

เครื่องบรรจุของเหลวกึ่งอัตโนมัติ

SEMI – AUTOMATIC LIQUID FILLING MACHINE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุญาตให้นำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ปีการศึกษา 2560

# SEMI – AUTOMATIC LIQUID FILLING MACHINE



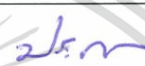



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)  
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงการพิเศษ เครื่องบรรจุของเหลวกึ่งอัตโนมัติ  
 Semi – Automatic Liquid Filling Machine  
 ชื่อนักศึกษา นายอลังการ แสนเย็น รหัสนักศึกษา 57051059  
 ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
 ภาควิชา ฟิสิกส์  
 อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรชาติ กมลติลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้  
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
 ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ ประธานกรรมการ	
ดร.วิฑูรย์ ยืนดีสุข กรรมการ	
อาจารย์ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
อาจารย์สุรชาติ กมลติลก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	เครื่องบรรจุของเหลวกึ่งอัตโนมัติ		
ชื่อนักศึกษา	นายอสังการ แสนเย็น	รหัสนักศึกษา	57051059
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)		
ภาควิชา	ฟิสิกส์		
คณะ	วิทยาศาสตร์		
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรชาติ กมลติลก		

### บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้เป็นการสร้างและจัดทำเครื่องบรรจุของเหลวกึ่งอัตโนมัติ เพื่อศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งคำนึงจากกระบวนการผลิตและตรงกับความต้องการของผู้ใช้ โดยศึกษาลักษณะการทำงานของไหลเซลล์เพื่อนำสัญญาณอนาล็อกส่งไปยัง Arduino เพื่อให้สัญญาณ output ไปสั่งให้วาล์วทำงาน ดังนั้นการวัดน้ำหนักของไหลเซลล์กับการเปิดปิดของวาล์วจึงต้องมีความสัมพันธ์กัน เมื่อไหลเซลล์รับน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักของภาชนะที่ใช้จะส่งผลให้วาล์วเปิด และเมื่อได้รับน้ำหนักที่ต้องการหรือตรงตามที่กำหนดตามที่กำหนดวาล์วจะปิด

คำสำคัญ : กึ่งอัตโนมัติ เครื่องบรรจุของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Semi – Automatic Liquid Filling Machine		
Student	Mr. Alangkarn Sanyen	Student ID	57051059
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)		
Department	Faculty of Science		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic	2017		
Advisor	Mr. Surachart Kamoldilok		

### Abstract

special project was to create a semi – auto liquid filling machine in food industry. To the filling, want to know manufacture process and user by know loadcell character and take signal from loadcell to Arduino for control an electrical valve. So, weight measurement and control an electrical valve have relationship. When load cell get weight of package Arduino will control valve is open and when required weight valve is closed.

Keywords : Liquid Filling Machine, Semi – Automatic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงส่งจาก อาจารย์สุรชาติ กมลติก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยตรวจแก้ไขในการจัดโครงการพิเศษ มีความซาบซึ้งและถือเป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาฟิสิกส์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาให้ความรู้ให้คำแนะนำ และให้ความคิดเห็น ทำให้ได้ข้อมูลในการวิจัยอย่างครบถ้วน

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ภาควิชาฟิสิกส์ทุก ๆ คน ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในโครงการพิเศษนี้จนสำเร็จ

คุณงามความดีอันพึงมีจากโครงการพิเศษฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง และคณาจารย์ผู้ประสพวิชาความรู้ ตลอดจนทุก ๆ ท่านที่ให้กำลังใจช่วยเหลือตลอดจนกระทั่งโครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

อลังการ แสนเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ	3
2.1.1 ผลิตภัณฑ์ของแห้ง	3
2.1.2 ผลิตภัณฑ์ของเหลว	3
2.2 ประเภทของวัตถุดิบที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์	4
2.2.1 บรรจุภัณฑ์แข็งตัว	4
2.2.2 บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว	4
2.2.3 บรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม	4
2.3 ระบบการบรรจุของเหลว	4
2.3.1 การบรรจุแบบปริมาตรคงที่	4
2.3.2 การบรรจุแบบระดับคงที่	5
2.3.2.1 แบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Level Sensing)	5
2.3.2.2 แบบความดัน (Pressure)	5
2.3.2.3 แบบใช้แรงโน้มถ่วง (Gravity)	5
2.3.2.4 แบบสุญญากาศ	5
2.4 แผนผังวิธีการต่าง ๆ ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ของเหลว	6
2.5 วิธีการบรรจุของเหลว	6
2.5.1 วิธีให้ภาชนะเคลื่อนที่	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับอาจารย์และเพื่อนร่วมวิชาชีพเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.2 วิธีให้ท่อบรรจุเคลื่อนที่	7
2.6 อุปกรณ์	7
2.6.1 Arduino	7
2.6.2 โหลดเซลล์	8
2.6.3 HX711	9
2.6.4 วาล์วไฟฟ้า	9
2.6.5 รีเลย์	10
2.6.6 ซ็อกเก็ต	10
2.6.7 ทรานซิสเตอร์	11
2.6.8 ถังน้ำแสดนเลส	11
2.6.9 แผ่นอะคริลิก	12
2.7 หลักการทำงานของโหลดเซลล์	12
2.8 หลักการทำงานของวาล์วไฟฟ้า	14
2.8.1 การกลับทิศทางของวาล์ว	15
2.8.2 การขับมอเตอร์ด้วยรีเลย์	15
2.9 การต่อ Arduino กับโหลดเซลล์	16
2.10 การต่อ Arduino กับวาล์วไฟฟ้า	16
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	<b>17</b>
3.1 ขั้นตอนการทำงาน	18
3.1.1 การสอบเทียบโหลดเซลล์	18
3.1.2 การควบคุมวาล์วไฟฟ้าเพื่อให้ได้น้ำหนักที่ต้องการ	18
3.2 การประกอบเครื่อง	19
3.2.1 ส่วนวัดน้ำหนัก	19
3.2.2 ส่วนจ่ายของเหลวลงสู่ภาชนะ	20
3.3 ภาพรวมตัวเครื่องที่เสร็จสมบูรณ์	20
3.4 แผนผังขั้นตอนการทำงาน	21
3.4.1 การสอบเทียบโหลดเซลล์	21
3.4.2 การควบคุมวาล์วไฟฟ้าเพื่อให้ได้น้ำหนักที่ต้องการ	22
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย</b>	<b>23</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น  
 4.1 ผลการประกอบเครื่องและการเขียนโปรแกรม 23  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.1 ผลการประกอบเครื่อง	23
4.1.2 ผลการทดสอบการใช้เครื่อง	23
4.2 ผลการทดลองการใช้เครื่อง	24
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	<b>39</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	39
5.3 ปัญหาที่พบในการวิจัย	39
5.4 แนวทางพัฒนา	40
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	
<b>ภาคผนวก</b>	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 140 กรัม	24
4.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 150 กรัม	25
4.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 160 กรัม	26
4.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 170 กรัม	27
4.5 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 180 กรัม	28
4.6 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 190 กรัม	29
4.7 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 200 กรัม	30
4.8 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 210 กรัม	31
4.9 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 220 กรัม	32
4.10 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 230 กรัม	33
4.11 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 240 กรัม	34
4.12 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 250 กรัม	35
4.13 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 260 กรัม	36
4.14 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 270 กรัม	37
4.15 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 280 กรัม	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	6
2.2	7
2.3	8
2.4	8
2.5	9
2.6	9
2.7	10
2.8	10
2.9	11
2.10	11
2.11	12
2.12	12
2.13	13
2.14	13
2.15	14
2.16	15
2.17	15
2.18	16
2.19	16
3.1	17
3.2	19
3.3	19
3.4	20
3.5	20
3.6	20
3.7	21
3.8	22
4.1	23
4.2	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอุตสาหกรรมผลิตและการบรรจุนั้นหากใช้แรงงานคนเพียงอย่างเดียวจะใช้เวลามากและมีความคลาดเคลื่อนของมนุษย์ ในอุตสาหกรรมที่จะนำไปใช้เป็นอุตสาหกรรมเกี่ยวกับของเหลว ชนิดน้ำผลไม้ บรรจุในขวดแก้ว ในปัจจุบันการบรรจุนั้นใช้วิธีการกรอกร้อนด้วยมือ มีผลทำให้ใช้เวลาในการบรรจุและมีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นจึงมีการริเริ่มคิดสร้างเครื่องจักรที่สามารถช่วยในการลดเวลาและลดความคลาดเคลื่อนของกระบวนการผลิต โดยไม่ต้องใช้มือกรอกร้อนอีกต่อไป

เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เครื่องผลิตที่มีหลายขั้นตอนในการผลิตจะใช้พื้นที่และต้นทุนสูง ซึ่งเครื่องบรรจุแบบ semi - auto ใช้พื้นที่และต้นทุนน้อย และลดปัญหาปริมาณไม่เท่ากันในแต่ละขวดเพื่อให้ได้สินค้าที่มีมาตรฐานมากขึ้น จึงเห็นว่าควรพัฒนากระบวนการบรรจุเพื่อให้ได้มาตรฐาน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อลดเวลากระบวนการบรรจุ

1.2.2 เพื่อเพิ่มมาตรฐานผลิตภัณฑ์ โดยบรรจุภัณฑ์มีปริมาณเท่ากันทุกขวด

### 1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

โครงการมีระยะเวลาในการจัดทำรวมทั้งสิ้น 7 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2560 ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2561 ซึ่งมีแผนดำเนินงานแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังตารางที่ 1.3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 1.3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินการ	ระยะเวลา						
	ก.ย. 2560 - มี.ค. 2561						
	ก.ย. 2560	ต.ค. 2560	พ.ย. 2560	ธ.ค. 2560	ม.ค. 2561	ก.พ. 2561	มี.ค. 2561
1.ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่อง บรรจุของเหลว และ เครื่องมือวัดในงาน อุตสาหกรรม							
2.ออกแบบเครื่องบรรจุ ของเหลว							
3.ประดิษฐ์เครื่องบรรจุ ของเหลว							
4.เขียนโปรแกรมลักษณะการ ทำงานของเครื่อง							
5.ตรวจสอบและทดลองใช้							
6.สอบเทียบเครื่องมือ							
7.สรุปผลการวิจัยและ นำเสนอ							

### 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

พัฒนาเครื่องบรรจุของเหลวแบบ semi – auto กล่าวคือเมื่อผู้ใช้งานวางบรรจุภัณฑ์ที่เครื่องบรรจุของเหลวในตำแหน่งของปากท่อ เมื่อเครื่องบรรจุของเหลวรับรู้ว่ามีบรรจุภัณฑ์อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องจะเปิดให้น้ำไหล โดยมีมือหรือที่เก็บของเหลวอยู่ด้านบนสุดของเครื่อง

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถประยุกต์ใช้ Sensor เพื่อการวัดในอุตสาหกรรม

1.5.2 สร้างเครื่องบรรจุของเหลวกึ่งอัตโนมัติที่สามารถใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือในอุตสาหกรรมอาหาร มีส่วนที่ต้องศึกษาคือการบรรจุภัณฑ์ และวิธีการบรรจุ ในส่วนของการบรรจุภัณฑ์จะแบ่งเป็นประเภทของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ และชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ และในส่วนของวิธีการบรรจุ คือการเลือกใช้ระบบในการบรรจุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ และวิธีการวัดปริมาตรหรือระดับของผลิตภัณฑ์เมื่อบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์

### 2.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ

ระบบการบรรจุแบ่งตามประเภทสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของแข็ง และผลิตภัณฑ์ของเหลว

#### 2.1.1 ผลิตภัณฑ์ของแข็ง

ผลิตภัณฑ์ของแข็งจะครอบคลุมไปถึงผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้นเป็นเม็ด เป็นก้อนหรือเป็นแผ่น ซึ่งสามารถทำการนับได้ ผลิตภัณฑ์ของแข็งนี้รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกล็ด ที่สามารถไหลตกได้ด้วยตัวเอง คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การมีความหนาแน่นคงที่ ซึ่งทำให้มีความสะดวกและแน่นอนในการบรรจุ การชั่งตวง ส่วนผลิตภัณฑ์ไม่สามารถไหลตกได้ด้วยตัวเองอย่างอิสระและมีลักษณะจับกันแน่นเป็นกลุ่มหรือเป็นก้อน หรือเป็นผงละเอียด ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความหนาแน่นไม่คงที่ จึงไม่สามารถบรรจุโดยแรงโน้มถ่วงได้ แต่ต้องอาศัยระบบเกลียวช่วยในการส่งผ่านสู่ท่อบรรจุ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นชิ้น เช่น มันฝรั่งทอด ซึ่งคุณลักษณะแตกหักง่าย การใช้ระบบการบรรจุป้อนแบบสั่นสะเทือน และการบรรจุแบบน้ำหนักสุทธิต่อจะเป็นการบรรจุที่เหมาะสมกว่า

#### 2.1.2 ผลิตภัณฑ์ของเหลว

ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวข้นต่ำ ซึ่งสามารถไหลตกได้ด้วยตัวเองจะบรรจุได้ง่าย ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวข้นสูง จำเป็นต้องออกแบบเครื่องจักรให้ช่วยอัดหรือดันทำให้บรรจุยากกว่าในการบรรจุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆของผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นของเหลว เช่น อุณหภูมิในการบรรจุ แนวน้ำมันที่จะรวมตัวกับอากาศ ความตึงผิวผิวหน้า เป็นต้น ผลิตภัณฑ์บางประเภทจะมีส่วนผสมและมีมวลแขวนลอย เช่น ซุปกึ่งสำเร็จรูปจะมีผักหลายชนิดพร้อมทั้งเนื้ออบแห้งและน้ำซุปผสมอยู่ ซึ่งไม่สามารถจะทำการบรรจุในคราวเดียวกัน ที่ทำให้ส่วนผสมมีสัดส่วนเหมาะสมตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ประเภทของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

เมื่อพิจารณาถึงสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ สามารถแบ่งบรรจุภัณฑ์ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ บรรจุภัณฑ์แข็งตัว บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว บรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม

### 2.2.1 บรรจุภัณฑ์แข็งตัว (Rigid Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทแข็งตัวได้แก่ แก้ว กระจก โลหะและพลาสติกแข็งตัว ส่วนมากเป็นพลาสติกฉีด บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีความแข็งแรงคงรูปได้ดี ลำเลียงบนสายพานได้สะดวก สามารถใช้กับเครื่องบรรจุของเหลวระบบสุญญากาศและระบบที่ใช้ความดันได้ และทำการบรรจุได้เร็วกว่า

### 2.2.2 บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว (Semi-Rigid Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทกึ่งแข็งตัว เช่น ขวดพลาสติกขึ้นรูปด้วยการเป่า ถาดโฟม ถ้วยหรือไอศกรีม ขึ้นรูปด้วยความร้อนและสุญญากาศ บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีข้อจำกัดการรับแรงอัดและแรงดันจึงบรรจุแบบสุญญากาศไม่ได้

### 2.2.3 บรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม (Flexible Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนนุ่ม เช่น ซองและถุง ไม่สามารถรักษารูปร่างหรือมิติได้ จึงต้องมีอุปกรณ์ช่วยระหว่างทำการบรรจุ และมักใช้ระบบการบรรจุแบบกระบอกสูบลอดใส่ถุงบรรจุภัณฑ์

## 2.3 ระบบการบรรจุของเหลว

การบรรจุของเหลวแยกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. การบรรจุแบบปริมาตรคงที่ (Measured Dosing)
2. การบรรจุแบบระดับคงที่ (Filling to give level)

### 2.3.1 การบรรจุแบบปริมาตรคงที่ (Measured Dosing)

การบรรจุแบบวัดปริมาตร ระดับการเติมจะไม่คงที่ ปริมาตรของเหลวที่ถูกต้องจะถูกบรรจุในภาชนะบรรจุโดยใช้กระบอกสูบหรือกระบอกตวง ซึ่ง อย่างอื่น ดังนั้น ระบบการบรรจุแบบปริมาตรคงที่จะใช้กับ

1. ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง
2. ผลิตภัณฑ์ที่ขายตามน้ำหนัก
3. ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคชั้นสุดท้ายต้องการน้ำหนักหรือปริมาตรที่ถูกต้อง
4. ผลิตภัณฑ์ทางยาหรือสารเคมีที่ต้องการปริมาตรการบริโภคและการใช้ที่ถูกต้อง
5. ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวเข้มข้นและไม่สามารถไหลได้ด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3.2 การบรรจุแบบระดับคงที่ (Filling to give level)

การบรรจุแบบกำหนดระดับของเหลวให้คงที่ จะใช้กับผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีราคาต่ำจนถึงปานกลาง ตัวอย่างเช่น น้ำอัดลม เบียร์ และซอส ซึ่งปริมาณที่ถูกต้องไม่มีสาระสำคัญนัก การบรรจุแบบระดับคงที่นี้สามารถสังเกตโดยใช้สายตาวัดระดับ ในขณะที่เดียวกันภาชนะบรรจุจะมีปริมาตรบรรจุไม่คงที่เนื่องจากความหนาของผนังของภาชนะบรรจุไม่สม่ำเสมอ ถ้าทำการบรรจุแบบปริมาตรคงที่ก็จะทำให้ระดับความสูงในการบรรจุแตกต่างกันไป ในขณะที่ผู้บริโภคมองจะซื้อภาชนะที่บรรจุในระดับเดียวกัน ด้วยเหตุนี้จึงต้องเอาใจลูกค้าโดยการบรรจุให้ระดับคงที่แม้ว่าการบรรจุแบบระดับคงที่จะไม่คำนึงถึงปริมาตรจริง การบรรจุแบบระดับคงที่ที่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

### 2.3.2.1 แบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Level Sensing)

เป็นการใช้เครื่องส่งสัญญาณ (Sensor) ควบคุมระดับการเติม เมื่อของเหลวถึงระดับที่กำหนดไว้ก็จะหยุดเติม โดยส่งสัญญาณไปสั่งวาล์วให้เปิดหรือปิดวาล์ว

### 2.3.2.2 แบบความดัน (Pressure)

โดยใช้ปั๊มทำให้เกิดแรงดันขึ้น เพื่อให้ความดันอากาศที่ถึงที่เก็บของเหลวมีค่าต้องการกับขวดที่ต้องการบรรจุ ทำให้ของเหลวไหลลงสู่ขวด วิธีการปั๊มไม่จำเป็นต้องยกถังเก็บขึ้นที่สูงและเป็นผลทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์เป็นไปได้เร็วยิ่งขึ้น ระบบการบรรจุแบบใช้ความดันนี้เหมาะที่เข้ากับผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นเหนียว

### 2.3.2.3 แบบใช้แรงโน้มถ่วง (Gravity)

ใช้แรงดึงดูดจากโลกให้ของเหลวไหลโดยน้ำหนักตัวเอง หัวบรรจุจะเป็นจะเป็นแบบที่มีสปริงกีดและมีหัวยางซีลกันรั่ว มีขนาดพอเหมาะที่สามารถกดลงปากขวดได้พอดี เมื่อทำการกดหัวยางลงปากขวดด้วยสปริง ก็จะเป็นจังหวะไปเปิดวาล์ว ของเหลวก็จะไหลจากถังจ่ายที่ตั้งอยู่ตอนบนลงในบรรจุภัณฑ์ ระดับที่เติมจะถูกกำหนดด้วยระดับของท่อน้ำล้น การบรรจุเติมของเหลวด้วยระบบแรงโน้มถ่วงจะไม่เกิดปัญหาเรื่องการหยุดก่อนและหลังการบรรจุ แต่จะทำงานช้ากว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ ด้วยเหตุนี้จึงไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีความหนืดสูงซึ่งจะไหลช้ามาก แบบแรงโน้มถ่วงสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ประเภทคือ

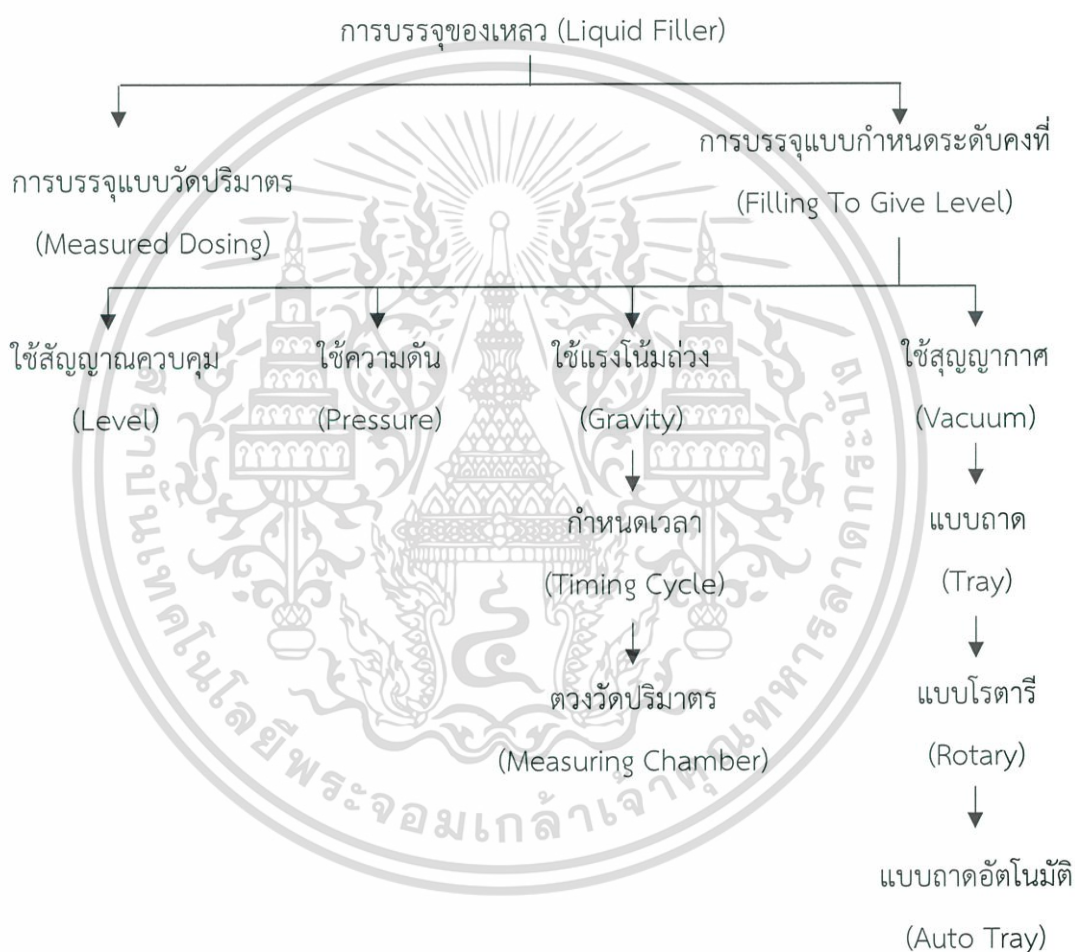
1. แบบกำหนดเวลา (Timing cycle)
2. แบบตวงวัดปริมาตร (Measuring chamber)

### 2.3.2.4 แบบสุญญากาศ (Vacuum)

ใช้สุญญากาศทำให้ของเหลวไหลเรียบผนังด้านในขวดบรรจุภัณฑ์ เมื่อของเหลวเติมในบรรจุภัณฑ์ถึงระดับปลายท่อหัวเติมจะดูดของเหลวที่อยู่เหนือระดับปลายท่อไหลออกไปยังถังน้ำล้นทำให้ของเหลวไม่ขึ้นสูงเกินระดับที่ต้องการบรรจุ ส่วนอากาศในการในการบรรจุ

ภัณฑ์ก็จะดูผ่านปัมสุญญากาศปล่อยทิ้งไว้ การบรรจุแบบสุญญากาศ ใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์ที่เป็นของเหลวที่สามารถไหลได้ด้วยตนเองลงในบรรจุภัณฑ์ประเภทแข็งตัว ซึ่งเป็นวิธีการที่รวดเร็ว ยืดหยุ่น และการลงทุนต่ำ แต่วิธีนี้จำกัดเฉพาะบรรจุภัณฑ์คงรูปที่แข็งตัวเท่านั้น และต้องใช้วิธีการบรรจุแบบระดับคงที่เท่านั้น สิ่งที่ยังระวังคือ บริเวณปากบรรจุภัณฑ์จะต้องไม่บิ่นหรือแตก เนื่องจากจะทำให้การดึงสุญญากาศออกจากขวดไม่สัมฤทธิ์ผล

## 2.4 แผนผังวิธีการต่างๆในการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงชนิดการบรรจุของเหลวต่างๆ

## 2.5 วิธีการบรรจุของเหลว

หากเราพิจารณาจากการเคลื่อนที่ตัวภาชนะและท่อบรรจุสามารถแบ่งวิธีบรรจุของเหลวได้เป็น 2 วิธี ภาชนะเคลื่อนที่ และ ให้ท่อเคลื่อนที่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยี่ห้อที่มีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.1 วิธีให้ภาชนะเคลื่อนที่

เริ่มจากการสอดท่อบรรจุของเหลวลงในภาชนะบรรจุจนถึงระดับหนึ่งแล้วจึงปล่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวไปที่ก้นภาชนะ หรือ ให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวนั้นค่อย ๆ ไหลลงตามผนังภาชนะซึ่งช่วยลดความแรงของการไหลของผลิตภัณฑ์และลดการรวมตัวของการอากาศจนเกิดเป็นฟองอากาศ

### 2.5.2 วิธีให้ท่อบรรจุเคลื่อนที่

ทำโดยการใส่ท่อหรือบรรจุลงไปถึงก้นภาชนะของภาชนะบรรจุแล้วปล่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวให้ไหลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ วิธีการนี้จะช่วยลดฟองในผลิตภัณฑ์และหลีกเลี่ยงการระเหยเป็นไอของผลิตภัณฑ์ การออกแบบของท่อบรรจุของเครื่องบรรจุ สามารถออกแบบทรงแข็งหรือแบบอ่อนนุ่ม ถ้าหัวเติมเป็นแบบทรงแข็ง เวลาที่ทำการบรรจุจะถูกยกขึ้น แล้วเลื่อนต่ำลงในการบรรจุไปเรื่อย ๆ ส่วนท่อบรรจุแบบอ่อนนุ่มจะทำงานแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อสอดท่อบรรจุเข้าไปข้างในบรรจุภัณฑ์แล้ว ตัวต่อท่อจะค่อย ๆ เลื่อนสูงขึ้นในภาชนะ

## 2.6 อุปกรณ์

### 2.6.1 Arduino

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงรูปที่ 2.2 Arduino UNO เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.2 โหลดเซลล์ (Load cell)

โหลดเซลล์ คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ทางเราสามารถนำสัญญาณทางไฟฟ้านี้ไปจ่ายเข้าจอแสดงผล (Display) แสดงค่าเป็นน้ำหนักหรือแรงที่กระทำให้คนเห็นได้

โหลดเซลล์ถูกสร้างมาจากเสตรนเกจ (Strain Gage) ที่จัดเรียงวงจรในรูปแบบวงจรวิทส์โตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge) ซึ่งสามารถแปลงค่าแรงกด หรือแรงดึง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า



รูปที่ 2.3 โหลดเซลล์

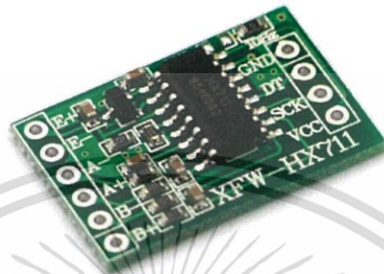
ลักษณะการติดตั้งโหลดเซลล์จะเป็นตามรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 การติดตั้งโหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.3 HX711

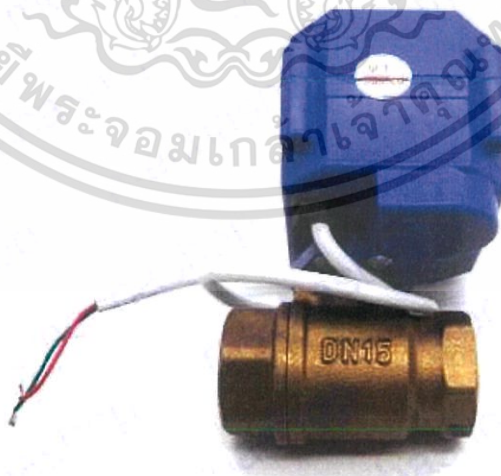
Dual-Channel Weight Sensor Module HX711 โมดูลขยายสัญญาณโหลดเซลล์ สำหรับส่งให้ Arduino เป็นสัญญาณแบบดิจิตอล 24-bit เป็นบอร์ดภาคขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ มีช่องอินพุตสำหรับกับต่อกับโหลดเซลล์ได้โดยตรง ใช้ไฟเลี้ยง 2.6-5.5 โวลต์



รูปที่ 2.5 HX711

### 2.6.4 วาล์วไฟฟ้า (Electric valve)

วาล์วไฟฟ้าเป็นวาล์วที่ควบคุมด้วยการจ่ายไฟกระแสตรงในการควบคุมทิศทางของ วาล์ว จึงจำเป็นต้องใช้รีเลย์มาช่วยในการควบคุมทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมวาล์ว



รูปที่ 2.6 วาล์วไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.5 รีเลย์ (Relay)

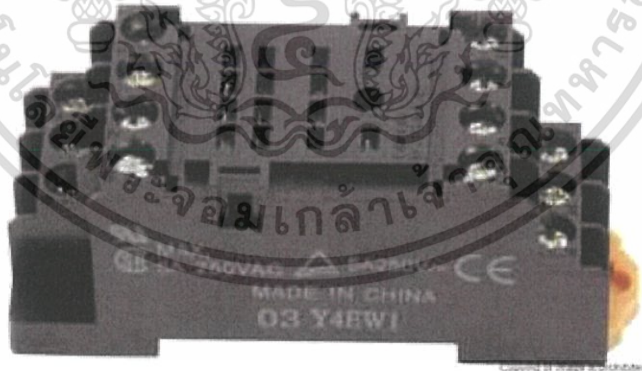
รีเลย์ (Relay) คือ สวิตช์ตัด-ต่อวงจรแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำงานเมื่อมีการจ่ายไฟไปตามกำหนดทำให้เกิดวงจรเปิด เมื่อไม่มีการจ่ายไฟจะทำให้เกิดวงจรปิดทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้รีเลย์เป็นสวิตช์นั้นไม่ทำงาน



รูปที่ 2.7 รีเลย์

### 2.6.6 ซ็อกเก็ต (Socket)

อุปกรณ์ที่ใช้งานและเชื่อมต่อกับรีเลย์

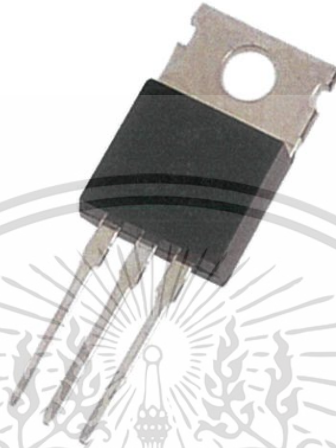


รูปที่ 2.8 ซ็อกเก็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.7 ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญ มีหน้าที่ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า (ทั้งอนุญาตให้ไหล และกันไม่ให้ไหลผ่าน) ซึ่งคล้าย ๆ กับไดโอด แต่ทรานซิสเตอร์สามารถทำอะไรได้มากกว่า เพราะนอกจากจะควบคุมทิศทางกรไหลได้แล้ว ยังสามารถควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าได้ด้วย



รูปที่ 2.9 ทรานซิสเตอร์

### 2.6.8 ถังน้ำเสตนเลส

เป็นถังน้ำที่ใช้ในครัวเรือน โดยต้องมีหัวก๊อกอย่างน้อย 1 หัว



รูปที่ 2.10 ถังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.9 แผ่นอะคริลิก

อะคริลิก หรือ อะคริลิเรซิน (Acrylic Resins) เป็นพอลิเมอร์ และโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการดอะคริลิก และอนุพันธ์ของกรดอะคริลิก และเอสเทอร์ของกรดอะคริลิก มีสูตรโครงสร้าง คือ  $CH_2=CHR$  โดยใช้สารตั้งต้น ได้แก่ Methyl Acrylate, Ethyl Acrylate และ Methyl Methacrylate ผลิตออกมาเป็นอะคริลิกที่นิยมใช้มากคือ Polymethyl Methacrylate (PMMA)

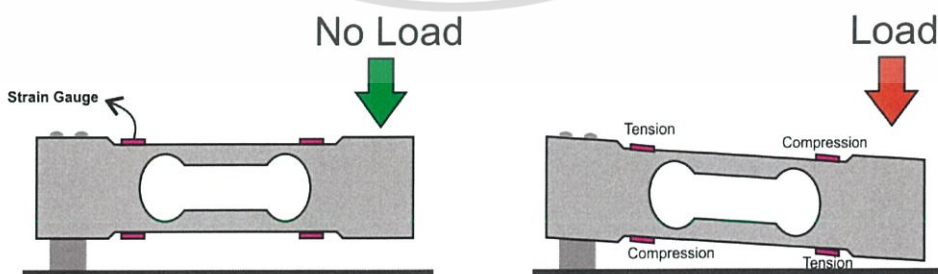
ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของอะคริลิกของแข็งที่ถูกขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นแผ่น อาจเป็นแผ่นใสหรือแผ่นมีสีต่าง ๆ นิยมใช้งานมากในภาคร้วเรือน เช่น ทำป้าย ทำเครื่องตกแต่งบ้าน วัสดุตกแต่งบ้าน



รูปที่ 2.11 แผ่นอะคริลิก

### 2.7 หลักการทำงานของโหนดเซลล์

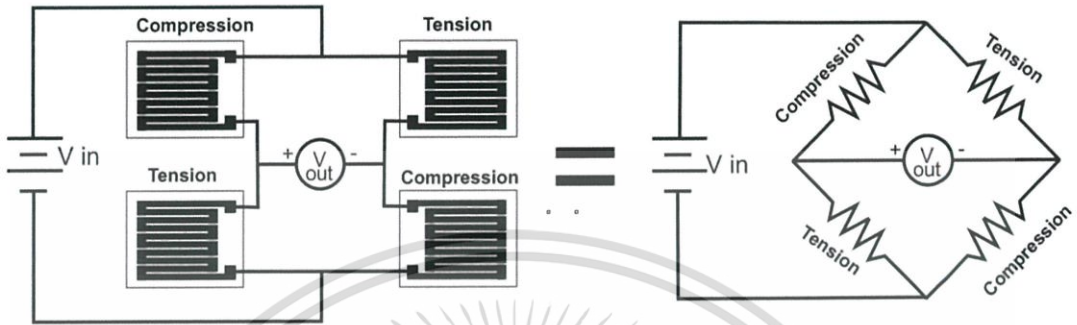
เนื่องจากโหนดเซลล์ คือ เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดน้ำหนัก แรงกระทำทางกล หรือปริมาณของ Load ที่ต้องการทราบค่า โดยใช้สเตรนเกจมาติดตั้งในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของโหนดเซลล์เมื่อมีแรงมากระทำกับตัวโหนดเซลล์จะทำให้สเตรนเกจที่ติดอยู่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรง ยืด หรือ หด ตัว ทำให้ค่าความต้านทานที่ตัวสเตรนเกจเปลี่ยนไป



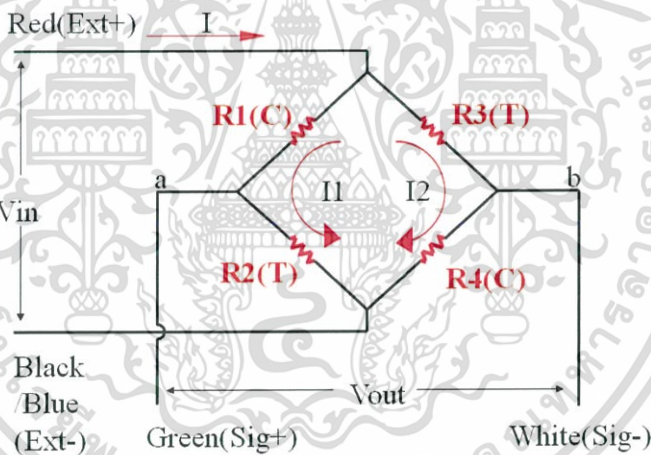
รูปที่ 2.12 ลักษณะการใช้งานโหนดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูปที่ 2.12 ในจุดที่สเตรนเกจได้รับแรงกด (Compression) จะทำให้สเตรนเกจหดตัวเข้าหากัน และในจุดที่ได้รับแรงดึง (tension) จะทำให้สเตรนเกจถูกยืดออก จึงทำให้ค่าความต้านทานของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไปสเตรนเกจทั้ง 4 ตัวที่อยู่บน Load Cell แบบ Straight Bar จะถูกต่ออยู่ด้วยกันในลักษณะของวงจรวจรวิสโตนบริดจ์



รูปที่ 2.13 วงจรวจรวิสโตนบริดจ์ในโหลดเซลล์



รูปที่ 2.14 ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าภายในวงจรวจรวิสโตนบริดจ์ จากรูปที่ 2.14 สามารถเขียนสมการวงจรวจรวิสโตนบริดจ์ ได้ดังนี้

$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) - V_{in} \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) \tag{2.7.1}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) - \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) \tag{2.7.2}$$

เมื่อ  $V_{out}$  = สัญญาณเอาต์พุต

$V_{in}$  = สัญญาณอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไม่มีแรงกระทำจะส่งผลให้  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$  ดังนั้นสมการเป็น

$$\begin{aligned}\frac{V_{out}}{V_{in}} &= \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) - \left( \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) \\ \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \left( \frac{R}{2R} \right) - \left( \frac{R}{2R} \right) \\ \frac{V_{out}}{V_{in}} &= 0\end{aligned}\quad (2.7.3)$$

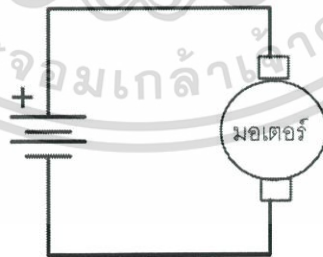
หมายความว่า ไม่มีสัญญาณไฟฟ้า  $V_{out}$  ออกไป เมื่อมีแรงกระทำขนาดหนึ่ง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ  $\Delta R$  นั่นคือ  $R_1 = R - \Delta R, R_2 = R + \Delta R, R_3 = R + \Delta R, R_4 = R - \Delta R$

$$\begin{aligned}\frac{V_{out}}{V_{in}} &= \left( \frac{R + \Delta R}{R - \Delta R + R + \Delta R} \right) - \left( \frac{R + \Delta R}{R + \Delta R + R - \Delta R} \right) \\ \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \left( \frac{R + \Delta R}{2R} \right) - \left( \frac{R - \Delta R}{2R} \right) \\ \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \frac{2\Delta R}{2R} \\ \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \frac{\Delta R}{R} \propto F\end{aligned}\quad (2.7.4)$$

จึงสรุปได้ว่าค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาจะแปรผันกับแรงกระทำกับโหนดเซลล์

## 2.8 หลักการทำงานของหลักการทำงานของวาล์วไฟฟ้า

การที่จะให้วาล์วทำงานได้ตามต้องการนั้นเราจะต้องป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ให้ตรงกับค่าที่มอเตอร์ต้องการเพียงเท่านี้มอเตอร์ที่ควบคุมวาล์วก็สามารถหมุนได้แล้ว

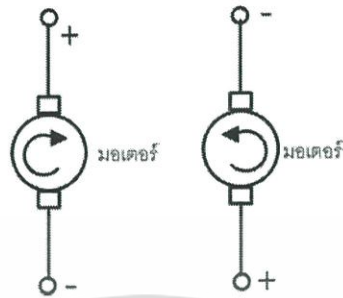


รูปที่ 2.15 การทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.8.1 การกลับทิศทางการหมุนของวาล์ว

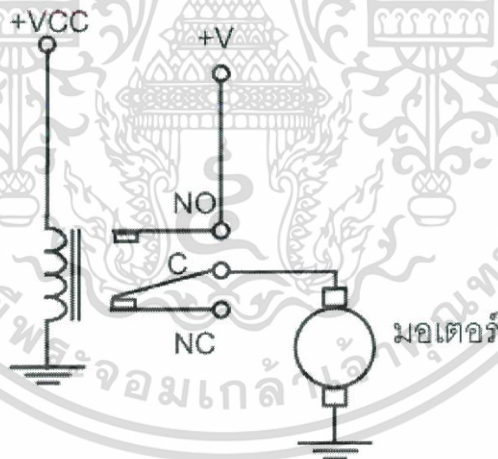
การที่จะใช้มอเตอร์กระแสตรงสามารถกลับทิศทางการหมุนได้นั้นสามารถทำได้โดยการสลับขั้วของมอเตอร์



รูปที่ 2.16 การกลับทิศทางการหมุนของวาล์ว

### 2.8.2 การขับมอเตอร์ด้วยรีเลย์

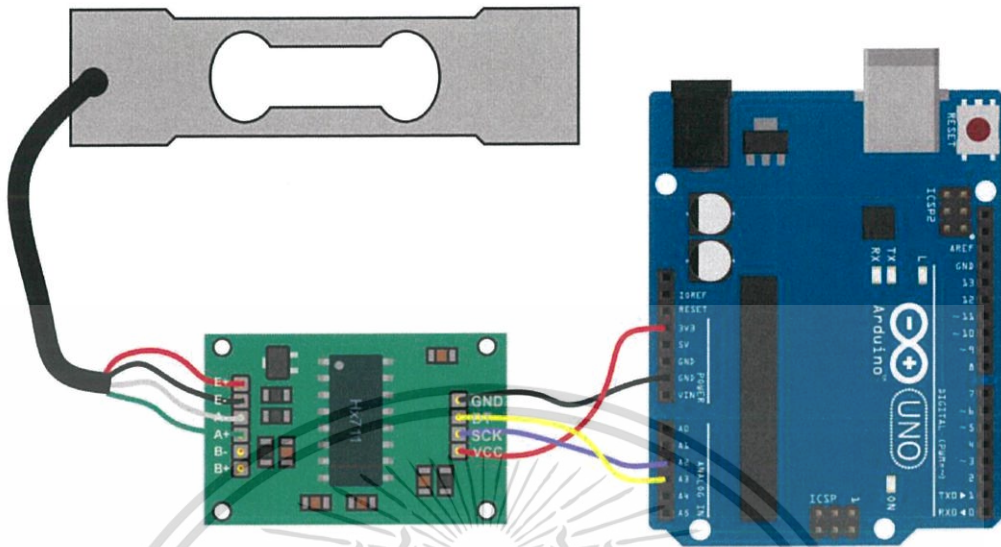
ใช้รีเลย์เปรียบเสมือนสวิตช์ตัวหนึ่งซึ่งหน้าสัมผัสของรีเลย์สามารถรับกระแสได้มาก และการทำงานไม่มีความซับซ้อน



ที่ 2.17 วงจรการใช้รีเลย์ขับมอเตอร์

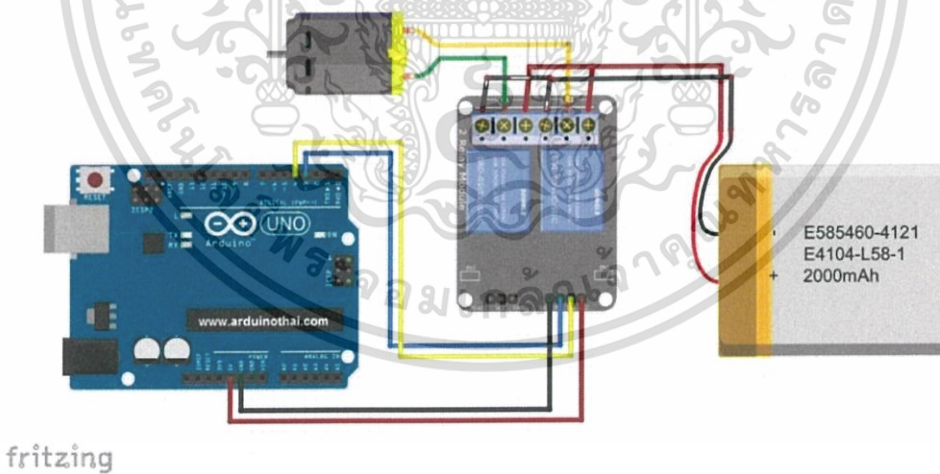
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 การต่อ Arduino กับ โหลดเซลล์



รูปที่ 2.18 ลักษณะการติดต่อของโหลดเซลล์ กับ Arduino

## 2.10 การต่อ Arduino กับ วาล์วไฟฟ้า



fritzing

รูปที่ 2.19 ลักษณะการติดต่อของวาล์วไฟฟ้า กับ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการออกแบบเครื่องบรรจุของเหลวแบบกึ่งอัตโนมัติ จะใช้หลักการแรงโน้มถ่วง (Gravity) โดยใช้การควบคุมแบบวัดปริมาตร (Measuring) กล่าวคือ ของเหลวจะไหลลงมาจากถังบรรจุในระดับที่สูงกว่าและลงสู่ขวดโดยขวดอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า และเริ่มวัดน้ำหนักเมื่อวางขวดโดยจะวัดค่าได้ค่าหนึ่ง เว้นระยะเวลาในหน่วยวินาทีก่อนของเหลวจากถังพักน้ำไหลลงสู่ตัวขวด เมื่อของเหลวไหลลงสู่ขวดน้ำหนักจะเพิ่มขึ้น ค่าที่ไหลดเซลล์วัดได้จะสูงขึ้นด้วย ดังนั้นในการเขียนโปรแกรม เมื่อรับอินพุตครั้งที่ 1 เป็นค่าที่วัดได้จากการวางขวด ส่งผลให้วาล์วเปิด และครั้งที่ 2 เมื่อของเหลวเริ่มไหลลงสู่ขวด โดยกำหนดค่าของปริมาตรที่ต้องการ เมื่อได้น้ำหนักที่ต้องการ ส่งผลให้วาล์วปิด



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของเครื่องบรรจุของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 ขั้นตอนการทำงาน

#### 3.1.1 การสอบเทียบโหลดเซลล์

1. เปิดโปรแกรม Arduino แล้วใช้โปรแกรมชุดที่ 1 ซึ่งเป็นโปรแกรมการสอบเทียบโหลดเซลล์ แก้วตัวแปร real weight ให้เป็นค่าน้ำหนักจริงของวัตถุที่จะใช้นำมาสอบเทียบ (หน่วยเป็นกรัม)

2. เปิดหน้าต่าง Serial Monitor ขึ้นมา

3. นำทุกสิ่งออกจากแผ่นชั่งน้ำหนัก (แผ่นอะคริลิก) ที่ติดกับโหลดเซลล์

4. ส่งตัวอักษร “a” ไปเพื่อหาค่าน้ำหนักเมื่อไม่มีวัตถุ (Zero Factor)

5. รอสักครู่ โปรแกรมจะแสดงค่าน้ำหนักเมื่อไม่มีวัตถุออกมา จงบันทึกค่านี้ไว้

6. นำวัตถุที่ทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนมาวางลงบนแผ่นชั่งน้ำหนัก

7. ส่งตัวอักษร “b” ไปเพื่อหาค่าน้ำหนักเมื่อมีวัตถุซึ่งทราบน้ำหนัก

(Calibration Factor)

8. รอสักครู่ โปรแกรมจะแสดงค่าน้ำหนักเมื่อมีวัตถุซึ่งทราบน้ำหนักออกมา บันทึกไว้

9. ส่งตัวอักษร “c” ไป เพื่อทดลองอ่านค่าน้ำหนักโดยใช้ค่าน้ำหนักเมื่อไม่มีวัตถุ และ ค่าน้ำหนักเมื่อมีวัตถุซึ่งทราบน้ำหนัก ที่ใช้โปรแกรมหามา

#### 3.1.2 การควบคุมวาล์วไฟฟ้าเมื่อให้น้ำหนักที่ต้องการ

1. ตั้งค่าน้ำหนักเพื่อให้วาล์วเปิดและปิดด้วยโปรแกรม

2. นำบรรจุภัณฑ์วางบนตำแหน่งที่รองรับบรรจุภัณฑ์

3. ที่รองรับขวดซึ่งติดโหลดเซลล์ไว้อ่านค่าครั้งที่ 1 เป็นค่าจากน้ำหนักของขวดและ  
ส่งข้อมูลมายัง Arduino

4. Arduino ส่งคำสั่งไปยังมอเตอร์ควบคุมการเปิดปิดของวาล์วให้เปิด ส่งผลให้ของเหลวไหลลงสู่ขวด

5. เมื่อโหลดเซลล์วัดได้ถึงปริมาตรที่ต้องการ Arduino จะส่งคำสั่งไปยังให้วาล์วปิด

6. นำบรรจุภัณฑ์ออกจากตำแหน่งรองรับบรรจุภัณฑ์ และพร้อมปฏิบัติงานครั้งใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

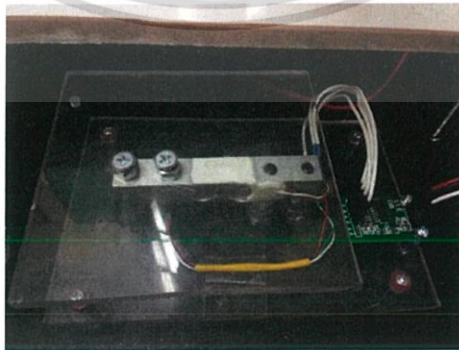
### 3.2 การประกอบเครื่อง



รูปที่ 3.2 เครื่องบรรจุของเหลวกึ่งอัตโนมัติ

#### 3.2.1 ส่วนวัดน้ำหนัก

ใช้โหลดเซลล์ (Load Cell) เป็นส่วนของการวัดน้ำหนักของเครื่อง โดยมีแท่นชั่งน้ำหนักสำหรับภาชนะที่ต้องการบรรจุ มีตัวแปลงสัญญาณอะนาล็อกจากโหลดเซลล์ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล คือ HX711 เพื่อเป็นสัญญาณอินพุตเข้าสู่ Arduino

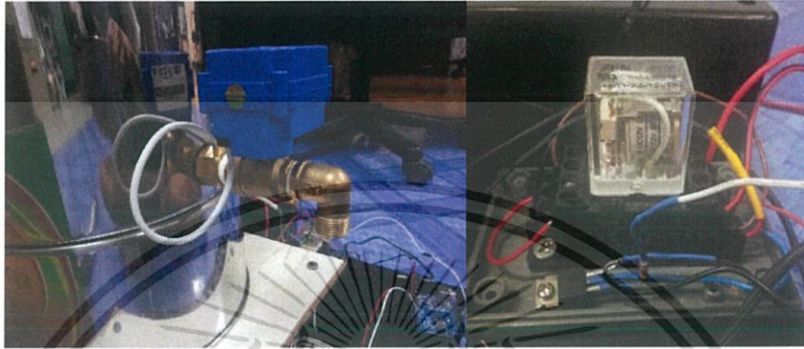


รูปที่ 3.3 โหลดเซลล์ และ HX711

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในท้องถิ่นเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ส่วนจ่ายของเหลวลงสู่ภาชนะ

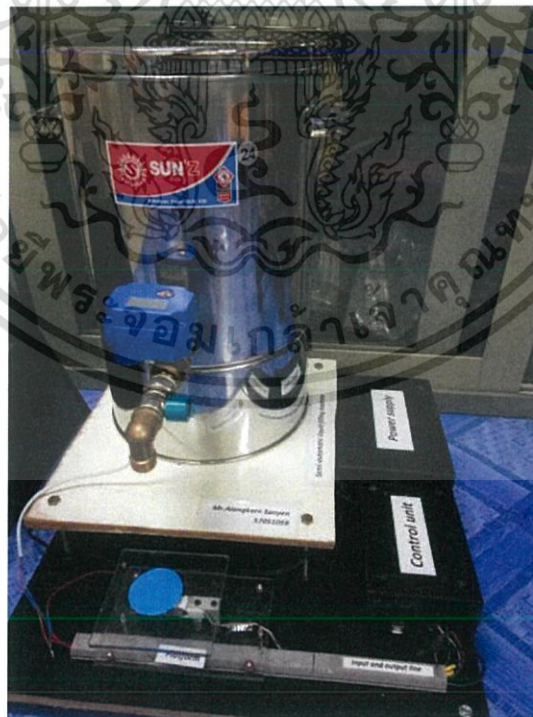
ใช้วาล์วไฟฟ้า (Electric Valve) เป็นอุปกรณ์ในการจ่ายของเหลวลงสู่ภาชนะ แต่เนื่องจากวาล์วดังกล่าวเป็นวาล์วไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ จึงมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการควบคุมคือรีเลย์ (Relay) ขนาด 12 โวลต์ และการควบคุมรีเลย์นี้ใช้คำสั่งจาก Arduino โดยการเปิดและปิดวาล์วไฟฟ้า จะสัมพันธ์กับการทำงานของโพลดเซลล์



รูปที่ 3.4 วาล์วไฟฟ้า

รูปที่ 3.5 รีเลย์

### 3.3 ภาพรวมตัวเครื่องที่เสร็จสมบูรณ์

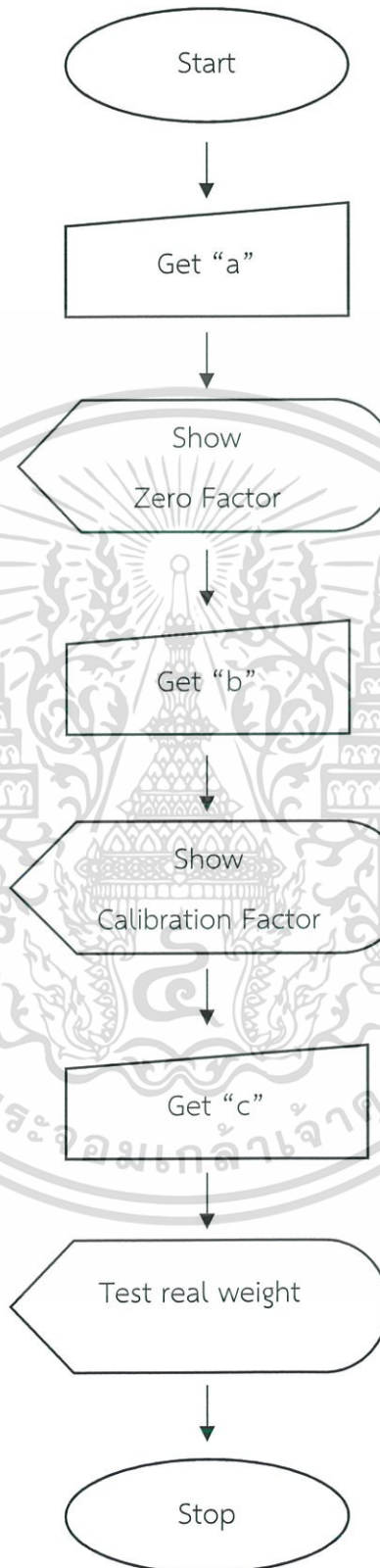


รูปที่ 3.6 เครื่องบรรจุของเหลวอัตโนมัติที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 แผนผังขั้นตอนการทำงาน

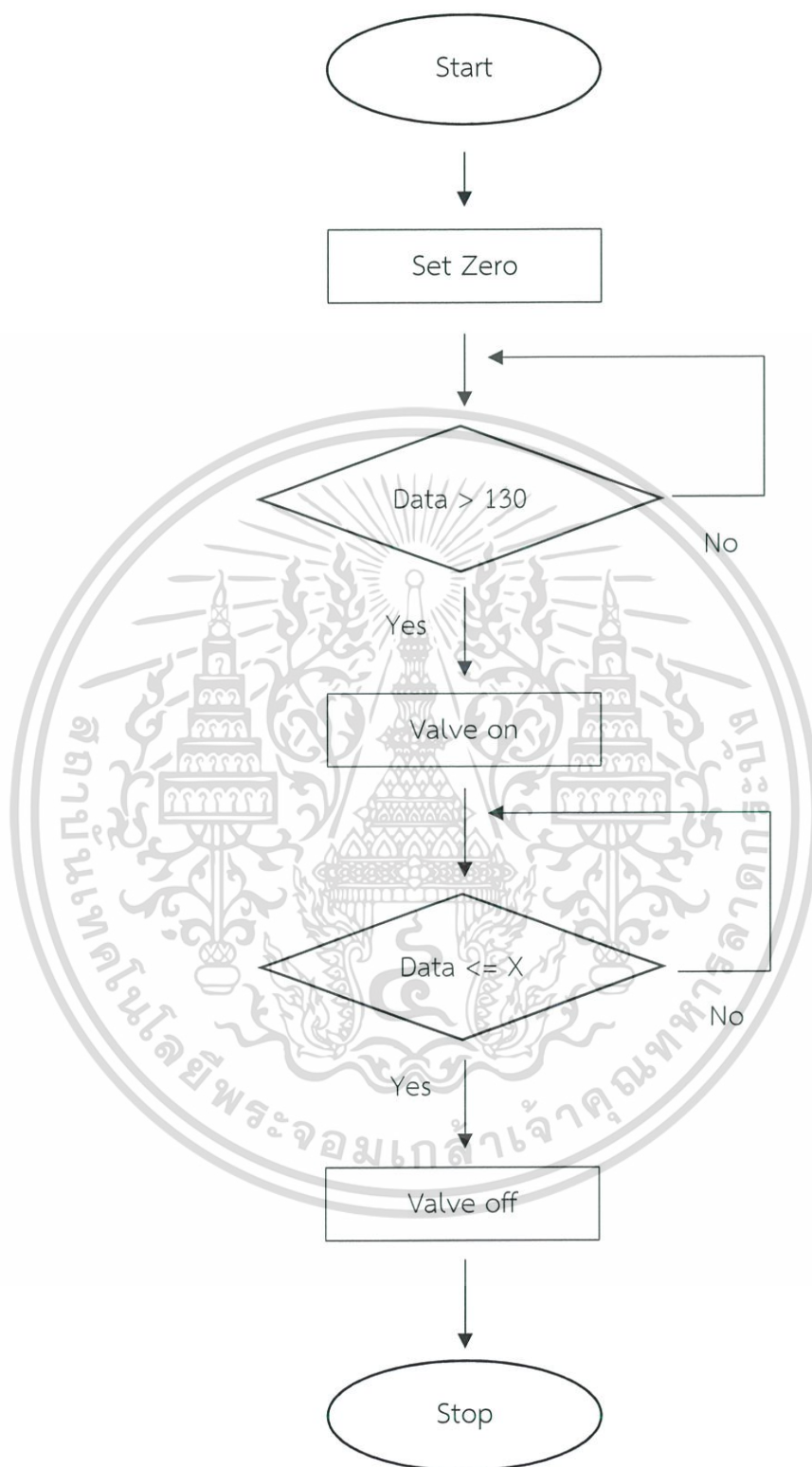
#### 3.4.1 การสอบเทียบโหลตเซลล์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลไปยังสื่อออนไลน์หรือเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แผนผังขั้นตอนการสอบเทียบโหลตเซลล์

### 3.4.2 การควบคุมวาล์วไฟฟ้าเมื่อได้น้ำหนักที่ต้องการ



รูปที่ 3.8 แผนผังขั้นตอนการควบคุมวาล์วไฟฟ้าเมื่อได้น้ำหนักที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

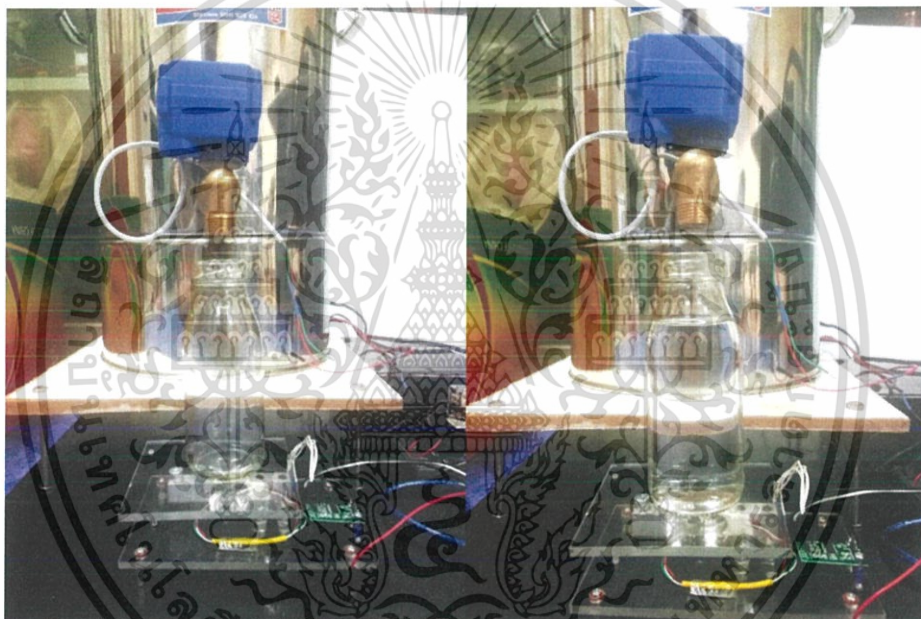
## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการประกอบเครื่องและการเขียนโปรแกรม

##### 4.1.1 ผลการประกอบเครื่อง

จากการทดลองเมื่อวางภาชนะขวดแก้วบนโหลดเซลล์ (Load Cell) ส่งผลให้วาล์วไฟฟ้า (Electric Valve) เปิดและของเหลวไหลลงสู่ภาชนะ เมื่อได้ของเหลวปริมาณ 180 มิลลิลิตรจะส่งผลให้วาล์วไฟฟ้าปิด และบันทึกค่าของน้ำหนักที่สามารถวัดได้จาก Arduino และ ตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 4.1 ก่อนใส่น้ำ

รูปที่ 4.2 หลังใส่น้ำ

##### 4.1.2 ผลการทดสอบการใช้เครื่อง

1. เวลาในการเปิดปิดของวาล์ว วาล์วจะใช้เวลา 2 วินาทีในการเปิดหรือปิด และใช้เวลา 1.5 วินาทีจากการเปิดหรือปิดของรีเลย์
2. ปากท่อที่ใหญ่เกินไปปริมาณของเหลวที่ไหลลงสู่ภาชนะอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความเสถียรของการวัดน้ำหนักจากโหลดเซลล์มีน้อยลง
3. ตำแหน่งในการวางโหลดเซลล์ส่งผลต่อการวัด ทุกครั้งที่เคลื่อนย้ายก่อนเริ่มการทำงานของเครื่องควรวาดน้ำหนักเมื่อไม่มีวัตถุ และ คำนวณน้ำหนักเมื่อมีวัตถุซึ่งทราบน้ำหนักใหม่ทุกครั้ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดลองการใช้เครื่อง

เป็นการทดลองเปลี่ยนค่าน้ำหนักเพื่อสั่งปิดวาล์ว และทดสอบวัดน้ำหนักด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทดลองว่าของเหลวที่ไหลลงมายังภาชนะจะมีปริมาตรเท่าใด ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 140 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	47	47
2	47	47
3	47	47
4	47	47
5	47	47
6	47	47
7	47	47
8	47	47
9	47	47
10	47	47
11	47	47
12	47	47
13	47	47
14	47	47
15	47	47
16	47	47
17	47	47
18	47	47
19	47	47
20	47	47

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 50 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 6 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 150 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	80	80
2	80	80
3	80	80
4	80	80
5	79	79
6	80	80
7	80	80
8	80	80
9	79	79
10	80	80
11	80	80
12	80	80
13	80	80
14	80	80
15	79	79
16	80	80
17	80	80
18	80	80
19	80	80
20	79	79

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 80 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 160 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	79	79
2	80	80
3	80	80
4	79	79
5	80	80
6	79	79
7	80	80
8	80	80
9	80	80
10	80	80
11	79	79
12	80	80
13	80	80
14	79	79
15	80	80
16	79	79
17	80	80
18	80	80
19	80	80
20	80	80

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 80 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 170 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	80	80
2	80	80
3	80	80
4	79	79
5	80	80
6	80	80
7	80	80
8	79	79
9	80	80
10	80	80
11	80	80
12	79	79
13	80	80
14	80	80
15	80	80
16	80	80
17	80	80
18	80	80
19	79	79
20	80	80

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 80 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 180 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	113	113
2	113	113
3	113	113
4	113	113
5	112	112
6	113	113
7	113	113
8	113	113
9	112	112
10	113	113
11	113	113
12	113	113
13	113	113
14	113	113
15	112	112
16	113	113
17	113	113
18	113	113
19	112	112
20	113	113

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 110 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.73 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัตน้ำหนักรวมภาชนะได้ 190 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	113	113
2	113	113
3	113	113
4	113	113
5	113	113
6	113	113
7	112	112
8	113	113
9	113	113
10	113	113
11	113	113
12	113	113
13	113	113
14	113	113
15	113	113
16	112	112
17	113	113
18	113	113
19	113	113
20	112	112

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 110 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.73 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 200 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	113	113
2	112	112
3	113	113
4	113	113
5	113	112
6	113	113
7	112	112
8	113	113
9	113	113
10	113	113
11	113	113
12	113	113
13	112	112
14	113	113
15	113	113
16	113	113
17	113	113
18	112	112
19	113	113
20	113	113

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 110 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.73 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 210 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	113	113
2	113	113
3	113	113
4	113	113
5	113	113
6	113	113
7	112	112
8	113	113
9	113	113
10	113	113
11	113	113
12	112	112
13	113	113
14	112	112
15	113	113
16	113	113
17	112	112
18	112	112
19	113	113
20	113	113

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 110 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.73 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัตน้ำหนักรวมภาชนะได้ 220 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	147	147
2	146	146
3	146	146
4	146	146
5	146	146
6	147	147
7	146	146
8	146	146
9	146	146
10	146	146
11	146	146
12	147	147
13	146	146
14	146	146
15	146	146
16	147	147
17	146	146
18	146	146
19	146	146
20	146	146

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 150 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 230 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	146	146
2	147	147
3	146	146
4	146	146
5	146	146
6	147	147
7	146	146
8	146	146
9	147	147
10	146	146
11	146	146
12	146	146
13	147	147
14	146	146
15	146	146
16	146	146
17	146	146
18	146	146
19	147	147
20	146	146

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 150 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัตน้ำหนักรวมภาชนะได้ 240 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	146	146
2	146	14
3	147	147
4	146	146
5	147	147
6	146	146
7	146	146
8	146	146
9	147	147
10	146	146
11	147	147
12	146	146
13	146	146
14	146	146
15	147	147
16	146	146
17	146	146
18	146	146
19	146	146
20	147	147

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 150 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 250 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	179	179
2	180	180
3	181	181
4	180	180
5	180	180
6	180	180
7	180	180
8	179	179
9	180	180
10	180	180
11	180	180
12	181	181
13	180	180
14	180	180
15	181	181
16	180	180
17	180	180
18	180	180
19	180	180
20	179	179

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 180 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0 – 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 260 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	180	180
2	180	180
3	179	179
4	180	180
5	180	180
6	180	180
7	181	181
8	180	180
9	180	180
10	181	181
11	180	180
12	180	180
13	179	179
14	180	180
15	180	180
16	180	180
17	181	181
18	179	179
19	180	180
20	180	180

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 180 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0 – 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 270 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	180	180
2	180	180
3	180	180
4	180	180
5	181	181
6	180	180
7	179	179
8	180	180
9	180	180
10	180	180
11	180	180
12	180	180
13	181	181
14	180	180
15	181	181
16	181	181
17	179	179
18	180	180
19	180	180
20	181	181

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 180 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0 – 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ตารางบันทึกผลการทดลอง วาล์วปิดเมื่อวัดน้ำหนักรวมภาชนะได้ 280 กรัม

การทดลอง (ครั้ง)	การวัดน้ำหนัก ด้วย Arduino (g)	การวัดน้ำหนัก ด้วยตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (g)
1	180	180
2	181	180
3	179	179
4	180	180
5	180	180
6	180	180
7	179	179
8	180	180
9	180	180
10	180	180
11	180	180
12	179	179
13	181	181
14	180	180
15	181	180
16	180	180
17	181	181
18	180	180
19	180	180
20	180	180

จากการทดลอง น้ำหนักที่ควรใช้งานคือ 180 กรัม

มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0 – 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการสร้างเครื่องบรรจุของเหลวกึ่งอัตโนมัติ สรุปได้ว่า เมื่อนำโพลีเอทิลีนมาใช้ในการวัด น้ำหนักสามารถลดเวลาในกระบวนการบรรจุ และเพิ่มความแม่นยำในการวัดน้ำหนักของของเหลว ที่บรรจุลงในภาชนะต่างๆได้ ซึ่งความแม่นยำของเซนเซอร์โพลีเอทิลีนขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหล ของของเหลวด้วย หากไหลเร็วเกินไปเซนเซอร์รับส่งสัญญาณไม่ทัน ส่งผลให้การปิดของวาล์วไฟฟ้ามี ความคลาดเคลื่อน ทั้งนี้ความเร็วในการไหลของของเหลวขึ้นอยู่กับขนาดของท่อ และขนาดของมุมที่ วาล์วเปิดด้วย

การนำไปใช้ควรใช้ค่าที่เหมาะสมกับปริมาตรที่ต้องการ โดยการนำไปใช้งานต้องการของเหลว ในปริมาตร 180 มิลลิลิตร ดังนั้น จากการทดลองเปลี่ยนค่าน้ำหนักเพื่อสั่งปิดวาล์วซึ่งเป็นน้ำหนักจาก ของเหลวกับภาชนะที่บรรจุของเหลว ต้องเขียนโปรแกรมค่าน้ำหนักที่ใช้ปิดวาล์วเพื่อให้ได้น้ำหนักของ ของเหลวเป็น 180 มิลลิลิตร คือน้ำหนักของเหลวรวมภาชนะได้ 250 ถึง 280 กรัม หากน้อยกว่านี้ ปริมาตรของของเหลวจะต่ำกว่าที่ต้องการ และหากมากกว่านี้ ปริมาตรของของเหลวจะมากกว่า ปริมาตรของภาชนะ

### 5.2 ปัญหาที่พบในการวิจัย

5.2.1 การใส่น้ำหนักมากกว่าที่โพลีเอทิลีนจะทนรับไหว หรือเกินขอบเขตการใช้งานมีโอกาส ส่งผลให้โพลีเอทิลีนเสียหายและชำรุด

5.2.2 เมื่ออัตราการไหลของของเหลวมากเกินไป ส่งผลต่อการตอบสนองของโพลีเอทิลีน

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรใช้เซนเซอร์ที่มีความสามารถในการตอบสนองสูง

5.3.2 ใช้ขนาดและลักษณะของโพลีเอทิลีนเหมาะสมกับงานที่ทำ

5.3.3 เนื่องจากเป็นงานที่ทำกับของเหลว จึงควรเก็บส่วนที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ให้พ้นของเหลว

5.3.4 ท่อทองเหลืองที่ต่อจากถังน้ำกับวาล์วไฟฟ้าหาซื้อได้ตามร้านค้าที่ขายอุปกรณ์เกี่ยวกับ งานไฮดรอลิกที่มีแรงดันสูง หาซื้อตามร้านของอุปกรณ์ทั่วไปได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 แนวทางพัฒนา

ในทางพัฒนาอุปกรณ์ควรพัฒนาให้การเคลื่อนย้ายไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของโหนดเซลล์ และออกแบบลักษณะให้มีความสวยงามน่าใช้งานมากขึ้น

ในทางพัฒนาโปรแกรมควรพัฒนาให้การตั้งโปรแกรมใหม่ไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานได้โดยใส่คำสั่งที่ตัวเครื่องได้เลย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- Anonymous. 2018. ARDUINO UNO. [Online]. Available :  
<https://www.robotistan.com/arduino-uno-r3-clone-with-usb-cable-usb-chip-ch340>
- Anonymous. 2018. Load Cell Weight Sensor 5 Kg. [Online]. Available :  
<http://www.arduino-step.com/product/324/load-cell-weight-sensor-5-kg>
- Anonymous. 2012. วิธีการใช้งาน Load Cell กับ HX711 Amplifier Module. [Online]. Available : <https://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>
- Anonymous. 2018. Weight Sensor Amplifier Module Dual Channel (XFW - HX711) for Load Cell. [Online]. Available : <https://www.arduitronics.com/product/1782/weight-sensor-amplifier-module-dual-channel-xfw-hx711-for-load-cell>
- Anonymous. 2017. มอเตอร์วาล์วไฟฟ้า CWX-15Q motorized ball valve CR01 (สองสาย) DC12V DN15 brass male-male BSP reduced bore electric valve. [Online]. Available : <http://www.mechashop.net/shop/วาล์วไฟฟ้า/มอเตอร์วาล์ว-12/ebv043/>
- Anonymous. 2017. RELAY OMRON รีเลย์ 4 contact coil 12VDC. [Online]. Available : <http://www.automationcad.com/product/412/relay-omron-รีเลย์-4-contact-coil-12vdc>
- Anonymous. 2018. PYF14A-E - Relay Socket, DIN Rail, Screw, 14 Pins, 5 A, 250 VAC, SUPER MY Series. [Online]. Available : <http://www.newark.com/omron-industrial-automation/pyf14a-e/relay-socket/dp/52F3770>
- Anonymous. 2015. MJE13009 NPN Power Transistor. [Online]. Available : <http://www.dnatechindia.com/mje-13009-npn-power-transistor.html>
- Anonymous. 2017. คูลเลอร์น้ำ 14 ลิตร Seagull. [Online]. Available : <https://www.officemate.co.th/Product/0090350/คูลเลอร์น้ำ-14-ลิตร-Seagull>
- Clas Ohlson. 2018. Akrylplast. [Online]. Available : <https://www.clasohlson.com/fi/Akrylimuovi/Pr341360000?isoCode=sv&>
- เจ้าของร้าน. 2016. โหลดเซลล์คือหัวใจของเครื่องชั่ง. [Online]. Available : <http://www.kingscale-loadcell.com/article/1/โหลดเซลล์คือหัวใจของเครื่องชั่ง>

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของร้านเจ้าของร้าน ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านอิเล็กทรอนิกส์. 2011. หุ่นยนต์ ตอน การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง. [Online].

Available : [http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge\\_detail.php?sk\\_id=76](http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=76)

บ้านอิเล็กทรอนิกส์. 2013. Arduino กับพื้นฐานการกลับทางหมุนมอเตอร์(DC motor).

[Online]. Available : [http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge\\_detail.php?sk\\_id=103](http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=103)

เจ้าของร้าน. 2016. วิธีควบคุมทิศทาง DC Motor ด้วย Relay 2 Chanel. [Online].

Available : <https://www.arduinothai.com/article/38/วิธีควบคุมทิศทาง-dc-motor-ด้วย-relay-2-chanel>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Load Cell Sensor 1kg**
**ARD2-2151**

- Measure force for your DIY project
- Ideal for use with the ARD2-2150 Load Cell Amplifier

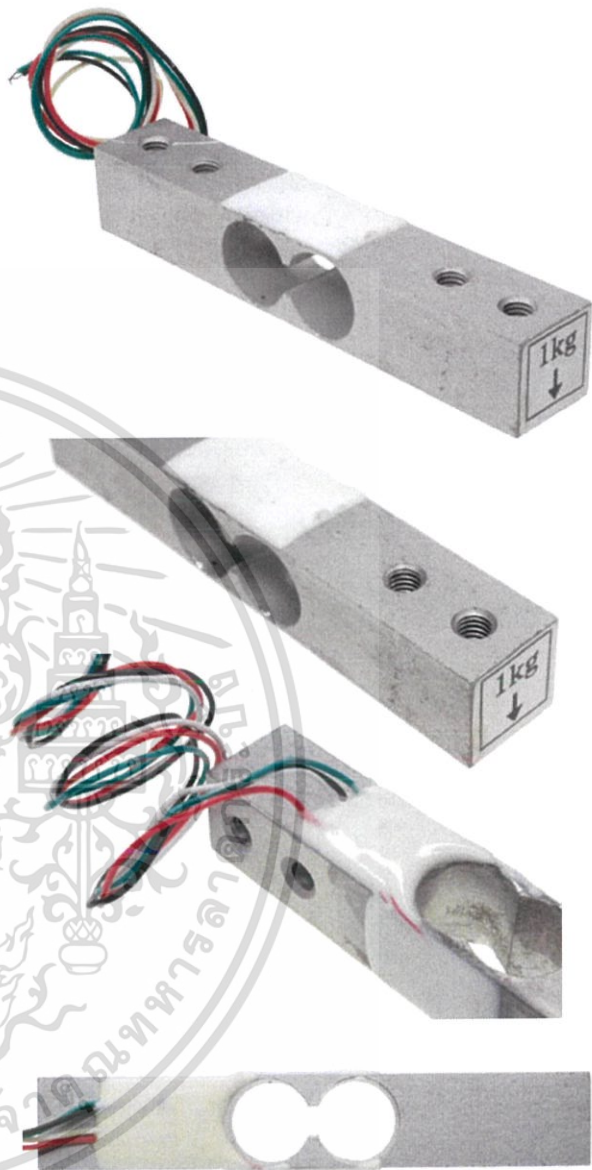
**Description**

This straight bar load cell (sometimes called a strain gauge) can translate up to 1kg of pressure (force) into an electrical signal. Each load cell is able to measure the electrical resistance that changes in response to, and proportional of, the strain (e.g. pressure or force) applied to the bar.

With this gauge you will be able to tell just how heavy an object is, if an object's weight changes over time, or if you simply need to sense the presence of an object by measuring strain or load applied to a surface.

**Specifications**

<b>Rated Load</b>	1kg
<b>Working Voltage</b>	3~12VDC
<b>Max. Working Voltage</b>	15VDC
<b>Rated Output</b>	1.0±0.15mV/V
<b>Nonlinearity</b>	0.03%F.S
<b>Lag</b>	0.03%F.S
<b>Repeatability</b>	0.03%F.S
<b>Creep (5 min)</b>	0.03%F.S
<b>Output temperature influence</b>	0.01%F.S/C
<b>Zero temperature influence</b>	0.05%F.S/C
<b>Zero balance</b>	±0.1000 mV/V
<b>Output impedance</b>	1000±10% Ohm
<b>Input impedance</b>	1115±10% Ohm
<b>Insulation resistance</b>	1000 MOhm
<b>Safe overload</b>	150%F.S
<b>Extreme overload</b>	200%F.S
<b>Working temperature</b>	-20~+60°C
<b>Dimensions</b>	80mm x 12.7mm x 12.7mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[www.wiltronics.com.au](http://www.wiltronics.com.au)



ภาคผนวก ข  
คู่มือการใช้งานวาล์วไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Media: air – water – gas – oil  
 Pressure range: 0 to 10 bar max  
 Media temperature: -15°C +90°C max  
 Ambient temperature: -20° to +45°C  
 Media viscosity: 500 centistokes max  
 Mounting: Any  
 Seals: PTFE

# Actuated Ball Valve

3/8 – 1

Auto Failsafe Closed

2 WAY DIRECT

0 – 10 Bar

TYPE CWX



## PRESSURE

Ø Port BSP	Orifice	Kg	Cycle Life	Torque	Max Opening Time Seconds	Max Closing Time Seconds	Voltage AC or DC	Part Number
1/2	15	0.367	100,000+	2 Nm	3	3	9 to 24v	CWX15Q-12-9-CR04
							110 to 250v	CWX15Q-12-240-CR04
3/4	20	0.403	100,000+	2 Nm	5	5	9 to 24v	CWX15N-34-9-CR04
							110 to 250v	CWX15N-34-240-CR04
1	25	0.536	100,000+	2 Nm	5	5	9 to 24v	CWX15N-1-9-CR04
							110 to 250v	CWX15N-1-240-CR04

## OPTIONS

3 to 6 volt, position switch, signal feedback, manual Over Ride, Visual Position Indicator, 316 Stainless Steel Valve, N Normal Acting or Q Quick Acting, Normally Open

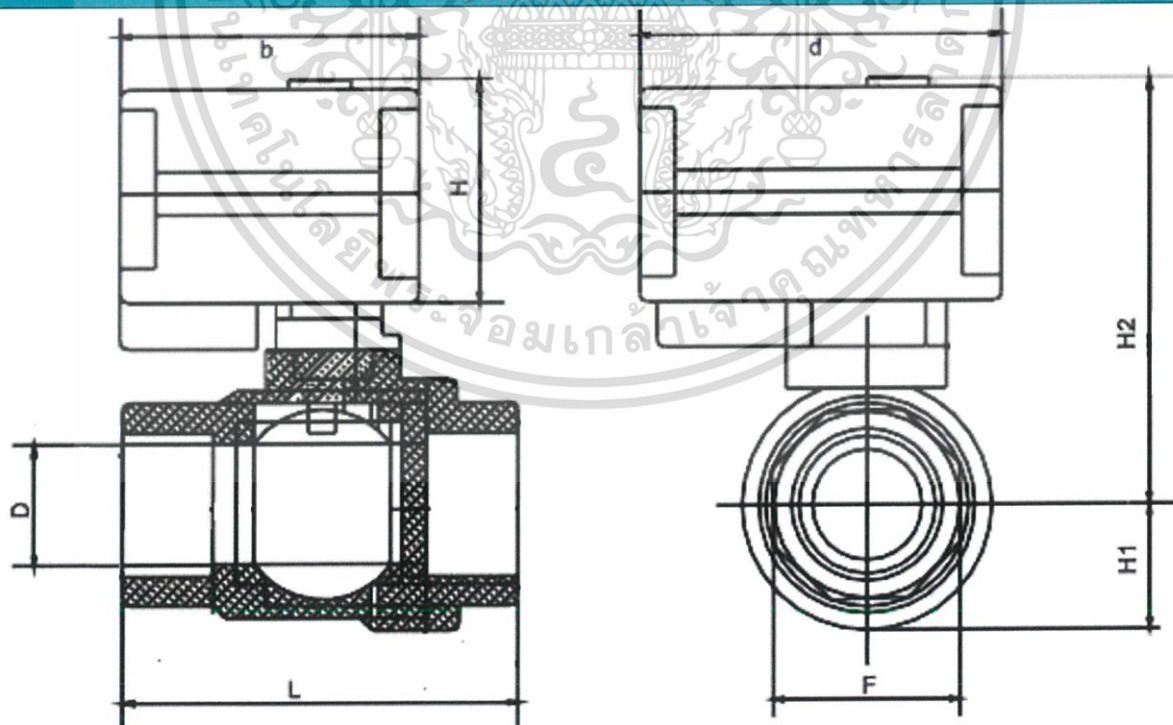
## ELECTRICAL DATA

Voltage Min - Max Continuous duty 100%	Actuator	Power	Enclosure	Electrical connections
9 to 27 volts AC	CWX-15	5 Watts	IP65	2 lead wires 0.5 meter

## CONSTRUCTION

Valve Body: 304 stainless steel, Optional Brass or 316 stainless steel  
 CR2 Actuator: Engineering Plastic

## OVERALL DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและข้อกำหนดการติดตั้งที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้

Port	D	L	F	H1	H2	H	d	b
1/2	15	55	26	17	75	50	68	52
3/4	15	63	30	17	75	50	68	52
1	20	75	38	22	78	50	68	52

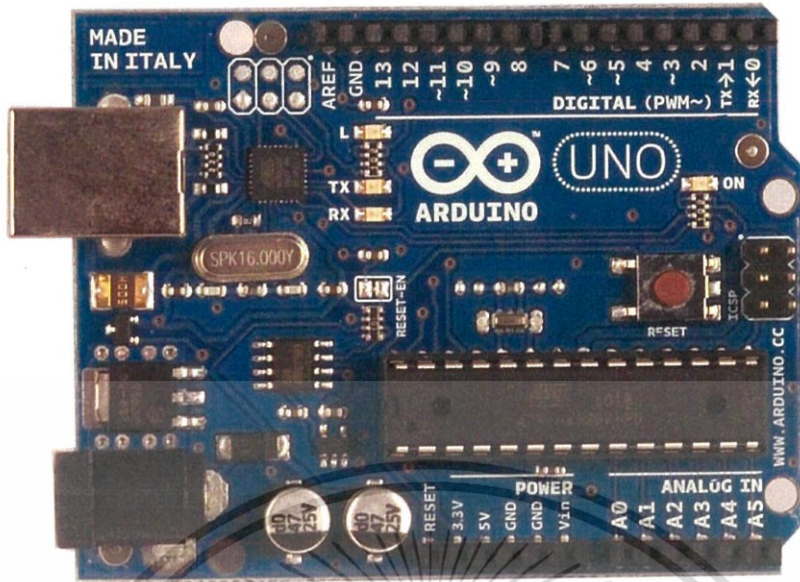


ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งาน Arduino UNO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Arduino UNO



## Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

## Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino  
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies  
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7

การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



Radiospares

RADIONICS



ไม่ดำเนินการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Technical Specification

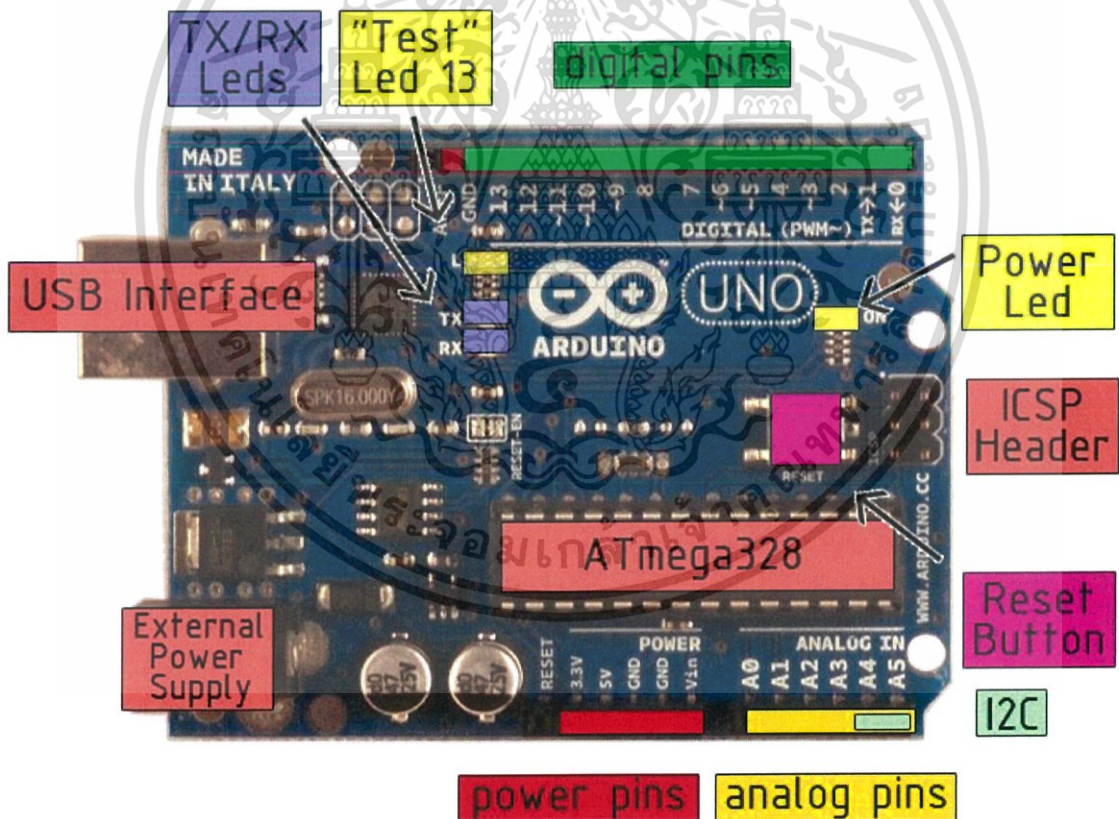


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

## the board



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



ทุกที่ที่ **radiospares** ต้องใช้ **RADIONICS** ทุกที่ที่ **A** นำไปใช้

ALLIED ELECTRONICS  
AN ELECTROCOMPONENTS COMPANY

## Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0,5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip .
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.



radiospares RADIONICS



The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I<sup>2</sup>C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an \*.inf file is required..

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available . The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

## USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

## Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของนักศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**radiospares**

**RADIONICS**



# How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

## Linux Install

## Windows Install

## Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

## Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>  
Arduino-0017>Examples>  
Digital>Blink**

Once you have your sketch you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.

```
Blink | Arduino 0017
File Edit Sketch Tools Help
Blink
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
```



Done compiling.



Press Compile button  
(to check for errors)

Upload



TX RX Flashing



Blinking Led!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

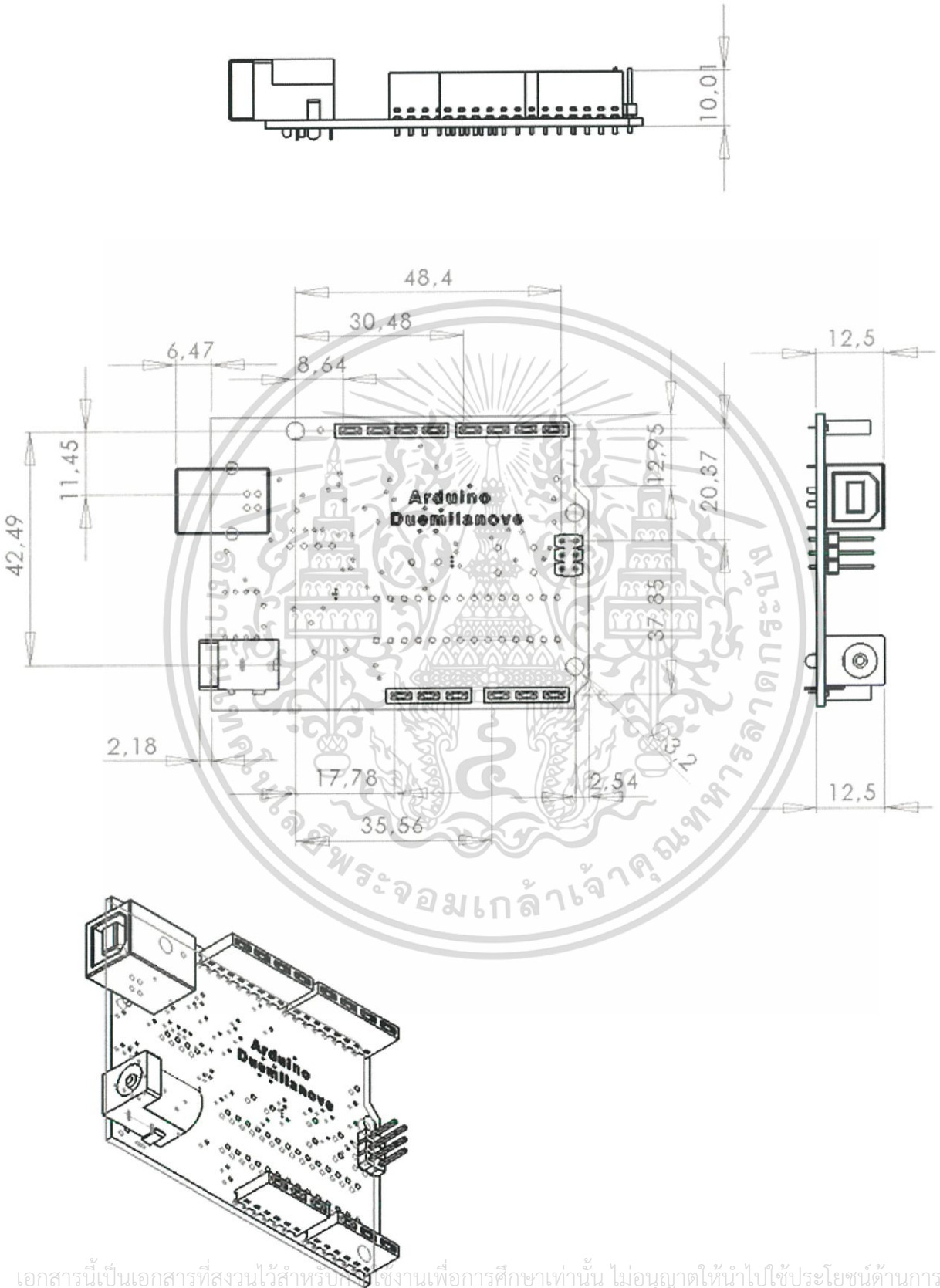


radiospares

RADIONICS



## Dimensioned Drawing



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**radiospares RADIONICS**



# Terms & Conditions



## 1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

## 2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

## 3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

## 4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



## Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



radiospares

RADIONICS

