รถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ

AUTOMATIC CORN SEEDING MACHINE

นางสาวจันทิมา ฟักทอง รหัส 57362842

นายไชยวัฒน์ อึ้งวิวัฒน์กุล รหัส 57362972

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน รถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวจันทิมา ฟักทอง รหัส 57362842

นายไชยวัฒน์ อึ้งวิวัฒน์กุล รหัส 57362972

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	รถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวจันทิมา ฟักทอง รหัส 57362842
	นายไชยวัฒน์ อึ้งวิวัฒน์กุล รหัส 57362972
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2560

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานเกี่ยวกับการสร้างและออกแบบรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ ซึ่งสามารถหยอดเมล็ดข้าวโพดได้หลุมละ 2 เมล็ด และสามารถปรับระยะห่างระหว่างหลุมได้ 2 ระยะ คือ 25 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร โดยรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ ล้อที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ที่ตักและกลบดิน และใบพัดที่ใช้ตักเมล็ดข้าวโพดเพื่อหยอดลงหลุม ซึ่งทุกส่วนจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการขับเคลื่อนรวมทั้งหมด 6 ตัว แบ่งออกเป็น ล้อ 4 ตัว, ที่ตักและกลบดิน 1 ตัว และใบพัด 1 ตัว และได้มีการนำตัวรับรู้มาติดไว้ที่ท่อหยอดเมล็ดข้าวโพดเพื่อตรวจนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดที่หยอดลงหลุมจำนวน 1 ตัว โดยกระบวนการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัตินั้นจะวิ่งตามระยะทางที่กำหนด, ตักดิน, หยอดเมล็ดข้าวโพด และกลบดิน ตามลำดับ จากนั้นจะทำกระบวนการเดิมซ้ำจนมีระยะทางครบ 250 เซนติเมตร จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติสามารถทำงานตามขั้นตอนได้ถูกต้อง

Project title	Automatic Corn Seeding Machine	
Name	Miss Chantima Fakthong	ID. 57362842
	Mr. Chaiyawat Uengwiwatkul	ID. 57362972
Project advisor	Asst. Prof. Mutita Songjun, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2017	

.....

Abstract

This project is about to design and construct the automatic corn seeding machine which can sow 2 corn seeds in each hole and control the distance between two hole to be 25 centimeters and 50 centimeters. It consists of 3 parts including the moving wheels, the soil spade, and the scooping corn blade. Six DC motors are used in this machine, four for the moving wheels, one for the soil spade, and the last one for the blade to scoop the corn seeds. There is the sensor installed at the corn tube in order to count the number of corn seeds. The process is that the automatic corn seeding machine moves at a specified distance, dig a hole, sow corn seeds, and replace the soil, then repeat the process until the distance of 250 centimeters. The results show that the automatic corn seeding machine can be operated correctly.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ สำหรับคำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำโครงงานรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนความดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินโครงงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และ ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์-พิทักษ์ สำหรับคำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำโครงงาน รวมถึงข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ซึ่งได้นำมาประกอบในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณบิดามารดาซึ่งมีส่วนช่วยในด้านกำลังทรัพย์และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่ต่างมีส่วนร่วมในการชี้แนะ ให้ข้อมูล และให้ความรู้เกี่ยวกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงออกมาตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ดำเนินโครงงานต้องการมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้ดำเนินโครงงาน
จันทิมา ฟักทอง
ไชยวัฒน์ อึ้งวิวัฒน์กุล

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ข้าวโพด 4
2.1.1 ชนิดของข้าวโพด 4
2.1.2 การปลูกข้าวโพด 6
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 7
2.2.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ 7
2.2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ 8
2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Arduino Uno R3 9
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 9
2.4 วงจรขับมอเตอร์ 10

2.4.1 ส่วนที่ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ 11
2.4.2 ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม 11
2.5 ตัวรับรู้ 12
2.5.1 ตัวรับรู้ชนิดใช้แสง 12

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 13
3.1 ขั้นตอนการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ 13
3.1.1 การทำงานของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพด 13
3.1.2 การทำงานของที่ตักและกลบดิน 13
3.1.3 การทำงานของที่หยอดเมล็ดข้าวโพด 14
3.2 โครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพด 14
3.2.1 โครงสร้างของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพด 14
3.2.2 โครงสร้างของที่ตักและกลบดิน 15
3.2.3 โครงสร้างของที่หยอดเมล็ดข้าวโพด 15
3.2.4 โครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดเมื่อสร้างเสร็จ 16
3.3 อุปกรณ์เพิ่มเติม 18
3.3.1 โมดูลตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด 18
3.4 ส่วนควบคุมการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพด 19
3.4.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 19
3.4.2 แผงวงจรขับมอเตอร์ 20

บทที่ 4 ผลการทดลอง 22
4.1 การทดลองนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดที่ใช้หยอดในแต่ละหลุม 22
4.2 การทดลองการตักและกลบดิน 24
4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติตามระยะทางที่กำหนด 26
4.4 การทดลองจับเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพด 28

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 30
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 30
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 31
5.3 การนำไปพัฒนาและประยุกต์การใช้งาน 31

เอกสารอ้างอิง 32
ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับของโปรแกรมควบคุมรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ .... **Error! Bookmark not defined.**
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลของ L298N 46
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 50

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน 2
4.1 แสดงผลการทดสอบการหยอดเมล็ดข้าวโพด 22
4.2 แสดงผลการทดสอบการตักและกลบดิน โดยตั้งค่าระยะห่างระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร 25
4.3 แสดงผลการทดสอบระยะทางการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ 27
4.4 แสดงเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดต่อรอบ เมื่อกดปุ่มเลือกระยะทาง 25 เซนติเมตร 28
4.5 แสดงเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดต่อรอบ เมื่อกดปุ่มเลือกระยะทาง 50 เซนติเมตร 29

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตำแหน่งขาของชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328 9
2.2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 9
2.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วย PWM 10
3.1 โครงสร้างของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพด 14
3.2 โครงสร้างของที่ตักและกลบดิน 15
3.3 โครงสร้างของที่หยอดเมล็ดข้าวโพด 15
3.4 โครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ 16
3.5 ภาพรวมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ 18
3.6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ 17
3.7 โมดูลตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด 18
3.8 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 20
3.9 แผงวงจรขับมอเตอร์ 20
4.1 การตักดิน 24
4.2 การกลบดิน 24
4.3 รางที่ใช้ในการทดลอง 26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกสินค้าที่สำคัญของประเทศอยู่หลายอย่าง หนึ่งในนั้นเป็นสินค้าที่มาจากอุตสาหกรรมทางการเกษตร เช่น ยางพารา ข้าว มันสำปะหลัง น้ำตาลทราย และข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งการปลูกข้าวโพดเป็นอุตสาหกรรมทางการเกษตรที่น่าสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศมากมาย โดยการนำผลผลิตที่ได้ไปแปรรูปเป็นอาหารคนและอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้หลายชนิด เช่น นำเมล็ดมาสกัดเป็นน้ำมัน น้ำตาล และทำแป้ง

ในการทำอุตสาหกรรมเกษตรในด้านการปลูกข้าวโพดนั้นพบว่ามีความยากลำบากในการปลูก เนื่องจากจะต้องปลูกข้าวโพดในลักษณะเป็นแนวยาว และจะต้องทำการหยอดเมล็ดข้าวโพดทีละหลุม รวมทั้งต้องใช้คนในปริมาณมากหากต้องการที่จะปลูกข้าวโพดให้ได้ผลผลิตมากและรวดเร็ว ซึ่งอาจต้องใช้ต้นทุนในการจ้างคนงานสูง อีกทั้งการปลูกข้าวโพดในลักษณะนี้จะทำให้ระยะห่างระหว่างต้นข้าวโพดไม่เท่ากัน นั่นเกิดจากการประมาณระยะห่างด้วยสายตาของแต่ละคนไม่เท่ากัน

จากข้อสังเกตถึงปัญหาต่างๆ ข้างต้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดที่จะสร้างรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติขึ้นเพื่อลดต้นทุนในการจ้างคนงานหยอดเมล็ดข้าวโพด ประหยัดเวลา และยังสามารถทำได้สะดวกกว่าการหยอดเมล็ดข้าวโพดด้วยวิธีปกติอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติที่สามารถทำทุกกระบวนการปลูกได้อย่างครบถ้วน ซึ่งได้แก่ กระบวนการขุดหลุม การหยอดเมล็ด และการกลบดิน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) สามารถขุดหลุมสำหรับหยอดเมล็ดข้าวโพด และกลบดินได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งดินที่ใช้จะเป็นดินที่จำลองจากการใช้ดินผสมกับแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและสามารถทำการขุดได้ง่าย
2) สามารถหยอดเมล็ดข้าวโพดได้ 2 เมล็ด ต่อ 1 หลุม
3) สามารถปรับระยะห่างระหว่างหลุมได้ 2 ระดับ คือ 25 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร
4) สามารถกำหนดระยะทางสำหรับหยุดรถได้อัตโนมัติ โดยมีระยะไม่เกิน 250 เซนติเมตร

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.0.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ระยะเวลาการดำเนินการ									
	2560					2561				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1) ศึกษาลักษณะของเมล็ดข้าวโพดเพื่อออกแบบอุปกรณ์สำหรับหยอดเมล็ดและศึกษาวิธีการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพด										
2) ศึกษาการทำงานของที่หยอดเมล็ดข้าวโพด ที่ตักและกลบดิน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม										
3) สร้างแบบจำลองของรถหยอดเมล็ดข้าวโพด										
4) เขียนโปรแกรม และทดสอบการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพด										
5) สรุปผลการดำเนินงาน และเขียนปริญญานิพนธ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1) ได้รถหยอดเมล็ดข้าวโพดที่สามารถขุดหลุม หยอดเมล็ด และกลบดินได้โดยอัตโนมัติ
2) รถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติสามารถปลูกข้าวโพดได้อย่างรวดเร็ว ช่วยทุ่นแรง และเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน
3) รถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงานได้

1.6 งบประมาณ

1) ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรควบคุม	2,000	บาท
2) ค่าโครงสร้างแบบจำลอง	1,000	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันบาทถ้วน)	3,000	บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะรวมหลักการและทฤษฎีขององค์ประกอบที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีการทำงานที่สัมพันธ์กันของโครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ ทั้งระบบการขับเคลื่อนของรถ ระบบขุดหลุม ระบบหยอดเมล็ด และระบบการกลบดิน

2.1 ข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่สำคัญอย่างหนึ่งของโลกรองจากข้าวเจ้าและข้าวสาลี นับเป็นพืชอาหารหลักที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในต่างประเทศ เช่น เม็กซิโก อินเดีย อินโดนีเซีย และอิตาลี ประชาชนรับประทานข้าวโพดเป็นอาหารประจำวันในรูปต่างๆ กัน นอกจากใช้เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์โดยตรงแล้ว เมล็ดข้าวโพดยังใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้หลายชนิด เช่น เมล็ดอาจนำมาสกัดน้ำมัน น้ำตาล และทำแป้ง ลำต้นและใบใช้ทำกระดาษ ซังใช้ทำจุกขวด กล้องยาสูบและเชื้อเพลิง ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่สำคัญๆ ซึ่งใช้ข้าวโพดเป็นส่วนประกอบ มีประมาณกว่า 500 ชนิด สำหรับในประเทศไทยข้าวโพดที่ผลิตได้เกือบทั้งหมดส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ

ประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดซึ่งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญเก่าแก่ของประเทศไทยมาช้านาน ปริมาณส่งออกข้าวโพดของประเทศไทยอยู่เป็นอันดับสี่ของโลกรองจากสหรัฐอเมริกา อาร์เจนตินา และฝรั่งเศส ที่เป็นดังนี้เนื่องจากการใช้ข้าวโพดในประเทศมีน้อย ข้าวโพดที่ผลิตได้ประมาณร้อยละ 70 ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ

2.1.1 ชนิดของข้าวโพด

ข้าวโพดอาจจำแนกได้เป็น 2 แบบ คือ การจำแนกทางพฤกษศาสตร์ และการจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการปลูก

1) การจำแนกทางพฤกษศาสตร์เป็นการจำแนกตามลักษณะของแป้งและเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นหลัก โดยจำแนกออกเป็น 7 ชนิด คือ

1.1) ข้าวโพดหัวบุบ (Dent Corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส อินเดนทาทา (Zea Mays Indentata) เมล็ดตอนบนมีรอยบุ๋ม เนื่องจากตอนบนมีแป้งอ่อน และตอนข้างๆ เป็นแป้งชนิดแข็ง เมื่อตากเมล็ดให้แห้งแป้งอ่อนจะยุบหดตัวลง จึงเกิดลักษณะหัวบุบดังกล่าว ขนาดของลำต้นความสูงเหมือนข้าวโพดไร่ทั่วๆ ไป สีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง หรือสีอื่นๆ แล้วแต่พันธุ์ นิยมปลูกกันมากในสหรัฐอเมริกา

1.2) ข้าวโพดหัวแข็ง (Flint Corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส อินดูราทา (Zea Mays Indurata) เมล็ดมีแป้งแข็งห่อหุ้มโดยรอบ หัวเรียบไม่บุบเมล็ดค่อนข้างกลม มีปลูกกันมากในเอเชียและอเมริกาใต้ ข้าวโพดไร่ของคนไทยที่นิยมปลูกกันอยู่เป็นชนิดนี้ทั้งสิ้น สีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง สีม่วง หรือสีอื่นแล้วแต่ชนิดของพันธุ์

1.3) ข้าวโพดหวาน (Sweet Corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส แซคคาราทา (Zea Mays Saccharata) นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายเพื่อรับประทานฝักสด เพราะฝักมีน้ำตาลมากทำให้มีรสหวาน เมื่อแก่เต็มที่หรือแห้งเมล็ดจะหดตัวเหี่ยวย่น

1.4) ข้าวโพดคั่ว (Pop Corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส อีเวอร์ทา (Zea Mays Everta) เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ภายใน ภายนอกห่อหุ้มด้วยเยื่อที่เหนียวและยืดตัวได้ เมล็ดมีความชื้นภายในอยู่พอสมควรเมื่อถูกความร้อนจะเกิดแรงดันภายในเมล็ดและระเบิดตัวออกมา เมล็ดอาจมีลักษณะกลมหรือหัวแหลมก็ได้ มีสีต่างๆ กัน เช่น เหลือง ขาว ม่วง

1.5) ข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy Corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส เซอราทินา (Zea Mays Ceratina) เมล็ดมีแป้งอ่อนคล้ายแป้งมันสำปะหลัง นิยมปลูกเพื่อรับประทานฝักสดคล้ายข้าวโพดหวานแม้จะไม่หวานมาก แต่เมล็ดนิ่ม รสอร่อย ไม่ติดฟัน เมล็ดมีสีต่างๆ กัน เหลือง ขาว ส้ม ม่วง หรือมีหลายสีในฝักเดียวกัน

1.6) ข้าวโพดแป้ง (Flour Corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส อะมิโลเซีย (Zea Mays Amylocea) เมล็ดประกอบด้วยแป้งชนิดอ่อนมาก เมล็ดค่อนข้างกลมหัวไม่บุบ หรือบุบเล็กน้อย นิยมปลูกในอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และสหรัฐอเมริกา ชาวอินเดียนแดงนิยมปลูกไว้รับประทานเป็นอาหาร

1.7) ข้าวโพดป่า (Pod Corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า ซี เมย์ส ทูนิกา (Zea Mays Tunica) เมล็ดข้าวโพดมีขั้วเปลือกหุ้มทุกเมล็ด และยังมีเปลือกหุ้มฝักอีกชั้นหนึ่งเหมือนข้าวโพดธรรมดาทั่วๆ ไป เมล็ดมีลักษณะต่างๆ กัน ข้าวโพดชนิดนี้ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปลูกไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

2) การจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการปลูกอาจจำแนกออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

1.1) ข้าวโพดใช้เมล็ด (Grain Corn) ปลูกเพื่อเก็บเมล็ดแก่ใช้เป็นอาหารสัตว์และมนุษย์หรือทำอุตสาหกรรมอย่างอื่น

1.2) ข้าวโพดหมัก (Silage Corn) ปลูกเพื่อตัดต้นสดมาหมักใช้เป็นอาหารสัตว์

1.3) ข้าวโพดอาหารสัตว์ (Fodder Corn) ปลูกเพื่อตัดต้นสดไปใช้เลี้ยงสัตว์

1.4) ข้าวโพดฝักอ่อน (Baby Corn) ในประเทศไทยนิยมปลูกเพื่อเก็บฝักอ่อนไปใช้ในการปรุงอาหาร

2.1.2 การปลูกข้าวโพด

1) ฤดูปลูก ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่ค่อนข้างทนทานปลูกง่ายในสภาพดินฟ้าอากาศของเมืองไทย ถ้ามีน้ำเพียงพอจะสามารถปลูกข้าวโพดได้ตลอดปี การปลูกส่วนใหญ่อาศัยน้ำจากน้ำฝนธรรมชาติเพียงอย่างเดียว ดังนั้นฤดูปลูกข้าวโพดที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำฝนและการกระจายตัวของฝนในแต่ละเดือน ปกติเฉลี่ยโดยทั่วไปฝนจะเริ่มตกมากในช่วงต้นฤดูฝนคือตั้งแต่เดือนมีนาคม-มิถุนายน และในช่วงปลายฤดูฝนระหว่างเดือนสิงหาคม-กันยายน เป็นช่วงที่ฝนตกชุกที่สุด พันธุ์ข้าวโพดที่นิยมปลูกกันอยู่ในปัจจุบันมีอายุปานกลาง คือ ประมาณ 110-120 วัน ดังนั้น จึงอาจเลือกปลูกข้าวโพดได้ตามความเหมาะสม ถ้าปีใดมีฝนตกสม่ำเสมอตั้งแต่ต้นปีอาจปลูกข้าวโพดได้ถึงปีละ 2 ครั้ง พวกที่ปลูกต้นฤดูฝนโดยทั่วไปมักได้ผลิตผลสูงกว่าพวกที่ปลูกปลายฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำฝนกำลังพอเหมาะ และโรคแมลงรบกวนน้อย แต่มีข้อยุ่งยากในการเก็บเกี่ยว ไม่สะดวกแก่การตากข้าวโพดเนื่องจากฝนตกชุก

2) การเลือกและการเตรียมที่ปลูก ที่ดินที่เหมาะในการปลูกข้าวโพดควรเป็นที่ดอนมีการระบายน้ำได้ดี ถ้าเป็นที่ลุ่มควรยกร่องระบายน้ำอย่าให้น้ำขัง ข้าวโพดขึ้นได้ดีในดินร่วนปนทรายที่ระบายน้ำได้ดีมีความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชสูงพอสมควร ดินมีความเป็นกรดเป็นด่างปานกลาง (ค่าพีเอชประมาณ 5.5-8.0) หรือค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อย นอกจากนี้ข้าวโพดยังเป็นพืชที่ปลูกได้ดีบนพื้นที่ลาดเอียง หรือสูงๆ ต่ำๆ อีกด้วย

ก่อนปลูกข้าวโพดต้องมีการเตรียมดินเพื่อกำจัดวัชพืช และทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก นอกจากนั้นการเตรียมดินยังทำให้ดินเก็บความชื้นได้ดีอีกด้วยการเตรียมดินครั้งแรกควรเริ่มทันทีหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว โดยการไถกลบต้นตอซังของข้าวโพดให้เน่าเปื่อยเป็นปุ๋ยในดินต่อไป การเตรียมดินจะต้องทำอีกครั้งหนึ่งตอนใกล้จะปลูกข้าวโพดในฤดูต่อไป การไถควรทำหลังจากฝนตกแล้วประมาณ 1-2 ครั้ง ควรไถดะและไถแปรอย่างละ 1 ครั้ง และไถลึกประมาณ 15 เซนติเมตร ไม่ควรเตรียมดินในขณะที่ดินเปียกเกินไปเพราะจะทำให้ดินเกิดการอัดตัวไม่เหมาะแก่การแผ่กระจายของรากข้าวโพด ในที่ลาดเอียงมากควรไถครั้งสุดท้ายตามขวางกับแนวลาดเอียงเพื่อป้องกันการชะล้างพื้นผิวดิน

เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดินมีหลายชนิด เช่น ไถพื้นเมืองที่ใช้ลากด้วยแรงสัตว์ และแทรกเตอร์ไถที่เดินด้วยเครื่องยนต์ ปัจจุบันนิยมใช้แทรกเตอร์กันแพร่หลาย เพราะสะดวกและรวดเร็ว ไถได้ลึกและกลบส่วนต่างๆ ของพืชได้ดีกว่าไถลากด้วยแรงสัตว์ อย่างไรก็ตามที่ดินที่จะใช้แทรกเตอร์นั้นต้องถาง และปรับที่ให้มีตอน้อยที่สุดจึงจะไถได้สะดวก

3) วิธีการปลูก การปลูกข้าวโพดควรปลูกเป็นแถว ทั้งนี้เพื่อสะดวกแก่การปฏิบัติรักษา เช่น การไถพรวน ระยะระหว่างแถวประมาณ 35-100 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุมประมาณ 25 เซนติเมตร หยอดเมล็ดข้าวโพดลงไปในหลุมซึ่งลึกประมาณ 5 เซนติเมตร จำนวน 2-3 เมล็ด เพื่อกันเมล็ดไม่งอก เมื่องอกแล้วควรถอนให้เหลือหลุมละต้น ถ้าปลูกโดยวิธีนี้จะได้จำนวนต้นข้าวโพดประมาณ 6,000-8,000 ต้นต่อไร่ อย่างไรก็ตามระยะระหว่างหลุมอาจเปลี่ยนแปลงได้ อาจเป็น

50 เซนติเมตรก็ได้ โดยเพิ่มเป็น 2 ต้นต่อหลุม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วชาวไร่ไม่นิยมการถอนแยกเพราะสิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก เวลาปลูกจึงหยอด 2-3 เมล็ด ลงไปในหลุมและไม่ถอนแยกเลยตลอดฤดูการปลูกการจะปลูกถี่หรือห่างเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพของดิน ถ้าเป็นที่ดินป่าเปิดใหม่มีอินทรียวัตถุสูงควรปลูกให้ถี่ขึ้น อาจปลูกได้ถึงไร่ละ 12,000 ต้น ดังนั้นอัตราปลูกหรือระยะปลูกจึงต้องปรับให้เหมาะสมกับสภาพท้องที่เฉพาะแห่ง โดยวิธีการหยอดเมล็ดอาจทำได้หลายวิธี เช่น

3.1) การขุดหลุมปลูก เป็นวิธีการปฏิบัติแบบเก่า โดยใช้จอบ เสียม หรือไม้ปลายแหลมขุดเป็นหลุม การปลูกวิธีนี้ทำให้ระยะระหว่างต้น ระหว่างหลุม และความลึกของเมล็ดที่ปลูกไม่สม่ำเสมอ

3.2) การปลูกแบบชักร่อง จะทำการปลูกโดยใช้ไถหัวหมูติดรถแทรกเตอร์ หรือรถไถเดินตาม หรือใช้แรงงานสัตว์ จากนั้นจะใช้แรงงานคนในการหยอดเมล็ดปลูกในร่องแล้วใช้เท้าปาดผิวดินกลบ การปลูกวิธีนี้จะได้ระยะห่างระหว่างแถวสม่ำเสมอ แต่ระยะห่างระหว่างหลุมและความลึกในการปลูกไม่สม่ำเสมอ

3.3) การปลูกโดยใช้เครื่องปลูก จะใช้เครื่องปลูกข้าวโพดติดกับท้ายรถแทรกเตอร์ โดยวิธีนี้สามารถกำหนดระยะห่างระหว่างแถว ระหว่างหลุม และความลึกในการปลูกได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่ทำงานเสมือนกับระบบคอมพิวเตอร์ คือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ พอร์ต บัส และวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการทำงานและควบคุมได้อย่างอิสระตามความต้องการ

2.2.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

1) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดของฮาร์ดแวร์เปรียบเทียบได้กับสมองของมนุษย์ มีหน้าที่ในการรับคำสั่งหรือโปรแกรมที่ต้องการใช้งานที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาทางอุปกรณ์อินพุตและนำคำสั่งนั้นมาประมวลผลข้อมูล จากนั้นจะกระทำตามคำสั่งที่ได้รับ ภายในซีพียูจะประกอบไปด้วยหน่วยย่อยที่สำคัญที่ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ และกระทำทางตรรกะ ซึ่งหน่วยย่อยนี้เรียกว่า หน่วยคำนวณและตรรกะ (ALU: Arithmetic & Logical Unit)

2) หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) คือใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน

และข้อมูลจะสูญหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง คล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอน โทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Programmable Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

4) ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (Bus) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

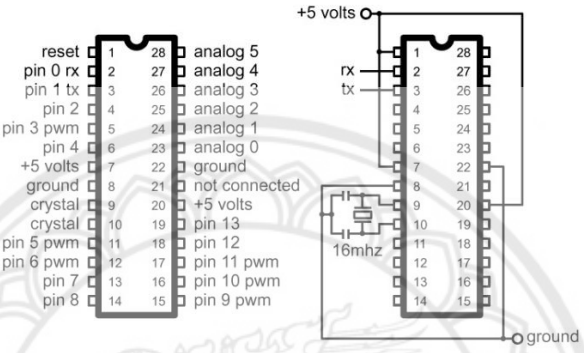
5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่

อาดุยโน่ (Arduino) เป็นภาษาอิตาลี โดยเป็นชื่อโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ในรูปแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) คือวิธีการในการออกแบบ พัฒนา และแจกจ่ายสำหรับต้นฉบับของสินค้าหรือความรู้โดยเฉพาะซอฟต์แวร์ โดยโอเพนซอร์สถูกพิจารณาว่าเป็นทั้งรูปแบบหนึ่งในการออกแบบและแผนการในการดำเนินการ โอเพนซอร์สเปิดโอกาสให้บุคคลอื่นนำเอาระบบนั้นไปพัฒนาได้ต่อไป การพัฒนามาจากโครงการโอเพนซอร์สเดิมของ AVR ที่ชื่อ Wiring โดยโครงการ Wiring ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งมีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น เป็นชิปที่มีตัวถังแบบ SMD ทำให้นำมาใช้งานยากเพราะตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็กเกินไปทำให้ไม่สะดวกในการต่อใช้งานจริง มีขาอินพุตและเอาต์พุตจำนวนมากเกินไป ตัวบอร์ดมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่เหมาะสมสำหรับผู้ที่เริ่มต้นเรียนรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงทำให้ไม่ได้รับความนิยม ระยะต่อมาทีมงานอาดุยโน่จึงได้นำโครงการ Wiring มาพัฒนาใหม่โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ขนาดเล็ก คือ ATMega8 และ ATMega168 ทำให้ได้รับความนิยมจนถึงปัจจุบันนี้ ซึ่งรุ่นที่ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้นั้นเป็นรุ่น Arduino Uno R3 เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้อาดุยโน่ และมีชีลด์ (Shield) ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ดอาดุยโน่รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า และยังเป็นบอร์ดอาดุยโน่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากราคาไม่แพง

2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Arduino Uno R3

คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลีซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ดอาดุยโน่รุ่นแรกที่ผลิตออกมา มีขนาดประมาณ 68.6x53.4 มิลลิเมตร เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD (Surface Mount Device) มีข้อดีคือในกรณีที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย Arduino Uno R3 มีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Package DIP โดยใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ ATmega328 ซึ่งโครงสร้างภายนอกและตำแหน่งขาของชิปแสดงดังในรูปที่ 2.1

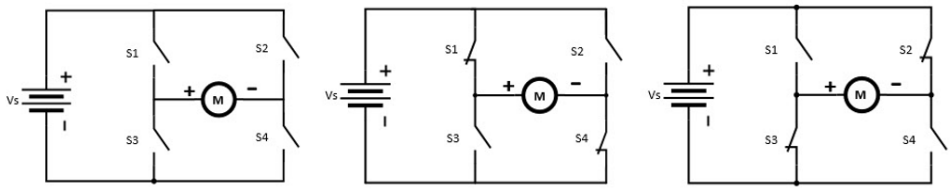


รูปที่ 2.1 ตำแหน่งขาของชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328

ที่มา : https://www.arduinoall.com

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรง โดยควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ด้วยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นช่วงเวลา แต่ไม่สามารถที่จะควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ การที่จะควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะต้องใช้ไอซีเข้ามาช่วยในการขับเคลื่อนโดยใช้หลักการขับเคลื่อนแบบเอชบริดจ์ (H-Bridge) โดยมีวงจรแสดงดังรูปที่ 2.2



(ก) (ข) (ค)

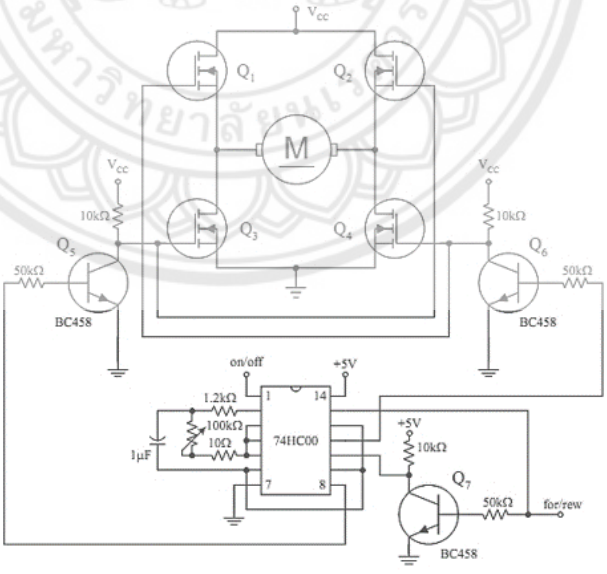
รูปที่ 2.2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา : หนังสือการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Compiler)

จากรูปที่ 2.2 (ก) เป็นสภาวะเริ่มต้น สวิตช์ S1 ถึง S4 ถูกเปิดออกหมด ทำให้ไม่มีแรงดันป้อนให้กับมอเตอร์ส่งผลให้มอเตอร์ไม่มีการหมุน รูปที่ 2.2 (ข) สวิตช์ S1 และ S4 ปิดวงจร ส่งผลให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา (Clock Wise: CW) โดยที่แรงดันบวกต่อเข้ากับขั้วมอเตอร์ด้านบวก ส่วนแรงดันลบต่อเข้ากับขั้วมอเตอร์ด้านลบ และรูปที่ 2.2 (ค) สวิตช์ S2 และ S3 ปิดวงจรส่งผลให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (Counter Clock Wise: CCW) เนื่องจากมอเตอร์ได้รับแรงดันกลับขั้ว การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ดังกล่าวนิยมนำไอซีออปแอมป์กำลังมาช่วยในการขับเคลื่อนและควบคุมทิศทางการหมุน

2.4 วงจรขับมอเตอร์

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำได้โดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วสูงสุดภายใต้สภาวะที่มอเตอร์รับภาระอยู่ในขณะนั้น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก็ทำได้โดยการกลับขั้วของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ในกรณีที่ต้องการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สามารถทำได้โดยการเพิ่มหรือลดขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ PWM (Pulse Width Modulator) เป็นวิธีที่นิยมมากในการเพิ่มหรือลดขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยที่ขนาดของแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจะเปลี่ยนไปตามความกว้างของพัลส์



รูปที่ 2.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วย PWM

วงจรควบคุมมอเตอร์ที่แสดงดังรูปที่ 2.5 นี้สามารถควบคุมทั้งความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ ซึ่งภายในวงจรนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ และส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม

2.4.1 ส่วนที่ทำหน้าที่ขับมอเตอร์

ส่วนที่ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ประกอบด้วยมอสเฟต (Q1–Q4) และทรานซิสเตอร์ (Q5–Q6) มอสเฟต (Q1–Q4) ถูกต่อแบบบริดจ์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านมอเตอร์สามารถกลับทิศทางได้ เมื่อ Q1 และ Q4 นำกระแสไฟฟ้าจะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางหนึ่ง และมอเตอร์จะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามถ้า Q2 และ Q3 นำกระแสไฟฟ้า ทรานซิสเตอร์ (Q5–Q6) จะทำหน้าที่ขับมอสเฟส โดยทรานซิสเตอร์ Q5 ขับมอสเฟส Q2 กับ Q3 ในขณะที่มอสเฟส Q1 กับ Q4 จะถูกขับด้วยทรานซิสเตอร์ Q6 ข้อห้ามของวงจรบริดจ์คืออย่าให้ Q1 กับ Q3 หรือ Q2 กับ Q4 นำกระแสพร้อมกันเพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจรและมอสเฟสอาจจะเสียหายได้

ดังนั้นในการออกแบบส่วนควบคุมจึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรป้องกันการลัดวงจรของมอสเฟสด้วย วงจรส่วนควบคุมนั้นมี IC 74HC00 เป็นส่วนประกอบสำคัญ ทรานซิสเตอร์ Q5 จะต่อเป็นวงจร Inverting เพื่อคอยกลับสัญญาณควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้มอสเฟส (Q1–Q4) นำกระแสพร้อมกันด้วย IC 74HC00 ตัวต้านทานปรับค่าได้และตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่ผลิตพัลส์โดยที่ความถี่และความกว้างของพัลส์จะขึ้นอยู่กับค่าของความต้านทานปรับค่าได้และค่าของตัวเก็บประจุ ความเร็วรอบของมอเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยการปรับค่าของตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ และการควบคุมให้มอเตอร์หมุนหรือหยุดหมุนทำได้โดยการให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขา 1 ของ IC 74HC00 ถ้าขา 1 ของ IC 74HC00 ได้รับระดับแรงดันเป็น 0 โวลต์ มอเตอร์จะหยุดหมุนและมอเตอร์จะหมุนเมื่อขา 1 ของ IC 74HC00 ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่ระดับ +5 โวลต์

2.4.2 ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม

สำหรับการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั้นทำได้โดยการให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขา 13 ของ IC 74HC00 ถ้าขา 13 ของ IC 74HC00 ได้รับระดับแรงดันเป็น +5 โวลต์ มอเตอร์จะหมุนในทิศทางหนึ่งและมอเตอร์จะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามถ้าขา 13 ของ IC 74HC00 ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่ระดับ 0 โวลต์

2.5 ตัวรับรู้

ตัวรับรู้หรือเซนเซอร์คืออุปกรณ์ตรวจรู้ตัวแรกในระบบการวัด ซึ่งใช้ตรวจจับหรือรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกายภาพของตัวแปรต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง และการเคลื่อนไหว เป็นต้น แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณหรือข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ

2.5.1 ตัวรับรู้ชนิดใช้แสง

ตัวรับรู้ชนิดใช้แสง (Optical Sensor) โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ ตัวรับรู้ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลั กการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสงส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้แอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน โดยประเภทของแอลอีดีแบ่งตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้

1) แอลอีดีแบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 นาโนเมตร ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้

2) แอลอีดีแบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงิน และสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี

3) แอลอีดีแบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 นาโนเมตร ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

เนื่องจากตัวรับรู้ชนิดใช้แสงมีหลายประเภทและแต่ละประเภทมีความเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกัน ในการเลือกใช้นอกจากการพิจารณาถึงลักษณะงานแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น ลักษณะของวัตถุ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี ลักษณะพื้นผิว ตำแหน่งที่ติดตั้งหรือตรวจจับวัตถุ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านตัวรับรู้ ระยะห่างระหว่างตัวรับรู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง และสภาพแวดล้อมในบริเวณใช้งาน

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะรวบรวมขั้นตอนการทำงาน โครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติและการออกแบบวงจรควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีการทำงานที่สัมพันธ์กันของขั้นตอนการทำงานโครงสร้างรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ ทั้งระบบการขับเคลื่อนของรถ ระบบขุดหลุม ระบบหยอดเมล็ด และระบบการกลบดิน

หลังจากศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของโครงงานในบทที่ผ่านมา สามารถนำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ โดยสร้างแบบจำลองของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดเพื่อใช้ในการปลูกข้าวโพด ซึ่งจะควบคุมกระบวนการทำงานทั้งหมดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีขั้นตอนและการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ

3.1.1 การทำงานของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพด

การทำงานของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพดจะเริ่มทำงานเมื่อกดเปิดสวิตช์ จากนั้นกดปุ่มเลือกระยะทางที่ต้องการจะทำการปลูกข้าวโพด โดยสามารถกดปุ่มเลือกระยะทางได้ 2 ระดับ คือ 25 เซนติเมตร หรือ 50 เซนติเมตร ซึ่งระยะทางทั้ง 2 ระดับนี้มีกระบวนการทำงานที่เหมือนกันคือล้อทั้ง 4 ล้อ ที่ติดอยู่กับตัวรถจะเริ่มหมุนพร้อมกัน จากนั้นรถจะวิ่งไปข้างหน้า 25/50 เซนติเมตร แล้วหยุดเพื่อทำกระบวนการปลูกข้าวโพด เมื่อทำกระบวนการปลูกเสร็จสิ้นรถจะวิ่งไปด้านหน้าแล้วทำกระบวนการเดิมซ้ำจนกระทั่งระยะทางที่รถวิ่งไปมีระยะครบ 250 เซนติเมตร รถก็จะหยุดวิ่ง

3.1.2 การทำงานของที่ตักและกลบดิน

การทำงานของที่ตักดินจะเริ่มทำงานเมื่อตัวรถเคลื่อนที่มาหยุดอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยที่ตักดินจะเชื่อมต่อกับมอเตอร์โดยใช้สายพาน เมื่อมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา 180 องศา ที่ตักก็จะตักดินขึ้นมา จากนั้นเมื่อหยอดเมล็ดข้าวโพดเสร็จเรียบร้อยแล้วมอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา 180 องศา แล้วที่ตักดินก็จะปล่อยดินลงมาเพื่อทำการกลบหลุมที่หยอดเมล็ดข้าวโพดไว้

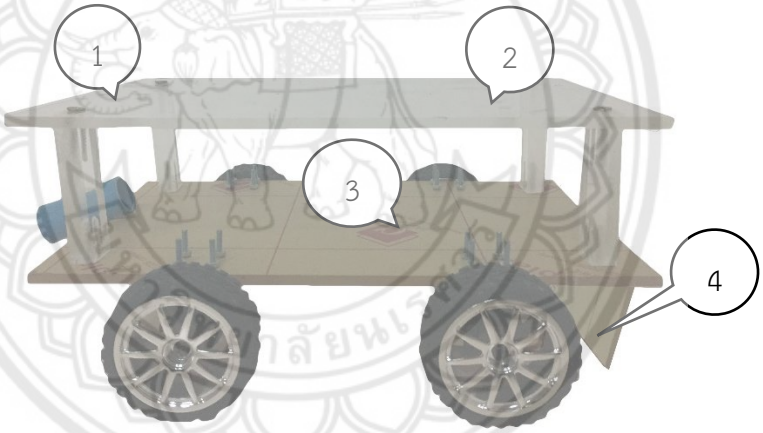
3.1.3 การทำงานของที่หยอดเมล็ดข้าวโพด

การทำงานของที่หยอดเมล็ดข้าวโพดจะเริ่มทำงานเมื่อกระบวนการขุดหลุมเสร็จสิ้น โดยใบพัดที่ติดอยู่กับมอเตอร์จะเริ่มหมุนแล้วตักเมล็ดขึ้นมาครั้งละ 1 เมล็ด เมื่อใบพัดเคลื่อนที่มาถึงรูที่เจาะไว้สำหรับหยอดเมล็ด เมล็ดข้าวโพดจะตกลงไปในรูผ่านไปยังท่อเพื่อหยอดเมล็ดลงในหลุม โดยจะมีตัวรับรู้ตรวจนับเมล็ดที่ไหลผ่านท่อว่าครบ 2 เมล็ดหรือไม่ ถ้าครบแล้วใบพัดจะหยุดหมุน

3.2 โครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพด

3.2.1 โครงสร้างของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพด

โครงสร้างของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพดจะทำจากอะคริลิคโดยใช้อะคริลิคมาประกอบชิ้นส่วนและยึดติดเข้าด้วยกัน แบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยส่วนที่ 1 คือด้านหน้าชั้นบนใช้ติดตั้งที่ตักและกลบดิน และใช้วางแบตเตอรี่ ส่วนที่ 2 คือด้านหลังชั้นบนของตัวรถจะติดตั้งที่หยอดเมล็ดข้าวโพด ส่วนที่ 3 คือด้านล่างจะใช้วางแผงวงจรควบคุม และส่วนที่ 4 คือด้านหลังชั้นล่างจะใช้แผ่นอะคริลิคทำใบพัดสำหรับเกลี่ยดินที่ใช้กลบหลุมให้เรียบขึ้น โดยชิ้นส่วนต่างๆ ติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของตัวรถหยอดเมล็ดข้าวโพด

1) ติดตั้งที่ตักและกลบดิน และวางแบตเตอรี่
2) ติดตั้งที่หยอดเมล็ดข้าวโพด
3) ชั้นแผงวงจรควบคุม
4) แผ่นอะคริลิคสำหรับเกลี่ยดิน

3.2.2 โครงสร้างของที่ตักและกลบดิน

โครงสร้างของที่ตักและกลบดินเป็นโครงสร้างที่ต้องมีความแข็งแรงสามารถรองรับน้ำหนักของดินที่ขุดขึ้นมาได้ โดยวัสดุที่ใช้จะทำจากไม้และอะลูมิเนียมมาประกอบเข้าด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของที่ตักและกลบดิน

3.2.3 โครงสร้างของที่หยอดเมล็ดข้าวโพด

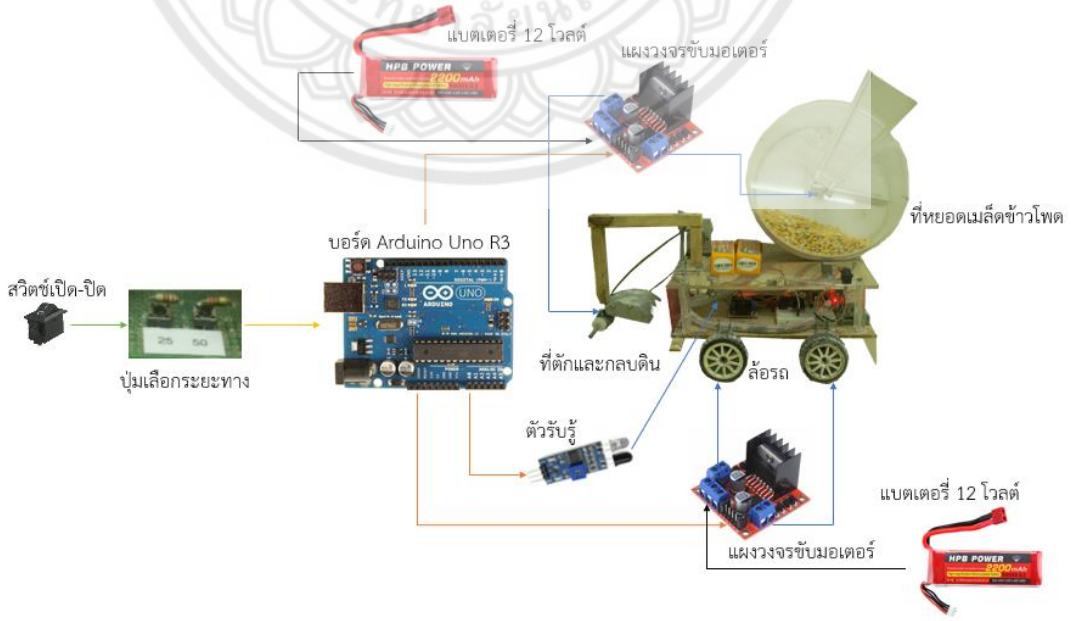
โครงสร้างของที่หยอดเมล็ดข้าวโพดเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นวงกลมทำจากพลาสติกและแผ่นอะคริลิคประกอบเข้าด้วยกัน โดยที่ภายในจะมีการเจาะรูสำหรับหยอดเมล็ดข้าวโพดและมีการติดตั้งใบพัดอะลูมิเนียมที่ใช้สำหรับตักเมล็ดข้าวโพดดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.3 โครงสร้างของที่หยอดเมล็ดข้าวโพด

3.2.4 โครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดเมื่อสร้างเสร็จ

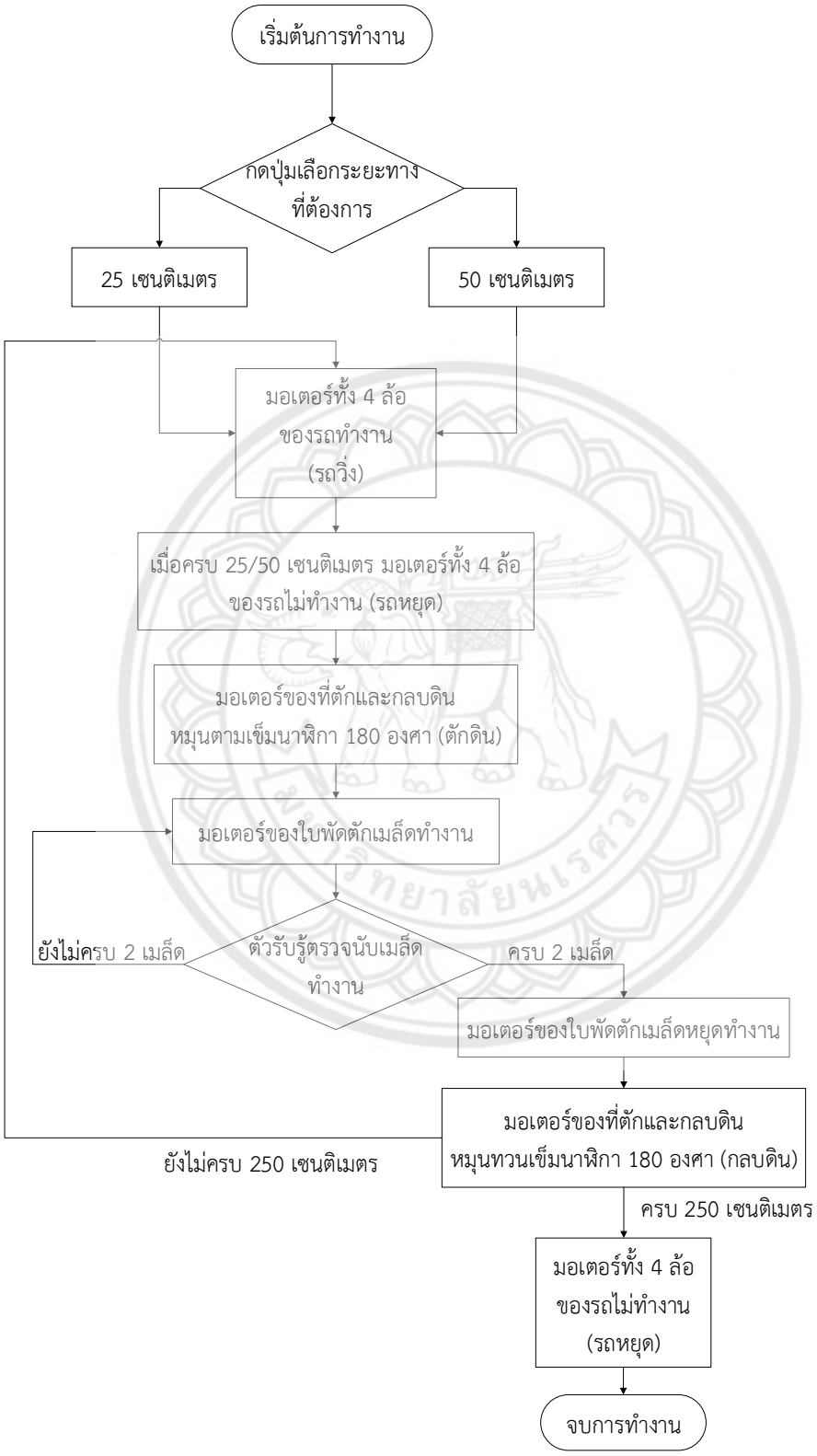
ทำการสร้างรถหยอดเมล็ดข้าวโพดโดยนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบและยึดติดเข้าด้วยกัน จากนั้นในส่วนของชั้นล่างได้ทำการติดตั้งแผงวงจรควบคุม และวางแบตเตอรี่ไว้ที่ด้านบนของตัวรถดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งมีภาพรวมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.4 โครงสร้างของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ



รูปที่ 3.5 ภาพรวมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ

ขั้นตอนการทำงานในส่วนของตัวรถ ที่หยอดเมล็ดข้าวโพด ที่ตักและกลบดิน สามารถอธิบายตามแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ

3.3 อุปกรณ์เพิ่มเติม

3.3.1 โมดูลตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด

เป็นตัวรับรู้สำหรับตรวจจับเส้น ขาว/ดำ หรือสิ่งกีดขวาง มีระยะตรวจจับ 2-8 เซนติเมตร ใช้ไฟเลี้ยง 3-5 โวลต์ ตัวรับรู้จะทำการปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา เมื่อมีสิ่งกีดขวางจะเกิดการสะท้อนกลับของรังสีอินฟราเรดจากนั้นตัวรับรู้จะแสดงไฟสถานะสีเขียวและเอาต์พุตจะให้ค่าเป็น 1 ทำให้สามารถรับรู้ได้ว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ แต่เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางไฟแสดงสถานะสีเขียวจะดับลงและเอาต์พุตจะให้ค่าเป็น 0

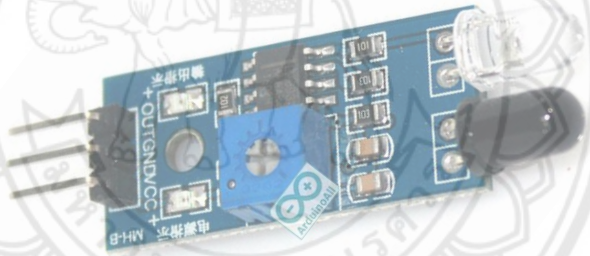
ในส่วนของตัวรับรู้ตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรดนั้นผู้จัดทำได้นำมาใช้ในการนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดที่ไหลลงไปในหลุม เพื่อให้แต่ละหลุมมีจำนวนเมล็ดข้าวโพด 2 เมล็ด

โมดูลของตัวรับรู้ตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรดมีคุณสมบัติดังนี้

1) ไฟเลี้ยงแรงดัน 3.3-5 โวลต์ (สามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 5 โวลต์ และไมโครคอนโทรเลอร์ 3.3 โวลต์)

2) กราวด์

3) เอาต์พุต



รูปที่ 3.7 โมดูลตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด

ที่มา : https://www.arduinoall.com

3.4 ส่วนควบคุมการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพด

3.4.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่นำมาใช้คือไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาประยุกต์ในการใช้งานได้อย่างสะดวก เหมาะสำหรับการเรียนรู้ และมีชีลด์ให้เลือกใช้เพียงพอต่อการใช้งาน โดยตัวแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ตดิจิทัล อินพุต/เอาต์พุต และพอร์ตแอนะล็อกอินพุต ซึ่งแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ได้โดยทางพอร์ตอนุกรมผ่าน USB โดยเขียนโปรแกรมบนซอฟท์แวร์ Arduino IDE และอัพโหลดโปรแกรมเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์รวมถึงจ่ายไฟให้กับบอร์ดผ่านพอร์ต USB ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว และมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดอาดุยโน่สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้และควบคุมหลอดไฟมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ ได้ โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1) ใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ ATmega328

2) แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน 5 โวลต์

3) รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 7–12 โวลต์

4) พอร์ตดิจิทัล อินพุต/เอาต์พุต 14 พอร์ต (มีพอร์ต PWM เอาต์พุต 6 พอร์ต)

5) พอร์ตแอนะล็อกอินพุต 6 พอร์ต

6) กระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต 40 มิลลิแอมป์

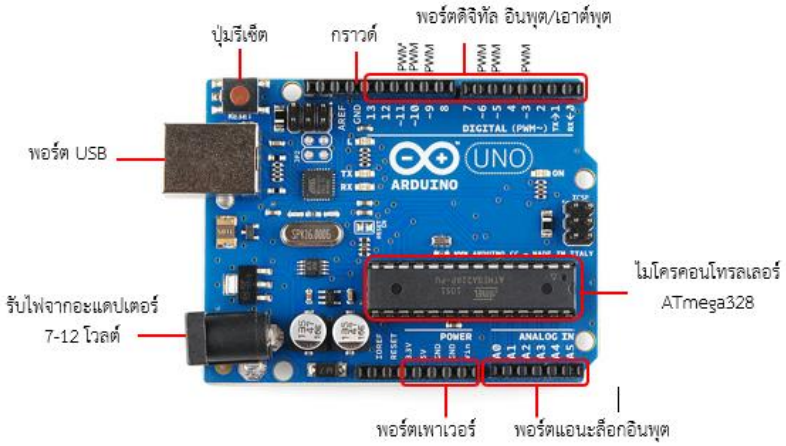
7) กระแสไฟฟ้าที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3 โวลต์ 50 มิลลิแอมป์

8) พื้นที่โปรแกรมภายใน 32 กิโลไบต์ (พื้นที่โปรแกรม 500 ไบต์ ใช้โดย Boot Loader)

9) พื้นที่แรม 2 กิโลไบต์

10) พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM) 1 กิโลไบต์

11) ความถี่คริสตัล 16 เมกะเฮิรตซ์

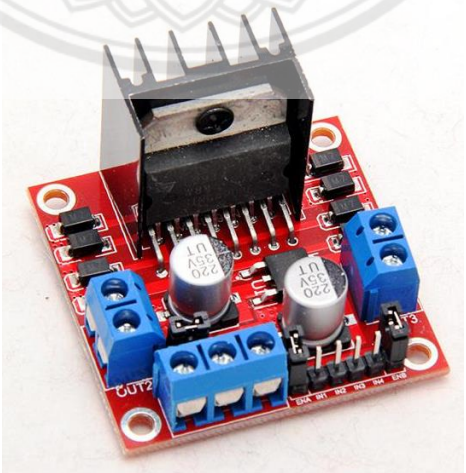


รูปที่ 3.8 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

ที่มา : http://www.io-shop.com

3.4.2 แผงวงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิดเอชบริดจ์ สามารถเลือกใช้สำหรับขับมอเตอร์กระแสตรง หรือสเตปมอเตอร์ ซึ่งควบคุมได้ทั้งทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ โดยสามารถขับมอเตอร์กระแสตรงได้ 2 ตัวพร้อมกัน วงจรเอชบริดจ์ของไอซีเบอร์ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่จะใช้งานด้วย วงจรขับมอเตอร์รองรับแรงดันได้กว้าง 5-35 โวลต์ และมีกระแสขับมอเตอร์สูงสุด 2 แอมป์ โดยแผงวงจรขับมอเตอร์แสดงดังในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.9 แผงวงจรขับมอเตอร์

ที่มา : http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html

1) การทำงานของแต่ละขา

1.1) Out 1 ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A

1.2) Out 2 ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A

1.3) Out 3 ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B

1.4) Out 4 ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B

1.5) 12 V ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 12 โวลต์ (ต่อได้ตั้งแต่ 5 โวลต์ ถึง 35 โวลต์)

1.6) GND ช่องต่อไฟลบ (กราวด์)

1.7) 5 V ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5 โวลต์ (หากมีการต่อไฟเลี้ยงที่ช่อง 12 V แล้ว ช่องนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟออกเป็น 5 โวลต์)

1.8) ENA ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A

1.9) IN1 ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A

1.10) IN2 ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A

1.11) IN3 ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B

1.12) IN4 ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B

1.13) ENB ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B

2) การต่อใช้งานเข้ากับบอร์ด Arduino Uno R3

ในการต่อกับบอร์ดอาดุยโน่นั้น ขา IN1, IN2, IN3 และ IN4 สามารถต่อกับพอร์ตดิจิทัลใดๆ ก็ได้ เนื่องจาก 4 ขานี้ จะใช้ในการควบคุมสัญญาณลอจิกบอกทิศทางให้กับมอเตอร์ ส่วน ENA และ ENB นั้นจำเป็นที่จะต้องต่อกับพอร์ตดิจิทัลที่รองรับ PWM เนื่องจากจะต้องใช้สัญญาณ PWM ในการการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งในการสั่งงาน L298N ให้ควบคุมมอเตอร์นั้นมีหลักการพื้นฐานดังนี้

2.1) ENA ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ A ใช้คำสั่ง analogWrite (พอร์ตที่ต่อขา ENA, ความเร็วมอเตอร์ 0-255)

2.2) IN1,IN2 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A ใช้คำสั่ง digitalWrite (พอร์ตที่ต่อขา IN1, IN2, สถานะ HIGH, LOW)

2.3) ENB ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์ B ใช้คำสั่ง analogWrite (พอร์ตที่ต่อขา ENB, ความเร็วมอเตอร์ 0-255)

2.4) IN3,IN4 ใช้ควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B ใช้คำสั่ง digitalWrite (พอร์ตที่ต่อขา IN3, IN4, สถานะ HIGH, LOW)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการทดลองการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วนการทดลองดังนี้

1) การทดลองนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดที่ใช้หยอดในแต่ละหลุม

2) การทดลองตักและกลบดิน

3) การทดลองการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติตามระยะทางที่กำหนด

4) การทดลองจับเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพด

4.1 การทดลองนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดที่ใช้หยอดในแต่ละหลุม

การทดลองนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดจะทำการทดลองเพื่อทดสอบความแม่นยำของเมล็ดข้าวโพดที่ใช้หยอดในแต่ละหลุมว่ามีจำนวนตรงตามค่าที่ตั้งไว้หรือไม่

ทำการทดลองเมื่อมอเตอร์ของใบพัดที่ใช้ตักเมล็ดเริ่มหมุนเพื่อทำการตักเมล็ดข้าวโพดลงไปในท่อรอบละ 1 เมล็ด โดยมอเตอร์ของใบพัดที่ใช้ตักเมล็ดนี้จะทำการหมุนทั้งหมด 2 รอบ ทำให้มีเมล็ดข้าวโพดไหลลงไปในท่อจำนวน 2 เมล็ด ซึ่งแต่ละเมล็ดจะไหลผ่านตัวรับรู้ที่ได้มีการตั้งค่าให้นับเมล็ดข้าวโพดจำนวน 2 เมล็ดต่อ 1 หลุม ดังนั้นเมื่อมีเมล็ดข้าวโพดไหลผ่านตัวรับรู้ครบ 2 เมล็ด มอเตอร์ของใบพัดที่ใช้ตักเมล็ดข้าวโพดจะหยุดหมุน ในแต่ละหลุมจึงมีเมล็ดข้าวโพดอยู่ 2 เมล็ด และทำการทดลองทั้งหมด 50 ครั้ง ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการหยอดเมล็ดข้าวโพด

ครั้งที่	จำนวน (เมล็ด)	ครั้งที่	จำนวน (เมล็ด)
1	2	10	2
2	2	11	3
3	2	12	2
4	2	13	2
5	2	14	2
6	2	15	2
7	2	16	2
8	2	17	3
9	3	18	2

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงผลการทดสอบการหยอดเมล็ดข้าวโพด

ครั้งที่	จำนวน (เมล็ด)	ครั้งที่	จำนวน (เมล็ด)
19	2	35	2
20	2	36	2
21	2	37	2
22	2	38	3
23	2	39	3
24	2	40	3
25	2	41	3
26	2	42	3
27	2	43	2
28	2	44	2
29	3	45	2
30	2	46	2
31	2	47	2
32	2	48	2
33	2	49	2
34	2	50	2
ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)		ไม่พบความผิดพลาด	

จากการทดลองนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดโดยทำการหยอดเมล็ดข้าวโพด 2 เมล็ดต่อหลุม ทั้งหมด 50 ครั้ง พบว่าไม่เกิดความผิดพลาด แต่มีโอกาสที่จะมีเมล็ดข้าวโพด 3 เมล็ดต่อหลุม ซึ่งเกิดจากการที่ใบพัดที่ใช้ตักเมล็ดข้าวโพดตักเมล็ดครั้งแรกได้ 1 เมล็ด แล้วตักเมล็ดครั้งที่ 2 ได้ 2 เมล็ด เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมีขนาดที่แตกต่างกัน หากใบพัดทำการตักเมล็ดข้าวโพดที่มีขนาดเล็กจะทำให้มีโอกาสตักเมล็ดข้าวโพดได้ 2 เมล็ดใน 1 ครั้ง โดยในกรณีที่มีเมล็ดข้าวโพด 3 เมล็ดต่อหลุมไม่ถือเป็นความผิดพลาดเนื่องจากการปลูกข้าวโพดจะปลูกหลุมละ 2-3 เมล็ด เพื่อป้องกันการไม่งอก แล้วหลังจากนั้นหากมีการงอกมากกว่า 1 ต้นต่อหลุมจะทำการถอนออกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

4.2 การทดลองการตักและกลบดิน

การทดลองตักและกลบดินมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของที่ตักและกลบดินว่าสามารถตักดินได้หรือไม่ รวมทั้งดินที่ตักขึ้นมานั้นมีปริมาณเต็มที่ตักหรือไม่ และสามารถกลบดินได้ตรงหลุมที่หยอดเมล็ดข้าวโพดหรือไม่

ซึ่งจะทำการทดลองโดยนำรถหยอดเมล็ดข้าวโพดมาวางที่จุดเริ่มต้น เมื่อรถเคลื่อนที่ไปหยุดตามระยะทางที่กำหนดคือทุกๆ 25 เซนติเมตร ส่วนของที่ตักและกลบดินเริ่มทำงานโดยจะตักดินขึ้นมาเก็บไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากนั้นเมื่อส่วนของการหยอดเมล็ดข้าวโพดทำงานเสร็จสิ้นแล้วดินที่ตักเก็บไว้จะถูกปล่อยลงสู่หลุม ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และเมื่อรถเคลื่อนที่ผ่านไปด้านหน้าใบพัดที่ติดอยู่ด้านท้ายของตัวรถจะเกลี่ยดินที่ใช้กลบหลุมให้เรียบขึ้น โดยจะทำการทดลองทั้งหมด 15 ครั้ง ซึ่งดินที่ใช้ในการทดลองนั้นจะจำลองมาจากการนำดินผสมกับแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากการใช้ดินเพียงอย่างเดียวนั้นมีน้ำหนักที่มากเกินไปทำให้ที่ตักดินไม่สามารถตักดินขึ้นมาได้ หรือการใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียวนั้นมีน้ำหนักเบาเกินไปทำให้แป้งที่ตักขึ้นมานั้นฟุ้งกระจายไม่สามารถเก็บแป้งที่ตักขึ้นมาไว้ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ดินและแป้งข้าวเจ้าผสมกัน ซึ่งได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.1 การตักดิน

รูปที่ 4.2 การกลบดิน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการตักและกลบดิน โดยตั้งค่าระยะห่างระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร

ครั้งที่	ตักดิน		กลบดิน	
	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้
1	✓		✓	
2	✓		✓	
3	✓		✓	
4	✓		✓	
5		✓	✓	
6	✓		✓	
7	✓		✓	
8	✓		✓	
9	✓		✓	
10		✓		✓
11	✓		✓	
12	✓		✓	
13	✓		✓	
14	✓		✓	
15	✓		✓	

จากการทดลองตักและกลบดินอย่างละ 15 ครั้ง พบว่าสามารถตักดินได้และมีปริมาณเต็มที่ตักจำนวน 13 ครั้ง โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการตักดินเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะคือ

1) ตักดินได้แต่ปริมาณไม่เต็มที่ตัก จำนวน 1 ครั้ง เนื่องจากระดับของดินที่อยู่ในรางไม่สม่ำเสมอ หากช่วงไหนของรางมีระดับดินที่ต่ำ จะทำให้ที่ตักดินไม่สามารถตักดินได้ปริมาณเต็มที่ตัก

2) ตักดินไม่ขึ้น จำนวน 1 ครั้ง เนื่องจากดินมีการอัดแน่นมากเกินไป หากช่วงไหนของรางมีปริมาณดินที่มากและอัดแน่นก็จะมีโอกาสทำให้ไม่สามารถตักดินขึ้นมาได้

ในส่วนของการกลบดินพบว่าสามารถกลบดินได้และตรงหลุมจำนวน 14 ครั้ง และเกิดความผิดพลาด 1 ครั้ง เนื่องจากไม่สามารถตักดินขึ้นมาได้จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถกลบดินได้

4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติตามระยะทางที่กำหนด

การทดลองการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติเมื่อตั้งค่าระยะห่างระหว่างหลุมที่ใช้ในการหยอดให้เท่ากับ 25 เซนติเมตร, 30 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร จะทำการทดลองเพื่อทดสอบว่ารถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติสามารถเคลื่อนที่ตามระยะทางที่กำหนดได้หรือไม่

ทำการทดลองโดยการวางรถหยอดเมล็ดข้าวโพดที่จุดเริ่มต้น จากนั้นกดสวิตช์ให้รถเริ่มทำงาน โดยที่ขั้นตอนแรกจะตั้งค่าระยะทางไว้ที่ 25 เซนติเมตร ซึ่งระยะแรกจะวัดจากจุดที่รถเริ่มเคลื่อนที่ไปจนถึงระยะทางที่กำหนดแล้วใช้ไม้บรรทัดวัดระยะทางที่ได้แล้วทำการบันทึกผลลงในตาราง จากนั้นระยะที่ 2 เป็นต้นไปถึงระยะที่ 5 จะเริ่มวัดจากระยะที่รถหยุดในแต่ละครั้งเป็นจุดเริ่มต้นใหม่และบันทึกผลลงในตารางอีกครั้ง ในขั้นตอนถัดไปจะทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ต้น แต่เปลี่ยนระยะทางเป็น 30 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยเส้นทางที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะเป็นรางไม้ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.3 รางที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบระยะทางการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ

ครั้งที่	ระยะทางที่กำหนด (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้ (เซนติเมตร)	ระยะทางเฉลี่ย (เซนติเมตร)	ค่าความผิดพลาด (ร้อยละ)
1	25	25	23.8	4.80
2		23		
3		25		
4		23		
5		23		
1	30	30	29	3.33
2		30		
3		29		
4		28		
5		28		
1	50	50	48.8	2.40
2		50		
3		45		
4		49		
5		50		

จากการทดลองวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติที่ระยะ 25 เซนติเมตร, 30 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร พบว่าระยะทางทั้งสามมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น โดยมีสาเหตุเกิดจากการที่ตัวรถเคลื่อนที่ไปชนกับขอบรางในบางช่วง ตัวรถจึงขูดกับแผ่นอะคริลิคที่ใช้ทำเป็นขอบของราง ทำให้เกิดความฝืดระยะการเคลื่อนที่จึงลดลง แต่ในช่วงที่ตัวรถไม่ขูดกับแผ่นอะคริลิคระยะทางจะกลับมามีค่าตามที่ตั้งไว้

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของระยะทางทั้งสามแล้ว พบว่าการกำหนดระยะทางที่ 50 เซนติเมตร สามารถเคลื่อนที่ได้ถูกต้องตามระยะทางที่กำหนดมากกว่าการกำหนดระยะทางที่ 25 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร เนื่องจากในขณะที่รถเริ่มออกตัวมอเตอร์ของล้อทั้ง 4 จะใช้แรงขับเคลื่อนมากเพื่อเอาชนะความฝืด แต่เมื่อเคลื่อนที่ได้สักระยะหนึ่งรถจะเริ่มมีความเร็วมากขึ้นและมีระยะที่ไกลขึ้น ในกรณีที่กำหนดระยะทาง 25 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร รถเคลื่อนที่ไปได้เพียงเล็กน้อยก็ครบระยะทางที่กำหนด ซึ่งยังไม่สามารถทำความเร็วได้เต็มที่ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดมากกว่ากรณีของการกำหนดระยะทางไว้ที่ 50 เซนติเมตร

4.4 การทดลองจับเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพด

การทดลองนี้จะจับเวลาการทำงานของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติที่ระยะทาง 250 เซนติเมตร ว่าใช้เวลาในการปลูกเป็นระยะเวลาเท่าไรเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถคำนวณหาเวลาในการปลูกข้าวโพดได้หากต้องการขยายพื้นที่ในการปลูกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำการทดลอง 2 กรณีคือ กรณีกดปุ่มเลือกระยะทาง 25 เซนติเมตร และกรณีกดปุ่มเลือกระยะทาง 50 เซนติเมตร

เริ่มต้นการทดลองโดยการวางรถหยอดเมล็ดข้าวโพดไว้ที่จุดเริ่มต้นและเปิดสวิตช์ ทำการกดปุ่มเลือกระยะทาง 25 เซนติเมตร จากนั้นเมื่อรถหยอดเมล็ดข้าวโพดเริ่มเคลื่อนที่จะทำการจับเวลาในการปลูกข้าวโพดจนกระทั่งรถหยอดเมล็ดข้าวโพดเคลื่อนที่ครบ 250 เซนติเมตร ในกรณีนี้จะปลูกข้าวโพดได้จำนวน 10 หลุม บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.4 โดยทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 รอบ เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ยในการทำงาน

ตารางที่ 4.4 แสดงเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดต่อรอบ เมื่อกดปุ่มเลือกระยะทาง 25 เซนติเมตร

รอบที่	เวลาที่ใช้ (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)
1	1.54	1.58
2	2.06	
3	1.53	
4	2.10	
5	1.48	

เมื่อทำการทดลองในขั้นตอนแรกเสร็จสิ้นแล้วกดปุ่มเลือกระยะทาง 50 เซนติเมตร และทำการบันทึกเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดที่ระยะทาง 250 เซนติเมตร เหมือนในขั้นตอนแรกแล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.5 ซึ่งในกรณีนี้จะปลูกข้าวโพดได้จำนวน 5 หลุม และทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 รอบ เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ยในการทำงาน

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดต่อรอบ เมื่อกดปุ่มเลือกระยะทาง 50 เซนติเมตร

รอบที่	เวลาที่ใช้ (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)
1	1.13	1.06
2	0.56	
3	1.17	
4	1.12	
5	0.54	

จากตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.4 และ 4.5 จะเห็นว่าที่ระยะทาง 250 เซนติเมตร เมื่อเราเลือกระยะห่างระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร จะได้เวลาเฉลี่ยในการทำงานมากกว่าในกรณีที่เราเลือกระยะห่างระหว่างหลุมที่ 50 เซนติเมตร เนื่องจากที่ระยะ 25 เซนติเมตร ต้องทำการปลูกข้าวโพดมากถึง 10 ครั้ง แต่ที่ระยะ 50 เซนติเมตร จะทำการปลูกข้าวโพดเพียง 5 ครั้ง

สาเหตุที่ทำให้การปลูกข้าวโพดในแต่ละรอบของการทดลองใช้เวลาไม่เท่ากัน ทั้งในกรณีที่เลือกระยะห่างระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร และกรณีที่เลือกระยะห่างระหว่างหลุม 50 เซนติเมตร เกิดจากการที่ใบพัดที่ใช้ตักเมล็ดข้าวโพดเพื่อหยอดลงหลุมนั้น ไม่สามารถตักเมล็ดข้าวโพดได้ในการหมุนรอบแรกจึงต้องหมุนอีกรอบเพื่อตักเมล็ดให้ได้ ทำให้สูญเสียเวลาในช่วงนี้ไป

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลอง ชี้แจงปัญหาในการดำเนินงานและเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหา รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้ได้ทำการสร้างต้นแบบรถหยอดเมล็ดข้าวโพดที่สามารถปลูกข้าวโพดได้แบบอัตโนมัติ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) รถหยอดเมล็ดข้าวโพดสามารถวิ่งได้ 2 ระยะ คือ 25 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร เพื่อเป็นการกำหนดระยะห่างระหว่างหลุมที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดให้ห่างกันเท่ากับ 25 เซนติเมตร หรือ 50 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยในแต่ละระยะที่เลือกใช้งานรถจะวิ่งไปด้านหน้าจนมีระยะทางโดยรวมเท่ากับ 250 เซนติเมตร จากการทำงานยังพบความผิดพลาดอยู่เล็กน้อย เนื่องจากความฝืดของรางทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของรถหยอดเมล็ดข้าวโพดในบางช่วงลดลงส่งผลให้ระยะห่างระหว่างหลุมของบางหลุมน้อยกว่าระยะที่ตั้งไว้

2) สามารถหยอดเมล็ดข้าวโพดได้ 2 เมล็ดต่อหลุม แต่ในบางหลุมสามารถหยอดเมล็ดข้าวโพดได้ 3 เมล็ด เกิดจากการที่ใบพัดที่ใช้ตักเมล็ดข้าวโพดตักเมล็ดครั้งแรกได้ 1 เมล็ด แล้วตักเมล็ดครั้งที่ 2 ได้ 2 เมล็ด ทำให้ในหลุมนั้นมีเมล็ดข้าวโพด 3 เมล็ด เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดมีขนาดที่แตกต่างกันหากใบพัดทำการตักเมล็ดข้าวโพดที่มีขนาดเล็กจะทำให้มีโอกาสตักเมล็ดข้าวโพดได้ 2 เมล็ดใน 1 ครั้ง ซึ่งเหตุการณ์ในลักษณะนี้ไม่ถือเป็นความผิดพลาด ดังนั้นในส่วนของการหยอดเมล็ดข้าวโพดจึงสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง

3) สามารถตักและกลบดินได้ โดยดินที่ใช้เป็นดินที่จำลองจากการนำดินผสมกับแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากการใช้ดินเพียงอย่างเดียวนั้นมีน้ำหนักที่มากเกินไปทำให้ไม่สามารถตักดินขึ้นมาได้ หรือการใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียวนั้นมีน้ำหนักเบาเกินไปทำให้แป้งที่ตักขึ้นมานั้นฟุ้งกระจายไม่สามารถเก็บแป้งที่ตักขึ้นมาไว้ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ดินและแป้งข้าวเจ้าผสมกัน

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) ส่วนขอบของรางที่ทำจากอะคริลิคมีความฝืดทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของรถเกิดความผิดพลาด

แนวทางการแก้ไขในส่วนนี้คือใช้ตัวรับรู้ตรวจวัดระยะทางเพื่อให้ได้ระยะทางที่แม่นยำมากขึ้น

2) ส่วนตักและกลบดินไม่สามารถใช้กับดินที่มีการอัดแน่นมากเกินไปได้ เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นที่ตักและกลบดินมีความแข็งแรงไม่มากพอ รวมทั้งมอเตอร์มีแรงบิดไม่เพียงพอ

แนวทางการแก้ไขปัญหาในส่วนนี้คือเปลี่ยนวัสดุให้มีความแข็งแรงมากขึ้น มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น รวมทั้งใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่และแรงบิดสูงขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการขุด

5.3 การนำไปพัฒนาและประยุกต์การใช้งาน

1) ปรับปรุงโครงสร้างส่วนล้อของรถให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และพัฒนาให้มีการเคลื่อนที่ได้ในระยะทางที่ไกลขึ้น เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในสภาพพื้นผิวดินจริงที่มีความหลากหลาย เช่น พื้นผิวขรุขระ พื้นผิวต่างระดับ และพื้นผิวที่มีน้ำขัง เป็นต้น

2) เปลี่ยนวัสดุของส่วนตักให้มีความแข็งแรงมากขึ้น มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น รวมทั้งใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่และแรงบิดสูงขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการขุดดิน เนื่องจากในสภาพดินจริงมักจะมีก้อนหิน ก้อนกรวด รวมทั้งรากไม้ผสมกันในเนื้อดิน ทำให้มีความยากลำบากในการขุด

3) เพิ่มความสามารถของส่วนหยอดเมล็ดให้มีความหลากหลายของเมล็ดพันธุ์พืชที่ใช้ในการปลูกมากขึ้น

4) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการหยอดเมล็ดพันธุ์พืชที่มีขนาดเมล็ดใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวโพดได้

เอกสารอ้างอิง

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. (2520). **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 3 เรื่องที่ ๒ ข้าวโพด**. สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2560, จาก http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=3&chap= 2&page=chap2.htm.

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2558). **การปลูกข้าวโพด**. สืบค้นเมื่อ 6 ตุลาคม 2560, จาก http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=8646.

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2552). **เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C พร้อมโครงงาน.** กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.

ประจิน พลังสันติกุล. (2549). **การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Compiler).** กรุงเทพฯ : บริษัท แอพซอฟต์เทค จำกัด.

ทันพงษ์ ภู่รักษ์. (2559). **ความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์**. สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2560, จาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf.

Hack Circuits (2555). **วงจรควบคุมมอเตอร์ PWM กลับทิศการหมุนได้.** สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2560, จาก http://hackcircuits.blogspot.com/2012/08/pwm.html.

Narin Group. (2559). **[Robot]การใช้ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller.** สืบค้นเมื่อ 3 มกราคม 2561, จาก http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html.

ภาคผนวก ก

รหัสต้นฉบับของโปรแกรมควบคุมรถหยอดเมล็ดข้าวโพดอัตโนมัติ

```
int speed_R1=5; //กำหนดพอร์ตของความเร็วมอเตอร์ล้อรถคู่ซ้าย
int speed_R2=10; //กำหนดพอร์ตของความเร็วมอเตอร์ล้อรถคู่ขวา
int RA = 6; //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์ล้อรถ
int RB = 7; //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์ล้อรถ
int RC = 8; //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์ล้อรถ
int RD = 9; //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์ล้อรถ
int speed_TAK=A0; //กำหนดพอร์ตของความเร็วมอเตอร์ส่วนตักและกลบดิน
int TAK_G =A1; //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์ส่วนตักดิน
int TAK_B =A2; //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์ส่วนกลบดิน
int MOON_G = A3; //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์ส่วนที่ใช้หยอดเมล็ด
int MOON_B = A4 ;
int speed_MOON=A5; //กำหนดพอร์ตของความเร็วมอเตอร์ส่วนหยอดเมล็ดข้าวโพด
int S25=11; //กำหนดพอร์ตของปุ่มเลือกระยะทาง 25 เซนติเมตร
int S50=12; //กำหนดพอร์ตของปุ่มเลือกระยะทาง 50 เซนติเมตร
int X; //กำหนดตัวแปรของเซนเซอรที่ใช้นับจำนวนเมล็ดข้าวโพด
int SW_0; //กำหนดตัวแปรของสวิตช์
int Y; //กำหนดตัวแปรการนับหลุมจำนวน 10 หลุม
int Z; //กำหนดตัวแปรการนับหลุมจำนวน 5 หลุม
void setup() //ลูปสำหรับกำหนดอินพุตและเอาต์พุต
 {
   pinMode(RA,OUTPUT);
   pinMode(RB,OUTPUT);
   pinMode(RC,OUTPUT);
   pinMode(RD,OUTPUT);
```

```
    pinMode(TAK_G,OUTPUT);
    pinMode(TAK_B,OUTPUT);
    pinMode(MOON_G,OUTPUT);
    pinMode(MOON_B,OUTPUT);
    pinMode(speed_R1,OUTPUT);
    pinMode(speed_R2,OUTPUT);
    pinMode(speed_TAK,OUTPUT);
    pinMode(speed_MOON,OUTPUT);
    pinMode(SW_0,INPUT);
    pinMode(S25,INPUT);
    pinMode(S50,INPUT);
    Serial.begin(9600);
  }
void loop()
{
  A: //ลูปสวิตช์เริ่มต้นการทำงาน
      {
          analogWrite(speed_R1, 0);
          digitalWrite(RA, LOW);
          digitalWrite(RB, LOW);
          analogWrite(speed_R2, 0);
          digitalWrite(RC, LOW);
          digitalWrite(RD, LOW);
          analogWrite(speed_TAK, 0);
```

```
    digitalWrite(TAK_G, LOW);
    digitalWrite(TAK_B, LOW);
    analogWrite(speed_MOON, 0);
    digitalWrite(MOON_G, LOW);
    digitalWrite(MOON_B, LOW);
    Serial.println("Loop ONOFF");
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
    Serial.println( );
    delay(1000);
      if(SW_0==1)
      {
        goto S2550;
      }
      else
        goto A;
  }
S2550: //ลูปเลือกระยะทางระหว่าง 25 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร
 {   Y=0; Z=0;
    Serial.println("2050");
    S25 = digitalRead(11);
    Serial.println(S25);
    S50 = digitalRead(12);
    Serial.println(S50);
```

```
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
    Serial.println( );
     if(S25==1)
        {
           goto Start25;
        }
     if(S50==1)
        {
           goto Start50;
        }
     if(SW_0==0)
        goto A;
     else
           goto S2550;
  }
Start25: //ลูปรถเคลื่อนที่ 25 เซนติเมตร
{
    Serial.println("Start25");
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
     if(SW_0==0)
        goto A;
    analogWrite(speed_R1, 200);
```

```
    digitalWrite(RA, 0);
    digitalWrite(RB, 1);
    analogWrite(speed_R2, 200);
    digitalWrite(RC, 0);
    digitalWrite(RD, 1);
    delay(890);
    if(SW_0==0)
        goto A;
    analogWrite(speed_R1, 0);
    digitalWrite(RA, 0);
    digitalWrite(RB, 0);
    analogWrite(speed_R2, 0);
    digitalWrite(RC, 0);
    digitalWrite(RD, 0);
    delay(1000);
    goto Tak25;
}
Start50: //ลูปรถเคลื่อนที่ 50 เซนติเมตร
{
    Serial.println("Start50");
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
     if(SW_0==0)
        goto A;
```

```
    analogWrite(speed_R1, 200);
    digitalWrite(RA, 0);
    digitalWrite(RB, 1);
    analogWrite(speed_R2, 200);
    digitalWrite(RC, 0);
    digitalWrite(RD, 1);
    delay(1650);
    if(SW_0==0)
        goto A;
    analogWrite(speed_R1, 0);
    digitalWrite(RA, 0);
    digitalWrite(RB, 0);
    analogWrite(speed_R2, 0);
    digitalWrite(RC, 0);
    digitalWrite(RD, 0);
    delay(1000);
    goto Tak50;
}
Tak25: //ลูปตักดินสำหรับระยะ 25 เซนติเมตร
{
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
    if(SW_0==0)
        goto A;
```

```
    Serial.println("Tak25");
    analogWrite(speed_TAK, 255);
    digitalWrite(TAK_G, 0);
    digitalWrite(TAK_B, 1);
    delay(500);
    if(SW_0==0)
        goto A;
    analogWrite(speed_TAK, 0);
    digitalWrite(TAK_G, 0);
    digitalWrite(TAK_B, 0);
        goto Check25;
}
Check25: //ลูปนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดสำหรับระยะ 25 เซนติเมตร
{
    SW_0 = digitalRead(2);
    if(SW_0==0)
        goto A;
    analogWrite(speed_MOON, 255);
    digitalWrite(MOON_G, 1);
    digitalWrite(MOON_B, 0);
    Serial.println("Check25");
    int sensorValue = digitalRead(3);
    Serial.println(X);
    Serial.println( );
```

```
    delay (5);
    if(sensorValue ==0)
          {
                X++;
                if(X>=2)
                 {
                   if(SW_0==0)
                  {
                     goto A;
                  }
                  Serial.println("Check25");
                  Serial.println(X);
                  Serial.println( );
                   analogWrite(speed_MOON, 0);
                  digitalWrite(MOON_G, 0);
                  digitalWrite(MOON_B, 0);
                   goto OUT25;
                }
          }
    goto Check25;
        }
delay(5);
OUT25: //ลูปกลบดินสำหรับระยะ 25 เซนติเมตร
{
```

```
  SW_0 = digitalRead(2);
  Serial.println(SW_0);
  if(SW_0==0)
     goto A;
  Serial.println("OUT25");
  X=0;
  delay(1000);
  analogWrite(speed_TAK, 255);
  digitalWrite(TAK_G, 1);
  digitalWrite(TAK_B, 0);
  delay(300);
  analogWrite(speed_TAK, 255);
  digitalWrite(TAK_G, 0);
  digitalWrite(TAK_B, 0);
  delay(300);
  Y=Y+1;
  if(Y==10)
  {
    goto S2550;
    }
  goto Start25;
}
 Tak50: //ลูปตักดินสำหรับระยะ 50 เซนติเมตร
{
```

```
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
    if(SW_0==0)
        goto A;
    Serial.println("Tak50");
    analogWrite(speed_TAK, 255);
    digitalWrite(TAK_G, 0);
    digitalWrite(TAK_B, 1);
    delay(500);
    if(SW_0==0)
        goto A;
    analogWrite(speed_TAK, 0);
    digitalWrite(TAK_G, 0);
    digitalWrite(TAK_B, 0);
        goto Check50;
}
Check50: //ลูปนับจำนวนเมล็ดข้าวโพดสำหรับระยะ 50 เซนติเมตร
{
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
    delay(800);
    if(SW_0==0)
        goto A;
    analogWrite(speed_MOON, 255);
```

```
    digitalWrite(MOON_G, 1);
    digitalWrite(MOON_B, 0);
    Serial.println("Check50");
    int sensorValue = digitalRead(3);
    Serial.println(sensorValue);
    Serial.println(X);
    Serial.println( );
    if(sensorValue ==0)
          {
                X++;
               if(X>=2)
               {
                  if(SW_0==0)
                   goto A;
                    analogWrite(speed_MOON, 0);
                   digitalWrite(MOON_G, 0);
                   digitalWrite(MOON_B, 0);
                   goto OUT50;
               }
          }
    goto Check50;
       }
OUT50: //ลูปกลบดินสำหรับระยะ 50 เซนติเมตร
{
```

```
    SW_0 = digitalRead(2);
    Serial.println(SW_0);
    if(SW_0==0)
       goto A;
    Serial.println("OUT50");
    X=0;
    delay(1000);
    analogWrite(speed_TAK, 255);
    digitalWrite(TAK_G, 1);
    digitalWrite(TAK_B, 0);
    delay(300);
    analogWrite(speed_TAK, 255);
    digitalWrite(TAK_G, 0);
    digitalWrite(TAK_B, 0);
    delay(300);
    Z=Z+1;
    if(Z==5)
    {
      goto S2550;
      }
    goto Start50;
  }
}
```

ภาคผนวก ข

รายละเอียดข้อมูลของ L298N

L298

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

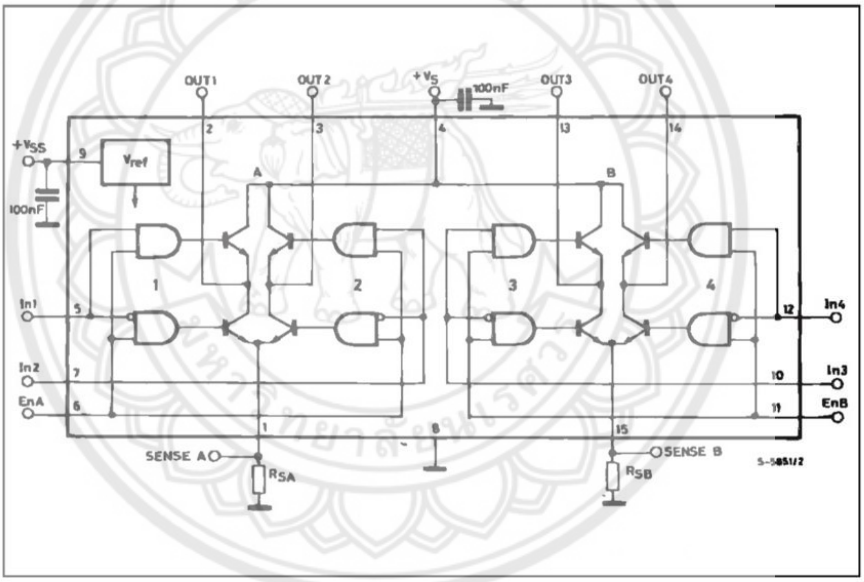
PowerSO20

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.

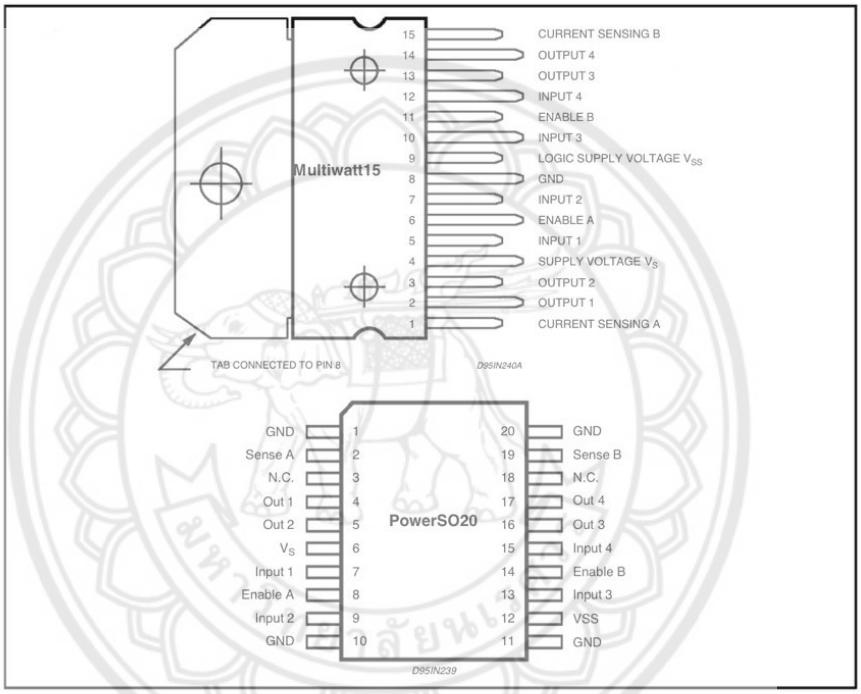
BLOCK DIAGRAM



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