุนไปตามที่ลายพีซีบีที่ได้ ออกแบบไว้ ซึ่งสามารถแสดงงานที่ทำได้ปัจจุบัน และความแม่นยำที่มีอัตราความถูกต้องสูง ทำให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกในการทำแผ่นพีซีบีเพื่อใช้งาน ส่วนข้อจำกัดของเครื่อง คือการที่สามารถแกะลายเส้นต่ำสุดคือ 10 มิว ซึ่งถ้าลายวงจรมีความซับซ้อนด้วยนั้นก็จะใช้เวลามากขึ้นตามไปด้วย โครงการนี้ยังสามารถพัฒนาต่อยอดได้อีกหลายด้าน

PCB CNC MACHINE

Mr. Jettarin	Watthanakul	54010235
Mr. Natdanai	Buasook	54010403
Asst. Prof. Charoen	Vongchumyen	Advisor
Dr. Pakorn	Watanachaturaporn	Co-Advisor

Academic Year 2014

ABSTRACT

PCB (Printed Circuit Board) is an important component in electronic circuits. Which acts as an electrical signal of electronic devices that are placed on the circuit board. It can function as designed. But there are different in making a circuit that requires cabling to next node. Or to design a piece that must be striped plastic sheet circuit by yourself. We have the technology, the use of large machinery industry (CNC: Computer Numerical Control) applied to an engraving board. For convenient use and best accuracy. And now we have PCB CNC Machine for making a PCB. You just put the files that were designed. A program that communicates with PCB CNC Machine. That would be a piece of sheet PCB out. The Gerber file or G-Code inserted into the program. This makes users more convenient No need to convert files one more time before using. The microcontroller will be directed to a stepper motor to rotate the PCB pattern was designed. This can be done at present and precision with a high accuracy rate. Gives users the convenience in making a PCB for use. The limitations, the engraving is the lowest is 10 mil, if the circuit is complicated, it will take more time as well. The project is further development in many ways.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเครื่องแกะลายพีซีบีนี้ สำเร็จขึ้นได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลากร องค์กร
หลายๆท่าน ผู้มีพระคุณท่านแรก คือ ผศ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยแนะนำ
ตลอดจนโครงการสำเร็จลุล่วง รวมถึง ดร.ปกรณ วัฒนจตุรพร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ท่านทั้งสองให้
ข้อคิด กำลังใจ ดิชมผลงาน สอนให้รู้จักคิด แก้ปัญหาต่างๆ สอนให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ทุนในโครงการพัฒนา ห้องวิจัยฮาร์ดแวร์และฝึก
ปฏิบัติการคณะวิศวกรรมศาสตร์ 2 ที่ได้อำนวยความสะดวกเครื่องมือ เครื่องมือ สถานที่ค้นคว้าวิจัย
รวมถึงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เป็นสถาบันการศึกษาที่ให้ความรู้
สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่านที่กล่าวถึง และไม่ได้กล่าวถึง และขออภัยหากทำสิ่งใดอันมิ
ควรทั้งที่ตั้งใจ และไม่ตั้งใจไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เจตริน วรรณชนากุล
ณัฐคนัย บัวสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 PCB	5
2.2 CNC	6
2.3 Raspberry Pi	8
2.5 Raspbian OS	10
2.6 Arduino	10
2.6 การสื่อสารแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)	12
2.7 Stepper Motor	14
2.8 Ball screw	18
2.9 Linear guide	19

สารบัญ

	หน้า
2.10 Spindle	21
2.11 G-code	21
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา	27
3.1 ภาพรวมระบบ	27
3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์	30
3.3 ส่วนของเครื่องแกะลายพีซีบี	31
3.4 User Interface ของแอปพลิเคชัน	44
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 ทดลองระยะที่เคลื่อนที่โดยการหมุนของ Ball screw และ Stepper Motor	46
4.2 ทดลองการใช้งานแปลง Gerber to G-Code	47
4.3 การทดลองแกะลายพีซีบี	50
4.4 การทดลองแกะลายพีซีบีที่ละเอียด 10 มิว	54
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	57
5.1 บทสรุป	57
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข	58
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ	59
บรรณานุกรม	60

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การกำหนดลักษณะการใช้งาน Character มาตรฐาน EIA RS-274 B	22
2.2 ชุดคำสั่ง G-code จะเป็นคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ	23
2.3 ชุดคำสั่ง M-code จะเป็นคำสั่งในการควบคุม Function ต่างๆ ของโปรแกรมและเครื่องจักร ...	26
3.1 การคำนวณระยะทางของหัวแกะลายพีซีบีเมื่อใช้ Stepper ควบคุม Ball screw(pitch 5 mm.) ...	37
3.2 การคำนวณระยะทางของหัวแกะลายพีซีบีเมื่อใช้ StepperควบคุมBall screw(pitch 10 mm.) ...	37
4.1 การทดลองการเคลื่อนที่ระยะจริง	46

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 เครื่อง CNC ใช้สำหรับงานแกะลายทั่วไป.....	2
1.2 เครื่อง PCB CNC MACHINE	3
2.1 แผ่นวงจรพิมพ์อ่อนกประสงค์.....	5
2.2 แผ่นวงจรที่วางอุปกรณ์ Surface mount	6
2.3 เครื่อง CNC Milling.....	7
2.4 บอร์ด Raspberry Pi	8
2.5 Raspberry Pi (Model B).....	9
2.6 GPIO Raspberry Pi Model A & B	9
2.7 Desktop ของ Raspbian OS.....	10
2.8 บอร์ด Arduino.....	11
2.9 Arduino IDE.....	11
2.10 การส่งข้อมูลระหว่าง Master และ Slave	12
2.11 Master และ Slave 3 ตัว	13
2.12 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบวาริเอเบิลลิคแตนซ์	14
2.13 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร.....	15
2.14 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไฮบริด.....	15
2.15 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไบโพลาร์.....	16
2.16 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	17
2.17 การกระตุ้นเฟสแบบ Wave Drive.....	17
2.19 การกระตุ้นเฟสแบบ Half Step	18
2.20 Ball Screw	18
2.21 Linear guide	19
2.22 Spindle	21
2.23 แสดงคำสั่ง G-Code แบ่งตามลักษณะของคำสั่ง	22

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
3.1 ภาพรวมของระบบ	27
3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ	28
3.3 ภาพรวมของระบบ	29
3.4 แผนผังการทำงานของซอฟต์แวร์	30
3.5 บล็อกไดอะแกรมของซอฟต์แวร์.....	31
3.6 ตัวเครื่องแกะลายพีซีบี	32
3.7 แทนเสาของเครื่อง	33
3.8 พื้นที่ในการทำงาน.....	33
3.9 แผ่นอลูมิเนียมขนาด 510 มม. X 350 มม.....	34
3.10 ชุดหัวเจาะ.....	34
3.11 หัวแกะลาย.....	35
3.12 หัวเจาะ.....	35
3.13 Stepper Motor	36
3.14 รุ่นของ Stepper motor และกราฟของทอร์ค	36
3.15 Linear guide มาทำการติดตั้งในแนวแกน x.....	38
3.16 Linear Guide มาติดตั้งแนวแกน y	38
3.17 Linear Guide มาติดตั้งแนวแกน z	39
3.18 หมุดยึดชิ้นงาน.....	39
3.19 Stepper Controller (Raspberry Pi & Arduino).....	40
3.20 สัญญาณ CLK เป็นที่ออกจากบอร์ด Arduino	41
3.21 สัญญาณ High จากบอร์ด Arduino	41
3.22 Stepper Controller	42
3.23 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด.....	42
3.24 วงจรแปลงไฟจาก 12V เป็น 5V.....	43

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
3.25 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนของ L297	43
3.26 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนของทรานซิสเตอร์และ Output	44
3.27 User Interface ของแอปพลิเคชันหน้า Home.....	44
3.28 Visualizer ของงานที่ทำในขณะนั้น	45
4.1 การเลือกไฟล์ Gerber	47
4.2 Generate config ที่ได้ทำการตั้งค่า script ไว้	48
4.3 ไฟล์ Gerber ขณะกำลัง Generate เป็น G-Code ไฟล์	48
4.4 ตัวอย่าง G-Code หลังจากทำการ Generate จาก Gerber File	49
4.5 ทำการเลือกไฟล์ G-Code.....	50
4.6 เมื่อใส่ไฟล์ G-code และเริ่มทำงาน	51
4.7 การทำงานขณะแกะลายพีซีบี	52
4.8 โปรแกรมเมื่อทำงานเสร็จสมบูรณ์	53
4.9 วงจร Analog to Digital	54
4.10 วงจร Analog to Digital	55
4.11 หัวแกะลายกำลังแกะลายวงจร	55
4.12 แผ่นพีซีบีหลังจากแกะลาย	56

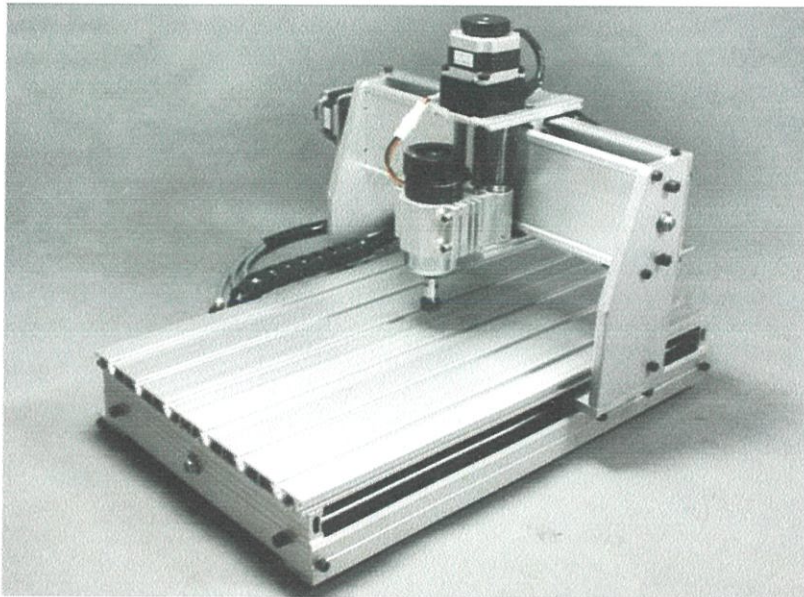
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันในธุรกิจต่างๆหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะใช้การออกแบบและทำวงจรบน PCB ซึ่งต้องใช้เวลาหลังจากออกแบบเสร็จ จะต้องส่งโรงงานเพื่อแกะลายบน PCB จึงทำให้กว่าจะได้งานแต่ละชิ้นนั้นจะต้องใช้เวลาในการขนส่ง ซึ่งในแต่ละโรงงานที่รับทำ PCB นั้นจะมีราคาที่สูงพอสมควร และการที่ต้องรอการแกะลาย PCB ทำให้การทำงานหรือการทำวิจัยทำได้ไม่ต่อเนื่อง หรือจะเป็นวิธีของการกัดลายด้วยกรดกัด จะต้องทำการรีดครายฟิล์มลงบนแผ่นทองแดง ฉายแสง จากนั้นนำไปแช่ในกรดเพื่อให้เหลือแต่ลายที่ต้องการ

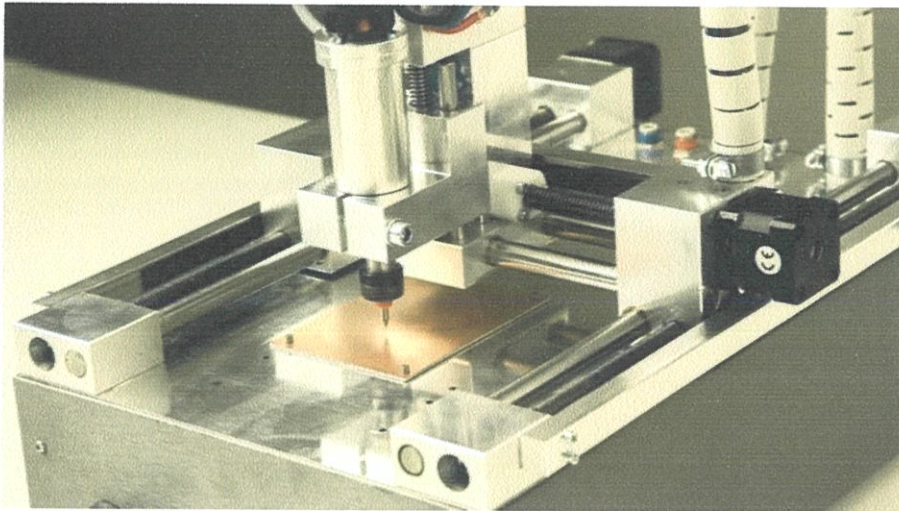
ซึ่งในธุรกิจงานอิเล็กทรอนิกส์นั้นเป็นธุรกิจที่สร้างรายได้มหาศาลให้แก่ประเทศ สังเกตจากผู้ประกอบการธุรกิจประเภทนี้มีจำนวนมาก ทั้งบริษัทน้อยใหญ่ จำเป็นต้องใช้ PCB เป็นพื้นฐานในการทำอุปกรณ์หรือพัฒนาด้านต่างๆ จึงมีการแข่งขันสูง ดังนั้น การนำเทคโนโลยีที่ง่ายต่อการใช้งาน ต้นทุนน้อย มีประสิทธิภาพ ในเวลาที่ไม่มาก ย่อมเป็นผลดีต่อองค์กรธุรกิจ รวมถึงการวิจัยต่างๆ ในมหาวิทยาลัยซึ่งสามารถทำได้ง่าย โครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถโปรแกรมได้ ร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในการสร้างเครื่องแกะลาย PCB โดยผู้ใช้สามารถใช้แกะลายวงจรบน PCB ได้โดยใช้แอปพลิเคชันสั่งการ แล้วรอเครื่องทำงานเสร็จ ก็จะได้แผ่น PCB ที่สำเร็จเรียบร้อย ตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกสบาย แม่นยำ และไม่เปลืองเวลานอกจากนี้ยังทดลองค้นคว้าวิจัยงานด้านต่างๆ ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น



รูป 1.1 เครื่อง CNC ใช้สำหรับงานแกะลายทั่วไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อสร้างเครื่องแกะลาย PCB พร้อมทั้งซอฟต์แวร์ติดต่อกับเครื่องแกะลาย PCB
- 2) สร้างชิ้นงานจากเครื่องแกะลาย PCB ให้สามารถเป็นต้นแบบในการออกแบบงานต่างๆ ได้
- 3) สร้างชิ้นงานจากเครื่องแกะลาย PCB ที่ทำได้สะดวก ราคาประหยัด และสามารถทำได้ที่สำนักงาน หรือที่ทำการวิจัย
- 4) เพื่อพัฒนาธุรกิจด้านการการทำ PCB ในประเทศไทย
- 5) เพื่อศึกษาการติดต่อกันระหว่าง เครื่องแกะลาย PCB กับบอร์ดควบคุม
- 6) เพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ
- 7) เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ให้มีความทันสมัย และเป็นที่ยอมรับในอนาคต
- 8) เพื่อนำเครื่องแกะลาย PCB ที่ได้จากการพัฒนาไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์



รูป 1.2 เครื่อง PCB CNC MACHINE

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) ได้เครื่องแกะลาย PCB ที่สามารถเจาะและแกะลาย PCB ได้
- 2) เครื่องสามารถเจาะแผ่น PCB ตามจุดที่กำหนดได้
- 3) เครื่องสามารถดูเศษที่เกิดจากการแกะลายและเจาะ PCB ได้
- 4) แกะลายได้ขนาดเส้นต่ำสุด 0.254 มม. หรือ 10 มิว
- 5) สามารถแกะชิ้นงานขนาดใหญ่ได้สูงสุด A4 (210 มม. X 297 มม.) และเล็กที่สุด A7 (52 มม. X 74 มม.)
- 6) สามารถรับคำสั่งที่เป็น G code และ Gerber file ได้
- 7) สามารถระบุได้ว่าชิ้นงานทำไปแล้วกี่เปอร์เซ็นต์ และแสดงเวลาที่เหลือที่ใช้ทำชิ้นงานนั้น
- 8) สามารถหยุดการทำงานและสามารถทำงานต่อจากที่ค้างไว้ได้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

- 1) ศึกษาและทดลองใช้งานบอร์ดชุดควบคุมกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์
- 2) ออกแบบเครื่องแกะลาย PCB และกำหนดรายละเอียดของเครื่องแกะลาย PCB
- 3) สั่งทำเครื่องแกะลาย PCB ตามที่ได้กำหนดไว้ตามแบบ
- 4) ศึกษาและทดลองการเขียน โปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับเครื่องแกะลาย PCB
- 5) พัฒนาโปรแกรมติดต่อ ให้สามารถสั่งงานเครื่องแกะลาย PCB
- 6) ทดลองใช้งานอย่างละเอียด หาข้อผิดพลาดและบันทึกผล
- 7) แก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นและปรับปรุง โปรแกรมให้มีประสิทธิภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้เครื่องแกะลาย PCB ที่มีประสิทธิภาพ
- 2) ได้ความรู้และประสบการณ์ในการพัฒนาเครื่องแกะลาย PCB
- 3) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ภายในสาขาวิชาได้
- 4) สามารถนำเครื่องแกะลาย PCB ไปจำหน่ายในท้องตลาดได้
- 5) สามารถใช้เครื่องแกะลาย PCB ในการลดต้นทุนทางธุรกิจ
- 6) สามารถใช้เครื่องแกะลาย PCB เพื่อลดระยะเวลาในการทำ PCB ได้

บทที่ 2

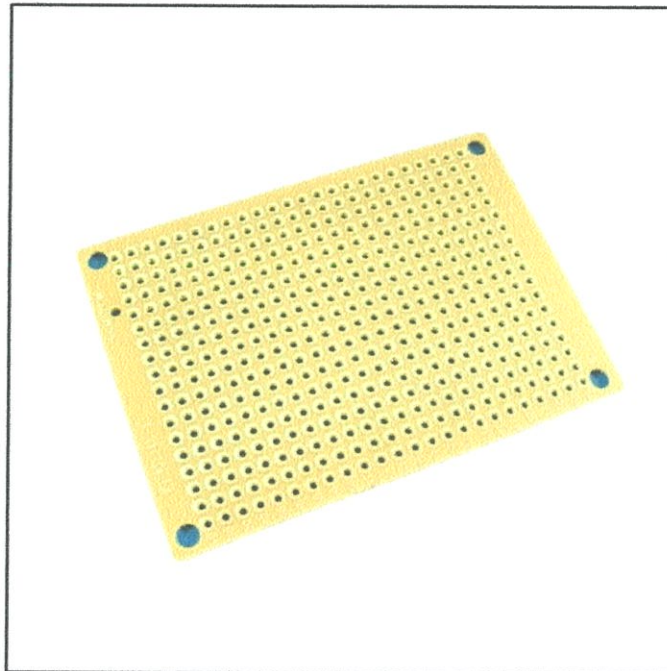
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 PCB

PCB ย่อมาจาก Printed Circuit Board คือ ส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยแผ่นฐานหรือซับสเตรท (substrate) เป็นแผงทองแดงที่มีลายทองแดงนำไฟฟ้าอยู่ยึดรวมกันด้วยพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง (Thermosetting plastic) ใช้สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งมีความซับซ้อนและยุ่งยาก โดยแผงวงจรนี้อาจมีเพียงด้านเดียวหรือสองด้าน หรือสามารถวางซ้อนกันหลายๆ ชั้น (Multi-layer) ได้ ตามความต้องการของผู้ออกแบบ

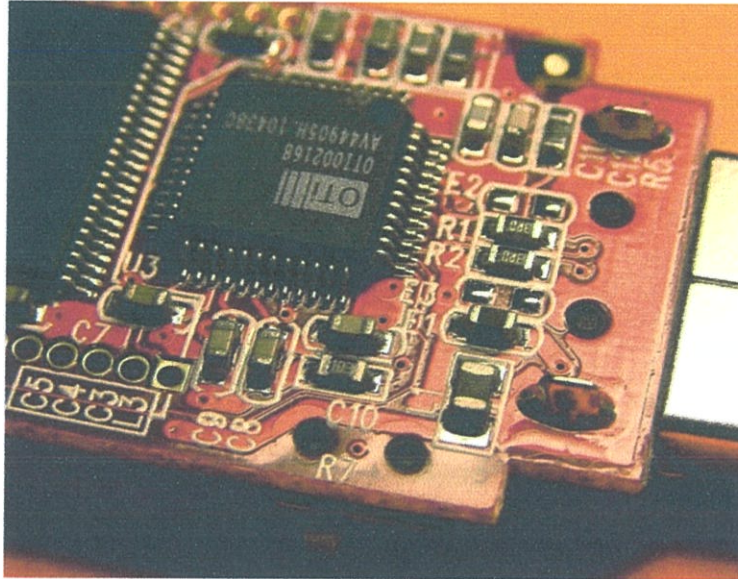
แผ่นวงจรแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- 1) แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ (Universal PCB) จะเป็นรูสำหรับใส่ขาอุปกรณ์ชนิด Through-hole แล้วทำการ โยงสายทองแดงเข้าหากันตามที่ได้ออกแบบ แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้นิยมใช้ทำเป็นต้นแบบ (Prototype)



รูป 2.1 แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์

- 2) แผ่นวงจรพิมพ์เปล้า ออกแบบเพื่อให้มีลายวงจรขนาดเล็ก สามารถเชื่อมอุปกรณ์บนแผ่นวงจร (Surface mount) แทนการใช้สายทองแดงเชื่อมกัน สามารถใช้ได้ทั้งสองฝั่งของแผ่นวงจร



รูป 2.2 แผ่นวงจรที่วางอุปกรณ์ Surface mount

2.2 CNC

CNC ย่อมาจาก Computer Numerical Control เป็นเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่มีคอมพิวเตอร์เข้าไปมีส่วนในการควบคุม โดยจะทำงานตามแบบที่เราโปรแกรมเข้าไป ในระบบ CNC มักใช้ Computer-Aided Design (CAD) และ Computer-Aided Manufacturing (CAM) สร้างไฟล์ที่เครื่องต้องการใช้ในการทำงาน และนำเข้าการโหลดไฟล์เข้าไปในเครื่องเพื่อทำการผลิต แต่ละชนิดของชิ้นงานก็จะมีการใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันไป เช่น สว่าน เลื่อย ฯลฯ ประกอบอยู่ในเครื่องจักรกลพื้นฐานเช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องเจียรนัย และเครื่องตัด โลหะ เป็นเครื่องจักรกลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร เครื่องยนต์ และแม่พิมพ์ ตลอดจนหน่วยงานสร้าง

เครื่อง CNC รุ่นใหม่ๆ นั้นต่างจากแนวคิดเครื่องเดิมที่สร้างที่ MIT ในปี 1952 เครื่องประกอบด้วยโต๊ะที่เคลื่อนที่ในแนวแกน X Y และหัวเจาะเคลื่อนที่ในแนวแกน Z (ความลึก) การขับเคลื่อนของเครื่องมือชิ้นนั้น จะทำโดยมอเตอร์ผ่านเกียร์ ในการออกแบบที่ทันสมัยขึ้นมานั้นจะใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ หรือ เซอร์โวมอเตอร์ ในการขับเคลื่อนโดยตรง

เนื่องจากการพัฒนาของส่วนควบคุมฮาร์ดแวร์ หัวเจาะเองก็พัฒนาตามไปด้วย จึงทำให้ปัจจุบัน เครื่องมีความปลอดภัยมากขึ้น โดยจะมีการทำงานที่มีการล็อคต่างๆ ในการทำงาน มีที่ครอบ ตัวเครื่องป้องกันอันตราย ใน CNC เครื่องใหม่ๆ ในปัจจุบันจะถูกควบคุมด้วยไฟฟ้าทั้งหมด



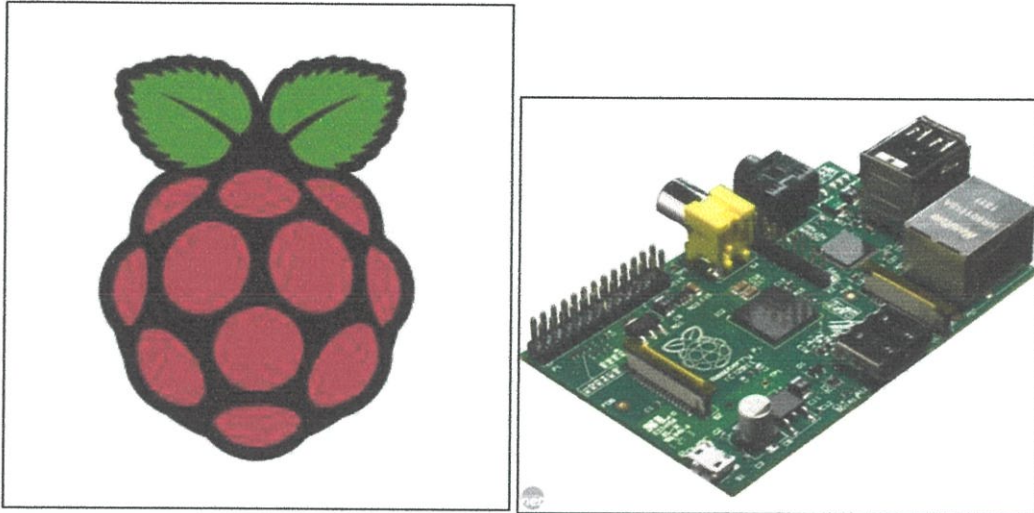
รูป 2.3 เครื่อง CNC Milling

เครื่องจักรซีเอ็นซีแต่ละแบบ แต่ละรุ่นจะมีลักษณะเฉพาะ และการประยุกต์ใช้งานที่ต่างกัน ออกไป แต่ก็จะมีลักษณะที่เหมือนกันดังนี้

- 1) เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทุกเครื่องได้รับการปรับปรุงให้มีการทำงานอัตโนมัติทำให้ลด ความวุ่นวายของผู้ควบคุมเครื่องจักรในการผลิตชิ้นงาน เครื่องจักรซีเอ็นซีหลายเครื่อง สามารถทำงานโดยที่ผู้ควบคุมไม่ต้องคอยนั่งเฝ้าในระหว่างการทำงานของเครื่อง
- 2) เทคโนโลยีซีเอ็นซีคือความแม่นยำของชิ้นงานซึ่งหมายความว่าเมื่อ โปรแกรมทำงาน อย่างถูกต้องแล้ว ชิ้นงานก็สามารถทำได้พอดีและสม่ำเสมอ
- 3) ความยืดหยุ่นในการทำงาน การทำงานแค่โหลด โปรแกรมที่ต่างกัน เมื่อ โปรแกรม ประมวลผลและทำการผลิตชิ้นงานแล้ว เราก็สามารถนำโปรแกรมมาใช้ทำงานชิ้นนั้น ได้อีก

2.3 Raspberry Pi

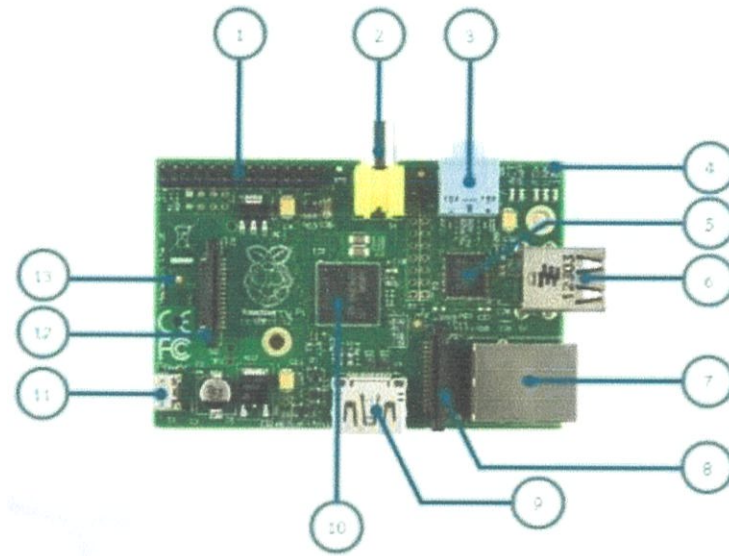
Raspberry Pi คือคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเทียบเท่ากับขนาดบัตรเครดิตที่ติดต่อกับจอมอนิเตอร์ และโทรทัศน์ได้ได้ ใช้คีย์บอร์ดและเมาส์ทั่วไปในการใช้งานในราคาที่ถูกลง อุปกรณ์ชนิดนี้เปิดให้คนทั่วไป ทุกอายุ ทุกเพศ ทุกวัย สามารถใช้งาน และเรียนรู้ที่จะเขียนโปรแกรมเช่น Scratch และ Python สามารถทำทุกอย่างที่คุณต้องการในคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะสามารถทำได้ โดยการค้นหาอินเตอร์เน็ต และเล่นวีดีโอแบบHigh-definition สร้างสเปรคซ์ท เวิร์ดโปรเซสซิ่ง และเล่นเกมส์



รูป 2.4 บอร์ด Raspberry Pi

นอกเหนือจากนั้น Raspberry Pi รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian (Debian) Pidora (Fedora) และ Arch Linux เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD Card บน Raspberry Pi ยังมีความสามารถติดต่อกับโลกภายนอก เป็นที่แพร่หลายในวงกว้าง ทำโปรเจกต์ได้หลากหลาย เช่น ทำเครื่องเล่นเพลง ที่ตรวจหาครอบครัว จนถึงสถานีพยากรณ์อากาศและนาฬิกาปลุกบ้านนกอ

ส่วนประกอบของ Raspberry Pi



รูป 2.5 Raspberry Pi (Model B)

- 1) พอร์ต GPIO ซึ่งในโมเดล A และ B (Revision 1) ทุก Pin จะเหมือนกัน

3.3V	1	2.5V	
I2C0 SDA	3	4	DNC
I2C0 SCL	5	6	GROUND
GPIO4	7	8	UART TXD
DNC	9	10	UART RXD
GPIO 17	11	12	GPIO 18
GPIO 21	13	14	DNC
GPIO 22	15	16	GPIO 23
DNC	17	18	GPIO 24
SP10 MOSI	19	20	DNC
SP10 MISO	21	22	GPIO 25
SP10 SCLK	23	24	SP10 CE0 N
DNC	25	26	SP10 CE1 N

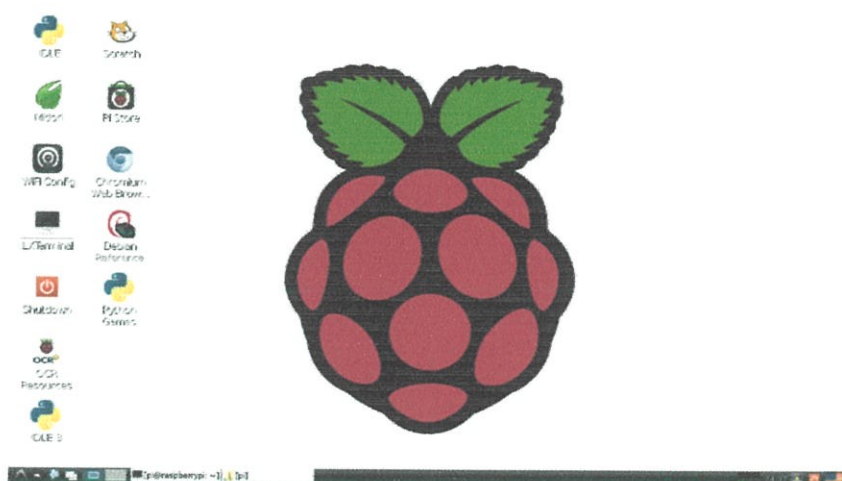
รูป 2.6 GPIO Raspberry Pi Model A & B

- 2) พอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณภาพออกแบบ RCA
- 3) จุดเชื่อมต่อสัญญาณเสียงขนาด 3.5 มิลลิเมตร
- 4) LED แสดงสถานะของบอร์ด
- 5) ชิปควบคุม LAN (LAN Controller)
- 6) พอร์ต USB 2.0 จำนวน 2 พอร์ต
- 7) พอร์ต RJ-45 Ethernet LAN 10/100Mbps
- 8) พอร์ต CSI (Camera Serial Interface) สำหรับเชื่อมต่อ โมดูลกล้อง

- 9) พอร์ต HDMI สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียง ตัวอย่างสาย HDMI และตัวแปลง HDMI to VGA
- 10) ชิพ Broadcom BCM2835 ARM11 700MHz
- 11) พอร์ต Micro USB Power สำหรับเป็นไฟเลี้ยงวงจบบอร์ด Raspberry Pi
- 12) พอร์ต DSI (Display Serial Interface) ใช้สำหรับต่อจอแสดงผล เช่น จอแสดงผลแบบ TFT Touch Screen เป็นต้น
- 13) ช่องเสียบ SD Card อยู่บริเวณด้านล่างของบอร์ด

2.5 Raspbian OS

Raspbian เป็น OS ซึ่งทาง Raspberry Pi Foundation แนะนำสำหรับติดตั้งบน Raspberry Pi โดยพัฒนามาจาก Debian Linux ซึ่งเป็น Distro ยอดนิยมอันหนึ่ง และทำการปรับแต่งให้เหมาะกับตัว Raspberry Pi โดย Raspbian สามารถติดตั้งบน SD card ขนาด 2GB - 4GB ขึ้นไป

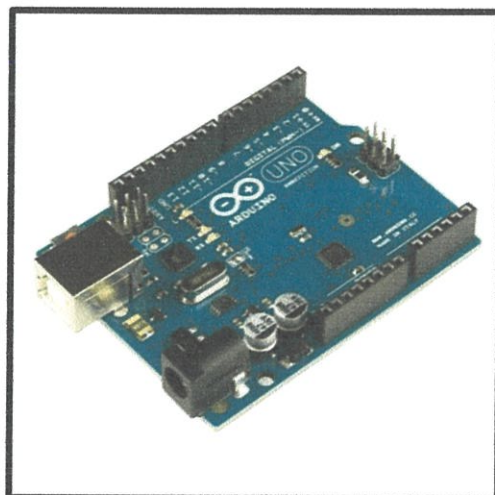


รูป 2.7 Desktop ของ Raspbian OS

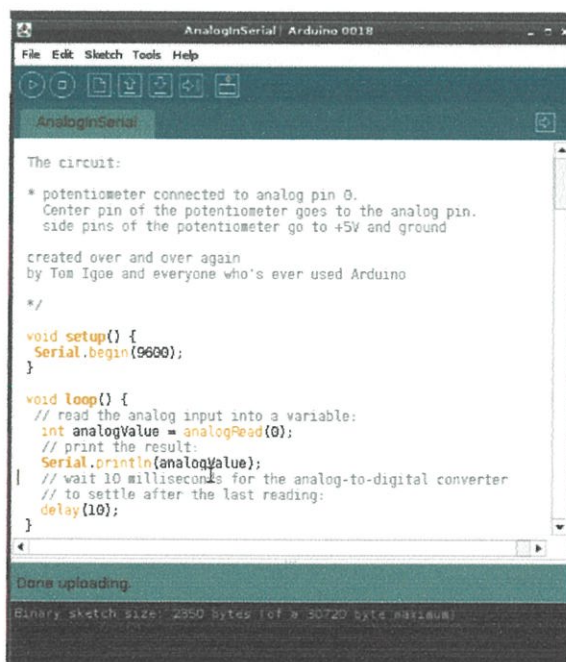
2.6 Arduino

ในต่างประเทศมหาวิทยาลัยด้านสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ได้ก่อตั้งโครงการ พัฒนาฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ในลักษณะโอเพ่นซอร์ส (open source) เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และความรู้เกี่ยวกับ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้สามารถสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติ ผู้ก่อตั้งโครงการ Wiring คือ เฮอร์นันโด บาราแกน (Hernando Barragan) แห่ง ภาควิชาออกแบบและสถาปัตยกรรม (Architecture and Design School) ของมหาวิทยาลัย Universidad de Los Andes ประเทศโคลัมเบีย

ปัจจุบันโครงการ Wiring นี้ยังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอนทั้งในคณะวิศวกรรมศาสตร์และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ในมหาวิทยาลัยทั่วโลก แต่ Wiring นั้นใช้ chip ของ AVR ที่มีราคาแพงจึงเกิดการต่อออกมาเป็น Arduino



รูป 2.8 บอร์ด Arduino



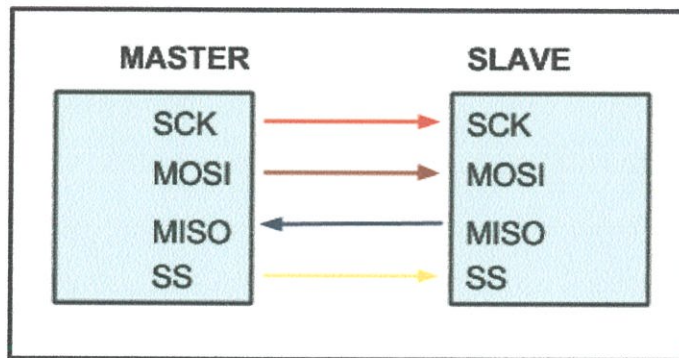
รูป 2.9 Arduino IDE

Arduino เป็นรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ชิพ AVR ราคาประหยัดและมีซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาได้ทุกแพลตฟอร์ม(Platform) ทั้ง Windows, Linux และ OSX ควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แล้วจึงทำการคอมไพล์เพื่ออัปโหลดเข้าวงจรโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ C/C++ สามารถทำการลบแล้วเขียนใหม่ได้จนกว่าจะหมดอายุ(เป็นพันครั้ง) โดยสามารถพัฒนาได้โดยไม่

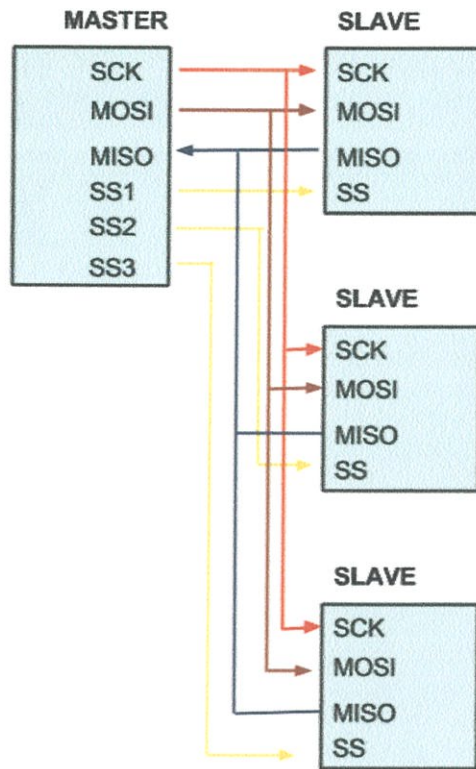
ต้องลงลึกเรื่องอิเล็กทรอนิกส์ หรือไฟฟ้ากำลัง เพราะ Arduino มีไลบรารีช่วยเหลือจึงง่ายในการทำโปรเจกต์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.6 การสื่อสารแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)

เป็นวิธีการสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous การสื่อสารนี้นิยมใช้ส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง เช่น ชิพรีจิสเตอร์ เซนเซอร์ และ SD Card ฯ โดยการใช้การแยกสายสัญญาณนาฬิกา SCLK(Serial Clock) ส่งไปยังอุปกรณ์ Slave เพื่อกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล และสายส่งข้อมูล MOSI(Master Out Slave In) ใช้ส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ Slave และ MISO(Master In Slave Out) ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ร่วมด้วยกับสัญญาณเส้น SS หรือ Slave select โดยในกรณีที่มี Slave มากกว่า 1 ตัว ถ้าต้องการศึกษากับอุปกรณ์ Slave ตัวใดก็ทำให้สัญญาณ SS ของ Slave มีระดับสัญญาณเป็น Low



รูป 2.10 การส่งข้อมูลระหว่าง Master และ Slave



รูป 2.11 Master และ Slave 3 ตัว

ข้อดีของการสื่อสารแบบ SPI

- เร็วกว่าการสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous
- ตัวรับสามารถเป็นแคชฟริจิสเตอร์ทั่วไป
- สามารถรองรับ slave ได้หลายตัว
- การสื่อสารเป็นแบบ Full-duplex จึงสามารถทั้งส่งและรับข้อมูลได้

ข้อเสียของการสื่อสารแบบ SPI

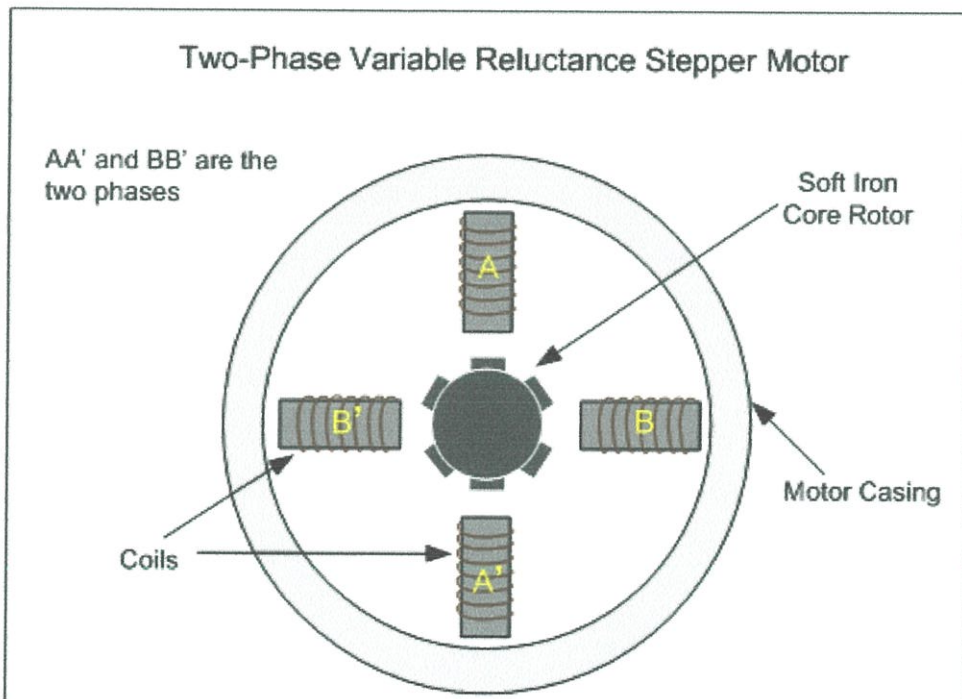
- ต้องใช้สายสัญญาณมากกว่าการสื่อสารแบบอื่นๆ ไป
- การสื่อสารต้องเป็นกำหนดไว้ล่วงหน้า(คือไม่สามารถสุ่มจำนวนของข้อมูลเมื่อไหร่ที่ต้องการ
- Master ต้องเป็นตัวกำหนดการสื่อสารทั้งหมด(Slave ไม่สามารถสื่อสารกันเองได้)
- มันต้องแยกสายสัญญาณ SS สำหรับ Slave แต่ละเส้น สามารถเป็นปัญหาได้ถ้ามี Slave จำนวนมาก

2.7 Stepper Motor

เป็นมอเตอร์ที่ทำงานโดยเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ (Stator) ในแบบพัลส์ (Pulse) จะมีการหมุนเป็นสเต็ป (Step) ถ้าทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดขดเดิมตลอดเวลา ก็จะหมุนเพียงสเต็ปเดียวซึ่งต่างจาก DC มอเตอร์ซึ่งจะหมุนจนกว่าจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า

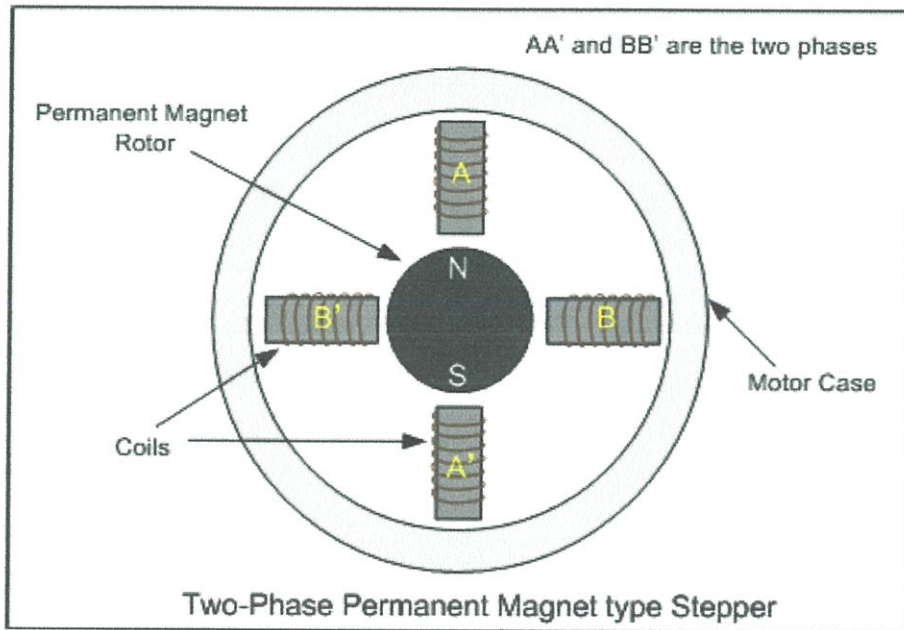
ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบ่งตามลักษณะโครงสร้าง

- 1) วารีเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance : VR) ทำด้วยเหล็กอ่อน รูปทรงกระบอกและทำเป็นลักษณะฟัน (teeth) ส่วนสเตเตอร์นั้นจะมีขดลวดพัน เมื่อจ่ายไฟแล้วขั้วแม่เหล็กฟันที่สเตเตอร์ ทำให้ฟันของโรเตอร์จะเกิดเป็นขั้วตรงข้ามเป็นผลจากการเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์



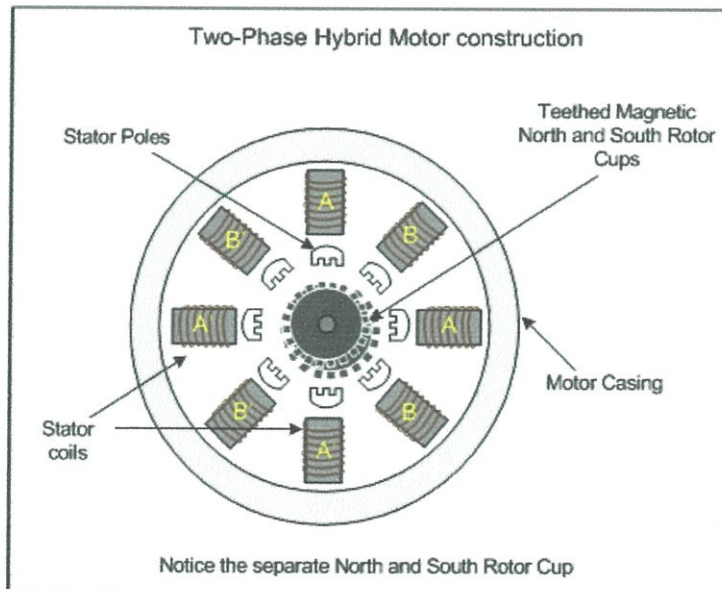
รูป 2.12 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบวารีเอเบิลรีลักแตนซ์

- 2) แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet : PM) โรเตอร์ (Rotor) ทำด้วยแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกเรียบ ส่วนสเตเตอร์นั้นจะมีขดลวดพันและมีฟัน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดที่พันอยู่กับสเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และดึงดูดขั้วแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ ทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์



รูป 2.13 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

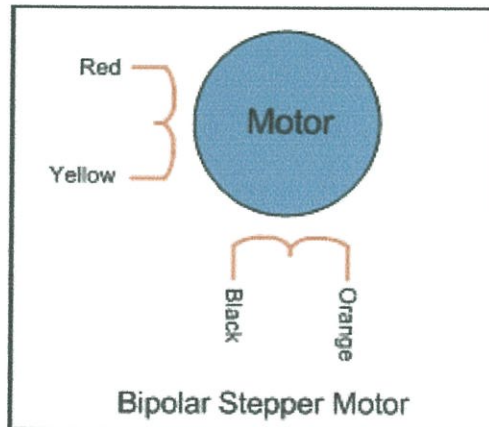
- 3) แบบผสม (Hybrid : HB) ใช้หลักการการทำงานของทั้งสองแบบมาออกแบบโดยที่สเตเตอร์จะคล้ายกับแบบ VR ส่วนโรเตอร์จะคล้ายแบบ PM แต่จะทำเป็นฟัน มอเตอร์แบบนี้นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมเพราะแรงบิดสูง ความละเอียดของสเต็ปในการหมุนสูง ความเร็วสูงกว่าสองแบบที่กล่าวมา



รูป 2.14 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไฮบริด

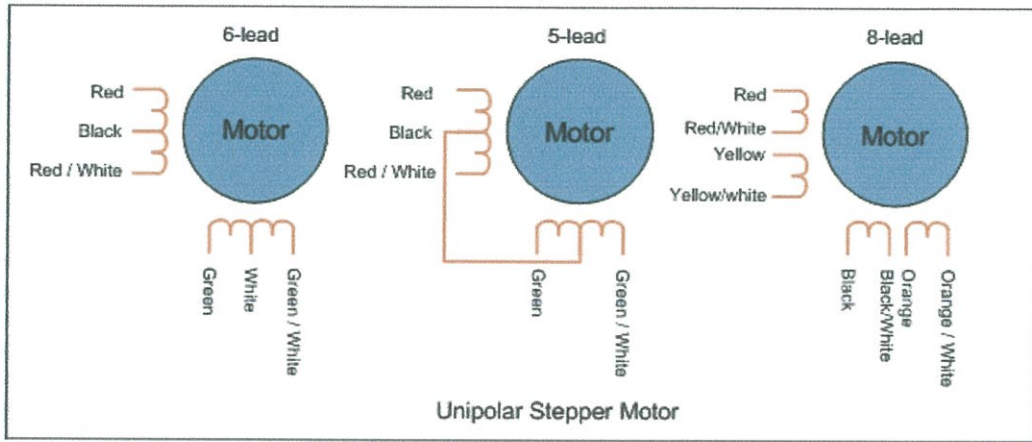
ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบ่งตามลักษณะสายที่ใช้ต่อกับวงจรขับ

- 1) ไบโพลาร์ (Bipolar) ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดจะไม่มีจุดร่วม การต่อขดลวดแต่ละชุดเข้ากับวงจรขับ ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของขดลวด และการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กทำได้โดยสลับทิศทางการไหลของกระแสไฟ กรณีที่มีขดลวด 2 ชุดไม่มีแท่งกลาง บางครั้งจะเรียกว่าเป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบ 2 เฟส จะมีสายที่ใช้ขั้ววงจร 4 สาย



รูป 2.15 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไบโพลาร์

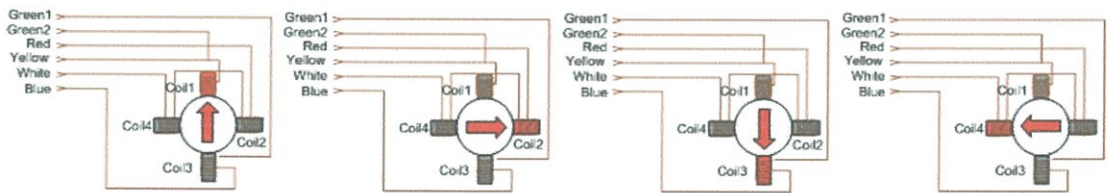
- 2) แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดจะมีจุดร่วมกันเป็นแท่งตรงกลาง ใช้จุดร่วมต่อเข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ การทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยจ่ายกระแสไฟให้ไหลจากจุดร่วม มาลงกราวด์ให้ครบวงจรที่ปลายด้านหนึ่งของขดลวด วงจรชุดเดียวกันจะแค่เปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่ง ดังนั้นวงจรขับจึงเป็นวงจรสวิตช์เพื่อทำให้จ่ายกระแสไฟที่ผ่านขดลวดครบวงจรเท่านั้น กรณีเป็นมอเตอร์ 2 เฟส จะมีสายที่ใช้ต่อขั้ววงจร 5 หรือ 6 สาย



รูป 2.16 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

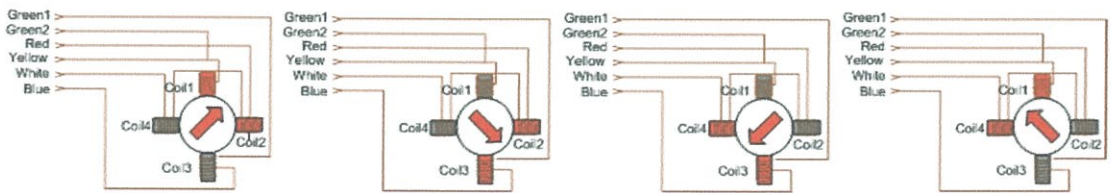
วิธีขับหรือการกระตุ้นเฟสของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

- 1) การกระตุ้นเฟสแบบ One phase excitation หรือ Wave Drive จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดครึ่งละหนึ่งขด



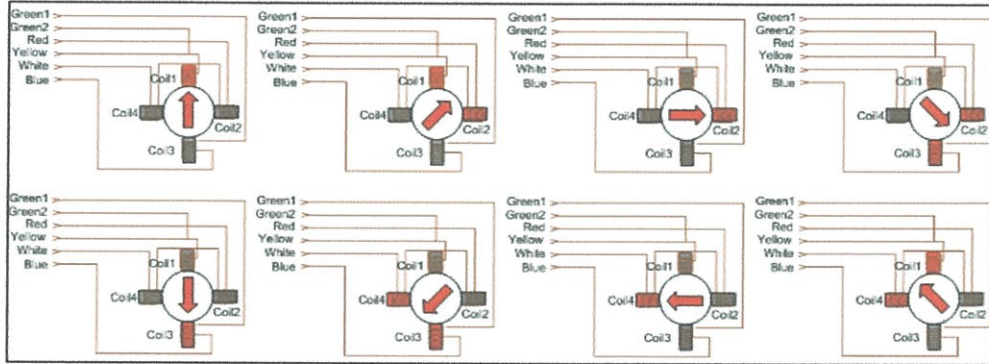
รูป 2.17 การกระตุ้นเฟสแบบ Wave Drive

- 2) การกระตุ้นเฟสแบบ Two phase excitation หรือ Full Step จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดครึ่งละสองขดที่อยู่ใกล้กัน



รูป 2.18 รูปแสดงการกระตุ้นเฟสแบบ Full Step

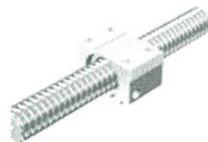
- 3) กระกระตุ้นเฟสแบบ One-Two phase excitation หรือ Half Step จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดครึ่งละสองขดที่อยู่ใกล้กันบนสเตเตอร์สลับกับจ่ายกระแสไฟฟ้าครึ่งละหนึ่งขดบนสเตเตอร์



รูป 2.19 การกระตุ้นเฟสแบบ Half Step

2.8 Ball screw

Ball screw เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนการเคลื่อนในแนวหมุนให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเชิงเส้น มีความแม่นยำสูง เนื่องจาก Ball screw จะมีเม็ดลูกปืนอยู่ตรงบริเวณที่เคลื่อนที่ทำให้ลดแรงเสียดทาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ได้ โดยบริเวณที่เคลื่อนจะเรียกว่า Nut ที่เลือกใช้ Ball screw เพราะว่ามีความแม่นยำสูง ความเร็วในการเคลื่อนที่ดี และมีการเคลื่อนที่ที่นุ่มนวล



รูป 2.20 Ball Screw

การหล่อลื่น Ball screw

ในการใช้สารหล่อลื่น Ball Screw สำหรับ Mini CNC แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- 1) งานไม้และพลาสติกจะไม่มีการใช้สารหล่อลื่นกับสกรู เนื่องจากเศษที่เกิดขึ้นจากการกัดงาน จะมีลักษณะเป็นเศษเล็กๆหรือฝุ่นผง เข้าไปเกาะติดและปะปนกับสารหล่อลื่นตามร่องเกลียว เมื่อเพลากลีวยหมุนจะทำให้เกิดความฝืดในการเคลื่อนที่ของนัต เกลียวเกิดการสึกหรอ
- 2) งานโลหะและเหล็กในการกัดงานที่วัสดุงานเป็นโลหะหรือเหล็ก จะเกิดความร้อนได้ง่าย เนื่องจากการตัดเฉือนวัสดุงานและแรงในการเคลื่อนที่ จึงมีการใช้สารหล่อลื่นเข้า

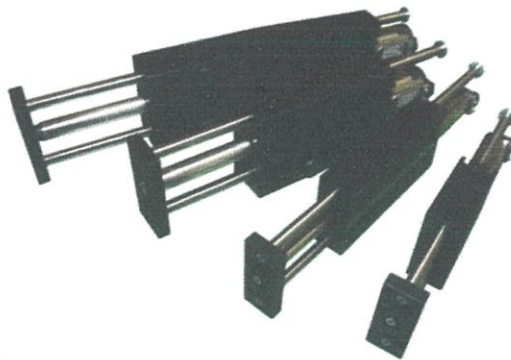
มาช่วยลดความร้อนที่เกิดจากการตัดเฉือน ช่วยในการคลายเศษตัด สารหล่อลื่นจะทำหน้าที่เป็นฟิล์มบางๆเคลือบเพลากลีดิว ช่วยลดการเสียดสีระหว่างเพลากลีดิวกับนัตลดเสียงที่เกิดจากการเสียดสี และป้องกันการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้น

การบำรุงรักษา Ball Screw

- 1) ใช้แปรงขัดเศษทำความสะอาดเกลียว ควรใช้แปรงขนอ่อน เช่น แปรงพลาสติก แปรงทองเหลือง เป็นต้น
- 2) ใช้ผ้าสะอาดเช็ดเกลียวและร่องเกลียว
- 3) หลีกเลี่ยงการใช้มือจับหรือสัมผัสเกลียวโดยตรง เพราะจะทำให้เกิดสนิมที่เกลียวได้
- 4) หมั่นตรวจสอบคุณภาพเกลียวและการจับยึดเกลียวอยู่เสมอ
- 5) เลือกใช้สารหล่อลื่นให้เหมาะกับลักษณะงาน
- 6) หากมีการใช้สารหล่อเย็นช่วยในการกัดงาน ควรตรวจสอบคุณภาพของสารหล่อเย็นตามตารางการซ่อมบำรุงกำหนด

2.9 Linear guide

Linear guide เป็นแกนที่ใช้ประกอบไม่ให้ Ball screw รับน้ำหนักมากเกินไป ช่วยพยุงให้เคลื่อนที่ได้อย่างสะดวก รวมทั้งไม่ให้เกิดการงอของ Ball screw ที่รับน้ำหนักมากเกินไป



รูป 2.21 Linear guide

เนื่องจากเครื่องมือกลได้รับการออกแบบให้ทำงานที่ความเร็วสูง ความต้องการใช้ลิเนียร์ไกด์ (Linear guide) ความเร็วสูงได้เติบโตอย่างน่าจับตามอง ในการออกแบบและพัฒนา ลิเนียร์ไกด์ (Linear guide) สำหรับเครื่องมือกลทางผู้ผลิตได้มุ่งเน้นในการที่จะให้ลิเนียร์ไกด์ (Linear guide) มีลักษณะดังนี้

- 1) ความแข็งแรงสูงและมีสมดุลดีในทุกทิศทาง ด้วยการใช้ฟรีโพลดเพียงปานกลาง

- 2) ความเสียดทานระดับปานกลางและมีความสามารถในการจับความสั่นสะเทือน
- 3) อายุยาวและความเชื่อถือได้สูง
- 4) ความต้านทานแรงกระแทกสูง
- 5) ความต้านทานของการใช้งาน

ไม่ต้องบำรุงรักษา (Maintenance-free)

การหล่อลื่นที่มี ประสิทธิภาพและการบำรุงรักษาที่เหมาะสมเป็นหัวใจสำคัญในการประกบการทำงานที่ เชื่อถือได้ตลอดระยะเวลา K1 Seal ซึ่งทำมาจากสิ่งที่เรียกว่า “Molded Oil” ซึ่งเป็น Polyolefin resin ประกอบกับน้ำมันหล่อลื่น K1 Seals และลิเนียร์ ไกด์ (Linear guide K1 Seal ประกอบด้วยน้ำมันหล่อลื่น 70 % โดยน้ำหนักใน ระหว่างการทำงาน น้ำมันหล่อลื่นจะค่อยๆซึมจาก K1 Seal ทำให้ ลิเนียร์ ไกด์ (Linear guide) ได้รับการหล่อลื่นตลอดในช่วงแรกได้ใช้ K1 Seal ในรุ่น LH และ LS ในงานลำเลียง (Conveying Equipment) ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ใช้คือ มีสิ่งปนเปื้อนจากสารหล่อลื่นออกมาน้อยและราคาไม่แพง ปัจจุบันได้นำไปใช้ในลิเนียร์ไกด์ Linear guide ที่ใช้กับ Machine tools ด้วย

ขนาดเล็กลง

เครื่องมืออัตโนมัติสำนักงาน มีแนวโน้มที่จะทำให้มีขนาดเล็กลงต่อไปอีกนอกจากนั้น เครื่องจักรอุปกรณ์การ ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนขนาดเล็กลิเนียร์ไกด์ (Linear guide) ขนาดรุ่น LU และ LE Series ซึ่งมีขนาดเล็กตั้งแต่ 5-10 มม. สูง 6-7 มม. มักถูกนำมาใช้ LE Series จะมีรางกว้าง สามารถรับ โมเมนต์ได้ แม้ใช้รางแค่รางเดียว จึงทำให้ประหยัดเนื้อที่ นอกจากลดขนาดของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นแล้วยังมีการรวมชิ้นส่วนเข้าด้วยกันเป็น อุปกรณ์เดียว คือ Monocarrier ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย Ball Screw และ Linear guide อย่างละตัว อุปกรณ์ชนิดนี้ช่วยลดเวลาประกอบและการออกแบบได้มาก

การใช้แทนกัน

ลิเนียร์ ไกด์ (Linear guide) ในรุ่นที่ใช้แทนกันได้ (หมายถึงไม่ต้องซื้อเป็นชุดหรือเก็บผลิตพร้อมกัน แต่นำมาใช้คู่กันได้) นั้นจะได้รับการปรับตำแหน่ง กลึง เจียรระในร่องรางวิ่ง Gothic-arch อย่างแม่นยำการใช้ ลิเนียร์ ไกด์ (Linear guide) รุ่นที่ใช้แทนกันได้มีผลคือดังนี้

- หาของง่ายเนื่องจากผู้ผลิตเก็บสต็อกไว้
- เพิ่มหรือเปลี่ยน Ball Slides ได้ง่าย

2.10 Spindle

Spindle เป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วประมาณ 12,000 RPM โดยมอเตอร์นี้จะใช้เกะและเจาะลาย PCB สามารถเลือกเปลี่ยนขนาดของหัวได้ตามแต่ชิ้นงาน ว่าละเอียดแค่ไหน



รูป 2.22 Spindle

2.11 G-code

ภาษา G-Code มาตรฐานบน RS274 ภาษา G Code คือชื่อทั่วไปที่ใช้สำหรับภาษาที่ใช้กันแพร่หลายอย่าง Numerical control (NC) programming language ใช้ใน Computer-aided manufacturing (CAM) สำหรับการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ ในเบื้องต้น G-Code คือภาษาที่บอกว่าเครื่องจักรจะทำอะไรจึงจะสร้างบางอย่างที่ต้องการได้ โดยการมีคำสั่งว่าต้องเคลื่อนย้ายไปที่ใด ความเร็วที่เคลื่อนไปอย่างไร และหนทางที่ไปคือทางไหนบ้าง

G-Code มีลักษณะเหมือนโปรแกรมต่างๆ ไปซึ่งประกอบไปด้วย Block หลายอัน แต่ละ Block ประกอบด้วยหลาย Word แต่ละ Word ประกอบด้วย Address ซึ่งจะใช้ภาษาอังกฤษ ตัวเลข และเครื่องหมาย ถูกจัดเรียงไว้ เช่น N01 M216 N02 G20 G90 G54 ใน Block ที่กล่าวมามีทั้งหมด 6 Words โดยจะมีการแบ่งเป็นลักษณะขั้นตอนคำสั่งดังนี้

- 1) ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม คือ คำสั่งที่ใช้กำหนดขั้นตอน ลำดับการทำงานของโปรแกรม
- 2) คำสั่งทางเรขาคณิต คือ คำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เพื่อให้สิ่งที่ได้ออกแบบไว้ตามที่ต้องการ
- 3) คำสั่งทางเทคนิค คือ คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร CNC ต่างๆ เช่น การเปลี่ยนเครื่องมือ, การเปิด-ปิดหัวเจาะ, ควบคุมการขึ้น-ลงของเครื่องมือ เป็นต้น



ตาราง 2.1 การกำหนดลักษณะการใช้งาน Character มาตรฐาน EIA RS-274 B

ตัวอักษร (character)	การใช้งานและความหมาย
A	การหมุนรอบแนวแกน X
B	การหมุนรอบแนวแกน Y
C	การหมุนรอบแนวแกน Z
D	(1) การหมุนรอบแนวแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สาม
E	(1) หมุนรอบแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สอง
F	อัตราป้อน
G	การจัดเตรียมการทำงาน
I	(1) ขนาดรอบแนวแกน X ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน X
J	(1) ขนาดรอบแนวแกน Y ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Y
K	(1) ขนาดรอบแนวแกน Z ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Z
M	คำสั่งช่วยการทำงาน
N	หมายเลขบรรทัดในโปรแกรม
O	ไม่กำหนด
P	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน X
Q	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Y
R	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Z

ตาราง 2.1 การกำหนดลักษณะการใช้งาน Character มาตรฐาน EIA RS-274 B(ต่อ)

ตัวอักษร (character)	การใช้งานและความหมาย
S	ความเร็วรอบของเพลاجับเครื่องมือตัด
T	เรียกเครื่องมือตัด
U	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน X
V	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Y
W	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Z
X	การเคลื่อนที่ในแนวแกน X
Y	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Y
Z	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z

ตาราง 2.2 ชุดคำสั่ง G-code จะเป็นคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ

ชุดคำสั่ง	การใช้งานและความหมาย
G00	การเดินเป็นแนวเส้นตรง เป็นการเคลื่อนที่แบบเร็ว ใช้ในกรณีต้องการให้เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งอย่างรวดเร็ว ในลักษณะที่ไม่มี การตัดชิ้นงาน
G01	เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ส่วนมากใช้ในการลักษณะการกินชิ้นงาน สามารถควบคุมความเร็วโดย Speed และ Feed
G02	การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งตามรัศมี มีทิศทางการหมุนนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งตามรัศมี มีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา
G04	เป็นคำสั่งให้หยุดทำงานชั่วขณะในลักษณะของการหน่วง (Dwell)
G09	หยุดการทำงาน
G10	การ Setting Data ของการเดินด้วยความเร็ว
G11	การ Setting Data ของการเดินเป็นเส้นตรง
G12	การเดินเส้นโค้งแบบตามเข็มนาฬิกา
G13	การเดินเส้นโค้งแบบทวนเข็มนาฬิกา
G15	การยกเลิกคำสั่งเดินเส้นโค้ง

ตาราง 2.2 ชุดคำสั่ง G-code จะเป็นคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ (ต่อ)

ชุดคำสั่ง	การใช้งานและความหมาย
G16	การเดิน โดยใช้คำสั่งการเดิน โคง
G17	การเลือกพื้นผิวบนระนาบ X Y
G18	การเลือกพื้นผิวบนระนาบ ZX
G19	การเลือกพื้นผิวบนระนาบ ZY
G20	เป็นการกำหนดหน่วยวัดระบบนิ้ว (ค่าที่ป้อนเป็นนิ้ว)
G21	เป็นการกำหนดหน่วยวัดเป็นระบบเมตริก (ค่าที่ป้อนเป็น มิลลิเมตร)
G23	การยกเลิกหรือปิดตรวจสอบระยะเพื่อของชิ้นงาน
G25	ปิดการตรวจสอบวัดเพลลาของหัวกัด
G26	เปิดการตรวจสอบวัดเพลลาของหัวกัด
G27	การตรวจสอบการกลับสู่จุดที่ใช้อ้างอิง
G28	การกลับสู่จุดที่ใช้ในการอ้างอิงของเครื่อง
G29	การกลับจุดที่ใช้อ้างอิงของเครื่อง
G30	การกลับจุดอ้างอิงของเครื่องจากการกำหนดข้อมูลในเครื่อง
G31	การข้ามคำสั่งเกี่ยวกับจุดอ้างอิง
G33	การเดินกัณฑ์ทำเกลียว
G40	การยกเลิกค่าชดเชยรัศมีของ Tool
G41	การกำหนดค่าชดเชยรัศมีของ Tool (offset) ไปทางด้านซ้าย
G42	การกำหนดค่าชดเชยรัศมีของ Tool (offset) ไปทางด้านขวา
G43	การกำหนดความยาวของมีดกัดที่มีค่าบวก
G44	การกำหนดความยาวของมีดกัดที่มีค่าลบ
G49	ยกเลิกค่าความยาวของมีดกัด
G51	กำหนดมาตราส่วน
G54	กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 1
G55	กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 2
G56	กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 3
G57	กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 4
G58	กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 5

ตาราง 2.2 ชุดคำสั่ง G-code จะเป็นคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ (ต่อ)

ชุดคำสั่ง	การใช้งานและความหมาย
G59	กำหนดตำแหน่งงานในข้อมูลที่ 6
G63	เลือกโหมดของการทำเกลียวแบบ Tap
G64	เลือกขนาดของกาคัดเนื่องด้วยด้วยการกัด
G65	การเรียก Marco โปรแกรมมาใช้งาน
G67	ยกเลิก Macro โปรแกรม
G68	การลอกแบบงาน โดยหมุนรอบจุดอ้างอิง
G69	ยกเลิกการลอกแบบงาน
G73	การเจาะแบบหยุดให้คายเศษ
G74	การทำเกลียวด้วยการ Tap
G76	การคว้านรูปแบบละเอียด
G80	ยกเลิกการเจาะ การคว้านในแบบต่างๆ
G81	การเจาะแบบไม่ยก (Spot Drilling)
G82	การเจาะแบบไม่ยก (Counter Boring)
G83	การเจาะลึกแบบยกคายเศษ
G84	การทำเกลียวในแบบ Tapping
G85-89	การคว้านรูปแบบคว้านหยาบ
G90	มีดเคลื่อนบนจุดใดๆ วัดระยะจากจุดศูนย์กลางงานทุกครั้ง (Absolute System)
G91	มีดเคลื่อนบนจุดใดๆ วัดระยะจากจุดเริ่มงานทุกครั้ง (Increment System)
G92	การเปลี่ยนจุดศูนย์กลางของงานที่ใช้อ้างอิง
G93	อัตราการป้อนตรงข้ามกับหน่วยของเวลา
G94	อัตราการป้อน หน่วยเป็น ระยะทาง/เวลา
G95	อัตราการป้อน หน่วยเป็น ระยะทาง/รอบ
G96	ความเร็วของเพลามีดกัด เมตร/นาที
G97	ความเร็วของเพลามีดกัด รอบ/นาที
G98	การเปลี่ยนตำแหน่งเท่ากับค่า G43
G99	การยกเปลี่ยนตำแหน่งเท่ากับค่า R

ตาราง 2.3 ชุดคำสั่ง M-code จะเป็นคำสั่งในการควบคุม Function ต่างๆ ของโปรแกรมและเครื่องจักร

ชุดคำสั่ง	การใช้งานและความหมาย
M00	Program Stop หยุดการทำงานของโปรแกรม
M01	Option Stop หยุดการทำงานชั่วคราว (ต้องกดปุ่ม Option Stop ที่เครื่องด้วย)
M02	จบการทำงานของโปรแกรม
M03	หมุนหัว Spindle ตามเข็มนาฬิกา
M04	หมุนหัว Spindle ทวนเข็มนาฬิกา
M05	หยุดการหมุนของหัว Spindle
M06	เปลี่ยน Tool
M07	Thru Spindle
M08	เปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant On)
M09	ปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant Off)
M11	หัวอยู่ในตำแหน่งเปลี่ยน tool
M19	หัวอยู่ในตำแหน่งเปลี่ยน tool
M20	ไม่ทำงานใดๆ
M30	จบการทำงานของโปรแกรม

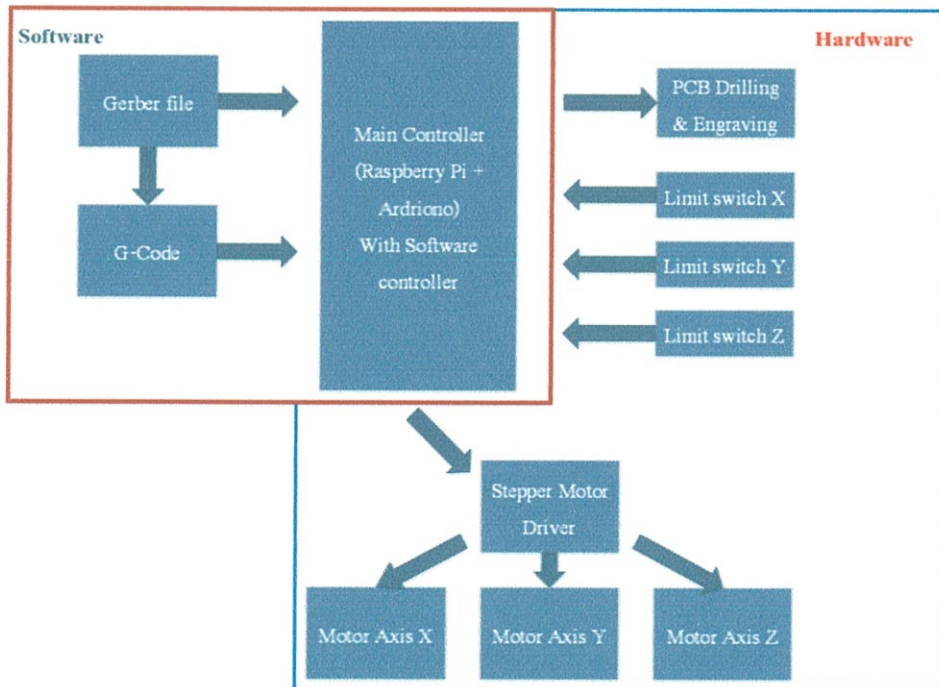
บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนา

3.1 ภาพรวมระบบ

เครื่องแกะลาย PCB ชุดนี้ประกอบด้วยส่วนฮาร์ดแวร์ และส่วนซอฟต์แวร์ โดยส่วนซอฟต์แวร์นั้นจะรับไฟล์ทั้ง Gerber file และ G code ถ้าได้รับเป็น Gerber file โปรแกรมจะเปลี่ยนให้เป็น G-code ก่อน จากนั้นบอร์ดควบคุมจะสั่งการให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เคลื่อนบอลสกรูให้ผ่านไปตามแกนที่ต้องการตามที่ G code กำหนด และในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้น จะมีบริเวณที่ใช้ในการแกะลาย เจาะลายลงบอร์ด PCB โดยจะมีหมุดยึดไว้ทั้ง 4 ด้าน เพื่อให้ไม่มีการเคลื่อนที่ในระหว่างการแกะลาย

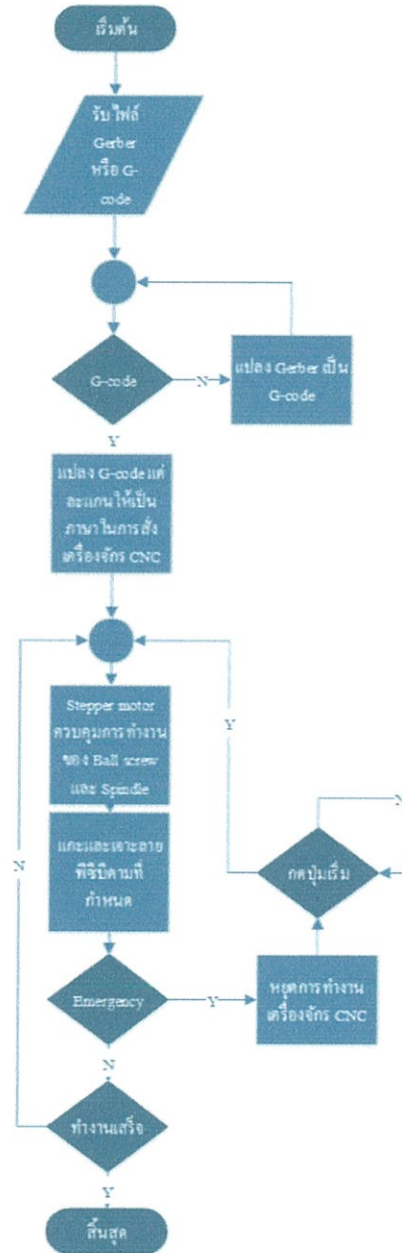
ขนาดของแผ่นทองแดง ซึ่งกำหนดไว้มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ A4 และขนาดเล็กที่สุดคือ A7 โดยตัวเครื่องจะประกอบด้วย 3 แกนคือ แกนในแนวราบ (แกน X , แกน Y) และแกนในแนวตั้ง (แกน Z) ซึ่งแกนในแนวราบจะทำการระบุพิกัดที่จะทำการแกะ ในแนวแกนตั้งจะทำการแกะลาย เจาะลายทุกอย่างจะถูกควบคุมโดยบอร์ดควบคุม มีสเต็ปเปอร์ไดรเวอร์ต่อเชื่อม เพื่อควบคุมการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์



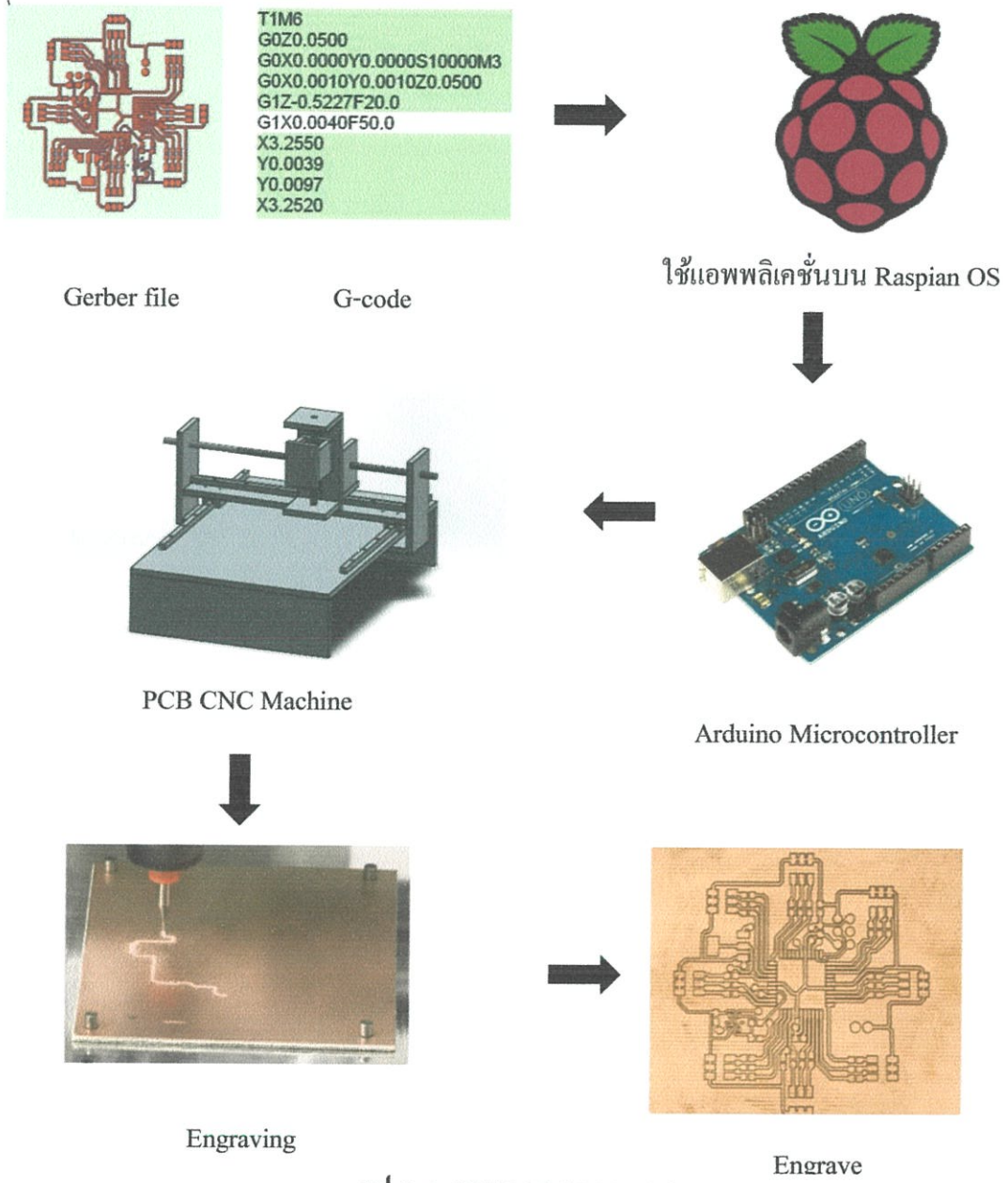
รูป 3.1 ภาพรวมของระบบ

จากรูป 3.1 เป็นการทำงานของระบบโดยรวม จะเห็นว่ามีส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์ โดยทั้งสองส่วนจะรวมเป็นเครื่องเดียวกัน

3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

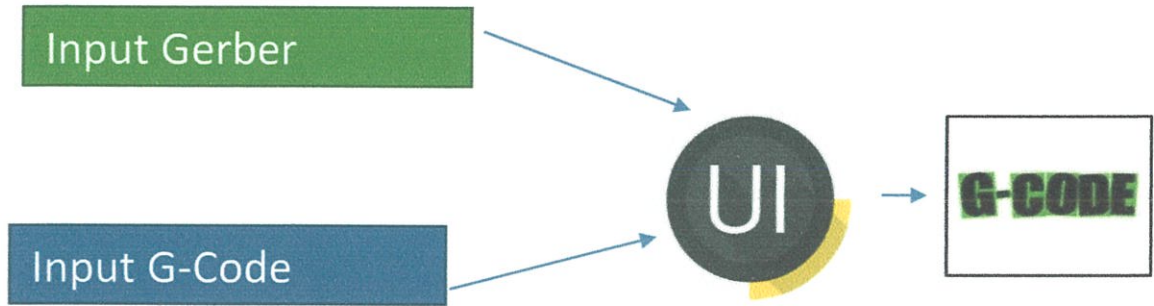


รูป 3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ



รูป 3.3 ภาพรวมของระบบ

3.2 ส่วนของซอฟต์แวร์



รูป 3.4 แผนผังการทำงานของซอฟต์แวร์

การนำเข้าข้อมูลที่ต้องการ

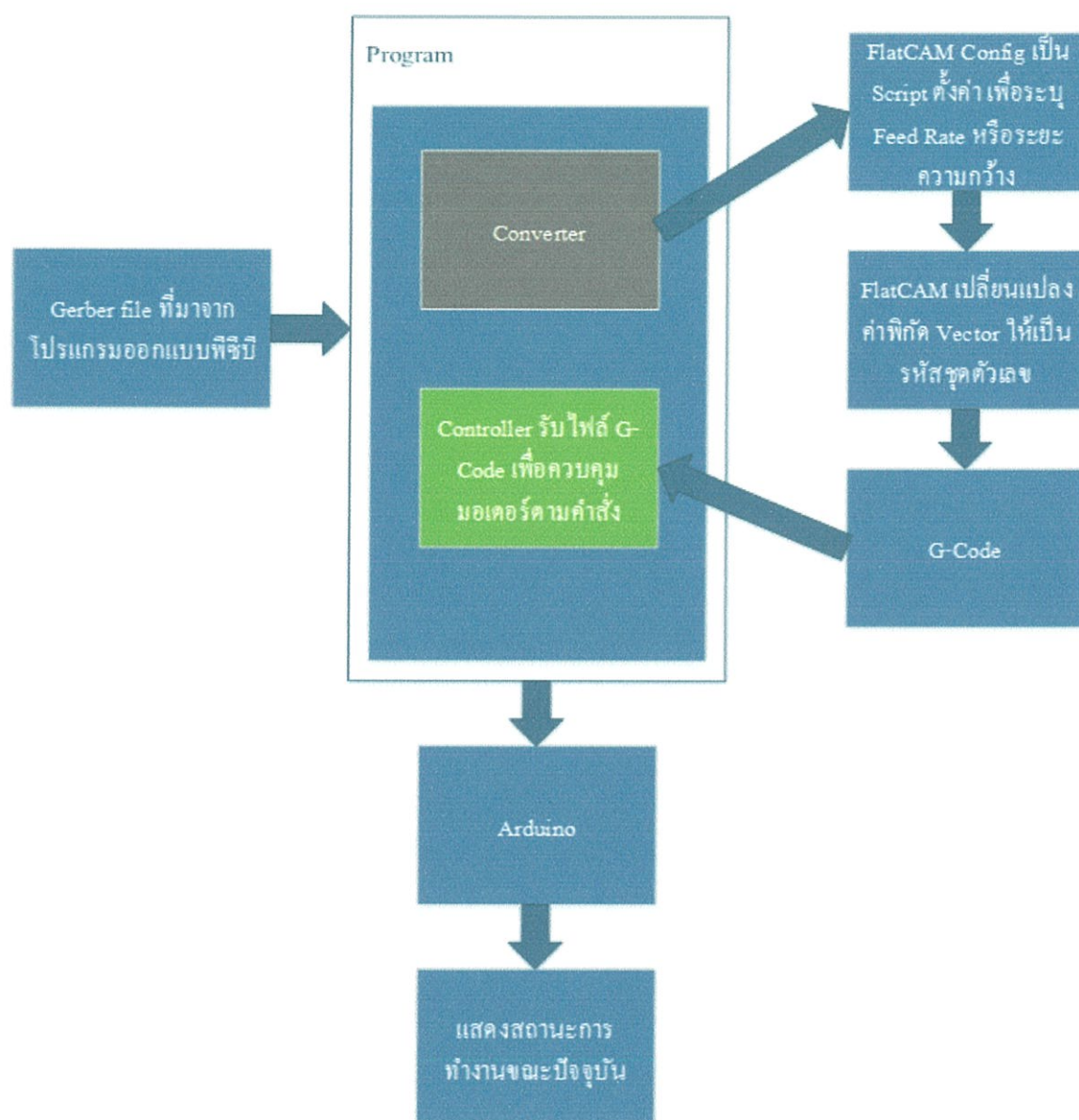
การนำเข้าข้อมูลสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

- 1) Input Gerber ข้อมูลเข้าโดยการเปิด Gerber file หรือ Drill file
- 2) Input G-Code นำข้อมูลเข้าโดยการเปิด NC file

เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วระบบจะแบ่งการทำงานเป็น 2 แบบคือ

- 1) ข้อมูลที่นำเข้าเป็น Gerber ระบบจะทำการ Generate Config เพื่อกำหนดค่าที่จำเป็นในการใช้แกะลายพีซีบี และทำการเรียก FlatCAM เพื่อแปลงจาก Gerber file เป็น NC file พร้อมใช้งาน
- 2) ข้อมูลนำเข้าเป็น G-Code ระบบจะพร้อมทำงานสำหรับชนิดของข้อมูลแบบนี้ เมื่อกด Start จะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการสั่งเครื่องแกะลายพีซีบีให้ทำงาน

รายละเอียดการทำงานของซอฟต์แวร์



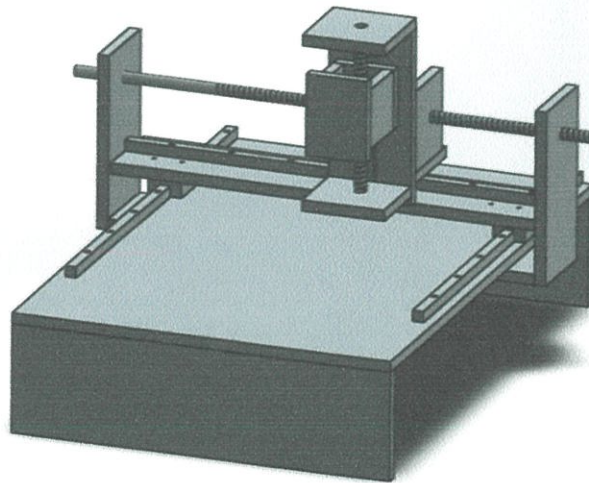
รูป 3.5 บล็อกไดอะแกรมของซอฟต์แวร์

3.3 ส่วนของเครื่องแกะลายพีซีบี

ในส่วนของเครื่องแกะลายพีซีบี ทางผู้พัฒนาออกแบบให้มีขนาดของพื้นที่การทำงาน แบ่งเป็นขนาดตั้งแต่ A4 ถึง A7 สามารถเลือกได้ตามขนาดของลายที่ออกแบบ ตัวเครื่องสามารถแกะและเจาะลายพีซีบีได้ โดยควบคุมการทำงานผ่าน Raspberry pi ให้สั่งการทำงานต่อไปยังบอร์ดควบคุมการออกแบบโครงสร้าง

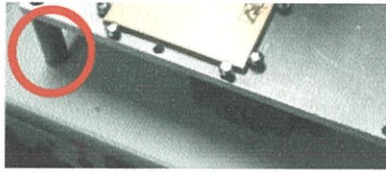
ส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์

- 1) แท่นเครื่อง เป็นโครงสร้างหลักทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง
- 2) ฐานรอง ต่อจากแท่นเครื่อง ทำหน้าที่เป็นพื้นที่ในการใช้งาน และติดตั้งส่วนอื่นๆ
- 3) ชุดหัวเจาะ เป็นชุดสำหรับจับยึดอุปกรณ์หัวเจาะ และติดตั้งมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อน
- 4) ชุดขับเคลื่อนที่
 - 4.1) Stepper Motor รับคำสั่งทางไฟฟ้าจากบอร์ดควบคุมแล้วแปลงเป็นการเคลื่อนที่
 - 4.2) Linear Guide เป็นชุดประกอบให้แกนการเคลื่อนที่ ให้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและให้ความแข็งแรงในขณะการเคลื่อนที่ระหว่างการทำงาน
 - 4.3) Ball Screw เป็นอุปกรณ์แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุมจาก Stepper Motor ให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง เมื่อติดตัวล็อกเข้ากับตัวเลื่อน Linear Guide สามารถเลือกใช้ได้ตามความละเอียดของงาน
- 5) ชุดจับยึดชิ้นงาน เป็นหมุดแท่งเหล็ก จำนวน 8 แท่ง เพื่อใช้ตั้งลงบนรูของหมอนรอง เพื่อถือชิ้นงานให้นิ่งอยู่กับที่เมื่อแกะลายพีซีบี



รูป 3.6 ตัวเครื่องแกะลายพีซีบี

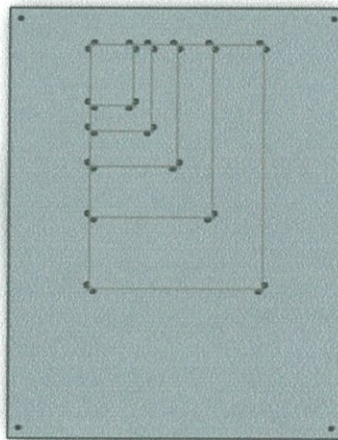
ส่วนแท่นเครื่อง ในส่วนของแท่นเครื่องจะเป็นฐานรองทรงกลมความยาวเท่ากันทั้งสี่เสา เพื่อรองรับน้ำหนัก และทรงตัวของเครื่อง ความสูงของเสา 70 มม. เพื่อที่จะสามารถสูงพอที่จะติดบอลสกรูสำหรับเลื่อนหัวแกะลาย ในแนวแกน Y ได้



รูป 3.7 แท่นเสารองเครื่อง

ส่วนฐานรอง ได้ทำการตัดอลูมิเนียมให้มีขนาดความกว้าง x ความยาว ให้สามารถรองรับแผ่นพีซีบีขนาดใหญ่ที่สุดได้คือ A4 และสามารถวางอุปกรณ์การเคลื่อนที่ของเครื่องได้ จึงได้คำนวณขนาดคือ 510 มม. X 35 มม.

Work space area ขนาดของพื้นที่ในการแกะและเจาะลายพีซีบีที่กำหนดไว้จะมีขนาดตั้งแต่ A4 ถึง A7 โดยในแต่ละขนาดจะมีหมุดปัก เพื่อให้แผ่นทองแดงที่จะนำมาแกะและเจาะลาย อยู่กับที่ ไม่เคลื่อนที่เวลาที่ทำการแกะและเจาะลาย

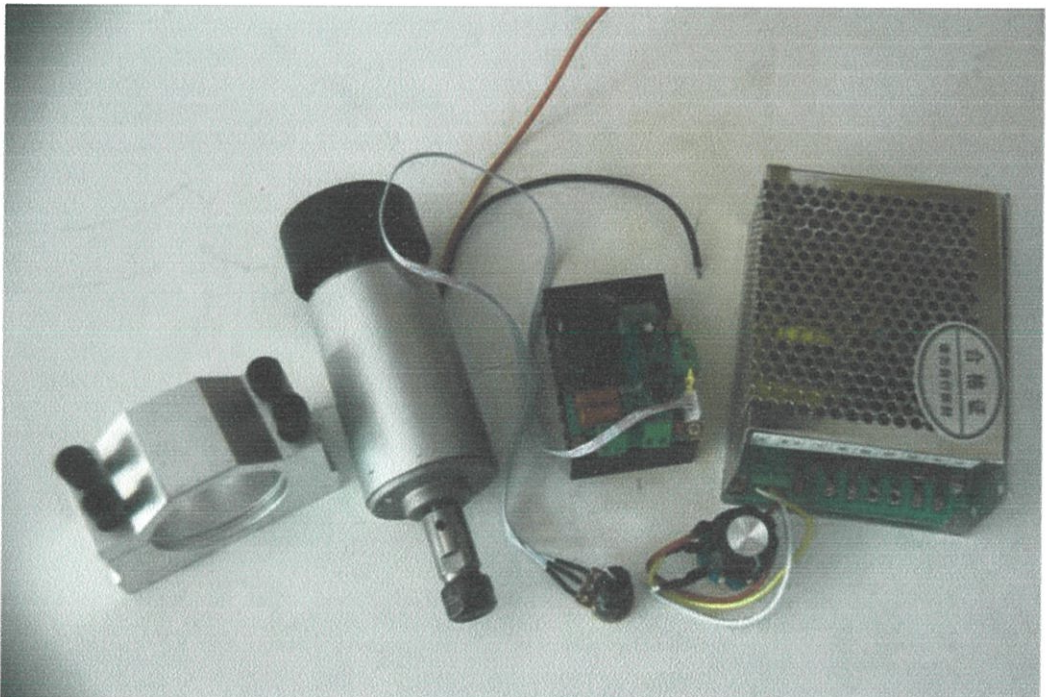


รูป 3.8 พื้นที่ในการทำงาน



รูป 3.9 แผ่นอลูมิเนียมขนาด 510 มม. X 350 มม.

ส่วนชุดหัวเจาะ เป็นชุดเจาะที่มีความเร็วรอบ 12000 RPM จากงานแกะลายพีซีบีที่มีแรงต้านไม่มาก โดยสามารถใส่ทั้งหัวแกะลายและหัวเจาะได้ เมื่อทำงานใดงานหนึ่งเสร็จแล้ว ผู้ใช้ต้องเปลี่ยนหัวแกะหรือเจาะตัวตนเอง



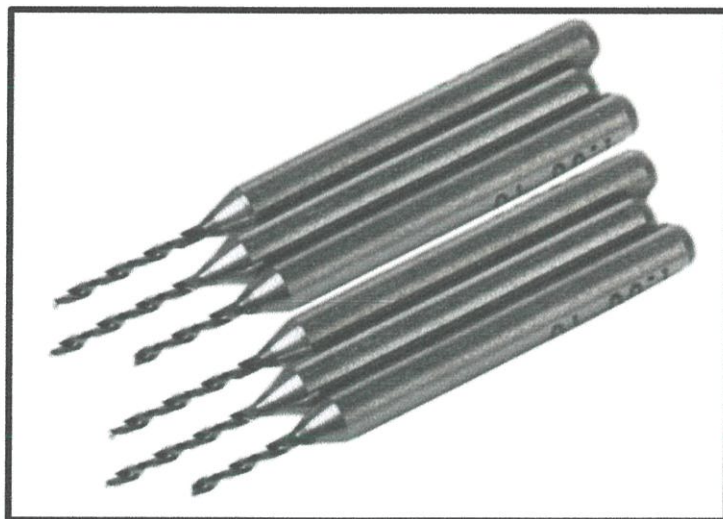
รูป 3.10 ชุดหัวเจาะ

ขนาดของหัวแกะลายที่มีคือ 0.2 0.3 0.4 มม. ซึ่งตอบสนองความต้องการความละเอียดเส้นต่ำสุดคือ 10 มิวได้



รูป 3.11 หัวแกะลาย

ขนาดของหัวเจาะที่มีคือ 0.5, 0.6, 0.7, ..., 1.5 มม. เพื่อใช้ในการเจาะรูแผ่นพีซีบีที่มีขนาดต่างกัน เป็นลักษณะเฉพาะของขาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นๆ

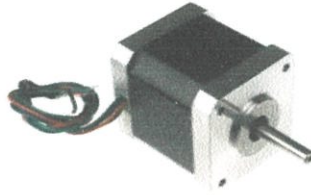


รูป 3.12 หัวเจาะ

ส่วนขับเคลื่อนที่

Stepper Motor

Stepper motor เป็นมอเตอร์ที่หมุน Ball screw เพื่อให้ nut ที่อยู่บน Ball screw เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยการทำงานจะสั่งเป็นสเต็ปทีละองศาของรอบหมุน



รูป 3.13 Stepper Motor

จากสูตร

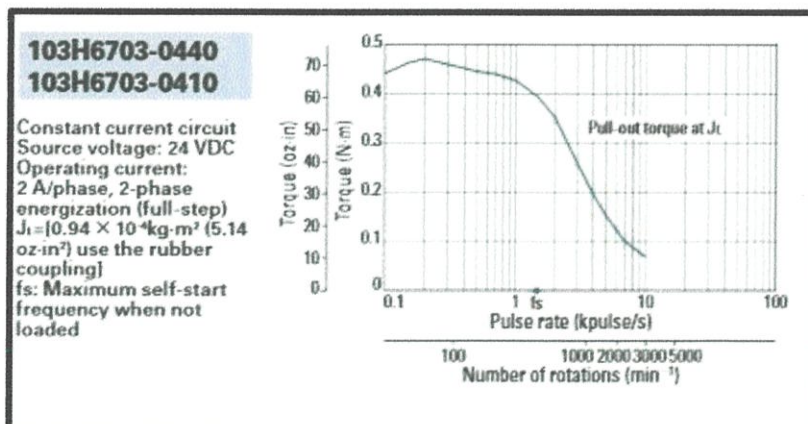
$$\text{Torque} = \frac{F \times P}{2\pi \times e} \quad (3.1)$$

F คือ แรงต้านแรงฝืด

P คือ ระยะห่างของสกรูในหน่วยเมตร

e คือ ประสิทธิภาพของบอลสกรู

คำนวณหาทอร์กได้ 0.04 Nm จึงนำมาเลือก Stepper Motor ที่ต้องการ โดยเลือกให้มีทอร์กมากกว่า
 ต้องที่ความต้องการก็จะสามารถทำให้สามารถหมุนรับน้ำหนักเครื่องและลายพีซีบีได้



รูป 3.14 รุ่นของ Stepper motor และกราฟของทอร์ก

โดยรุ่นที่เลือกเป็นรุ่น 103H6703 ซึ่งหมุน 1.8 องศาต่อสเต็ป, 200 สเต็ปต่อการหมุนหนึ่ง
ครั้ง

คำนวณการใช้ Stepper motor ร่วมกับ Ball screw

Stepper motor 1.8° 200 step, Pitch ball screw 5 mm. ต้องการได้ระยะทาง 0.254 มม.
(แนวราบ) จะต้องหมุน Ball Screw (แนวตั้ง) $0.254/5 = 0.0508$ mm จำนวนจาก 200 step x 0.0508
= 10.16 step เพราะฉะนั้นจะต้องหมุน Stepper motor ทั้งหมด 10.16 Step

ตาราง 3.1 การคำนวณระยะทางของหัวแกะลายพีซีบีเมื่อใช้ Stepper ควบคุม Ball screw (pitch 5 mm.)

Ball screw (pitch 5 mm.)			
ลำดับ	ระยะที่ต้องการไป(mm)	Ball screw ที่จะต้องหมุน (mm)	Stepper จะต้องหมุน (step)
1	0.254	0.0508	10.16
2	0.508	0.1016	20.32
3	0.762	0.1524	30.48
4	1.016	0.2032	40.64

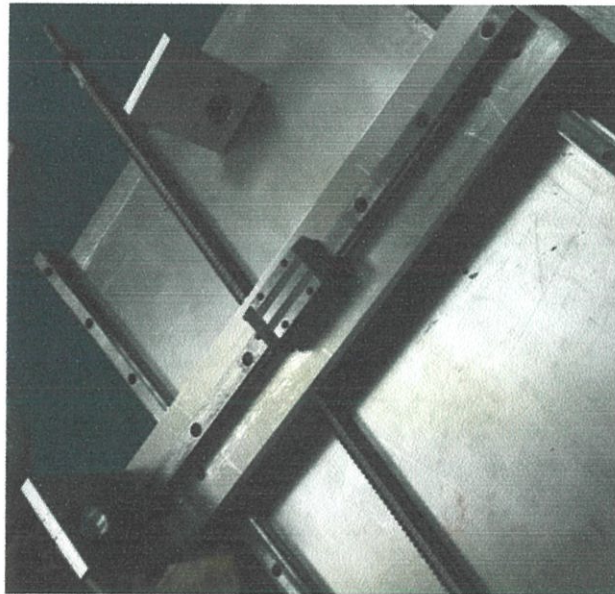
ตาราง 3.2 การคำนวณระยะทางของหัวแกะลายพีซีบีเมื่อใช้ Stepper ควบคุม Ball screw (pitch 10 mm.)

Ball screw (pitch 10 mm.)			
ลำดับ	ระยะที่ต้องการไป (mm)	Ball screw ที่จะต้องหมุน (mm)	Stepper จะต้องหมุน (step)
1	0.254	0.0254	5.08
2	0.508	0.0508	10.16
3	0.762	0.0762	15.24
4	1.016	0.1016	20.32

สเต็ปเปอร์มอเตอร์พัลส์ (Pulse) 1 ลูกจะทำให้ เกิดการเคลื่อนที่ไป 1.8° ใช้ 200 ลูก/รอบนั้น ก็คือต้องหมุน 200 สเต็ปจึงครบ 1 รอบ บอลสกรูที่ระยะพิชช์ (Pitch) 5 มม. หมายความว่าเคลื่อนที่ 1 รอบได้ระยะทาง 5 มม. ดังนั้นจึงให้พัลส์ (Pulse) กับมอเตอร์จำนวน 10 – 11 พัลส์ ตามตาราง 3.1 ส่วนบอลสกรูที่ระยะพิชช์ (Pitch) 10 มม. ก็ให้พัลส์ (Pulse) กับมอเตอร์จำนวน 5-6 พัลส์ ตามตาราง 3.2

ติดตั้งบอลสกรู (Ball Screw) สามารถทำได้โดยใช้คัปปลิง (Coupling) ครอบที่ปลายของบอลสกรูแล้วใช้สกรูยึด ส่วนอีกฝั่งของคัปปลิงก็สวมใส่เข้ากับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor)

ติดตั้ง Linear Guide ทำการวัด และตั้งมาตรฐานวัดให้ตรง ในการติดตั้ง Linear Guide จำเป็นต้องให้ความละเอียดอย่างมาก หลังจากวัดได้เรียบร้อยแล้วจึงใช้น็อตขนาดประมาณ M3 เข้ายึด Linear Guide กับฐานอลูมิเนียม



รูป 3.15 Linear guide มาทำการติดตั้งในแนวแกน x



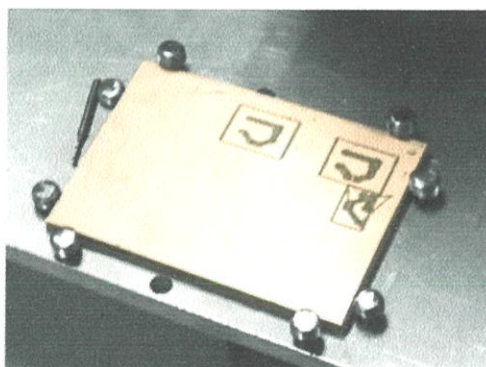
รูป 3.16 Linear Guide มาติดตั้งแนวแกน y



รูป 3.17 Linear Guide มาติดตั้งแนวแกน z

โดยการติดตั้งในแต่ละแกนนั้นจะต้องติดตั้งให้เป็นแนวเส้นตรง และจะติดกับฐานเพื่อเป็นแกนพยุ่งให้ฐานเลื่อนสามารถเลื่อนขึ้น-ลง, ซ้าย-ขวา, หน้า-หลังได้ โดยจะติดตัว Guide กับตัวอลูมิเนียมล้อติดกัน

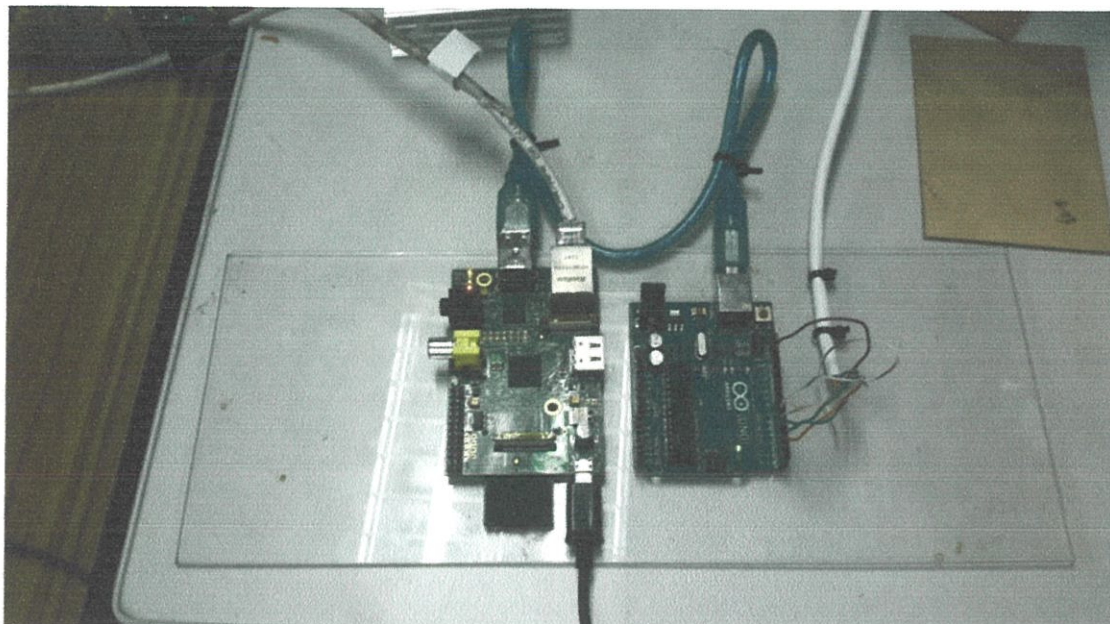
ส่วนจับยึดชิ้นงาน เป็นหมุดเล็กๆ จำนวน 8 แห่ง ใช้สำหรับยึดแต่ละมุม ทำให้แผ่นพีซีบีไม่ สามารถขยับได้ ทำให้มีความนิ่งในขณะทำงาน ช่วยไม่ให้แผ่นพีซีบีหมุนไปตามแรงของหัวเจาะ



รูป 3.18 หมุดยึดชิ้นงาน

Stepper Controller

Stepper controller เป็นบอร์ดที่รับคำสั่งจากบอร์ด Raspberry pi อีกทีหนึ่ง เพื่อนำคำสั่งนั้นไปทำให้มอเตอร์หมุน



รูป 3.19 Stepper Controller (Raspberry Pi & Arduino)

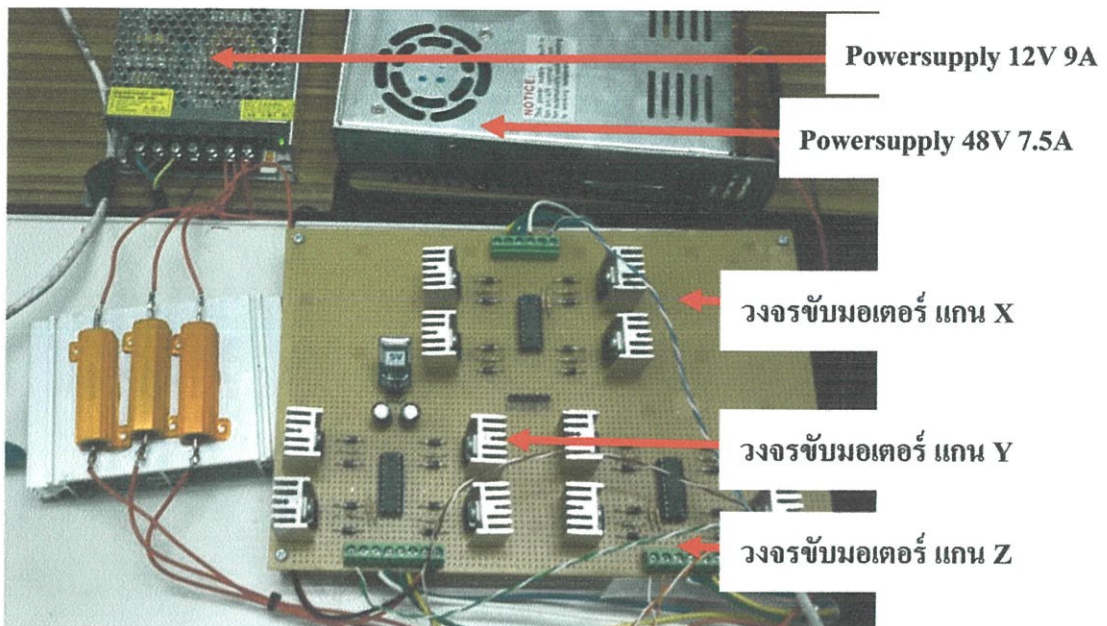
ส่วนของบอร์ดควบคุมใช้ Raspberry Pi เพื่อเปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ซึ่งลงระบบปฏิบัติการ Raspbian แล้วทำการเขียน User Interface ภาษา C++ ผ่าน Qt Creator ซึ่งเป็น IDE ที่สามารถเขียน Cross-platform ได้ และลงเฟิร์มแวร์(Firmware) บอร์ด Arduino ให้เป็นตัวอินเทอร์เฟซติดต่อกับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยให้สัญญาณ CLK(Pulse) เพื่อให้มอเตอร์หมุน และ CW/CCW(High/Low) กำหนดทิศทาง



รูป 3.20 สัญญาณ CLK เป็นที่ออกจากบอร์ด Arduino



รูป 3.21 สัญญาณ High จากบอร์ด Arduino

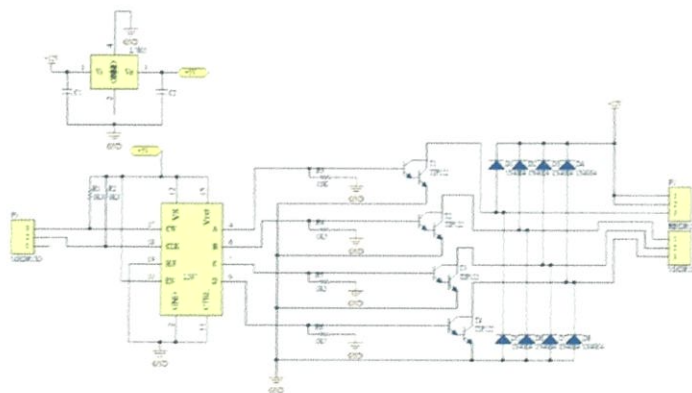


รูป 3.22 Stepper Controller

หลักการทำงานของฮาร์ดแวร์

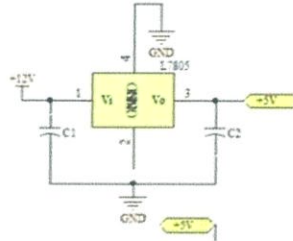
เมื่อได้รับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมี input เป็น CW/CCW และ CLK ซึ่ง CCW/CW คือคำสั่งให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาตามลำดับ และ CLK คือคำสั่งของจำนวนรอบที่ใช้หมุน เมื่อได้รับ input มากี่จะเข้า IC L293 เพื่อแปลงสัญญาณที่ได้รับมา ให้เป็นคำสั่งของการขับเคลื่อนในแต่ละแกนของมอเตอร์ จากนั้นจะส่งสัญญาณที่ได้จาก IC L293 ไปให้ทรานซิสเตอร์เพื่อเป็นตัวจ่ายกระแสให้ขดลวดของสเต็ปเปอร์ในแต่ละแกน โดยจะขับเป็นสเต็ปตามสัญญาณ CLK ที่ได้รับมา

ส่วนประกอบของวงจรถอนิกส์



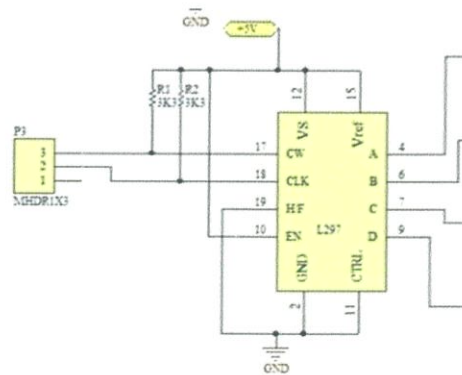
รูป 3.23 วงจรถอนิกส์ทั้งหมด

ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดจากภาพเป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมสตีปเปอร์มอเตอร์โดยวงจรในภาพสามารถควบคุมได้ 1 แกน ถ้าต้องการ 3 แกนจะต้องใช้วงจรส่วนล่างในภาพ เป็นจำนวน 3 ชุด และมีวงจรแปลงไฟจาก 12V เป็น 5V



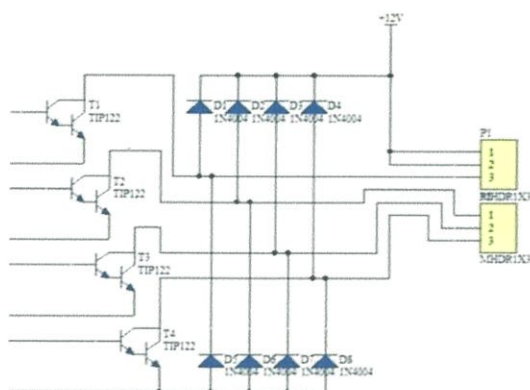
รูป 3.24 วงจรแปลงไฟจาก 12V เป็น 5V

- 1) วงจรรับ input เข้ามาเพื่อนำสัญญาณมาขับมอเตอร์ ซึ่งรับ input เข้ามาเป็น CW และ CLK โดย CW เป็นตัวสั่งให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วน CLK เป็น clock นาฬิกาสั่งจำนวนรอบของการหมุน ใช้ IC เบอร์ L297 จะได้ output ออกมาเป็น A, B, C และ D ตามลำดับ เพื่อนำไปขับแกนของขดลวดที่สตีปเปอร์มอเตอร์



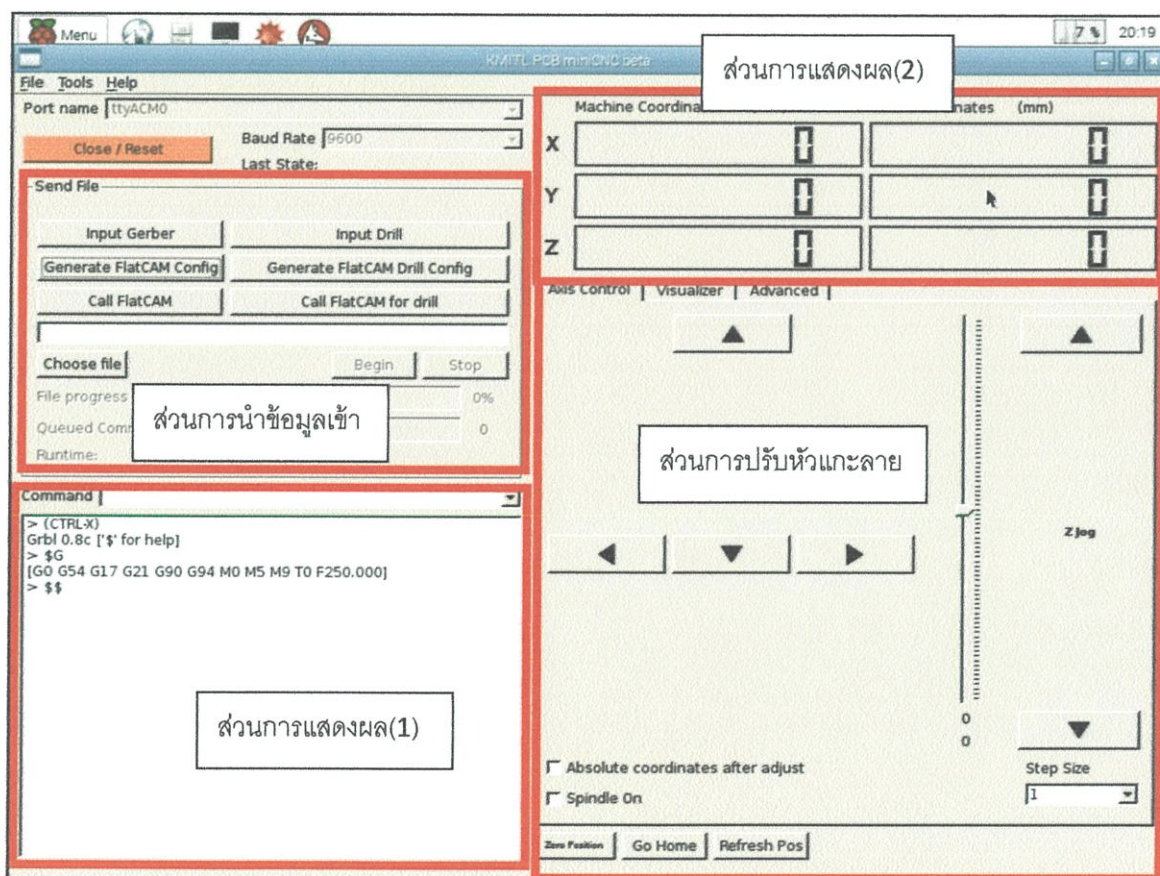
รูป 3.25 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนของ L297

- 2) เมื่อได้สัญญาณ output จาก L293 แล้วจะนำไปจ่ายให้ทรานซิสเตอร์เพื่อให้ทรานซิสเตอร์จ่ายไฟให้กับขดลวดของสตีปเปอร์มอเตอร์ เพราะจ่าย 12V 2A ให้กับขดลวดจึงไม่สามารถนำไปขับขดลวดตรงๆได้ และมีไดโอดกันเพื่อไม่ให้กระแสไหลย้อนกลับ



รูป 3.26 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนของทรานซิสเตอร์และ Output

3.4 User Interface ของแอปพลิเคชัน



รูป 3.27 User Interface ของแอปพลิเคชันหน้า Home

ส่วนของการนำข้อมูลเข้า

เมื่อเปิดแอปพลิเคชันหน้าต่างนี้จะเป็นหน้าต่างเริ่มต้น ในกรอบ Send File จะเป็นในส่วน การเลือกชนิดข้อมูลเข้ามา โดยการ Input Gerber, Input Drill มีปุ่ม Generate FlatCAM Config ที่ตั้ง ค่าไว้ให้ทั้ง Gerber file และ Drill file ส่วน Call FlatCAM เป็นปุ่มที่ใช้เพื่อแปลงจาก Gerber file ไป เป็น NC file ส่วน Choose File ใช้เพื่อเลือก G-Code ไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .NC เพื่อใช้ในการแกะ ลายพีซีบี

ส่วนการแสดงผล(1)

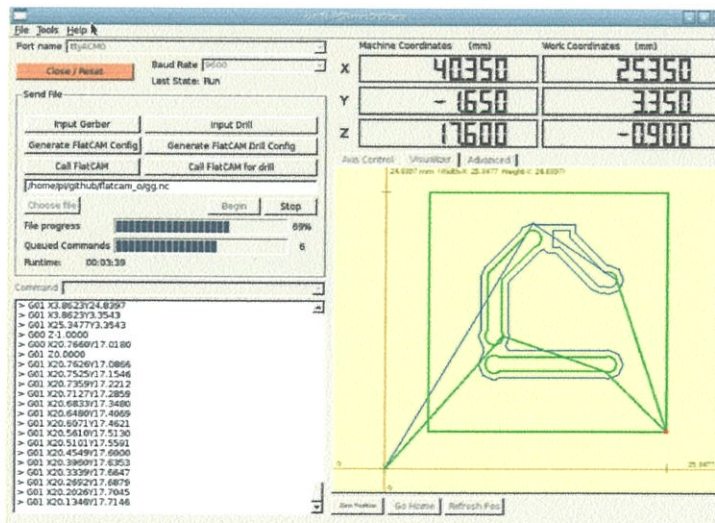
จะแสดงผลคำสั่งที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ทุกครั้งที่เปิดแอปพลิเคชันจะมีการตั้งค่าเริ่มต้น แสดงซึ่งเราสามารถตั้งค่าได้ ที่ช่อง Command โดยสามารถป้อนเป็นคำสั่ง G-Code เพื่อสั่งหัวแกะ ลายได้ และสามารถกรอกตั้งค่าต่างๆ ได้เพิ่มเติม

ส่วนการแสดงผล(2)

ข้างบนขวามือ จะเป็นการแสดงตำแหน่งของหัวแกะลายพีซีบีว่าอยู่ตำแหน่งใด โดย Machine Coordinates จะเป็นตำแหน่งที่หัวแกะอยู่จริงๆ จากตอนเริ่มต้นทำงานหลังจากเปิดเครื่อง และ Work Coordinates เป็นตำแหน่งหัวแกะที่วัดจากการเริ่มทำงานใหม่นั้นๆ

ส่วนการปรับหัวแกะลาย

เราสามารถปรับตำแหน่งหัวเจาะได้ที่ส่วนนี้ และถ้าเมื่อเริ่มทำงานส่วนนี้จะไปเปิดที่แท็บ Visualizer เพื่อจำลองรูปแผ่นพีซีบีที่เราแกะว่าไปถึงจุดใดแล้ว



รูป 3.28 Visualizer ของงานที่ทำในขณะนั้น

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ทดลองระยะที่เคลื่อนที่โดยการหมุนของ Ball screw และ Stepper Motor

ในการทดลองจะทดลองระยะที่ต้องการไปจำนวน 10 ครั้งต่อหนึ่งระยะที่ต้องการ แล้วนำมาเฉลี่ยบันทึกค่าระยะที่เคลื่อนที่ได้จริง

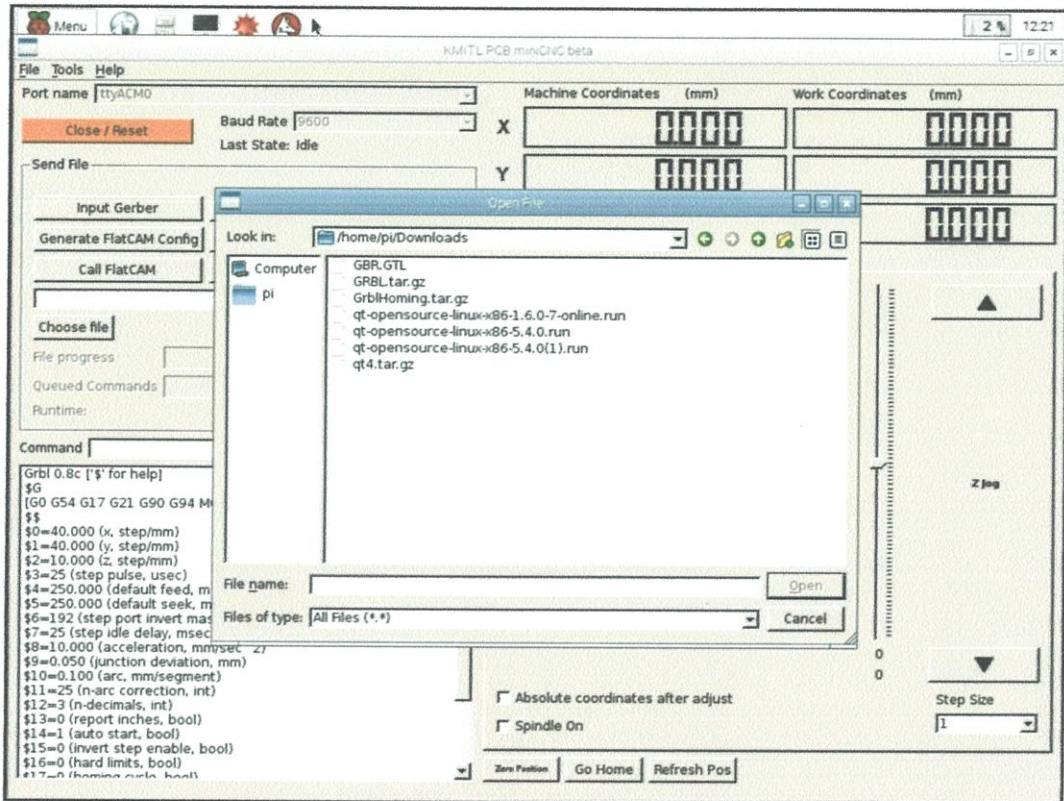
ตาราง 4.1 การทดลองการเคลื่อนที่ระยะจริง

ลำดับ	ระยะที่ต้องการไป	ระยะเฉลี่ยที่เคลื่อนที่ได้จริง	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	10 mm	10.01	0.1
2	20 mm	20.01	0.1
3	50 mm	50.03	0.06
4	100 mm	100.05	0.05

วิเคราะห์ผลการทดลอง 4.1

จากการทดลองยิ่งระยะมากขึ้นยังมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ซึ่งอยู่ในระดับที่รับได้ ทายวงจรมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากและไม่ขาดออกจากกัน ซึ่งทำให้สามารถใช้งานได้

4.2 ทดลองการใช้งานแปลง Gerber to G-Code



รูป 4.1 การเลือกไฟล์ Gerber

เมื่อผู้ทดลองเลือกเมนู Input Gerber โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ x ขึ้นมา จากนั้นผู้ทดลองเลือกไฟล์ที่มีนามสกุล .GTL ที่เป็นนามสกุลของไฟล์ Gerber


```

G21
G90
G94
F3.00
G00 Z-1.0000
M03
G04 P1
G00 X10.5790Y11.9380
G01 Z0.0000
G01 X10.5751Y12.0164
G01 X10.5636Y12.0941
G01 X10.5446Y12.1702
G01 X10.5181Y12.2441
G01 X10.4845Y12.3151
G01 X10.4442Y12.3825
G01 X10.3974Y12.4455
G01 X10.3447Y12.5037
G01 X10.2865Y12.5564
G01 X10.2235Y12.6032
G01 X10.1561Y12.6435
G01 X10.0851Y12.6771
G01 X10.0330Y12.6958
G01 X10.0330Y17.1668
G01 X12.8893Y20.0231
G01 X12.9210Y20.0081
G01 X12.9903Y19.9833
G01 X13.0617Y19.9654
G01 X13.1345Y19.9546
G01 X13.2080Y19.9510
G01 X13.2815Y19.9546
G01 X13.3543Y19.9654
G01 X13.4257Y19.9833
G01 X13.4950Y20.0081
G01 X13.5615Y20.0396
G01 X13.6247Y20.0774
G01 X13.6838Y20.1212
G01 X13.7383Y20.1707
G01 X13.7878Y20.2252

```

รูป 4.4 ตัวอย่าง G-Code หลังจากทำการ Generate จาก Gerber File

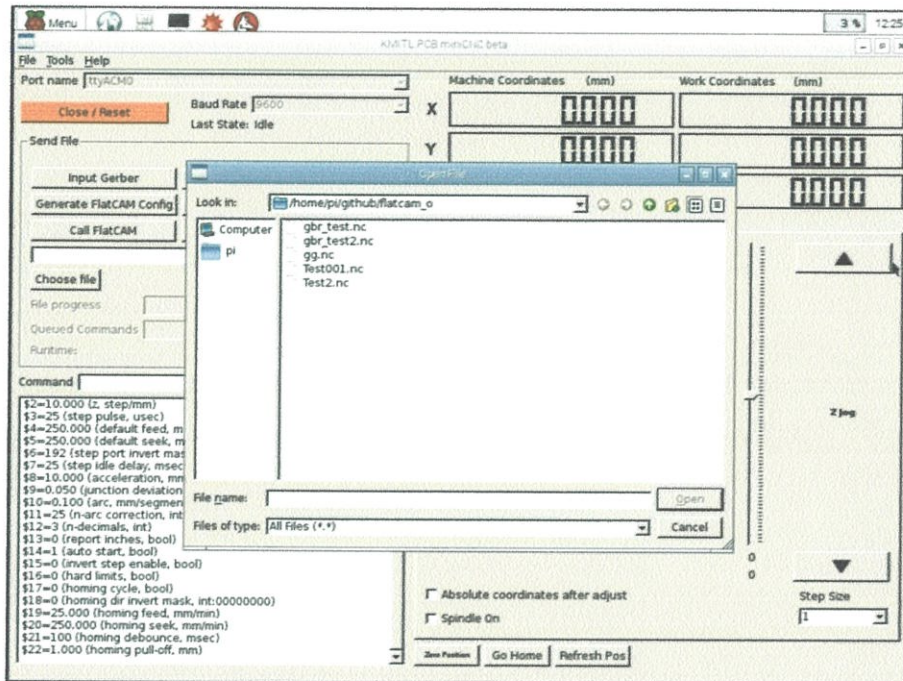
วิเคราะห์ผลการทดลอง 4.2

ถ้าสามารถสร้าง G-Code จาก Gerber file ได้สำเร็จแล้วให้มาสำรวจโค้ดบรรทัดแรกของ G-Code ว่าเป็นชุดคำสั่งอะไร เพราะจะเป็นตัวบอกหน่วยของการกัด ซึ่งบางที่ผู้ใช้อาจเกิดความผิดพลาดตั้งค่าจาก มิลลิเมตรเป็นนิ้ว หรือนิ้วเป็นมิลลิเมตรสลับกัน จึงต้องตรวจตราดูอีกรอบ ส่วนโค้ดของการเคลื่อนที่คือ G01 นั้น การเคลื่อนที่แนวแกน X Y Z มีความละเอียดหลายตำแหน่ง ทศนิยม ซึ่งสามารถรองรับความละเอียดได้สูง ทำให้เราสามารถรองรับความละเอียดของการแกะได้มาก แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความละเอียดฮาร์ดแวร์ด้วย

4.3 การทดลองแกะลายพีซีบี

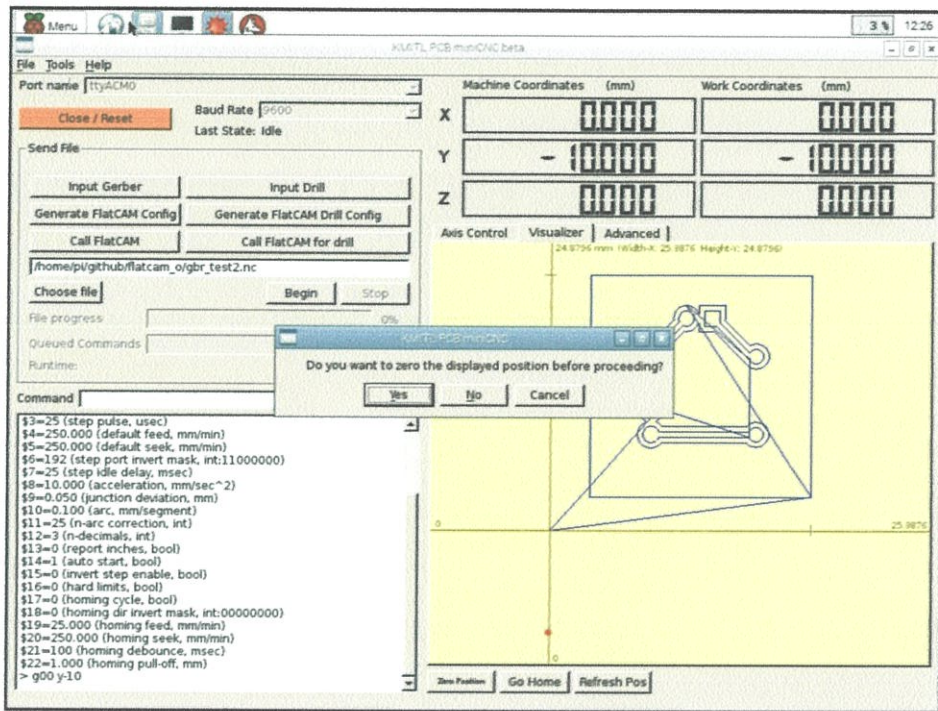
ในการแกะลายพีซีบีต้องนำ G-Code ไฟล์มาเพื่อทำการทดลองจึงนำไฟล์ G-Code ที่ได้จากข้อ

4.1 ทำการทดลอง



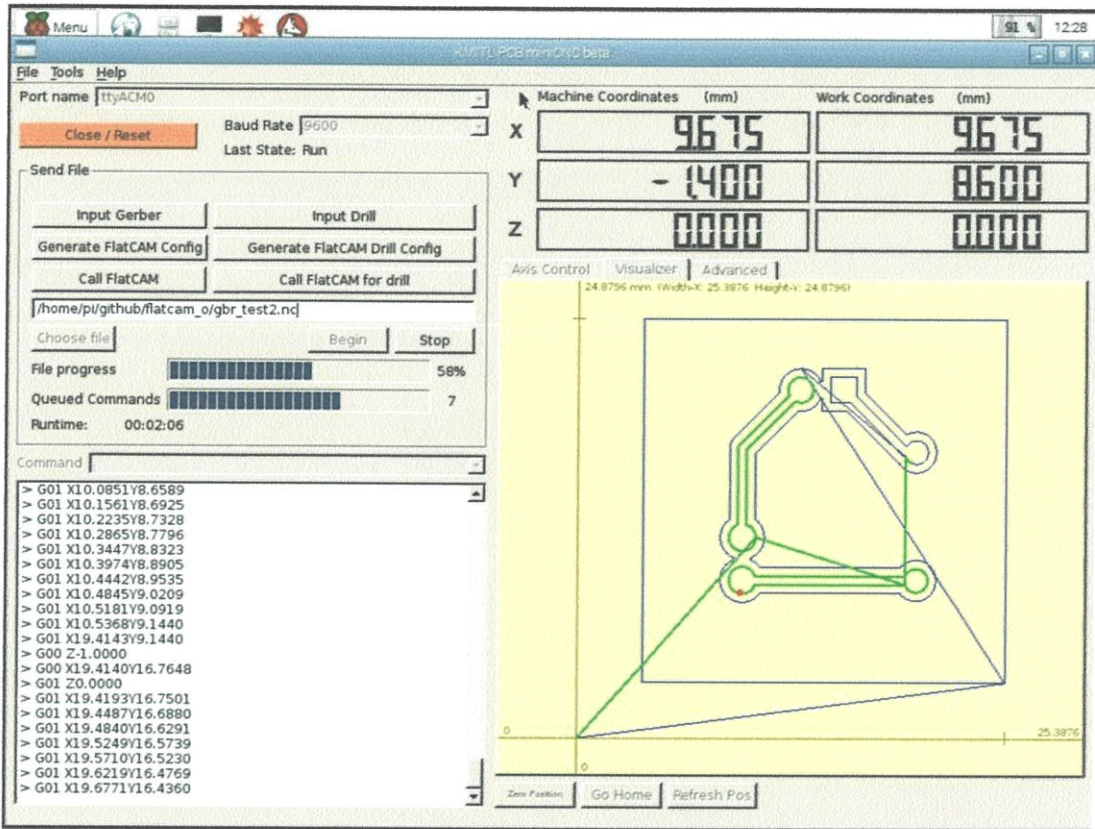
รูป 4.5 ทำการเลือกไฟล์ G-Code

ในการทดลอง ไฟล์ G-Code จะมีนามสกุลไฟล์คือ .nc ซึ่งเป็นไฟล์ลักษณะเฉพาะของไฟล์ G-Code



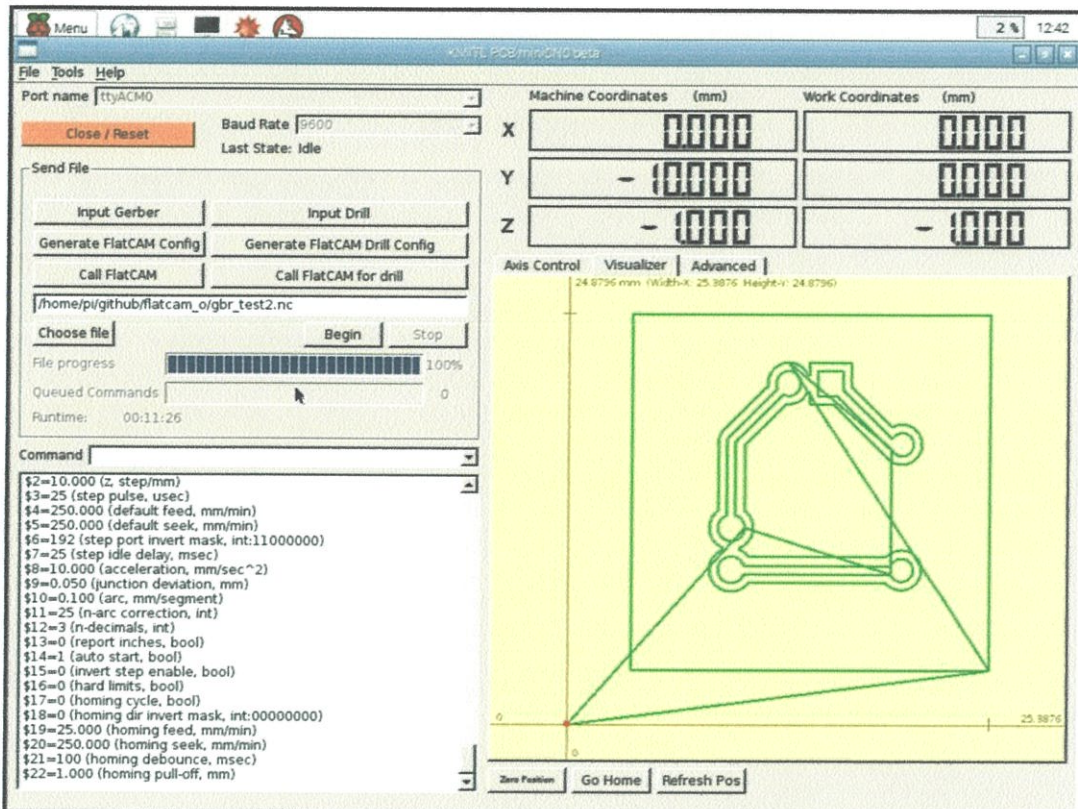
รูป 4.6 เมื่อใส่ไฟล์ G-code และเริ่มทำงาน

ในการทดลองเมื่อใส่ไฟล์ G-Code แล้วจะมีภาพของ G-Code ทางด้านขวามือของโปรแกรม เพื่อแสดงว่าไฟล์ G-Code ที่เราจะทำการทดลองเป็นรูปแบบใด และเมื่อกดปุ่ม Begin จะให้เราเลือกว่าต้องการจะตั้งค่าแสดงผลให้เป็น Zero หรือไม่ คือตั้งค่าให้ ณ จุดปัจจุบันเป็นจุดเริ่มต้น เพื่อง่ายต่อการเข้าใจ



รูป 4.7 การทำงานขณะแกะลายพีซีบี

ระหว่างการทดลองการทำงาน จะมีจุดสีแดงแสดงถึงตำแหน่งหัวแกะลายว่าปัจจุบันทำงานถึงจุดใดแล้ว



รูป 4.8 โปรแกรมเมื่อทำงานเสร็จสมบูรณ์

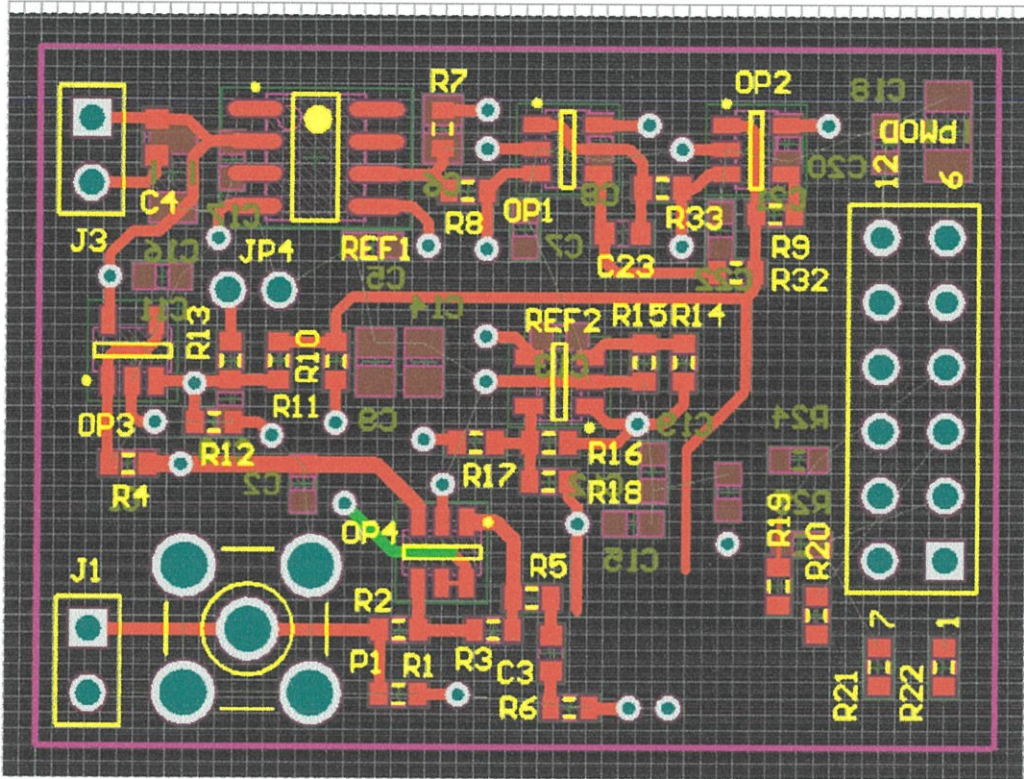
เมื่อทำการทดลองเสร็จสมบูรณ์หัวแกะลายจะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นในตอนแรก และผู้ทดลองจะได้ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์จากการแกะลายพีซีบี

วิเคราะห์ผลการทดลอง 4.3

จากการทดลองพบว่าขณะทำงานจะแสดงคำสั่ง G-Code ที่กำลังทำ ณ ปัจจุบัน และแสดงภาพขณะแกะลายพีซีบีว่าได้พัฒนาการดำเนินงานถึงจุดใดแล้ว จนกระทั่งเมื่อวนจนครบจุดสุดท้าย File Progress ก็ถึง 100 เปอร์เซ็นพอดี แสดงว่าแอปพลิเคชันค่อนข้างมีความแม่นยำในการติดตามการเคลื่อนที่ของหัวแกะลาย

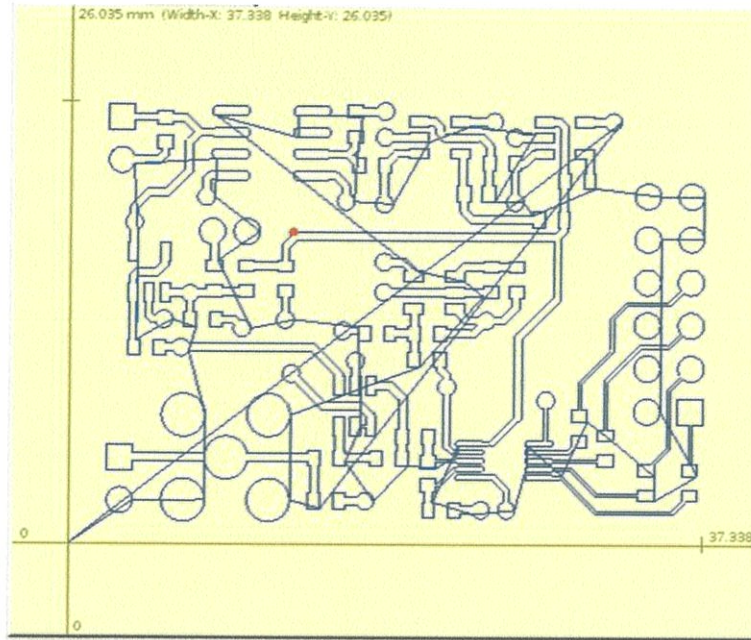
4.4 การทดลองแกะลายพีซีบีที่ละเอียด 10 มิว

ออกแบบการทดลองโดยการ ออกแบบวงจร Analog to Digital ด้วยโปรแกรม Altium



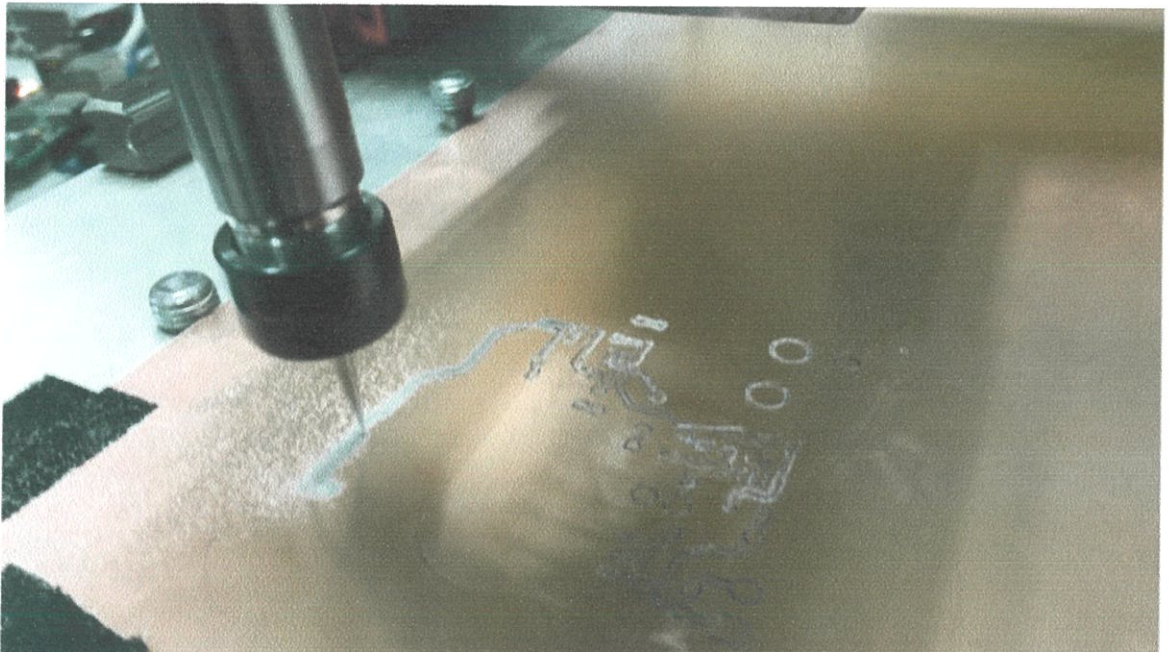
รูป 4.9 วงจร Analog to Digital

ด้วยโปรแกรม Altium สามารถกำหนดขนาดของเส้นที่ลากไปยังจุดเชื่อมต่างๆ ว่าต้องการความเล็ก หรือความละเอียดเท่าไร โดยสามารถกำหนดได้ด้วยตัวผู้ใช้งาน



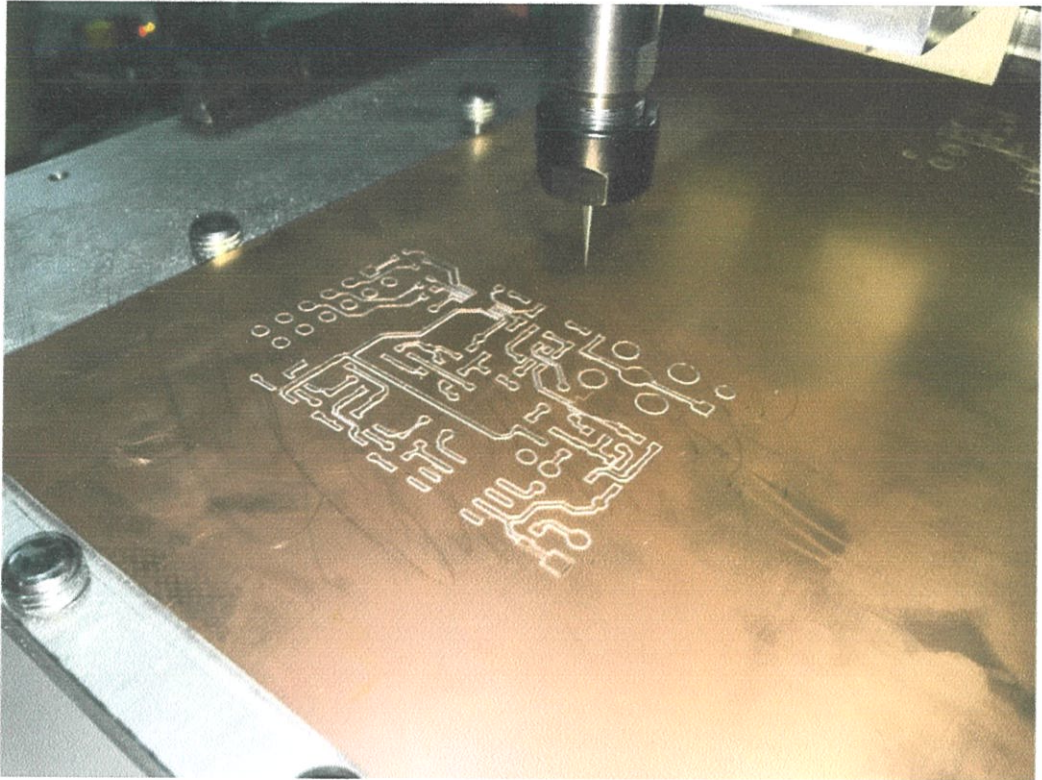
รูป 4.10 วงจร Analog to Digital

ทำการแปลงเป็น G-Code แล้วนำเข้าแอปพลิเคชันแบบการทดลองก่อนหน้านี้ ซึ่งแสดงโดย โหมด Visualizer ในแอปพลิเคชัน



รูป 4.11 หัวแกะลายกำลังแกะลายวงจร

ระหว่างการทดลองมีความล่าช้าในการเคลื่อนที่ของหัวแกะลาย เพราะต้องการความละเอียดที่มาก ระหว่างการทำกรทดลอง จะมีเศษที่เกิดจากการแกะลายพีซีบีจึงทำการดูดเศษผงที่เกิดขึ้นทำให้เห็นลายวงจรได้ชัดเจนขณะทำ ซึ่งสามารถทำให้เห็นความผิดพลาดได้หากมี



รูป 4.12 แผ่นพีซีบีหลังจากแกะลาย

หลังจากทำงานเสร็จ ได้แผ่นวงจรได้ความละเอียดตามขนาดที่ต้องการ

วิเคราะห์ผลการทดลอง 4.4

จากการทำงานของเครื่องแกะลายพีซีบีทำให้ได้แผ่นวงจรออกมาได้ตามขนาดที่ต้องการ แต่ด้วยเวลาต่อแผ่นที่นานประมาณ 20 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของวงจร และจำนวนเส้นลายของวงจรว่ามีจำนวนมากน้อยเท่าใด แต่เนื่องจากวงจร Analog to Digital มีขนาดเส้นเท่ากับ 5 มิวอยู่ด้วยจึงข้อผิดพลาดที่เส้นมีขนาดเล็กเกินไปจนไม่สามารถนำไฟฟ้าได้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการทำโครงการเรื่อง เครื่องแกะลายพีซีบี เป็นการนำเครื่องซีเอ็นซีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม มาประยุกต์ใช้กับงานขนาดเล็กคือแผ่นพีซีบี โดยใช้งานร่วมกับวงจรขับเคลื่อนและบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่าง Raspberry Pi และ Arduino ที่สามารถใช้งานแกะลายพีซีบีได้ตาม ต้องการ โดยทางผู้พัฒนาได้ศึกษาการออกแบบเครื่องซีเอ็นซีโดยใช้โปรแกรม Solidworks, ทำวงจร ขับเคลื่อน และพัฒนาโปรแกรมขับเคลื่อนเครื่องซีเอ็นซี โดยใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาโปรแกรม ในขั้นตอนแรกต้องนำไฟล์ Gerber มาแปลงในโปรแกรมเพื่อเป็นไฟล์ G-Code เสียก่อน เมื่อได้ไฟล์ G-Code แล้วให้ผู้นำเข้าโปรแกรม เมื่อผู้ใช้กดเริ่มทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มประมวลผล เริ่มขับเคลื่อนเครื่องซีเอ็นซีให้เป็นไปตามลายที่ได้ออกแบบไว้ ขณะที่ทำงาน โปรแกรมจะแสดง ตำแหน่งของหัวแกะลาย ว่าดำเนินงานไปได้เท่าไรแล้ว และแสดงถึงเวลาที่ทำงานจากตอนเริ่ม เมื่อเสร็จการแกะลายพีซีบีหัวเจาะจะกลับไปจุดเริ่มต้น ผู้ใช้งานจะได้รับแผ่นพีซีบีที่สำเร็จ รวมว ล่าที่ใช้จากตอนเริ่มจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอย่างเช่น ความละเอียดของลายวงจร ความซับซ้อน เป็นต้น ซึ่งมีข้อจำกัดคือเรื่องความละเอียดที่มีค่าเท่ากับ 10 มิว ถ้ามีค่าความละเอียดที่มากกว่านี้ อาจทำให้ ลายวงจรเกิดความผิดพลาดได้ โดยในขั้นตอนการทำถ้าเกิดข้อผิดพลาดสามารถกดปุ่มหยุดฉุกเฉิน เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน ระหว่างการทำจะมีการแสดงผลแบบเรียลไทม์ เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพของเครื่องแกะลายพีซีบีให้สามารถแกะลายพีซีบีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการนี้เหมาะกับบริษัทผู้ออกแบบพีซีบีและสถานวิจัยที่เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยในการ แกะลายพีซีบีที่ได้ออกแบบ สร้างความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วย ทำงาน ช่วยเพิ่มผลประกอบการ ช่วยในงานวิจัยต่างๆได้เป็นอย่างดี

5.1 บทสรุป

จากการพัฒนาเครื่องแกะลายพีซีบีจนถึงปัจจุบัน สามารถพัฒนาตามจุดประสงค์ได้ ดังนี้

- 1) สร้างเครื่องแกะลาย PCB และซอฟต์แวร์ที่ใช้ติดต่อกับเครื่องแกะลาย PCB ได้
- 2) สร้างชิ้นงานจากเครื่องแกะลาย PCB ที่สามารถเป็นต้นแบบของงานออกแบบ อิเล็กทรอนิกส์ได้
- 3) ชิ้นงานทำได้สะดวก ราคาประหยัดจากแผ่นทองแดง และสามารถทำได้ทุกที่ที่สามารถตั้ง เครื่องได้

- 4) การนำไปต่อยอดสร้างแผ่น PCB เพื่อพัฒนาธุรกิจทางด้านนี้ได้
- 5) ทราบการสื่อสารระหว่างเครื่องและลาย PCB กับบอร์ดควบคุม
- 6) ต้นทุนการพัฒนาต่ำกว่าซื้อทั่วไปตามท้องตลาด
- 7) เครื่องแกะลายพีซีบีสามารถใช้ได้หลายแพลตฟอร์ม (Platform) ซึ่งสามารถทำให้พัฒนาได้ทันสมัยเสมอ
- 8) การนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ ต้องปรับปรุงรูปแบบให้มีความเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแพ็คเกจสวยงามและใช้งานง่ายกว่าปัจจุบัน

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข

- 1) ไอซี ULN 2003 ที่ขับเคลื่อนมอเตอร์ไม่สามารถขับกระแสเพียงพอสำหรับมอเตอร์ได้ จึงทำการเปลี่ยน ไอซีที่ขับเคลื่อนมอเตอร์เป็น L293-L297 และออกแบบชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ใหม่ เพื่อให้สามารถขับมอเตอร์ได้ตามที่ต้องการ
- 2) กระแสที่ไหลผ่านเข้ามอเตอร์มากกว่าที่มอเตอร์รับได้ เนื่องจากไม่มีตัวแบ่งกระแส จึงสร้างตัวแบ่งกระแสให้สามารถขับมอเตอร์ได้ตามที่ต้องการ
- 3) การพัฒนาโปรแกรมบน Raspberry Pi มีความล่าช้า และเกิดอาการค้างบ่อยมาก จึงใช้ Qt ที่เป็น IDE ที่สามารถ Cross-platform ได้และนำมาพัฒนาบนเครื่อง PC ก่อนเพื่อความสะดวกรวดเร็ว แล้วจึงนำไปปรับใช้ใน Raspberry Pi อีกที
- 4) ขาดความรู้เรื่องการออกแบบเครื่องแกะลายพีซีบี และการหาอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อประกอบเครื่อง จึงได้ไปขอคำปรึกษาจากอาจารย์ภาคเครื่องกลที่มีความรู้ทางด้านนี้โดยตรง
- 5) แกนสไลด์และบอลสกรูมีความฝืดเนื่องจากเป็นของมือสอง จึงทำการเช็ดและใส่น้ำมันให้กลับมาลื่น และมีประสิทธิภาพเหมือนเดิม
- 6) การใช้งาน Raspberry Pi ต้องต่อพอร์ต HDMI ทุกครั้งถ้าต้องการใช้งานทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากร จึงลง VNC Viewer เปรียบเสมือนการควบคุมจากระยะไกล เข้ามาควบคุมผ่านสาย Ethernet เกิดความง่ายต่อการพัฒนายิ่งขึ้น
- 7) หัวแกะลายพีซีบีที่ปลายยอดมีความคมมาก และเล็กมาก ถ้าให้อัตตราฟีด (feeding) มากเกินไปจะทำให้หัวแกะลายกดลงมาก จนทำให้ปลายหัวแกะหักเมื่อทำการเลือนหัวเจาะ จึงทำการแก้ปัญหาโดยการกำหนดอัตราฟีดไม่ให้มากเกินไป

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

- 1) พัฒนาให้สามารถหยอดตะกั่วลงบนแผ่นพีซีบีได้ อาจเป็นการติดตั้งที่เป่าลมร้อนแทนที่หัวแกะลายทำให้สามารถทำให้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบ Surface Mount สามารถติดอยู่กับแผ่นทองแดงได้
- 2) พัฒนาให้สามารถวางอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบีได้ อาจติดตั้งที่ดูดลมแล้วทำการวางอุปกรณ์ที่ต้องการวางบนแผ่นพีซีบี โดยตั้งแค่ตำแหน่งที่ต้องไปหยิบ และวางทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลานำอุปกรณ์มาบัดกรีเอง
- 3) พัฒนาให้สามารถถอดแผ่นพีซีบี ที่ตะกั่วติดกับอุปกรณ์ได้ อาจต้องใช้ทั้งที่ดูดลมและที่เป่าลมร้อนพร้อมกันเพื่อถอดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และให้ความร้อนในเวลาเดียวกันเพื่อให้ตะกั่วละลาย ซึ่งในการทำรีเวิร์ค (Rework) เป็นเรื่องที่ไม่ง่ายสำหรับผู้ทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์
- 4) พัฒนาให้ผู้ใช้งานทั่วไปใช้งานง่ายมากขึ้น ด้วยการออกแบบอินเตอร์เฟซที่ไม่ยุ่งยาก โดยมีการสำรวจความเห็นของผู้ใช้งานก่อนทำการออกแบบ และพัฒนา เพิ่มการจัดทำคู่มือที่เป็นภาษาไทยอ่านเข้าใจง่าย เป็นขั้นตอน
- 5) พัฒนาให้สามารถทำงานอื่นได้เพิ่มอีกถ้าเป็นงานที่มีความต้านทานพื้นผิวของวัสดุที่ใกล้เคียงกับแผ่นพีซีบี หรือมากกว่าไม่มาก ก็สามารถใช้อุปกรณ์ปัจจุบันแกะสลักได้เช่น อะคริลิก หากเป็นงานที่ใหญ่ขึ้นมาเช่น งานไม้ งานโลหะ อาจต้องเปลี่ยนหัวแกะลาย และเปลี่ยนมอเตอร์ขับให้มีกำลังมากขึ้น สามารถสู้แรงต้านทานของวัสดุชนิดนั้นๆ ได้
- 6) นำไปสนับสนุนและพัฒนาต่อยอดในธุรกิจขนาดเล็กและกลาง เช่น บริษัทออกแบบรับทำแผ่นพีซีบี เพิ่มขนาดของเครื่องและใช้วัสดุอุปกรณ์ให้ดีขึ้น เพื่อใช้งานได้หนักขึ้นและหลากหลาย
- 7) นำไปส่งเสริมการศึกษาในระดับ มัธยมศึกษา อุดมศึกษา อาชีวศึกษาต่างๆ ให้มีความรู้เรื่องอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแกะลายพีซีบีได้เอง ใช้กันในสถานศึกษา เพื่อให้นักเรียน นักศึกษามีความรู้เพิ่มขึ้น และได้ลงปฏิบัติกับของจริง

บรรณานุกรม

GRBL ,Sungeun K. [Online] .Available : <https://github.com/grbl/grbl/>

Raspberry Pi, Developers [Online] .Available : <http://www.raspberrypi.org/>

Stepper Motor Basics, Ericsson [Online] .Available : <http://www.solarbotics.net/library/>

CNC, 9engineer [Online] .Available : <http://www.9engineer.com/>

Mini CNC, Developers [Online] .Available : <http://www.cncroom.com/forum/>