เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ

ENGLISH BRAILLE PRINTER

นายธนกฤต ศรีสาลี รหัส 57363078

นางสาวนรีพุฒิ มุขดี รหัส 57363153

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายธนกฤต ศรีสาลี รหัส 57363078

นางสาวนรีพุฒิ มุขดี รหัส 57363153

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

ชื่อโครงงาน	เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธนกฤต ศรีสาลี รหัส 57363078
	นางสาวนรีพุฒิ มุขดี รหัส 57363153
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2560

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการจัดทำเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างต้นแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ใช้ต้นทุนในการสร้างน้อยและสามารถใช้งานได้จริง โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสร้างจากโครงเหล็กอะลูมิเนียมที่มีความกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และสูง 15 เซนติเมตร และได้ติดตั้งมอเตอร์สเต็ปเปอร์และมอเตอร์กระแสตรง สำหรับบังคับแกนไว้ทั้งหมด 4 ตัว เพื่อให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนเหล็กได้ จากนั้นทำการติดตั้งเฟืองขบที่แกน Z เพื่อบังคับให้ปากกาสามารถเคลื่อนที่ลงไปยังตำแหน่งของตัวอักษรเบรลล์ที่ได้กำหนดไว้ ผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 เมื่อปากกาเคลื่อนที่ไปตามจุดตัวอักษรจนครบทุกตำแหน่งแล้ว จะได้เป็นตัวอักษรเบรลล์ขึ้นมา 1 ตัว จากนั้นผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่า“ต้องการทำงานต่อหรือไม่” หากต้องการทำงานต่อให้กด “Yes” ผู้ใช้จึงจะสามารถสั่งพิมพ์ตัวอักษรตัวถัดไปได้ หากไม่ต้องการทำงานต่อให้กด “NO” โปรแกรมจะแสดงสถานะว่า “ไม่ทำงาน” จึงถือเป็นการสิ้นสุดการทำงาน

Project title	English Braille Printer	
Name	Mr. Thanakrit Srisalee	ID. 57363078
	Ms. Nareeput Mukdee	ID. 57363153
Project advisor	Asst. Prof. Supawan Ponpitakchai, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2017	

.....

Abstract

This project presents the prototype of Braille printer which can be used to print English alphabet A to Z. The prototype of printer has lower cost than usual. Braille printer is controlled via microcontroller that each point of alphabet is created by pen pressing. The pen can be moved in 3 directions; x-axis, y-axis and z-axis. The printer has user interface which is Microsoft Visual Studio 2010 that alphabet A to Z can be selected on computer screen. The printed Braille has a size of 7x8 centimeters and has a distinct bump that can be used in real life.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึง แนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็น รูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณกรรมการสอบโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่อนุเคราะห์ให้ยืมสถานที่ในการทำโครงงานนี้ จนกระทั่งการทดสอบในโครงงานสำเร็จ

ในท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ซึ่งท่านได้ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน

นายธนกฤต ศรีสาลี

นางสาวนรีพุฒิ มุขดี

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 แผงวงจรอาดูโน่ รุ่น UNO R3 5
2.2 ภาษาซี 7
2.2.1 ตัวแปร (Variables) 8
2.2.2 คอมไพเลอร์ 8
2.3 ตัวขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์ 9
2.3.1 หลักการทำงานของตัวขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์ 9
2.4 มอเตอร์สเต็ปเปอร์ 11
2.5 แผงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง 12
2.6 มอเตอร์กระแสตรง 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.1 หลักการของมอเตอร์กระแสตรง 14

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 15

3.1 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 15

3.2 อักษรเบรลล์ที่ใช้ในโครงงาน 16

3.3 การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 20

3.4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 21

3.5 การเชื่อมต่อของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 23

3.6 จอแสดงผลคำสั่งการทำงาน 24

3.6.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสั่งเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ 24

บทที่ 4 ผลการทดลองการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ 30

4.1 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์ 30

4.1.1 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์ในแนวแกน X และแกน Y 30

4.1.2 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์ในแนวแกน Z 31

4.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 34

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 35

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 35

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 35

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป 36

เอกสารอ้างอิง 37

ภาคผนวก ก รหัสของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ รุ่น Uno R3 38

ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ รุ่น UNO R3 43

ภาคผนวก ค รายละเอียดข้อมูลของตัวขับมอเตอร์มอเตอร์สเต็ปเปอร์ 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลของตัวขับมอเตอร์กระแสตรง 50

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 55

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แบบอักษรเบรลล์และพิกัดการเคลื่อนที่แต่ละจุดของอักษรเบรลล์ 17

3.2 ทิศทางและระยะการเคลื่อนที่ของปุ่มกดในกรอบ “กำหนดเอง” 29

4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของปากกาในแนวแกน X และแกน Y 31

4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแนวแกน Z 32

4.3 ผลการทดสอบการใช้เวลาพิมพ์ตัวอักษรแต่ละตัวของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 34

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะตัวอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ 5

2.2 แผงวงจรอาดูโน่รุ่น UNO R3 5

2.3 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรอาดูโน่ UNO R3 7

2.4 ตัวขับมอเตอร์ 9

2.5 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรตัวขับมอเตอร์แกน X 10

2.6 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรตัวขับมอเตอร์แกน Y 10

2.7 มอเตอร์สเต็ปเปอร์ 11

2.8 แผงผังการทำงานของมอเตอร์สเต็ปเปอร์ 11

2.9 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของมอเตอร์สเต็ปเปอร์แกนต่าง ๆ 12

2.10 แผงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (Narin Group, 2559) 12

2.11 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรตัวขับมอเตอร์กระแสตรง 13

2.12 มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 470 รอบต่อนาที 14

2.13 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของมอเตอร์กระแสตรง 14

3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 15

3.2 พิกัดตำแหน่งจุดของตัวอักษรเบรลล์ 16

3.3 การออกแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 20

3.4 โครงสร้างของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 21

3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 22

3.6 แผนผังการเชื่อมต่อของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 23

3.7 หน้าจอโปรแกรมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ 24

3.8 การเชื่อมต่อพอร์ตและเปิดทำงานโปรแกรม 25

3.9 สถานะโปรแกรมเปลี่ยนเป็น “ทำงาน” 25

3.10 ปุ่มตัวอักษรที่ต้องการสั่งพิมพ์ 26

3.11 หน้าต่างคำเตือน “กรุณารอสักครู่” 26

3.12 หน้าต่างโปรดยืนยันเมื่อต้องการทำงานต่อ 27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.13 หน้าต่างโปรดยืนยันเมื่อไม่ต้องการทำงานต่อ 27
3.14 สถานะโปรแกรมเปลี่ยนเป็น “ไม่ทำงาน” 28
3.15 กรอบกำหนดการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง 28
4.1 ตำแหน่งหลุมตัวอักษรเบรลล์ทั้ง 6 จุด 30
4.2 รอยนูนจากการกดกระดาษ 1 ครั้ง 32
4.3 รอยนูนจากการกดกระดาษ 4 ครั้ง 33
4.4 รอยนูนจากการกดกระดาษ 10 ครั้ง 33

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากสถิติข้อมูลคนพิการที่มีบัตรประจำตัวคนพิการทั่วประเทศ ทั้งหมด 1,918,867 ราย ซึ่งมีจำนวนคนพิการทางการมองเห็น 181,821 ราย แบ่งเป็น ชายจำนวน 87,081 ราย และหญิงจำนวน 94,740 ราย โดยยังไม่รวมถึงจำนวนที่ยังไม่ได้ลงทะเบียนไว้ (ข้อมูลวันที่ 2 พ.ย. 2558) ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกรวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้แก่คนในสังคมเป็นอย่างมากซึ่งก็รวมถึงการสร้างประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้พิการทางสายตาด้วยเช่นกัน เช่น การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตหนังสืออักษรเบรลล์ เพื่อช่วยให้ผู้พิการทางสายตาสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ได้หลากหลายและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น (กลุ่ม Around the world, 2558)

ซึ่งประโยชน์ประการหลังนี้ได้ช่วยเปิดโลกแห่งการเรียนรู้ การติดต่อสื่อสาร การประกอบอาชีพและการพักผ่อนหย่อนใจของผู้พิการทางสายตาให้กว้างไกลในลักษณะที่เท่าเทียมและเชื่อมโยงเป็นหนึ่งเดียวกับบุคคลทั่วไป ซึ่งในปัจจุบันการที่เราจะสามารถพิมพ์หนังสืออักษรเบรลล์ออกมาได้นั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องพิมพ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย

ดังนั้นโครงงานนี้จึงได้คิดค้นและทำการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษที่มีต้นทุนการผลิตน้อยกว่าที่สามารถใช้งานได้จริงและเป็นต้นแบบเพื่อไปพัฒนาสร้างเครื่องพิมพ์ที่มีคุณภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ออกแบบและสร้างเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ ที่สามารถพิมพ์ภาษาอังกฤษได้ขนาดตัวอักษรละ 7x8 เซนติเมตร
2) สามารถเลือกตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต้องการพิมพ์ได้ จากทางหน้าต่างโปรแกรม
3) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์ ใช้มอเตอร์สเต็ปเปอร์และมอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อนกลไกของเครื่อง

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

โครงงานเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษมีแผนการดำเนินงานดังนี้

รายละเอียด	พ.ศ. 2560					พ.ศ. 2561				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1) ศึกษาตัวอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ										
2) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของแผงวงจรอาดูโน่										
3) ออกแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ										
4) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน										
5) ทดสอบและปรับปรุงโปรแกรมและปรับปรุงเครื่องพิมพ์										
6) สรุปผลการดำเนินงาน										
7) จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษที่ได้สร้างขึ้น สามารถใช้พิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษขนาดใหญ่ได้ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวอักษรสำหรับบอกทิศทางหรือบอกชื่อห้องในสถานที่ต่าง ๆ

1.6 งบประมาณ

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ รุ่น UNO R3	280 บาท
2) มอเตอร์สเต็ปเปอร์	1,200 บาท
3) ตัวขับมอเตอร์	300 บาท
4) มอเตอร์กระแสตรง	420 บาท
5) เฟืองสะพาน	220 บาท
6) เฟืองขบ	80 บาท
7) โครงเหล็ก	800 บาท
8) แผ่นอะคริลิค	250 บาท
9) แผ่นรองยาง	25 บาท
10) กระดาษ	25 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันหกร้อยบาทถ้วน)	3,600 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

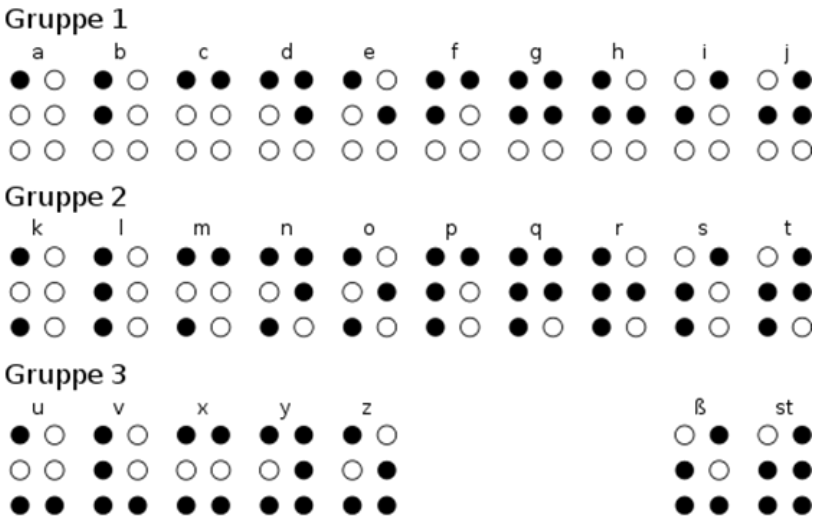
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

อักษรเบรลล์ เป็นอักษรสำหรับคนตาบอด ประดิษฐ์โดย หลุยส์ เบรลล์ ครูตาบอดชาวฝรั่งเศส มีลักษณะเป็นจุดนูนเล็ก ๆ ใน 1 ช่องประกอบด้วยจุด 6 ตำแหน่ง ซึ่งนำมาจัดสลับกันไปมาเป็นรหัสแทนอักษรตาดีหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ โน้ตดนตรี ฯลฯ การเขียนใช้เครื่องมือเฉพาะเรียก สเลต และดินสอ การพิมพ์ใช้เครื่องพิมพ์เรียก “เบรลเลอร์” ใช้กระดาษหนาขนาดกระดาษวาดรูป

หลุยส์ เบรลล์ เกิดที่เมืองคูปเฟรย์ ใกล้กับปารีส ในประเทศฝรั่งเศส บิดาคือ ไซมอน เรเน่ เบรลล์ มีอาชีพทำอานม้า เมื่ออายุได้ 3 ปี เบรลล์ประสบอุบัติเหตุจากเข็มของบิดา ทำให้ตาข้างซ้ายบอด เมื่ออายุได้ 4 ปี โรคตาอักเสบอย่างรุนแรงทำให้เบรลล์ตาบอดทั้ง 2 ข้าง แต่เบรลล์ก็ยังได้เข้าเรียน ด้วยการสนับสนุนจากพ่อ ในปี 1821 กัปตันชาร์ล บาบิแอร์ นายทหารแห่งกองทัพบกฝรั่งเศสได้มาเยี่ยมโรงเรียน และนำวิธีการส่งข่าวสารของทหารในเวลากลางคืน เรียกว่า night-writing มาลองใช้ ซึ่งเป็นรหัสที่ใช้จุด 12 จุด และใช้ค่อนข้างยาก ในปีนั้นเอง เบรลล์ได้เริ่มประดิษฐ์อักษรที่ใช้ระบบจุดเช่นกัน เบรลล์ใช้จุดเพียง 6 จุด และใช้เพียงนิ้วเดียววางบนจุดทั้งหมด

อักษรเบรลล์ไม่เป็นที่รู้จักมากนัก จนกระทั่งปีค.ศ. 1868 เมื่อ ดร.โทมัส อามิเตสกับเพื่อนอีก 5 คน ผู้ก่อตั้ง British and Foreign Society for Improving the Embossed Literature of the Blind ได้ตีพิมพ์หนังสือ Braille's system ปัจจุบันอักษรเบรลล์ได้ถูกนำไปใช้ทั่วโลก

ตัวอักษรเบรลล์จะมีจุดทั้งหมด 6 จุด เรียงกันเป็น 2 แถวในแนวตั้ง นับจากด้านซ้าย จากบนลงล่าง เป็น 1-3 และด้านขวา จากบนลงล่าง เป็น 4-6 โดยใช้การมีจุดและไม่มีจุดเป็นรหัส กล่าวคือวงกลมทึบ หมายถึงจุดนูน ● และวงกลมโปร่ง ○ หมายถึงจุดที่ไม่ใช้ วิธีนี้สามารถทำได้ถึง 63 ตัวอักษร (มาจาก (2^6) -1) การกำหนดรหัสตัวอักษร 10 ตัวแรก A-J จะใช้จุด 1 2 4 และ 5 สลับกันไป 10 ตัวต่อมา K-T จะเติมจุดที่ 3 ลงไปในอักษร 10 ตัวแรก และ 5 ตัวสุดท้าย (ไม่นับ W เพราะ ณ เวลานั้นภาษาฝรั่งเศสไม่ใช้ W) เติมจุดที่ 3 และ 6 ลงไปในอักษร 5 ตัวแรก (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2560)



รูปที่ 2.1 ลักษณะตัวอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ

ที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/อักษรเบรลล์

2.1 แผงวงจรอาดูโน่ รุ่น UNO R3

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแผงวงจรอาดูโน่รุ่น UNO R3 จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ ขนาด 28 ขา โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นแพลตฟอร์ม ของอินพุตและเอาต์พุต ขั้นพื้นฐานที่พอเพียงกับการใช้งานและการเรียนรู้ โดยตัวแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ตอินพุตและเอาท์พุต รวมถึงพอร์ตดิจิตอล พอร์ตอะนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรมซึ่งแผงวงจรอาดูโน่ ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์เดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับให้แผงวงจรอาดูโน่ สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้หรืออุปกรณ์อื่น ๆ (Arduinoall, 2559) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 แผงวงจรอาดูโน่รุ่น UNO R3

ที่มา : https://www.arduinoall.com/

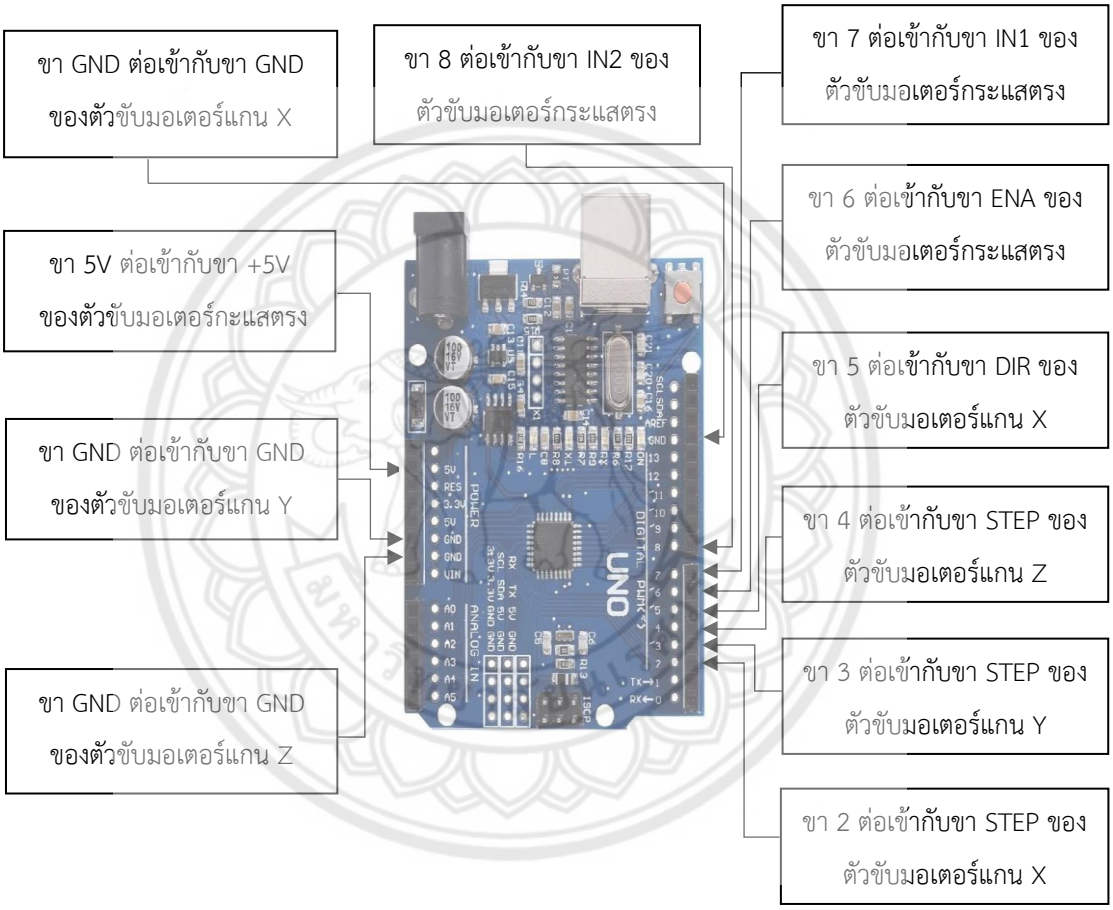
แผงวงจรอาดูโน่ มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งานเนื่องจากได้มีการออกแบบคำสั่งต่าง ๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนและมีข้อดีกว่าแผงวงจรสำเร็จรูปตัวอื่นคือใช้งานง่ายมีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนมีโปรแกรมพัฒนาอาดูโน่ ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครบตามความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพซึ่งแผงวงจรอาดูโน่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ตัวประมวลผลตระกูลเอวีอาร์ขนาดเล็กเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตได้มากมาย

ภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบนอาดูโน่ ใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่งมีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจากมาตรฐานเล็กน้อยเพื่อทำให้ลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานโดยตรง

ตัวแผงวงจรอาดูโน่ที่ใช้ในโครงงานนี้จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ขนาด 8 บิต โดยเป็นตัวประมวลผลแบบอาร์ไอเอสซี และมีหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) เป็นหน่วยความจำโปรแกรมและใช้หน่วยความจำแบบเอสแรม (SRAM) สำหรับเป็นหน่วยความจำข้อมูล นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบอีอีพีรอม (EEPROM) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงซึ่งมีคุณสมบัติเด่นดังนี้

1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบ FLASH ขนาด 32 กิโลไบต์
2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 2 กิโลไบต์
3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 1 กิโลไบต์
4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบบัส I2C
5) พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 23 บิต
6) วงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิตในตัวจำนวน 8 ช่อง
7) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8 - 5.5 โวลต์
8) ความถี่ใช้งานสูงสุด 20 เมกะเฮิรตซ์
9) วงจรสื่อสารอนุกรม
10) ตัวจับเวลาและตัวนับขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว และ U3586 ขนาด 16 บิต จำนวน 1 ตัว
11) สนับสนุนช่องสัญญาณสาหรับสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จานวน 6 ช่อง

ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ UNO R3 ซึ่งมีขาสัญญานแอนะล็อก 5 ขา และขาดิจิทัล 13 ขา เป็นศูนย์กลางที่คอยรับข้อมูล ประมวลผลข้อมูล และสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ จึงต้องมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถแสดงการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งอาดูโน่ UNO R3 จะทำการประมวลผลจากการรับคำสั่งมาจากโปรแกรมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ รับคำสั่งมาแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ UNO R3 จะส่งค่าไปยังตัวขับมอเตอร์ เพื่อไปขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์อีกที



รูปที่ 2.3 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรอาดูโน่ UNO R3

2.2 ภาษาซี

ภาษาซีได้รับการพัฒนามาจากภาษาบีซีพีแอล (BCPL) และภาษาบี (B) ซึ่งต่างก็เป็นภาษาโปรแกรมที่รู้จักข้อมูลเพียงรูปแบบเดียว คือ เป็นข้อมูลเวิร์ด (Word) ยังไม่สามารถจัดการกับข้อมูลตัวอักษรได้ ซึ่งภาษาซีเป็นโปรแกรมระดับสูงที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับภาษาปาสคาล ภาษาเบสิก และภาษาฟอร์แทรน เป็นต้น

นอกจากนี้ภาษาซียังใช้สำหรับเขียนโปรแกรมระบบ และโปรแกรมสำหรับควบคุมฮาร์ดแวร์ บางส่วนที่โปรแกรมระดับสูงหลายภาษาไม่สามารถทำได้ ขณะเดียวกันผู้เขียนโปรแกรมหรือโปรแกรมเมอร์ต่างก็มีความต้องการภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่โครงสร้างสามารถจัดการกับข้อมูลและตัวแปร ในรูปแบบต่าง ๆ ได้เพิ่มมากขึ้น ทั้งข้อมูลที่เป็นแสดงเป็นเลขจำนวนเต็ม (Integer) ตัวเลขทศนิยม (Floating-Point) หรือตัวอักษร (Character) จึงมีการเพิ่มเติมความสามารถเหล่านี้ลงในภาษาบีและกำหนดชื่อใหม่เป็นภาษาซี (Lamplaimat, 2559)

2.2.1 ตัวแปร (Variables)

ตัวแปร คือ ชื่อที่ผู้เขียนโปรแกรมตั้งขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลหรือใช้เก็บข้อมูล ดังนั้นเราต้องกำหนดตัวแปรให้สอดคล้องกับชนิดข้อมูลเสมอ เพื่อให้ระบบเตรียมเนื้อที่ในหน่วยความจำให้สอดคล้องกับตัวแปรชนิดนั้น ๆ ซึ่งเนื้อหาที่กล่าวถึงเกี่ยวกับตัวแปรประกอบด้วย หลักเกณฑ์การตั้งชื่อตัวแปรการประกาศตัวแปรและการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวแปร

ภาษาซีได้รับการออกแบบมาให้ทำงานกับคอมพิวเตอร์ และเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งที่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยาก จึงจัดโปรแกรมภาษาซีว่าเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับกลาง เมื่อนำมาทำงานกับไมโครโปรเซสเซอร์ที่ทำงานด้วยภาษาเครื่อง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีตัวแปลภาษาหรือคอมไพเลอร์ เพื่อแปลภาษาซีนั้นเป็นภาษาเครื่อง

2.2.2 คอมไพเลอร์

การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี เพื่อนำไปใช้ควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ในทางปฏิบัติจริง ๆ ไม่ใช่เนื้อโค้ดของโปรแกรมภาษาซีที่ถูกนำลงไปบรรจุในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวรหัสข้อมูลที่ใช้งานจริงนั้นได้มาจากการแปลภาษาซีเป็นรหัสภาษาเครื่องด้วยซอฟต์แวร์ที่เรียกว่า “คอมไพเลอร์” การพัฒนาระบบงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรมภาษาซี มีขั้นตอนดังนี้

- เขียนโปรแกรมภาษาซี ด้วยเท็กซ์เอดิเตอร์ (Text Editor) หรือพื้นที่สำหรับเขียนโปรแกรมในกรณีที่ซอฟต์แวร์นั้นจัดมาเป็นชุดในแบบไอดีอี (IDE)
- คอมไพเลอร์คือ การแปลงรหัสต้นฉบับภาษาซีให้เป็นภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น ๆ

- แอสเซมเบลอร์ (Assembler) จากภาษาแอสเซมบลีเป็นภาษาเครื่องในรูปของเลขฐานสิบหก
- ดาวน์โหลดรหัสต้นฉบับ (Source Code) ที่ได้จากการแอสเซมเบลอร์ลงสู่หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ทดลองและตรวจสอบการทำงาน หากไม่สมบูรณ์ให้กลับไปแก้ไขตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 ผู้ใช้งานจะไม่เห็นถึงกระบวนการทำงาน เนื่องจากซอฟต์แวร์แปลภาษาหรือคอมไพเลอร์ได้รวมการทำงานใน 2 ขั้นตอนนี้ไว้ด้วยกัน

2.3 ตัวขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์

เป็นตัวขับมอเตอร์ที่อาศัยการทำงานโดยการป้อนสัญญาณพัลส์ เข้าไปเพื่อกระตุ้นการทำงานของขดลวดภายในมอเตอร์สเต็ปเปอร์ ดังนั้นการทำงานของตัวขับมอเตอร์ชนิดนี้จะทำงานแบบเป็นสเต็ปและสามารถควบคุมการหมุนที่แม่นยำได้ (Hobby Tronics, 2560) ดังแสดงในรูปที่ 2.4

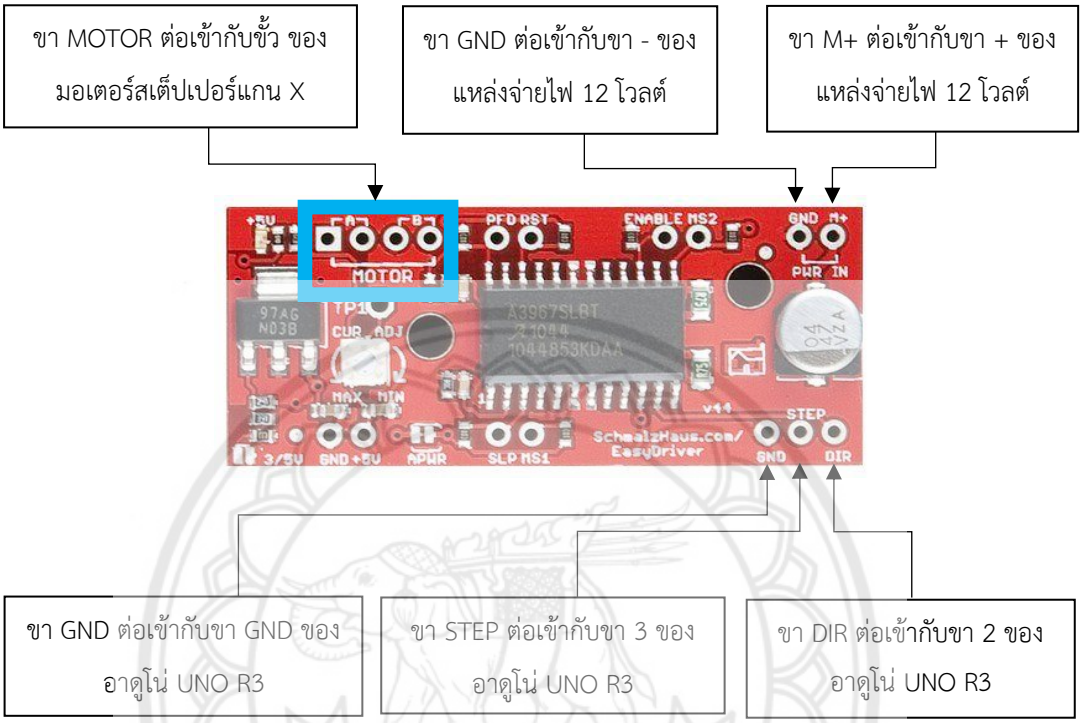
รูปที่ 2.4 ตัวขับมอเตอร์

ที่มา : http://www.hobbytronics.co.uk/easydriver-stepper-motor

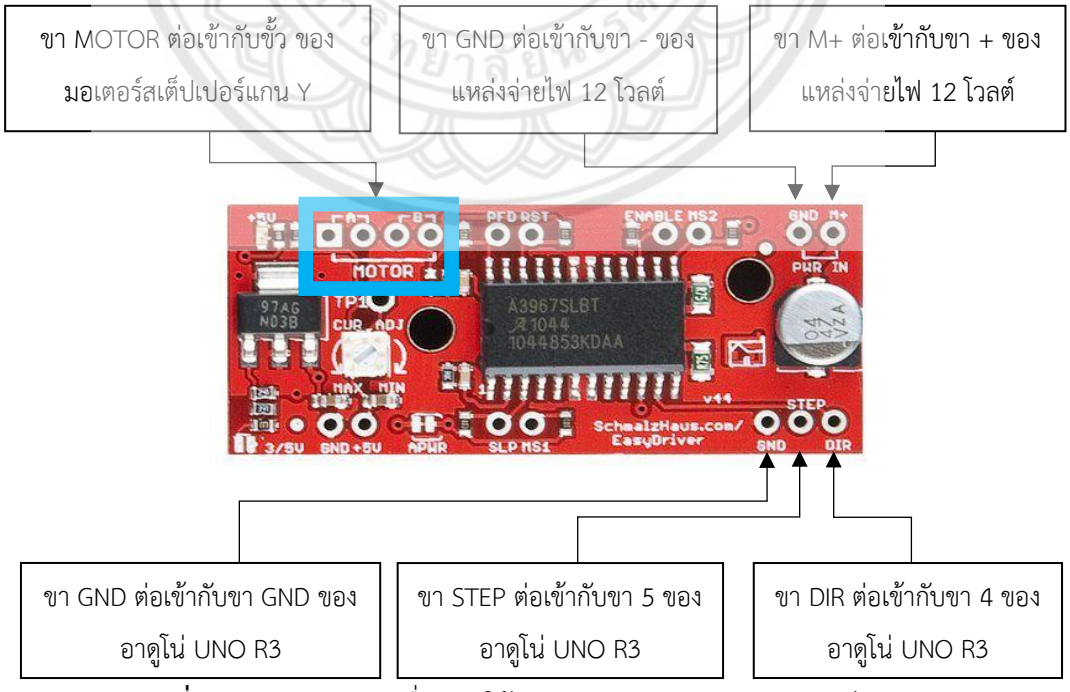
2.3.1 หลักการทำงานของตัวขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์

ตัวขับมอเตอร์เป็นไดร์เวอร์มอเตอร์แบบสเต็ปเปอร์ที่ง่ายต่อการใช้งานสามารถใช้งานได้กับทุกอย่างที่สามารถส่งเอาต์พุตดิจิตอล 0 ถึง 5 โวลต์ ตัวขับมอเตอร์จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ 6 โวลต์ ถึง 30 โวลต์ เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ ตัวขับมอเตอร์มีตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้าบนแผงวงจรสำหรับอินเทอร์เฟซแบบดิจิตอลที่สามารถตั้งค่าได้ 5 โวลต์ หรือ 3.3 โวลต์ เชื่อมต่อมอเตอร์แบบ 4 สายและ

ไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถควบคุมมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งตัวขับมอเตอร์มีหน้าที่รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ UNO R3 เพื่อไปทำการขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์ตามแกนต่าง ๆ (Hobby Tronics, 2560) การเชื่อมต่อแสดงดังรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรตัวขับมอเตอร์แกน X



รูปที่ 2.6 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรตัวขับมอเตอร์แกน Y

2.4 มอเตอร์สเต็ปเปอร์

มอเตอร์สเต็ปเปอ ร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ โดยโครงสร้างภายในนั้นจะประกอบไปด้วยขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวน จะมีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้น ๆ โดยแต่ละซี่ที่ยื่นออกมานั้นจะมีขดลวดพันอยู่ เมื่อมีกระแสผ่านคอยล์จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น มอเตอร์สเต็ปเปอร์ (Thailand Factomart, 2559) ดังแสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 มอเตอร์สเต็ปเปอร์

ที่มา : https://www.gearbest.com/-/pp_540282.html

การทำงานของมอเตอร์สเต็ปเปอร์ นั้นจะไม่สามารถขับเคลื่อนหรือทำงานเองได้ จำเป็นต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณหรือจ่ายพัลส์ไปให้วงจรตัวขับมอเตอร์ การสร้างสัญญาณนั้นจำเป็นต้องสร้างและเรียงลำดับของสัญญาณด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และอีกสิ่งที่สำคัญคือการดูตำแหน่งของสายที่ทำการต่อเข้ากับตัวมอเตอร์สเต็ปเปอร์ สามารถแสดงการเชื่อมต่อของมอเตอร์สเต็ปเปอร์ ได้ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งเมื่อรับสัญญาณมาจากตัวขับมอเตอร์ มอเตอร์จะทำการเคลื่อนที่ตามคำสั่งที่ได้ออกแบบไว้ (Thailand Factomart, 2559)

รูปที่ 2.8 แผงผังการทำงานของมอเตอร์สเต็ปเปอร์

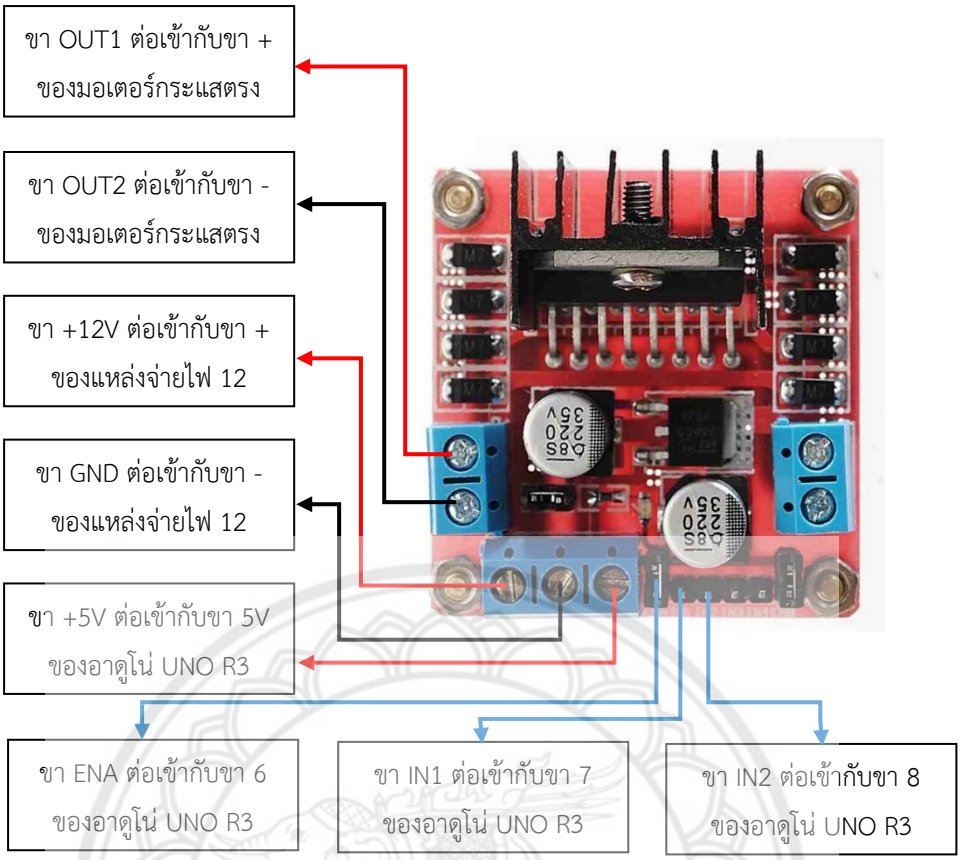
ที่มา : https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-stepping-motor/

รูปที่ 2.9 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของมอเตอร์สเต็ปเปอร์แกนต่าง ๆ

2.5 แผงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

วงจรขับมอเตอร์ใช้ไอซีหมายเลข L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิดเอชบริดจ์ สามารถเลือกใช้สำหรับขับมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งควบคุมได้ทั้งทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ โดยสามารถขับมอเตอร์กระแสตรงได้ 2 ตัวพร้อมกัน วงจรเอชบริดจ์ของไอซีเบอร์ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่จะใช้งานด้วย วงจรขับมอเตอร์รองรับแรงดันได้กว้าง 5-35 โวลต์ และมีกระแสขับมอเตอร์สูงสุด 2 แอมแปร์ (Narin Group, 2559) โดยแผงวงจรขับมอเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.10 และสามารถดูการเชื่อมต่อได้ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.10 แผงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง (Narin Group, 2559)



รูปที่ 2.11 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของแผงวงจรตัวขับมอเตอร์กระแสตรง

2.6 มอเตอร์กระแสตรง

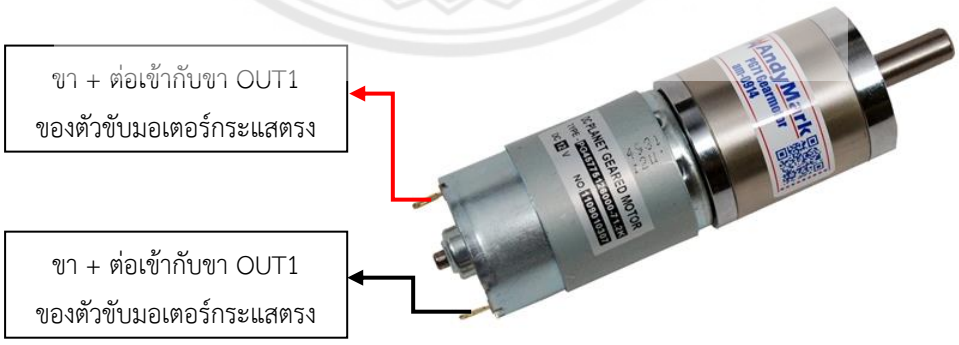
มอเตอร์กระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์กระแสตรงจึงควรรู้จัก อุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์กระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบต่าง ๆ (วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก, 2552) โดยมอเตอร์กระแสตรงดังแสดงในรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 470 รอบต่อนาที

ที่มา : https://www.andymark.com/Gearmotor-p/am-0914aus.htm

2.6.1 หลักการของมอเตอร์กระแสตรง

หลักการของมอเตอร์กระแสตรง เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทาให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทาให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทาหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า “โรเตอร์” ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อานาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทาให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือ โรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก, 2552) โดยสามารถดูการเชื่อมต่อได้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แผนภาพการเชื่อมต่อใช้งานของมอเตอร์กระแสตรง

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

หลังจากศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของอักษรเบรลล์ และรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์หลักของแผงวงจร วงจรต่าง ๆ และในบทนี้จะเป็นการออกแบบโครงสร้างการทำงานและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับสร้างเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ โดยจะกำหนดให้อุปกรณ์ที่ใช้วาดตัวอักษรสามารถเคลื่อนที่ได้ 3 แกน และมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

การทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ออกแบบขึ้นในโครงงานนี้ แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนหลักๆได้ 3 ส่วน ได้แก่ การป้อนข้อมูล การประมวลผล และเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

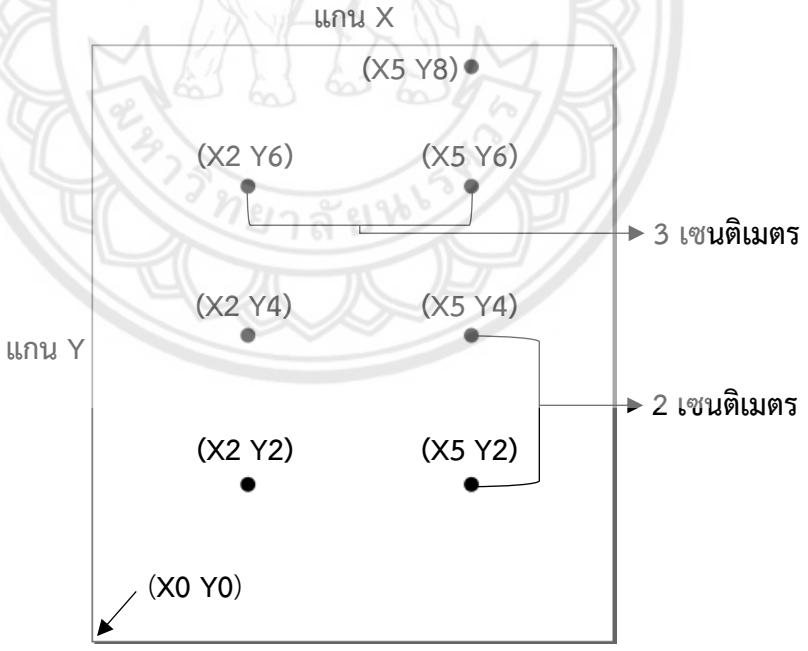
เมื่อผู้ใช้งานต้องการเขียนอักษรเบรลล์ จะต้องสั่งงานผ่านทางหน้าต่างโปรแกรม ซึ่งจะสามารถเลือกได้ว่าจะเลือกให้พิมพ์ตัวอักษรตัวไหน จากนั้นระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับค่าเพื่อประมวลผลและสั่งงานให้เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์พิมพ์อักษรตัวนั้น โดยปากกาจะเคลื่อนที่ไปทั้ง 3 แกน ได้แก่ แกน X แกน Y และแกน Z เพื่อสร้างตัวอักษร โดยการเคลื่อนที่นั้นจะเกิดจากมอเตอร์สเต็ปเปอร์และมอเตอร์กระแสตรง

3.2 อักษรเบรลล์ที่ใช้ในโครงงาน

การพิมพ์ตัวอักษรลงไปในแต่ละตัวต้องพิมพ์แบบพลิกกลับด้านเนื่องจากมีการออกแบบให้มีการใช้ปลายปากกากดลงบนกระดาษเพื่อทำให้เกิดรอยนูนขึ้น เพราะเป็นส่วนที่จะใช้นิ้วสัมผัส และเมื่อพลิกกระดาษขึ้นมาลำดับตัวอักษรที่กลับด้านในตอนแรกจะกลับมาเรียงตามปกติ ดังในตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวอักษรแบบปกติกับแบบกลับด้าน

การออกแบบพิกัดตำแหน่งทั้ง 6 จุด ได้ออกแบบไว้ตามรูปที่ 3.2 โดยใช้กระดาษขนาดกว้าง (แกน X) 7 เซนติเมตร ยาว (แกน Y) 8 เซนติเมตร และการเคลื่อนที่ของตัวอักษรเบรลล์ไปยังจุดต่าง ๆ ได้ออกแบบไว้ตามตารางที่ 3.1

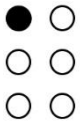
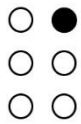
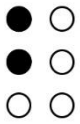
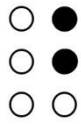
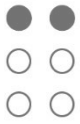
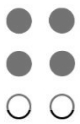
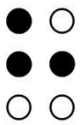
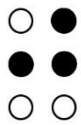
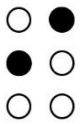
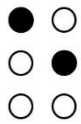
พิกัดการเคลื่อนที่แสดงดังตารางที่ 3.1 หมายถึง รหัส X และ Y เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ในเชิงเส้น ตัวอย่างเช่น เคลื่อนไปทางขวาหรือมาทางซ้าย เวลาโปรแกรมก็เป็นการโปรแกรมลงในค่าของแกน X ส่วนการโปรแกรมให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าและด้านหลังนั้นเป็นการโปรแกรมในค่าของแกน Y หน่วยพิกัดที่ใช้เป็นเซนติเมตร พิกัด X5 Y8 คือ ตำแหน่งเริ่มต้นที่ปากกาอยู่



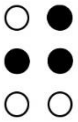
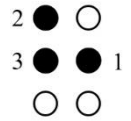
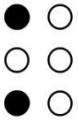
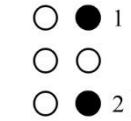
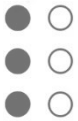
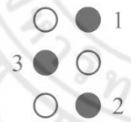
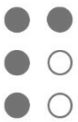
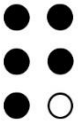
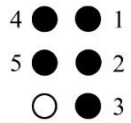
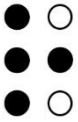
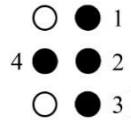
รูปที่ 3.2 พิกัดตำแหน่งจุดของตัวอักษรเบรลล์

ขนาดตัวอักษรที่เครื่องพิมพ์สามารถพิมพ์ได้มีขนาด 7x8 เซนติเมตร และจะพิมพ์ลงบนกระดาษ 100 ปอนด์ ขนาด 7x8 เซนติเมตร

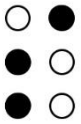
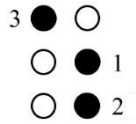
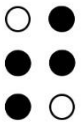
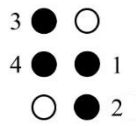
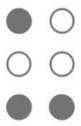
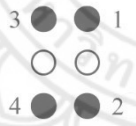
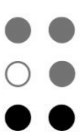
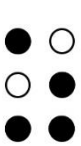
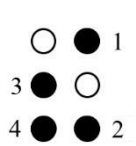
ตารางที่ 3.1 แบบอักษรเบรลล์และพิกัดการเคลื่อนที่แต่ละจุดของอักษรเบรลล์

อักษร	แบบปกติ	แบบกลับ	พิกัดการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)
A			1) X5 Y6
B			1) X5 Y6 2) X5 Y4
C			1) X5 Y6 2) X2 Y6
D			1) X5 Y6 2) X2 Y6 3) X2 Y4
E			1) X5 Y6 2) X2 Y4
F			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X2 Y6
G			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X2 Y6 4) X2 Y4
H			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X2 Y4
I			1) X5 Y4 2) X2 Y6

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แบบอักษรเบรลล์และพิกัดการเคลื่อนที่แต่ละจุดของอักษรเบรลล์

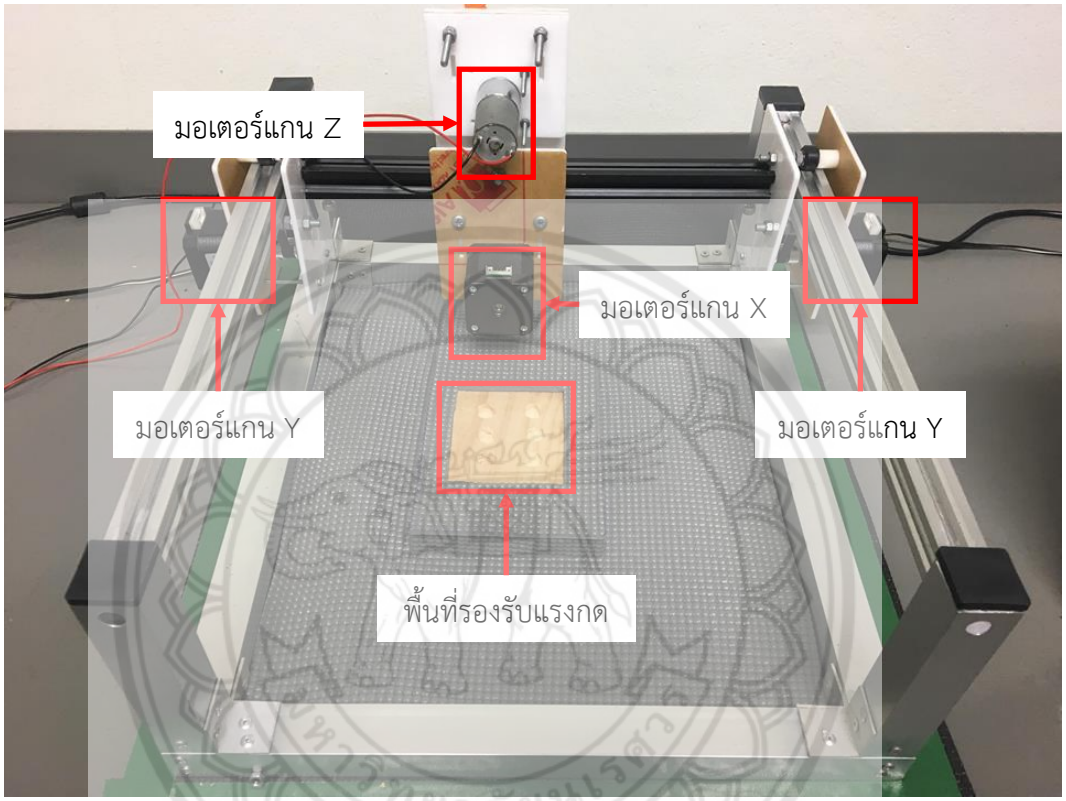
อักษร	แบบปกติ	แบบกลับ	พิกัดการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)
J			1) X5 Y4 2) X2 Y6 3) X2 Y4
K			1) X5 Y6 2) X5 Y2
L			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X5 Y2
M			1) X5 Y6 2) X5 Y2 3) X2 Y6
N			1) X5 Y6 2) X5 Y2 3) X2 Y6 4) X2 Y4
O			1) X5 Y6 2) X5 Y2 3) X2 Y4
P			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X5 Y2 4) X2 Y6
Q			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X5 Y2 4) X2 Y6 5) X2 Y4
R			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X5 Y2 4) X2 Y4

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แบบอักษรเบรลล์และพิกัดการเคลื่อนที่แต่ละจุดของอักษรเบรลล์

อักษร	แบบปกติ	แบบกลับ	พิกัดการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)
S			1) X5 Y4 2) X5 Y2 3) X2 Y6
T			1) X5 Y4 2) X5 Y2 3) X2 Y6 4) X2 Y4
U			1) X5 Y6 2) X5 Y2 3) X2 Y2
V			1) X5 Y6 2) X5 Y4 3) X5 Y2 4) X2 Y2
W			1) X5 Y4 2) X2 Y6 3) X2 Y4 4) X2 Y2
X			1) X5 Y6 2) X5 Y2 3) X2 Y6 4) X2 Y2
Y			1) X5 Y6 2) X5 Y2 3) X2 Y6 4) X2 Y4 5) X2 Y2
Z			1) X5 Y6 2) X5 Y2 3) X2 Y4 4) X2 Y2

3.3 การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

โครงสร้างของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์แสดงดังรูปที่ 3.3 จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบ แกน X แกน Y และแกน Z ด้านล่างเป็นพื้นที่วาด และตำแหน่งของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับเคลื่อนที่หัวที่ใช้วาดตัวอักษรไปตามแกนต่าง ๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 การออกแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

แกน X : เป็นส่วนที่ทำให้ตัวปากกาสามารถเคลื่อนที่ไปทางด้านซ้ายและด้านขวาตามแนวแกน X

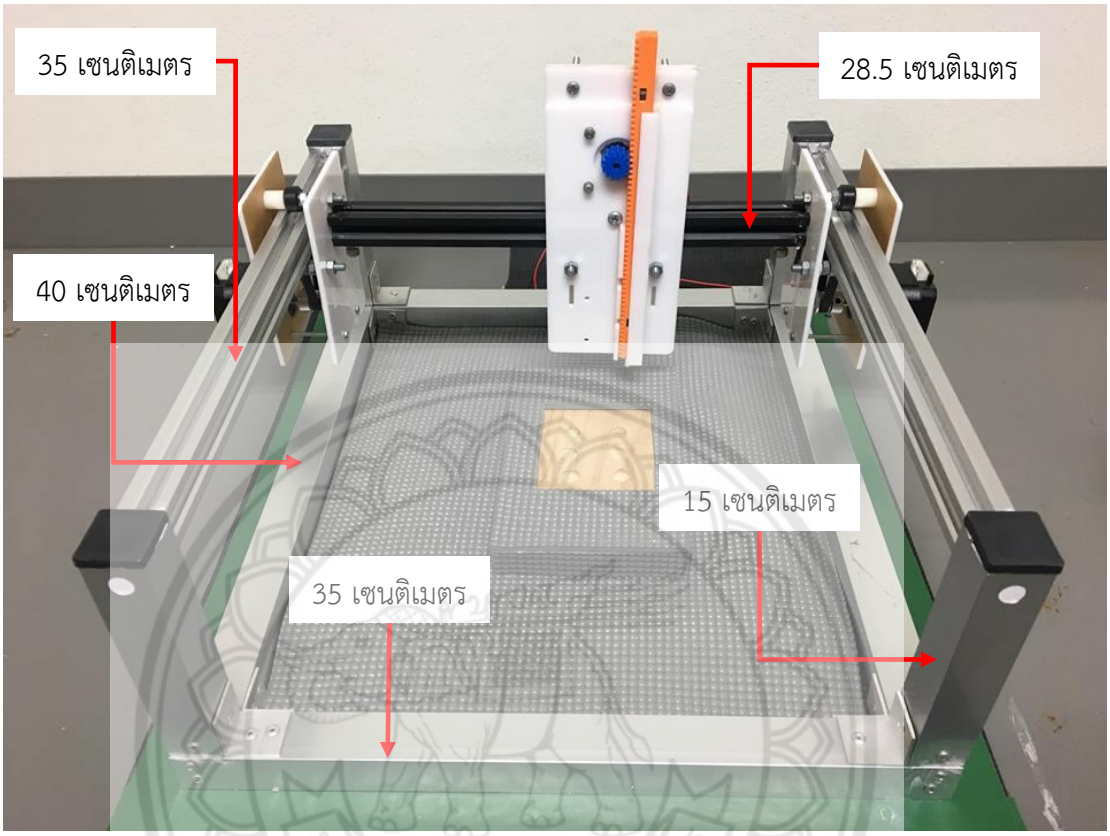
แกน Y : เป็นส่วนที่ทำให้ตัวปากกาสามารถเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้าและด้านหลังตามแนวแกน Y

แกน Z : เป็นส่วนของปากกาที่เคลื่อนที่ลงตามแนวแกน Z

มอเตอร์ : คือมอเตอร์สเต็ปเปอร์ใช้ขับเคลื่อนแกน X แกน Y และมอเตอร์กระแสตรงใช้ขับเคลื่อนแกน Z

พื้นรองรับแรงกด : คือพื้นที่ที่ใช้วางกระดาษและรองรับแรงกดจากปลายปากกาในแกน Z

โครงสร้างของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์แสดงดังรูปที่ 3.4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขนาดของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์



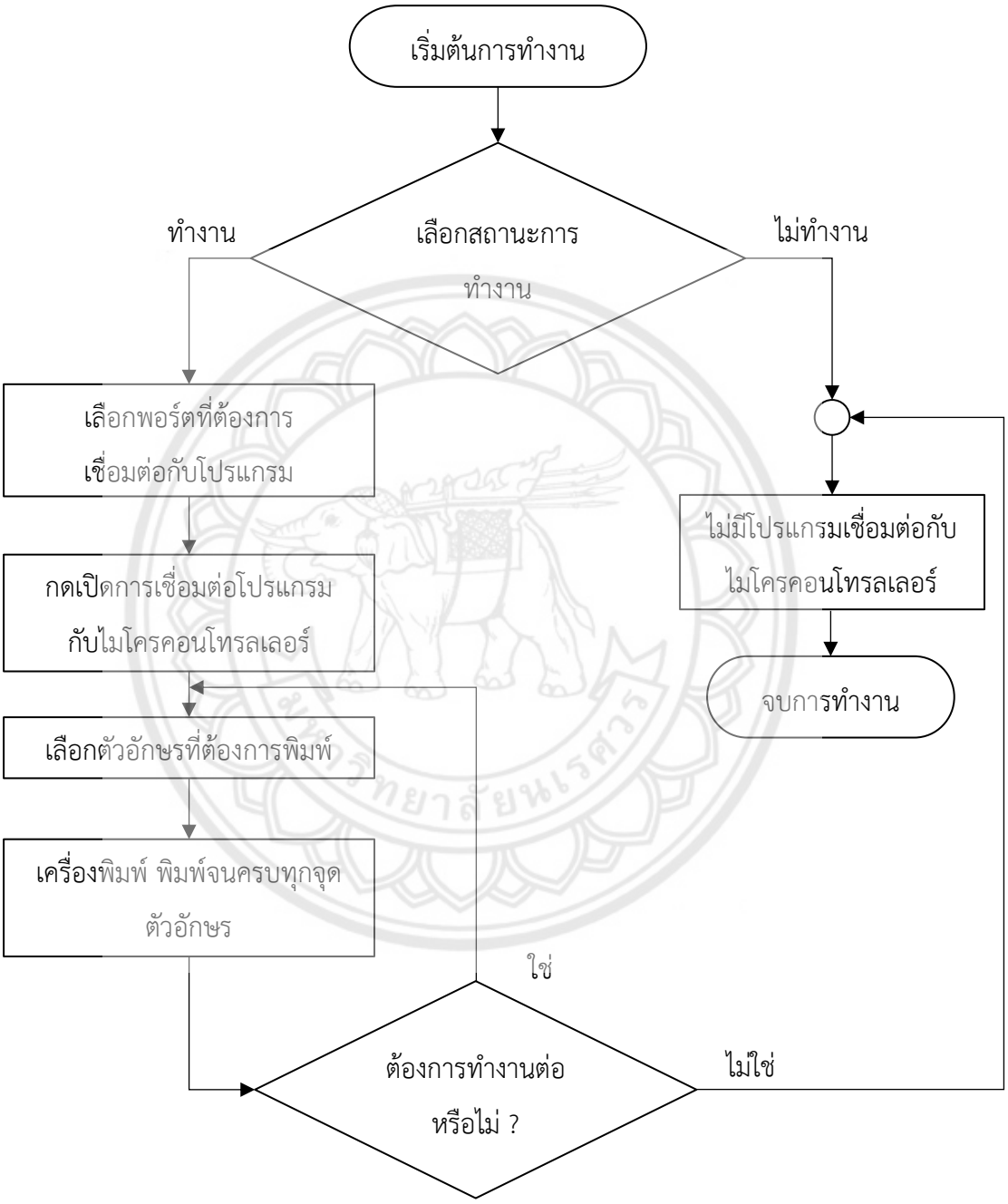
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

3.4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

โครงงานนี้ได้ออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ได้ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งสามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เริ่มต้นการทำงานด้วยการตรวจสอบสถานะการทำงานของโปรแกรมสั่งการทำงานของมอเตอร์
2) หากสถานะขึ้นว่า “ไม่ทำงาน” แสดงว่าไมโครคอนโทลเลอร์ยังไม่ได้ยังไม่ได้เชื่อมต่อโปรแกรม ให้ทำการเลือกพอร์ตที่ต้องการเชื่อมต่อกับโปรแกรม
3) จากนั้นกดเปิดการเชื่อมต่อโปรแกรม
4) เลือกตัวอักษรที่ต้องการพิมพ์ผ่านหน้าต่างโปรแกรม
5) เครื่องพิมพ์จะทำการพิมพ์ตัวอักษรเบรลล์จนครบทุกจุด

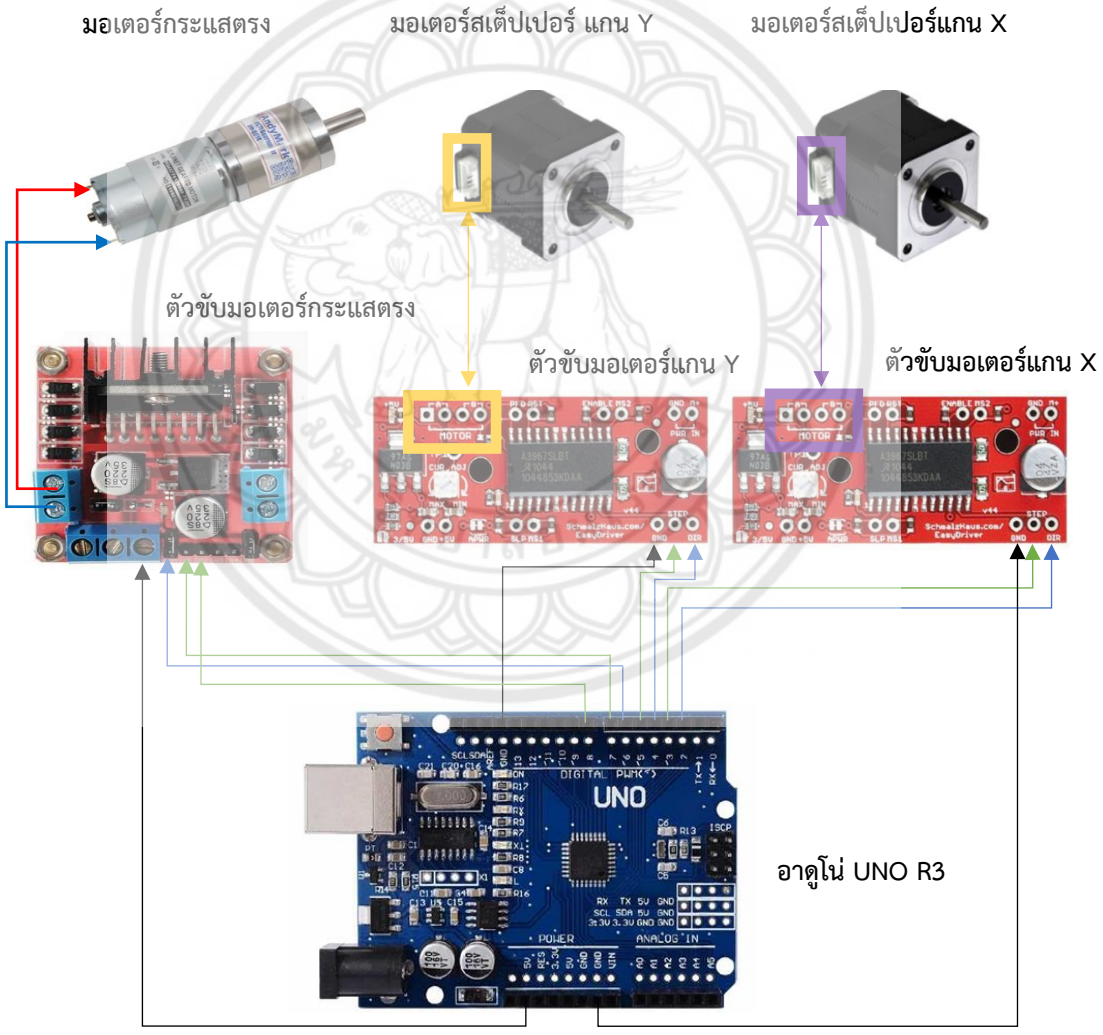
6) เมื่อทำการพิมพ์จนครบแล้วผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่า “ต้องการทำงานต่อหรือไม่ ?” หากต้องการทำต่อให้กด “Yes”
7) หากไม่ต้องการทำต่อแล้วให้กด “No” ระบบจะไม่ทำงานถือเป็นการสิ้นสุดการทำงาน



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

3.5 การเชื่อมต่อของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ มีการเชื่อมต่อแสดงดังรูปที่ 3.6 ซึ่งตามรูปประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ แผงวงจรอาดูโน่ UNO R3 ตัวขับมอเตอร์สเต็ปเปอร์ มอเตอร์สเต็ปเปอร์ ตัวขับมอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์กระแสตรง โดยการทำงานของระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับค่าเพื่อประมวลผลและสั่งงานให้อุปกรณ์ทำงาน โดยมีโปรแกรมในการออกแบบคำสั่งการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ เมื่อทำการออกแบบคำสั่งแล้ว ก็นำคำสั่งส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าไปยังวงจรตัวขับมอเตอร์ เพื่อให้วงจรตัวขับมอเตอร์ไปทำการขับมอเตอร์อีกที

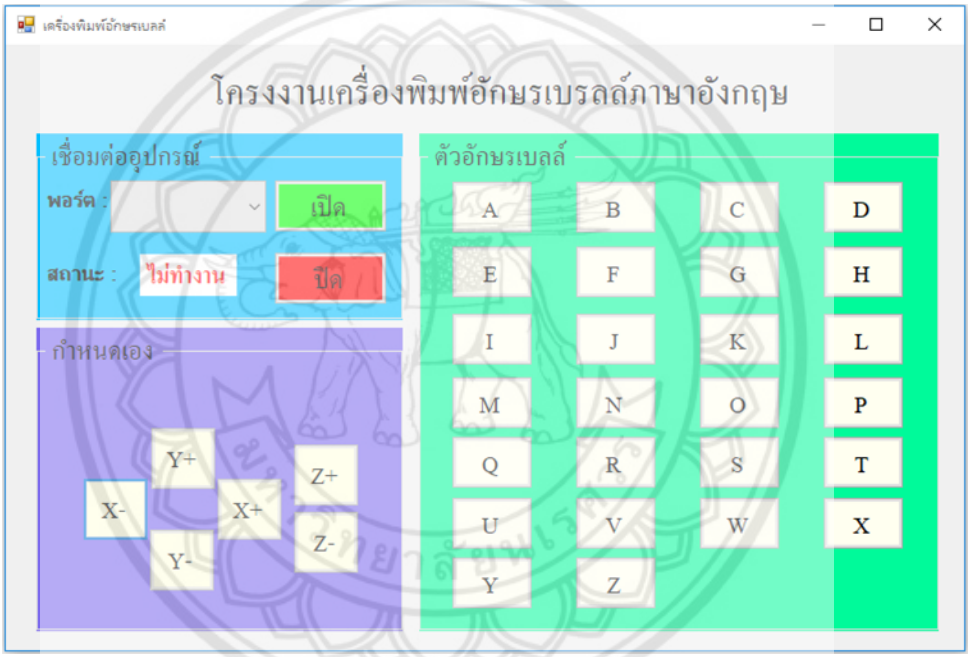


รูปที่ 3.6 แผนผังการเชื่อมต่อของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

3.6 จอแสดงผลคำสั่งการทำงาน

การสั่งการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์จะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยระยะการเคลื่อนที่ตามแกน X แกน Y และแกน Z ซึ่งจะต้องคำนวณและสั่งการจากคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนสิ้นสุดการทำงาน โดยผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ UNO R3 ซึ่งจะได้รับข้อมูลขั้นตอนการทำงานและการสั่งการจากโปรแกรมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ ซึ่งจะต้องออกแบบขั้นตอนการเคลื่อนที่มอเตอร์สเต็ปเปอร์และมอเตอร์กระแสตรงของอักษรเบรลล์แบบต่าง ๆ ไว้

การออกแบบโปรแกรมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ในที่นี้ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 โดยหน้าต่างโปรแกรมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์แสดงได้ดังรูปที่ 3.7



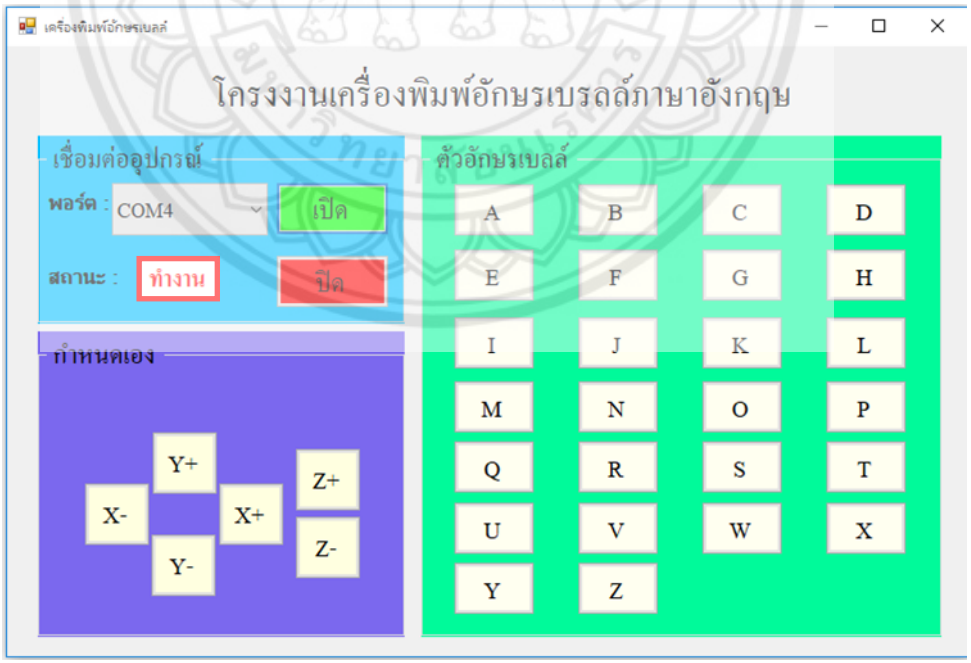
รูปที่ 3.7 หน้าจอโปรแกรมเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ

3.6.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมสั่งเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ

เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาสถานะจะขึ้นว่า “ไม่ทำงาน” แสดงว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่ได้เชื่อมต่อกับโปรแกรม ให้ทำการเลือกพอร์ตที่ต้องการเชื่อมต่อกับโปรแกรม แล้วกด “เปิด” ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อพอร์ตและเปิดทำงานโปรแกรม

เมื่อทำการเลือกพอร์ตแล้วเปิดการทำงาน โปรแกรมจะเปลี่ยนสถานะเป็น “ทำงาน” แสดงว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เชื่อมต่อกับโปรแกรมแล้ว ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สถานะโปรแกรมเปลี่ยนเป็น “ทำงาน”

เลือกตัวอักษรที่ต้องการพิมพ์ โดยการกดคลิกที่ปุ่มตัวอักษร เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์จะทำงานตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ของตัวอักษรที่เลือก ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 ปุ่มตัวอักษรที่ต้องการสั่งพิมพ์

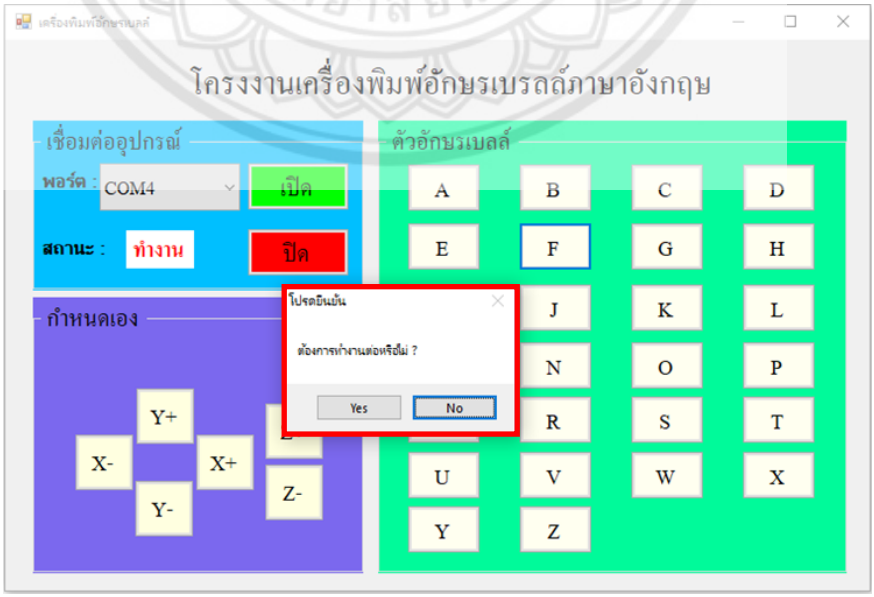
เมื่อกดสั่งพิมพ์ตัวอักษรเบรลล์ระหว่างเครื่องพิมพ์กำลังทำงาน หน้าต่างคำเตือน “กรุณารอสักครู่...” ของโปรแกรมจะขึ้นมา ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 หน้าต่างคำเตือน “กรุณารอสักครู่”

เมื่อเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์พิมพ์ตัวอักษรเสร็จ โปรแกรมจะขึ้นหน้าต่างโปรดยืนยันเพื่อถามว่า “ต้องการทำงานต่อหรือไม่” ถ้าต้องการพิมพ์ตัวอักษรต่อให้กด “Yes” โปรแกรมจะอยู่ในสถานะทำงานอีกครั้ง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 หน้าต่างโปรดยืนยันเมื่อต้องการทำงานต่อ

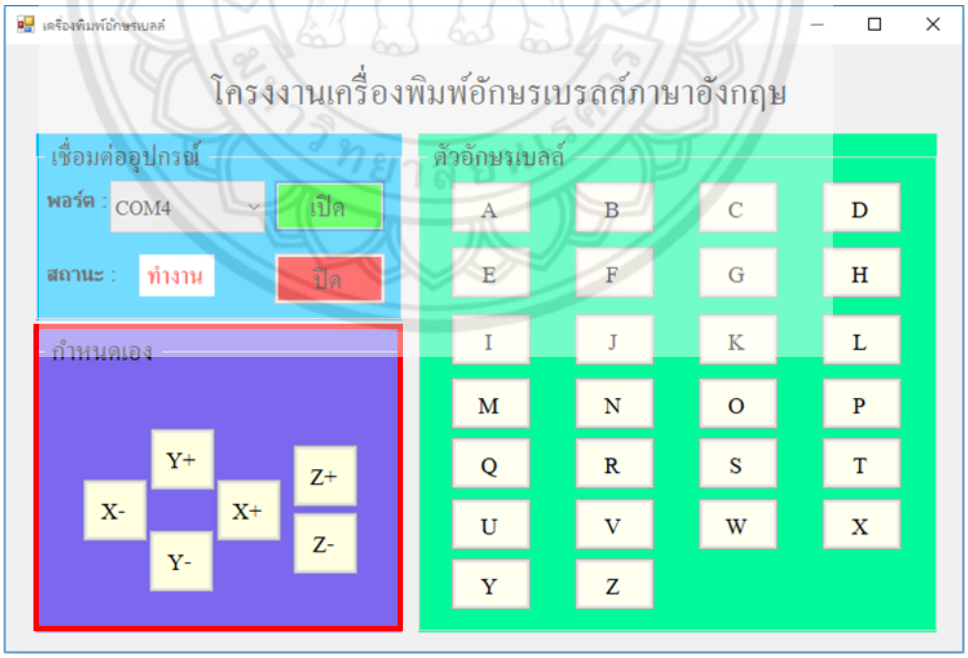
เมื่อไม่ต้องการพิมพ์แล้วให้กด “No” โปรแกรมจะขึ้นสถานะ “ไม่ทำงาน” แสดงว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ได้เชื่อมต่อกับโปรแกรมแล้ว ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 หน้าต่างโปรดยืนยันเมื่อไม่ต้องการทำงานต่อ

รูปที่ 3.14 สถานะโปรแกรมเปลี่ยนเป็น “ไม่ทำงาน”

หากต้องการกำหนดการเคลื่อนที่ของปากกาเอง ให้ทำการกดเลือกการเคลื่อนที่ที่กรอบ “กำหนดเอง” ดังแสดงในรูปที่ 3.15 ซึ่งการเคลื่อนที่ของปุ่มต่าง ๆ กำหนดไว้ดังแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.15 กรอบกำหนดการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง

ตารางที่ 3.2 ทิศทางและระยะการเคลื่อนที่ของปุ่มกดในกรอบ “กำหนดเอง”

ปุ่ม	การเคลื่อนที่ของปากกา	ระยะ (เซนติเมตร)
X-	ซ้าย	3
X+	ขวา	3
Y-	หน้า	2
Y+	หลัง	2
Z-	ลง	4.5
Z+	ขึ้น	4.5

บทที่ 4
ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ

หลังจากประกอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษแล้ว จึงได้ทำการทดสอบซึ่งประกอบไปด้วย ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของปากกาตามแกน X แกน Y และแกน Z การปั๊มกระดาษเพื่อให้กระดาษเกิดรอยนูน และการใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 สั่งเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์พิมพ์ตัวอักษรตามที่ต้องการผ่านหน้าต่างโปรแกรม

4.1 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์

การทดลองการทำงานของมอเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถส่งค่าสำหรับการสั่งการมอเตอร์ตามแกน X แกน Y และแกน Z โดยระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับค่าเพื่อประมวลผลและสั่งงานให้อุปกรณ์ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นทำการแบ่งการทดสอบการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของมอเตอร์ได้ดังนี้

4.1.1 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์ในแนวแกน X และแกน Y

การเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X และแกน Y ต้องเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังตำแหน่งหลุมตัวอักษรเบรลล์ทั้ง 6 จุด ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีการทดสอบว่าปากกาเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งหลุมทั้ง 6 จุดนั้นมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ ซึ่งได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ตำแหน่งหลุมตัวอักษรเบรลล์ทั้ง 6 จุด

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของปากกาในแนวแกน X และแกน Y

ครั้งที่	ตำแหน่งที่						ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0
ความคลาดเคลื่อนรวม (ร้อยละ)							0

การเคลื่อนที่ของปากกาไปตามแนวแกน X และแกน Y เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังตำแหน่งหลุมตัวอักษรเบรลล์ทั้ง 6 จุดนั้น ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนเลย เนื่องจากตัวมอเตอร์สเต็ปเปอร์นั้นสามารถควบคุมความเร็วรอบและจำนวนรอบที่แม่นยำ จึงทำให้การเคลื่อนที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน

4.1.2 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์ในแนวแกน Z

การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z ใช้มอเตอร์ในการเคลื่อนที่ 1 ตัว เพื่อให้ปากกากดลงบนกระดาษให้เกิดรอยนูน โดยจะเคลื่อนที่ขึ้น - ลงตามแนวแกน Z ทดสอบโดยการปั๊มตำแหน่งทั้ง 6 จุด หาจำนวนครั้งการกดลงบนกระดาษที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2

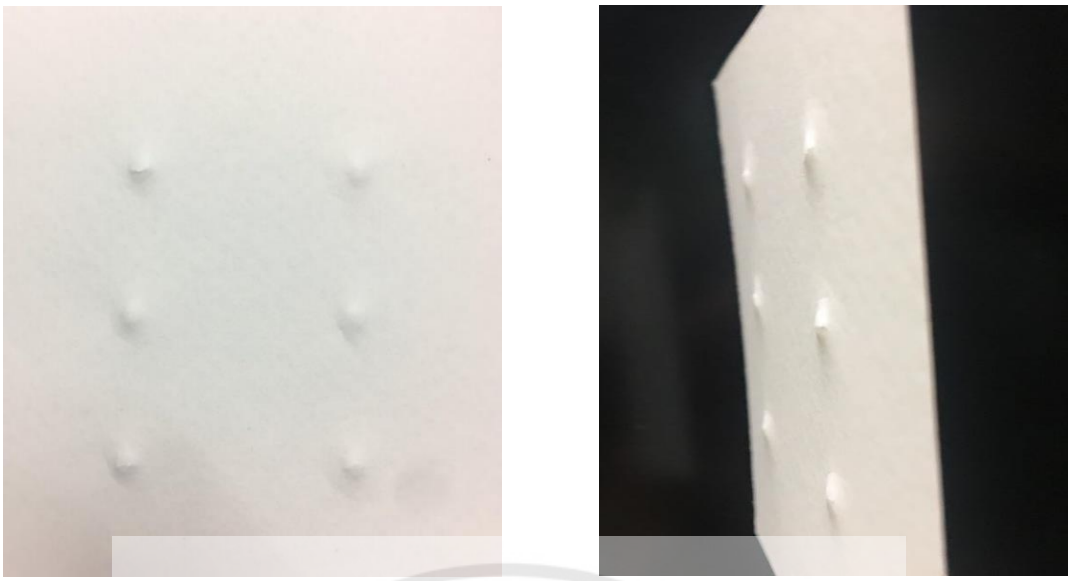
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในแนวแกน Z

กดลงบนกระดาษ (ครั้ง)	ผลที่ได้
1	เกิดรอยนูนเล็กน้อย
2	เกิดรอยนูนมากกว่ากด 1 ครั้ง
3	เกิดรอยนูนมากกว่ากด 2 ครั้ง
4	เกิดรอยนูนมากกว่ากด 3 ครั้ง
5	จุดที่ 1 4 และ 6 ขาด
6	จุดที่ 1 2 4 และ 6 ขาด
7	จุดที่ 1 2 4 และ 6 ขาด
8	จุดที่ 1 2 4 5 และ 6 ขาด
9	ขาดทุกจุด
10	ขาดทุกจุด

จากการทดลองจึงได้ครั้งการกดที่เหมาะสมที่สุดคือ 4 ครั้ง เพราะทำให้เกิดรอยนูนมากที่สุดและไม่ทำให้กระดาษขาด ตัวอย่างการกดบนกระดาษแสดงในรูปที่ 4.2 4.3 และ 4.4

(ก) รอยนูนจากมุมมองด้านบน (ข) รอยนูนจากมุมมองด้านข้าง

รูปที่ 4.2 รอยนูนจากการกดกระดาษ 1 ครั้ง



(ก) รอยนูนจากมุมมองด้านบน (ข) รอยนูนจากมุมมองด้านข้าง

รูปที่ 4.3 รอยนูนจากการกดกระดาษ 4 ครั้ง

(ก) รอยนูนจากมุมมองด้านบน (ข) รอยนูนจากมุมมองด้านข้าง

รูปที่ 4.4 รอยนูนจากการกดกระดาษ 10 ครั้ง

4.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

การทดลองการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ตามที่ได้ออกแบบการทำงานเอาไว้การทดสอบจะเป็นการจับเวลาในการพิมพ์ 1 ตัว เพื่อหาเวลาว่าตัวอักษรที่พิมพ์แต่ละตัวใช้เวลากี่วินาที ซึ่งได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการใช้เวลาพิมพ์ตัวอักษรแต่ละตัวของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

ตัวอักษร	เวลา (วินาที)	ตัวอักษร	เวลา (วินาที)
A	4.73	N	21.03
B	9.57	O	16.13
C	14.65	P	19.53
D	14.60	Q	24.44
E	11.18	R	19.49
F	14.67	S	16.03
G	19.55	T	20.75
H	14.73	U	15.98
I	11.23	V	19.46
J	16.03	W	20.83
K	10.86	X	22.38
L	14.81	Y	25.86
M	16.08	Z	20.95

เนื่องจากตำแหน่งของแต่ละตัวอักษรต่างกัน จึงทำให้ระยะเวลาในการพิมพ์ตัวอักษรแต่ละตัวแตกต่างกันไป ยิ่งตำแหน่งของตัวอักษรมากก็จะใช้เวลามากยิ่งขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผล และชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา และให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไปดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างต้นแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่สามารถใช้งานได้จริง โดยสั่งงานผ่านหน้าต่างโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 ที่มีการกำหนดรูปแบบของอักษรเบรลล์ไว้แล้ว เมื่อต้องการสั่งให้เครื่องพิมพ์ทำงานให้เลือกตัวอักษรผ่านหน้าต่างโปรแกรม ระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับค่าเพื่อประมวลผลและสั่งให้อุปกรณ์ทำงาน จากนั้นปากกาจะเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งของตัวอักษรที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อเครื่องพิมพ์ทำงานครบทุกจุดตัวอักษรแล้ว ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่า“ต้องการทำงานต่อหรือไม่” หากต้องการทำงานต่อให้กด “Yes” ผู้ใช้จึงจะสามารถสั่งพิมพ์ตัวอักษรตัวถัดไปได้ หากไม่ต้องการทำงานต่อให้กด “NO” โปรแกรมจะแสดงสถานะว่า “ไม่ทำงาน” จึงถือเป็นการสิ้นสุดการทำงาน หรือหากผู้ใช้ต้องการกำหนดทิศทางปากกาด้วยตนเองก็สามารถสั่งงานผ่านหน้าจอในกรอบกำหนดเองได้เช่นกัน จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเครื่องพิมพ์สามารถพิมพ์ตัวอักษรได้ตรงตามตำแหน่งครบทุกจุด เมื่อสัมผัสสามารถรับรู้ได้ถึงรอยนูนทุกจุดได้อย่างชัดเจนและเมื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ด้วยตัวเองก็ยังมีความแม่นยำทั้งการเคลื่อนที่ในแกน X แกน Y และแกน Z

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1) มอเตอร์ในการควบคุมทิศทางในแนวแกน X และแกน Y เกิดการทำงานที่ไม่สเถียร ทำให้เมื่อบังคับไปยังตำแหน่งที่ต้องการเกิดความคลาดเคลื่อน อาจแก้ไขได้โดยการตรวจเช็คสายที่เชื่อมต่อกับมอเตอร์หรือที่ตัวขับมอเตอร์

2) ในส่วนของรอยนูนตัวอักษรเบรลล์ในตอนแรกได้ใช้แผ่นยางรองเพื่อรองรับแรงกดแต่รอยนูนที่ได้นั้นไม่มีความชัดเจนพอ จึงแก้ไขด้วยการทำแผ่นไม้ที่เจาะรูไว้ 6 ตำแหน่งมารองรับแรงกดเพื่อให้เกิดรอยนูนที่ชัดเจนขึ้น

3) ในส่วนของการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z ในตอนแรกได้ใช้มอเตอร์สเต็ปเปอร์แต่มอเตอร์สเต็ปเปอร์มีความเร็วรอบต่ำจึงเปลี่ยนมาใช้มอเตอร์กระแสตรงที่มีความเร็วรอบสูงกว่าและยังสามารถกำหนดความเร็วรอบได้ทำให้สามารถควบคุมการกดของหัวปากกาได้

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

1) ออกแบบให้สามารถพิมพ์ตัวอักษรได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มรูปแบบของตัวอักษรเข้าไปในโปรแกรมสั่งการทำงานมอเตอร์

2) ออกแบบให้สามารถรับค่าตัวอักษรได้ทีละหลายๆ ตัว โดยเมื่อพิมพ์ตัวอักษรตัวแรกแล้วสามารถพิมพ์ตัวอักษรตัวถัดไปได้ทันที โดยที่ไม่จำเป็นต้องกลับไปจุดเริ่มต้นอีก

3) ออกแบบให้มีหน้าจอแสดงผลของตัวอักษรที่ต้องการพิมพ์ไว้ และสามารถลบตัวอักษรที่ไม่ต้องการพิมพ์ได้ โดยสามารถลบตัวอักษรก่อนที่เครื่องพิมพ์จะทำการพิมพ์ได้ หรือเมื่อลบตัวอักษรที่ไม่ต้องการระหว่างที่เครื่องพิมพ์กำลังทำงานอยู่เครื่องพิมพ์จะหยุดแล้วกลับไปยังจุดเริ่มต้นเพื่อรอรับค่าตัวอักษรตัวใหม่ที่ต้องการพิมพ์

4) ออกแบบให้โปรแกรมมีปุ่มกด “หยุดการทำงาน” และ “ทำงานต่อ” ซึ่งปุ่มกดหยุดการทำงานจะสามารถหยุดการทำงานชั่วขณะได้ และปุ่มทำงานต่อจะสามารถทำงานต่อจากการหยุดทำงานชั่วขณะ

5) ออกแบบให้มีจำนวนการกดน้อยลง โดยการใช้กระดาษที่มีความบางกว่ากระดาษ 100 ปอนด์

เอกสารอ้างอิง

กลุ่ม Around the world. (พฤศจิกายน 2558)**. ข้อมูลคนพิการ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2560, จาก http://blindandcomputeraroundtheworld.blogspot.com/p/blog-page_23.html

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (พฤศจิกายน 2560)**. อักษรเบรลล์** สืบค้นเมื่อวันที่ 23 ตุลาคม 2560, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/อักษรเบรลล์

วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก. (มกราคม 2552). **หลักการทำงานมอเตอร์กระแสตรง**. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2560, จาก http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm

Arduinoall. (ตุลาคม 2559). **แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์**. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2560, จาก http://www.arduinoall.com.

Hobby Tronics. (2560) . **EasyDriver Stepper Motor Driver.** สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2560, จาก http://www.hobbytronics.co.uk/easydriver-stepper-motor

Lamplaimat, (2559). **ภาษาซี**. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2560, จาก http://lamplaimat.ac.th/cpp/?cat=4.

Narin Group. (มีนาคม 2559). **การใช้ชุดขับมอเตอร์กระแสตรง**. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2560, จาก http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html

Thailand Factomart. (ธันวาคม 2559)**. หลักการใช้งานมอเตอร์สเต็ปเปอร์**. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2560, จาก https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-stepping-motor/

ภาคผนวก ก

รหัสของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ รุ่น Uno R3

```
#define DIRX_PIN 2
#define STEPX_PIN 3
#define DIRY_PIN 4
#define STEPY_PIN 5
#define DIRZA_PIN 8
#define DIRZB_PIN 7
#define SPEEDZ_PIN 6
char c = '0';
int s = 500;
int r = 100;
int t = 160;
void setup()
{
  pinMode(DIRX_PIN, OUTPUT);
  pinMode(STEPX_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DIRY_PIN, OUTPUT);
  pinMode(STEPY_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DIRZA_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DIRZB_PIN, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
   if (Serial.available()>0)
   {
  c = Serial.read();
  Serial.println(c);
 }
 if (c =='3'){
```

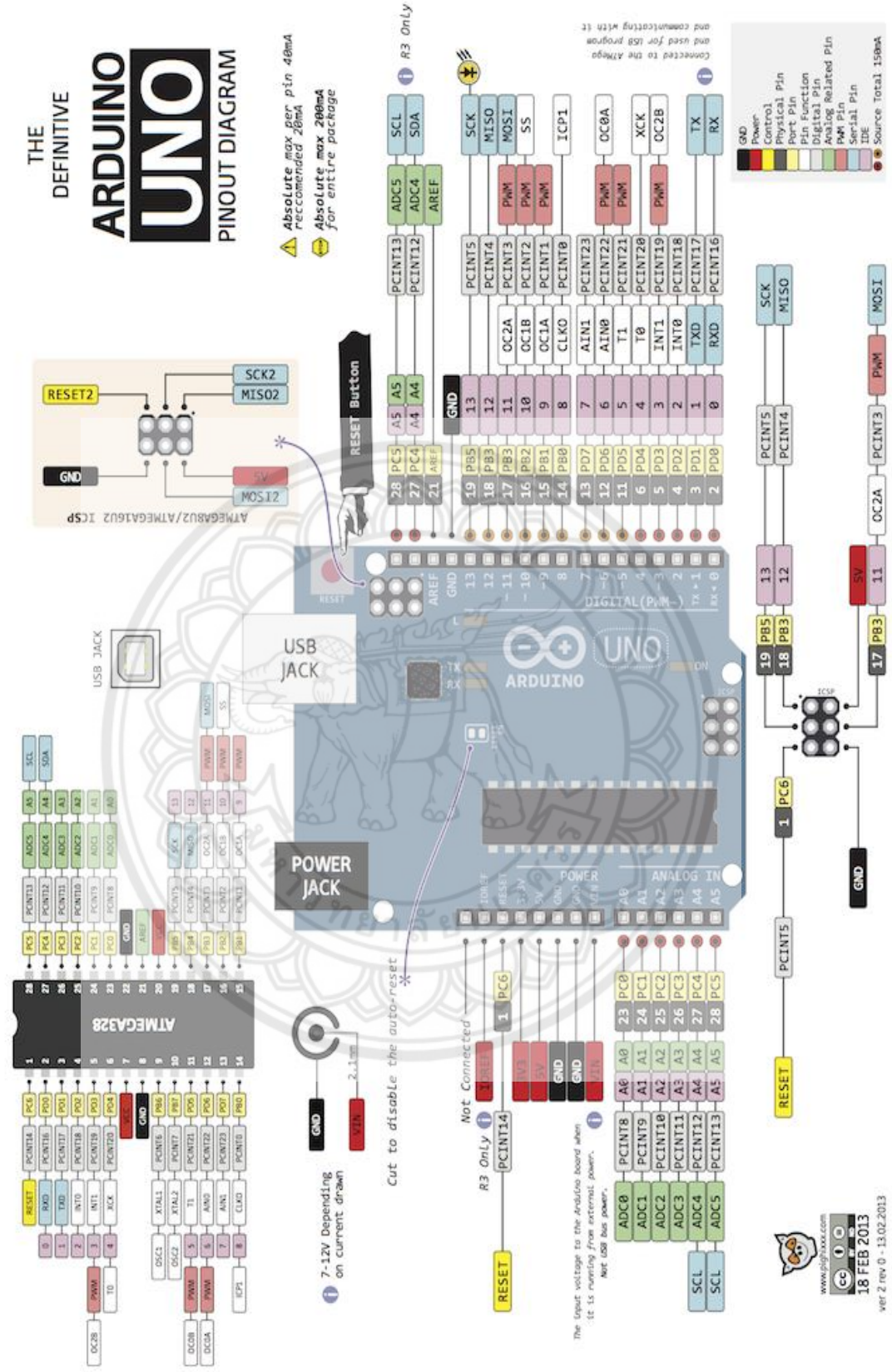
```
 rotateDeg_X(270, .5);
 delay(s);
}
if (c =='4'){
 rotateDeg_X(-270, .5);
 delay(s);
}
if (c =='1'){
 rotateDeg_Y(180, .5);
 delay(s);
}
 if (c =='2'){
 rotateDeg_Y(-180, .5);
 delay(s);
  }
 if (c =='5'){
 analogWrite(6, 255);
 digitalWrite(7, 1);
 digitalWrite(8, 0);
 delay(r);
 analogWrite(6, 0);
 digitalWrite(7, 0);
 digitalWrite(8, 0);
 delay(300);
  }
 if (c =='6'){
 analogWrite(6, 255);
 digitalWrite(7, 0);
 digitalWrite(8, 1);
```

```
 delay(t);
 analogWrite(6, 0);
 digitalWrite(7, 0);
 digitalWrite(8, 0);
 delay(300);
}
if (c =='7'){
  digitalWrite(2, LOW);
 delay(1);
 digitalWrite(3, LOW);
 delay(1);
 digitalWrite(4, LOW);
 delay(1);
 digitalWrite(5, LOW);
 delay(1);
 digitalWrite(7, LOW);
 delay(1);
 digitalWrite(6, LOW);
 delay(1);
   analogWrite(6, 0);
 digitalWrite(7, 0);
 digitalWrite(8, 0);
 delay(1);
}
 if (c =='8'){
 rotateDeg_X(1080, .5);
 delay(s);
 }
if (c =='9'){
```

```
  rotateDeg_X(-1080, .5);
  delay(s);
 }
}
void rotateDeg_X(float deg, float speed){
  int dir = (deg > 0)? HIGH:LOW;
  digitalWrite(DIRX_PIN,dir);
  int steps = abs(deg)*(1/0.225);
  float usDelay = (1/speed) * 70;
  for(int i=0; i < steps; i++){
    digitalWrite(STEPX_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(usDelay);
    digitalWrite(STEPX_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(usDelay);
  }
}
  void rotateDeg_Y(float deg, float speed){
  int dir = (deg > 0)? HIGH:LOW;
  digitalWrite(DIRY_PIN,dir);
  int steps = abs(deg)*(1/0.225);
  float usDelay = (1/speed) * 70;
  for(int i=0; i < steps; i++){
    digitalWrite(STEPY_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(usDelay);
    digitalWrite(STEPY_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(usDelay);
  }
}
```

ภาคผนวก ข

รายละเอียดข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่ รุ่น UNO R3


THE DEFINITIVE
ARDUINO UNO
PINOUT DIAGRAM
Absolute max per pin 40mA
reccomended 20mA
Absolute max 200mA
for entire package
R3 OnLy
Connected to the ATMega and used for USB program and communicating with it
GND
Power
Control
Physical Pin
Port Pin
Pin Function
Digital Pin
Analog Related Pin
PWM Pin
Serial Pin
IDE
Source Total 150mA
RESET2
SCK2
MISO2
MOSI2
5V
ATMEGA8U2/ATMEGA16U2 ICSP
RESET Button
USB JACK
POWER JACK
ARDUINO
UNO
DIGITAL(PWM~)
POWER
ANALOG IN
ATMEGA328
Cut to disable the auto-reset
7-12V Depending on current drawn
Not Connected
R3 OnLy
The input voltage to the Arduino board when it is running from external power.
Not USB bus power.
ICSP
www.pighixxx.com
18 FEB 2013
ver 2 rev 0 - 13.02.2013

Pin Description

Pin Category	Pin Name	Details
Power	Vin, 3.3V, 5V, GND	Vin: Input voltage to Arduino when using an external power source. 5V: Regulated power supply used to power microcontroller and other components on the board. 3.3V: 3.3V supply generated by on-board voltage regulator. Maximum current draw is 50mA. GND: ground pins.
Reset	Reset	Resets the microcontroller.
Analog Pins	A0 – A5	Used to provide analog input in the range of 0-5V
Input/Output Pins	Digital Pins 0 - 13	Can be used as input or output pins.
Serial	0(Rx), 1(Tx)	Used to receive and transmit TTL serial data.
External Interrupts	2, 3	To trigger an interrupt.
PWM	3, 5, 6, 9, 11	Provides 8-bit PWM output.
SPI	10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) and 13 (SCK)	Used for SPI communication.
Inbuilt LED	13	To turn on the inbuilt LED.
TWI	A4 (SDA), A5 (SCA)	Used for TWI communication.
AREF	AREF	To provide reference voltage for input voltage.

Arduino Uno Technical Specifications

Microcontroller	ATmega328P – 8 bit AVR family microcontroller
Operating Voltage	5V
Recommended Input Voltage	7-12V
Input Voltage Limits	6-20V
Analog Input Pins	6 (A0 – A5)
Digital I/O Pins	14 (Out of which 6 provide PWM output)
DC Current on I/O Pins	40 mA
DC Current on 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (0.5 KB is used for Bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequency (Clock Speed)	16 MHz

Overview

Arduino Uno is a microcontroller board based on 8-bit ATmega328P microcontroller. Along with ATmega328P, it consists other components such as crystal oscillator, serial communication, voltage regulator, etc. to support the microcontroller. Arduino Uno has 14 digital input/output pins (out of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog input pins, a USB connection, A Power barrel jack, an ICSP header and a reset button.

How to use Arduino Board

The 14 digital input/output pins can be used as input or output pins by using pinMode(), digitalRead() and digitalWrite() functions in arduino programming. Each pin operate at 5V and can provide or receive a maximum of 40mA current, and has an internal pull-up resistor of 20-50 KOhms which are disconnected by default. Out of these 14 pins, some pins have specific functions as listed below:

- **Serial Pins 0 (Rx) and 1 (Tx):** Rx and Tx pins are used to receive and transmit TTL serial data. They are connected with the corresponding ATmega328P USB to TTL serial chip.
- **External Interrupt Pins 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.
- **PWM Pins 3, 5, 6, 9 and 11:** These pins provide an 8-bit PWM output by using analogWrite() function.
- **SPI Pins 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) and 13 (SCK):** These pins are used for SPI communication.
- **In-built LED Pin 13:** This pin is connected with an built-in LED, when pin 13 is HIGH – LED is on and when pin 13 is LOW, its off.

Along with 14 Digital pins, there are 6 analog input pins, each of which provide 10 bits of resolution, i.e. 1024 different values. They measure from 0 to 5 volts but this limit can be increased by using AREF pin with analog Reference() function.

- Analog pin 4 (SDA) and pin 5 (SCA) also used for TWI communication using Wire library.

Arduino Uno has a couple of other pins as explained below:

- **AREF:** Used to provide reference voltage for analog inputs with analogReference() function.
- **Reset Pin:** Making this pin LOW, resets the microcontroller.

ภาคผนวก ค

รายละเอียดข้อมูลของตัวขับมอเตอร์มอเตอร์สเต็ปเปอร์

1 Block diagram

Figure 1. Block diagram

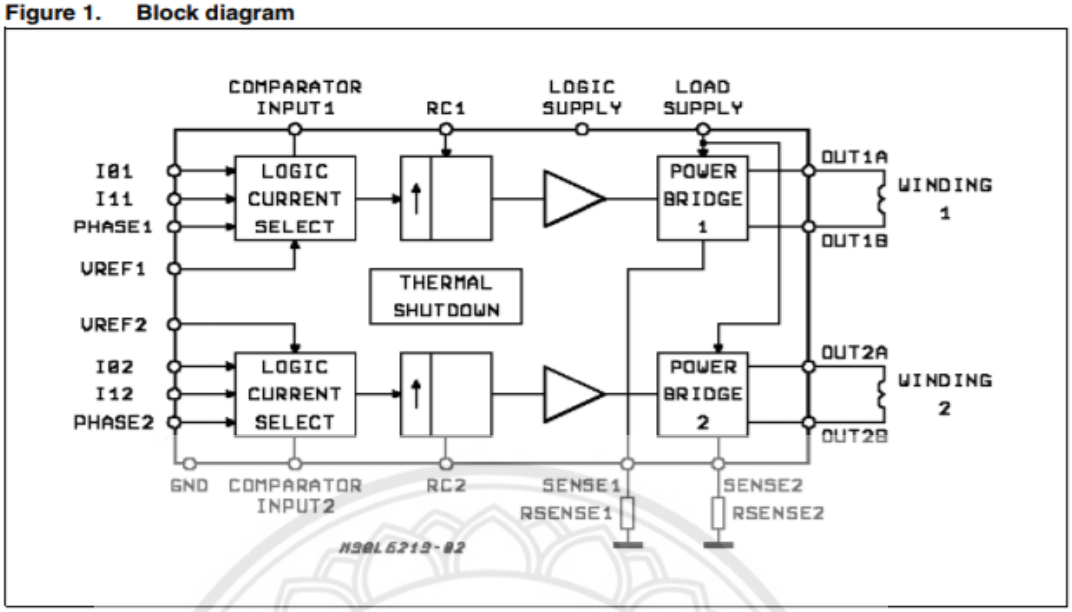


Table 2. Absolute maximum rating

Parameter	Description	Value	Unit
V_s	Supply voltage	50	V
I_O	Output current (peak)	±1	A
I_O	Output current (continuous)	±0.75	A
V_{ss}	Logic supply voltage	7	V
V_{in}	Logic input voltage range	-0.3 to +7	V
V_{sense}	Sense output voltage	1.5	V
T_j	Junction temperature	+150	°C
T_{op}	Operating temperature range	-20 to +85	°C
T_{stg}	Storage temperature range	-55 to +150	°C

Figure 2. SO24/PDIP24 pins connection (top view)

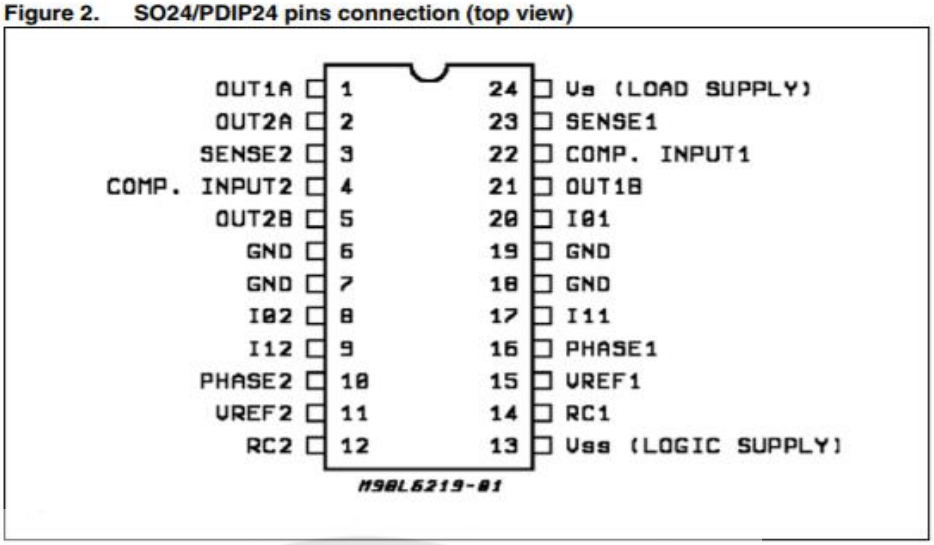


Table 3. Pin functions

Pin #	Name	Description
1, 2	Output A	See pins 5, 21
3, 23	Sense resistor	Connection to lower emitters of output stage for insertion of current sense resistor
4, 22	Comparator input	Input connected to the comparators. The voltage across the sense resistor is feedback to this input throught the low pass filter RC CC. The higher power transistors are disabled when the sense voltage exceeds the reference voltage of the selected comparator. When this occurs the current decays for a time set by RT CT (toff = 1.1 RT CT). See *Figure 3.*
5, 21	Output B	Output connection. The output stage is a H bridge formed by four transistors and four diodes suitable for switching applications
6, 19	Ground	See pins 7, 18
7, 18	Ground	Ground connection. With pins 6 and 19 also conducts heat from die to printed circuit copper
8, 20	Input 0	See Input 1 (pins 9, 17)
9, 17	Input 1	These pins and pins 8, 20 (input 0) are logic inputs which select the outputs of the comparators to set the current level. Current also depends on the sensing resistor and reference voltage. See functional description

Table 3. Pin functions (continued)

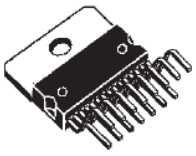
Pin #	Name	Description
10, 16	Phase	This TTL-compatible logic inputs sets the direction of current flow through the load. A high level causes current to flow from output A (source) to output B (sink). A schmitt trigger on this input provides good noise immunity and a delay circuit prevents output stage short circuits during switching
11, 15	Reference voltage	A voltage applied to this pin sets the reference voltage of the comparators, this determining the output current (also thus depending on Rs and the two inputs input 0 and input 1)
12, 14	RC	A parallel RC network connected to this pin sets the OFF time of the higher power transistors. The pulse generator is a monostable triggered by the output of the comparators (toff = 1.1 RT CT)
13	V_{SS} - Logic supply	Supply voltage input for logic circuitry
24	V_S - Load supply	Supply voltage input for the output stages

ภาคผนวก ง

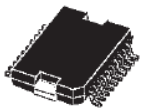
รายละเอียดข้อมูลของตัวขับมอเตอร์กระแสตรง

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)



Multiwatt15



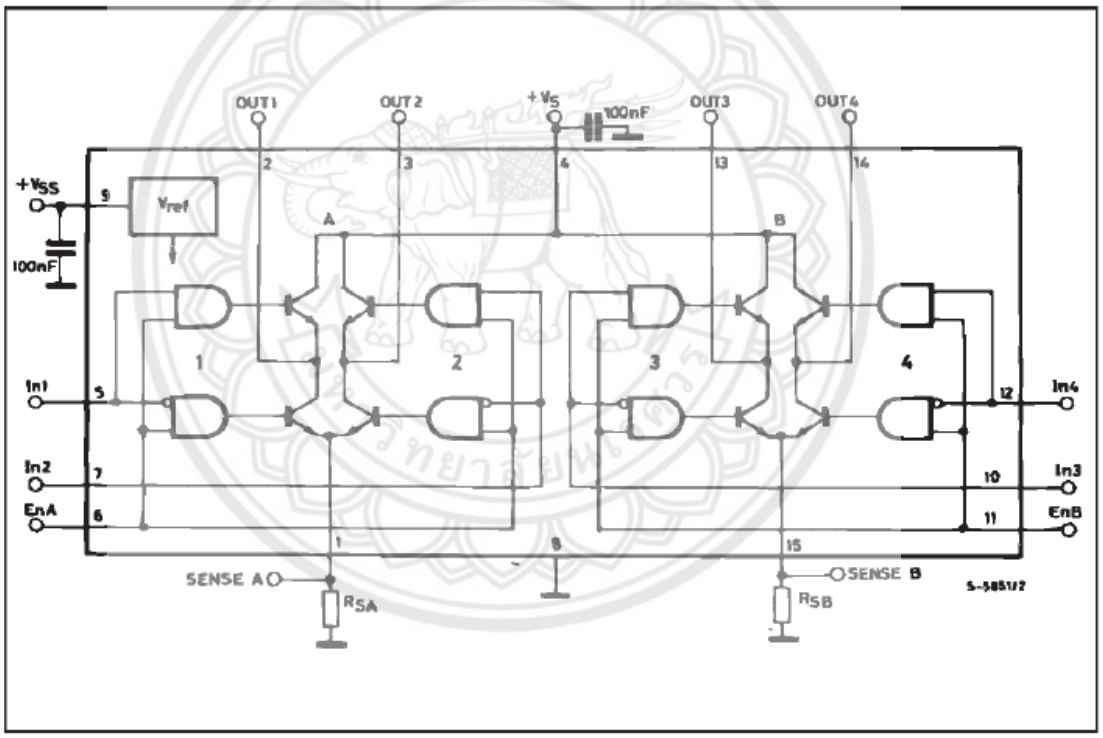
PowerSO20

ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

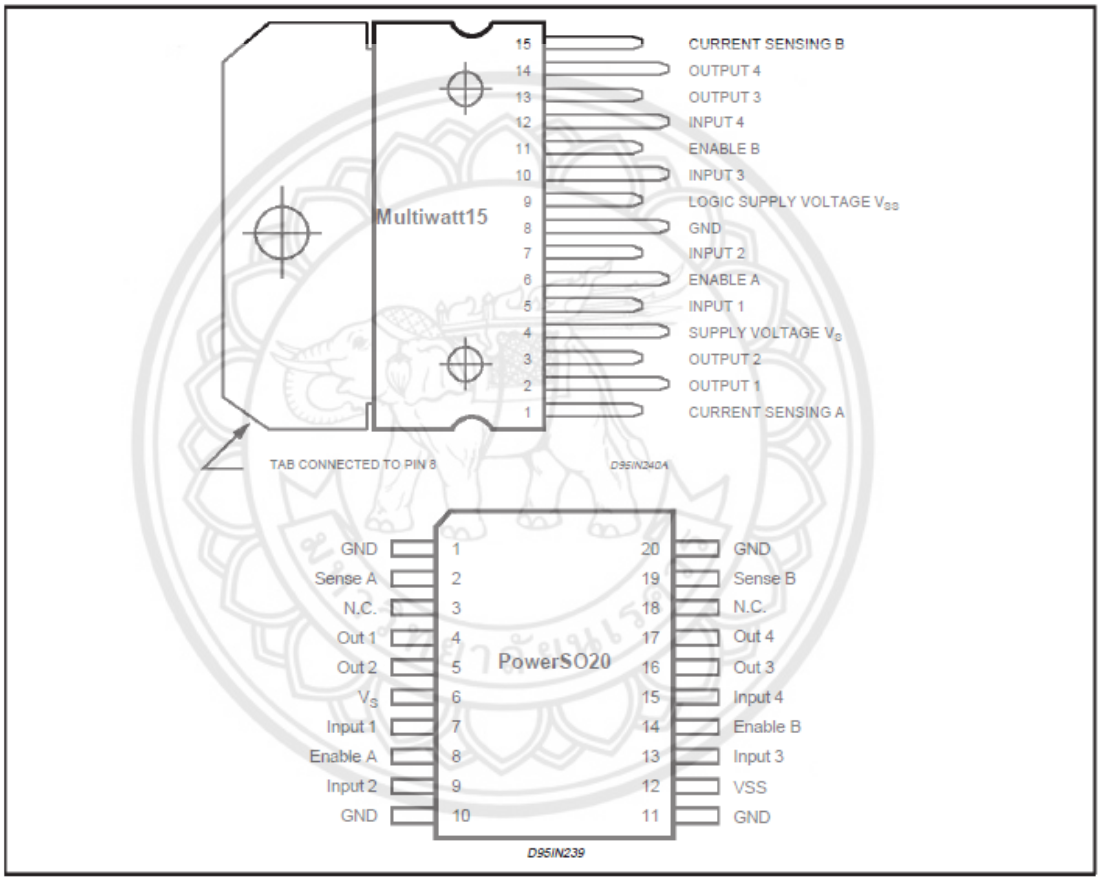
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I, V_{en}	Input and Enable Voltage	–0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive (t = 100µs) –Repetitive (80% on –20% off; t_{on} = 10ms) –DC Operation	 3 2.5 2	 A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	–1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation (T_{case} = 75°C)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	–25 to 130	°C
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	–40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V_S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition		V_{IH} +2.5		46	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)			4.5	5	7	V
I_S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V_{en} = H; I_L = 0	V_i = L V_i = H		13 50	22 70	mA mA
		V_{en} = L	V_i = X			4	mA
I_{SS}	Quiescent Current from V_{SS} (pin 9)	V_{en} = H; I_L = 0	V_i = L V_i = H		24 7	36 12	mA mA
		V_{en} = L	V_i = X			6	mA
V_{iL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)			–0.3		1.5	V
V_{iH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)			2.3		VSS	V
I_{iL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V_i = L				–10	µA
I_{iH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V_i = H ≤ V_{SS} –0.6V			30	100	µA
V_{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)			–0.3		1.5	V
V_{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)			2.3		V_{SS}	V
I_{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = L				–10	µA
I_{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = H ≤ V_{SS} –0.6V			30	100	µA
$V_{CEsat(H)}$	Source Saturation Voltage	I_L = 1A I_L = 2A		0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
$V_{CEsat(L)}$	Sink Saturation Voltage	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)		0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V_{CEsat}	Total Drop	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)		1.80		3.2 4.9	V V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)			–1 (1)		2	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T_1 (V_i)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (2); (4)		1.5		µs
T_2 (V_i)	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		0.2		µs
T_3 (V_i)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.1 I_L (2); (4)		2		µs
T_4 (V_i)	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.7		µs
T_5 (V_i)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		0.7		µs
T_6 (V_i)	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_7 (V_i)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_i to 0.9 I_L (3); (4)		1.6		µs
T_8 (V_i)	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.2		µs
fc (V_i)	Commutation Frequency	I_L = 2A		25	40	KHz
T_1 (V_{en})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (2); (4)		3		µs
T_2 (V_{en})	Source Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (2); (4)		1		µs
T_3 (V_{en})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.1 I_L (2); (4)		0.3		µs
T_4 (V_{en})	Source Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (2); (4)		0.4		µs
T_5 (V_{en})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		2.2		µs
T_6 (V_{en})	Sink Current Fall Time	0.9 I_L to 0.1 I_L (3); (4)		0.35		µs
T_7 (V_{en})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V_{en} to 0.9 I_L (3); (4)		0.25		µs
T_8 (V_{en})	Sink Current Rise Time	0.1 I_L to 0.9 I_L (3); (4)		0.1		µs