

5ER-O08: เครื่องชั่งน้ำหนักและบรรจุภัณฑ์อัตโนมัติ Semi-Automatic Weighing and Packing Machine

ปัญญา มาลีวัตร^{1*}

Panya Maleewat^{1*}

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้ในการบรรจุสินค้ากึ่งอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ dsPIC30F4011 ที่มีการรับค่าของน้ำหนักของสินค้าจากโหลดเซลล์ผ่านเข้าสู่วงจรขยายให้มีค่าแรงดันสูงขึ้นผ่านเข้าสู่การแปลงระดับแรงดันให้เป็นค่าทางดิจิทัลเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลตามโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และแสดงผลของน้ำหนักที่ได้ทางจอแอลซีดี การตั้งค่าที่ต้องการบรรจุผ่านการกดสวิทช์และควบคุมการปล่อยสินค้าด้วยโซลินอยด์วาล์ว จากการทดสอบเครื่องชั่งที่พัฒนาขึ้นสามารถชั่งและบรรจุสินค้าชนิดแห้งที่มีลักษณะเป็นเม็ดได้น้ำหนักไม่เกิน 5 กิโลกรัม ผลการทดสอบให้ค่าความถูกต้องในการใช้งานได้เป็นอย่างดี โดยมีค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับเครื่องชั่งมาตรฐานเฉลี่ยร้อยละ 1.55

คำสำคัญ: เครื่องชั่งน้ำหนัก ไมโครคอนโทรลเลอร์ โซลินอยด์วาล์ว

Abstract

This research paper presents the weighing machines used in semi-automatic packaging. Using a dsPIC30F4011 microcontroller that receives the weight of the product from the load cell through the amplifier to a higher voltage through the digital conversion of the pressure level to the data used for processing. Results according to the developed program and display the results of the weight on the LCD. The desired setting is filled through the press of a switch and the release is controlled by a solenoid valve. As a result of testing, the balance was developed to weigh and package dry, granular goods weighing up to 5 kg. The test results give very good accuracy in use, with an average error value of 1.55% compared to standard balances.

Keywords: Weighing machine, Microcontroller, Solenoid valve

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

¹ Faculty of Engineering, Southeast Asia University

* Corresponding author. E-mail: panyam@sau.ac.th

บทนำ

ในการจำหน่ายผลิตผลทางการเกษตรที่มีการผลิตนั้น จะต้องมีการบรรจุในภาชนะต่างๆ ที่มีขนาดบรรจุหลากหลายกันนั้น เพื่อทำการจัดจำหน่ายในพื้นที่ต่างๆ ในการบรรจุอาจใช้แรงงานคนในการบรรจุหรือใช้เครื่องจักรอุตสาหกรรมในการบรรจุ ในการใช้แรงงานคนในการบรรจุนี้จะใช้เวลานาน และอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้น มากกว่าการใช้เครื่องจักรในการบรรจุ ซึ่งจะมีความถูกต้อง ลดกระบวนการ และสามารถลดจำนวนแรงงานคนได้ แต่เครื่องจักรก็ยังมีราคาที่สูง ทำให้ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กมีต้นทุนในการผลิตที่สูงจึงไม่สามารถลงทุนได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการจัดสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักและบรรจุกึ่งอัตโนมัติที่มีคุณภาพและราคาถูก เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยผู้ประกอบการลดแรงงาน ลดเวลาในการผลิต ลดต้นทุนในการผลิต และยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับการบรรจุผลผลิตอื่นๆ ต่อไป

วิธีการศึกษา

ไมโครคอนโทรลเลอร์ DSPIC30F4011-30I/P

ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทไมโครชิพในตระกูล dsPIC30F เป็นตระกูลที่ได้นำส่วนประกอบต่างๆ มารวมกันไว้ เช่น PROGRAM MEMORY, EEPROM, RAM, UART modules, SPI modules, I2C, PWM, A/D, Watchdog Timer ฯลฯ ในการใช้งานจึงสะดวกเนื่องจากการต่ออุปกรณ์เสริมจำนวนไม่มากในแต่ละงาน ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยอินพุตเอาพุต โมดูลไทม์เมอร์, โมดูล CCP (Capture, Compare, PWM), ส่วนตรวจจับสัญญาณขนาด 16 บิต, ส่วนเปรียบเทียบสัญญาณขนาด 16 บิต, วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต, วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรม (UART, SPI, I2C) เป็นต้น ซึ่งในแต่ละส่วนอาจจะมีหลายโมดูล จึงสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมของแต่ละงานที่มีลักษณะการจัดขาต่างๆ ดังรูปที่ 1 (สมบุญธรรม เนียมกล้า, 2547)

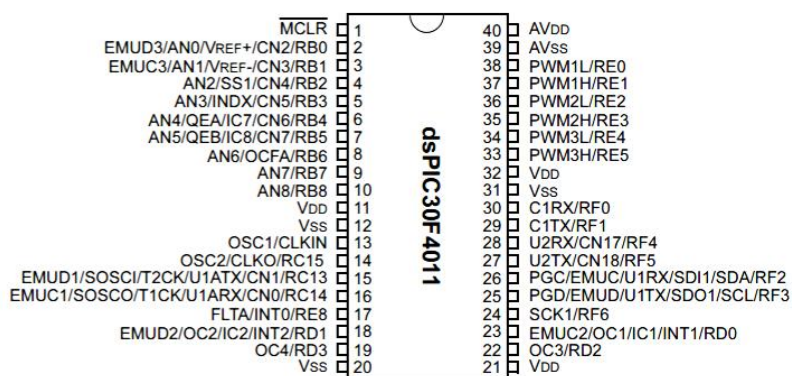


Figure 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

โหลดเซลล์ (Load Cell)

โหลดเซลล์ที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นโหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ ซึ่งจะเปลี่ยนแรงที่มากระทำกับโหลดเซลล์เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยในการใช้เป็นเครื่องมือวัดนี้ จะต้องยึดติดกับโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนรูปเมื่อมีแรงหรือน้ำหนักมากระทำ ส่วนมากจะใช้เกจวัดความเครียด 4 ตัวประกอบเป็นวงจร ในการวัดเพื่อให้ได้ความไวสูงสุดและในขณะเดียวกันก็มีการชดเชยผลของอุณหภูมิในระหว่างทำการวัดด้วย เกจทั้งสี่จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อช่วยในการ

ปรับตั้งค่าชดเชยวงจร โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่จะอยู่ในสภาพถูกดึง 2 ตัวและอีก 2 ตัวอยู่ในสภาพถูกกด ดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อมีน้ำหนักมากระทำ จึงเกิดความเครียดขึ้นส่งผลให้เกิดจะเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าในสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำ

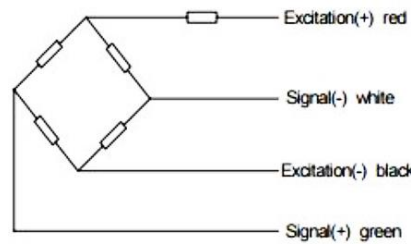


Figure 2 ระบบของโหนดเซลล์

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

ในการทำงานของระบบนิวเมติกส์ให้เป็นไปตามที่ต้องการนั้นจะมีความทำงานในลักษณะทำงานและหยุดทำงานเช่นกัน ดังนั้น ในการทำงานให้มีลักษณะการทำงานแบบปิดและเปิดที่มีแรงกระทำด้วยแรงลม จึงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำการเลื่อนกลไกเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งได้ อุปกรณ์ที่ใช้คือวาล์ว ซึ่งในการกำหนดให้เปลี่ยนตำแหน่งของวาล์วควบคุมนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การเปลี่ยนโดยใช้กลไก การเปลี่ยนโดยใช้กลไก การเปลี่ยนโดยใช้ความดันลมควบคุม การเปลี่ยนโดยใช้ไฟฟ้าควบคุม ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงวาล์วที่ใช้สัญญาณไฟฟ้าเป็นตัวควบคุมในการเปลี่ยนตำแหน่งหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าโซลินอยด์วาล์ว

สภาวะปกติ เมื่อยังไม่มีสัญญาณไฟฟ้าที่ขดลวดโซลินอยด์จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็ก แรงสปริงจะดันให้ลิ้นของวาล์วปิดทางลมจาก P ไม่ให้ผ่านไปยัง A ดังรูปที่ 3 (ก) สภาวะทำงาน เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเคลื่อนลิ้นของวาล์วให้เคลื่อนที่ขึ้นเปิดทางลมเป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง A ได้ ดังรูปที่ 3 (ข)

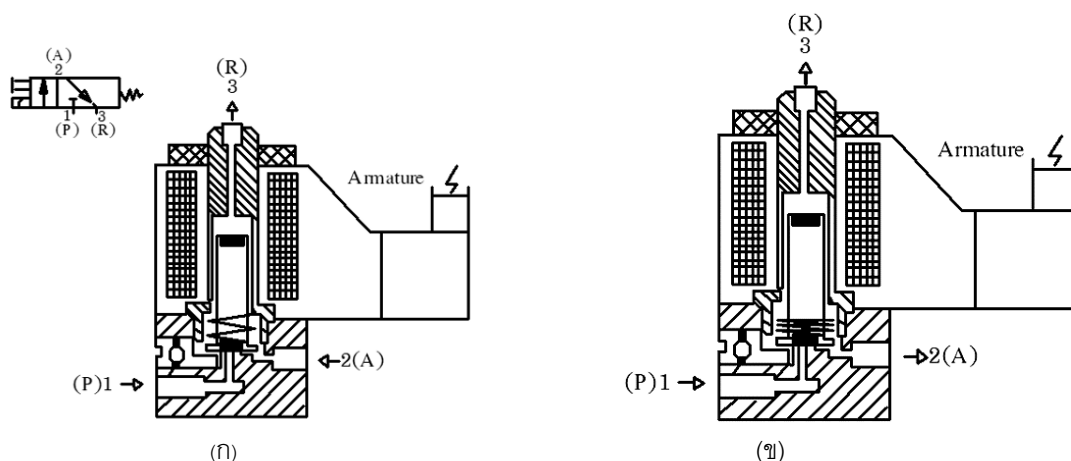


Figure 3 (ก) สภาวะปกติของโซลินอยด์ (ข) สภาวะทำงานของโซลินอยด์

การออกแบบและขั้นตอนการทำงาน

ในการออกแบบได้ทำการสร้างถังพักสำหรับบรรจุและปล่อยสินค้าลงในถังบรรจุในแนวดิ่ง โดยมีโซลินอยด์วาล์วเป็นอุปกรณ์ควบคุมการปล่อยหรือหยุดปล่อยตามน้ำหนักที่ต้องการ และมีจุดรับการปล่อยภายในภาชนะบรรจุที่ติดตั้งโหลดเซลล์รับน้ำหนัก ส่วนของการชั่งน้ำหนักนั้นเริ่มจากเมื่อทำการเปิดเครื่อง เครื่องจะโหลดค่าที่ตั้งไว้ที่ 1 กิโลกรัม เมื่อต้องการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักอื่นโดยกดที่สวิตช์เลือกค่าน้ำหนักเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กิโลกรัม แล้วกดปุ่มเริ่ม(Start) ไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งให้โซลินอยด์วาล์วอยู่สภาวะทำงาน ทำการปล่อยสินค้าใส่ถุงที่วางอยู่บนตัวชั่งน้ำหนัก เมื่อได้ค่าตามที่ตั้งไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งโซลินอยด์วาล์วอยู่สภาวะปกติ หยุดจ่ายผลิตภัณฑ์ในการแสดงผลจะแสดงน้ำหนักที่ได้จริง บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบแสดงรูปที่ 4

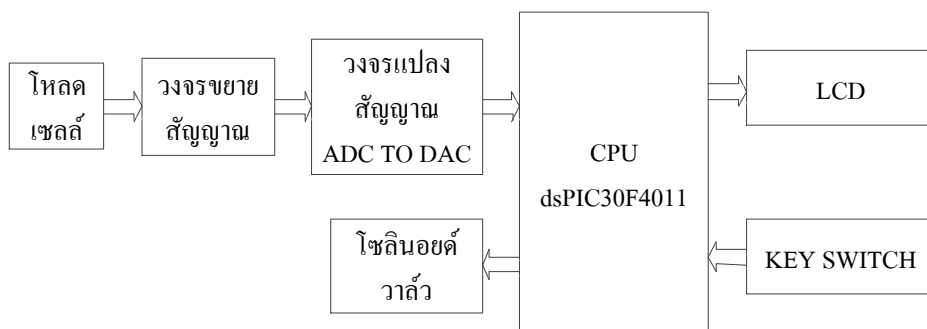


Figure 4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก และบรรจุกิ่งอัตโนมัติ

ไมโครโหลดเซลล์ (Micro Load Cell CZL635)

ข้อมูลของโหลดเซลล์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่าแรงดันเอาต์พุต $1\text{ mV/V} \pm 1$ โวลต์ แรงดันไฟฟ้ากระตุ้นที่ป้อนให้กับโหลดเซลล์มีค่า 5 โวลต์ ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตของโหลดเซลล์ที่วัดได้จากการทดลองชั่งน้ำหนัก 10,000 กรัม ทำการขยายแรงดันให้อยู่ในช่วง 0-5 V เพื่อใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วงจรขยายสัญญาณ (Instrument Amp)

สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากโหลดเซลล์มีค่าแรงดันที่ต่ำมากมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ไม่อยู่ในย่านเหมาะสมที่จะใช้งานได้ จึงต้องทำการขยายให้มีสัญญาณสูงขึ้น โดยนำสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรขยายอินสตรูเมนต์แอมป์เบอร์ INA125 ที่มีความแม่นยำสูง จัดวงจรให้มีอัตราขยาย 6000.4 เท่า ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว, 2531)

$$G = 4 + \frac{60k\Omega}{R_G} \quad (1)$$

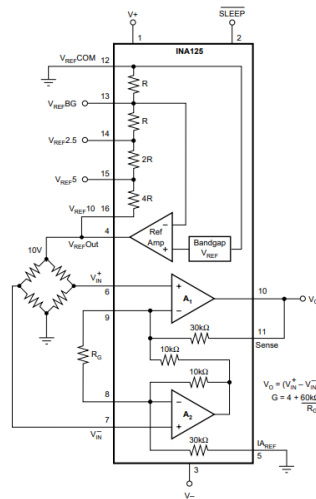
โดยที่

G คือ อัตราขยายสัญญาณ จากสมการวงจรขยายสัญญาณได้ใช้ความต้านทาน R_G คือ 10 โอห์ม ดังนั้น อัตราขยายสัญญาณจึงขยายได้ 6,004 เท่า ดังรูปที่ 5 (ก)

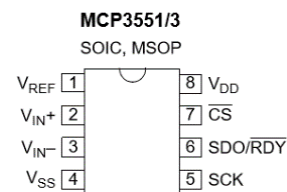
การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตมีช่วงการเปลี่ยนแปลง 0-5 โวลต์ ในการออกแบบเมื่อต้องการให้ความถูกต้องจึงจำเป็นต้องใช้การแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่มีจำนวนบิตที่มากกว่า 10 บิต ที่มีอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงได้ทำการเลือกใช้ไอซีเบอร์ MCP3551 เป็นไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลของบริษัทไมโครชิพ ดังรูปที่ 5 (ก) มีขนาด 22 บิต ทำให้มีความละเอียดของสัญญาณเป็น 1.19 ไมโครโวลต์ จากสมการที่ 2 เมื่อสามารถรับสัญญาณอนาล็อกอินพุตในช่วง 5 โวลต์ (ณัฐพล วงศ์สุรทชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพจจิตรวิไล, 2550)

$$\text{ความละเอียดการแปลงสัญญาณ} = (1 \times V_{\text{ref}}) / 2^N \quad (2)$$



(ก)



(ข)

Figure 5 (ก) วงจรขยายสัญญาณ (Instrument Amp) (ข) MCP3551

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011 เพื่อสะดวกในการพัฒนาโปรแกรม ประมวลผลตามเงื่อนไขของงานวิจัย และแสดงผลของจอ LCD ดังรูปที่ 6 (ระจิน พลังสันติ, 2551)

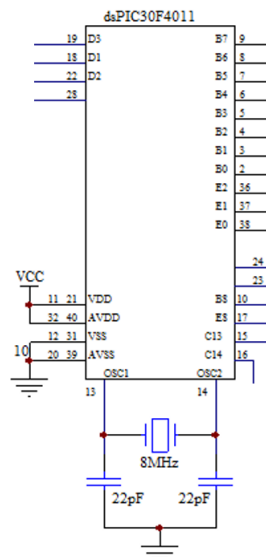


Figure 6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7

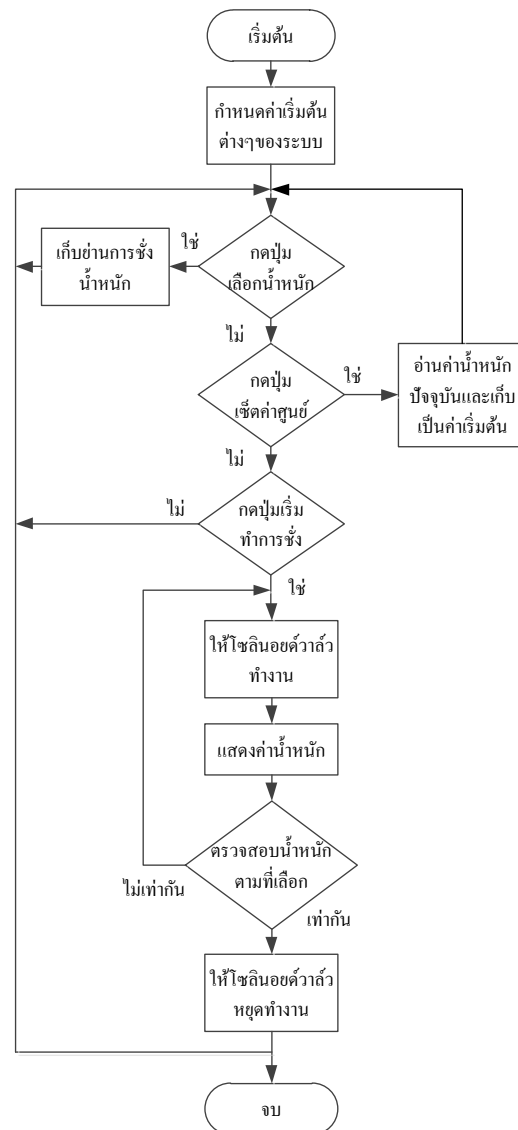


Figure 7 การทำงานของโปรแกรมเครื่องชั่งน้ำหนักและบรรจุภัณฑ์อัตโนมัติ

โครงสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักและบรรจุภัณฑ์อัตโนมัติ

ลักษณะโครงสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักและบรรจุภัณฑ์อัตโนมัติ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8



Figure 8 โครงสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักและบรรจุข่าวกึ่งอัตโนมัติ

วงจรรวมของเครื่องชั่ง และบรรจุกึ่งอัตโนมัติ

วงจรรวมของเครื่องชั่ง และบรรจุกึ่งอัตโนมัติ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 9 (Thomas L.Floyd, 2005)

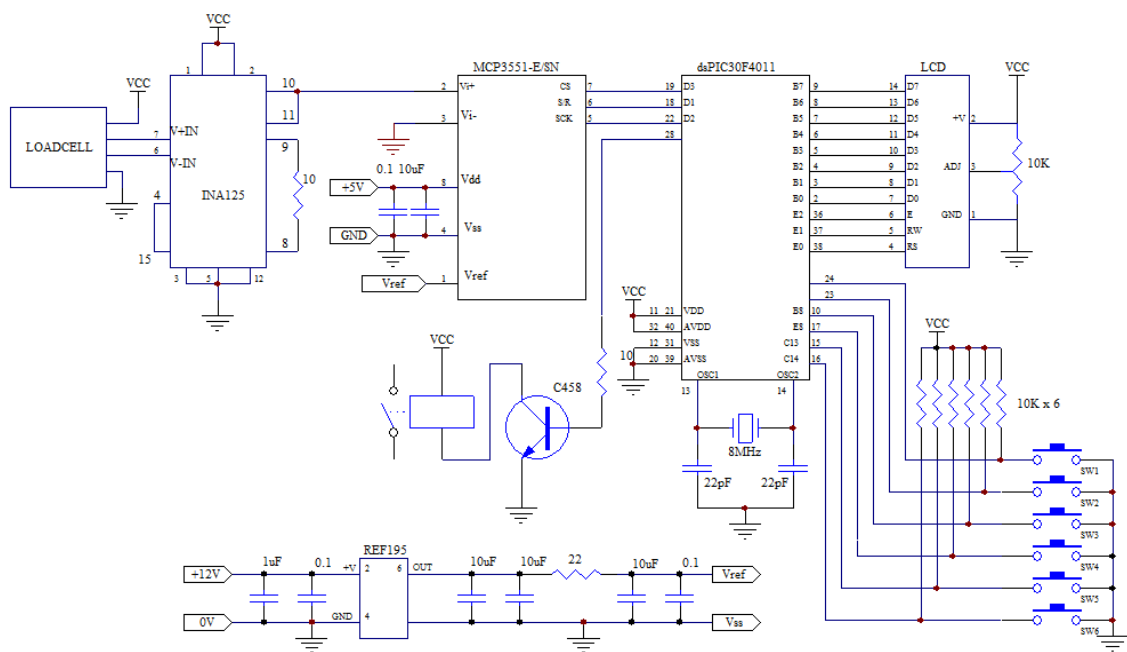


Figure 9 วงจรรวมของเครื่องชั่งและบรรจุกึ่งอัตโนมัติ

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบและอภิปรายผล

ในการทดสอบได้ทำการชั่งน้ำหนักของข้าวสารโดย เริ่มจากการชั่งน้ำหนักที่ 1 กิโลกรัม จากเครื่องชั่งที่สร้างขึ้น แล้วนำข้าวสารที่บรรจุได้ไปชั่งน้ำหนักที่เครื่องชั่งมาตรฐาน ทำจนครบทั้งหมด 10 ครั้ง ขั้นตอนต่อไปทำการเปลี่ยนน้ำหนักเป็น 2, 3, 4 และ 5 กิโลกรัม ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10-14

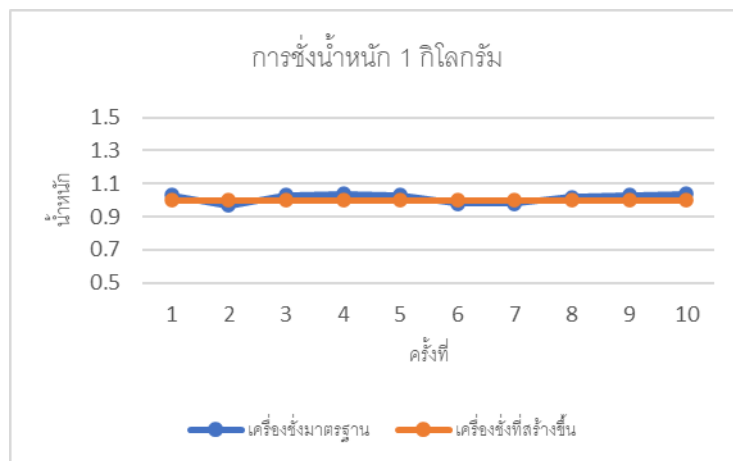


Figure 10 ผลการทดสอบการชั่งที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม

จากรูปที่ 10 ผลการทดลองชั่งน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักได้อยู่ระหว่าง 0.97-1.04 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในช่วง -3.0% ถึง +4.0% โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 2.90 %

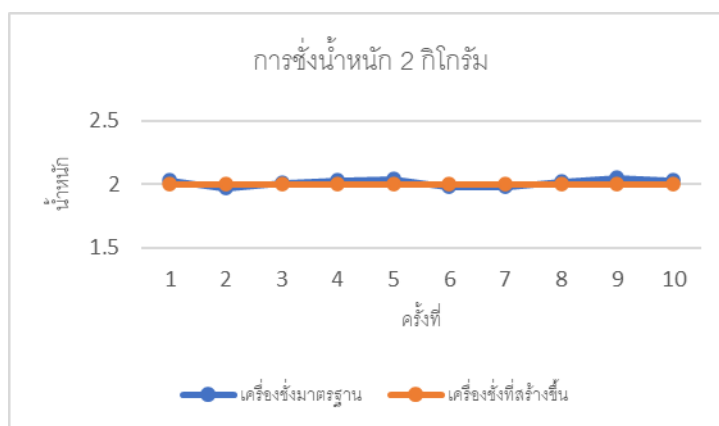


Figure 11 ผลการทดสอบการชั่งที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม

จากรูปที่ 11 ผลการทดลองชั่งน้ำหนัก 2 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักได้อยู่ระหว่าง 1.97-2.04 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด อยู่ในช่วง -1.50% ถึง +2.50% โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 1.40 %

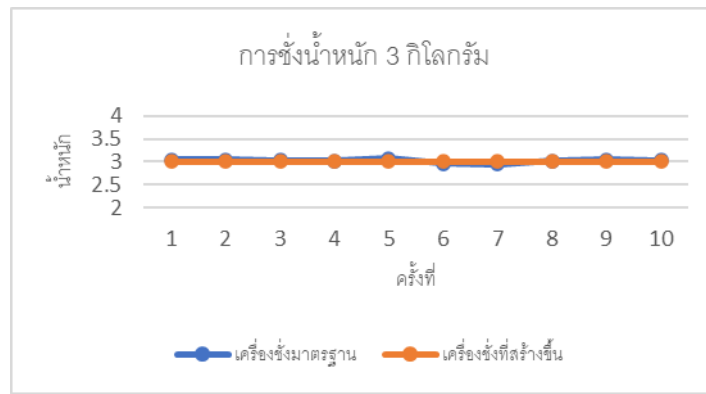


Figure 12 ผลการทดสอบการชั่งที่น้ำหนัก 3 กิโลกรัม

จากรูปที่ 12 ผลการทดลองชั่งน้ำหนัก 3 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักได้อยู่ระหว่าง 2.95-3.05 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด อยู่ในช่วง -1.67% ถึง +2.67% โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 1.47 %

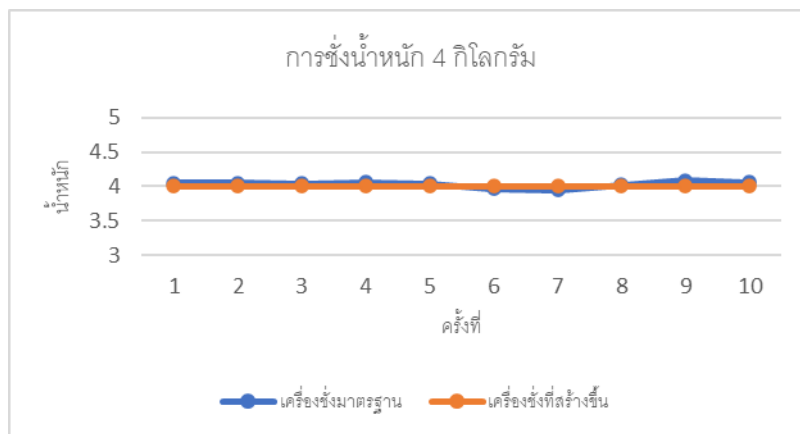


Figure 13 ผลการทดสอบการชั่งที่น้ำหนัก 4 กิโลกรัม

จากรูปที่ 13 ผลการทดลองชั่งน้ำหนัก 4 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักได้อยู่ระหว่าง 3.95-4.06 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด อยู่ในช่วง -1.25% ถึง +2.25% โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 1.22 %

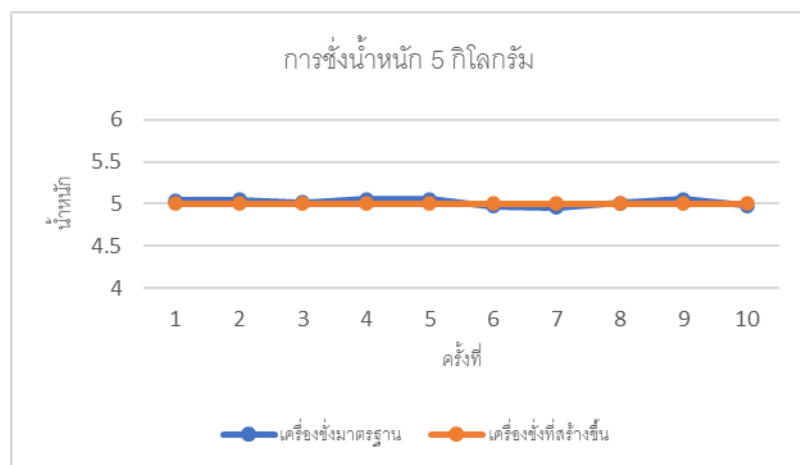


Figure 14 ผลการทดสอบการชั่งที่น้ำหนัก 5 กิโลกรัม

จากรูปที่ 14 ผลการทดลองชั่งน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักได้อยู่ระหว่าง 4.96-5.06 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ในช่วง -0.80% ถึง +1.20% โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 0.78 %

จากผลการทดสอบชั่งน้ำหนักตั้งแต่ 1-5 กิโลกรัม มีช่วงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำสุด สูงสุด และความผิดพลาดเฉลี่ยแสดงได้ดังตารางที่ 1

Table 1 เปอร์เซนต์ความผิดพลาดต่ำสุด สูงสุด และความผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละช่วงของการชั่งน้ำหนัก

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ความผิดพลาด (%)		ความผิดพลาดเฉลี่ย (%)
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	-3.00	+4.00	2.90
2	-1.50	+2.50	1.40
3	-1.33	+2.60	1.47
4	-1.25	+2.25	1.22
5	-0.80	+1.20	0.78
ค่าเฉลี่ยรวม			1.55

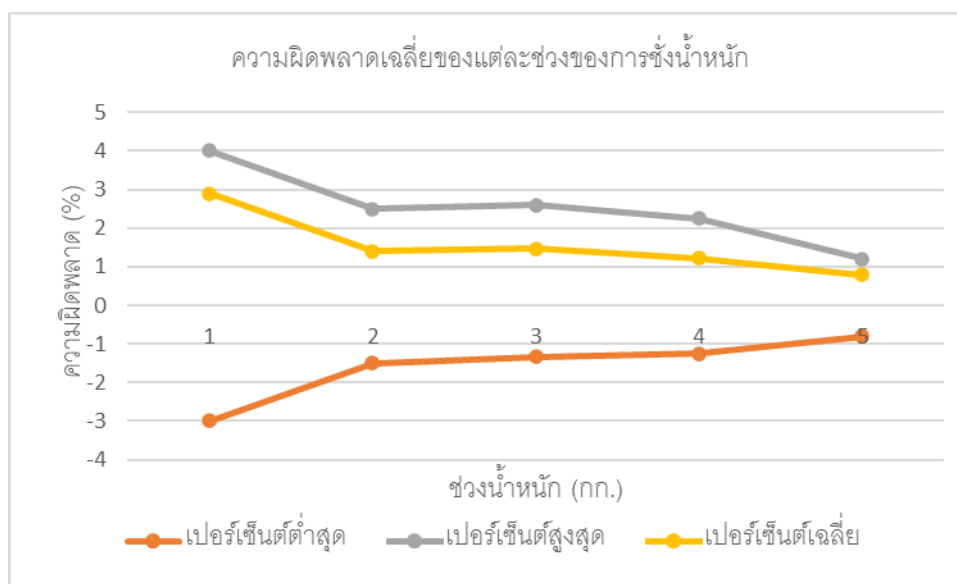


Figure 15 ความผิดพลาดเฉลี่ยของแต่ละช่วงของการชั่งน้ำหนัก

สรุป

สรุปผล

จากผลการทดสอบจะเห็นว่า ค่าความผิดพลาด มีค่าน้อยลงเมื่อน้ำหนักในการทดสอบชั่งมากขึ้น อันเนื่องจากการคำนวณค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น ในช่วงที่มีน้ำหนักน้อยมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์จึงทำให้มีค่าที่สูง สำหรับความเร็วในการบรรจุสินค้านั้นจะขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ใช้งาน ดังนั้นจากการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนักและบรรจุภัณฑ์อัตโนมัติ จะเห็นว่าสามารถใช้งานได้จริง ช่วยลดกระบวนการในการบรรจุ ช่วยลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการเหนื่อยล้าของผู้บรรจุได้ จากผลการทดสอบดังตารางที่ 1 และรูปที่ 15 จะพบว่ามีความ

ผิดพลาดเฉลี่ย 1.55 เปอร์เซ็นต์ จากค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น ยังสามารถปรับปรุงให้มีค่าความถูกต้องให้มากขึ้นได้ โดยการพัฒนาชุดควบคุมให้มีการเปลี่ยนย่านการขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Load Cell) ให้อยู่ในย่านที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้นก็จะทำให้ค่าความผิดพลาดมีค่าต่ำลง

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐฐพล วงศ์สุนทรชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2550). *เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628*. กรุงเทพฯ: อินโนเวทีฟ เอ็ดดูเคชัน.
- ระจิน พลังสันติ. (2551). *PIC C Programming กับ CCS C คอมไพเลอร์ (All About CCS C)*. กรุงเทพฯ: แอปซอพ-เทค.
- สมบุญ เนียมกล้า. (2547). *เรียนรู้และประยุกต์ใช้งาน PIC Microcontroller*. กรุงเทพฯ : เอดิสันเพรสโปรดัก.
- สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. (2531). *ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- Thomas L.Floyd. (2005). *Electronic Devices*. Singapore: Pearson Prentice Hall.