เครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว
Lemon Sorting Machine using Embedded System

โชคชรัตน์ ฤทธิ์เย็น[1] *วีรเมธ ปุ้ยหลวง[1]และวรายุทธ แก้วสุข[1]
[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
41/1 หมู่ที่ 7 ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000
Chokcharat Rityen[1*], Weramat Puiluang[1] and Warayut Kaewsuk[1]
[1] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak
41/1 Moo 7, Mai Ngam, Muang, Tak, Thailand, 63000
*ผู้รับผิดชอบบทความ: Chok.kpg@gmail.comเบอร์โทรศัพท์ 08-1043-0984

บทคัดย่อ
บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนช่องใส่ลูกมะนาว ส่วนคัดแยกลูกมะนาว ส่วนนับจำนวนลูกมะนาวและส่วนชั่งน้ำหนักลูกมะนาว ซึ่งสามารถคัดแยกมะนาวได้ 3 ขนาด คือ ขนาดเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 27 มิลลิเมตร ขนาดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 27–40 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 41 มิลลิเมตร เครื่องคัดแยกมะนาวที่พัฒนาขึ้นควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ ในการทำงานสามารถคัดแยกลูกมะนาวได้ 2 แบบ คือ แบบนับจำนวนและแบบชั่งน้ำหนัก จากการทดสอบการคัดแยกและนับจำนวนมะนาวพบว่า มะนาวขนาดเล็ก กลางและใหญ่มีความถูกต้อง 97.5, 98.5 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลการทดสอบคัดแยกและชั่งน้ำหนักมะนาวพบว่ามีความถูกต้อง 98.7, 99.3 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
คำสำคัญ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาดมะนาว เครื่องคัดแยก

Abstract
This paper presents the design and construction of a lemon sorting machine using embedded system. The machine has four sections, i.e. lemon slot, lemon sorting, lemon counting and lemon weighing sections. The machine can separate three lemon sizes, i.e. (1) small size lemon has diameter less than 27 mm., (2) medium size lemon has diameter 27 - 40 mm., and (3) the large size lemon has diameter above 40 mm. The Arduino has been used for process control of the machine. Two types of functionalities are available: counting and weighing. The testing results found that the averaged accuracy of sorting and counting the small size lemon, the medium size lemon and the large size lemon in the first case was 97.5, 98.5 and 100 percentage respectively and in the final case of sorting and weighing was 98.7, 99.3 and 100 percentage respectively.
Keywords: Microcontroller, Lemon size, Sorting machine.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการนำมะนาวมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งในด้านของการปรุงอาหาร เครื่องดื่มที่มีวิตามินซีสูง ยาสมุนไพรและการใช้ในเครื่องสำอาง [6] เนื่องจากปริมาณมะนาวเป็นที่ต้องการของตลาดสูงตลอดปี และราคาจะสูงที่สุดเมื่อเข้าฤดูแล้งเพราะต้นมะนาวจะให้ผลผลิตน้อย จึงทำให้มะนาวมีราคาสูงที่สุดในช่วงนี้ โดยทั่วไปก่อนที่เกษตรกรจะส่งมะนาวขายจะต้องมีการคัดแยกขนาดลูกมะนาวก่อน ซึ่งสามารถคัดแยกลูกมะนาวได้ 3 ขนาด คือขนาดใหญ่มีขนาด 41 มิลลิเมตรขึ้นไปขนาดกลางมีขนาด 27 - 40 มิลลิเมตรและขนาดเล็กมีขนาดน้อยกว่า 27 มิลลิเมตร ในการคัดแยกขนาดของลูกมะนาวจะต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก เพราะต้องคัดแยกออกมาให้ได้ 3 ขนาด และหากมีจำนวนของลูกมะนาวมากก็จะต้องใช้แรงงานคนในการคัดแยกขนาดของลูกมะนาวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

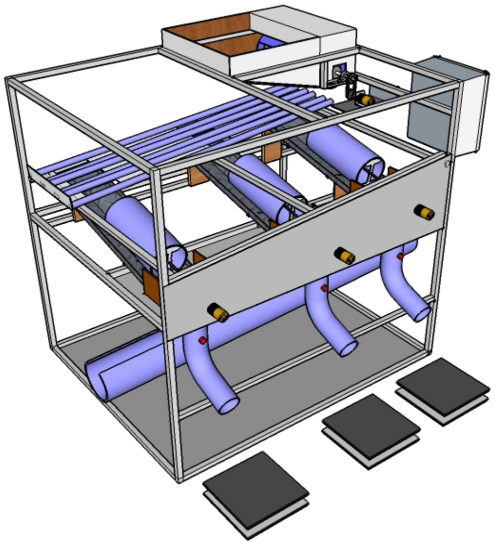
จากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องคัดแยกขนาดและนับจำนวนลูกมะนาวพบว่ามีนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ได้สร้างเครื่องคัดแยกขนาดและนับจำนวนลูกมะนาวด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ [1] ซึ่งพบปัญหา คือ เครื่องคัดแยกขนาดและนับจำนวนลูกมะนาวไม่สามารถปรับความเร็วในการปล่อยลูกมะนาวลงสู่รางคัดแยกได้ และไม่สามารถชั่งน้ำหนักลูกมะนาวเป็นกิโลกรัมได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดและวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวขึ้นมา โดยเกษตรสามารถเลือกรูปแบบการคัดแยกได้ 2 วิธี คือ แบบคัดแยกและนับจำนวนลูกมะนาว และแบบคัดแยกและชั่งน้ำหนักลูกมะนาว ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาในการคัดแยกแบบเดิมคือใช้แรงงานคนและยังเป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรในการคัดแยกลูกมะนาวทั้ง 3 ขนาด ดังกล่าว

2. การออกแบบและสร้าง

2.1 การออกแบบโครงสร้าง

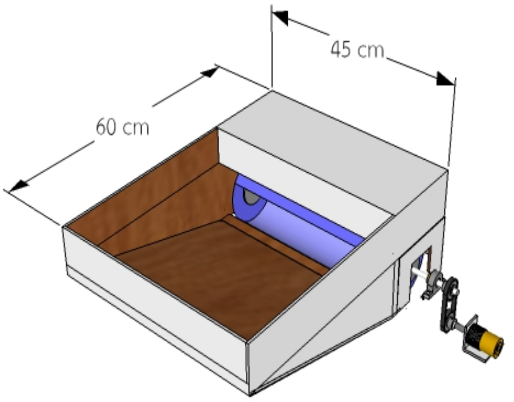
โครงสร้างของเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวมีขนาดความกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร และมีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ 1) ส่วนช่องใส่ลูกมะนาว 2) ส่วนคัดแยกขนาดลูกมะนาว 3) ส่วนนับจำนวนลูกมะนาว และ 4) ส่วนชั่งน้ำหนักลูกมะนาว ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาว

2.2 การออกแบบส่วนช่องใส่ลูกมะนาว

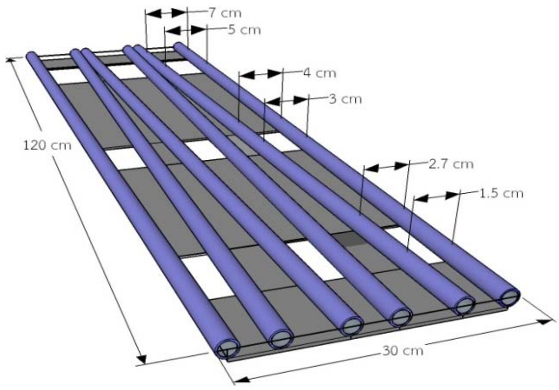
การออกแบบส่วนช่องใส่ลูกมะนาวนั้น จะใช้มอเตอร์ดีซี 12 โวลต์ เป็นตัวหมุนท่อพีวีซีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร โดยใช้เพลาเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร และโซ่เบอร์ 25 ที่คล้องอยู่กับเฟืองโซ่เบอร์ 25 ในการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังท่อพีวีซี โดยที่ท่อพีวีซีนั้นจะเจาะร่องเป็นแนวยาว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร หมุนด้วยความเร็วคงที่เพื่อปล่อยลูกมะนาวให้ตกลงสู่ส่วนคัดแยกลูกมะนาว โดยมีขนาดของช่องใส่ลูกมะนาวกว้าง 45 เซนติเมตรและยาว 60 เซนติเมตรดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างส่วนช่องใส่ลูกมะนาว

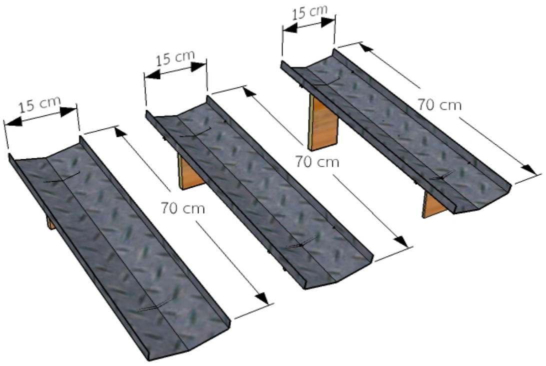
2.3 การออกแบบส่วนคัดแยกขนาดลูกมะนาว

ในส่วนของช่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวนั้น จะใช้ท่อพีวีซีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 1.8 เซนติเมตรยาว 120 เซนติเมตร จำนวนทั้งหมด 6 ท่อ ทำเป็นรางไหลลูกมะนาว และนำท่อพีวีซีมาวางคู่กันเป็น 3 คู่จะได้ 3 ร่องคัดแยก ติดตั้งให้มีความลาดเอียง 15 องศากับแนวระดับ โดยที่ระยะความห่างของท่อพีวีซี 1.5 - 2.7 เซนติเมตรจะได้ช่องคัดแยกลูกมะนาวขนาดเล็ก ที่ระยะความห่างของท่อพีวีซี 3.0 - 4.0 เซนติเมตร จะได้ช่องคัดแยกลูกมะนาวขนาดกลางและที่ระยะความห่างของท่อพีวีซี 5.0 – 7.0 เซนติเมตร จะได้ช่องคัดแยกลูกมะนาวขนาดใหญ่ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างส่วนคัดแยกขนาดลูกมะนาว

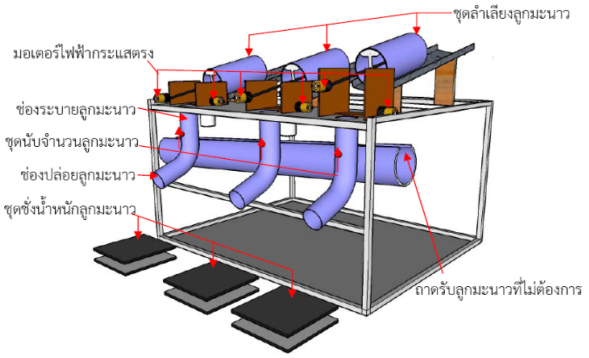
เมื่อมะนาวถูกคัดแยกจากช่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวทั้งสามขนาดแล้วจะตกลงมายังถาดรับลูกมะนาวโดยมีขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตรยาว 70 เซนติเมตรดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ถาดรับลูกมะนาว

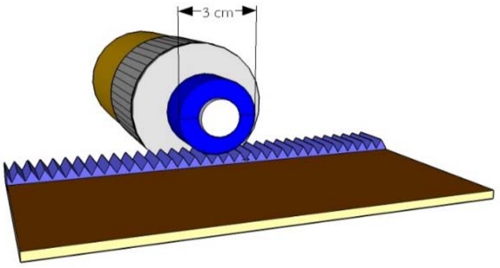
2.4 การออกแบบส่วนนับจำนวนลูกมะนาว

เมื่อลูกมะนาวแต่ละขนาดตกลงสู่ถาดรับลูกมะนาวจะถูกส่งต่อไปยังชุดลำเรียงลูกมะนาวซึ่งทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ภายในท่อจะติดตั้งสายยางพันขดเพื่อช่วยให้ลูกมะนาวไหลมาครั้งละลูก โดยจะมีมอเตอร์ดีซี 12 โวลต์เป็นตัวหมุนและเมื่อลูกมะนาวผ่านชุดลำเรียงมาแล้วจะตกลงสู่ช่องปล่อยลูกมะนาวโดยภายในจะติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรด [3] ไว้เพื่อนับจำนวนลูกมะนาวที่ไหลผ่านดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงสร้างส่วนนับจำนวนลูกมะนาว

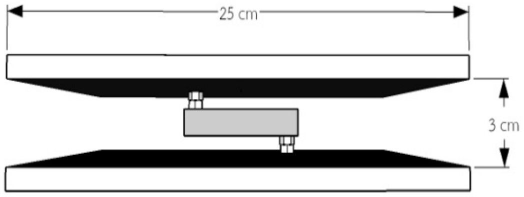
และเมื่อมีการนับจำนวนลูกมะนาวครบแล้วตามที่ตั้งค่าไว้จะมีส่วนปล่อยลูกมะนาวที่ไม่ต้องการออกมายังถาดรับลูกมะนาวที่ไม่ต้องการโดยใช้มอเตอร์ดีซี 12 โวลต์ ในการเลื่อนปิด-เปิด ช่องของลูกมะนาวดังรูปที่ 6



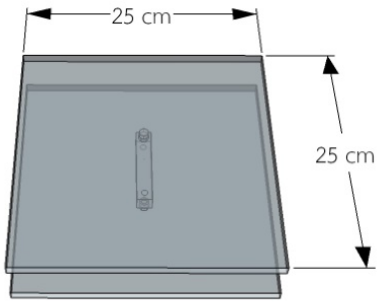
รูปที่ 6 โครงสร้างส่วนปิด - เปิดช่องลูกมะนาว

2.5 การออกแบบส่วนชั่งน้ำหนัก

ในการออกแบบชุดชั่งน้ำหนักนั้นจะต้องทำการเลือกขนาดโหลดเซลล์ [2] ให้เหมาะสมกับน้ำหนักที่จะนำมาชั่งรวมกับน้ำหนักของโครงสร้าง โดยโครงสร้างของโหลดเซลล์จะมีน้ำหนักโดยประมาณ 1กิโลกรัม และน้ำหนักของลูกมะนาวที่จะนำมาชั่งน้ำหนักสูงสุดคือ 5 กิโลกรัม ดังนั้นน้ำหนักที่โหลดเซลล์ต้องรับได้ คือ น้ำหนักของโครงสร้างรวมกับน้ำหนักของลูกมะนาวสูงสุด เมื่อรวมกันแล้วจะได้เท่ากับ 6 กิโลกรัม ดังนั้นจึงเลือกใช้โหลดเซลล์ขนาด 10 กิโลกรัม โดยการออกแบบโครงสร้างชุดชั่งน้ำหนักจะใช้ไม้อัดจำนวน 2 แผ่นต่อโหลดเซลล์หนึ่งตัว โดยไม้อัดที่ใช้จะมีขนาดความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร ซึ่งจะใช้น็อตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร เป็นตัวยึดแผ่นไม้กับโหลดเซลล์ทั้งด้านบนและด้านล่างดังรูปที่ 7 และ รูปที่ 8



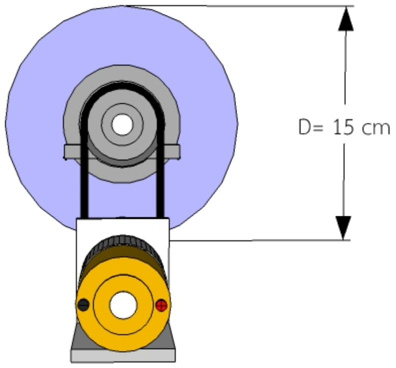
รูปที่ 7 ส่วนชั่งน้ำหนักด้านข้าง



รูปที่ 8 ส่วนชั่งน้ำหนักด้านบน

2.6 การคำนวณหากำลังวัตต์ของมอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้ในส่วนปล่อยลูกมะนาวลงสู่ถาดคัดแยกขนาดลูกมะนาวจะต้องมีแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [5] พอที่จะสามารถขับน้ำหนักของลูกมะนาวรวมกับท่อพีวีซีที่ตักลูกมะนาว ซึ่งจะมีน้ำหนัก 3.5 กิโลกรัม และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อพีวีซีขนาด 0.15 เมตร ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 มอเตอร์ส่วนปล่อยลูกมะนาว

สามารถหารัศมีของท่อพีวีซีได้จาก

$$r = \frac{D}{2} \qquad (1)$$

เมื่อ r คือ รัศมีของท่อพีวีซี

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อพีวีซี

เมื่อแทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

$$r = \frac{0.15}{2} = 0.075 \text{ เมตร}$$

คำนวณหาแรงบิดและกำลังวัตต์มอเตอร์ที่ต้องการจาก

$$F = mg \qquad (2)$$

เมื่อ F คือ แรง

m คือ มวลของท่อพีวีซีและลูกมะนาวที่อยู่ในท่อ

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับ 9.81เมตร/วินาที^{2}

เมื่อแทนค่าในสมการที่ (2) ได้ดังนี้

$$F = 3.5 \times 9.81 = 34.33 \text{ นิวตัน}$$

หาแรงบิดมอเตอร์จาก

$$T = F \times r \qquad (3)$$

เมื่อ T คือ แรงบิดของมอเตอร์

F คือ แรง

r คือ รัศมีของท่อพีวีซี

เมื่อแทนค่าในสมการที่ (3) ได้ดังนี้

$$T = 34.33 \times 0.075 = 2.57 \text{ นิวตันเมตร}$$

หากำลังวัตต์มอเตอร์จาก

$$P = \frac{2\pi TN}{60} \text{ วัตต์} \qquad (4)$$

เมื่อ P คือ กำลังวัตต์ของมอเตอร์

T คือ แรงบิดของมอเตอร์

N คือ จำนวนรอบของมอเตอร์

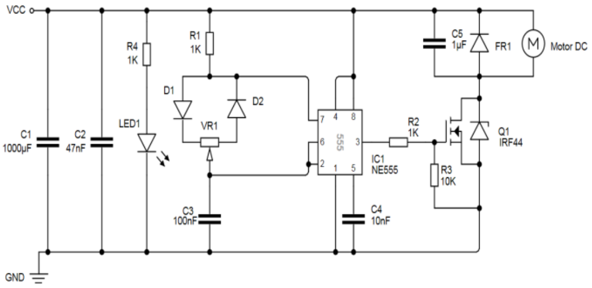
เมื่อแทนค่าในสมการที่ (4) ได้ดังนี้

$$P = \frac{2 \times \pi \times 2.57 \times 50}{60} = 13.45 \text{ วัตต์}$$

ดังนั้นจะต้องใช้มอเตอร์ที่มีขนาดกำลังวัตต์ 13.45 วัตต์ จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 50 วัตต์ ความเร็ว 50 รอบต่อนาที

2.7 ออกแบบวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เริ่มจากอินพุตรับค่าแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ผ่านตัวเก็บประจุฟิลเตอร์และแสดงผลสถานะการทำงานของอินพุตที่ป้อนเข้ามาด้วยหลอดแอลอีดี ในส่วนของวงจรควบคุมการสร้างสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลต โดยเลือกใช้ไอซี 555 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีตัวต้านทานแบบปรับค่าได้และตัวเก็บประจุ เป็นตัวกำหนดความถี่ของสัญญาณพัลส์ทางด้านเอาต์พุตของไอซี 555 และความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่เอาต์พุตของไอซี 555 จะเปลี่ยนแปลงไปตามการปรับค่าความต้านทานจากนั้นสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลตที่สร้างขึ้นจะถูกส่งไปขับมอสเฟตกำลังเพื่อให้มอสเฟตตัดต่อวงจรตามสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลต ดังรูปที่ 10

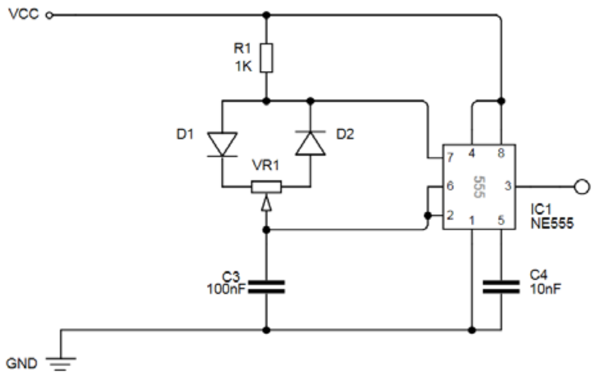


รูปที่ 10 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.7.1 วงจรควบคุม

จากรูปที่ 11 เป็นวงจรสร้างสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลต การออกแบบวงจรส่วนที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณขับแบบพัลส์วิดมอดูเลต โดยเลือกใช้ไอซี 555 ลักษณะการต่อของวงจรจะเป็นการต่อวงจรแบบอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (AstableMultivibrator) ซึ่งเป็นรูปแบบวงจรที่ใช้ในการสร้างรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยมที่เอาต์พุตอย่างต่อเนื่องของไอซี 555 แต่ในการนำเอาไอซี 555 มาใช้ในการสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบพัลส์วิดมอดูเลต ที่ตำแหน่งตัวต้านทานระหว่างขา 6 และขา 7 ของไอซีจะใช้เป็นตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ ซึ่งสามารถทำให้เกิดช่วงระยะเวลาในการชาร์จประจุและการคายประจุของตัวเก็บประจุที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานปรับค่าได้ที่ถูกปรับไปในขณะนั้น ตัวเก็บประจุจะทำการชาร์จประจุผ่านตัวต้านทาน ไดโอด และความต้านทาน

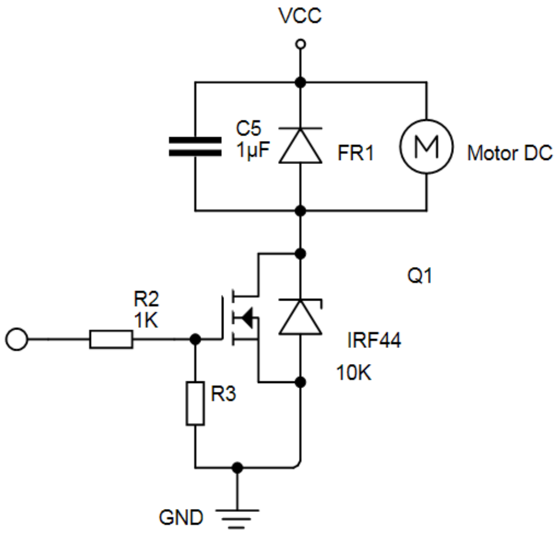
ปรับค่าได้ จนเมื่อค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุที่อินพุตขาเทรสโฮลด์มีค่าสูงถึงค่า 2/3 ของค่าแรงดัน Vcc ส่งผลให้ฟลิปฟลอปภายในไอซี 555 จะทำงานกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ภายในของไอซีทำงานทำให้ตัวเก็บประจุ ทำการคายประจุผ่านความต้านทานปรับค่าได้ผ่านไดโอดและผ่านขา 7 ของไอซี โดยความกว้างของสัญญาณเอาต์พุตพัลส์วิดมอดูเลตจะขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาในการชาร์จประจุและการคายประจุโดยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 11 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์วิดมอดูเลต

2.7.2 วงจรกำลัง

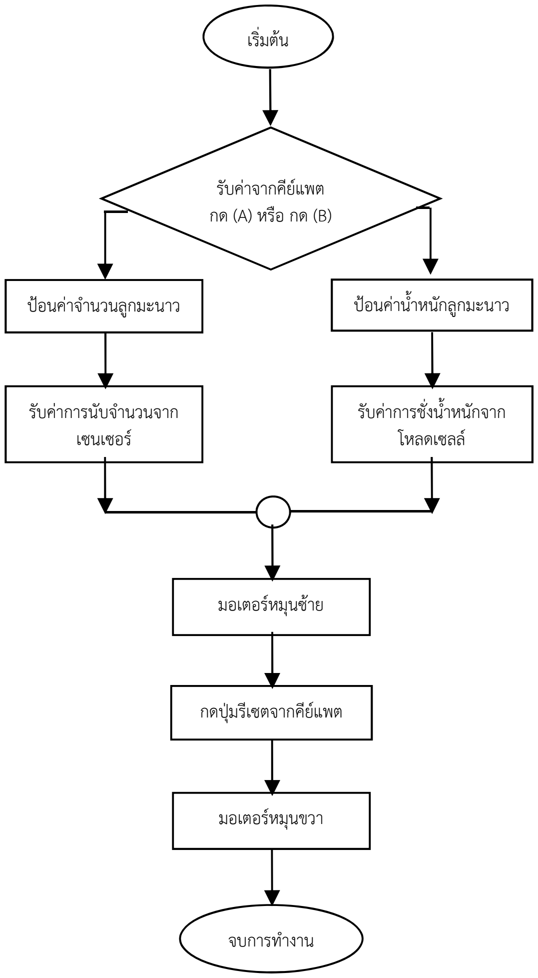
จากรูปที่ 12 เพาเวอร์มอสเฟตจะถูกกระตุ้นให้ทำงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จะมีตัวเก็บประจุ C5 ทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์และลดระดับของแรงดันริบเปิ้ลที่โหลดจะดึงไปใช้งานเมื่อมอเตอร์เริ่มต้นทำงานไดโอด FR1ทำหน้าที่เป็นสนับเบอร์สำหรับลดแรงดัน Back Emf ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานโหลดแบบมอเตอร์



รูปที่ 12 ภาคกำลังของวงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

2.8 การออกแบบโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

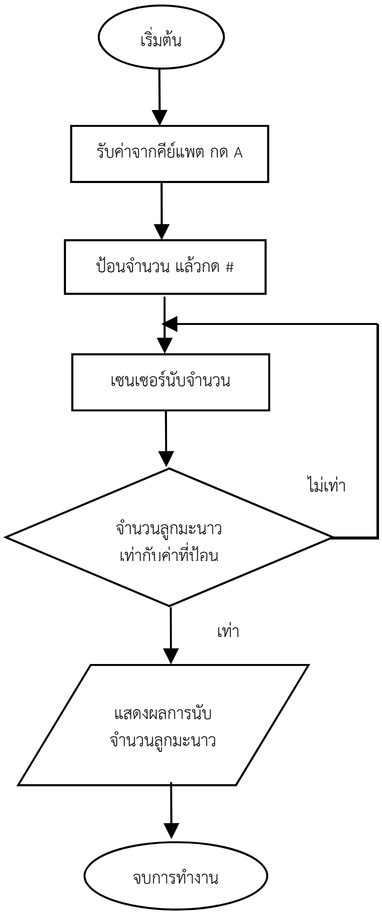
เครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino MEGA 2560) [4] ในการควบคุมการทำงาน โดยใช้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้ทำงานเพื่อทำการปล่อยลูกมะนาวลงสู่ส่วนคัดแยก ชุดนับจำนวนลูกมะนาวหรือชุดชั่งน้ำหนักลูกมะนาวโดยมีผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์คือเมื่อเปิดเครื่องใส่จำนวนลูกมะนาวหรือน้ำหนักของลูกมะนาวที่ต้องการจากคีย์แพต โปรแกรมจะรับข้อมูลจากอินฟาเรดเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้เพื่อนับจำนวนลูกมะนาว หรือโปรแกรมจะรับข้อมูลจากโหลดเซลล์ที่ติดตั้งไว้เพื่อชั่งน้ำหนักลูกมะนาวที่ต้องการตามจำนวนที่ตั้งค่าไว้จากคีย์แพต เมื่อโปรแกรมได้รับค่าจำนวนหรือน้ำหนักลูกมะนาวครบตามที่ตั้งแล้ว โปรแกรมจะสั่งการให้มอเตอร์หมุนซ้ายเพื่อปิดช่องปล่อยลูกมะนาวแล้วหยุดเพื่อให้ลูกมะนาวที่เหลือไหลลงถาดรับมะนาวที่ไม่ต้องการ จากนั้นกดปุ่มรีเซ็ตค่าที่คีย์แพตโปรแกรมจะสั่งการให้มอเตอร์หมุนขวาเพื่อเปิดช่องปล่อยลูกมะนาวแล้วจึงจบกระบวนการทำงาน ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ผังการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.8.1 ผังการทำงานชุดนับจำนวนลูกมะนาว

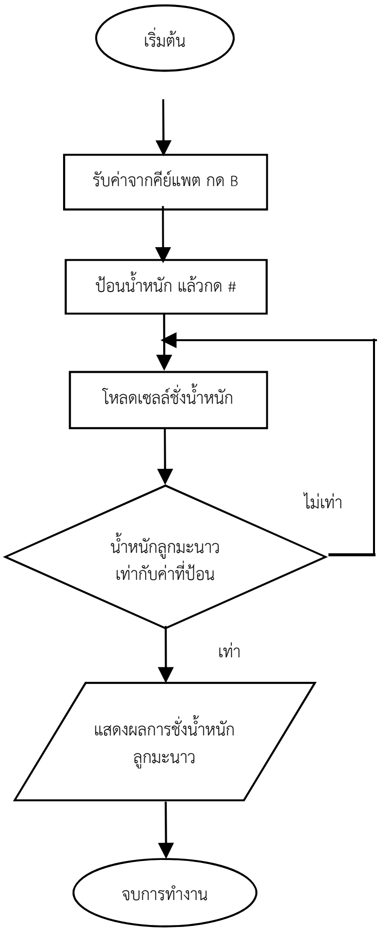
ผังการทำงานชุดนับจำนวนลูกมะนาวด้วยโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะเริ่มสั่งการจากคีย์แพต โดยเมื่อกด (A) เพื่อป้อนจำนวนลูกมะนาวขนาดเล็ก กลางและใหญ่ ที่ต้องการได้จากตัวเลข 0 - 9 แล้วกด (#) เพื่อยืนยันการตั้งค่าแล้วเครื่องจะทำการนับจำนวนลูกมะนาวจนครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ที่คีย์แพต หลังจากนั้นจะแสดงผลการนับจำนวนที่จอแอลซีดีแต่ละขนาดจึงจบกระบวนการทำงานดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ผังการทำงานชุดนับจำนวนลูกมะนาว

2.8.2 ผังการทำงานชุดชั่งน้ำหนักลูกมะนาว

ผังการทำงานชุดชั่งน้ำหนักลูกมะนาวด้วยโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะเริ่มสั่งการจากคีย์แพตโดยกด (B) เพื่อป้อนน้ำหนักลูกมะนาวที่ต้องการได้จากตัวเลข 0 - 9 แล้วกด (#) เพื่อยืนยันการตั้งค่าแล้วจึงทำการชั่งน้ำหนักลูกมะนาวจนครบตามค่าน้ำหนักที่กำหนดไว้ที่คีย์แพตหลังจากนั้นจะแสดงผลการชั่งน้ำหนักที่จอแอลซีดีแล้วจึงจบกระบวนการทำงานดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ผังการทำงานชุดชั่งน้ำหนักลูกมะนาว

2.9 วิธีการวัดขนาดลูกมะนาว

เนื่องจากลูกมะนาวมีลักษณะเป็นวงรี ในการวัดขนาดลูกมะนาวจึงต้องวัดตำแหน่งที่กว้างที่สุด ซึ่งได้แสดงตัวอย่างการวัดลูกมะนาวด้วยเวอร์เนียคาร์ลิเปอร์ได้มะนาวขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ดังรูปที่ 16 17 และ 18 ตามลำดับ

รูปที่ 16 ตัวอย่างการวัดลูกมะนาวขนาดเล็ก

รูปที่ 17 ตัวอย่างการวัดลูกมะนาวขนาดกลาง

รูปที่ 18 ตัวอย่างการวัดลูกมะนาวขนาดใหญ่

2.10 วิธีการทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาว

เสียบปลั๊กไฟเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวจากแหล่งจ่าย 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ แล้วเปิดสวิตซ์ระบบ จากนั้นเลือกวิธีการทดสอบด้วยวิธีการนับจำนวนลูกมะนาวหรือวิธีการชั่งน้ำหนักลูกมะนาว โดยกดปุ่ม “C” ที่คีย์แพต ดังรูปที่ 19

รูปที่ 19 กดเลือกรูปแบบการทำงานของโปรแกรม

หลังจากกด “C” บนคีย์แพตแล้วหน้าจอแอลซีดีจะโชว์รูปแบบให้เลือกโดยให้สังเกตที่แถบสีดำทั้ง 3 แถบ แถบที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 จะแทนขนาดลูกมะนาวเล็ก กลาง ใหญ่ ตามลำดับ และคำว่า “Number” คือรูปแบบการนับจำนวน และคำว่า “Weight” คือรูปแบบการชั่งน้ำหนัก ให้กดเลือกเป็นรูปแบบการนับจำนวนหรือชั่งน้ำหนัก โดยกดปุ่มบนคีย์แพตเลข 1, 2 และ 3 เพื่อให้แถบสีดำย้ายมาที่รูปแบบการนับจำนวนหรือชั่งน้ำหนักและกด “#” ยืนยัน โปรแกรมจะเข้าสู่การทำงานแบบนับจำนวนหรือชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 20

รูปที่ 20 รูปแบบการทำงานแบบนับจำนวน

กด “A” หรือ “B” ดังรูปที่ 21 เพื่อป้อนค่าจำนวนหรือน้ำหนักที่ต้องการโดยกดตัวเลขที่คีย์แพต เมื่อป้อนค่าแล้วจึงกด “#” เพื่อยืนยัน โปรแกรมจึงเริ่มการทำงาน

รูปที่ 21 กดปุ่มเข้าป้อนค่าจำนวนนับลูกมะนาว

จากนั้นนำลูกมะนาวที่เตรียมไว้ใช้ทดสอบใส่ลงในส่วนช่องใส่ลูกมะนาวดังรูปที่ 22

รูปที่ 22 นำลูกมะนาวทดสอบใส่ช่องใส่ลูกมะนาว

จากนั้นลูกมะนาวที่ใช้ในการทดสอบจะไหลลงสู่ส่วนคัดแยกขนาดลูกมะนาวดังรูปที่ 23

รูปที่ 23 ลูกมะนาวทดสอบไหลลงส่วนคัดแยก

และลูกมะนาวทดสอบจะถูกคัดแยกออกเป็นสามขนาด โดยจะไหลลงส่วนนับจำนวนซึ่งผ่านเซนเซอร์ในกรณีเลือกแบบนับจำนวนและจะไหลลงไปยังโหลดเซลล์ในส่วนชั่งน้ำหนักเมื่อเลือกแบบชั่งน้ำหนัก โดยเมื่อได้จำนวนหรือน้ำหนักเท่ากับตามค่าที่ป้อนไว้แล้วส่วนเปิด-ปิดช่องมะนาวจะทำการปิดช่องคัดแยกมะนาวทั้งสามขนาดเพื่อให้ลูกมะนาวส่วนที่เหลือไหลลงช่องของลูกมะนาวที่ไม่ต้องการ โดยผลการทดสอบนับจำนวนหรือชั่งน้ำหนักจะแสดงบนจอแอลซีดีทั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงตัวอย่างลูกมะนาวที่ผ่านการทดสอบแบบนับจำนวนไว้ดังรูปที่ 24

รูปที่ 24 ลูกมะนาวเมื่อผ่านการทดสอบ

และแสดงตัวเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไว้ดังรูปที่ 25

รูปที่ 25 เครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาว

3. ผลการทดสอบ

ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กรณี คือกรณีที่ 1 ทดสอบการคัดแยกและนับจำนวนลูกมะนาวโดยนำมะนาวขนาดละ 20 ลูก คละกัน (รวม 60 ลูก) ทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่1 ผลการคัดแยกและนับจำนวนลูกมะนาว

การทดลอง	ขนาดเล็ก		ขนาดกลาง		ขนาดใหญ่		เวลา (นาที)
	คัดแยก	นับ	คัดแยก	นับ	คัดแยก	นับ	
1	19	19	20	20	20	20	0.58
2	20	20	20	20	20	20	1.06
3	19	19	19	19	20	20	0.54
4	20	20	20	20	20	20	0.58
5	19	19	20	20	20	20	0.56
6	20	20	20	20	20	20	0.53
7	20	20	20	20	20	20	1.02
8	19	19	19	19	20	20	0.57
9	19	19	20	20	20	20	0.55
10	20	20	19	19	20	20	1.04
% ถูกต้อง	97.5		98.5		100		เฉลี่ย 1.10

จากตารางที่ 1 ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการคัดแยกและนับจำนวนลูกมะนาว โดยความถูกต้องในการคัดแยกและนับจำนวนลูกมะนาวขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ คือ 97.5, 98.5 และ 100% ตามลำดับ โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งเท่ากับ 1 นาที 10 วินาที

และกรณีที่ 2 ทดสอบการคัดแยกและชั่งน้ำหนักลูกมะนาว โดยใช้มะนาวขนาดละ 5 กิโลกรัม คละกัน ทดสอบจำนวน 3 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่2 ผลการคัดแยกและชั่งน้ำหนักลูกมะนาว

การทดลอง	ขนาดเล็ก		ขนาดกลาง		ขนาดใหญ่		เวลา (นาที)
	คัดแยก	ชั่ง	คัดแยก	ชั่ง	คัดแยก	ชั่ง	
1	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.07
2	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.42
3	5.0	5.0	4.9	4.9	5.0	5.0	5.18
% ถูกต้อง	98.7		99.3		100		เฉลี่ย 5.22

จากตารางที่ 2 ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการคัดแยกและชั่งน้ำหนักลูกมะนาว โดยความถูกต้องในการคัดแยกและชั่งน้ำหนักลูกมะนาวขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ คือ 98.7, 99.3 และ 100% ตามลำดับ โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้งเท่ากับ 5 นาที 22 วินาที

จากผลการทดสอบทั้ง 2 กรณี จะเห็นได้ว่าลูกมะนาวขนาดเล็กและขนาดกลางได้ผลการคัดแยกนับจำนวนลูกมะนาว และผลการคัดแยกชั่งน้ำหนักลูกมะนาวไม่ถูกต้องครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดมาจากข้อผิดพลาดในส่วนคัดแยกขนาดลูกมะนาวที่ไม่สามารถทำให้ลูกมะนาวทั้ง 2 ขนาดนี้ตกลงไปยังช่องคัดแยกที่ถูกต้องได้ โดยจากการทดสอบพบว่ามะนาวทั้ง 2 ขนาดนี้มีน้ำหนักค่อนข้างน้อยจึงทำให้การกลิ้งของลูกมะนาวดังกล่าวไม่ลื่นไหลเหมือนกับลูกมะนาวขนาดใหญ่ ทำให้มะนาวบางลูกติดอยู่ในร่องคัดแยก ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เห็นถึงปัญหาดังกล่าวและได้เสนอแนวคิดวิธีในการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาต่อยอดในเวอร์ชันต่อไป โดยจะออกแบบโครงสร้างให้ส่วนคัดแยกขนาดลูกมะนาวสามารถหมุนได้เพื่อเพิ่มแรงให้ลูกมะนาวขนาดเล็กและขนาดกลางไหลได้สะดวก ไม่ติดค้างอยู่ที่ร่องคัดแยก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวให้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งสามขนาด

4. สรุปผล

ในบทความนี้ ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องแบบอัตโนมัติตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2 จากการทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดลูกมะนาวโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่พัฒนาขึ้น สามารถคัดแยกและนับจำนวนลูกมะนาวทั้งสามขนาด ได้ถูกต้อง 98.67% และนอกจากนี้ยังสามารถคัดแยกและชั่งน้ำหนักมะนาวทั้งสามขนาด ได้ถูกต้องถึง 99.33%

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยได้รับความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทดลอง จากสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Chokcharat R, Theerayut A, and Tossawut C. Phayao Research 6: conference proceedings, January 26-27, 2017, Phraya Ngam Muang Convention Hall, Phayao, Thailand. 2017.Thai.

[2] Load Cell. Available from: www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/50_01/303407_1_50/.../lab3_1_loadcell.doc [Accessed 18th November 2017].Thai.

[3] Optical sensor. Available from:http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6805/diffuse-reflective-optical-sensor [Accessed 17thNovember 2017].Thai.

[4] Somchai, B.S., K.L. Build and develop devices with microcontrollers. Bangkok: ETT Co., Ltd. Publishing;2009.Thai.

[5] Thanachap S, Wipot S. Electric motors and controls.Availablefrom:http://thaigoodview.com/library/contest1/tech04/54/index.htm#h06 [Accessed 14th October 2015].Thai.

[6] Umpa K. The lemons. Bangkok: Naka Publishing House Publishing;2011.Thai