เครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคผลรวมของน้ำหนัก

PRODUCT PACKAGING BY SUMMING WEIGHT TECHNIQUE

นิชาภา ภัทรจิรเมธา

Nichapa Pattarajirametha

พรลภัส สรภูมิ

Pornlapas Soraphum

อรทัย แทนประสาน

Orathai Thanprasan

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคผลรวมของน้ำหนัก

PRODUCT PACKAGING BY SUMMING WEIGHT TECHNIQUE

โดย

นิชาภา ภัทรจิรเมธา

พรลภัส สรภูมิ

อรทัย แทนประสาน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคผลรวมของน้ำหนัก

PRODUCT PACKAGING BY SUMMING WEIGHT TECHNIQUE

ผู้จัดทำ นางสาวนิชาภา ภัทรจิรเมธา รหัสประจำตัว 60010536

นางสาวพรลภัส สรภูมิ รหัสประจำตัว 60010644

นางสาวอรทัย แทนประสาน รหัสประจำตัว 60011161

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคผลรวมของน้ำหนัก	
นักศึกษา	นางสาวนิชาภา ภัทรจิรเมธา	รหัสประจำตัว 60010536
	นางสาวพรลภัส สรภูมิ	รหัสประจำตัว 60010644
	นางสาวอรทัย แทนประสาน	รหัสประจำตัว 60011161
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2563	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอหลักการออกแบบและหลักการทำงานของเครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคผลรวมของน้ำหนัก มีจุดประสงค์ทำขึ้นสำหรับการชั่งผลไม้แต่ละลูก แล้วนำมาบรรจุภัณฑ์ให้ได้ตามน้ำหนักที่ต้องการเท่ากันทั้งหมด เพื่อช่วยลดการลงทุนกับทรัพยากรหลักในด้านอุตสาหกรรม ซึ่งจะช่วยลดกำลังคน ลดเวลาในการผลิต และเพิ่มความแม่นยำในการนำมาบรรจุภัณฑ์ให้ได้ตามน้ำหนักที่ต้องการ

โดยโครงงานนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การลำเลียง การชั่งน้ำหนัก และการคัดแยก ซึ่งในส่วนแรกคือการลำเลียง จะมีการใช้วงจรควบคุมมอเตอร์เพื่อขับมอเตอร์ให้สายพานลำเลียง (Belt Conveyor) ทำงาน จากนั้นส่งไปให้ส่วนที่สองทำงานคือส่วนของการชั่งน้ำหนัก โดยมีเซ็นเซอร์แสงตรวจจับวัตถุเมื่อวัตถุมาถึง และใช้โหลดเซลล์ในการประมวลผลน้ำหนักที่ชั่งวัตถุได้ จากนั้นส่งไปยังส่วนสุดท้ายคือส่วนของการคัดแยก คือการคัดแยกวัตถุลงบรรจุภัณฑ์ให้ได้ตามน้ำหนักที่ต้องการโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานตามคำสั่งที่ได้โปรแกรมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	Product Packaging By Summing Weight Technique	
Student	Miss Nichapa Pattarajirametha	Student ID 60010536
	Miss Pornlapas Soraphum	Student ID 60010644
	Miss Orathai Thanprasan	Student ID 60011161
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2020	
Thesis Advisor	Chinnapat Nantajiwakornchai	

ABSTRACT

This project presents design principle and working principle of Product Packaging By Summing Weight Technique. Its purpose is each fruit weighing and same weight packaging for reduce cost and main resource in industrial that help to decrease human resource, production time and increase precision of weight packaging as required.

This project is divided into 3 parts: transportation, weighing and sorting. In transportation, it has driver motor circuit to drive belt conveyor motor. In weighing, it has photoelectric sensor to detect objects when they arrived and has load cell to objects weighing processing. In sorting, it sort object into weight packaging as required that using Programmable logic Control, device control machine operation or process as programed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง เครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคผลรวมของน้ำหนัก (Product Packaging By Summing Weight Technique) นี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาจาก อาจารย์ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยช่วยเหลือในการทดลองวงจร และให้ความรู้รวมถึงการแก้ปัญหาต่าง ๆ เมื่อผลิตชิ้นงานออกมา คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณครอบครัวของผู้จัดทำที่คอยเป็นกำลังใจหลัก และเป็นผู้สนับสนุนเงินทุนหลักในการทำโครงงาน ขอขอบพระคุณเงินทุนจากทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมไปถึงพี่ๆน้องๆและเพื่อนๆ ผู้เป็นกำลังหลักคอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ รวมทั้งช่วยในแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงานนี้ทั้งหมด ทำให้ผลของโครงงาน สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจและผู้นำผลงานนี้ ไปใช้งานได้

นิชาภา ภัทรจิรเมธา
พรลภัส สรภูมิ
อรทัย แทนประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูปภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 สมมุติฐานการศึกษา 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1
1.5 วิธีการดำเนินการโครงงานและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล 1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3
2.1 สายพาน 3
2.2 วงจรควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ (DC Motor Speed Controller) 8
2.3 Arduino 13
2.4 โหลดเซลล์ (Load Cell) 17
2.5 เซ็นเซอร์แสง 22
2.6 สเตปปิ้งมอเตอร์ 33
2.7 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) 37
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน 40
3.1 การทำงานของส่วนการลำเลียง 40
3.2 การชั่งน้ำหนักของ Load cell 43
3.3 การรับค่าของ IR Sensor 47
3.4 การคำนวณสำหรับเลือกบรรจุลงกล่อง 49
3.5 การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง 70
บทที่ 4 ผลการทดลอง 76
4.1 การทำงานของส่วนการลำเลียง 76
4.2 การชั่งน้ำหนักของ Load cell 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การรับค่าของ IR Sensor 78
4.4 การคำนวณสำหรับเลือกบรรจุลงกล่อง 79
4.5 การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง 80
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 81
5.1 สรุปผลการทดลอง 81
5.2 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข 81
เอกสารอ้างอิง 82
ภาคผนวก 83
คำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ 85
ข้อมูลอุปกรณ์ (Data Sheet) 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 Absolute maximum ratings ของมอสเฟตเบอร์ P75NF75 11

2.2 ตารางเปรียบเทียบ Specification ของ Arduino แต่ละรุ่น 14

2.3 ข้อมูลของบอร์ด Arduino UNO 15

2.4 การกระตุ้นเฟสแบบแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) 36

2.5 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver) 36

2.6 การกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเต็ป (Half Step Motor) 36

4.1 แสดงผลการทดลองการชั่งน้ำหนักของ Load cell 77

4.2 แสดงการเลือกบรรจุลงกล่องจากการคำนวณ 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 ระบบลำเลียงแบบสายพาน (Belt Conveyor) 7

2.2 ระบบสายพานลำเลียง 8

2.3 มอเตอร์ไฟตรงที่มีชุดเฟืองขับในแบบต่างๆ 9

2.4 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง 9

2.5 วงจรขับมอเตอร์ทางเดียวด้วยมอสเฟส 10

2.6 การเปรียบเทียบค่าแรงดันที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ PWM 11

2.7 วงจรขับมอเตอร์ไฟตรงด้วยสัญญาณ PWM อย่างง่าย 12

2.8 บอร์ดรุ่น Arduino Uno SMD 15

2.9 Layout & Pin out Arduino Board 16

2.10 สัญญาณของ Strain Gauge Load cell เมื่อมีแรงมากระทำ 17

2.11 วงจรของ Strain Gauge Load cell ที่มีเกจวัดความเครียด 4 ตัว 17

2.12 โหลดเซลล์แบบ Single End Shear Beam 18

2.13 โหลดเซลล์แบบ Double End Shear Beam 18

2.14 โหลดเซลล์แบบ Single Point 19

2.15 โหลดเซลล์แบบ Bending Beam 19

2.16 โหลดเซลล์แบบ Pancake 20

2.17 โหลดเซลล์แบบ Canister 20

2.18 โหลดเซลล์แบบ S Beam 20

2.19 Summing Box 21

2.20 Weighing Module 22

2.21 Mounting foot 22

2.22 Rod end 22

2.23 Light Dependent Resistor 23

2.24 Photo Diode 23

2.25 Photo Transistor 24

2.26 IR Sensor 24

2.27 Reflective Optical Sensor 25

2.28 Opposed Mode, Through Beam Photoelectric sensor 26

2.29 Retro-reflective Photoelectric sensor 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.30 Diffuse Mode 28
2.31 Background Suppression 29
2.32 Convergent Mode 29
2.33 Divergent Mode 30
2.34 เปรียบเทียบการทำงานแบบ Dark On และ Light On 30
2.35 เปรียบเทียบแสง 31
2.36 IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module 31
2.37 การรับส่งของเซ็นเซอร์ 32
2.38 ลำแสงสะท้อนกับแผ่นสะท้อน Reflector 32
2.39 วัตถุขวางลำแสง 33
2.40 ภาพโครงสร้าง Stepping Motor 34
2.41 แผงผังการทำงานของ Stepping Motor 34
2.42 ภาพ Stepping Motor ประเภทต่างๆ 35
2.43 ภาพโครงสร้างของ PLC 38
3.1 Schematic DC Motor Speed Controller 41
3.2 Top Layout DC Motor Speed Controller 41
3.3 Bottom Layout DC Motor Speed Controller 42
3.4 การต่อวงจรขับมอเตอร์ DC 42
3.5 สายพาน 43
3.6 ต่อวงจร load cell 44
3.7 code สำหรับการ calibrate load cell 45
3.8 code สำหรับการ run load cell 46
3.9 ต่อวงจร IR sensor 47
3.10 code โดยรับ input จากสัญญาณของ IR senso 48
3.11 ระบบของ Arduino 50
3.12 แผนผังของระบบ A 51
3.13 แผนผังของระบบ B 52
3.14 แผนผังของระบบ C 54
3.15 แผนผังของฟังก์ชัน Check_MaxMin 56
3.16 Check_MaxMin 56
3.17 แผนผังของฟังก์ชัน Sorting 57
3.18 Sorting 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.19 แผนผังของฟังก์ชัน Find_Q1 59
3.20 Find_Q 60
3.21 แผนผังของฟังก์ชัน Find_Q3 61
3.22 Find_Q3 62
3.23 แผนผังของฟังก์ชัน Check_Quartile 63
3.24 Check_Quartile 63
3.25 แผนผังของฟังก์ชัน Check_HalfDiff 64
3.26 Check_HalfDif 64
3.27 แผนผังของฟังก์ชัน Calculation 65
3.28 Calculation 65
3.29 แผนผังของฟังก์ชัน Position 66
3.30 Position 67
3.31 แผนผังของฟังก์ชัน Sorting_SUM 68
3.32 Sorting_SUM 69
3.33 การต่ออุปกรณ์ 70
3.34 โปรแกรม PLC 71
3.35 การแสดงผลของ LED 74
3.36 การเชื่อมต่ออุปกรณ์และวงจรเข้าด้วยกัน 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมีการพัฒนา และความก้าวหน้าอย่างมากด้านอุตสาหกรรมอาหารทั้งในไทยและทั่วโลก จึงทำให้อุตสาหกรรม และผู้ผลิตต่างก็มีการแข่งขันกันอย่างมาก จึงทำให้มีความต้องการที่จะลดปัญหาต่างๆด้านการผลิต

ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการจัดจำหน่ายโดยการนำสินค้ามาบรรจุภัณฑ์ และแบ่งขายตามน้ำหนัก ยกตัวอย่างเช่น ผลไม้ ซึ่งผลไม้แต่ละลูกมีน้ำหนักไม่เท่ากัน ทำให้การนำมาบรรจุภัณฑ์ให้ได้ตามน้ำหนักที่ต้องการเท่ากันหมดนั้น สร้างความเสียเวลา เสียกำลังคน และยังส่งให้ผู้ผลิตต้องเสียทรัพยากรหลักไปโดยใช่เหตุ และอาจไม่ได้รับกำไรในการลงทุนเท่าที่ควร โครงงาน “เครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์โดยเทคนิคผลรวมของน้ำหนัก” จึงถูกจัดทำขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาการเขียน PLC
2) เพื่อศึกษาวงจรขับมอเตอร์
3) เพื่อลดการลงทุนกับทรัพยากรหลักในด้านอุตสาหกรรมอาหาร

1.3 สมมุติฐานการศึกษา

ทำการศึกษาและออกแบบระบบเครื่องคัดแยกผลไม้ตามน้ำหนักโดยประมวลผลด้วย PLC

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถช่วยลดการลงทุนกับทรัพยากรหลักในด้านอุตสาหกรรมอาหารได้
- สามารถนำความรู้ในการเขียน PLC ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้
- มีความรู้และความเข้าใจในวงจรขับมอเตอร์

1.5 วิธีการดำเนินการโครงงานและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน ได้แก่ Load Cell, Board Microcontroller, การเขียนPLC, Motor, Stepper Motor
2) ออกแบบโครงงาน
3) จัดหาและสั่งซื้ออุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4) ทำโครงหุ่นและออกแบบวงจร
5) ทดลองเขียนโปรแกรมควบคุม
6) ทำการทดลองต่ออุปกรณ์โดยการใส่โปรแกรม
7) วิเคราะห์ผลการทดลองและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
8) สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 สายพาน

2.1.1 หลักการทำงานของสายพานลำเลียง

สายพานลำเลียง (Belt Conveyor) คือ อุปกรณ์ลำเลียง (Conveyor) ที่ใช้สายพาน (Belt) เป็นตัวนำพาวัสดุ ระบบสายพานลำเลียงทำหน้าที่เคลื่อนย้ายวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หลังจากวัสดุหรือชิ้นงานผ่านกระบวนการตามขั้นตอนมา เมื่อมาถึงการขนย้ายหรือลำเลียงก็จะใช้ระบบสายพานลำเลียง (Belt Conveyor System) ในการเคลื่อนย้ายวัสดุหรือชิ้นงาน ดังนั้นระบบสายพานลำเลียงจึงเหมาะสำหรับ โรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท ที่ใช้ระบบสายพานลำเลียงในกระบวนการผลิตสายพานลำเลียง เป็นการขนถ่ายวัสดุที่เคลื่อนที่ต่อเนื่องตลอดเวลาใช้งาน โดยปลายทั้งสองข้างของสายพานจะต่อชนเข้าด้วยกัน ใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุทั้งในแนวราบและแนวลาดเอียง

2.1.2 ส่วนประกอบของสายพานลำเลียง

สายพานลำเลียงมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ดังนี้

1. สายพาน (Belt) เป็นส่วนรองรับวัสดุขนถ่ายและทำให้วัสดุขนถ่ายที่อยู่บน สายพานนั้นเคลื่อนที่ตามสายพานไปด้วย
2. ลูกกลิ้ง (Idlers) เป็นตัวรองรับสายพานอีกทีหนึ่ง ลูกกลิ้งนี้จะมี 2 ชนิด คือ
   2.1 ลูกกลิ้งด้านลำเลียงวัสดุ (Carrying Idlers)
   2.2 ลูกกลิ้งด้านสายพานกลับ (Return Idlers)
3. ล้อสายพาน (Pulleys) เป็นตัวรองรับ และขับสายพาน และควบคุมแรงดึงในสายพาน
4. ชุดขับ (Drive) เป็นตัวส่งกำลังขับให้กับล้อสายพาน เพื่อขับสายพานและวัสดุขนถ่ายให้เคลื่อนที่
5. โครงสร้าง (Structure) เป็นส่วนรองรับและรักษาแนวของลูกกลิ้ง (Idlers) และล้อสายพาน (Pulleys), และรองรับเครื่องขับสายพาน

นอกจากส่วนประกอบหลัก ๆ ของระบบสายพานลำเลียงดังกล่าวข้างต้นแล้วยังต้องมีอุปกรณ์ช่วย (Ancillary Equipment) อีกดังนี้

1. อุปกรณ์ปรับความตึงสายพาน (Belt take - ups) ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบใช้คนปรับ
2. อุปกรณ์ทำความสะอาด
3. ชุดป้องกันสายพานเสียหายใต้รางป้อนวัสดุ (Tramp - Iron Protection)
4. ตัวส่งวัสดุออก (Trippers) และเครื่องกวาด (Plows)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. ระบบป้องกันสภาพอากาศ (Weather Protection)

สายพานลำเลียงจะใช้ในการขนถ่ายวัสดุประเภทผง (Pulverized), เมล็ด (Granular) และวัสดุก้อน(Lumps) ในปริมาณมวลวัสดุเฉลี่ยมากและเส้นทางในการขนถ่ายอยู่ในแนวระนาบหรือลาดเอียง แต่มีข้อจำกัดคือ อุณหภูมิต้องไม่สูงนักจนทำให้สายพานไหม้ความลาดเอียงต้องไม่ชันเกินไปจนทำให้วัสดุเลื่อนไหลลง และระยะทางของจุดศูนย์กลาง (Center's Distance) จะต้องอยู่ภายในช่วงยืดตัวของสายพานที่ใช้การดัดแปลงสายพานลำเลียงเพื่อใช้สำหรับวัตถุประสงค์พิเศษและใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นจะทำให้สายพานลำเลียงมีประโยชน์กว้างขวางขึ้น การใช้งานสายพานลำเลียงส่วนใหญ่เป็นการใช้งานในอุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมเหมือง

การออกแบบส่วนประกอบและการจัดวางของสายพานลำเลียงมีหลักการที่ค่อนข้างแน่นอนการออกแบบ การป้อนวัสดุการส่งวัสดุออก และการเปลี่ยนการทำงานที่ดีจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ความช่างสังเกต และความช่างคิดประดิษฐ์ของผู้ออกแบบ ถ้าจะให้สายพานลำเลียงทำงานอย่างมีประสิทธิภาพแล้วจะต้องให้ตำแหน่งรับน้ำหนักบรรทุกอยู่ที่กลางสายพานและในอัตราที่สม่ำเสมอเพื่อให้การลำเลียงมีรูปแบบที่ถูกต้องจึงต้องมีเครื่องป้อนวัสดุและการจัดวางเครื่องป้อนวัสดุหลายๆชนิด โดยส่วนใหญ่แล้วระบบสายพานลำเลียงจะมีจุดรับวัสดุตายตัว อุปกรณ์เหล่านี้จะเป็นตัวเชื่อมต่อการขนส่งระหว่างแหล่งวัสดุกับระบบสายพานลำเลียง เมื่อการส่งวัสดุไปยังสายพานลำเลียงเป็นแบบไม่ต่อเนื่องจึงจำเป็นที่จะต้องจัดหาถังเก็บ (Surge hopper) และเครื่องป้อนวัสดุบางชนิดไว้เพื่อให้การส่งวัสดุไปยังสายพานลำเลียงเป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีอัตราความเร็วสม่ำเสมอ

ข้อจำกัดของการออกแบบระบบสายพานลำเลียง คือ การออกแบบจุดส่งถ่าย(Transfer points) ที่เหมาะสมโดยมีเงื่อนไขมากมาย ได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ, ความเร็วสายพาน,ทิศทางของการขนถ่าย และอัตราการขนถ่าย เป็นต้น สายพานลำเลียงจะมีชุดสายพานหลักอยู่ 1 ชุด ส่งวัสดุออกไปยังสายพานลำเลียงชุดอื่น ๆ ซึ่งจะมีผลต่อการกระจายตัวของวัสดุในระหว่างที่วัสดุตกลงบนสายพานชุดต่อ ๆ ไป ดังนั้นสายพานที่รับวัสดุต่อจากชุดสายพานหลักจะต้องมีขนาดที่สัมพันธ์กับวัสดุที่ส่งออกจากชุดสายพานหลักด้วย เมื่อวัสดุถูกส่งมาถึงจุดหมายปลายทางจะถูกส่งไปเก็บในคลังสินค้าหรือส่งไปยังอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตโดยตรงหรือส่งไปยังเรือขนส่งสินค้า

2.1.3 โครงสร้างของสายพานลำเลียง

โครงสร้างของสายพานลำเลียง ในขณะที่สายพานลำเลียงประกอบไปด้วยส่วนสำคัญหลายๆส่วน แต่ไม่มีส่วนใดมีความสำคัญทางเศรษฐศาสตร์มากเท่ากับตัวสายพานเอง โดยทั่วๆ ไปสายพานจะเป็นส่วนสำคัญส่วนแรกในการคิด ราคาของชุดสายพานลำเลียง ดังนั้นจึงต้องเลือกโครงสร้างของสายพานอย่างรอบคอบ สายพานประกอบ ไปด้วยส่วนประกอบมากมาย แต่ละส่วนมีความสำคัญต่อการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ของสายพานลำเลียงทั้งสิ้น โดยส่วนประกอบของสายพาน มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. แผ่นยางชั้นนอก (Covers)

สารประกอบที่ใช้ทำแผ่นยางชั้นนอกของสายพานลำเลียงอาจประกอบด้วยยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์หรือทั้งสองอย่างผสมกัน คุณภาพของแผ่นยางชั้นนอกควรจะประเมินจากคุณลักษณะทางด้านกายภาพ ในอุตสาหกรรมยางได้นำขอบเขตของความเค้นแรงดึงและการยืดตัวภายใต้ความเค้นมาใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพของแผ่นยางชั้นนอก ซึ่งในขณะนั้นมีเพียงยางธรรมชาติเท่านั้นที่ถูกนำมาใช้งาน ดังนั้นค่าแรงดึงและการยืดตัวของยางธรรมชาติจึงเป็นเกณฑ์ของการวัดคุณภาพของแผ่นยางชั้นนอกในปัจจุบันมีการนำยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์หลายชนิดมาใช้ทำสายพาน ซึ่งแต่ละชนิดก็จะมีคุณลักษณะเฉพาะตัว

จุดประสงค์แรกของแผ่นยางชั้นนอก คือ ป้องกันความเสียหายต่อโครงสายพาน (Belt Carcass) เนื่องจากวัสดุที่ทำการขนถ่าย ดังนั้นแผ่นยางชั้นนอกด้านบนจะหนากว่าด้านล่างเนื่องจากด้านบนหรือด้านลำเลียง (Carrying Side) จะเป็นจุดศูนย์รวมของการสึกหรอ ในขณะเดียวกันได้มีการกำหนดแฟคเตอร์คุณภาพของแผ่นยางชั้นนอกแบบยางธรรมชาติขึ้นค่าต่าง ๆ ถูกกำหนดขึ้นใช้กับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสายพานลำเลียงเมื่อ 40 ปีมาแล้วค่าเหล่านั้น ได้แก่ อายุความสามารถในการโค้งงอ (A Measure of The Flex Life) ของสายพานเพราะสายพานที่ใช้ทำจากยางธรรมชาติและผ้าฝ้ายล้วน อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้เริ่มมีการนำยางสังเคราะห์และส่วนผสมระหว่างใยสังเคราะห์และใยฝ้าย มาใช้กับโครงสายพาน (Carcass Fabrics) ค่าต่าง ๆ ที่เคยใช้กำหนดจึงหมดความสำคัญไป ค่าเหล่านั้นไม่ได้ หมายถึง สภาพการวัดความสามารถในการโค้งงอจริงของส่วนผสมของยางและผ้า

2. โครงสายพาน (Belt Carcass)

จุดประสงค์แรกของโครงสายพาน คือ ส่งผ่านแรงดึงตามความจำเป็นไปขับเคลื่อนสายพานและลดแรงกระแทกของวัสดุ เมื่อวัสดุถูกปล่อยลงบนสายพาน โดยปกติโครงของสายพานจะประกอบด้วยชั้นของผ้า (Plies or Layers of Fabric) เชื่อมติดเข้าด้วยกันโดยความเสียดทาน หรือเคลือบด้วยยาง

อย่างไรก็ตามโครงสายพานอาจประกอบด้วย ผ้าใบสานกันชั้นเดียวหรือมีชั้นของเส้นด้าย (Cords) ชั้นของผ้าใบทอมาตรฐาน เป็นการนำกลุ่มเส้นด้ายตามแนวยาว (Warp Cord) ใส่เข้ากับเส้นด้ายที่เป็นไส้ (Filler Cord) กลุ่มเส้นด้ายตามแนวยาวจะเป็นส่วนรองรับแรงดึงตามแนวยาว กลุ่มที่เป็นไส้จะเป็นส่วนที่ขวางกันอยู่และใช้รับแรงกระแทกและเป็นตัวรักษาเสถียรภาพโดยทั่วไปของเนื้อผ้าโดยทั่วไป ผ้าหรือส่วนที่เป็นเส้นที่ใช้เป็นขดรับแรงดึงของสายพานลำเลียง จะได้แก่ ฝ้าย ธรรมชาติ แพร เทียมแบบเหนียว (Viscose Rayon), ไนลอน (โพลีอะไมด์) และไหมเทียม (โพลีเอสเตอร์) สำหรับสายพานที่ทำขึ้นเป็นพิเศษ บางครั้งจะใช้แร่ใยหิน (Asbestos), และใยแก้ว ชั้นของส่วนที่เป็นเส้น (Single Layer Cord) ทำมาจากเส้นด้ายที่กล่าวข้างต้นชนิดเดียวหรือหลาย ชนิด หรือเส้นลวดซึ่งทำมาจากเส้นลวดเหล็กฟั่นเป็นเกลียว สำหรับผ้าทอเส้นด้ายตามแนวยาว (Warp) และไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(Filler) สามารถใช้เส้นใยผ้าทอชนิดเดียวกันได้หรือ เส้นด้ายตามแนวยาว ใช้เส้นใยผ้าทอชนิดหนึ่งและไส้ใช้อีกชนิดหนึ่งได้ หรืออาจจะใช้เส้นใยหลายชนิดผสมกัน

3. เบรคเกอร์ (Breakers)

Breakers ใช้สำหรับเพิ่มการยึดเกาะระหว่างแผ่นยางชั้นนอก (Cover) กับโครงสายพาน (Carcass) และยังเพิ่มความต้านทานต่อการกระแทกและความต้านทานต่อการแฟบตัวของสายพาน Breakers ทำมาจากวัสดุชนิดเดียวกับที่ใช้ทำโครงสายพาน (Belt Carcass)

Breakers ที่ใช้อยู่โดยทั่วไป มีอยู่ 2 ชนิด ซึ่งทั้ง 2 ชนิดใช้งานได้เหมือนกัน

- Cord Breaker ประกอบด้วยเส้นผ้าเว้นช่องเปิด

- Leno Breaker เป็นผ้าตาข่ายเปิดทำจากพรมน้ำมัน (Leno) ถักซึ่งเป็นหนึ่งในเส้นด้ายยาวตามแนวยาวฟั่นเกลียวหรือไขว้กันผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของปลายด้านหนึ่งหรือหลายด้าน แล้วผูกให้อยู่ในตำแหน่งนี้ด้วยไส้ที่ซึ่งเกิดการไขว้กันจะเปิดเป็นกรุไว้

4. เกรดของสายพานและการใช้งาน

1) สายพานเกรด 1 แผ่นยางชั้นนอกจะทำจากยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ส่วนผสมของยางธรรมชาติสังเคราะห์ หรือส่วนผสมของยางสังเคราะห์สายพานแบบนี้จะมีความต้านทานของมีคมต้านทานต่อการเซาะเป็นร่องของแผ่นยางชั้นนอก สำหรับวัสดุที่เจาะจงและขนาดของวัสดุที่จะขนถ่าย สายพานเกรด 1 จะมีส่วนผสมของยางซึ่งเป็นผ้าพิเศษ เคลือบระหว่างชั้นเพื่อทำให้มีความแข็งแรงใน การโค้งงอมากที่สด

2) สายพานเกรด 2 แผ่นยางชั้นนอก (Covers) ทำมาจากยางธรรมชาติยางสังเคราะห์ผสมกันระหว่าง ยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์หรือผสมกันระหว่างยางสังเคราะห์ด้วยกันทำให้มีความต้านทานต่อของมีคมได้ดีที่สุด แต่ความต้านทานการเซาะเป็นร่องไม่ดีเท่าสายพานเกรด 1 สายพานเกรด 2 จะมีส่วนผสมของยางซึ่งเป็นผ้าแบบพิเศษเคลือบระหว่างชั้น เพื่อให้ความแข็งแรงใน การโค้งงอในการใช้งานตามปกติดีเยี่ยม เมื่อใช้ล้อสายพานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมและที่สภาพการทำงานโดยรวมน้อยกว่าสายพานเกรด 1 สายพานเกรด 2 เหมาะกับงานที่มีความต้านทานต่อการกระแทก ในสภาพที่แผ่นยางชั้นนอกของเกรด 1 และเกรด 2 มีความหนาเท่ากัน หรือเมื่อเพิ่มความหนาของแผ่นยางชั้นนอกของสายพานเกรด 2 เพื่อให้ประหยัดกว่าใช้สายพานเกรด 1

2.1.4 การออกแบบระบบสายพานลำเลียงแบบโมดูล่าร์

ระบบลำเลียง ระบบขนถ่ายวัสดุแบบต่อเนื่อง ที่สามารถขนถ่ายได้ทั้งแนวระนาบและเอียงหรือขึ้นลง ทั้งวัสดุปริมาณมวลและหน่วย ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับชนิดหรือประเภทวัสดุที่ขนถ่ายและลักษณะในการขนถ่าย การโยกย้ายผลิตภัณฑ์เพื่อให้รวดเร็วยิ่งขึ้น สายพานลำเลียงทำให้ย่นเวลาในการขนย้ายโยกย้ายผลิตภัณฑ์แต่ถึงจะมีข้อดีแต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่เช่นกัน เช่น ถ้าหากอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่จะย้ายสูงเกินไปจนเกินความสามารถของผิวสายพานลำเลียงที่จะรับไหว สายพานลำเลียงก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จะเสียหาย เพราะฉะนั้นระบบสายพานลำเลียง ก็จะไม่สามารถโยกย้ายอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูงประเภทนี้ได้ เป็นต้น เทคนิคการเลือกสายพานลำเลียง ควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ชนิดของสายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1. สายพานแบน (Flat Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. สายพานลิ้ม (V-belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู
3. สายพานกลม (Ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม
4. สายพานไทม์มิ่ง (Timing Belt) มีหน้าตัดเป็นร่องคล้ายฟันเฟือง

รูปที่ 2.1 ระบบลำเลียงแบบสายพาน (Belt Conveyor)

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบสายพานลำเลียงเพื่อกำหนดขนาด มีดังนี้

1. รูปแบบ Application
2. คุณสมบัติของวัสดุ
3. เลือกความเร็ว
4. ดูลักษณะสิ่งแวดล้อม
5. ลักษณะ Load/Unload ของวัสดุ

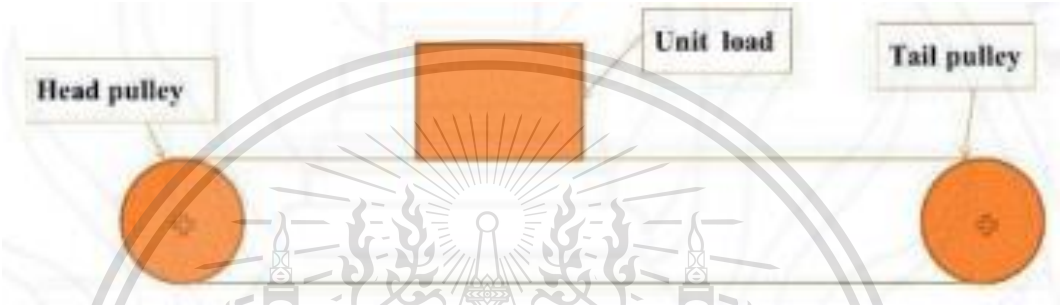
ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ (Design Selection Process) มีดังนี้

1. ระบบสายพานเป็นแบบวิ่งตรง/วิ่งโค้ง
2. Lay Out
3. ความเร็วในการลำเลียง
4. คุณสมบัติวัสดุ เช่น ความหนาแน่น รูปร่าง ขนาด การกัดกร่อน อุณหภูมิ ความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. การลำเลียงมีการเปลี่ยน Process เช่น มีการเปลี่ยน ความร้อน การหล่อเย็น การล้างทำความสะอาด
6. ได้รับการรับรองด้านสุขอนามัย
7. รูปแบบแรงที่กระทำต่อสายพาน
8. สภาพแวดล้อมในการทำงาน
9. รูปแบบการขับ

เมื่อต้องการคำนวณหาค่า Belt Pull ของสายพาน มีวิธีการดังนี้



รูปที่ 2.2 ระบบสายพานลำเลียง

2.2 วงจรควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ (DC Motor Speed Controller)

วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ DC เป็น วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้หมุนตามที่เราต้องการ การควบคุมความเร็วจะใช้โวลุ่มเป็นตัวปรับความเร็ว สามารถปรับได้ ตั้งแต่หยุดหมุนจนหมุนเต็มกำลัง

2.2.1 การทำงานของมอเตอร์ไฟตรง

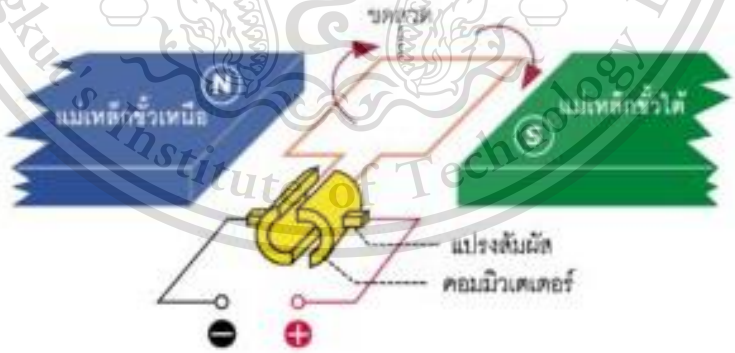
มอเตอร์ไฟตรง (DC motor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยเมื่อจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์ จะทำให้แกนของมอเตอร์หมุน จึงสามารถนำการหมุนของแกนมอเตอร์ไปใช้ในการขับเคลื่อนวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่

มอเตอร์ไฟตรงมีขนาดและพิกัดแรงดันให้เลือกใช้มากมาย ซึ่งโครงงานนี้เลือกใช้มอเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้แรงดันในย่าน 5 ถึง 12 V ซึ่งมีการใช้งานในหุ่นยนต์หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีกลไกเคลื่อนไหว ในรูปที่ 2.3 แสดงหน้าตาของมอเตอร์ไฟตรงในแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.3 มอเตอร์ไฟตรงที่มีชุดเฟืองขับในแบบต่างๆ

การขับหรือทำให้มอเตอร์ไฟตรงทำงานเพื่อหมุนแกนนั้นง่ายมาก เพียงจ่ายไฟเข้าที่ขั้วของมอเตอร์เท่านั้น และเมื่อกลับขั้วของการจ่ายไฟมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทิศทาง สำหรับการอธิบายการทำงานของมอเตอร์โดยทั่วไปจะอ้างถึงมอเตอร์แบบ 2 ขั้ว ดังในรูปที่ 2.4 เมื่อจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์ผ่านทางแปรงสัมผัสซึ่งต่ออยู่กับคอมมิวเตเตอร์และขดลวด เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น และเกิดแรงดูดจากแม่เหล็กถาวร ทำให้ขดลวดสามารถหมุนได้ แต่ด้วยการใช้ขดลวดเพียง 2 ขั้ว การหมุนของมอเตอร์จะขาดเสถียรภาพ เพราะในความเป็นจริงเมื่อคอมมิวเตเตอร์หมุนไป 90 องศาจะทำให้เกิดการลัดวงจรคอมมิวเตอร์ทั้ง 2 ชิ้น ทำให้กระแสไฟฟ้าหยุดไหล แต่แกนของมอเตอร์ยังหมุนไปได้ด้วยแรงเฉื่อย ทำให้จังหวะการทำงานนั้นไม่ต่อเนื่อง และทำให้อัตราเร็วในการหมุนไม่คงที่ ซึ่งทางแก้ไขนั้นจะใช้มอเตอร์แบบมีขดลวด 3 ขั้ว ที่มีการพันในทิศทางที่สลับกัน

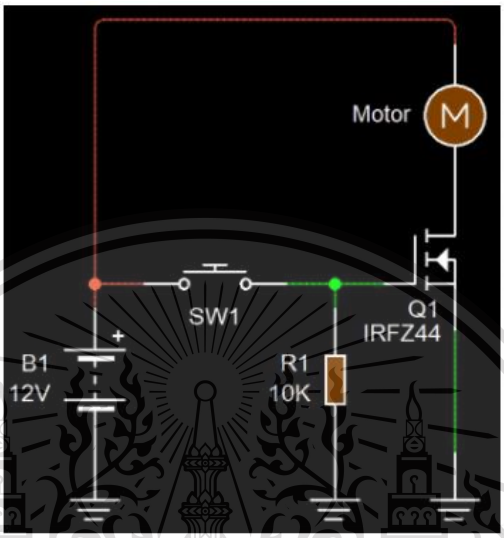


รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.2 วงจรขับมอเตอร์ทางเดียวด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาใช้ควบคุมมอเตอร์ มีด้วยกัน 2 ชนิด คือ ทรานซิสเตอร์ และมอสเฟส โดยมีวงจรต่อใช้งานที่คล้ายกันมาก ในโครงงานนี้เลือกใช้วงจรขับมอเตอร์ทางเดียวด้วยมอสเฟส



รูปที่ 2.5 วงจรขับมอเตอร์ทางเดียวด้วยมอสเฟส

จากรูปที่ 2.5 วงจรขับมอเตอร์ทางเดียวด้วยมอสเฟส มีลักษณะวงจรคล้ายกับแบบทรานซิสเตอร์ แตกต่างที่มีตัวต้านทานต่อจากขา G ลงกราวด์ (ขั้วลบ) เพื่อไม่ให้มีกระแสไฟรั่วไหล หลักการคือเมื่อมีแรงดันไฟฟ้ามากพอมาจ่ายเข้าที่ขา G มอสเฟสจะยอมให้มีกระแสไหลผ่านจากขา D ไปยังขา S ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุน แต่หากแรงดันไฟฟ้าเป็น 0 หรือแรงดันไฟฟ้าไม่มากพอ จะทำให้มอสเฟสไม่ทำงาน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจากขา D ไปยังขา S ไม่ได้ มอเตอร์ไม่มีกระแสไหลผ่าน ส่งผลให้มอเตอร์ค่อย ๆ หมุนช้าลง จนหยุดหมุนในที่สุด

คุณสมบัติที่สำคัญของมอสเฟส คือ ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน โดยมอสเฟสเบอร์เก่า ๆ มักใช้แรงดันไฟฟ้า 12V ในการทำงาน หากแรงดันไฟฟ้าไม่ถึงช่วง 12V จะทำให้มอสเฟสไม่ทำงาน ซึ่งจะเป็นปัญหากับวงจรส่วนควบคุม เนื่องจากวงจรส่วนควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้แรงดันไฟฟ้า 5V เท่านั้น การนำขาจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาต่อเข้ากับมอสเฟสโดยตรง จะทำให้มอสเฟสไม่ทำงานเนื่องจากแรงดันไม่มากพอ วิธีแก้ไขคือเลือกมอสเฟสที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 5V หรือเพิ่มวงจรไดร์ฟมอสเฟสขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง โดยอาจจะใช้ทรานซิสเตอร์ หรือออปโต้คัปเปอร์มาช่วย

นอกจากแรงดันแล้ว สิ่งที่ต้องพิจารณาร่วมด้วยคือกระแสสูงสุดที่มอสเฟสสามารถทนได้ โดยจะต้องเลือกมอสเฟสที่ทนกระแสได้สูงกว่ากระแสที่มอเตอร์ใช้ ตัวอย่างการดูว่ามอสเฟสทนกระแสได้สูงสุดเท่าไร ให้ดูใน Datasheet ตาราง Absolute Maximum Ratings ในส่วนของ I_D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

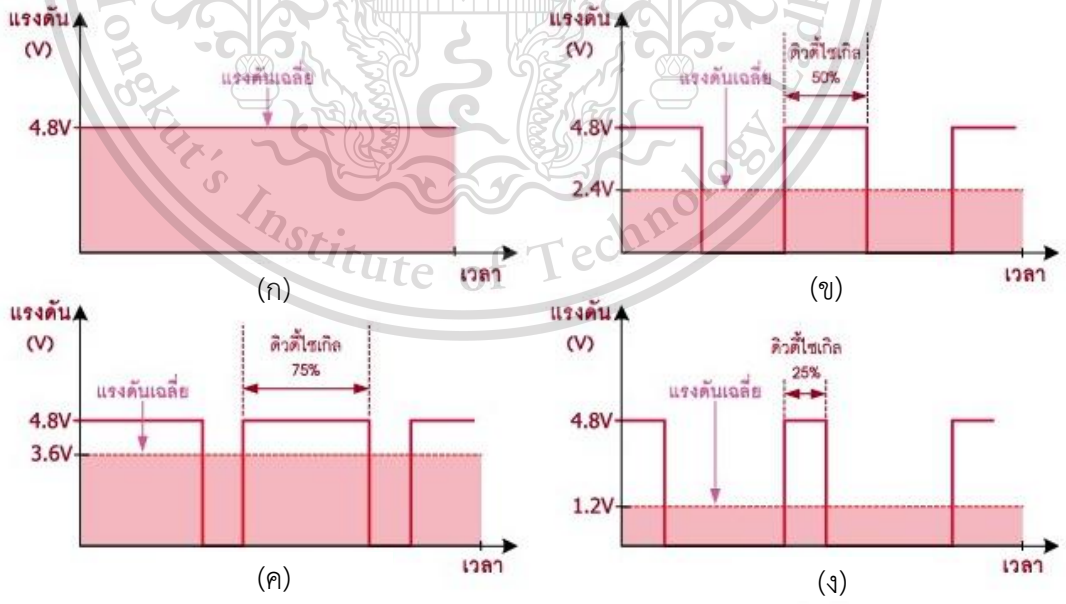
ตารางที่ 2.1 Absolute maximum ratings ของมอสเฟตเบอร์ P75NF75

• **ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(T_a=25℃)**

SYMBOL	PARAMETER	VALUE	UNIT
V_{DSS}	Drain-Source Voltage	75	V
V_{GSS}	Gate-Source Voltage	±20	V
I_D	Drain Current-Continuous	80	A
I_{DM}	Drain Current-Single Pulsed	320	A
P_D	Total Dissipation	300	W
T_j	Operating Junction Temperature	175	℃
T_{stg}	Storage Temperature	-55~175	℃

2.2.3 ควบคุมความเร็วของมอเตอร์

ในการขับมอเตอร์โดยปกติจะป้อนแรงดันไฟตรงให้โดยตรง มอเตอร์จะทำงานเต็มกำลัง ซึ่งอาจมีความเร็วมากเกินไป ดังนั้นการปรับความเร็วของมอเตอร์จึงใช้วิธีลดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ วิธีที่นิยมคือ การป้อนพัลส์ไปขับมอเตอร์แทน แล้วปรับความกว้างพัลส์ช่วงบวก เพื่อให้ได้ค่าแรงดันเฉลี่ยตามต้องการ วิธีการนี้เรียกว่า พัลส์วิดธ์มอดูเลเตอร์ (PWM)



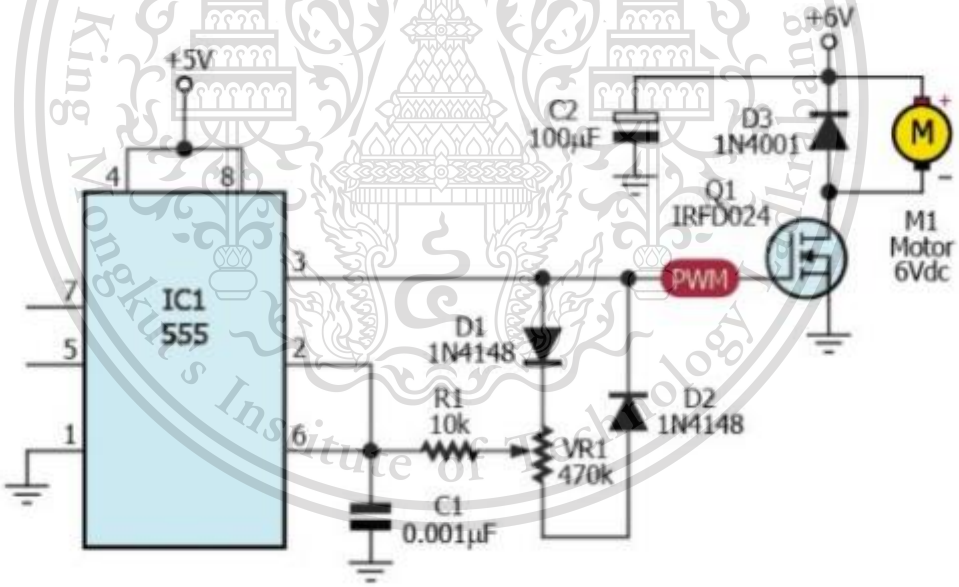
รูปที่ 2.6 การเปรียบเทียบค่าแรงดันที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ PWM
(ก) ป้อนสัญญาณไฟตรง (ข) PWM มีดิวตี้ไซเกิล 50%
(ค) PWM มีดิวตี้ไซเกิล 75% (ง) PWM มีดิวตี้ไซเกิล 25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยความกว้างพัลส์ช่วงบวกเมื่อเทียบกับความกว้างพัลส์ทั้งหมดเรียกว่า ดิวตี้ไซเกิล (duty cycle) โดยจะคิดค่าดิวตี้ไซเกิลเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความกว้างพัลส์ทั้งหมด ตัวอย่างจากรูปที่ 8.2 มีค่าดิวตี้ไซเกิล 50% หมายถึง ความกว้างของพัลส์ช่วงบวกมีความกว้างเป็น 50% ของความกว้างทั้งหมด ดังนั้นแรงดันเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ (50 x 4.8) /100 = 2.4V สำหรับรูปที่ 8.3 และ 8.4 เป็นการกำหนดค่าดิวตี้ไซเกิล 75% และ 25% ตามลำดับ

2.2.4 วงจรกำเนิดสัญญาณ PWM สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์

วงจรสำหรับสร้างสัญญาณพัลส์ PWM เพื่อนำไปขับมอเตอร์ไฟตรงขนาดเล็กนั้นมีตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.7 เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ PWMที่ง่ายที่สุดใช้ไอซี 555 โดยความถี่ของสัญญาณ PWM จะถูกกำหนดด้วยค่าของตัวเก็บประจุ C1 สามารถเปลี่ยนค่าดิวตี้-ไซเกิลหรือความกว้างของพัลส์ได้ด้วยการปรับ VR1 สัญญาณ PWM จะถูกส่งไปยังมอสเฟต Q1 เพื่อขับให้มอเตอร์ไฟตรงหมุนด้วยการปรับค่าของ VR1 ทำให้แรงดันที่ใช้ขับมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าพัลส์มีความกว้างมากแรงดันที่ส่งไปขับมอเตอร์ก็จะมากตาม ส่งผลให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามถ้าพัลส์มีความกว้างน้อยลง แรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุตก็จะลดลง ความเร็วของมอเตอร์ก็ลดลงตาม



รูปที่ 2.7 วงจรขับมอเตอร์ไฟตรงด้วยสัญญาณ PWM อย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 Arduino

Arduino คือ โครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบารี่ของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายๆรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมาก

ใน Arduino แทบทุกรุ่นนั้นได้ใช้ชิป AVR เป็นหลัก เนื่องจากไมโครคอนโทรเลอร์ของตะกูล AVR นั้นมีความทันสมัย ในชิปในบางตัวสามารถเชื่อมต่อผ่าน USB ได้โดยตรง สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี และในไมโครคอนโทรเลอร์ตะกูล AVR ยังมีส่วนของโปรแกรมพิเศษที่เรียกว่า Bootloader อยู่ในระดับล่างกว่าส่วนโปรแกรมปกติ ซึ่งจะเป็นส่วนโปรแกรมที่จะถูกเรียกขึ้นมาก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้สามารถเขียนสั่งให้ทำงานใดๆก็ได้ ก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้ Arduino นั้นอาศัยส่วนโปรแกรมแกรมพิเศษนี้ในการทำให้ชิปสามารถโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรมชนิด UART ได้ จึงทำให้การเขียนโปรแกรมลงไปในชิปใช้เพียง USB to UART ก็เพียงพอแล้ว แต่การโปรแกรมด้วยการใช้โปรโตคอล UART ก็มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้เวลาในการบูตเข้าโปรแกรมปกติประมาณ 1 – 2 วินาที

2.3.1 ข้อดีของ Arduino

1. ส่วนของฮาร์ดแวร์
    - 1.1 มีให้เลือกใช้หลายโมเดล
    - 1.2 เป็นโอเพนซอร์สฮาร์ดแวร์ ผู้ใช้สามารถนำไปสร้างเป็นบอร์ดของตัวเองได้แบบไม่ติดลิขสิทธิ์
    - 1.3 มีบอร์ดเสริมเพิ่มประสิทธิภาพของบอร์ดจำนวนมาก
2. ส่วนของซอร์ฟแวร์
    - 2.1 รองรับการพัฒนาในบอร์ดหลายโมเดล และ สามารถเพิ่มบอร์ดอื่นๆที่ไม่ใช่บอร์ด Arduino ให้สามารถพัฒนาโปรแกรมและอัพโหลดโปรแกรมลงบนบอร์ดได้
    - 2.2 ภายใน Arduino IDE ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งต่างๆ ตัวอย่างโปรแกรม และตัวอย่างไลบรารี่ต่างๆ ที่ได้ติดตั้งมาพร้อมใช้งานแล้ว
    - 2.3 สามารถดาวน์โหลดไลบรารี่เพิ่มเติมและติดตั้งเพิ่มได้เติมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.2 การเลือกซื้อ Arduino

ตารางที่ 2.2 ตารางเปรียบเทียบ Specification ของ Arduino แต่ละรุ่น

Arduino Board	Family	MEMORY SRAM	FLASH	EEPROM	Clock	UART	PWM	Digital	Analog	VCC	Vin Range	USB-Serial
Duemilanove (328)	ATmega328	2K	32k	1kB	16MHz	1	6	14	6	5V	7-12V	ATmega16U2
Uno	ATmega328	2k	32k	1kB	16MHz	1	6	14	6	5V	7-12V	ATmega16U2
Arduino Mega 2560	ATmega2560	8k	256k	1kB	16MHz	4	14	54	16	5V	7-18V	ATmega16U2
Arduino Mega ADK	ATmega2560	8k	256k	1kB	16MHz	4	14	50	16	5V	7-18V	ATmega16U2
Arduino Ethernet	ATmega328	2k	32k	1kB	16MHz	1	4	9	6	5V	6-18V	N/A
Arduino BT	ATmega328	2k	32k	1kB	16MHz	1	6	14	6	5.5V	1.2V-5.5V	Bluegiga WT11
Arduino Pro Mini 328 5V	ATmega328	2k	32k	1kB	16MHz	1	6	14	6	5V	5-12V	N/A
Arduino Nano 3.0	ATmega328	2k	32k	1kB	16MHz	1	6	14	8	5V	7-12V	FTDI FT232RL
Arduino Mini	ATmega328	2k	32k	1kB	16MHz	1	6	14	8	5V	7V-9V	N/A
Arduino Pro 3.3V	ATmega328P	2k	32k	1kB	8MHz	1	6	14	6	3.3V	3.35-12V	N/A
Arduino Pro 5V	ATmega328P	2k	32k	1kB	16MHz	1	6	14	6	5V	5-12V	N/A
Arduino Fio	ATmega328P	2k	32k	1kB	8MHz	1	6	14	8	3.3V	3.35-12V	N/A
LilyPad Simple Board	ATmega168P	1k	16k	512B	8MHz	1	5	9	4	2.7-5.5V		N/A
LilyPad 328 Main Board	ATmega328P	2k	32k	1kB	8MHz	1	6	14	6	2.7-5.5V		N/A

1. Family คือ microcontroller ที่ใช้ microcontroller เปรียบเสมือน สมองกล ของ Arduino มีความเร็วแตกต่างกัน ความสามารถ คุณสมบัติทุกอย่างจะขึ้นอยู่กับ microcontroller ที่ใช้
2. SRAM คือหน่วยความจำที่ใช้ในการทำงาน เช่น เก็บตัวแปร (Variable) เป็นหน่วยความจำชั่วคราว จะสูญหายเมื่อไม่มีไฟฟ้า
3. Flash Memory คือหน่วยความจำใช้เก็บโค้ดที่อัพโหลด
4. EEPROM คือหน่วยความจำเก็บข้อมูลที่ไม่สูญหายเมื่อไม่มีไฟฟ้า
5. Clock คือความเร็วของตัวmicrocontroller
6. UART คือจำนวนSerialที่ใช้ได้
7. PWM คือจำนวน digital pins ที่สามารถให้สัญญาณ PWM ได้ ใช้เพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง เช่น ควบคุมความเร็ว motor ทำให้หลอดLEDสว่างน้อยลง ใช้ควบคุมServo
8. Digital คือจำนวน digital pins ที่ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ
9. Analog คือจำนวน analog pins ที่ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์บางอย่างที่ output แบบ analog
10. VCC คือ ค่าความดันไฟ (Voltage) ที่รุ่นนั้นใช้ เมื่อเรานำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกมาต่อเข้ากับ Digital Pins เราต้องดูค่า VCC ว่ารองรับหรือไม่ ส่วนใหญ่ArduinoจะมีVCCอยู่ที่5V
11. Vin Range คือ ค่าความดันไฟ(Voltage) ที่สามารถต่อเข้ากับArduinoได้จากแหล่งกำเนิดไฟ เช่นจากถ่านไฟฉาย 9V จาก adapter 12v ซึ่งจะถูกregulatorในarduino แปลงให้เหลือค่า VCC
12. USB Serial คือ ชิพที่ใช้Uploadโปรแกรมผ่านสายUSBได้โดยตรง หากไม่มีเราจะไม่สามารถเสียบสายUSBเข้ากับArduino เพื่อUploadได้ เราต้องใช้ตัวUploadภายนอก (USB To TTL UART)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.3 บอร์ด Arduino UNO

บอร์ด Arduino เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไอซีหรือชิพประมวลผลของไมโครคอนโทรเลอร์ (Micro Controller Unit: MCU) ประกอบอยู่กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ตัวบอร์ดของ Arduino มีหลายโมเดลให้เลือกใช้ โดยบอร์ดแต่ละโมเดลจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของสเป็ค จำนวนพอร์ตต่างๆสำหรับใช้งาน พื้นที่ในการเขียนโปรแกรม ขนาดของบอร์ด เป็นต้น โดยโครงงานนี้ ใช้บอร์ดรุ่น Arduino Uno SMD

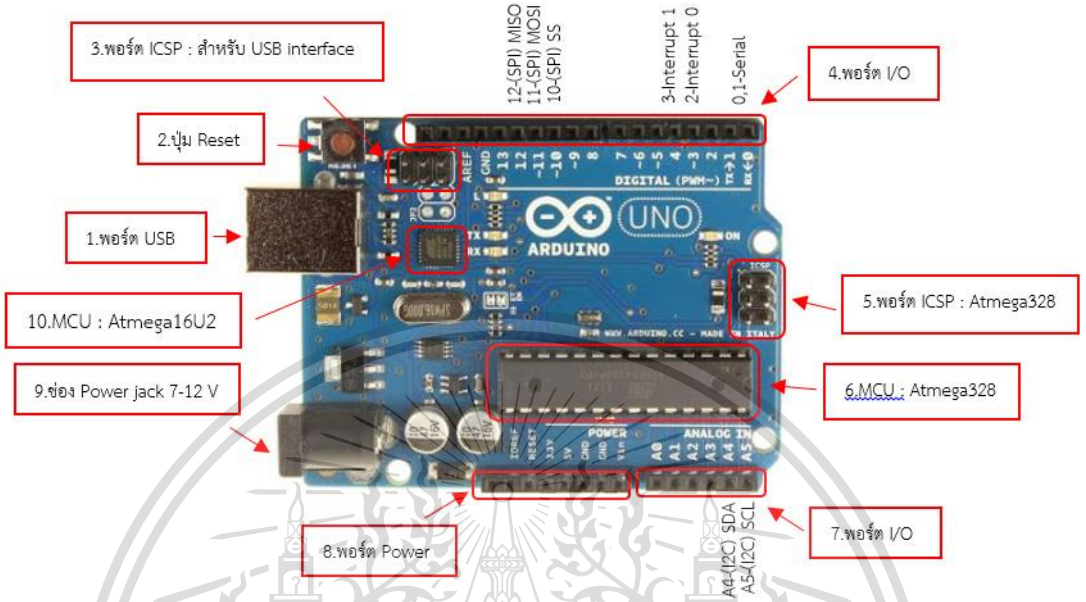
รูปที่ 2.8 บอร์ดรุ่น Arduino Uno SMD

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลของบอร์ด Arduino UNO

ข้อมูลจำเพาะ	
ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Booloader
พื้นที่แรม	2KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1KB
ความถี่คริสตัล	16MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขนาด	68.6x53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม



รูปที่ 2.9 Layout & Pin out Arduino Board

Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 โหลดเซลล์ (Load Cell)

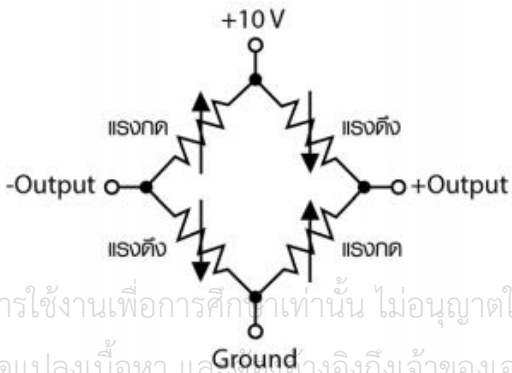
โหลดเซลล์ (Load Cell) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์ โดยโหลดเซลล์ถูกสร้างมาจาก Strain Gauge ที่จัดเรียงวงจรในรูปแบบวงจรวิจสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) ซึ่งสามารถแปลงค่าแรงกด หรือแรงดึง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โหลดเซลล์มีหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีการออกแบบสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกประเภทของโหลดเซลล์จึงมีความสำคัญ เพราะหากเลือกใช้งานผิดประเภท อาจจะทำ ให้ทั้งงานและอุปกรณ์โหลดเซลล์เสียหายได้

2.4.1 ประเภทของโหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ (Strain Gauge Load cell)

หลักการของโหลดเซลล์ประเภทนี้คือ เมื่อมีน้ำหนักมากระทำ ความเครียด (Strain) จะเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าในสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำ ปรกติแล้วมักจะใช้เกจวัดความเครียด 4 ตัว

การวัดโดยเกจตัวต้านทานทั้งสี่จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อใช้แปลงแรงที่กระทำ กับตัวของมัน ไม่ว่าจะเป็นแรงกด หรือแรงดึงส่งสัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดันไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็น mV/V หมายความว่า ถ้าจ่ายแรงดัน 10 V ให้กับ Load cell ที่มี Spec 2 mV/V ที่ Full load สมมุติว่าถ้าน้ำหนัก Full Load เป็น 100 กิโลกรัม ดังนั้นเมื่อมีแรงกระทำต่อ Load cell ที่น้ำหนัก 100 กิโลกรัม สัญญาณที่จะได้ก็จะได้เท่ากับ 20 mV

รูปที่ 2.10 สัญญาณของ Strain Gauge Load cell เมื่อมีแรงมากระทำ



รูปที่ 2.11 วงจรของ Strain Gauge Load cell ที่มีเกจวัดความเครียด 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในโครงงานนี้จะอธิบายถึงประเภทของโหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ ซึ่งโหลดเซลล์เกือบ 80 % เป็นประเภทนี้ โดยแบ่งเป็น โหลดเซลล์แบบใช้แรงกด และโหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง

โดยโหลดเซลล์แบบใช้แรงกด เป็นโหลดเซลล์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แรงกดลงบนตัวโหลดเซลล์ ซึ่งมีชื่อเรียกตามรูปร่างและการใช้ มีหลายแบบ ดังต่อไปนี้

1. โหลดเซลล์แบบ Single End Shear Beam

ปกติจะเรียก Shear Beam เป็น Load cell ที่ใช้งานโดยยึดปลายด้านหนึ่งเข้ากับฐานและนำถังวางลงบนปลายอีกด้านหนึ่ง เพื่อวัดแรงกด ซึ่งจะใช้ 4 ตัวต่อ 1 ถัง นิยมใช้มากใน การชั่งน้ำหนักในถัง เช่น การชั่งน้ำหนักหินหรือทรายในถังก่อนปล่อยลงไปผสมกับซิเมนต์ และน้ำในแพลนคอนกรีตผสมเสร็จ มีขนาดตั้งแต่ 250 กิโลกรัม ถึง 10 ตัน

รูปที่ 2.12 โหลดเซลล์แบบ Single End Shear Beam

2. โหลดเซลล์แบบ Double End Shear Beam

เป็น Load cell ที่เหมือนกับนำ Single End Shear Beam จำนวน 2 ตัวมากรวมกัน ซึ่ง จะทำ ให้มีจำนวน Strain Gauge มากขึ้น ทำ ให้ได้ความละเอียดมากขึ้น การติดตั้งโดยยึด ปลายทั้งสองข้างด้วยสกรูติดกับฐาน และนำ ถังมาวางตรงกลางโดยมีลูกบอลและเบ้ายึดกับ ถัง และ Load Cell เพื่อให้ถังสามารถขยับได้แต่ไม่หลุดหล่นไป นิยมใช้ในงานชั่งที่มีน้ำหนักมาก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้ชั่งถัง หรือไซโลที่มีขนาดใหญ่ จะติดตั้งไว้ที่ขาของถังหรือ ไซโล มีขนาดตั้งแต่ 10 ตัน ถึง 50 ตัน

รูปที่ 2.13 โหลดเซลล์แบบ Double End Shear Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. โหลดเซลล์แบบ Single Point

เป็น Load cell ที่ออกแบบมาเพื่อให้ใช้กับ Platform ขนาดเล็ก สำหรับงานชั่งที่น้ำหนัก น้อยกว่า 1 ตัน โดยใช้ Load cell เพียงตัวเดียว โดยยึด Load cell เข้าที่จุดศูนย์กลางของ Platform มีขนาดน้ำหนัก ตั้งแต่ 2 กิโลกรัม ถึง 800 กิโลกรัม

รูปที่ 2.14 โหลดเซลล์แบบ Single Point

4. โหลดเซลล์แบบ Bending Beam

เป็น Load cell ที่ออกแบบมา โดยการแปลงแรงบิดที่กดที่ปลายด้านหนึ่งและอีกด้านยึดติดกับฐานและมีโครงสร้างคล้ายสปริง ซึ่งจะให้สัญญาณได้ดีที่ขนาดแรงกดไม่มาก ตั้งแต่ 25 กิโลกรัม ถึง 500 กิโลกรัม

รูปที่ 2.15 โหลดเซลล์แบบ Bending Beam

5. โหลดเซลล์แบบ Pancake

เป็น Load cell ที่มีรูปร่างคล้ายขนมแพนเค้ก สามารถใช้ได้ทั้งแรงกดและแรงดึง มีความแม่นยำ สูง ค่า Linearity และ Hysteresis ในระดับ 0.05% เนื่องจากมีจำนวน Stain Gauge มากกว่า Load cell ชนิดอื่น นิยมใช้สำหรับงานเครื่องทดสอบแรงกดหรือแรงดึง มีขนาด ตั้งแต่ 500 กิโลกรัม ถึง 500 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.16 โหลดเซลล์แบบ Pancake

6. โหลดเซลล์แบบ Canister

เป็น Load cell ที่รูปร่างเหมือนกระป๋อง ใช้รับแรงกด มีแม่นยำ สูง ค่า Linearity และ Hysteresis ในระดับ 0.05%โดยนิยมใช้ทำ เครื่องชั่งทั่วไปที่ต้องการความแม่นยำ สูง รวมถึง เครื่องชั่งรถบรรทุก มีขนาดตั้งแต่ 200 กิโลกรัม ถึง 20 ตัน

รูปที่ 2.17 โหลดเซลล์แบบ Canister

7. โหลดเซลล์แบบ S Beam

โดยโหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง เป็นโหลดเซลล์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แรงดึงตัวโหลดเซลล์ออกจากกัน ซึ่งมีชื่อเรียกตามรูปร่างและการใช้ คือ โหลดเซลล์แบบ S Beam เป็น load cell ที่ใช้งานโดยยึดด้านบนกับโครงสร้างโดยใช้ลูกปืนตาเหลือก (Rod end) ส่วนด้านล่างใช้แขวนถังที่ต้องการชั่ง ซึ่งจะทำให้ถังสามารถแกว่งตัวเล็กน้อยได้ โดยที่ไม่มีผลกับการชั่ง มีขนาดตั้งแต่ 2 กิโลกรัม ถึง 5 ตัน

รูปที่ 2.18 โหลดเซลล์แบบ S Beam

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4.2 การเลือกใช้โหลดเซลล์

ในการเลือกใช้โหลดเซลล์นั้น จำเป็นต้องใช้ให้ถูกประเภท เพื่อที่จะทำให้วัดค่าได้อย่างแม่นยำ ไม่เสี่ยงต่อความเสียหายในขณะที่ใช้งานปัจจัยในการเลือกโหลดเซลล์ มี 7 ปัจจัย ดังนี้

1. ทิศทางของแรง เป็นแรงกดหรือแรงดึง
2. เลือกรูปทรงของโหลดเซลล์ให้เหมาะสมกับประเภทของงาน
3. เลือกลักษณะของสัญญาณ Output ที่ต้องการ มีให้เลือก 2 แบบ ได้แก่ สัญญาณอนาล็อก โดยนิยมใช้ 2 สัญญา คือ 2mV/V และ 3mV/V และสัญญาณดิจิตอล โดยนิยมใช้เป็น Modbus Protocol
4. คำนวณน้ำหนักของการใช้โหลดเซลล์ การคำนวณหาน้ำหนักโหลดเซลล์ คือ

พิกัดของโหลดเซลล์ = ((น้ำหนักที่ต้องการชั่ง + น้ำหนักตราชั่ง) x 2) /จำนวนของโหลดเซลล์

5. วัสดุของโหลดเซลล์ โหลดเซลล์ที่นิยมใช้กันมากจะเป็น อลูมิเนียม และสตีล โดยที่สตีลจะมีราคาถูกที่สุด ส่วนอลูมิเนียมจะมีน้ำหนักน้อยกว่าสตีล ซึ่งสามารถลดน้ำหนักรวมของเครื่องจักรได้ และงานที่มีความชื้นจะใช้ Load cell สแตนเลส
6. ความแม่นยำที่ต้องใช้ จะขึ้นอยู่กับรูปร่างและจำนวน Strain Gauge ที่ใช้ทำ Load cell ซึ่งจะระบุในสเปค (Datasheet) ของ Load cell เป็น ค่า Linearity และ Hysteresis โดยมีระบุเป็น % F.S. เปอร์เซนต์ของค่าขนาดสูงสุด (Full Scale) หรือบางครั้งใช้ % R.O. (Rate Output) ซึ่งมีความหมายเหมือนกัน
7. เลือกอุปกรณ์เสริมให้เหมาะสม อุปกรณ์เสริมมีหลายแบบแตกต่างกัน ได้แก่

7.1 Summing Box ใช้สำหรับรวมสัญญาณจากโหลดเซลล์หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน โดยที่นิยมใช้จะมี Summing Box สำหรับ Load cell 4 ตัว, 6 ตัว และ 8 ตัว

รูปที่ 2.19 Summing Box

7.2 Weighing Module ชุดโมดูลประกอบการติดตั้ง Load cell เป็นตัวยึดโหลดเซลล์ เพื่อให้ยึดติดตั้งกับแท่นยึดโหลดเซลล์ได้ง่ายขึ้น

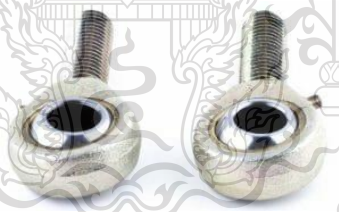
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.20 Weighing Module

7.3 Mounting foot ใช้กับ Shear Beam Load Cell เป็นตัวยึดโหลดเซลล์ เหมือนกับ Weighing Module

รูปที่ 2.21 Mounting foot

7.4 Rod end ลูกปืนตาเหลือก ทำหน้าที่ในการยึดโหลดเซลล์ประเภท S Beam



รูปที่ 2.22 Rod End

2.5 เซ็นเซอร์แสง

เซนเซอร์แสง Optical Sensor หรือ Photoelectric Sensor คือ เครื่องเซ็นเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุโดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัส โดยมีคุณสมบัติคือ มีการตอบ สนองตอบอย่างรวดเร็ว ระยะการตรวจจับไกล เหมาะสำหรับการใช้งาน ที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับและไม่มีการสัมผัสกับตัววัตถุ ใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ

เซ็นเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสงส่งไปสะท้อนกับวัตถุ หรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

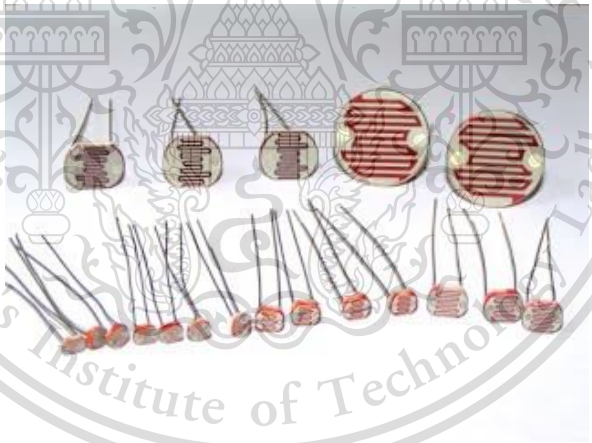
สภาวะของสัญญาณ ทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโต้ไดโอด (Photo diode) หรือโฟโต้-ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็น สนามแม่เหล็กความถี่ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน แต่การใช้งานเซ็นเซอร์ประเภทนี้จะไม่ค่อยเหมาะกับการติดตั้งในบริเวณ ที่มีฝุ่น หรือสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนอย่างรุ่นแรงได้ เนื่องจากจะทำให้ระยะในการตรวจจับ และความแม่นยำในการตรวจจับลดลงเป็นอย่างมาก

2.5.1 ชนิดของเซ็นเซอร์

1. LDR

ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง หรือ LDR (Light Dependent Resistor) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตรวจจับแสง โดยหามีแสงมาตกกระทบน้อย จะทำให้มีความต้านทานมาก และหากมีแสงมาตกกระทบมาก ความต้านทานจะน้อยลง

LDR นั้นทำมาจากสารกึงตัวนำแคดเมียมซัลไฟล์ หรือแคดเมียมซีลิไนด์ นำมาฉาบลงบนแผ่นเซรามิคที่ใช้เป็นฐานรอง



รูปที่ 2.23 Light Dependent Resistor

2. Photo Diode

โฟโต้ไอโอด (Photo Diode) จะถูกแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ ตอบสนองต่อแสงที่สามารถมองเห็นได้ และตอบสนองต่อแสงความถี่สูงย่านอินฟาเรด

หลักการทำงานคือ เมื่อมีแสงมีตกกระทบมาก จะทำให้สามารถนำกระแสได้มาก หากมีแสงมาตกกระทบน้อยจนถึงจุดจุดหนึ่ง จะไม่นำกระแสเลย การนำโฟโต้ไดโอดไปใช้งาน จะต้องต่อในลักษณะไบอัสกลับ จึงจะสามารถใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.24 Photo Diode

3. Photo Transistor

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistors) แบ่งเป็น 2 ชนิดเช่นเดียวกับโฟโต้ไดโอด ลักษณะภายนอกคล้ายๆกับโฟโต้ไดโอด การใช้งานก็เช่นเดียวกัน จำเป็นต้องดู Datasheet ประกอบการใช้งาน

รูปที่ 2.25 Photo Transistor

4. IR Sensor

IR Sensor คืออุปกรณ์ที่นำโฟโต้ไดโอด หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ มารวมเข้ากับวงจรควบคุมภายใน เพื่อใช้สำหรับความถี่สูงโดยเฉพาะ IR Sensor นั้น จะตอบสนองกับแสงอินฟาเรดเท่านั้น ใช้งานร่วมกับ LED อินฟาเรด นิยมใช้ส่งข้อมูลที่อยู่ในระยะไกล เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งาน IR Sensor ก็จำพวก โทรทัศน์ เครื่องเล่น DVD หรือวิทยุในรถยนต์ กล่องรับดาวเทียม เป็นต้น

รูปที่ 2.26 IR Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. Reflective Optical Sensor

Reflective Optical Sensor คืออุปกรณ์ที่นำโฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือโฟโต้ไดโอด มารวมกับ LED อินฟาเรด เพื่อใช้ในการตรวจจับการสะท้อนแสง หรือระยะความใกล้ของวัตถุ หลักการคือ เมื่อมีแสงไปตกกระทบกับวัตถุใดๆ วัตถุนั้นจะสะท้อนแสงกับมาที่โฟโต้ไดโอด หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ตัวอย่างที่นำไปใช้งานจริงก็เช่น หุ่นยนต์วิ่งตามเส้น

รูปที่ 2.27 Reflective Optical Sensor

2.5.2 หลักการทำงาน

จะอาศัยหลักการสะท้อนหรือการหักเหของแสง จากตัวส่ง ไปยังตัวรับ โดยภายในโครงสร้างของตัว Photoelectric Sensor จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ภาคส่งสัญญาณ Emitter และภาครับสัญญาณ Receiver ซึ่งภาคส่งสัญญาณแสงนั้น จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า Light Emitting Diode หรือ LED โดย LED จะมีหน้าที่สร้างแสงที่เป็นพัลส์ เพื่อส่งออกไปโดยแสงที่ส่งออกไปนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของ LED ว่าจะเป็นแบบ Visible Light หรือ Non Visible Light โดย Visible Light ก็จะเป็น แสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และในส่วนของ Non Visible Light ก็จะเป็น แสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

โดยสามารถแบ่งประเภทของ LED ตามความยาวคลื่นแสงได้ดังนี้

1. LED แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Non Visible Light) ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกลแต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้
2. LED แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible Light) ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับ พื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงิน และสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี
3. LED แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible Light) ให้ความเข้มของแสงต่ำระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยทั่วไปนั้น แสงสีแดงจะได้รับความนิยมสูงสุดในกลุ่ม Visible Light และในส่วนของ Non Visible Light นั่งคือ แสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงชนิดที่มีใช้ในการผลิตตัวโฟโต้เซ็นเซอร์มากที่สุด

เมื่อแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัว LED ของ Emitter ถูกส่งต่อไปยังตัว Receiver โดยภายในประกอบด้วยตัว Photo Diode หรือ อีกชื่อหนึ่ง คือ Photo Transistor ซึ่งทำหน้าที่ในการรับแสง และ เปลี่ยนพลังงานแสงที่ได้รับให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อถูกส่งไปยังวงจรฟิลเตอร์ความถี่ PLL หรือ (Phase Lock Loop) ต่อจากนั้นจะเป็นการกรองเฉพาะความถี่ ให้ตรงกับแสงที่ตัวส่งเป็นผู้ส่งมาเท่านั้น โดยจะตัดตัวความถี่อื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องออก ไป เมื่อมีวัตถุหรือชิ้นงานวิ่งผ่าน ก็จะทำให้ตัวรับไม่สามารถรับสัญญาณแสงได้ ซึ่งทำให้ภาควงจรตรวจจับสามารถรับรู้ได้ว่ามีการเปลี่ยน แปลงแล้วจะส่งต่อไปยังภาคขับเอาท์พุต เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะเอาท์พุทต่อได้

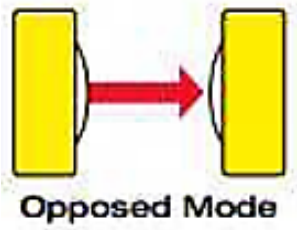
2.5.3 การแบ่งประเภทตามการทำงานของเซ็นเซอร์

เพื่อให้การเลือกใช้งานโฟโต้อิเล็กทริคเซ็นเซอร์ ให้เป็นไปตามความต้องการ และเหมาะสมกับวัตถุ หรือชิ้นงานที่เราต้องการตรวจจับนั้น เราจำเป็นต้องทำความเข้าใจประเภท หรือโหมดการทำงานของตัวเซ็นเซอร์ให้เรียบร้อยก่อนที่จะเลือกใช้ โดยเราจะสามารถแบ่งโฟโต้เซ็นเซอร์ออก เป็นประเภทหรือโหมดต่างๆ ได้ดังนี้

1. ประเภทลำแสงผ่านตลอด (Opposed Mode, Through Beam Photoelectric sensor)

โฟโต้เซ็นเซอร์แบบตัวรับ และตัวส่ง อยู่แยกกัน เมื่อถึงเวลาการใช้งานจะวางให้อยู่ตรงข้ามกัน ซึ่งเป็นโฟโต้เซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ และช่วงระยะในการตรวจจับ มากที่สุด ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับ Receiver จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่ง Emitter ได้ตลอดเวลา โดยเซ็นเซอร์แบบนี้จะทำหน้าที่ ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ซึ่งวัตถุหรือชิ้นงานที่ผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่ง Emitter ไปยังตัวรับ Receiver

เมื่อลำแสงไม่สามารถถึงตัวรับ จะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเราเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่าDark On หรือDark Operate



รูปที่ 2.28 Opposed Mode, Through Beam Photoelectric Sensor

2. ประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (Retro-reflective Photoelectric sensor)

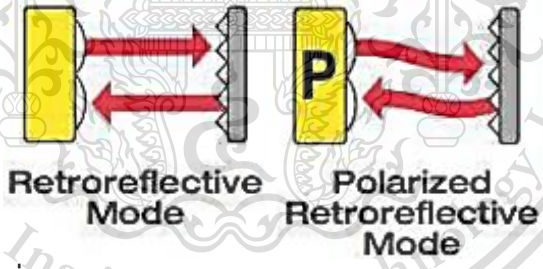
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โฟโต้เซ็นเซอร์แบบใช้งานคู่กับแผ่นสะท้อน ภายตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่ง Emitter และตัวรับ Receiver ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่งเหมือนแบบ Opposed Mode ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องติดตั้งตัวแผ่นสะท้อนหรือReflector ไว้ตรงข้ามกับตัวเซ็นเซอร์เอง โดยโฟโต้เซ็นเซอร์แบบที่ใช้แผ่นสะท้อนแบบนี้จะเหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงไม่เป็นมันวาว เนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อน และทำให้ทำงานผิดพลาดได้

เซ็นเซอร์แบบนี้จะมีช่วงในการทำงานหรือระยะในการตรวจจับจะได้ใกล้กว่าแบบ Opposed mode ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับ Receiver จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่ง Emitter ได้ตลอดเวลา เนื่องจากลำแสงจะสะท้อนกับแผ่นสะท้อน Reflector อยู่ตลอดเวลา

หน้าที่หลักของเซ็นเซอร์ชนิดนี้จะคอยตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ เมื่อวัตถุหรือชิ้นงานผ่านเข้ามาที่หน้าเซ็นเซอร์ แล้วจะการขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่ง Emitter ที่ส่งไปยังแผ่นสะท้อน จึงทำให้ตัวรับ Receiver ไม่สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้

ซึ่งจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเราเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่าDark On หรือDark Operate นอกจากนี้ตัว Photoelectric sensor ที่ใช้แผ่นสะท้อน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้ดังนี้Non Polarization Photoelectric sensor / Polarization Photoelectric sensor



รูปที่ 2.29 Retro-Reflective Photoelectric Sensor

3. ประเภทตรวจจับโดยตรง (Diffuse mode, Proximity mode)

โฟโต้เซ็นเซอร์แบบสะท้อนกับวัตถุโดยตรง ภายในตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่ง Emitter และตัวรับReceiver ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่งเหมือน แบบ Opposed Mode ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่ายกว่า โฟโต้เซ็นเซอร์แบบสะท้อนกับวัตถุ
เซ็นเซอร์ชนิดนี้จะใช้ในการ ตรวจจับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงและโปร่งแสงได้ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับReceiver จะไม่สามารถ รับสัญญาณจากตัวส่ง Emitter ได้เนื่องจากไม่มีวัตถุที่จะทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับReceiver

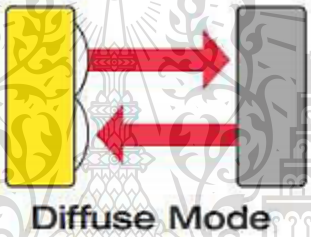
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยเซ็นเซอร์แบบนี้จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านที่หน้าของเซ็นเซอร์ โดยวัตถุหรือชิ้นงานที่ผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะทำหน้าที่ สะท้อนลำแสงที่ส่งมาจากตัวส่ง Emitter กลับไปยังตัวรับ จึงทำให้ตัวรับ Receiver สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้ซึ่งจะทำให้วงจรภายใน รับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเราเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า Light On หรือ Light Operate

นอกจากนี้ตัว Photoelectric sensor ที่ใช้แผ่นสะท้อน สามารถแบ่งประเภทย่อยได้ ดังนี้

3.1 Diffuse Mode

เป็นโหมดการทำงานพื้นฐานสุดของ Photoelectric Sensor แบบ Diffuse Mode ซึ่งแสงที่ส่งออกจากตัว Emitter นั้น จะทำมุมกับตัว เซ็นเซอร์เอง แต่ตัวรับหรือ Receiver นั้นจะรับ เฉพาะแสงที่สะท้อนกับวัตถุแล้วส่งกลับมาตั้งฉากกับตัวรับเท่านั้น ซึ่งการทำงานแบบนี้ในเรื่องของสี ขนาด และความสว่างของวัตถุมีผลต่อระยะทางในการตรวจจับทั้งสิ้น



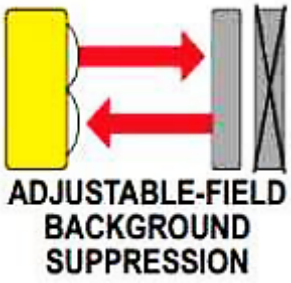
รูปที่ 2.30 Diffuse Mode

3.2 Background Suppression

เป็นโฟโต้เซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มของ Diffuse Mode โดยโฟโต้เซ็นเซอร์แบบ Background Suppression นั้น ถูกออกแบบมาให้แก้ปัญหาในการตรวจจับวัตถุที่มีตำแหน่งในการตรวจจับวางอยู่ใกล้กับตัวพื้นหลัง ซึ่งอาจมีลักษณะของพื้นผิวที่ใกล้เคียงกับชิ้นงานจนทำให้บางครั้งตัวเซ็นเซอร์แบบธรรมดาไม่สามารถแยกแยะระหว่างชิ้นงานกับพื้นหลังได้ทำให้การทำงานเกิดความผิดพลาด

แต่สำหรับ Photoelectric Sensor Background Suppression นั้นจะอาศัยหลักการทำงานแบบสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยตัว Emitter จะส่งสัญญาณแสงเป็นเส้นตรงโดยตั้งฉากกับเลนส์ ส่วนภาครับจะติดตั้งให้ทำมุมกับภาคส่ง เพื่อแสงสะท้อนกับชิ้นงานแล้วกลับมายังภาครับ ซึ่งภาครับของตัว Photosensor แบบ Background Suppression จะประกอบไปด้วย Photo Transistor 2 ชุด ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณแสงที่จะท้อนกลับมา และทำการเปรียบเทียบกับเป็นวงจร Window Comparator เพื่อให้สามารถรับรู้ได้ว่าตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับอยู่ที่ตรงไหน โดย Photo Transistor ทั้งสองชุดจะจดจำค่าระดับของแสงที่รับได้เอาไว้ก็จะสามารถจำกัดระยะทางในการตรวจจับได้ตามขนาดของมุมที่สะท้อนกลับมา

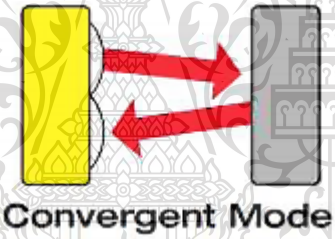
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.31 Background Suppression

3.3 Convergent

เป็นโฟโต้เซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มของ Diffuse Mode โดยโฟโต้เซ็นเซอร์แบบ Convergent นั้นถูกออกแบบมาให้ตรวจจับวัตถุในลักษณะของการจำกัดพื้นที่ หรือย่านในการตรวจจับ โดยจะตรวจจับชิ้นงาน หรือวัตถุเฉพาะที่อยู่ในย่านการตรวจจับเท่านั้น โดยอาศัยการสร้างพื้นที่ในการตรวจจับจากการทำมุมของตัวส่งและตัวรับภายในเซ็นเซอร์เอง



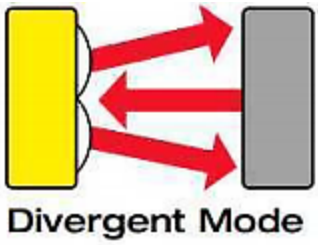
รูปที่ 2.32 Convergent Mode

3.4 Divergent

เป็นโฟโต้เซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มของ Diffuse Mode โดยโฟโต้เซ็นเซอร์แบบ Divergent ถูกออกแบบมาให้แก้ปัญหาในการตรวจจับวัตถุที่มีความมันวาว หรือมีขนาดเล็กๆ ซึ่งในบางครั้งการใช้ตัวเซ็นเซอร์แบบธรรมดานั้น ไม่สามารถตรวจจับและทำให้การทำงานผิดพลาดได้

แต่สำหรับDivergent นั้น จะอาศัยหลักการทำงานโดยการลดย่านในการตรวจจับให้สั้นลง เพื่อให้สามารถตรวจจับวัตถุที่มีความมันวาวได้ โดยจะทำให้เกิดการกระจายแสง หรือสะท้อนกลับของแสงแบบกระจาย แต่จะมีแสงบางส่วนเท่านั้นที่สะท้อนมาตรงกับตัวเซ็นเซอร์ซึ่งเป็นผลทำให้ ให้ระยะในการตรวจจับสั้นลง

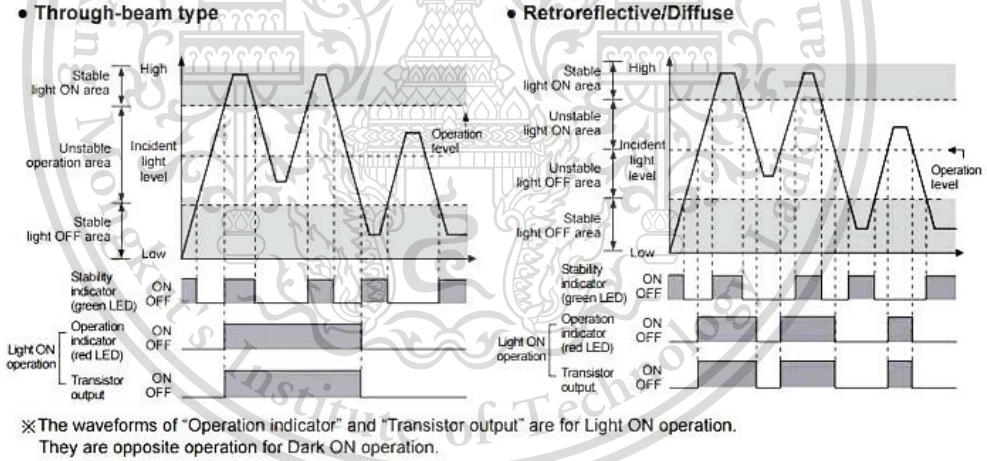
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.33 Divergent Mode

2.5.4 Switching output / Function Output หรือการทำงานแบบ Dark On หรือ Light On

คือรูปแบบการทำงานของตัวเซ็นเซอร์ที่ระบุว่าจะให้เริ่มทำงาน และมีสัญญาณเอาท์พุตเมื่อไร เช่น ในสภาวะปกติที่ยังไม่มีวัตถุตัดผ่าน แล้วตัวรับ Receiver สามารถรับสัญญาณจากตัวส่ง Emitter ได้เราจะเรียกรูปแบบนี้ว่าเป็น Dark On หรือ เมื่อมืดแล้วติด ในทางตรงกันข้ามถ้าในสภาวะปกติที่ยังไม่มีวัตถุตัดผ่านแล้วตัวรับ Receiver ไม่สามารถรับสัญญาณจากตัวส่ง Emitter ได้เราจะเรียกรูปแบบนี้ว่าเป็น Light On หรือเมื่อสว่างแล้วติด ซึ่งการเลือกไปใช้งานก็ขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นที่ต้องการ



รูปที่ 2.34 เปรียบเทียบการทำงานแบบ Dark On และ Light On

2.5.5 IP Rating

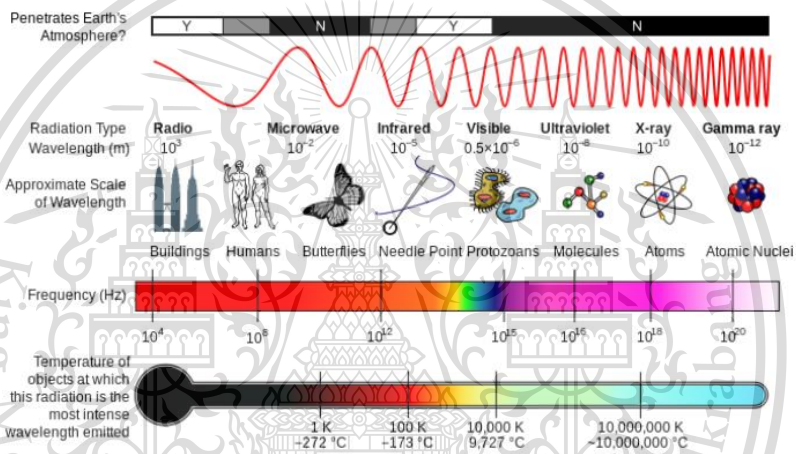
เป็นมาตรฐานที่บ่งชี้ถึงระดับการป้องกันน้ำและฝุ่นของตัวเซ็นเซอร์แต่โดยปกติตัว Proximity Sensor ในปัจจุบันจะมีค่า IP67 อยู่แล้ว ซึ่งเป็นค่าที่สามารถทนต่อฝุ่นและน้ำในการใช้งานปกติได้อย่างสบาย แต่สำหรับงานที่ต้องการใช้งานตัวเซ็นเซอร์ในสภาวะแวดล้อมที่เลวร้ายนั้น จำเป็นจะต้องมีเซ็นเซอร์รุ่นพิเศษ ที่มีIP สูงกว่านี้เช่น IP68K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.6 Light source : Infrared, laser, LED, Visible

ในการเลือกใช้งานตัวโฟโต้เซ็นเซอร์นั้น สิ่งหนึ่งที่สำคัญคือเรื่องชนิดของแสงที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุ โดยเราสามารถแบ่งประเภทของลำแสงที่ใช้งานได้เป็น2 ประเภท คือVisible Light หรือแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แสงสีแดง สีเขียว ซึ่งจะเหมาะกับการตรวจจับชิ้นงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง ระยะไม่ไกลมากนัก

และอีกประเภทก็คือ Non Visible Light หรือแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น แสงย่านอินฟราเรด Infrared ซึ่งจะเหมาะกับการตรวจจับชิ้นงานที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงสูง แต่ต้องการระยะในการตรวจจับที่ไกลมากขึ้น เนื่องจากแสงชนิดนี้จะโดนรบกวนจากแสงธรรมชาติได้น้อยกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งได้ดีกว่า



รูปที่ 2.35 เปรียบเทียบแสง

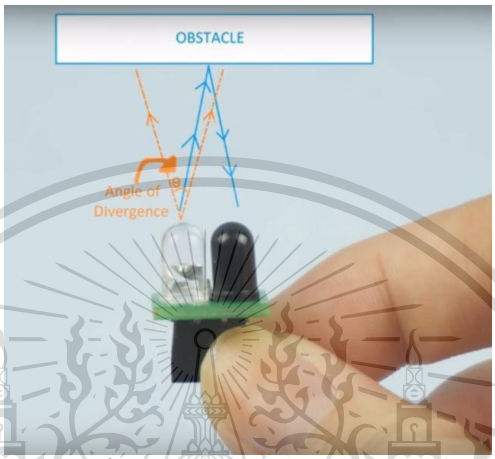
2.5.7 IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module

ในโครงงานนี้ใช้ IR Sensor ซึ่งจะตอบสนองกับแสงอินฟาเรดเท่านั้น เป็นเซ็นเซอร์ประเภทตรวจจับโดยตรง (Diffuse mode, Proximity mode)

รูปที่ 2.36 IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module

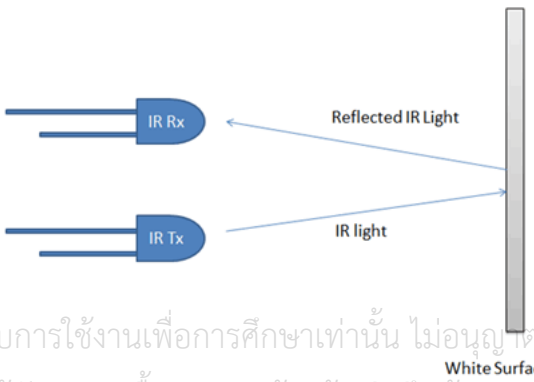
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุกีดขวาง IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module โดยโมดูลนี้ จะมีตัวรับและตัวส่ง infrared ในตัว ตัวสัญญาณ(สีขาว) infrared จะส่งสัญญาณออกมา และเมื่อมีวัตถุมาบัง คลื่นสัญญาณ infrared ที่ถูกสั่งออกมาจะสะท้องกลับไปเข้าตัวรับสัญญาณ (สีดำ) สามารถนำมาใช้ตรวจจับวัตถุที่อยู่ตรงหน้าได้ และสามารถปรับความไว ระยะการตรวจจับ ใกล้หรือไกลได้



รูปที่ 2.37 การรับส่งของเซ็นเซอร์

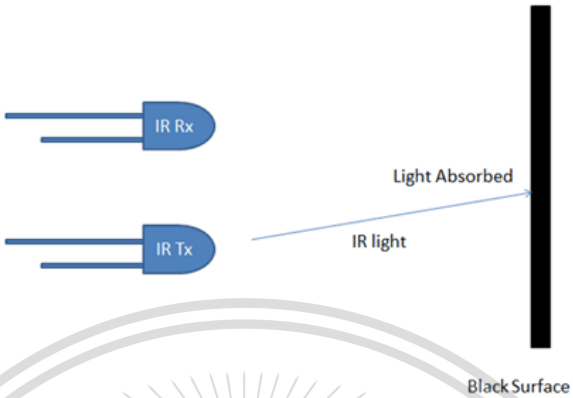
ภายตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่ง Emitter และ ตัวรับ Receiver ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่ง เหมือนแบบ Opposed Mode ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องติดตั้งตัวแผ่นสะท้อนหรือ Reflector ไว้ตรงข้ามกับตัวเซ็นเซอร์เอง โดยโฟโต้เซ็นเซอร์แบบที่ใช้แผ่นสะท้อนแบบนี้จะเหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงไม่เป็นมันวาว เนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อน และ ทำให้ทำงานผิดพลาดได้ เซ็นเซอร์แบบนี้จะมีช่วงในการทำงาน หรือ ระยะในการตรวจจับจะได้ใกล้กว่าแบบ Opposed mode ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับ Receiver จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่ง Emitter ได้ตลอดเวลา เนื่องจากลำแสงจะสะท้อนกับแผ่นสะท้อน Reflector อยู่ตลอดเวลา จะแสดงค่า เป็น 0



รูปที่ 2.38 ลำแสงสะท้อนกับแผ่นสะท้อน Reflector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้าที่หลักของเซ็นเซอร์ชนิดนี้ จะคอยตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ เมื่อวัตถุหรือ ชิ้นงานผ่านเข้ามาที่หน้าเซ็นเซอร์ แล้วจะการขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่ง Emitter ที่ส่งไปยังแผ่นสะท้อน จึงทำให้ตัวรับ Receiver ไม่สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้ จะแสดงค่า เป็น 1



รูปที่ 2.39 วัตถุขวางลำแสง

ซึ่งจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเราเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า Dark On หรือ Dark Operate

2.6 สเตปปิ้งมอเตอร์

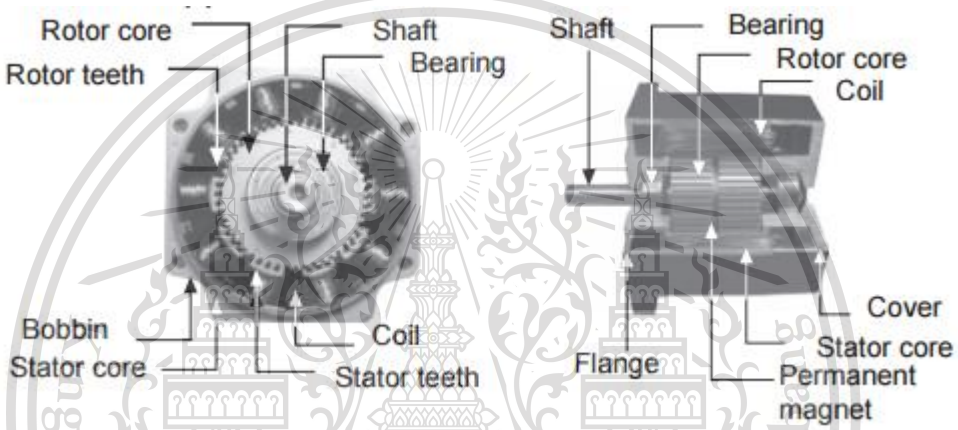
2.6.1 ความหมายของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการควบคุมได้สะดวก และเป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุนที่ต้องการตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอน การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะขับเคลื่อนทีละขั้น ๆ ละ (Step) 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวนั้น ๆ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC MOTOR) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบสเต็ป ๆ ได้ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า แต่ในส่วนใหญ่เราจะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มาทำการการควบคุมโดยใช้วิธีในระบบดิจิตอล เช่น พรินเตอร์ (Printer) พล็อตเตอร์ (X-Y Plotter) ดิสก์ไดร์ฟ (Disk drive) ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

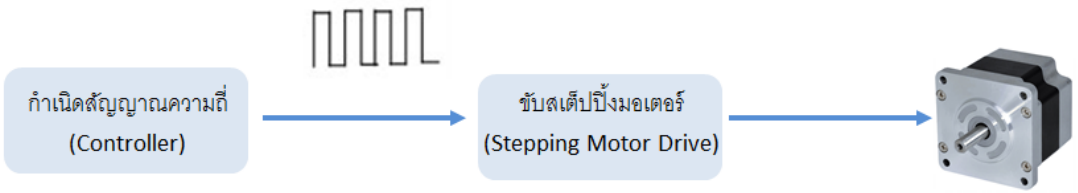
2.6.2 หลักการทำงานของ Stepping Motor

Stepping Motor (สเต็ปปิ้งมอเตอร์) หรือ Stepper Motor (สเต็ปเปอร์มอเตอร์) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ โดยโครงสร้างภายในนั้นจะประกอบไปด้วยขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่ติดกับตัวถังของมอเตอร์ ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวน จะมีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้น ๆ โดยแต่ละซี่ที่ยื่นออกมานั้นจะมีขดลวดเหนี่ยวนำพันอยู่ เมื่อมีกระแสผ่านขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น และ โรเตอร์ (Rotor) เป็นก้อนแม่เหล็กถาวร มีลักษณะคล้ายเฟือง มีฟันเป็นซี่ ๆ เพื่อดูดเข้าไปตรงกันกับซี่ฟันของสเตเตอร์ โดยโรเตอร์ก็จะติดอยู่กับแกนหมุนเพื่อนำไปใช้งานตามต้องการ



รูปที่ 2.40 ภาพโครงสร้าง Stepping Motor

ในการใช้งานจำเป็นต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณหรือจ่ายพัลส์ไปให้วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor Drive) การสร้างสัญญาณนั้นจำเป็นต้องสร้างและเรียงลำดับของสัญญาณด้วยและอีกสิ่งที่สำคัญคือการดูตำแหน่งของสายที่ทำการต่อเข้ากับตัวสเต็ปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 2.41 แผงผังการทำงานของ Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

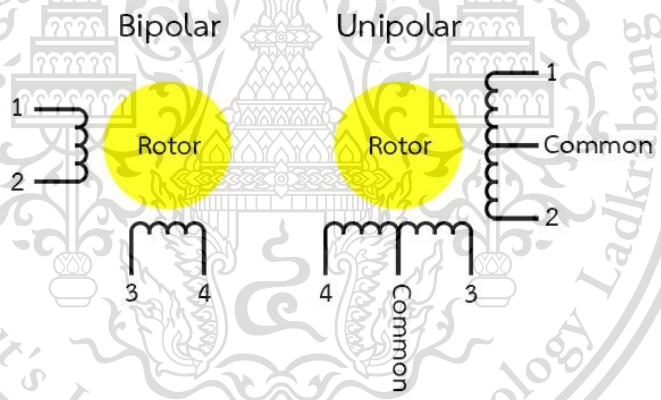
2.6.3 ประเภทของ Stepping Motor

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามชนิดของสเตเตอร์ มี 2 ประเภท คือ

1. แบบไบโพล่าร์ (Bipolar) มอเตอร์ชนิดนี้ขดลวดที่พันอยู่กับ Stator จะไม่มี Common Wire ทำให้การออกแบบวงจรขับค่อนข้างซับซ้อน โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้เพียง การกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทชิ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า บางครั้งอาจเรียกสเต็ปปิ้งมอเตอร์ประเภทนี้ว่า สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 2 เฟส

2. แบบยูนิโพล่าร์ (Unipolar) ขดลวด Stator ของมอเตอร์ชนิดนี้จะมี Common Wire สำหรับใช้เป็น Common Ground หรือ Common Power จะมีการพันขดลวด 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามแต่ละขดจะแบ่งเป็น 2 เฟส รวมทั้งตัวมอเตอร์จะมีด้วยกัน 4 เฟส สเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้ยังเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายอีกด้วย แต่สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์ มีแรงบิดที่น้อยกว่าแบบไบโพล่าร์

ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ Unipolar (ยูนิโพล่าร์) แบบ 6 สาย



รูปที่ 2.42 ภาพ Stepping Motor ประเภทต่างๆ

2.6.4 วิธีการขับ Stepping Motor ให้หมุนโดยการกระตุ้นเฟส

ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อที่จะให้ทำการหมุน มีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน

ในการกระตุ้นเฟสของของสเต็ปปิ้งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

1. การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.1 แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ แสดงดังตารางที่ 2.4 จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด

1.2 แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver) แสดงดังตารางที่ 2.5 เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเตปปิ้งมอเตอร์พร้อมๆกันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกับไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

2. การกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเต็ป (Half Step Motor) หรือ one-two phase Driver คือการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แสดงดังตารางที่ 2.6 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของ สเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

ตารางที่ 2.4 การกระตุ้นเฟสแบบแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver)

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

ตารางที่ 2.5 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver)

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.6 การกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเต็ป (Half Step Motor)

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	1
6	0	0	0	1
7	1	0	0	1
8	1	0	0	0

2.7 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

2.7.1 ความหมายของ PLC

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand-alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมาก ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

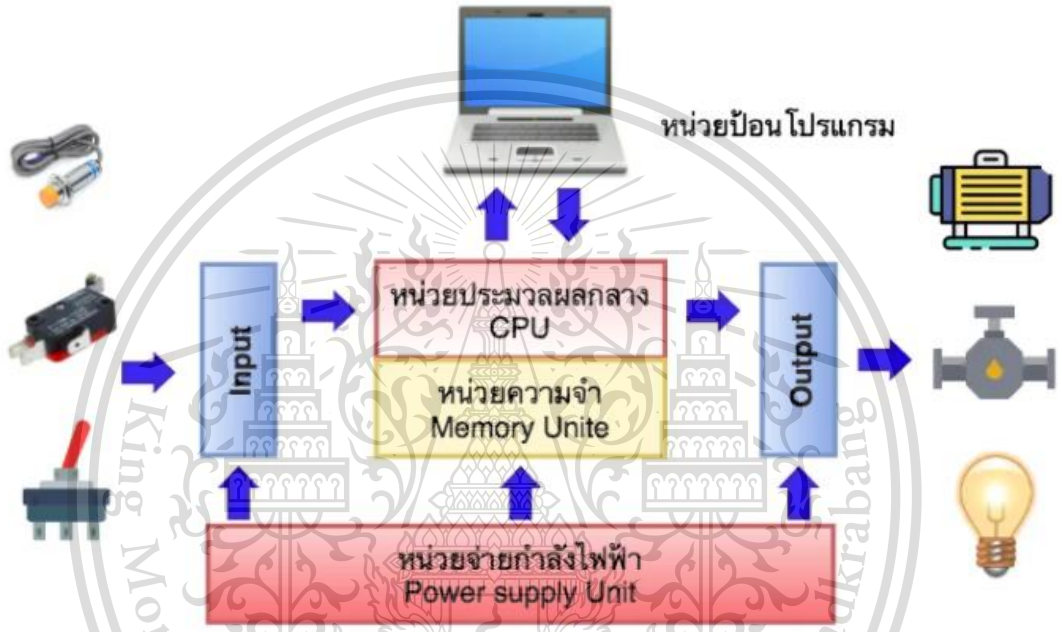
PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การใช้งานเพื่อการศึกษาต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่การใช้ PLC นั้น จะสามารถเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.7.2 โครงสร้างของ PLC



รูปที่ 2.43 ภาพโครงสร้างของ PLC

ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย

1. หน่วยประมวลผล (CPU: Central Processing Unit) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุท

2. หน่วยความจำ (Memory Unit) ใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรม แบ่งออกเป็นทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1) RAM (Random Access Memory) ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลอง หรือเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อย ๆ

2) ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

3. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) โดย PLC จะรับสัญญาณกระแสไฟฟ้าสลับ AC (Alternation Current) ที่มีแรงดันไฟฟ้า 110 VAC หรือ 220 VAC หรือจากไฟฟ้ากระแสตรง DC (Direct Current) 24 VDC โดยเปลี่ยนให้เป็นแรงดัน 5 VDC หรือใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ระบบ พีแอลซีซึ่งรวมไปถึงไมโครโปรเซสเซอร์อินพุต เอาต์พุต และอุปกรณ์อื่นๆ

4. หน่วยอินพุต / เอาต์พุต (Input / Output Unit)

1) หน่วยอินพุต (Input Unit) จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ติดต่อภายนอก เช่น สวิตช์ปุ่มกด (Pushbutton) ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) รีดสวิตช์ (Reed Switch) เซ็นเซอร์ (Sensor) และอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกแปลงสัญญาณแล้วส่งไปที่ซีพียู เพื่อทำการประมวลผลจากสัญญาณที่ส่งเข้ามาก่อนที่จะส่งสัญญาณไปที่เอาต์พุตต่อไป

2) หน่วยเอาต์พุต (Output Unit) จะทำหน้าที่เมื่อรับสัญญาณที่ได้ จากการประมวลผลของซีพียู แล้วจะทำการส่งสัญญาณออกไปเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ของ เครื่องจักร เช่น โซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) มอเตอร์ (Motor) แสงสว่าง (Light) และอื่นๆ เพื่อให้ทำงานตามคำสั่งของโปรแกรมที่เขียนไว้

5. หน่วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโปรแกรม (PM: Programmer / Monitor) จะเป็นลักษณะอุปกรณ์ต่อร่วม เพื่อสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน เช่น คอมพิวเตอร์ (Personal Computer) คีย์บอร์ด (Keyboard) จอแสดงภาพ (Cathode Ray Tubes) และโปรแกรมมิ่งคอนโซล (Programming Console) จะแสดงผลทางหน้าจอเป็นแอลซีดี (LCD; Liquid Crystal Display) หรือการควบคุมผ่านจอสัมผัส (Touch screen) โดยจะป้อนโปรแกรมผ่านอุปกรณ์เหล่านี้ลงไปที่หน่วยความจำของ PLC เพื่อใช้สั่งงานหรือควบคุมอินพุต / เอาต์พุตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

โครงงานนี้ แบ่งวิธีการดำเนินงานออกเป็น 5 ตอน ถึงเสร็จสมบูรณ์ครบถ้วน ดังนี้

1. การทำงานของส่วนการลำเลียง
2. การชั่งน้ำหนักของ Loadcell
3. การรับค่าของ IR sensor
4. การคำนวณสำหรับเลือกบรรจุลงกล่อง
5. การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง

3.1 การทำงานของส่วนการลำเลียง

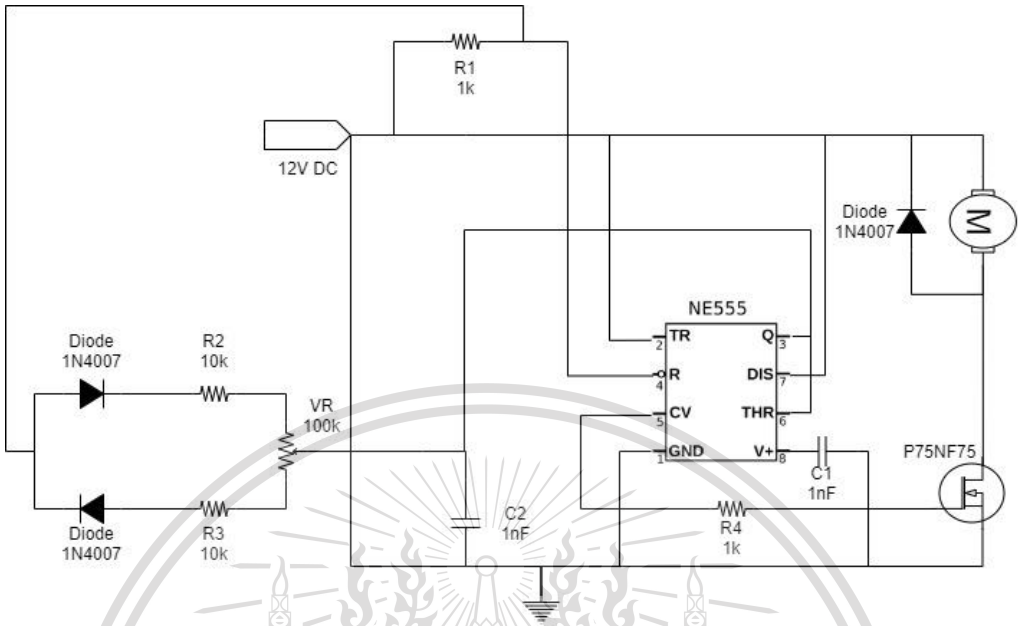
ประกอบด้วยสายพาน 2 เส้น โดยเส้นแรกทำหน้าที่รับและลำเลียงผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งต่อให้สายพานเส้นที่สอง ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงผลิตภัณฑ์บน Load cell

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้

1. มอเตอร์ DC :
   แรงดันไฟฟ้า 12 V ความเร็วแรงบิด 200 RPM
   กระแสไฟฟ้า 0.06 A กำลังไฟ 3.5 W
2. วงจรขับมอเตอร์ โดยใช้อุปกรณ์ในการทำดังนี้
   - Diode 1N4007RLG 3 ตัว
   - ตัวต้านทาน 1/4w 10k 2 ตัว
   - ตัวต้านทาน 1/4w 1k 2 ตัว
   - ตัวต้านทานปรับค่าได้ 100k
   - ตัวเก็บประจุ 1nF 1 ตัว
   - ตัวเก็บประจุ 100nF 1 ตัว
   - IC NE555
   - N Mosfet P75NF75
   - Terminal 2 ตัว
3. โครงสร้าง Belt Conveyor แบบจำลองโดยทำจากไม้
4. เพลากลม โดยใช้ท่อPVC
5. Modular Belt ที่ทำจากผ้าหนังเทียม
6. ตลับลูกปืน เบอร์ 608
7. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยใช้มะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

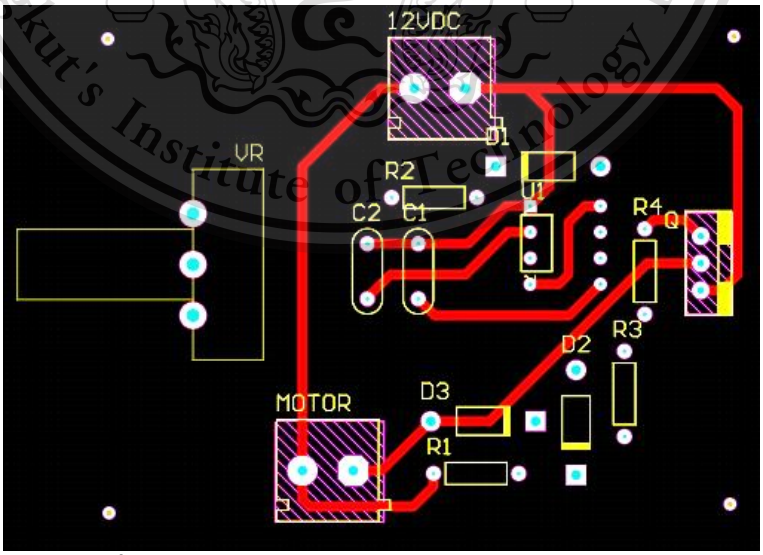
3.1.2 Schematic DC Motor Speed Controller



รูปที่ 3.1 Schematic DC Motor Speed Controller

3.1.3 Layout DC Motor Speed Controller

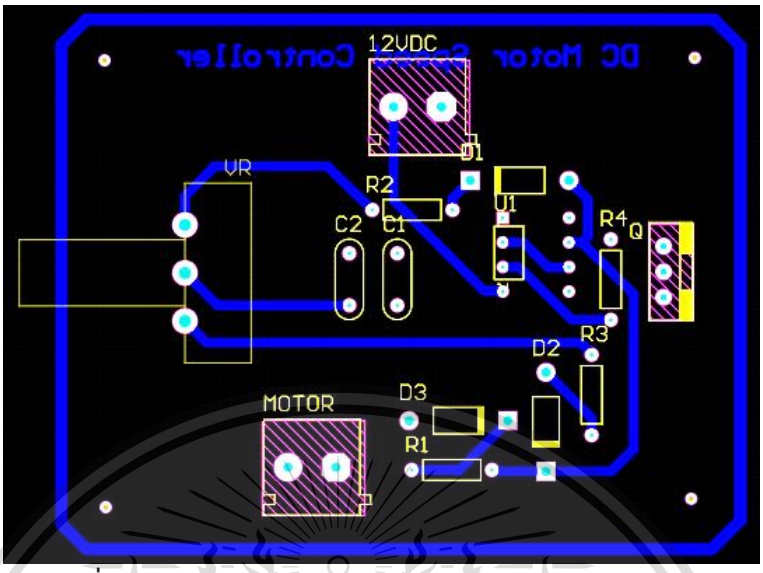
- Top Layout DC Motor Speed Controller



รูปที่ 3.2 Top Layout DC Motor Speed Controller

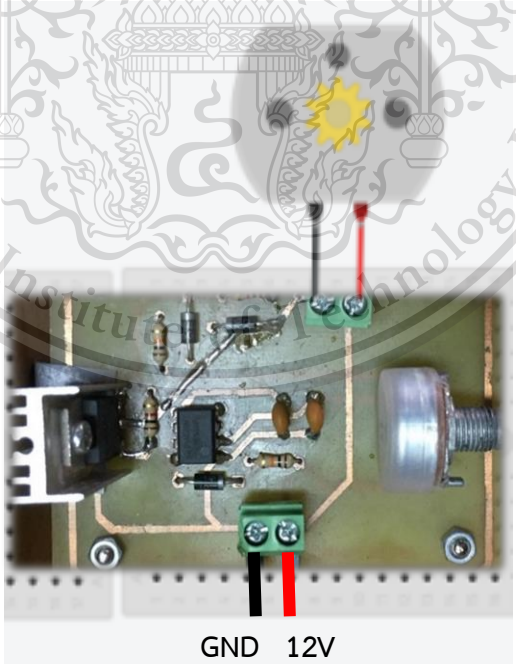
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Bottom Layout DC Motor Speed Controller



รูปที่ 3.3 Bottom Layout DC Motor Speed Controller

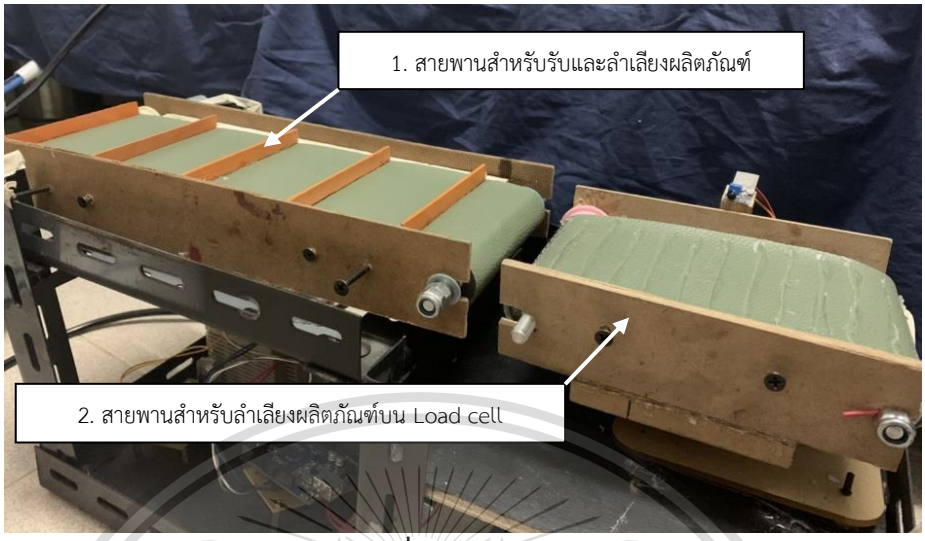
3.1.4 การต่อวงจรขับมอเตอร์ DC



รูปที่ 3.4 การต่อวงจรขับมอเตอร์ DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.5 สายพาน



รูปที่ 3.5 สายพาน

3.1.6 สังเกตการทำงาน แล้วบันทึกผล

1. จ่ายไฟ 12 VDC ที่วงจรขับมอเตอร์ตามข้อ 3.1.4 เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน

2. นำสายพานทั้งสองมาวางเรียงกัน แล้ววางมะนาวเพื่อทดสอบการลำเลียง 70 ลูก สังเกตการทำงานของสายพาน แล้วบันทึกผล

3.2 การชั่งน้ำหนักของ Load cell

Load cell 5kg ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์วัดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ โดย load cell จะส่งค่าสัญญาณทางไฟฟ้าไปที่ HX711 Weight Sensor Amplifier Module เพื่อขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Convertor) ซึ่งการวัดน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต้องวัดขณะที่สายพานที่อยู่บนโหลดเซลล์หมุนอยู่

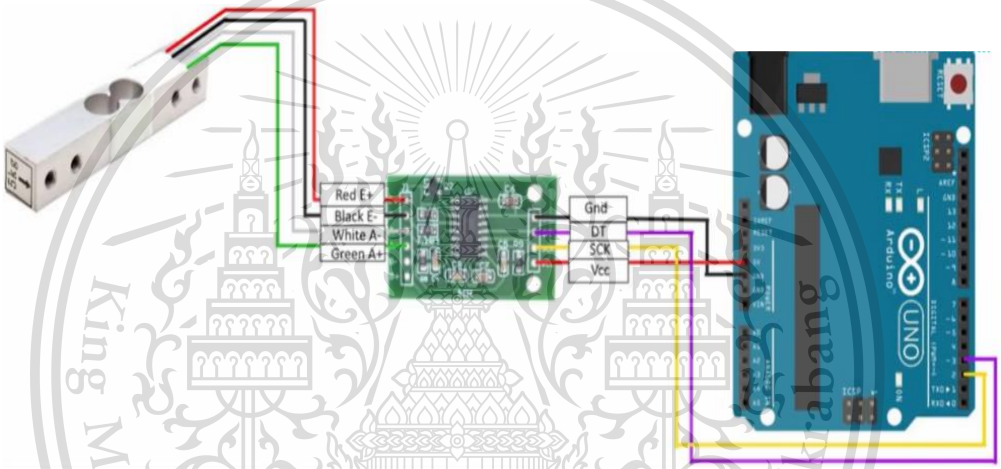
การใช้งานจะต้องทำการ Calibrate ก่อน เพื่อให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องมากที่สุด แล้วเขียนโปรแกรมการใช้งานโดยมี Arduino UNO เป็นตัวควบคุม หลังจากนั้น จึงบันทึกผลเปรียบเทียบค่าเมื่อชั่งจากเครื่องชั่งน้ำหนัก กับค่าที่ได้จาก Load cell ขณะยังสายพานยังไม่หมุน และขณะสายพายหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้

1. Load cell 5kg + HX711
2. Arduino UNO
3. สายพานสำหรับลำเลียงผลิตภัณฑ์บน Load cell
4. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
5. วัสดุที่มีน้ำหนัก 50 g
6. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยใช้มะนาว

3.2.2 การต่ออุปกรณ์ Hardware



รูปที่ 3.6 ต่อวงจร load cell

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.3 การปรับค่า Calibration Factor

1. เขียน code สำหรับการ calibrate โดยใช้วัสดุที่มีน้ำหนัก 50 g ในการปรับค่าให้ถูกต้อง โดยปรับค่าที่ variable ชื่อ calibration_factor เป็น 419100

```
#include "HX711.h"
#define DOUT  3
#define CLK  2
HX711 scale(DOUT, CLK);
float calibration_factor = 419100;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Press + or - to calibration factor");
  scale.set_scale();
  scale.tare();
  long zero_factor = scale.read_average();
  Serial.print("Zero factor: ");
  Serial.println(zero_factor);
}
void loop() {
  scale.set_scale(calibration_factor);
  Serial.print("Reading: ");
  Serial.print(scale.get_units(), 3);
  Serial.print(" kg");
  Serial.print(" calibration_factor: ");
  Serial.print(calibration_factor);
  Serial.println();
  if(Serial.available())
  {
    char temp = Serial.read();
    if(temp == '+')
      calibration_factor += 10;
    else if(temp == '-')
      calibration_factor -= 10;
  }
}
```

รูปที่ 3.7 code สำหรับการ calibrate load cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. เขียน code สำหรับทดสอบการทำงานของ load cell โดยรับค่ามา 10 ค่า แล้วหาค่าเฉลี่ย

```
#include "HX711.h"
#define calibration_factor 409521
#define DOUT  3
#define CLK  2
const int ProxSensor=5;
HX711 scale(DOUT, CLK);
int numAVG=10;

void setup() {
  pinMode(ProxSensor,INPUT);
  Serial.begin(9600);
  scale.read_average(80);
  scale.set_scale(calibration_factor);
  scale.tare(); //รีเซตน้ำหนักเป็น 0
  Serial.println("OK Start :");
}

void loop() {
  if(digitalRead(ProxSensor)==LOW)
   {
    float receive=0;
    float SUMreceive=0;
    float AVGreceive=0;
    float input=0;
    for(int numReceive =1;numReceive <= numAVG; ++numReceive)
      {
        receive = scale.get_units();
        receive = receive*-1;
        SUMreceive = SUMreceive + receive;
        Serial.print("sum WEIGHT :");Serial.println(SUMreceive,3);
      }
      AVGreceive = (SUMreceive*1000)/numAVG;
      Serial.print("AVG WEIGHT :");Serial.println(AVGreceive);
      input = AVGreceive;
      Serial.print("WEIGHT :");Serial.println(input);
   }
   delay(1000);
}
```

รูปที่ 3.8 code สำหรับการ run load cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.4 บันทึกผล

1. นำมะนาวมาชั่งน้ำหนักกับเครื่องชั่ง ทีละลูก ตามลำดับ แล้วบันทึกผล

2. ทำการประมวลผลโปรแกรม

3. นำสายพานสำหรับลำเลียงผลิตภัณฑ์บน Load cell มาวางบน Load cell แล้วจึงนำมะนาวมาวางบนสายพานเพื่อชั่งน้ำหนัก ทีละลูก ตามลำดับ แล้วบันทึกผล

4. เปิดการทำงานของสายพาน แล้วจึงนำมะนาวมาวางบนสายพานเพื่อชั่งน้ำหนัก ทีละลูก ตามลำดับ แล้วบันทึกผล

5. สรุปผลการทดลอง

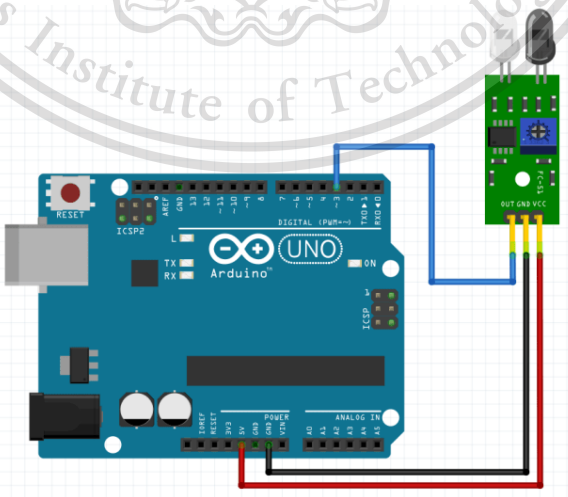
3.3 การรับค่าของ IR Sensor

การใช้งานจะต้องทำการ Calibrate ก่อน เพื่อให้ได้ระยะการตรวจจับตามที่เราต้องการ แล้วเขียนโปรแกรมการใช้งานโดยมี Arduino UNO เป็นตัวควบคุม หลังจากนั้นจึงบันทึกผล เพื่อตรวจสอบการรับค่า เมื่อผลิตภัณฑ์เคลื่อนตัวผ่านเซ็นเซอร์

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้

1. IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module
2. Arduino UNO
3. สายพานสำหรับลำเลียงผลิตภัณฑ์บน Load cell
4. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยใช้มะนาว

3.3.2 การต่ออุปกรณ์ Hardware



รูปที่ 3.9 ต่อวงจร IR sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.3 การ Calibrate

เขียนโปรแกรม โดยรับ input มาจากสัญญาณของ IR sensor และ Calibrate โดยการปรับค่าความต้านทานที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Trimpot) เพื่อปรับระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์

```
const int ProxSensor=5;

void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(ProxSensor,INPUT);
}

void loop() {

  if(digitalRead(ProxSensor)==HIGH)
            {
              digitalWrite(13, LOW);
            }
  else
            {
              digitalWrite(13, HIGH);
            }
  delay(100);

}
```

รูปที่ 3.10 code โดยรับ input จากสัญญาณของ IR sensor

3.3.4 บันทึกผล

1. ประมวลผลโปรแกรมในข้อที่ 3.3.3
2. เปิดการทำงานของสายพานทั้ง 2 ตัว แล้ววางมะนาวทีละลูก จนครบ 10 ลูก
3. บันทึกผลของค่าที่ IR sensor ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4 การคำนวณสำหรับเลือกบรรจุลงกล่อง

เป็นการเลือกกล่องเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ลงไป ให้น้ำหนักของแต่ละกล่องมีค่าตามต้องการ

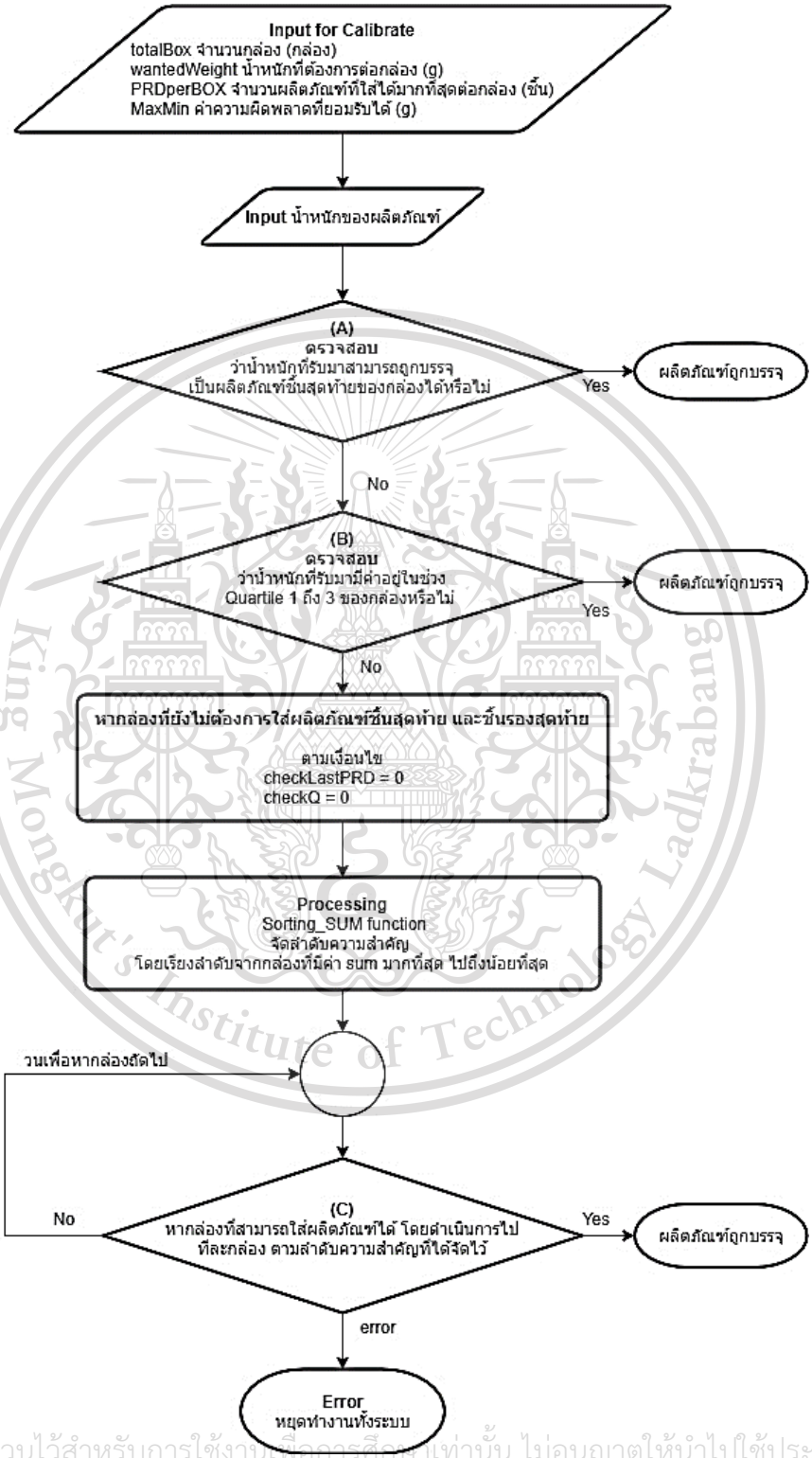
3.4.1 หลักการคำนวณ

1. ใช้ Quartile ของแต่ละกล่อง เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการคำนวณ
2. มีการกำหนดตัวแปร ได้แก่
    - sum คือ ค่าผลรวมของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต่อกล่อง
    - diff คือ ค่าผลต่างระหว่างน้ำหนักที่ต้องการต่อกล่อง กับค่าผลรวมของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต่อกล่อง
    - halfdiff คือ ครึ่งหนึ่งของค่าผลต่างระหว่างน้ำหนักที่ต้องการต่อกล่อง กับค่าผลรวมของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต่อกล่อง
3. เงื่อนไขในการเลือกกล่อง ได้แก่
    - เมื่อ halfdiff มากกว่า Quartile1 กล่องจะรับผลิตภัณฑ์จนกระทั่ง halfdiff อยู่ในช่วง Quartile 1 ถึง 3
    - เมื่อ halfdiff อยู่ในช่วง Quartile 1 ถึง 3 กล่องจะรับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง Quartile 1 ถึง 3 จนกระทั่ง halfdiff น้อยกว่า Quartile 1
    - เมื่อ halfdiff น้อยกว่า Quartile 1 กล่องจะรับผลิตภัณฑ์ชิ้นสุดท้าย ที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกับค่า diff โดยกำหนดค่าความผิดพลาดที่รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.2 ระบบของ Arduino

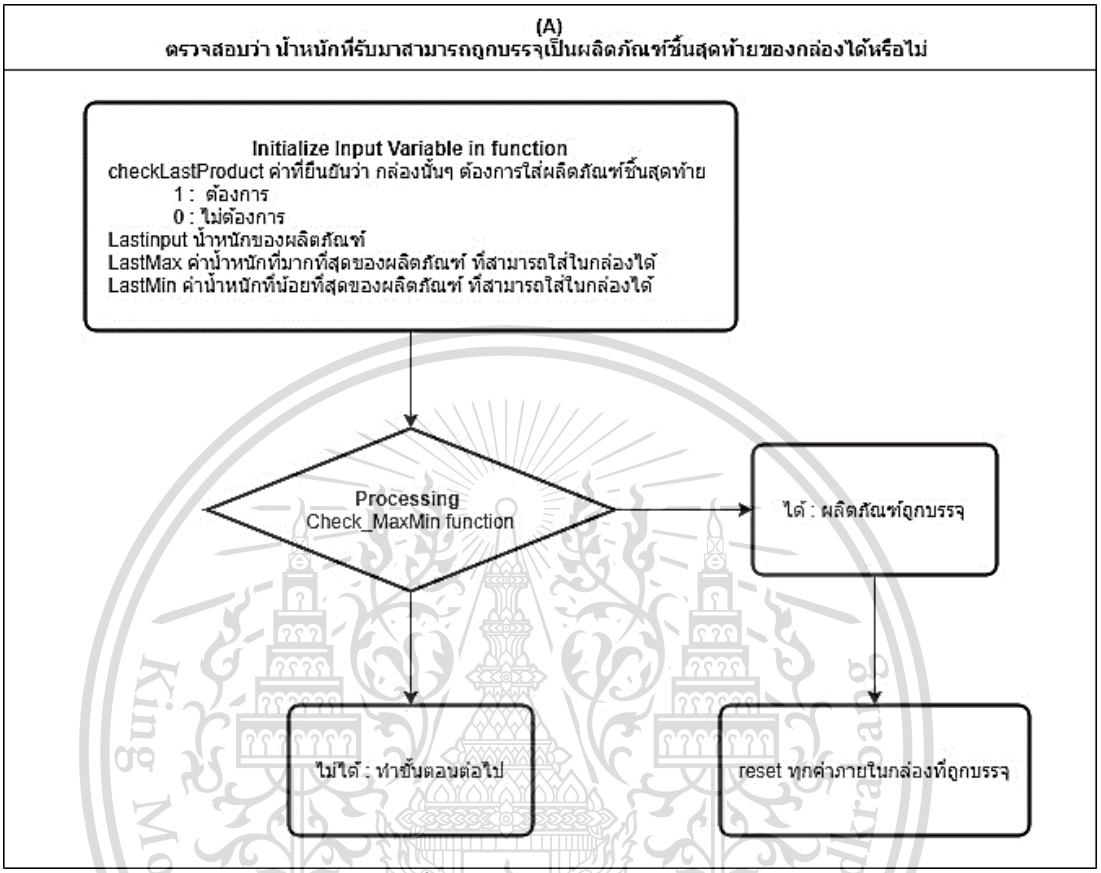
ระบบของ Arduino มีแผนผังแสดงดังรูปที่ 3.11 ซึ่งมีระบบภายใน 3 ระบบ ได้แก่



รูปที่ 3.11 ระบบของ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

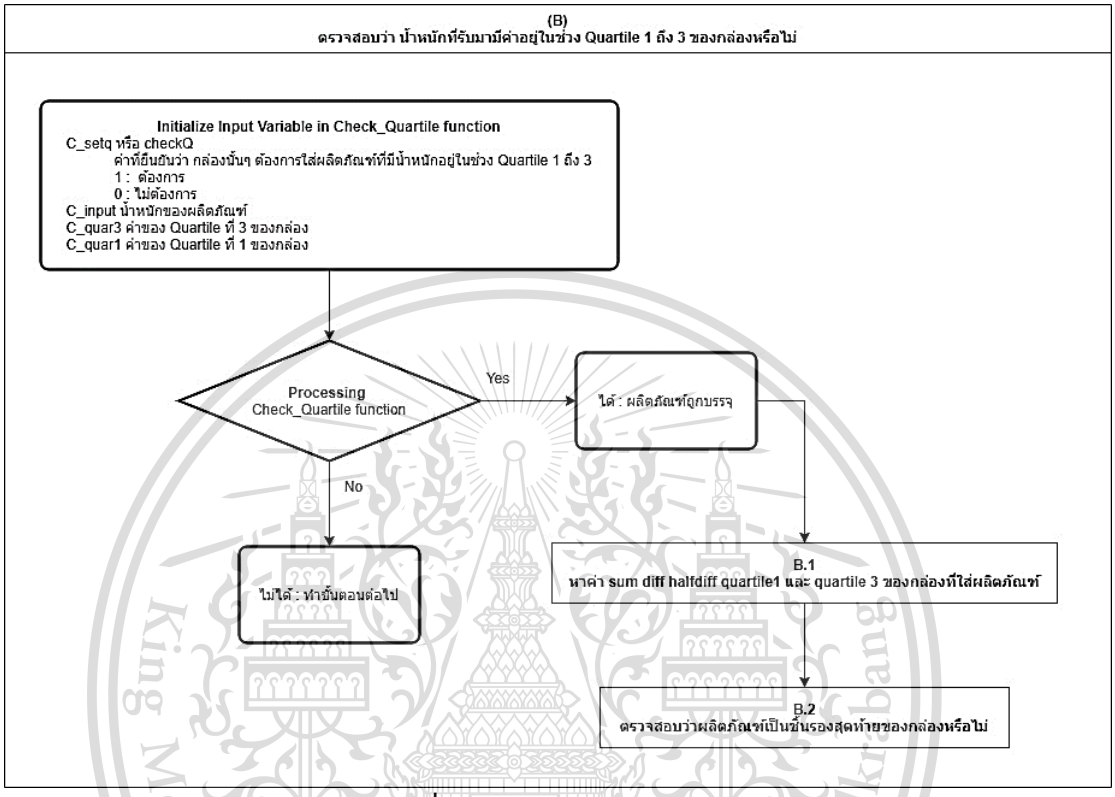
1. ระบบ A ตรวจสอบว่าน้ำหนักที่รับมาสามารถถูกบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นสุดท้ายของกล่องได้หรือไม่ มีแผนผังแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แผนผังของระบบ A

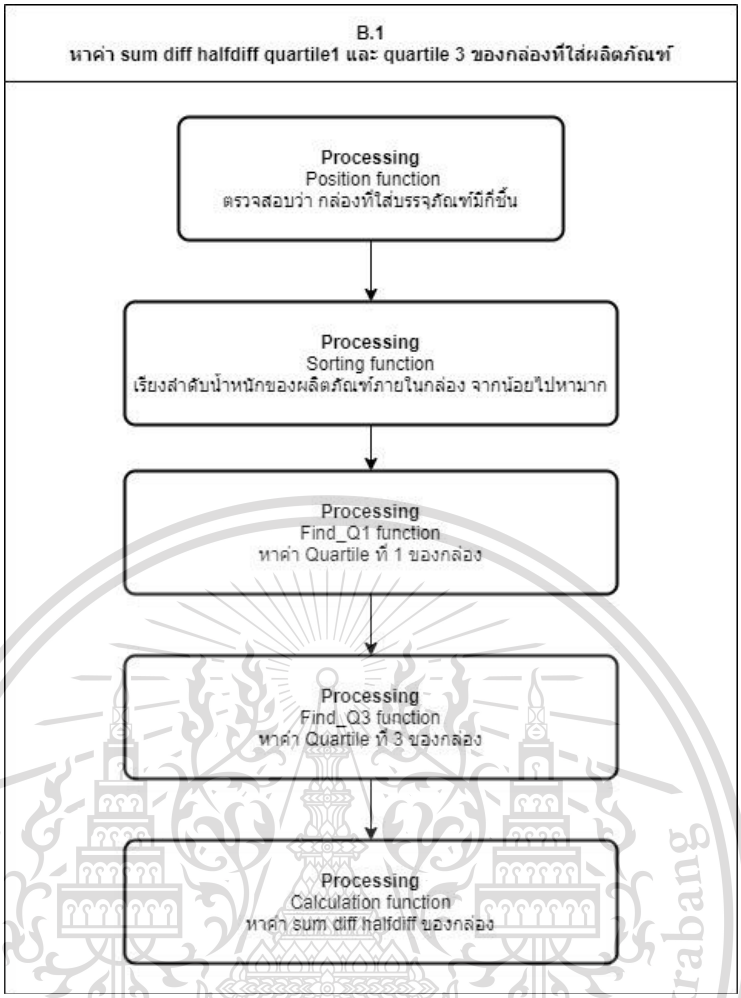
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. ระบบ B ตรวจสอบว่าน้ำหนักที่รับมามีค่าอยู่ในช่วง Quartile 1 ถึง Quartile 3 ของกล่องหรือไม่ มีแผนผังแสดงดังรูปที่ 3.13 ซึ่งภายในระบบ B มีการทำงานย่อยอีก 2 การทำงาน มีแผนผังแสดงดังรูปที่ 3.13 (ก) และ 3.13 (ข)

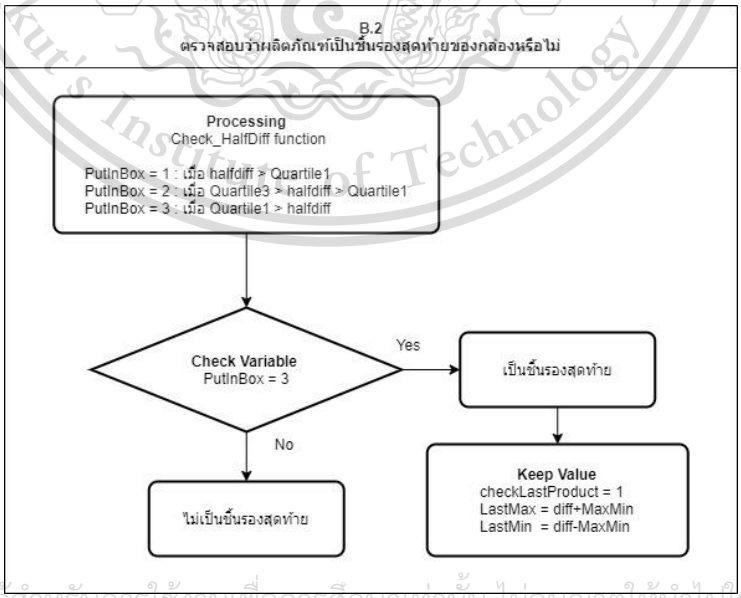


รูปที่ 3.13 แผนผังของระบบ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



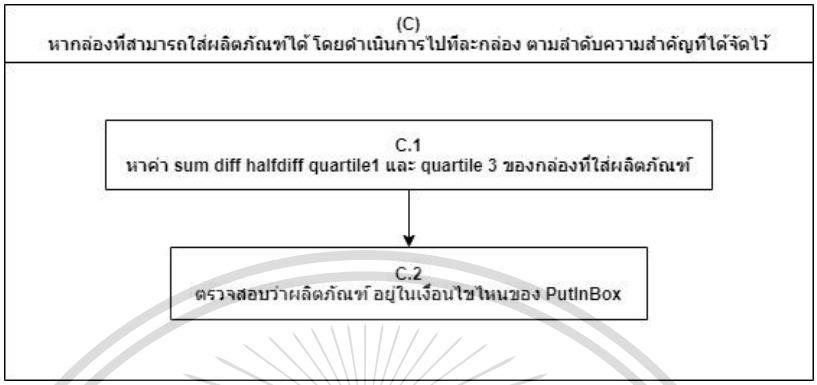
(ก) แผนผังของระบบ B.1



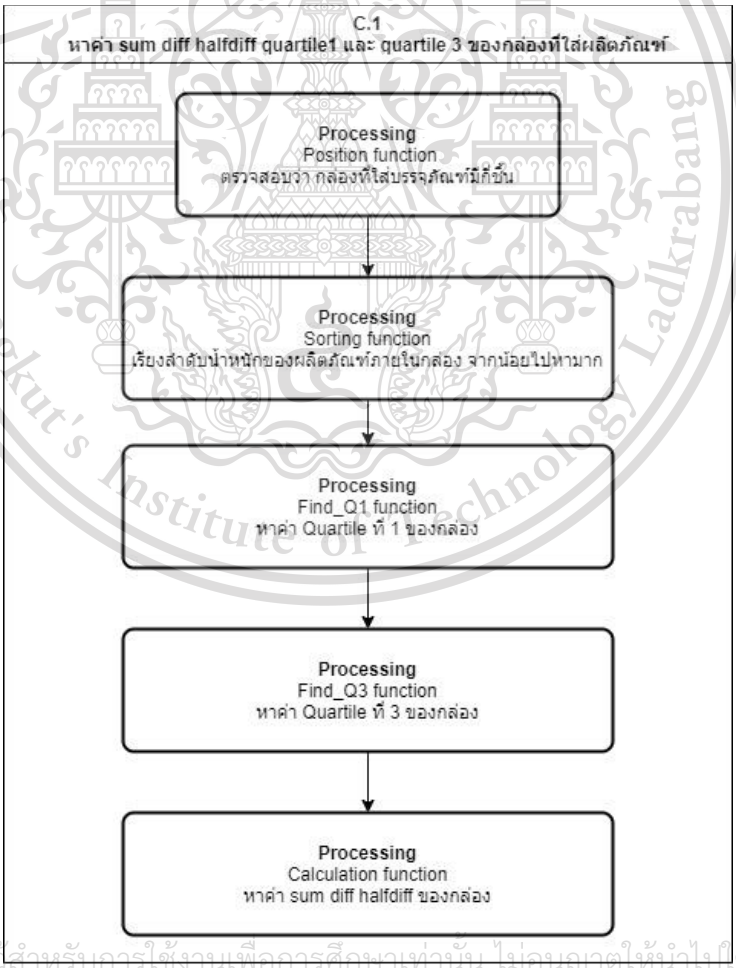
(ข) แผนผังของระบบ B.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. ระบบ C หากล่องที่สามารถใส่ผลิตภัณฑ์ได้ โดยดำเนินการไปทีละกล่อง ตามลำดับความสำคัญที่ได้จัดไว้ มีแผนผังแสดงดังรูปที่ 3.14 ซึ่งภายในระบบ C มีการทำงานย่อยอีก 2 การทำงาน มีแผนผังแสดงดังรูปที่ 3.14 (ก) และ 3.14 (ข)

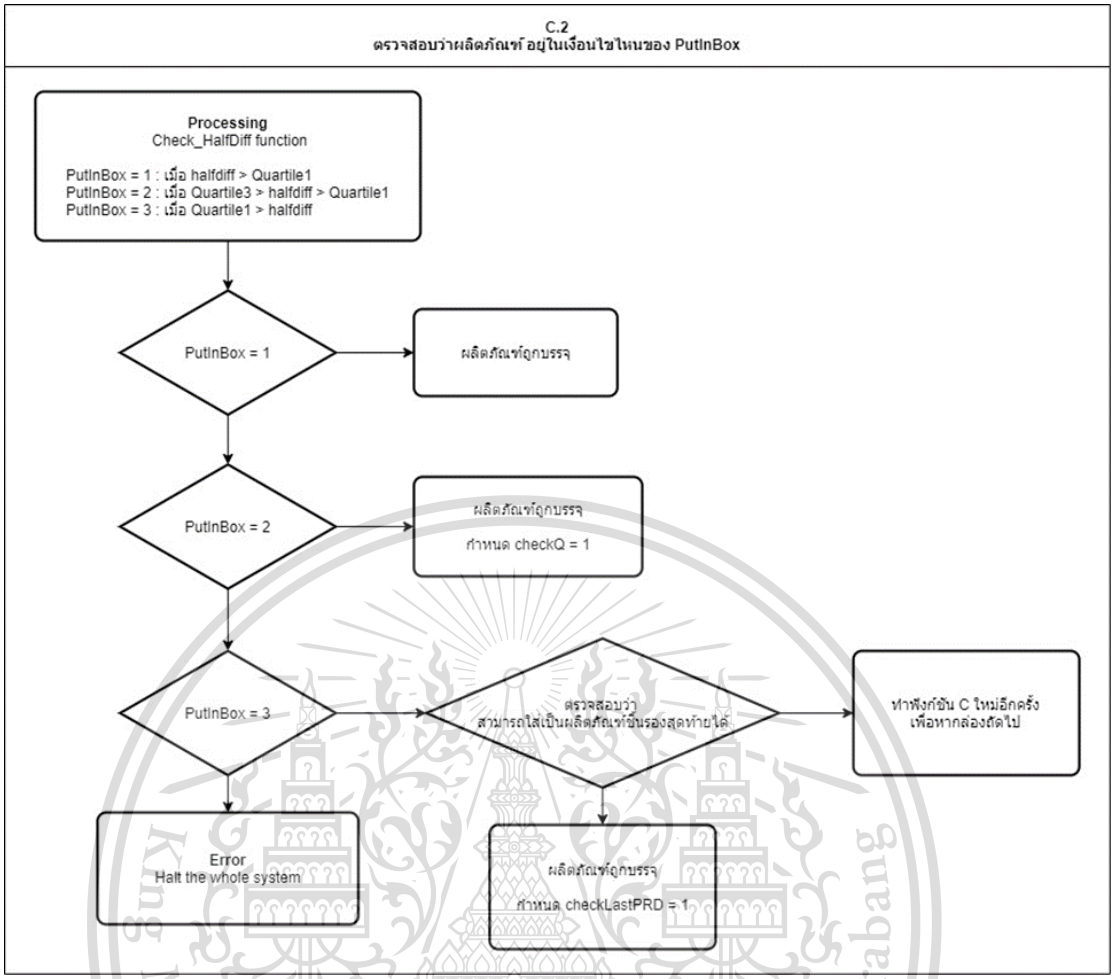


รูปที่ 3.14 แผนผังของระบบ C



(ก) แผนผังของระบบ C.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) แผนผังของระบบ C.2

3.4.4 การเขียนโปรแกรม

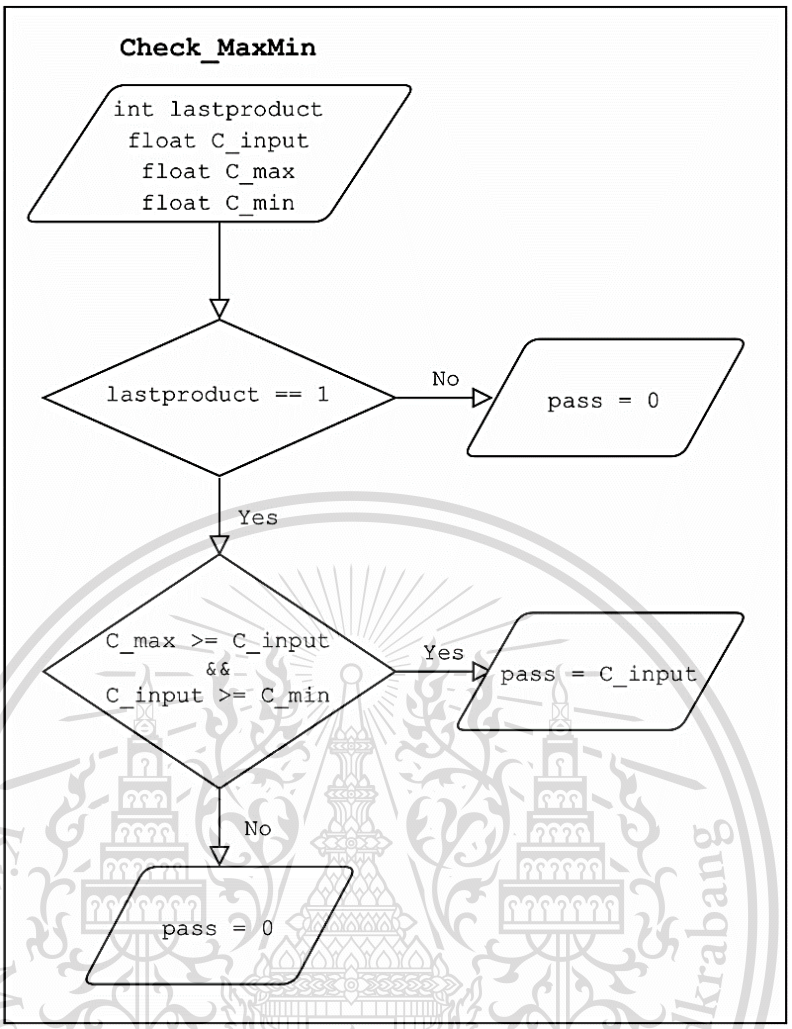
เป็นการเขียนโปรแกรมให้คำนวณและคัดแยกผลิตภัณฑ์เพื่อบรรจุตามน้ำหนักที่วัดได้ มีฟังก์ชัน ดังนี้

1. Check_MaxMin

ฟังก์ชันสำหรับตรวจสอบว่า น้ำหนักที่รับมาสามารถถูกบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นสุดท้ายของกล่องได้หรือไม่

- ได้ : ผลิตภัณฑ์จะถูกบรรจุ
- ไม่ได้ : ทำขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.15 แผนผังของฟังก์ชัน Check_MaxMin

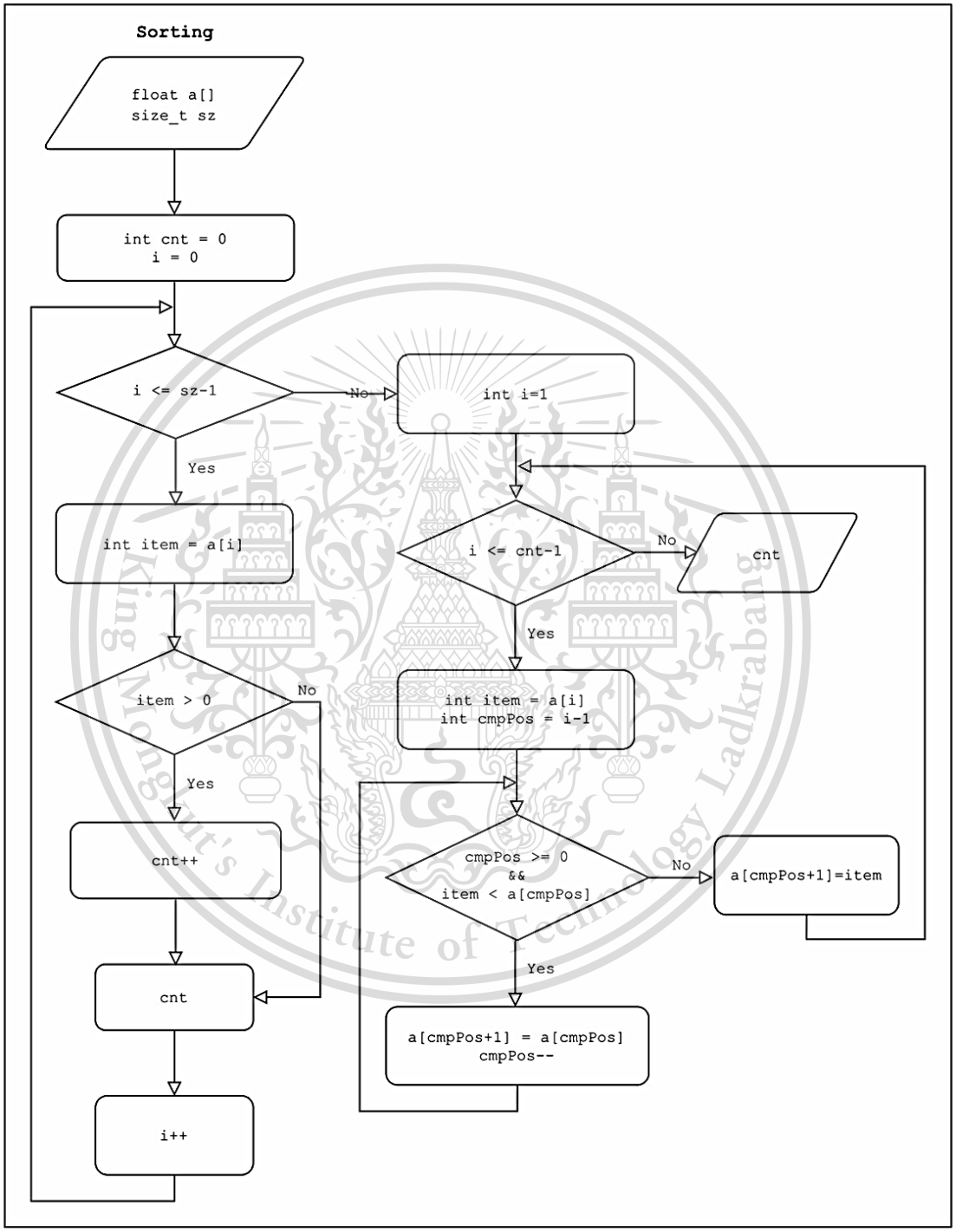
```
// -------------------Check Max Min for last product---------------------
float Check_MaxMin(int lastproduct,float C_input,float C_max,float C_min)
{
  float pass=0;
  if (lastproduct == 1)
  {
    if (C_max >= C_input && C_min <= C_input)
    {
      pass = C_input;
    }
  }
  return pass;
}
//------------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.16 Check_MaxMin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. Sorting

ฟังก์ชันสำหรับเรียงค่าจากมากไปน้อย



รูปที่ 3.17 แผนผังของฟังก์ชัน Sorting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

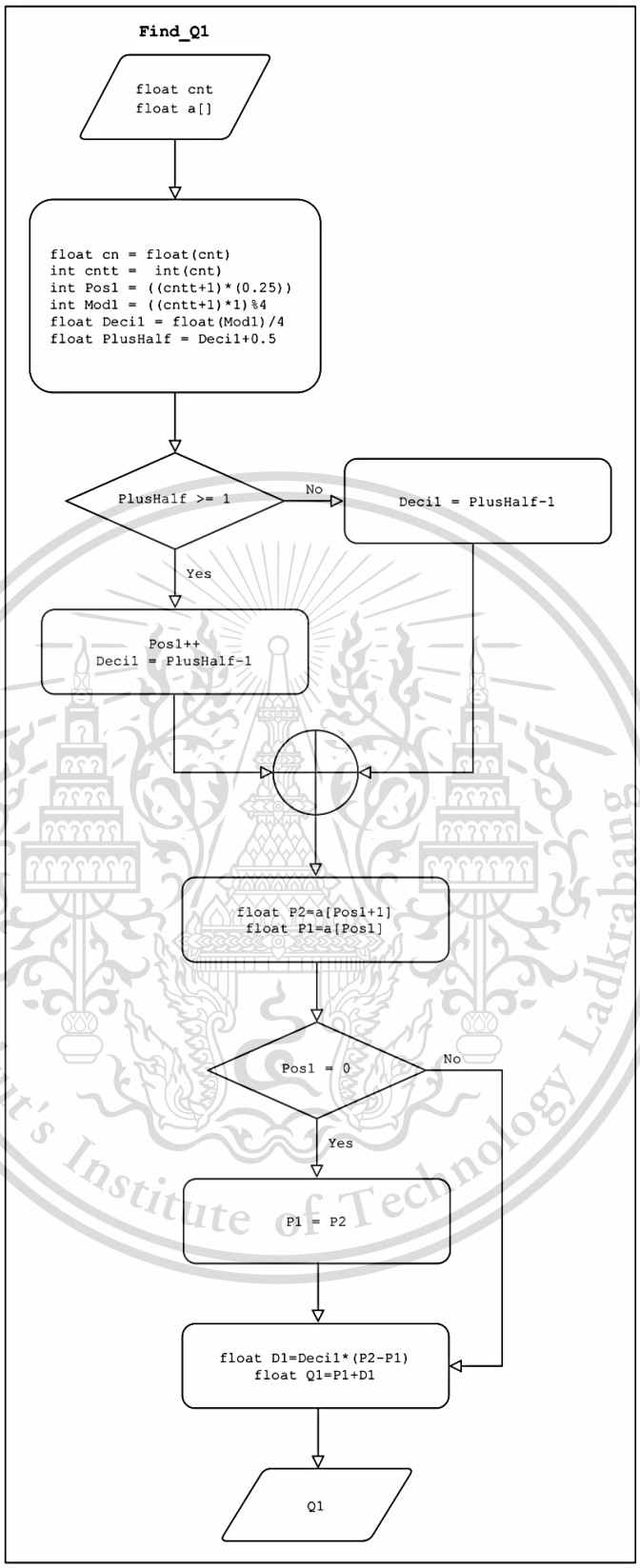
```
//-----------------------Sorting weight in box--------------------------
float Sorting(float a[], size_t sz)
{
  int cnt=0;
  for(int i=0; i<=sz-1;i++)
  {
    int item = a[i];
    if(item > 0)
    {
      cnt++;
    }
  }
  for(int i=1; i<=cnt-1;i++)
  {
    int item = a[i];
    int cmpPos = i-1;
    while (cmpPos >= 0 && item < a[cmpPos])
    {
      a[cmpPos + 1] = a[cmpPos];
      cmpPos--;
    }
    a[cmpPos+1]=item;
  }
  return cnt; //count weight !=0 for finding  q pos
}
//-----------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.18 Sorting

3. Find_Q1

ฟังก์ชันสำหรับหาค่า Quartile ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.19 แผนผังของฟังก์ชัน Find_Q1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

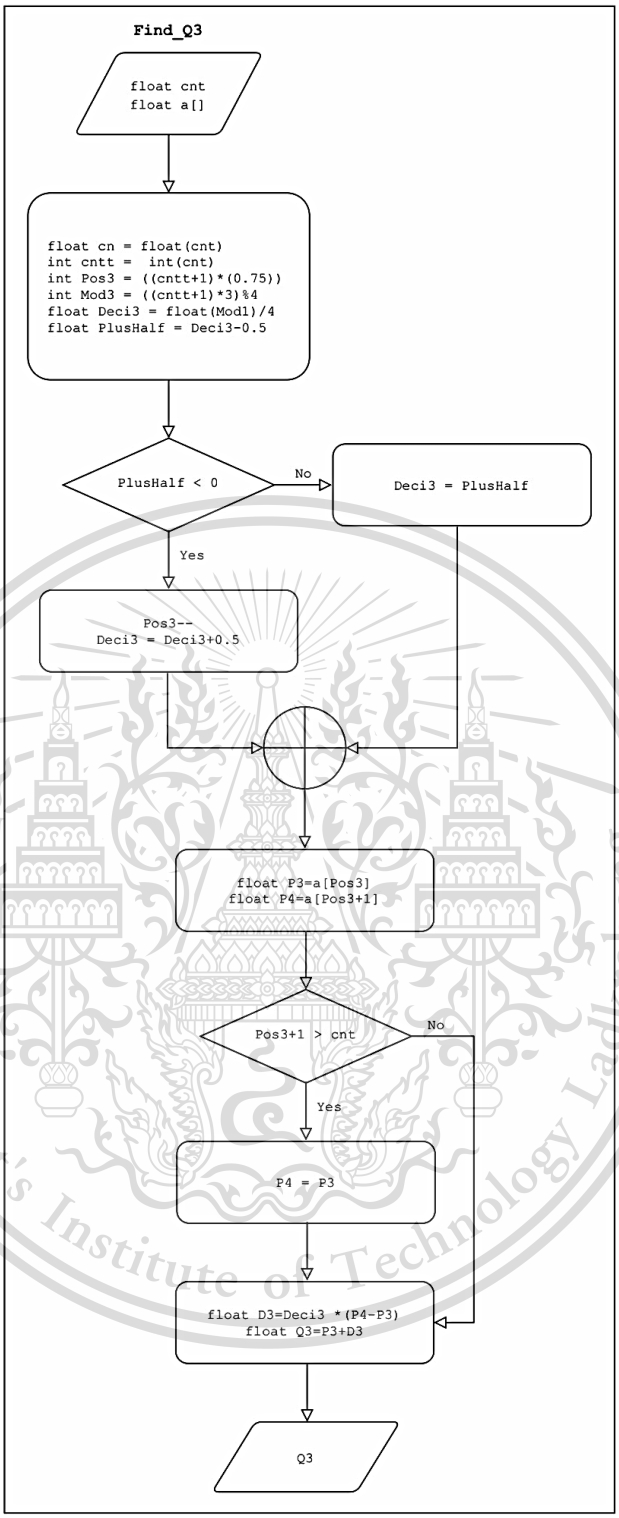
```
//----------------------------Find 1st Quartile----------------------------
float Find_Q1(float cnt,float a[])
{
  float cn = float(cnt);
  int cntt =  int(cnt);
  int Pos1 = ((cntt+1)*(0.25));
  int Mod1 = ((cntt+1)*1)%4;
  float Deci1 = float(Mod1)/4;
  float PlusHalf = Deci1+0.5;
  if(PlusHalf>=1)
  {
    Pos1++;
    Deci1 = PlusHalf-1;
  }
  else
  {
    Deci1 = PlusHalf;
  }
  float P2=a[Pos1+1];
  float P1=a[Pos1];
  if(Pos1 == 0)
  {
    P1=P2;
  }
  float D1=Deci1*(P2-P1);
  float Q1=P1+D1;
  return Q1;
}
//-------------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.20 Find_Q1

4. Find_Q3

ฟังก์ชันสำหรับหาค่า Quartile ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.21 แผนผังของฟังก์ชัน Find_Q3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
//----------------------------Find 3rd Quartile----------------------------
float Find_Q3(float cnt,float a[])
{
  float cn = float(cnt);
  int cntt =  int(cnt);
  int Pos3 = ((cntt+1)*(0.75));
  int Mod3 = ((cntt+1)*3)%4;
  float Deci3 = float(Mod3)/4;
  float PlusHalf = Deci3-0.5;
  if(PlusHalf<0)
  {
    Pos3--;
    Deci3 = Deci3+0.5;
  }
  else
  {
     Deci3 = PlusHalf;
  }
  float P3=a[Pos3];
  float P4=a[Pos3+1];
  if(Pos3+1 > cnt)
  {
    P4=P3;
  }
  float D3=Deci3 *(P4-P3);
  float Q3=P3+D3;
  return Q3;
}
//------------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.22 Find_Q3

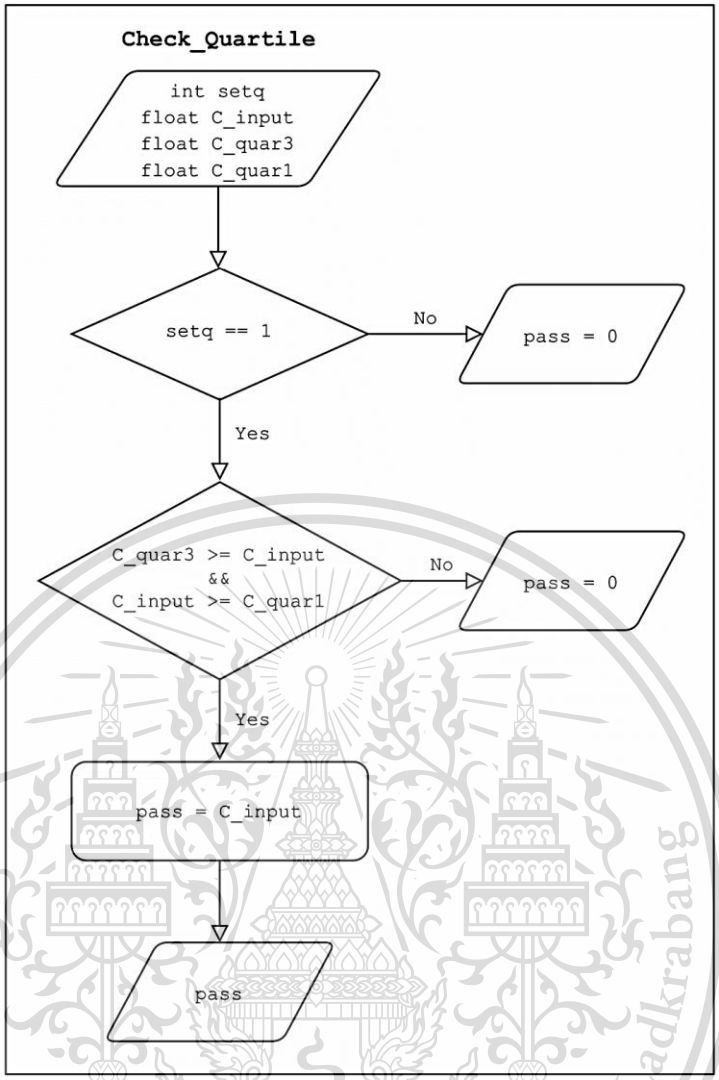
5. Check_Quartile

ฟังก์ชันสำหรับตรวจสอบว่า น้ำหนักที่รับมามีค่าอยู่ในช่วง Quartile ที่ 1 ถึงQuartile ที่ 3 ของกล่องหรือไม่

- ใช่ : ผลิตภัณฑ์ถูกบรรจุ
- ไม่ใช่ : ทำขั้นตอนต่อไป

จนกระทั่งค่า halfdiff น้อยกว่า Quartile ที่ 1 จึงกำหนดเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นรองสุดท้ายของกล่อง ทำให้เมื่อรับค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ชิ้นต่อไป จะสามารถใช้ฟังก์ชัน Check_MaxMin ในการหาผลิตภัณฑ์ชิ้นสุดท้ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.23 แผนผังของฟังก์ชัน Check_Quartile

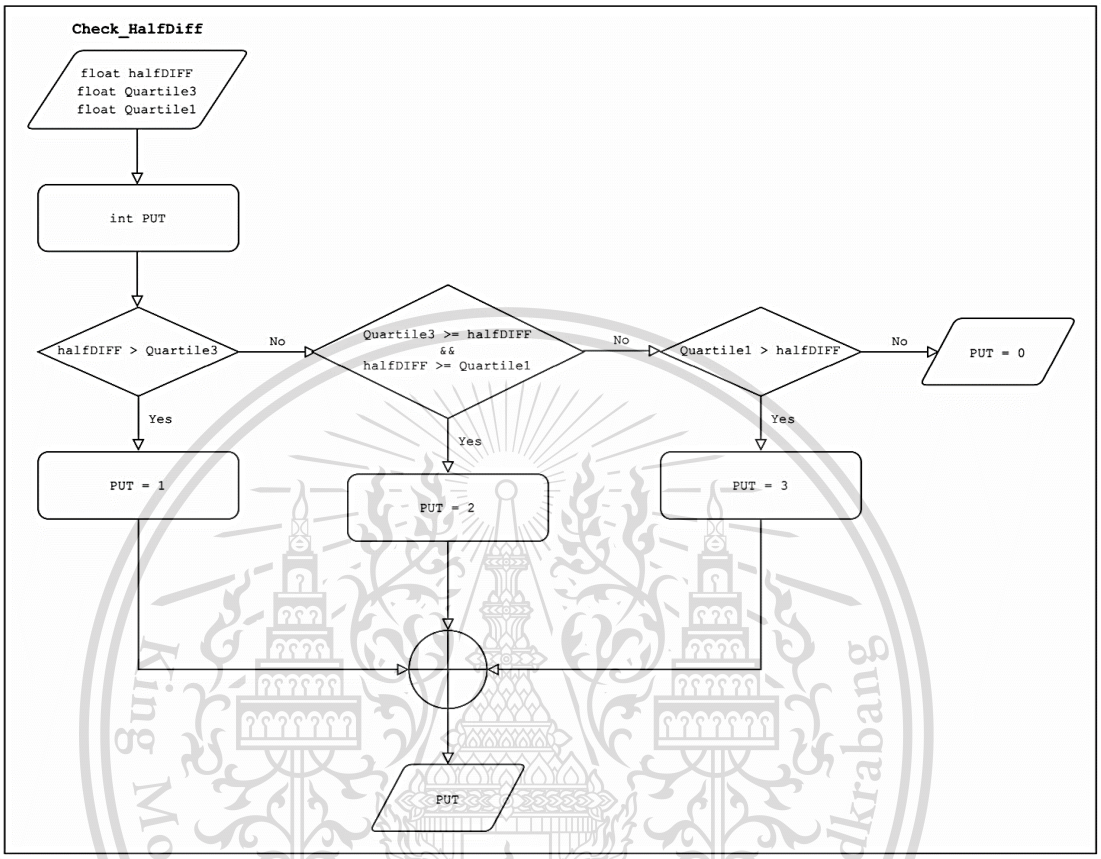
```
// ---------------------check within Quartile Range-----------------------
float Check_Quartile(int setq,float C_input,float C_quar3,float C_quar1)
{
  float pass=0;
  if (setq == 1)
  {
    if (C_quar3 >= C_input && C_input >= C_quar1)
    {
      pass = C_input;
    }
  }
  return pass;
}
//-----------------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.24 Check_Quartile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. Check_HalfDiff

ฟังก์ชันสำหรับตรวจสอบว่าค่าครึ่งหนึ่งของผลต่างอยู่ในช่วงใด



รูปที่ 3.25 แผนผังของฟังก์ชัน Check_HalfDiff

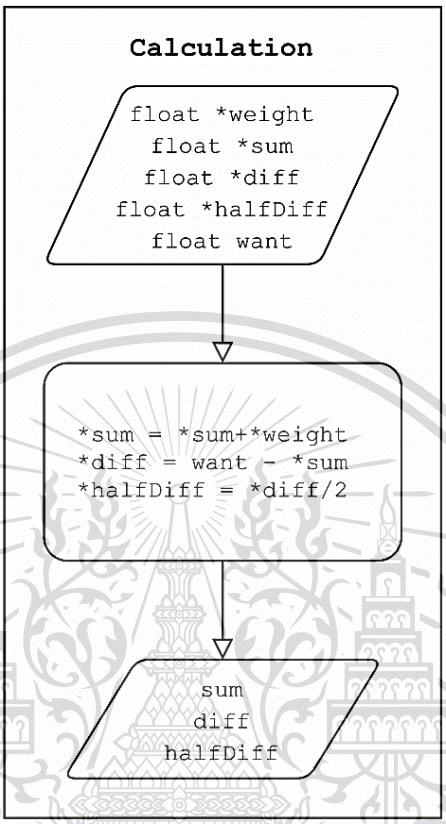
```
// ----------------------------check Half Diff-----------------------------
float Check_HalfDiff(float halfDIFF,float Quartile3,float Quartile1)
{
  int PUT;
  if (halfDIFF > Quartile3)
  {
    PUT = 1;  //yes
  }
  else if (Quartile3 >= halfDIFF && halfDIFF >= Quartile1)
  {
    PUT = 2;  //yes, setq=1
  }
  else if (Quartile1 > halfDIFF)
  {
    PUT = 3;  //yes if setq=1 then lastproduct=1, else no
  }
  return PUT;
}
//-----------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.26 Check_HalfDiff

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. Calculation

ฟังก์ชันสำหรับคำนวณผลรวม ผลต่าง และครึ่งหนึ่งของผลต่าง



รูปที่ 3.27 แผนผังของฟังก์ชัน Calculation

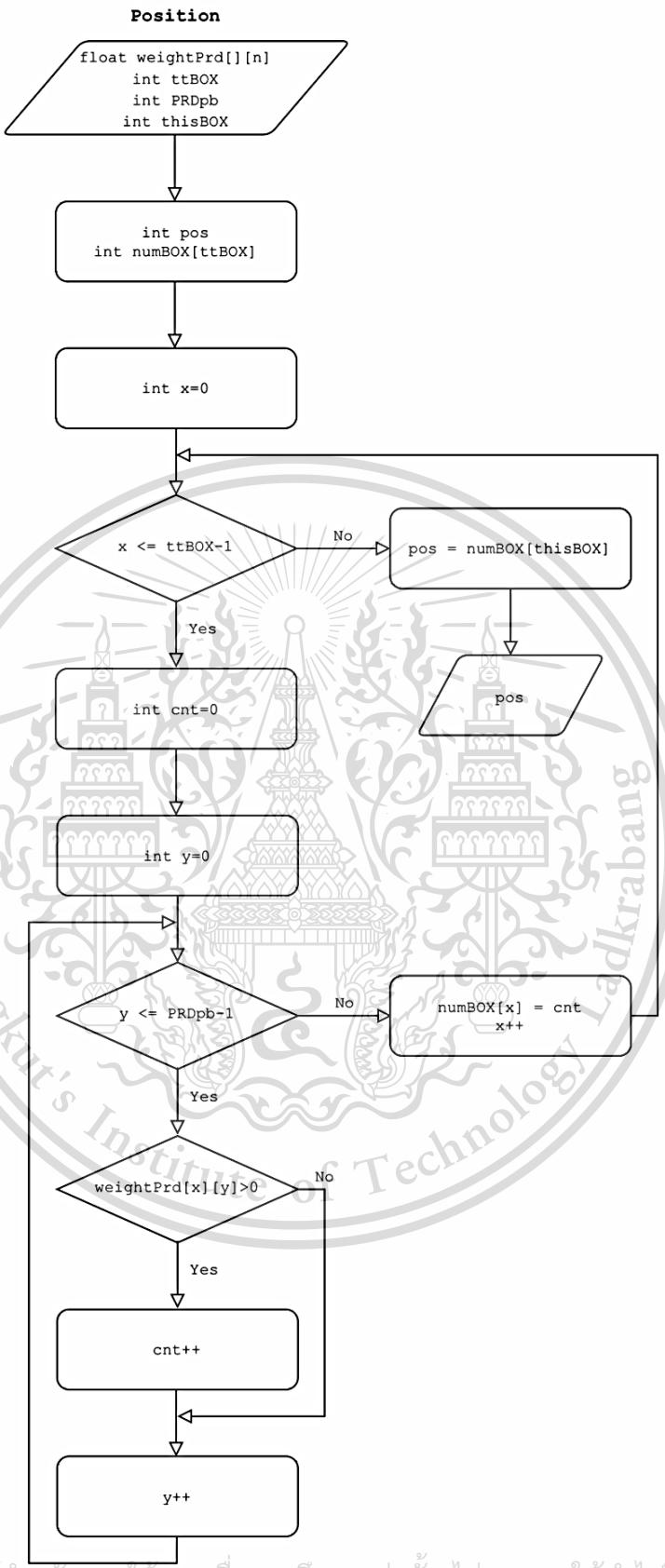
```
//---------------------------SUM DIFF HALF.DIFF-----------------------------
void Calculation(float weight, float *sum, float *diff, float *halfDiff, float want)
{
  *sum = *sum+weight;
  *diff = want - *sum;
  *halfDiff = *diff/2;
}
//--------------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.28 Calculation

8. Position

ฟังก์ชันสำหรับเก็บค่าตำแหน่งของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.29 แผนผังของฟังก์ชัน Position

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

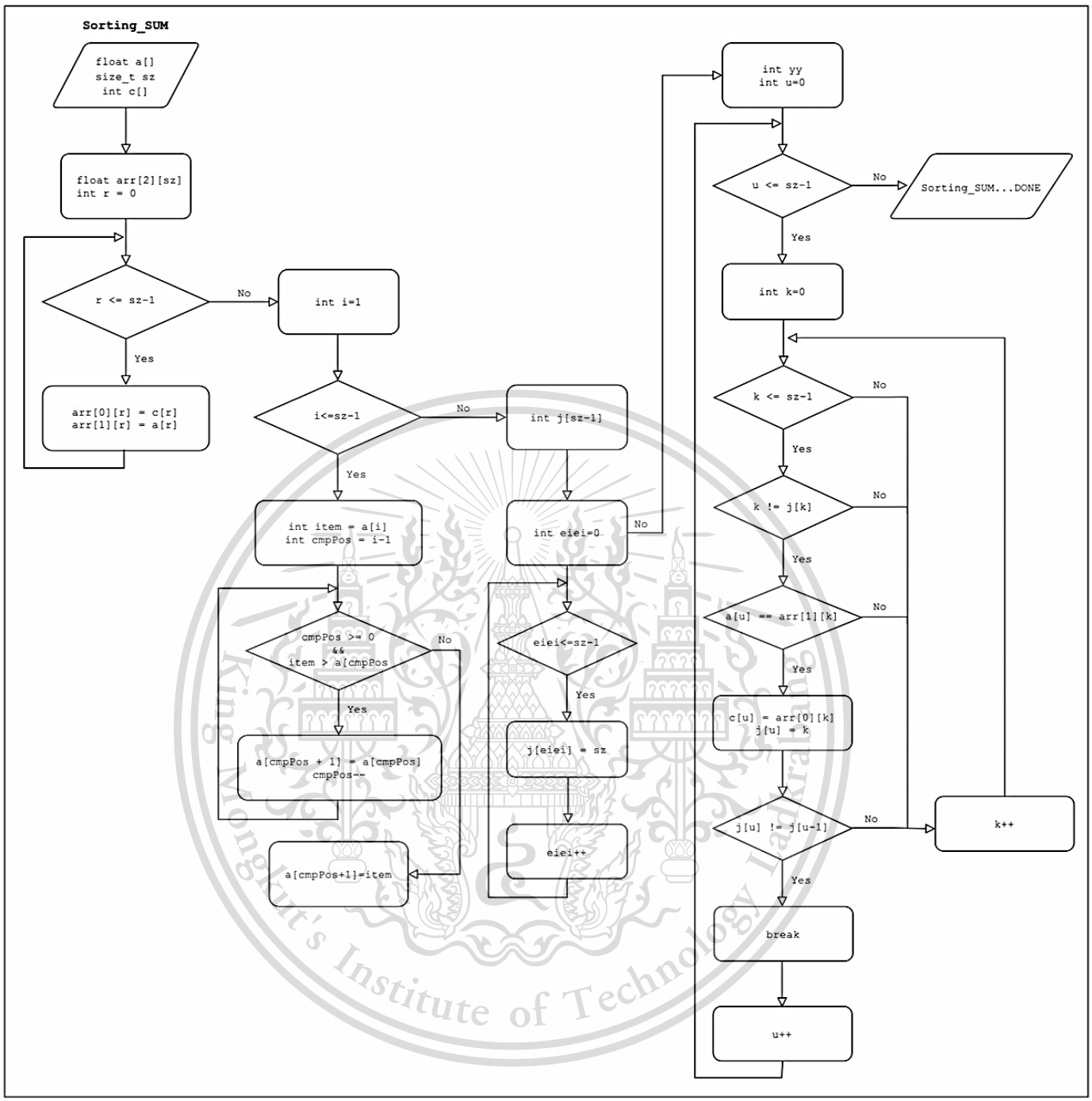
```
//----------------------------FN Keep Position-----------------------------
int Position(float weightPrd[][n], int ttBOX, int PRDpb, int thisBOX)
{
  int pos;
  int numBOX[ttBOX];
  for(int x=0;x<=ttBOX-1;x++)
  {
    int cnt=0;
    for(int y=0;y<=PRDpb-1;y++)
    {
      if(weightPrd[x][y]>0)
      {
        cnt++;
      }
    }
    numBOX[x] = cnt; //position of prd in box xth  00
  }
  pos = numBOX[thisBOX]-1;

  return pos;
}
//-------------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.30 Position

9. Sorting_Sum

ฟังก์ชันสำหรับเรียงลำดับความสำคัญในการเลือกกล่องที่จะบรรจุ โดยจะบรรจุกล่องที่ใกล้เต็มก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.31 แผนผังของฟังก์ชัน Sorting_SUM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
//-----------------------Sorting_SUM--------------------------
void Sorting_SUM(float a[], size_t sz,int c[])
  // a[] is orderBOX , sz is number of CheckNumBOX , c[] is CheckNumBOX
{
  float arr[2][sz];
  for(int r=0; r<=sz-1 ; r++)
  {
    arr[0][r] = c[r]; // Box number (CheckNumBOX)
    arr[1][r] = a[r]; // Sum of Product in the box (orderBOX)
  }

  for(int i=1; i<=sz-1; i++) //----> Sorting Max to Min of a[]
  {
    int item = a[i];
    int cmpPos = i-1;
    while (cmpPos >= 0 && item > a[cmpPos])
    {
      a[cmpPos + 1] = a[cmpPos];
      cmpPos--;
    }
    a[cmpPos+1]=item;
  }

  //-----------to know which box number that sum is belong to.
  int j[sz-1];
  for(int eiei=0; eiei<=sz-1; eiei++)
  {
    j[eiei] = sz;
  }

  int yy;
  for(int u=0; u<=sz-1; u++)
  {
    for(int k=0; k<=sz-1; k++)
    {
      if(k!= j[k])
      {
        if(a[u] == arr[1][k])
        {
          c[u] = arr[0][k];
          j[u] = k;
          if(j[u]!=j[u-1])
          {
            break;
          }
        }
      }
    }
  }  Serial.println("Sorting_SUM...DONE");
}
//--------------------------------------------------------------------
```

รูปที่ 3.32 Sorting_SUM

3.4.5 บันทึกผล

ประมวลผลโปรแกรม Arduino โดยรับค่าน้ำหนักของมะนาว 70 ลูก แล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง

โดยเรื่องนี้ เป็นการนำองค์ประกอบที่ได้จากข้อ 3.1 – 3.4 มาประกอบเข้าด้วยกัน และเพิ่มส่วนประกอบอีก 2 อย่าง คือ การควบคุม PLC (Programmable Logic Controller) และการแสดงผลของ LED

3.5.1 การควบคุม PLC

เป็นการสั่งการให้ PLC ควบคุมการทำงานของ Stepper motor โดยให้หมุน step ละ 36 องศา หรือ 25 pulse

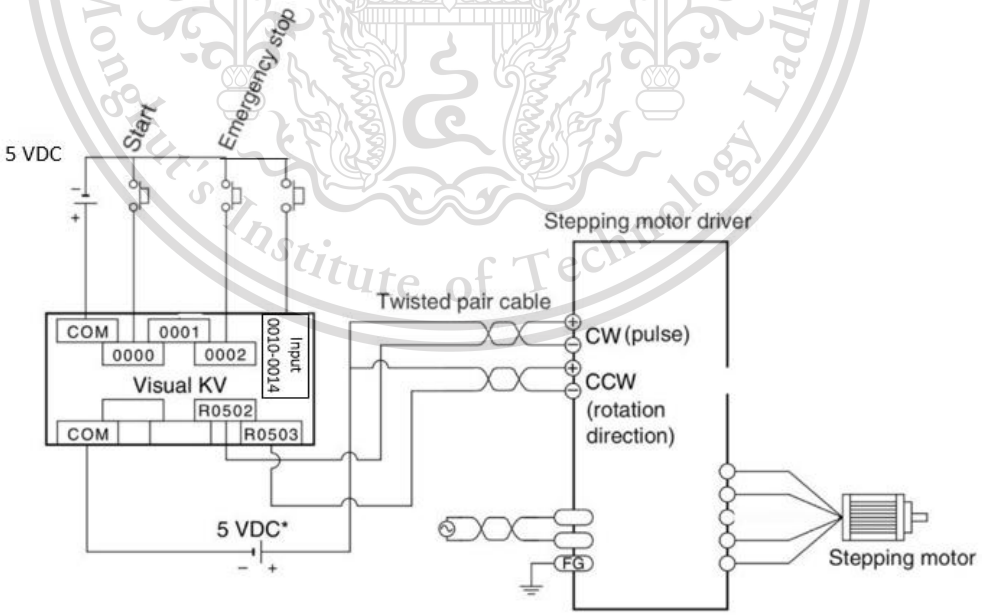
1. อุปกรณ์ที่ใช้

- PLC Keyence Visual KV (Series) KV-24DT
- Hardware ส่วนแป้นหมุน
- Micro Step Driver
- Stepper Motor

2. การต่ออุปกรณ์ และตั้งค่าอุปกรณ์

โดยตั้งค่า Driver ควบคุม Stepper Motor เป็น 1 Microstep 200 Pulse/rev และ Current 1 A PK-Current 1.2 A

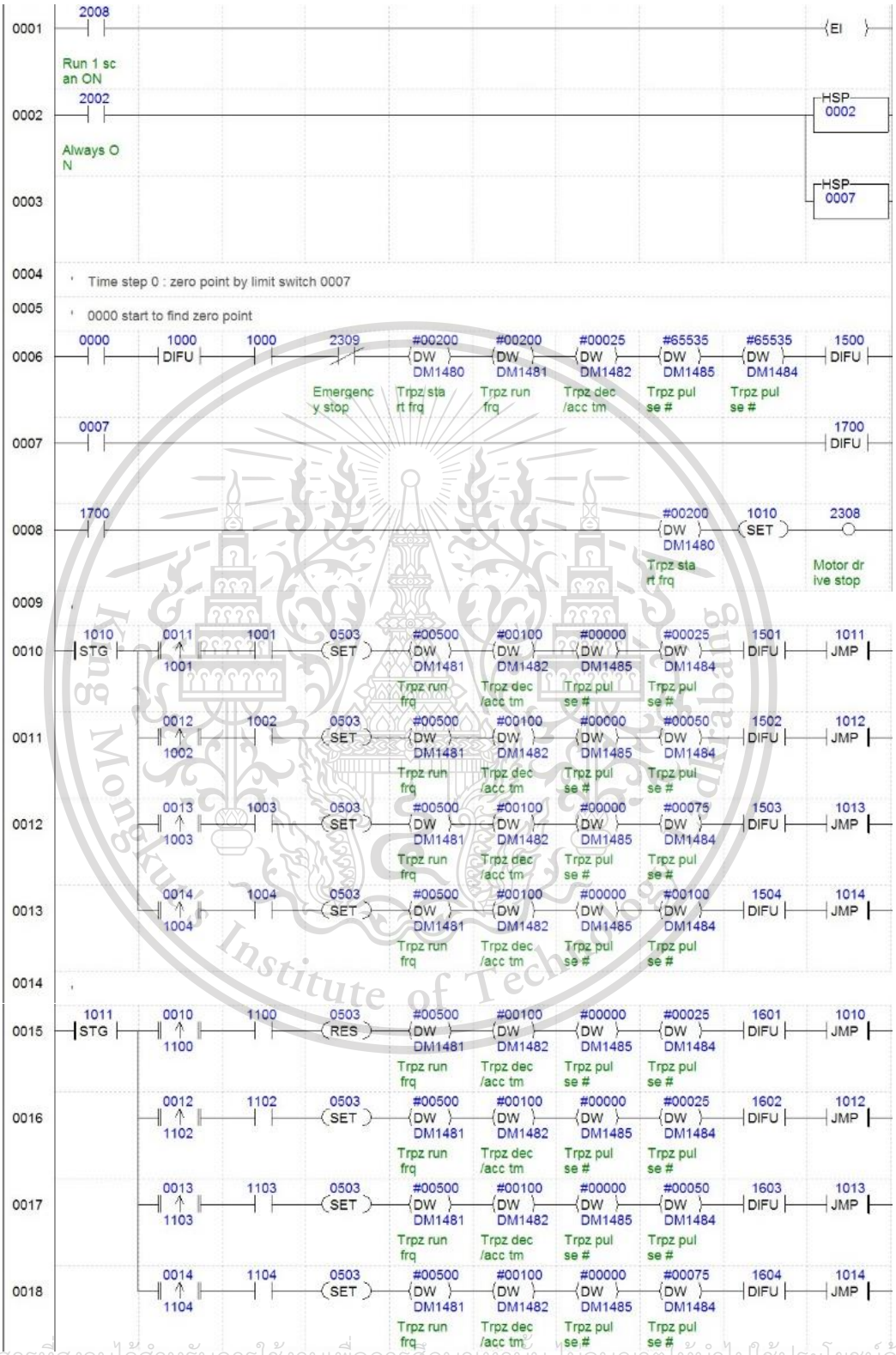
ต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.33 โดยนอกจากนี้ยังมี Limit switch ต่อกับ input 0007 ของ PLC



รูปที่ 3.33 การต่ออุปกรณ์

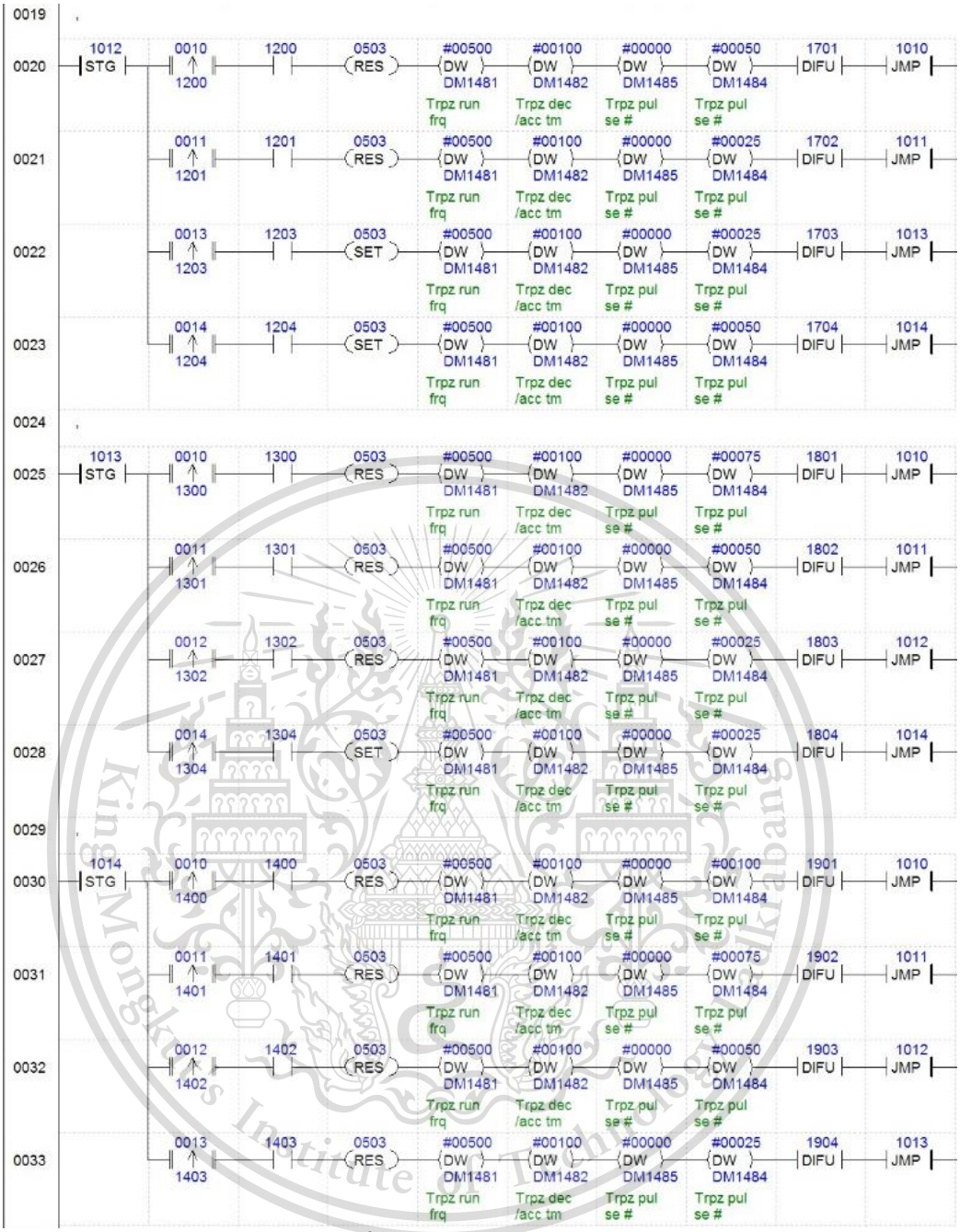
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. การเขียนโปรแกรม PLC



รูปที่ 3.34 (1) โปรแกรม PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

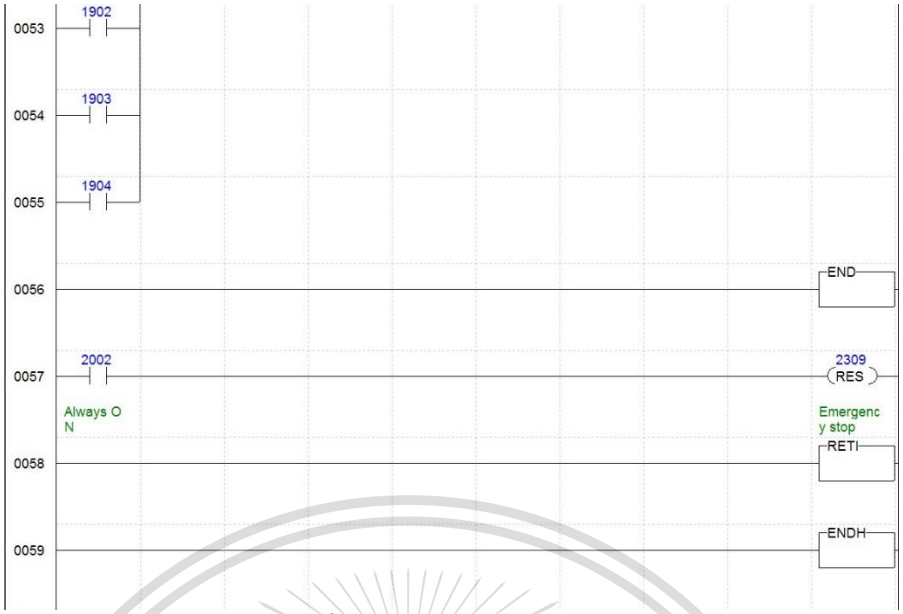


รูปที่ 3.34 (2) โปรแกรม PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.34 (3) โปรแกรม PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.34 (4) โปรแกรม PLC

3.5.2 การแสดงผลของ LED

เนื่องจากต้องการใช้ LED 5 ตัว แต่ Port ของ Arduino UNO ไม่เพียงพอ ทำให้ต้องนำการ Decoder มาใช้ โดยใช้ IC เบอร์ 74LS138

โดยเขียนโปรแกรม และต่ออุปกรณ์เพื่อให้การดำเนินการของ IC เป็นดังรูป

TRUTH TABLE

INPUTS						OUTPUTS							
$\overline{E_1}$	$\overline{E_2}$	E_3	A_0	A_1	A_2	$\overline{O_0}$	$\overline{O_1}$	$\overline{O_2}$	$\overline{O_3}$	$\overline{O_4}$	$\overline{O_5}$	$\overline{O_6}$	$\overline{O_7}$
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Don't Care

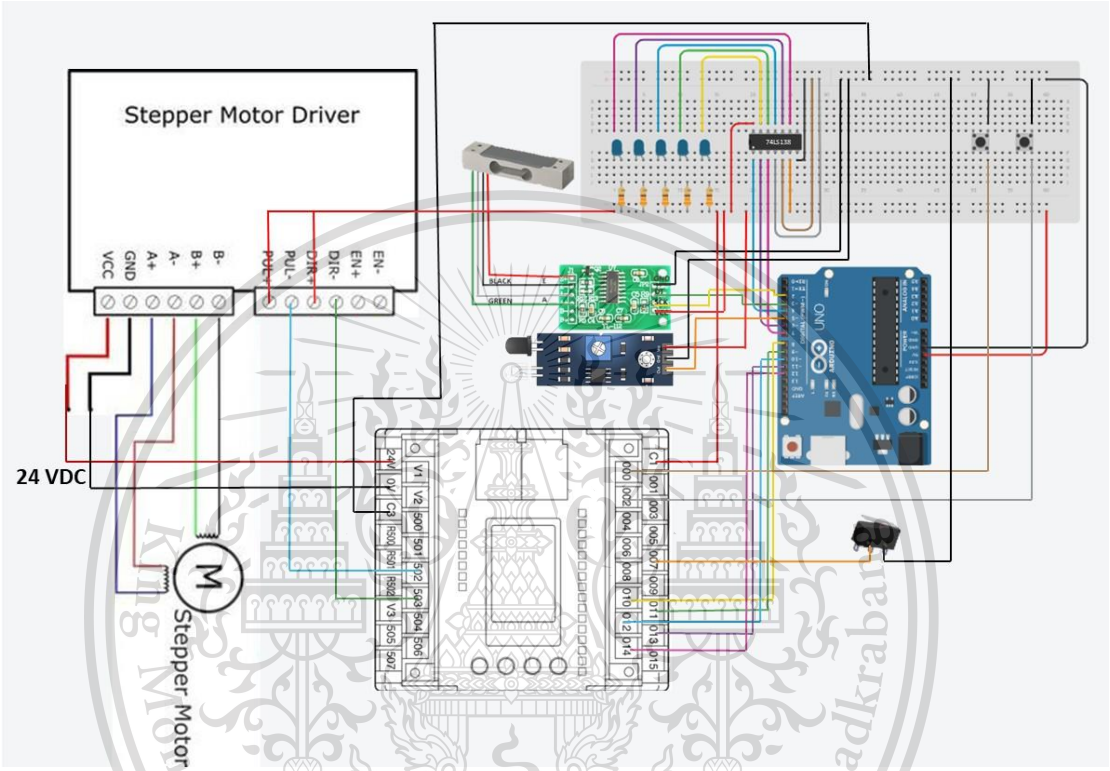
รูปที่ 3.35 การแสดงผลของ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5.3 รวบทุกองค์กระกอบ และบันทึกผล

มีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

1. ต่อวงจร และเชื่อมต่อ supply ทั้ง 24 VDC เข้า stepper motor และ PLC Keyence และ 12 VDC เข้า DC-motor



รูปที่ 3.36 การเชื่อมต่ออุปกรณ์และวงจรเข้าด้วยกัน

2. อัพโหลดโปรแกรมทั้งหมดลง Microcontroller ทั้ง 2 ตัว ได้แก่ PLC (Programmable Logic Controller) และ Arduino UNO

3. ต่อ Hardware ส่วนของแป้นหมุน และเก็บสายไฟทั้งหมดให้เรียบร้อย

4. Turn ON ทุกอย่างให้ทำงาน

5. วางมะนาวทั้ง 70 ลูก ลงบนสายพาน แล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทำงานของส่วนการลำเลียง

จำนวนมะนาวในการทดสอบทั้งหมด 70 ลูก

กำหนดประเภทการลำเลียงที่เกิดเป็น 3 ประเภท คือ

1. สามารถลำเลียงมะนาวได้อย่างสมบูรณ์ คือลูกมะนาวถูกลำเลียงไปยังสายพานสำหรับลำเลียงผลิตภัณฑ์บน Load cell ได้โดยที่ลูกมะนาวไม่มีการติดขัด หรือกลิ้งบนสายพาน

2. เมื่อลูกมะนาวถูกลำเลียงไปยังสายพานสำหรับลำเลียงผลิตภัณฑ์บน Load cell แล้วมีการกลิ้ง ซึ่งจะทำให้ค่าที่ Load cell ตรวจจับได้มีความคลาดเคลื่อน

3. ลูกมะนาวถูกลำเลียงไปยังสายพานสำหรับลำเลียงผลิตภัณฑ์บน Load cell แต่ลูกมะนาวติดร่องระหว่างสายพานทั้งสอง จึงทำให้มีดีเลย์ การลำเลียงลูกมะนาวขาดความต่อเนื่อง

ผลการทดลอง

มะนาวถูกลำเลียงแบบประเภทที่ 1 ทั้งหมด	55	ลูก
มะนาวถูกลำเลียงแบบประเภทที่ 2 ทั้งหมด	14	ลูก
มะนาวถูกลำเลียงแบบประเภทที่ 3 ทั้งหมด	1	ลูก

จากผลการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อน 21.43 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 การชั่งน้ำหนักของ Load cell

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการชั่งน้ำหนักของ Load cell

ลำดับที่	น้ำหนักจากเครื่องชั่ง	น้ำหนักจาก Load cell	
		ขณะสายพานไม่ทำงาน	ขณะสายพานทำงาน
1	42.50	42.49	44.25
2	41.83	41.11	42.44
3	43.67	42.93	43.18
4	36.20	35.73	37.59
5	36.47	34.75	33.10
6	35.82	35.13	35.61
7	37.95	36.58	38.87
8	41.73	41.78	42.74
9	36.41	35.54	36.83
10	47.85	47.11	45.40
11	41.19	37.99	37.14
12	41.3	39.01	43.14
13	43.82	41.54	43.40
14	50.84	50.36	46.76
15	59.28	57.66	55.18
16	38.62	37.65	41.64
17	47.05	44.32	50.88
18	36.20	34.89	38.04
19	48.42	47.69	47.65
20	41.59	40.81	39.52
21	45.91	44.24	54.52
22	40.77	39.16	36.57
23	43.68	41.76	39.11
24	42.11	40.16	43.06
25	32.70	32.64	32.52

ลำดับที่	น้ำหนักจากเครื่องชั่ง	น้ำหนักจาก Load cell	
		ขณะสายพานไม่ทำงาน	ขณะสายพานทำงาน
26	40.98	40.57	42.59
27	34.35	32.71	35.68
28	37.00	34.71	33.03
29	39.53	38.25	39.65
30	35.12	33.48	35.88
31	49.27	47.60	52.73
32	51.33	48.97	48.19
33	43.30	41.39	40.13
34	37.10	35.41	35.32
35	50.87	48.08	48.72
36	39.06	38.48	39.99
37	42.16	42.36	43.61
38	40.86	39.64	37.50
39	37.19	34.40	39.94
40	41.75	40.29	37.99
41	36.13	33.81	33.29
42	37.40	35.15	37.35
43	47.32	44.76	48.77
44	37.96	37.24	38.65
45	47.01	45.42	49.88
46	44.92	44.20	45.40
47	45.10	44.50	42.02
48	36.53	34.27	33.46
49	38.98	35.81	40.38
50	45.42	45.15	43.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงผลการทดลองการชั่งน้ำหนักของ Load cell

ลำดับที่	น้ำหนักจากเครื่องชั่ง	น้ำหนักจาก Load cell	
		ขณะสายพานไม่ทำงาน	ขณะสายพานทำงาน
51	58.38	55.54	57.80
52	36.27	34.08	35.39
53	65.40	63.50	66.17
54	49.87	47.86	47.31
55	56.18	56.60	58.23
56	39.10	37.08	40.26
57	44.79	43.26	43.20
58	51.47	49.80	49.57
59	34.24	34.57	35.14
60	40.53	38.36	44.86

ลำดับที่	น้ำหนักจากเครื่องชั่ง	น้ำหนักจาก Load cell	
		ขณะสายพานไม่ทำงาน	ขณะสายพานทำงาน
61	44.29	41.63	44.13
62	58.82	56.80	56.02
63	35.11	33.65	42.14
64	38.98	38.44	41.04
65	40.20	40.10	41.49
66	34.05	32.44	35.00
67	35.06	30.96	36.34
68	35.23	34.84	35.41
69	35.97	35.74	34.98
70	52.41	50.27	51.49

ผลการทดลอง

น้ำหนักที่ชั่งโดย Load cell ขณะสายพานไม่ทำงาน มีความคลาดเคลื่อน 3.53 %

น้ำหนักที่ชั่งโดย Load cell ขณะสายพานทำงาน มีความคลาดเคลื่อน 4.81 %

4.3 การรับค่าของ IR Sensor

จำนวนมะนาวในการทดสอบทั้งหมด 70 ลูก

ผลการทดลอง

1. IR Sensor สามารถตรวจจับมะนาวได้ 70 ลูก
2. IR Sensor ไม่สามารถตรวจจับมะนาวได้ 0 ลูก

จากผลการทดลองการรับค่าของ IR Sensor มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 การคำนวณสำหรับเลือกบรรจุลงกล่อง

ตารางที่ 4.2 แสดงการเลือกบรรจุลงกล่องจากการคำนวณ

ลูกที่	น้ำหนัก	กล่องที่ถูกใส่	กล่องที่ควรใส่	ลูกที่	น้ำหนัก	กล่องที่ถูกใส่	กล่องที่ควรใส่
1	43.37	0	0	36	42.64	2	2
2	42.14	0	0	37	38.15	1	1
3	44.62	0	0	38	40.37	2	2
4	33.31	0	0	39	37.52	2	2
5	36.93	0	0	40	43.71	2	2
6	36.54	0	0	41	36.86	2	2
7	39.56	0	0	42	38.38	2	2
8	41.01	0	0	43	47.35	***1***	***1***
9	38.54	0	0	44	40.49	1	1
10	47.82	1	1	45	48.38	1	1
11	38.87	***0***	***0***	46	42.49	1	1
12	38.71	0	0	47	46.28	1	1
13	44.37	0	0	48	38.22	1	1
14	49.70	0	0	49	38.40	1	1
15	32.71	0	0	50	49.99	1	1
16	39.41	0	0	51	55.04	3	3
17	46.82	0	0	52	38.40	3	3
18	38.33	0	0	53	71.72	3	3
19	49.33	1	1	54	44.64	3	3
20	42.84	1	1	55	53.12	3	3
21	46.27	1	1	56	40.45	3	3
22	41.80	1	1	57	44.89	3	3
23	45.59	1	1	58	52.54	***3***	***3***
24	44.66	2	2	59	33.02	2	2
25	33.51	0	0	60	39.22	***2***	***2***
26	40.98	0	0	61	45.88	3	3
27	36.22	***0***	***0***	62	57.34	3	3
28	38.59	0	0	63	31.04	3	3
29	40.99	0	0	64	39.45	3	3
30	35.04	0	0	65	42.70	3	3
31	50.21	0	0	66	33.15	2	2
32	51.77	0	0	67	39.38	2	2
33	40.71	0	0	68	35.37	2	2
34	38.16	0	0	69	37.16	2	2
35	52.02	2	2	70	53.91	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ 4.2 จะแสดงผลการทดลองกล่องที่ระบบคำนวณเลือกบรรจุใส่ เปรียบเทียบกับกล่องที่ควรจะใส่จากการคำนวณจริง โดยช่องที่เป็นช่องทึบคือช่องที่ระบบคำนวณมองเป็นลูกสุดท้ายของกล่อง ซึ่งหมายความว่ากล่องนั้นบรรจุเต็มตามน้ำหนักที่ต้องการบรรจุแล้ว 400 กรัม และมีการเริ่มกล่องใหม่หลังจากบรรจุลูกสุดท้าย โดยลูกสุดท้ายของกล่องสามารถทำให้น้ำหนักรวมมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้ได้ 4 กรัม

ผลรวมน้ำหนักของแต่ละกล่อง

ตำแหน่งกล่องที่ 0	บรรจุเต็มครั้งที่ 1	น้ำหนักรวมเมื่อบรรจุเต็ม 397.89
ตำแหน่งกล่องที่ 0	บรรจุเต็มครั้งที่ 2	น้ำหนักรวมเมื่อบรรจุเต็ม 399.76
ตำแหน่งกล่องที่ 1	บรรจุเต็มครั้งที่ 3	น้ำหนักรวมเมื่อบรรจุเต็ม 399.64
ตำแหน่งกล่องที่ 3	บรรจุเต็มครั้งที่ 4	น้ำหนักรวมเมื่อบรรจุเต็ม 400.80
ตำแหน่งกล่องที่ 2	บรรจุเต็มครั้งที่ 5	น้ำหนักรวมเมื่อบรรจุเต็ม 402.33

ผลการทดลอง

จากการทดลอง แต่ละกล่องมีความความเคลื่อนอยู่ภายในค่าที่กำหนดไว้คือ น้ำหนักรวม 400 กรัม และสามารถมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้ได้ 4 กรัม ซึ่งมีผลลัพธ์เป็นไปตามที่คำนวณ

4.5 การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่อง

ทดลองเพื่อตรวจสอบการทำงานของ PLC และสเตปเปอร์มอเตอร์ มีการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องโดยรับผลการเลือกกล่องจากระบบคำนวณได้อย่างถูกต้อง

จำนวนมะนาวในการทดสอบทั้งหมด 70 ลูก

ผลการทดลอง

1. มอเตอร์หมุนไปในช่องที่ต้องการ 70 ลูก
2. มอเตอร์ไม่หมุนไปในช่องที่ต้องการ 0 ลูก

การทำงานของ PLC และสเตปเปอร์มอเตอร์ มีการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องโดยรับผลการเลือกกล่องจากระบบคำนวณได้ถูกต้อง การทดลองนี้มีความคลาดเคลื่อน 0.00 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง การทำงานของส่วนการลำเลียง มีค่าความคลาดเคลื่อน 21.43 % ความคลาดเคลื่อนหรือการลำเลียงที่ไม่สมบูรณ์อาจเกิดจาก สายพานที่ผู้จัดทำสร้างมีความไม่สมมาตรและไม่มั่นคงเท่าที่ควร

จากผลการทดลอง การชั่งน้ำหนักของ Load cell น้ำหนักที่ชั่งโดย Load cell ขณะสายพานไม่ทำงานมีความคลาดเคลื่อน 3.53 % และน้ำหนักที่ชั่งโดย Load cell ขณะสายพานทำงานมีความคลาดเคลื่อน 4.81 % ดังนั้นการชั่งน้ำหนักของ Load cell มีความคลาดเคลื่อน 8.34 % ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการออกแบบและการติดตั้งสายพานบน Load cell เช่นแรงเหวี่ยงจากมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพาน ความคลาดเคลื่อนของตัวอุปกรณ์เอง การลำเลียงมะนาวที่ไม่สมบูรณ์ การที่ลูกมะนาวกลิ้งบนสายพานทำให้ได้น้ำหนักที่คลาดเคลื่อน หรืออาจมีการชั่งที่ไม่อยู่ในตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของ Load cell

จากผลการทดลอง การรับค่าของ IR Sensor สามารถตรวจจับมะนาวได้ครบทั้ง 70 ลูก การรับค่าของ IR Sensor มีความคลาดเคลื่อน 0.00 % ซึ่งการรับค่าขึ้นอยู่กับการปรับระยะการรับค่าของ IR Sensor

จากผลการทดลอง การคำนวณสำหรับเลือกบรรจุลงกล่อง แต่ละกล่องมีความความเคลื่อนอยู่ภายในค่าที่กำหนดไว้คือ น้ำหนักรวม 400 กรัม และสามารถมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้ได้ 4 กรัม แต่พบว่ามีความคลาดเคลื่อนในการบรรจุ มะนาวลูกที่ 60 ควรเป็นลูกสุดท้ายของตำแหน่งกล่องที่ 2 แต่ระบบมองว่ามะนาวลูกที่ 66 เป็นลูกสุดท้าย จึงมีความผิดพลาดขึ้นหนึ่งกล่อง ความผิดพลาดนี้อาจเกิดจากมีการใส่ดีเลย์เข้าไปในโปรแกรม

จากผลการทดลอง การทำงานของ PLC และสเตปเปอร์มอเตอร์ มีการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องโดยรับผลการเลือกกล่องจากระบบคำนวณได้ถูกต้อง การทดลองนี้มีความคลาดเคลื่อน 0.00 %

5.2 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข

จากผลการทดลองที่ผ่านมา พบว่าการทำงานของสายพานมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสายพานไม่ได้มาตรฐาน เป็นส่วนที่ทำด้วยมือ ไม่ได้ทำด้วยอุปกรณ์เฉพาะ ส่งผลให้มีการลำเลียงและการชั่งน้ำหนักที่คลาดเคลื่อน

แนวทางการแก้ปัญหาของสายพานคือ ควรใช้อุปกรณ์เฉพาะสำหรับทำสายพาน หรือซื้อสายพานลำเลียงที่มีมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

[1.] Easy HomeMade Projects. 2020, 13 September. **How to Make a Conveyor Belt System at Home - Very Powerful**. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com/watch?v=o7VVmtX7SKs/.

[2.] Daimary John. 2018, 27 January. **How to use the FC 51 InfraRed proximity/obstacle avoidance sensor with Arduino**. เข้าถึงได้จาก : https://surtrtech.com/2018/01/27/how-to-use-the-fc-51-infrared-proximity-obstacle-avoidance-sensor-with-arduino/.

[3.] Theeraphong Seefong. 2561, 13 สิงหาคม. **Arduino คืออะไร**. เข้าถึงได้จาก : https://www.tommology.com

[4.] Theeraphong Seefong. 2562. **การควบคุมมอเตอร์ดีซี**. เข้าถึงได้จาก : https://www.ioxhop.com/b/99

[5.] Ken RobotSiam. 2559, 9 ตุลาคม. **การใช้งาน IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module.** เข้าถึงได้จาก : https://robotsiam.blogspot.com/2016/10/ir-infrared-obstacle-avoidance-sensor.html/.

[6.] KEYENCE CORPORATION. 1999. **User's Manual Visual KV Series**. Japan.

[7.] info@factomart.com. (ม.ป.ป). **คู่มือ Photoelectric Sensor โฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์.** เข้าถึงได้จาก : https://mall.factomart.com/factomart-guide-blog-catalog/?_ga=2.29686591.1696018522.1605974414-430512481.1605214186/.

[8.] info@factomart.com. (ม.ป.ป). **คู่มือเกี่ยวกับโหลดเซลล์ (Load Cell).** เข้าถึงได้จาก : https://mcusercontent.com/969d54d965d5d231d4c22bfec/files/1041f435-0c55-4788-983c-f3db74e2c81c/Load_cell_manual.pdf/.

[9.] SUPPORT THAIEASYELEC. 2560.**บทความ Arduino คืออะไร ตอนที่1 แนะนำเพื่อนใหม่ที่ชื่อ Arduino.** เข้าถึงได้จาก :_https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/.

[10.] อาจารย์กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. (ม.ป.ป). **บทที่ 1 บอร์ด Arduino คืออะไร.** เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/karanwinatktech/unit1/.

[11.] อาจารย์กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. 2559. **บทที่ 2 การเลือกซื้อ Arduino.** เข้าถึงได้จาก : https://www.arduino4.com/article/3/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-2-%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

0%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%8B%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD-arduino/.

[12.] อาจารย์กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. (ม.ป.ป). **บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.** เข้าถึงได้จาก : http://dspace.spu.ac.th/bitstream/123456789/4657/5/5%20%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%882%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%89%E0%B9%84%E0%B8%82.pdf/.

[13.] อาจารย์กรัณวิณัฐ วงษ์ไชยมูล. (ม.ป.ป). **หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง.** เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/projectphysics122/--hlak-kar-thangan-khxng-sensexr-khwam-khem-eseng/.

[14.] บล็อก Factomart.com. (ม.ป.ป). **หลักการทำงานของ Stepping Motor**. เข้าถึงได้จาก : https://mall.factomart.com/principle-of-stepping-motor/

[15.] บล็อก Factomart.com. (ม.ป.ป). **ประเภทของ Stepping Motor**. เข้าถึงได้จาก : https://mall.factomart.com/type-of-stepping-motor/

[16.] บล็อก Factomart.com. (ม.ป.ป). **วิธีการเลือก Stepping Motor**. เข้าถึงได้จาก : https://mall.factomart.com/how-to-select-stepping-motor/

[17.] Fitrox Electronics. (ม.ป.ป). **สเต็ปมอเตอร์.** เข้าถึงได้จาก : http://fitrox.lnwshop.com/article/98/มอเตอร์-สเต็ปมอเตอร์-เซอร์โว-ตอนที่-2-สเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ

```
#include "HX711.h"
#define calibration_factor 409521
#define DOUT  3
#define CLK  2
#define totalBOX 5
#define wantedWeight 400
#define PRDperBOX 10
#define MaxMin 4
#define numAVG 10

const int ProxSensor=5;
HX711 scale(DOUT, CLK);
const int n=PRDperBOX;
int numBOX = 0;
int numPRD = 0;
float input;
float weightPRD[totalBOX][PRDperBOX];
float Check_MaxMin(int lastproduct,float C_input,float C_max,float C_min);
float Sorting(float a[], size_t sz);
float Find_Q1(float cnt,float a[]);
float Find_Q3(float cnt,float a[]);
float Check_Quartile(int setq,float C_input,float C_quar3,float C_quar1);
float Check_HalfDiff(float halfDIFF,float Quartile3,float Quartile1);
void Calculation(float *weight, float *sum, float *diff, float *halfDiff, float want);
int Position(float weightPrd[][n], int ttBOX, int PRDpb, int thisBOX);
void Sorting_SUM(float a[], size_t sz,int c[]);

struct lastproduct {
  float MAX;
  float MIN;
  float FINAL; //final product ----max>=final>=min
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  int checkLastPRD; //have to put final product
};

struct Quartile { //Q1,Q3 value
  float Q1;
  float Q3;
  int checkQ;
  float semiFinal;
};

struct box {
  float sum; // sum weight in the box
  float diff; // want-sum
  float HALF_diff; // diff/2
  struct lastproduct LAST;
  struct Quartile Quar;
} box[totalBOX];

struct box reset={0,0,0,0,0,0,0,0,0,0};
int PIN[] = {8,9,10,11,12};
int xoxo=0;
int PutInBox ;
bool Halt = 0;

void setup() {
  pinMode(ProxSensor,INPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
  pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT);
  pinMode(11,OUTPUT);
  pinMode(12,OUTPUT);
  pinMode(4,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  pinMode(6,OUTPUT);
  pinMode(7,OUTPUT);

  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Calibrating...");
  scale.set_scale(calibration_factor);
  scale.tare();
    //scale.set_scale();
  scale.read_average(80);
 // scale.tare();
 // long zero_factor = scale.read_average(80);
  Serial.println("OK Start :");
  Serial.println("CLEARDATA");

}

void loop() {

     digitalWrite(PIN[0],1);
     digitalWrite(PIN[1],1);
     digitalWrite(PIN[2],1);
     digitalWrite(PIN[3],1);
     digitalWrite(PIN[4],1);

  if(Halt ==0)
  {

  if(digitalRead(ProxSensor)==LOW)
  {
     digitalWrite(PIN[0],1);
     digitalWrite(PIN[1],1);
     digitalWrite(PIN[2],1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
     digitalWrite(PIN[3],1);
     digitalWrite(PIN[4],1);

    float receive=0;
    float SUMreceive=0;
    float AVGreceive=0;
    int numReceive;
    for(int numReceive =1;numReceive <= numAVG; ++numReceive)
    {
      receive = scale.get_units();
      receive = receive*-1;
      SUMreceive = SUMreceive + receive;
      Serial.print("sum WEIGHT :");Serial.println(SUMreceive,3);
    }
    AVGreceive = (SUMreceive*1000)/numAVG;
    Serial.print("AVG WEIGHT :");Serial.println(AVGreceive);
    input = AVGreceive;
    Serial.print("WEIGHT :");Serial.println(input);

    int EARLYnumBOX = numBOX; //numBOX no cal of Check_MaxMin(last) and
Check_Quartile(semi)
    int Eend = 0;

//------------------check Check_MaxMin function for last product-----------------------------
    for(int numBOX = 0; numBOX<=(totalBOX-1) ; ++numBOX) // วนกล่อง
    {
// initialize for Check_MaxMin function
      float Lastinput =  input;
      float LastMax =  box[numBOX].LAST.MAX;
      float LastMin =  box[numBOX].LAST.MIN;
      int checkLastProduct = box[numBOX].LAST.checkLastPRD; // checkLastProduct (0
= no,1 = can put)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
// receive value from Check_MaxMin function
    // if checkLastProduct = 0 ,then box[numBOX].LAST.FINAL = 0
    // if checkLastProduct = 1 and weight between lastmax and lastmin ,then
box[numBOX].LAST.FINAL = input
      box[numBOX].LAST.FINAL  =
Check_MaxMin(checkLastProduct,Lastinput,LastMax,LastMin);
//box[numBOX].LAST.FINAL (0,input)

    // use value "box[numBOX].LAST.FINAL"
//*** 1. box[numBOX].LAST.FINAL = input >>>>>> reset value
      if (box[numBOX].LAST.FINAL > 0)
      {
          digitalWrite(PIN[numBOX],0);
          switch(PIN[numBOX]){
           case 8:
            digitalWrite(4,0);
            digitalWrite(6,0);
            digitalWrite(7,0);
             break;
          case 9:
            digitalWrite(4,1);
            digitalWrite(6,0);
            digitalWrite(7,0);
            break;
         case 10:
            digitalWrite(4,0);
            digitalWrite(6,1);
            digitalWrite(7,0);
            break;
          case 11:
            digitalWrite(4,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
            digitalWrite(6,1);
            digitalWrite(7,0);
            break;
          case 12:
            digitalWrite(4,0);
            digitalWrite(6,0);
            digitalWrite(7,1);
            break;
        }
        for(int numPRD=0; numPRD<=(PRDperBOX-1) ;++numPRD)
        {
          weightPRD[numBOX][numPRD] = 0;
        }
      box[numBOX] = reset; //รีเซ็ท
      Eend = 1;
      break; //Out loop Check_MaxMin function
    }
//*** 2. box[numBOX].LAST.FINAL = 0 >>>>>>> do loop Check_MaxMin function
>>>> if end loop, go to check Quartile
  }

//------------------check  Check_Quartile function for Semifinal Product (weight between
Q3 and Q1)-----------------------------
  int cend=0;
  while(Eend == 0)
  {
    cend++;
      Serial.print("Check while Eend ");Serial.print(cend);Serial.println(" round ");
    for(int numBOX = 0; numBOX<=(totalBOX-1) ; ++numBOX) // วนกล่อง
    {
// initialize for Check_Quartile function
      float C_input = input;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
        float C_quar3 =  box[numBOX].Quar.Q3;
        float C_quar1 =  box[numBOX].Quar.Q1;
        int C_setq = box[numBOX].Quar.checkQ;

// receive value from Check_Quartile function
   // if C_setq = 0 ,  box[numBOX].Quar.semiFinal = 0
   // if C_setq = 1 and weight between Q3 and Q1,  box[numBOX].Quar.semiFinal =
C_input
        box[numBOX].Quar.semiFinal =
Check_Quartile(C_setq,C_input,C_quar3,C_quar1);

// use value "box[numBOX].Quar.semiFinal"
//*** 1. box[numBOX].Quar.semiFinal = input >>>>>> put in box >>>
        if (box[numBOX].Quar.semiFinal > 0)
        {
          if(box[numBOX].LAST.checkLastPRD != 1)
          {
            numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,numBOX)+1;
            weightPRD[numBOX][numPRD] = box[numBOX].Quar.semiFinal;
            digitalWrite(PIN[numBOX],0);

//////////////////check  Calculation function for check put 3 of semiproduct
              Serial.print("numPRD : ");Serial.println(numPRD);
              Serial.print("numBOX : ");Serial.println(numBOX);
            float arraySort[PRDperBOX];
            float arrayForCal[PRDperBOX];
            memset(arraySort,0,sizeof(arraySort)); // set all value in array to be 0
            for(int y = 0; y<=numPRD ; y++)
            {
              arraySort[y] = weightPRD[numBOX][y];
              arrayForCal[y]= weightPRD[numBOX][y];
            }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
size_t sz = sizeof(arraySort)/sizeof(arraySort[0]);
float cnt = Sorting(arraySort, sz);
float ForFind[sz];
for(int y = 1; y<=cnt ; y++)
{
  ForFind[y] = arraySort[y-1];
  if(y==cnt)
  {
    ForFind[y+1] = 0;
  }
}
float Q1 =Find_Q1(cnt,ForFind);
float Q3 =Find_Q3(cnt,ForFind);
box[numBOX].Quar.Q3 = Q3;
box[numBOX].Quar.Q1 = Q1;
float W4cal = arrayForCal[numPRD];
float sum = box[numBOX].sum;
float Diff = 0;
float halfDiff = 0;
float SubDiff = box[numBOX].diff;
float SubHalfDiff = box[numBOX].HALF_diff;
float SubSum = box[numBOX].sum;
Calculation(W4cal, &sum, &Diff, &halfDiff, wantedWeight);
box[numBOX].diff = Diff;          Serial.print("last Diff :
");Serial.println(box[numBOX].diff);
box[numBOX].HALF_diff = halfDiff;
Serial.print("last halfDiff : ");Serial.println(box[numBOX].HALF_diff);
box[numBOX].sum = sum;            Serial.print("last sum :
");Serial.println(box[numBOX].sum);
int PutInBox = Check_HalfDiff(halfDiff,Q3,Q1);
if(PutInBox == 3)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
            box[numBOX].LAST.checkLastPRD = 1;
            box[numBOX].LAST.MAX = box[numBOX].diff+MaxMin;
            box[numBOX].LAST.MIN = box[numBOX].diff-MaxMin;
          }
          else
          {
            box[numBOX].Quar.semiFinal = 0;
          }
          numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,numBOX)+1;
          Eend = 2;
          break;
        }
      }
//*** 2. box[numBOX].Quar.semiFinal = 0 >>>>>>> do loop Check_Quartile function
>>>> if end loop, go to find Quartile
      }
      if(Eend == 2){
        break; //out of while Eend = 0
      }

//-----------------check  Calculation function-----------------------
      else
      {
        float NEWweightPRD[totalBOX][PRDperBOX];
        for(int b=0; b<=totalBOX-1; ++b)
        {
          for(int f=0; f<=PRDperBOX-1; ++f)
          {
            NEWweightPRD[b][f] = weightPRD[b][f];
          }
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
//----------CheckNumBOX --> checkLastPRD=0, checkQ=0
  int CC=0;
  int CheckNumBOX[totalBOX];
  memset(CheckNumBOX,0,sizeof(CheckNumBOX));
  int boxMAX;
  for(int numBOX = 0; numBOX<=(totalBOX-1) ; ++numBOX)
  {
    if(box[numBOX].LAST.checkLastPRD == 0 && box[numBOX].Quar.checkQ ==
0)
    {
      CheckNumBOX[CC] = numBOX;
      CC++;
    }
  }
  CC--;

 //---------orderBOX --> sum of the box
  float orderBOX[totalBOX];
  memset(orderBOX,0,sizeof(orderBOX));
  for(int fm=0; fm<=CC;fm++)
  {
    int boxINsum = CheckNumBOX[fm];
    orderBOX[fm] = box[boxINsum].sum;
  }

  Sorting_SUM(orderBOX, CC+1, CheckNumBOX);

  EARLYnumBOX = CheckNumBOX[cend-1];
  numPRD = Position(NEWweightPRD,totalBOX,PRDperBOX,EARLYnumBOX)+1;
  Serial.print("EARLYnumBOX : ");Serial.println(EARLYnumBOX);
  Serial.print("numPRD : ");Serial.println(numPRD);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
weightPRD[EARLYnumBOX][numPRD] = input;
float arraySort[PRDperBOX];
float arrayForCal[PRDperBOX];
memset(arraySort,0,sizeof(arraySort)); // set all value in array to be 0
for(int y = 0; y<=numPRD ; y++)
{//Serial.println("15");
  arraySort[y] = weightPRD[EARLYnumBOX][y];
  arrayForCal[y]= weightPRD[EARLYnumBOX][y];
}
size_t sz = sizeof(arraySort)/sizeof(arraySort[0]);
float cnt = Sorting(arraySort, sz);
float ForFind[sz];
for(int y = 1; y<=cnt ; y++)
{
 ForFind[y] = arraySort[y-1];
 if(y==cnt)
 {
   ForFind[y+1] = 0;
  }
}
float Q1 =Find_Q1(cnt,ForFind);
float Q3 =Find_Q3(cnt,ForFind);
box[EARLYnumBOX].Quar.Q3 = Q3;
box[EARLYnumBOX].Quar.Q1 = Q1;
float W4cal = arrayForCal[numPRD];
float sum = box[EARLYnumBOX].sum;
float Diff = 0;
float halfDiff = 0;
float SubDiff = box[EARLYnumBOX].diff;
float SubHalfDiff = box[EARLYnumBOX].HALF_diff;
float SubSum = box[EARLYnumBOX].sum;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
Calculation(W4cal, &sum, &Diff, &halfDiff, wantedWeight);
box[EARLYnumBOX].diff = Diff;
box[EARLYnumBOX].HALF_diff = halfDiff;
box[EARLYnumBOX].sum = sum;
PutInBox = Check_HalfDiff(halfDiff,Q3,Q1);
if (PutInBox == 1)
{     Serial.print("Put in Box : ");Serial.println(PutInBox);
      Serial.print("numBOX : ");Serial.println(EARLYnumBOX);
      Serial.print("PRD BOX : ");Serial.println(numPRD);
  numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,EARLYnumBOX)+1;
  digitalWrite(PIN[EARLYnumBOX],0);

  break;
}
else if (PutInBox == 2)
{     Serial.print("Put in Box : ");Serial.println(PutInBox);
      Serial.print("numBOX : ");Serial.println(EARLYnumBOX);
      Serial.print("PRD BOX : ");Serial.println(numPRD);
  numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,EARLYnumBOX)+1;
  digitalWrite(PIN[EARLYnumBOX],0); //0 pLC on

  box[EARLYnumBOX].Quar.checkQ = 1;
  break;
}
else if (PutInBox == 3)
{     Serial.print("Put in Box : ");Serial.println(PutInBox);
      Serial.print("numBOX : ");Serial.println(EARLYnumBOX);
      Serial.print("PRD BOX : ");Serial.println(numPRD);
  if (box[EARLYnumBOX].Quar.checkQ == 1)
  {   Serial.print("checkQ : ");Serial.println(box[EARLYnumBOX].Quar.checkQ);
      if(box[EARLYnumBOX].Quar.Q1 <= weightPRD[EARLYnumBOX][numPRD] &&
weightPRD[EARLYnumBOX][numPRD] <= box[EARLYnumBOX].Quar.Q3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    {
      if(box[EARLYnumBOX].LAST.checkLastPRD == 0)
      {
        numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,EARLYnumBOX)+1;
        digitalWrite(PIN[EARLYnumBOX],0);

        box[EARLYnumBOX].LAST.checkLastPRD = 1;
        break;
      }
      else
      {
        weightPRD[EARLYnumBOX][numPRD] = 0;
        box[EARLYnumBOX].diff = SubDiff;
        box[EARLYnumBOX].HALF_diff = SubHalfDiff;
        box[EARLYnumBOX].sum = SubSum;
        EARLYnumBOX++;
        numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,EARLYnumBOX)+1;
      }
    }
    else
    {
      weightPRD[EARLYnumBOX][numPRD] = 0;
      box[EARLYnumBOX].diff = SubDiff;
      box[EARLYnumBOX].HALF_diff = SubHalfDiff;
      box[EARLYnumBOX].sum = SubSum;
      EARLYnumBOX++;
      numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,EARLYnumBOX)+1;
    }
  }
  else
  {   Serial.print("checkQ : ");Serial.println(box[EARLYnumBOX].Quar.checkQ);
    weightPRD[EARLYnumBOX][numPRD] = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
            box[EARLYnumBOX].diff = SubDiff;
            box[EARLYnumBOX].HALF_diff = SubHalfDiff;
            box[EARLYnumBOX].sum = SubSum;
            EARLYnumBOX++;
            numPRD = Position(weightPRD,totalBOX,PRDperBOX,EARLYnumBOX)+1;
          }
        }
        else
        {
          Serial.println("ERROR PutInBox");
          delay(1000);
          Serial.print("halt the whole system");
          Halt = 1;
          break;
        }
      }
  }

numBOX = EARLYnumBOX;
    Serial.print("sum : ");Serial.println(box[EARLYnumBOX].sum);
    Serial.println("----------NEXT-------- ");
    Serial.print("Next Box : ");Serial.println(EARLYnumBOX);
    Serial.print("Next NumPRD : ");Serial.println(numPRD);

xoxo++;
}

}

}
// --------------------Check Max Min for last product----------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
float Check_MaxMin(int lastproduct,float C_input,float C_max,float C_min)
{
  float pass=0;
  if (lastproduct == 1)
  {
    if (C_max >= C_input && C_min <= C_input)
    {
      pass = C_input;
    }
  }
  return pass;
}
//-----------------------------------------------------------------------


//----------------------Sorting weight in box-------------------------
float Sorting(float a[], size_t sz)
{
  int cnt=0;
  for(int i=0; i<=sz-1;i++)
  {
    int item = a[i];
    if(item > 0)
    {
      cnt++;
    }
  }
  for(int i=1; i<=cnt-1;i++)
  {
    int item = a[i];
    int cmpPos = i-1;
    while (cmpPos >= 0 && item < a[cmpPos])
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
      a[cmpPos + 1] = a[cmpPos];
      cmpPos--;
    }
    a[cmpPos+1]=item;
  }
  return cnt; //count weight !=0 for finding  q pos
}
//---------------------------------------------------------------------------

//----------------------------Find 1st Quartile----------------------------
float Find_Q1(float cnt,float a[])
{
  float cn = float(cnt);
  int cntt =  int(cnt);
  int Pos1 = ((cntt+1)*(0.25));
  int Mod1 = ((cntt+1)*1)%4;
  float Deci1 = float(Mod1)/4;
  float PlusHalf = Deci1+0.5;
  if(PlusHalf>=1)
  {
    Pos1++;
    Deci1 = PlusHalf-1;
  }
  else
  {
    Deci1 = PlusHalf;
  }
  float P2=a[Pos1+1];
  float P1=a[Pos1];
  if(Pos1 == 0)
  {
    P1=P2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  }
  float D1=Deci1*(P2-P1);
  float Q1=P1+D1;
  return Q1;
}
//---------------------------------------------------------------------------

//----------------------------Find 3rd Quartile----------------------------
float Find_Q3(float cnt,float a[])
{
  float cn = float(cnt);
  int cntt =  int(cnt);
  int Pos3 = ((cntt+1)*(0.75));
  int Mod3 = ((cntt+1)*3)%4;
  float Deci3 = float(Mod3)/4;
  float PlusHalf = Deci3-0.5;
  if(PlusHalf<0)
  {
    Pos3--;
    Deci3 = Deci3+0.5;
  }
  else
  {
     Deci3 = PlusHalf;
  }
  float P3=a[Pos3];
  float P4=a[Pos3+1];
  if(Pos3+1 > cnt)
  {
    P4=P3;
  }
  float D3=Deci3 *(P4-P3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  float Q3=P3+D3;
  return Q3;
}
//---------------------------------------------------------------------

// ----------------------check within Quartile Range----------------------
float Check_Quartile(int setq,float C_input,float C_quar3,float C_quar1)
{
  float pass=0;
  if (setq == 1)
  {
    if (C_quar3 >= C_input && C_input >= C_quar1)
    {
      pass = C_input;
    }
  }
  return pass;
}
//---------------------------------------------------------------------

// ---------------------------check Half_Diff-------------------------
float Check_HalfDiff(float halfDIFF,float Quartile3,float Quartile1)
{
  int PUT;
  if (halfDIFF > Quartile3)
  {
    PUT = 1;  //yes
  }
  else if (Quartile3 >= halfDIFF && halfDIFF >= Quartile1)
  {
    PUT = 2; //yes, setq=1
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  else if (Quartile1 > halfDIFF)
  {
    PUT = 3;  //yes if setq=1 then lastproduct=1, else no
  }
  return PUT;
}
//---------------------------------------------------------------------------

//---------------------------SUM DIFF HALF.DIFF----------------------------
void Calculation(float weight, float *sum, float *diff, float *halfDiff, float want)
{
  *sum = *sum+weight;
  *diff = want - *sum;
  *halfDiff = *diff/2;
}
//---------------------------------------------------------------------------

//-------------------------FN Keep Position-----------------------------
int Position(float weightPrd[][n], int ttBOX, int PRDpb, int thisBOX)
{
  int pos;
  int numBOX[ttBOX];
  for(int x=0;x<=ttBOX-1;x++)
  {
    int cnt=0;
    for(int y=0;y<=PRDpb-1;y++)
    {
      if(weightPrd[x][y]>0)
      {
        cnt++;
      }
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    numBOX[x] = cnt; //position of prd in box xth  00
  }
  pos = numBOX[thisBOX]-1;

  return pos;
}
//---------------------------------------------------------------------------

//----------------------Sorting_SUM-------------------------
void Sorting_SUM(float a[], size_t sz,int c[])
  // a[] is orderBOX , sz is number of CheckNumBOX , c[] is CheckNumBOX
{
  float arr[2][sz];
  for(int r=0; r<=sz-1 ; r++)
  {
    arr[0][r] = c[r]; // Box number (CheckNumBOX)
    arr[1][r] = a[r]; // Sum of Product in the box (orderBOX)
  }

  for(int i=1; i<=sz-1; i++) //----> Sorting Max to Min of a[]
  {
    int item = a[i];
    int cmpPos = i-1;
    while (cmpPos >= 0 && item > a[cmpPos])
    {
      a[cmpPos + 1] = a[cmpPos];
      cmpPos--;
    }
    a[cmpPos+1]=item;
  }
  //----------to know which box number that sum is belong to.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  int j[sz-1];
  for(int eiei=0; eiei<=sz-1; eiei++)
  {
    j[eiei] = sz;
  }

  int yy;
  for(int u=0; u<=sz-1; u++)
  {
    for(int k=0; k<=sz-1; k++)
    {
      if(k!= j[k])
      {
        if(a[u] == arr[1][k])
        {
          c[u] = arr[0][k];
          j[u] = k;
          if(j[u]!=j[u-1])
          {
            break;
          }
        }
      }
    }
  }  Serial.println("Sorting_SUM...DONE");
}
//----------------------------------------------------------------
```

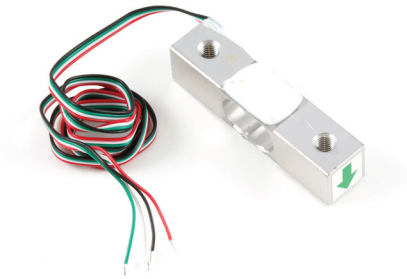
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้อมูลอุปกรณ์ (Data Sheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Datasheet

3133 - Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635



Contents

1 What do you have to know?
1 How does it work - For curious people
1 Installation
2 Calibration
2 Product Specifications
3 Glossary

What do you have to know?

A load cell is a force sensing module - a carefully designed metal structure, with small elements called strain gauges mounted in precise locations on the structure. Load cells are designed to measure a specific force, and ignore other forces being applied. The electrical signal output by the load cell is very small and requires specialized amplification. Fortunately, **the 1046 PhidgetBridge will perform all the amplification and measurement of the electrical output.**

Load cells are designed to measure force in one direction. They will often measure force in other directions, but the sensor sensitivity will be different, since parts of the load cell operating under compression are now in tension, and vice versa.

How does it work - For curious people

Strain-gauge load cells convert the load acting on them into electrical signals. The measuring is done with very small resistor patterns called strain gauges - effectively small, flexible circuit boards. The gauges are bonded onto a beam or structural member that deforms when weight is applied, in turn deforming the strain-gauge. As the strain gauge is deformed, it's electrical resistance changes in proportion to the load.

The changes to the circuit caused by force is much smaller than the changes caused by variation in temperature. Higher quality load cells cancel out the effects of temperature using two techniques. By matching the expansion rate of the strain gauge to the expansion rate of the metal it's mounted on, undue strain on the gauges can be avoided as the load cell warms up and cools down. The most important method of temperature compensation involves using multiple strain gauges, which all respond to the change in temperature with the same change in resistance. Some load cell designs use gauges which are never subjected to any force, but only serve to counterbalance the temperature effects on the gauges that measuring force. Most designs use 4 strain gauges, some in compression, some under tension, which maximizes the sensitivity of the load cell, and automatically cancels the effect of temperature.

Installation

This Single Point Load Cell is used in small jewelry scales and kitchen scales. It's mounted by bolting down the end of the load cell where the wires are attached, and applying force on the other end **in the direction of the arrow.** Where the force is applied is not critical, as this load cell measures a shearing effect on the beam, not the bending of the beam. If you mount a small platform on the load cell, as would be done in a small scale, this load cell provides accurate readings regardless of the position of the load on the platform.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Prohibition to modify the content, and cite the document when use.

Calibration

A simple formula is usually used to convert the measured mv/V output from the load cell to the measured force:

$$Measured\ Force = A * Measured\ mV/V + B \text{ (offset)}$$

It's important to decide what unit your measured force is - grams, kilograms, pounds, etc.

This load cell has a rated output of 1.0±0.15mv/v which corresponds to the sensor's capacity of 5kg.

To find A we use

$$Capacity = A * Rated\ Output$$

$$A = Capacity / Rated\ Output$$

$$A = 5 / 1.0$$

$$A = 5$$

Since the Offset is quite variable between individual load cells, it's necessary to calculate the offset for each sensor. Measure the output of the load cell with no force on it and note the mv/V output measured by the PhidgetBridge.

$$Offset = 0 - 5 * Measured\ Output$$

Product Specifications

Mechanical	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	5kg
Dimensions	55.25x12.7x12.7mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	550mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
Electrical	
Precision	0.05%
Rated Output	1.0±0.15 mv/V
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Repeatability	0.05% FS
Creep (per 30 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.05% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS
Zero Balance	±1.5% FS
Input Impedance	1130±10 Ohm
Output Impedance	1000±10 Ohm
Insulation Resistance (Under 50VDC)	≥5000 MOhm
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to ~+40°C
Operating Temperature Range	-20 to ~+55°C
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
อกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Glossary

Capacity
The maximum load the load cell is designed to measure within its specifications.

Creep
The change in sensor output occurring over 30 minutes, while under load at or near capacity and with all environmental conditions and other variables remaining constant.

FULL SCALE or FS
Used to qualify error - FULL SCALE is the change in output when the sensor is fully loaded. If a particular error (for example, Non-Linearity) is expressed as 0.1% F.S., and the output is 1.0mV/V, the maximum non-linearity that will be seen over the operating range of the sensor will be 0.001 mV/V. An important distinction is that this error doesn't have to only occur at the maximum load. If you are operating the sensor at a maximum of 10% of capacity, for this example, the non-linearity would still be 0.001mV/V, or 1% of the operating range that you are actually using.

Hysteresis
If a force equal to 50% of capacity is applied to a load cell which has been at no load, a given output will be measured. The same load cell is at full capacity, and some of the force is removed, resulting in the load cell operating at 50% capacity. The difference in output between the two test scenarios is called hysteresis.

Excitation Voltage
Specifies the voltage that can be applied to the power/ground terminals on the load cell. In practice, if you are using the load cell with the PhidgetBridge, you don't have to worry about this spec.

Input Impedance
Determines the power that will be consumed by the load cell. The lower this number is, the more current will be required, and the more heating will occur when the load cell is powered. In very noisy environments, a lower input impedance will reduce the effect of Electromagnetic interference on long wires between the load cell and PhidgetBridge.

Insulation Resistance
The electrical resistance measured between the metal structure of the load cell, and the wiring. The practical result of this is the metal structure of the load cells should not be energized with a voltage, particularly higher voltages, as it can arc into the PhidgetBridge. Commonly the load cell and the metal framework it is part of will be grounded to earth or to your system ground.

Maximum Overload
The maximum load which can be applied without producing a structural failure.

Non-Linearity
Ideally, the output of the sensor will be perfectly linear, and a simple 2-point calibration will exactly describe the behaviour of the sensor at other loads. In practice, the sensor is not perfect, and Non-linearity describes the maximum deviation from the linear curve. Theoretically, if a more complex calibration is used, some of the non-linearity can be calibrated out, but this will require a very high accuracy calibration with multiple points.

Non-Repeatability
The maximum difference the sensor will report when exactly the same weight is applied, at the same temperature, over multiple test runs.

Operating Temperature
The extremes of ambient temperature within which the load cell will operate without permanent adverse change to any of its performance characteristics.

Output Impedance
Roughly corresponds to the input impedance. If the Output Impedance is very high, measuring the bridge will distort the results. The PhidgetBridge carefully buffers the signals coming from the load cell, so in practice this is not a concern.

Rated Output
Is the difference in the output of the sensor between when it is fully loaded to its rated capacity, and when it's unloaded. Effectively, it's how sensitive the sensor is, and corresponds to the gain calculated when calibrating the sensor. More expensive sensors have an exact rated output based on an individual calibration done at the factory.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Prohibition to modify the content, and cite the document when use.

Safe Overload
The maximum axial load which can be applied without producing a permanent shift in performance characteristics beyond those specified.

Compensated Temperature
The range of temperature over which the load cell is compensated to maintain output and zero balance within specified limits.

Temperature Effect on Span
Span is also called rated output. This value is the change in output due to a change in ambient temperature. It is measured over 10 degree C temperature interval.

Temperature Effect on Zero
The change in zero balance due to a change in ambient temperature. This value is measured over 10 degree C temperature interval.

Zero Balance
Zero Balance defines the maximum difference between the +/- output wires when no load is applied. Realistically, each sensor will be individually calibrated, at least for the output when no load is applied. Zero Balance is more of a concern if the load cell is being interfaced to an amplification circuit - the PhidgetBridge can easily handle enormous differences between +/-. If the difference is very large, the PhidgetBridge will not be able to use the higher Gain settings.

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Prohibition to modify the content, and cite the document when use.

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of ±20mV or ±40mV respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- **Two selectable differential input channels**
- **On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128**
- **On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply**
- **On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal**
- **On-chip power-on-reset**
- **Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed**
- **Selectable 10SPS or 80SPS output data rate**
- **Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection**
- **Current consumption including on-chip analog power supply regulator: normal operation < 1.5mA, power down < 1uA**
- **Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V**
- **Operation temperature range: -40 ~ +85℃**
- **16 pin SOP-16 package**

APPLICATIONS

- **Weigh Scales**
- **Industrial Process Control**

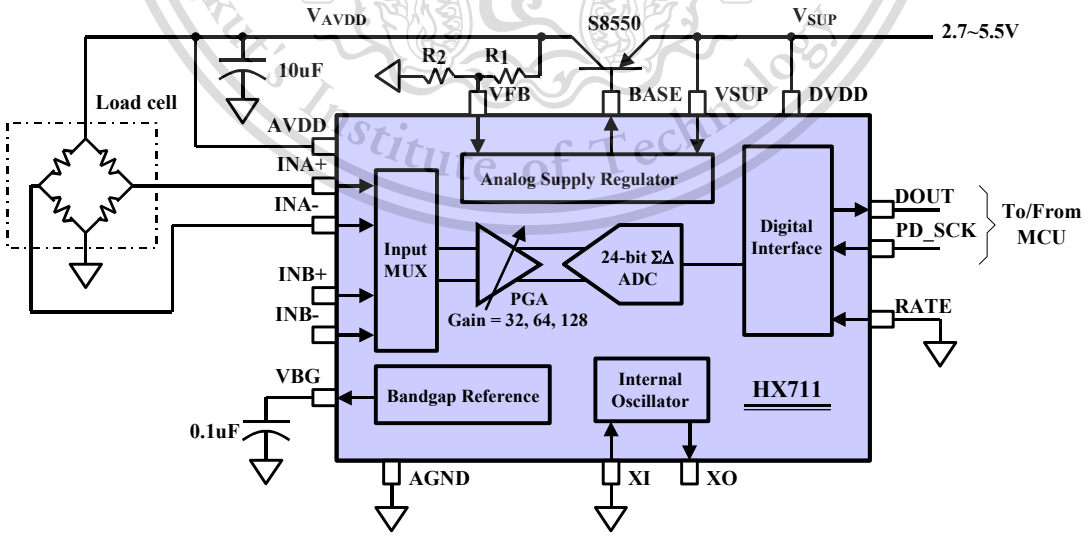


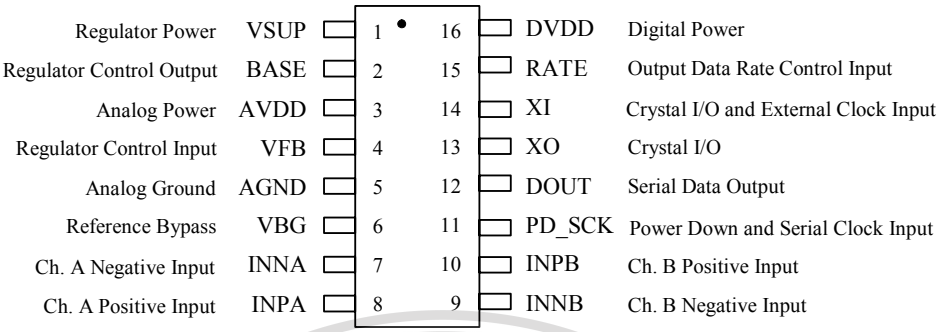
Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

All rights reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Pin Description



SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output（NC when not used）
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input（connect to AGND when not used）
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used）
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)		±0.5(AVDD/GAIN)		V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		f_{clk}/1,105,920		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		f_{clk}/138,240		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFF	HEX
Output settling time (1)	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128， RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128， RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset（Gain = 128）		±6		nV/℃
	Gain（Gain = 128）		±5		ppm/℃
Input common mode rejection	Gain = 128， RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128， RATE = 0		100		dB
Reference bypass （V_{BG}）			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD，VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μA
	Power down		0.2		

（1）Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of ±20mV or ±40mV respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is ±80mV, when 5V supply is used at the AVDD pin.

Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to $V_{AVDD}=V_{BG}*(R1+R2)/ R1$ (Fig. 1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1uF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RTE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24 bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

Serial Interface

Pin PD_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25~27 positive clock pulses at the PD_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25th pulse at PD_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection is controlled by the number of the input PD_SCK pulses (Table 3). PD_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

Table 3 Input Channel and Gain Selection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

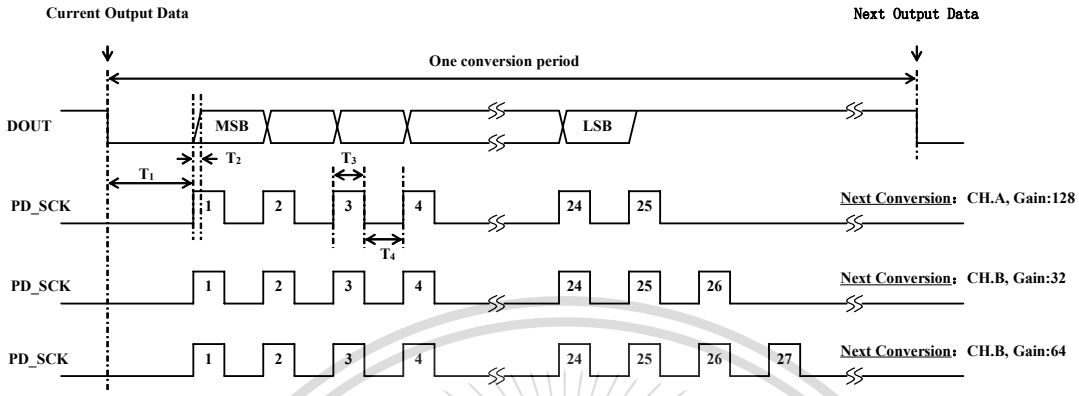


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T_1	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T_2	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T_3	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T_4	PD_SCK low time	0.2	1		μs

Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on rest circuitry will reset the chip.

Pin PD_SCK input is used to power down the HX711. When PD_SCK Input is low, chip is in normal working mode.

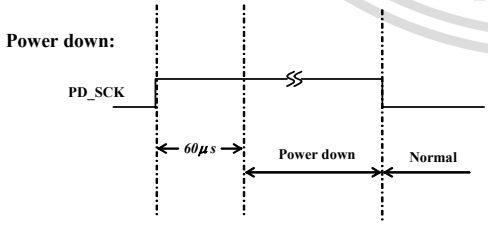


Fig.3 Power down control

When PD_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be powered down. When PD_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply （2.7～5.5V） comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.

เอกสารนี้ใช้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Reference PCB Board (Single Layer)

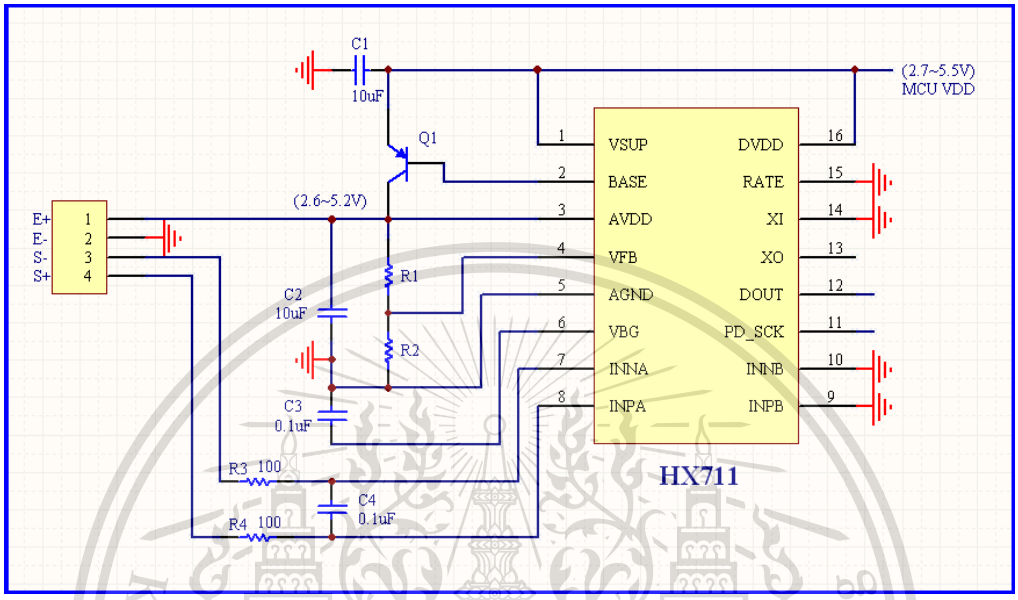


Fig.4 Reference PCB board schematic

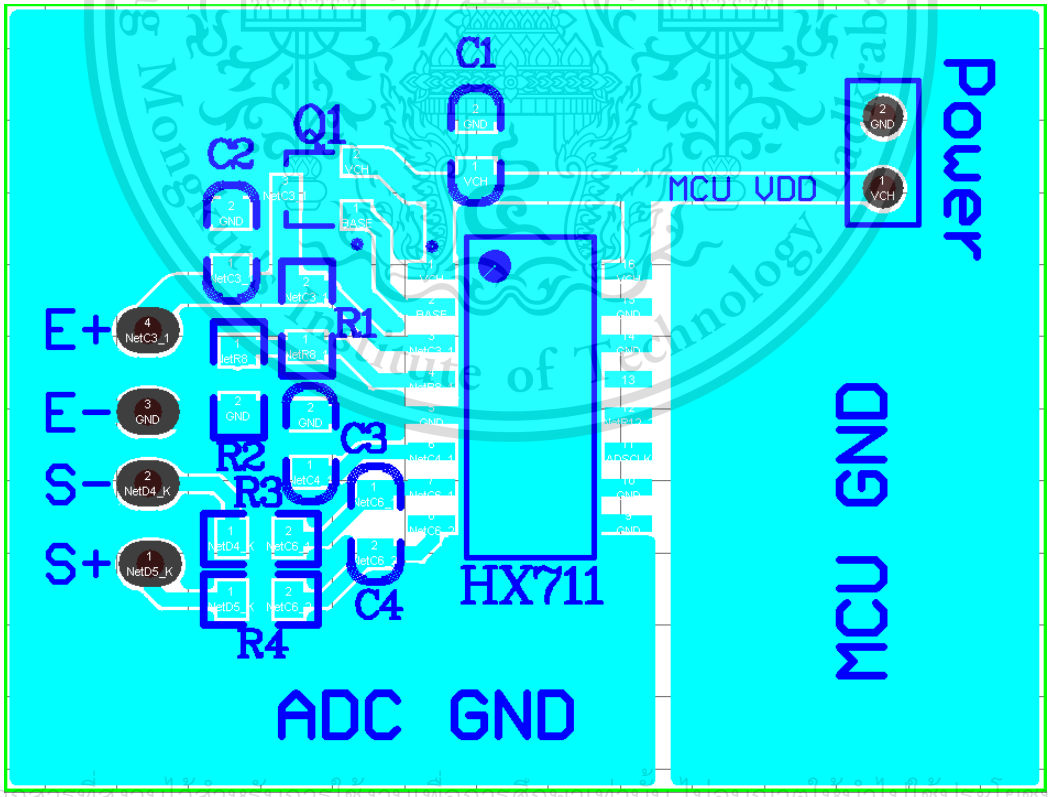


Fig.5 Reference PCB board layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Reference Driver (Assembly)

```
/*----------------------------------------------------------------------
Call from ASM:      LCALL   ReaAD
Call from C:    extern unsigned long ReadAD(void);
                    .
                    .
                  unsigned long data;
                  data=ReadAD();
                    .
                    .
----------------------------------------------------------------------*/
PUBLIC          ReadAD
HX711ROM        segment  code
rseg            HX711ROM

sbit            ADDO = P1.5;
sbit            ADSK = P0.0;
/*-------------------------------------------
 OUT:   R4, R5, R6, R7   R7=>LSB
-------------------------------------------*/
ReadAD:
    CLR     ADSK                //AD Enable (PD_SCK set low)
    SETB    ADDO                //Enable 51CPU I/O
    JB      ADDO,$              //AD conversion completed?
    MOV     R4,#24
ShiftOut:
    SETB    ADSK                //PD_SCK set high (positive pulse)
    NOP
    CLR     ADSK                //PD_SCK set low
    MOV     C,ADDO              //read on bit
    XCH     A,R7                //move data
    RLC     A
    XCH     A,R7
    XCH     A,R6
    RLC     A
    XCH     A,R6
    XCH     A,R5
    RLC     A
    XCH     A,R5
    DJNZ    R4,ShiftOut         //moved 24BIT?
    SETB    ADSK
    NOP
    CLR     ADSK
    RET
    END
```

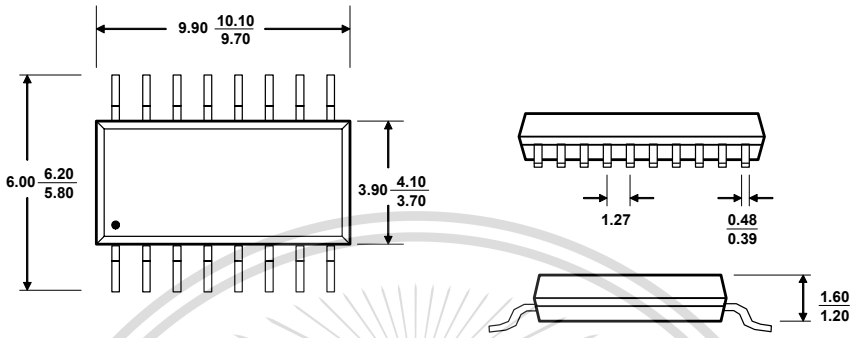
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Reference Driver（C）

```
//---------------------------------------------------------------------
sbit   ADDO = P1^5;
sbit   ADSK = P0^0;
unsigned long ReadCount(void){
  unsigned long Count;
  unsigned char i;
  ADDO=1;
  ADSK=0;
  Count=0;
  while(ADDO);
  for (i=0;i<24;i++){
    ADSK=1;
    Count=Count<<1;
    ADSK=0;
    if(ADDO) Count++;
  }
  ADSK=1;
  Count=Count^0x800000;
  ADSK=0;
  return(Count);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Package Dimensions



SOP-16L Package

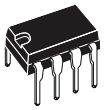
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NE555
SA555 - SE555

General-purpose single bipolar timers

Features

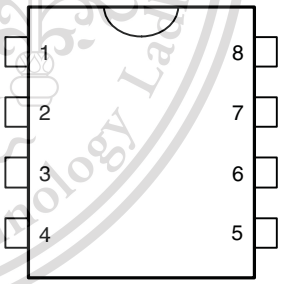
- Low turn-off time
- Maximum operating frequency greater than 500 kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Output can source or sink up to 200 mA
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per °C



N
DIP8
(Plastic package)

D
SO8
(Plastic micropackage)

Pin connections
(top view)



1 - GND
2 - Trigger
3 - Output
4 - Reset
5 - Control voltage
6 - Threshold
7 - Discharge
8 - V_{CC}

Description

The NE555, SA555, and SE555 monolithic timing circuits are highly stable controllers capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor.

The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200 mA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
www.st.com
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1 Schematic diagrams

Figure 1. Block diagram

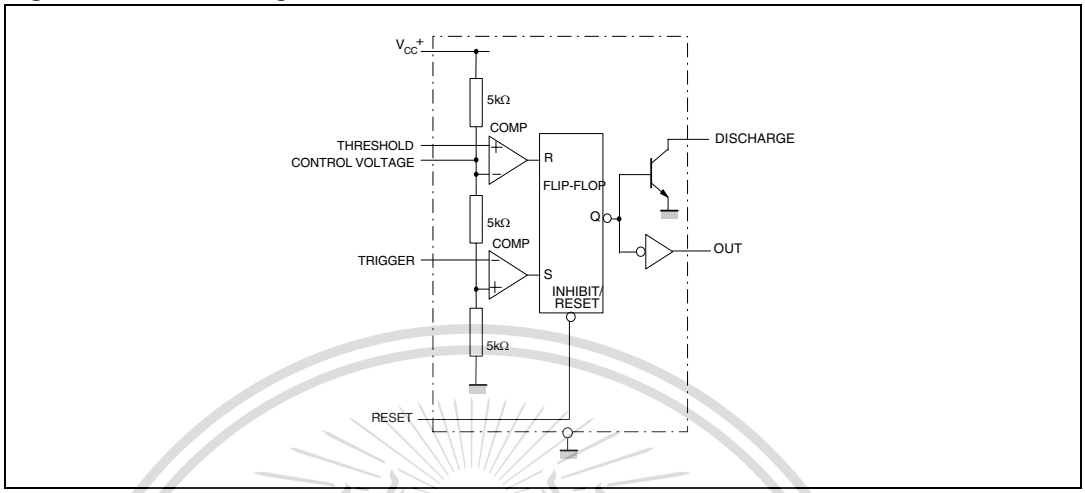
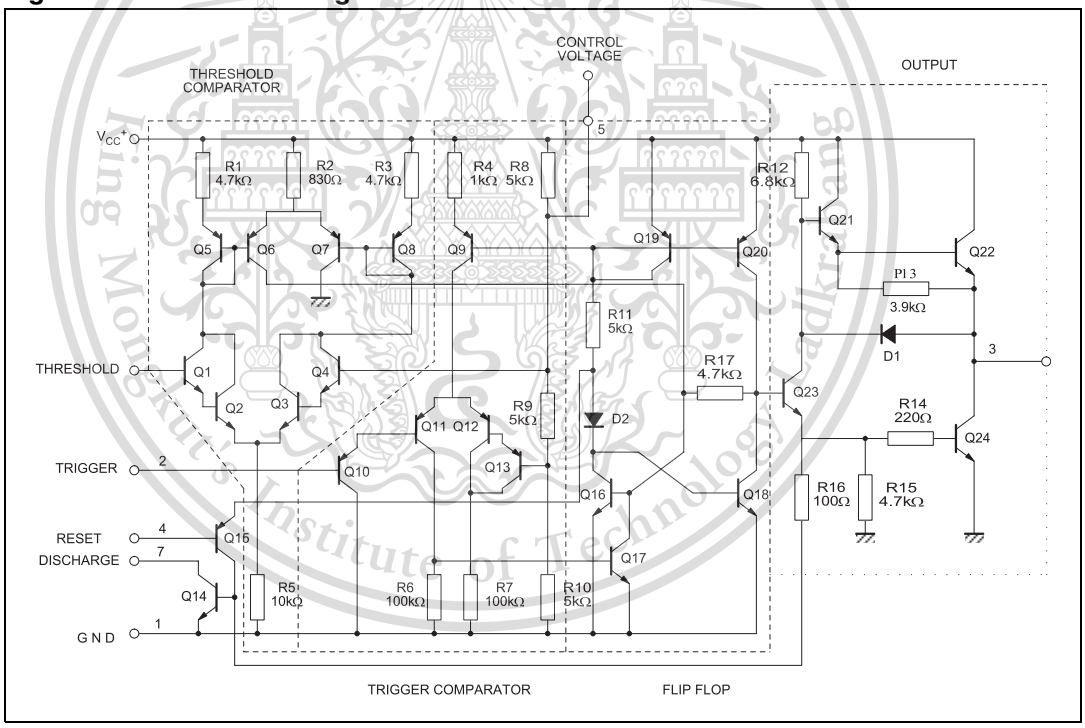


Figure 2. Schematic diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2 Absolute maximum ratings and operating conditions

Table 1. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CC}	Supply voltage	18	V
I_{OUT}	Output current (sink & source)	±225	mA
R_{thja}	Thermal resistance junction to ambient(1) DIP8 SO-8	 85 125	°C/W
R_{thjc}	Thermal resistance junction to case(1) DIP8 SO-8	 41 40	°C/W
ESD	Human body model (HBM)(2)	1000	V
	Machine model (MM)(3)	100	
	Charged device model (CDM)(4)	1500	
	Latch-up immunity	200	mA
T_{LEAD}	Lead temperature (soldering 10 seconds)	260	°C
T_j	Junction temperature	150	°C
T_{stg}	Storage temperature range	-65 to 150	°C

1. Short-circuits can cause excessive heating. These values are typical.
2. Human body model: a 100 pF capacitor is charged to the specified voltage, then discharged through a 1.5 kΩ resistor between two pins of the device. This is done for all couples of connected pin combinations while the other pins are floating.
3. Machine model: a 200 pF capacitor is charged to the specified voltage, then discharged directly between two pins of the device with no external series resistor (internal resistor < 5 Ω). This is done for all couples of connected pin combinations while the other pins are floating.
4. Charged device model: all pins and the package are charged together to the specified voltage and then discharged directly to the ground through only one pin. This is done for all pins.

Table 2. Operating conditions

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CC}	Supply voltage NE555 SA555 SE555	 4.5 to 16 4.5 to 16 4.5 to 18	V
V_{th}, V_{trig}, V_{cl}, V_{reset}	Maximum input voltage	V_{CC}	V
I_{OUT}	Output current (sink and source)	±200	mA
T_{oper}	Operating free air temperature range NE555 SA555 SE555	 0 to 70 -40 to 105 -55 to 125	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3 Electrical characteristics

Table 3. T_{amb} = +25° C, V_{CC} = +5 V to +15 V (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
I_{CC}	Supply current ($R_L = \infty$) Low state V_{CC} = +5 V V_{CC} = +15 V High state V_{CC} = +5 V		 3 10 2	 5 12		 3 10 2	 6 15	mA
	Timing error (monostable) (R_A = 2 kΩ to 100 kΩ, C = 0.1 µF) Initial accuracy (1) Drift with temperature Drift with supply voltage		 0.5 30 0.05	 2 100 0.2		 1 50 0.1	 3 0.5	 % ppm/°C %/V
	Timing error (astable) (R_A, R_B = 1 kΩ to 100 kΩ, C = 0.1 µF, V_{CC}= +15 V) Initial accuracy (1) Drift with temperature Drift with supply voltage		 1.5 90 0.15	 		 2.25 150 0.3	 	 % ppm/°C %/V
V_{CL}	Control voltage level V_{CC} = +15 V V_{CC} = +5 V	 9.6 2.9	 10 3.33	 10.4 3.8	 9 2.6	 10 3.33	 11 4	V
V_{th}	Threshold voltage V_{CC} = +15 V V_{CC} = +5 V	 9.4 2.7	 10 3.33	 10.6 4	 8.8 2.4	 10 3.33	 11.2 4.2	V
I_{th}	Threshold current (2)		0.1	0.25		0.1	0.25	µA
V_{trig}	Trigger voltage V_{CC} = +15 V V_{CC} = +5 V	 4.8 1.45	 5 1.67	 5.2 1.9	 4.5 1.1	 5 1.67	 5.6 2.2	V
I_{trig}	Trigger current (V_{trig} = 0 V)		0.5	0.9		0.5	2.0	µA
V_{reset}	Reset voltage (3)	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	V
I_{reset}	Reset current V_{reset} = +0.4 V V_{reset} = 0 V		 0.1 0.4	 0.4 1		 0.1 0.4	 0.4 1.5	mA
V_{OL}	Low level output voltage V_{CC} = +15 V $I_{O(sink)}$ = 10 mA $I_{O(sink)}$ = 50 mA $I_{O(sink)}$ = 100 mA $I_{O(sink)}$ = 200 mA V_{CC} = +5 V $I_{O(sink)}$ = 8 mA $I_{O(sink)}$ = 5 mA		 0.1 0.4 2 2.5 0.1 0.05	 0.15 0.5 2.2 0.25 0.2		 0.1 0.4 2 2.5 0.3 0.25	 0.25 0.75 2.5 0.4 0.35	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Table 3. T_{amb} = +25° C, V_{CC} = +5 V to +15 V (unless otherwise specified) (continued)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{OH}	High level output voltage V_{CC} = +15 V $I_{O(sink)}$ = 200 mA $I_{O(sink)}$ = 100 mA V_{CC} = +5 V $I_{O(sink)}$ = 100 mA	 13 3	 12.5 13.3 3.3	 	 12.7 5 2.75	 12.5 13.3 3.3	 	V
$I_{dis(off)}$	Discharge pin leakage current (output high) V_{dis} = 10 V		20	100		20	100	nA
$V_{dis(sat)}$	Discharge pin saturation voltage (output low) (4) V_{CC} = +15V, I_{dis} = 15 mA V_{CC} = +5V, I_{dis} = 4.5 mA	 	 180 80	 480 200	 	 180 80	 480 200	mV
t_r t_f	Output rise time Output fall time		100 100	200 200		100 100	300 300	ns
t_{off}	Turn off time (5) (V_{reset} = V_{CC})		0.5			0.5		µs

1. Tested at V_{CC} = +5 V and V_{CC} = +15 V.
2. This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15 V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is 20 MΩ for +15 V operation and 3.5 MΩ for +5 V operation.
3. Specified with trigger input high.
4. No protection against excessive pin 7 current is necessary, providing the package dissipation rating is not exceeded.
5. Time measured from a positive pulse (from 0 V to 0.8 x V_{CC}) on the threshold pin to the transition from high to low on the output pin. Trigger is tied to threshold.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Figure 3. Minimum pulse width required for triggering

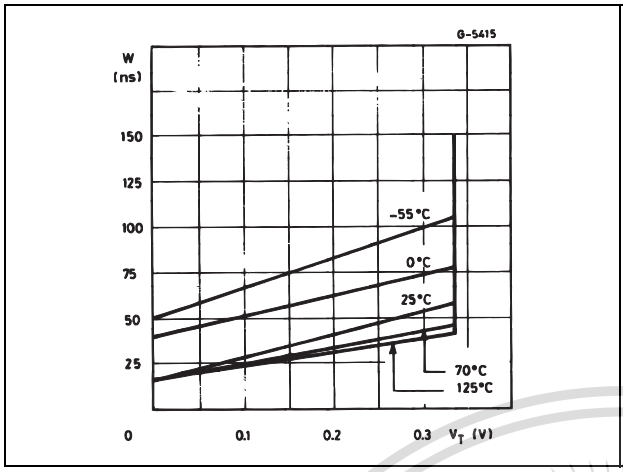


Figure 4. Supply current versus supply voltage

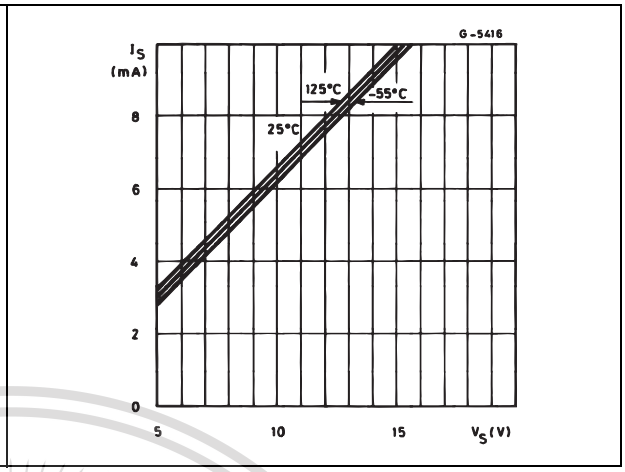


Figure 5. Delay time versus temperature

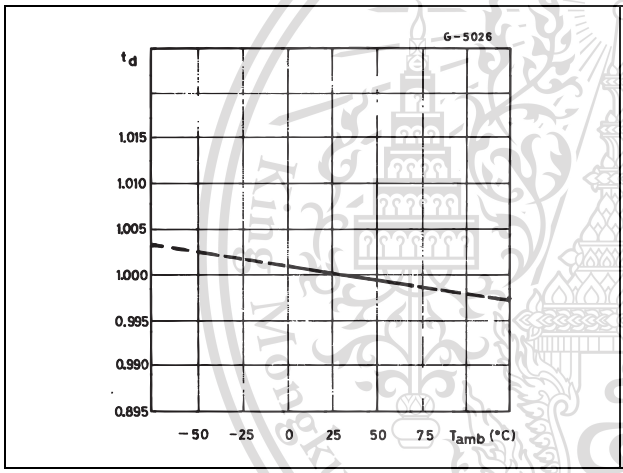


Figure 6. Low output voltage versus output sink current

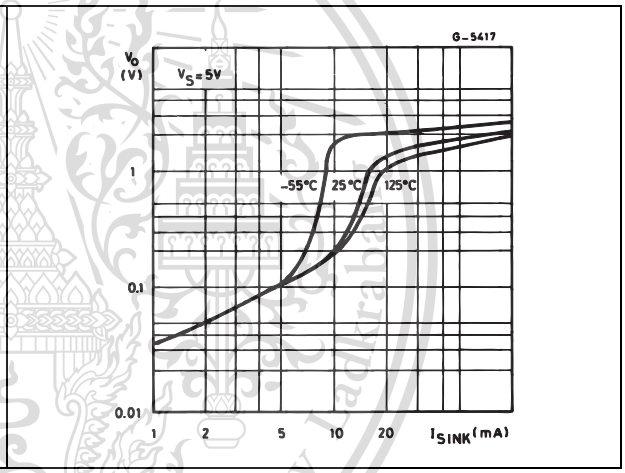


Figure 7. Low output voltage versus output sink current

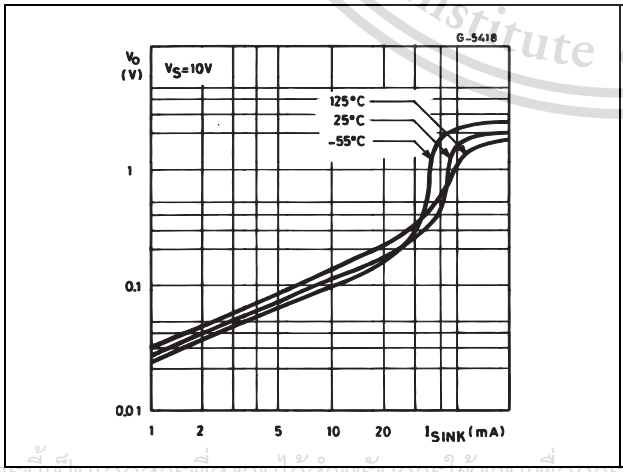
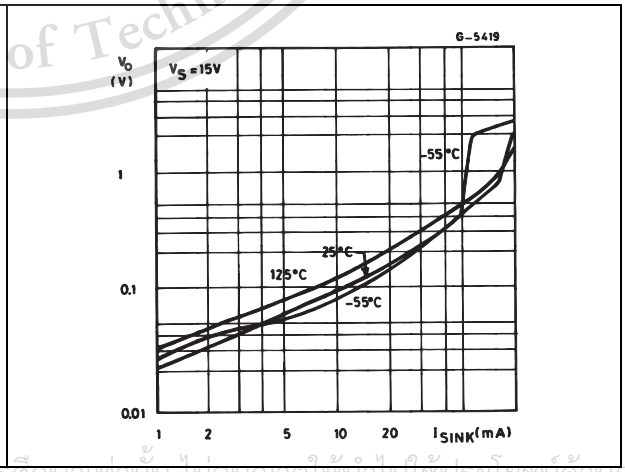


Figure 8. Low output voltage versus output sink current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Figure 9. High output voltage drop versus output

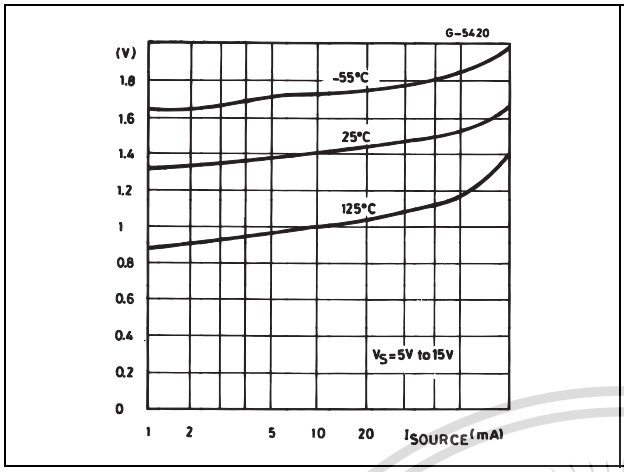


Figure 10. Delay time versus supply voltage

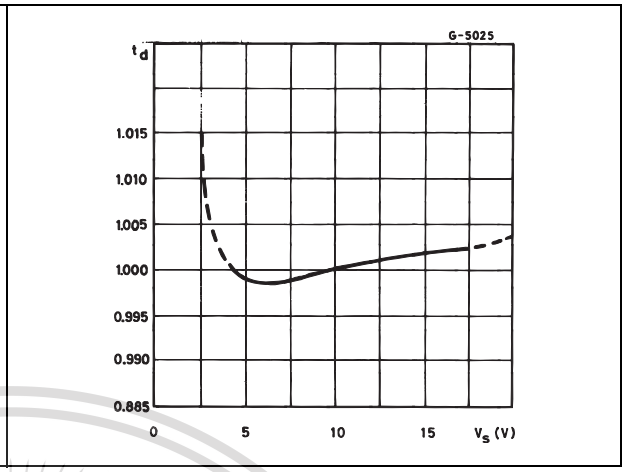
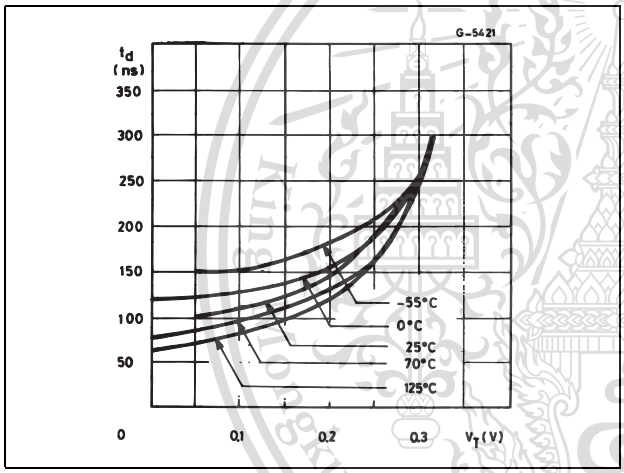


Figure 11. Propagation delay versus voltage level of trigger value



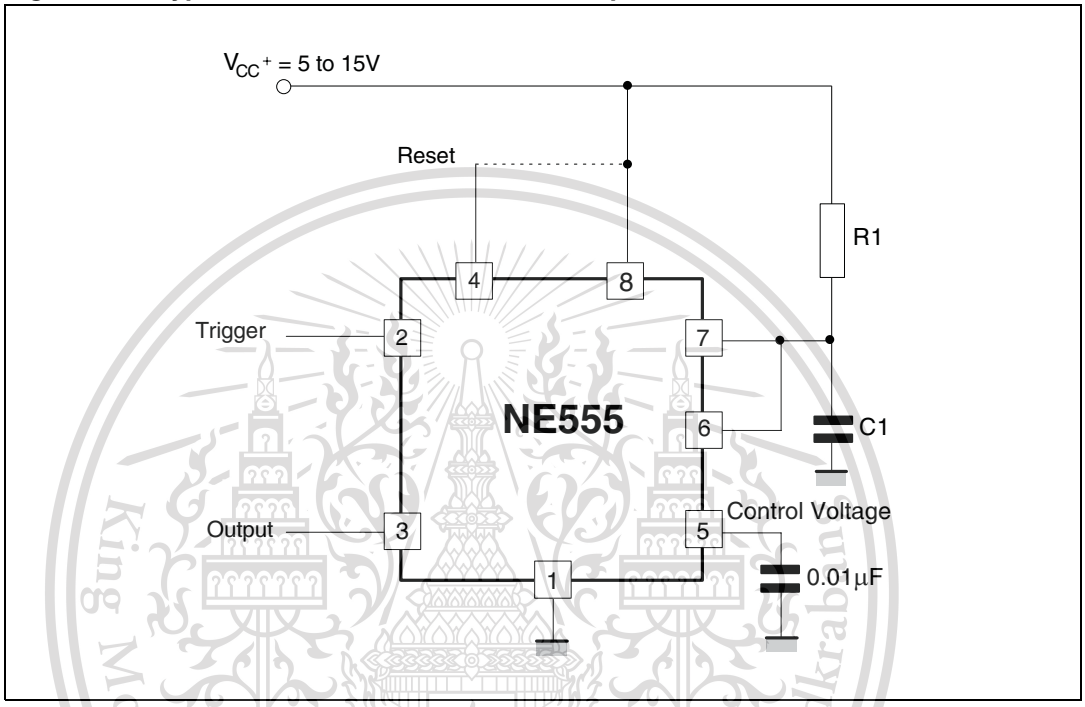
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4 Application information

4.1 Monostable operation

In the monostable mode, the timer generates a single pulse. As shown in *Figure 12*, the external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer.

Figure 12. Typical schematics in monostable operation



The circuit triggers on a negative-going input signal when the level reaches 1/3 V_{CC}. Once triggered, the circuit remains in this state until the set time has elapsed, even if it is triggered again during this interval. The duration of the output HIGH state is given by $t = 1.1\ R_1C_1$ and is easily determined by *Figure 14*.

Note that because the charge rate and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply. Applying a negative pulse simultaneously to the reset terminal (pin 4) and the trigger terminal (pin 2) during the timing cycle discharges the external capacitor and causes the cycle to start over. The timing cycle now starts on the positive edge of the reset pulse. During the time the reset pulse is applied, the output is driven to its LOW state.

When a negative trigger pulse is applied to pin 2, the flip-flop is set, releasing the short-circuit across the external capacitor and driving the output HIGH. The voltage across the capacitor increases exponentially with the time constant $t = R_1C_1$. When the voltage across the capacitor equals 2/3 V_{CC}, the comparator resets the flip-flop which then discharges the capacitor rapidly and drives the output to its LOW state.

Figure 13 shows the actual waveforms generated in this mode of operation.

When Reset is not used, it should be tied high to avoid any possibility of unwanted triggering.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Figure 13. Waveforms in monostable operation

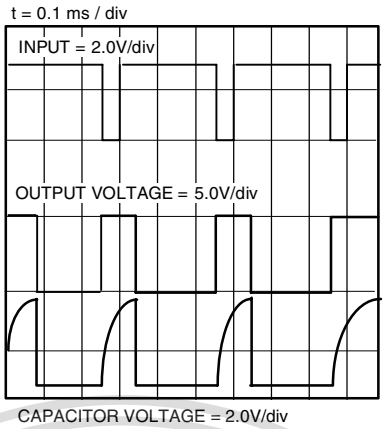
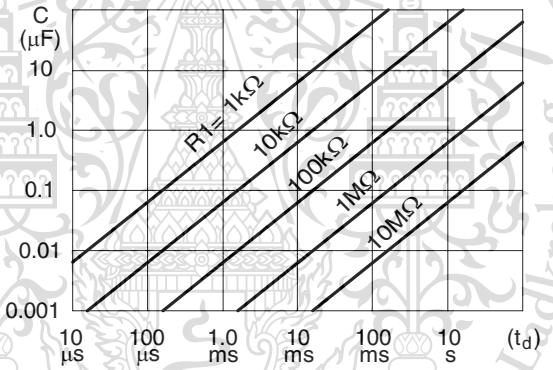


Figure 14. Pulse duration versus R1C1



4.2 Astable operation

When the circuit is connected as shown in *Figure 15* (pins 2 and 6 connected) it triggers itself and free runs as a multi-vibrator. The external capacitor charges through R_1 and R_2 and discharges through R_2 only. Thus the duty cycle can be set accurately by adjusting the ratio of these two resistors.

In the astable mode of operation, C_1 charges and discharges between 1/3 V_{CC} and 2/3 V_{CC}. As in the triggered mode, the charge and discharge times and, therefore, frequency are independent of the supply voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Figure 15. Typical schematics in astable operation

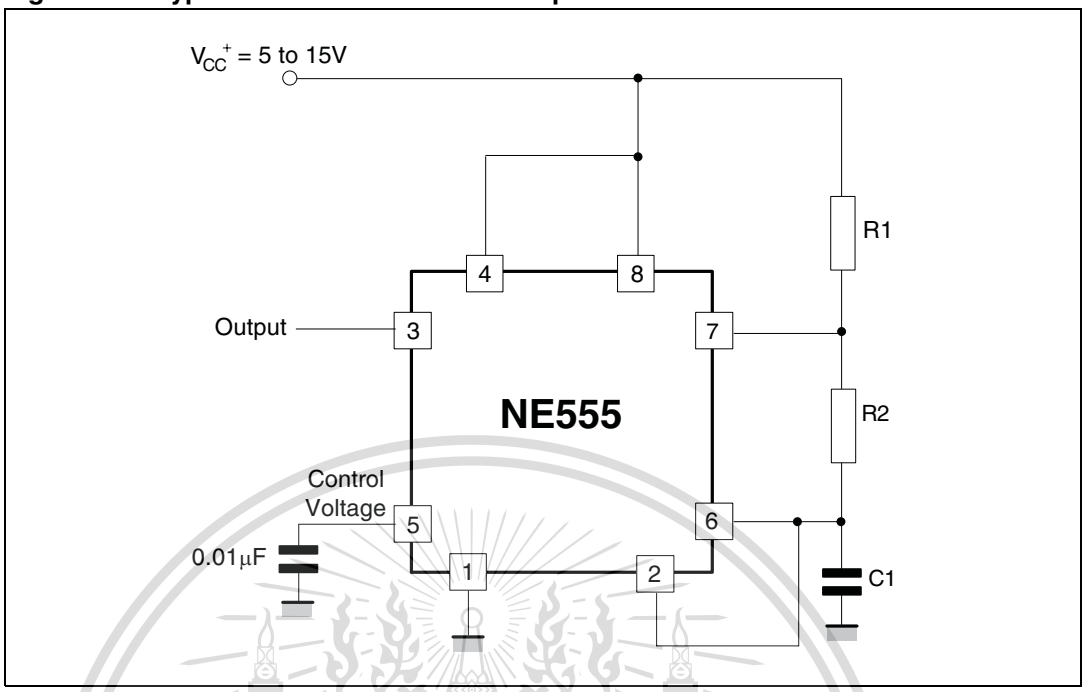


Figure 16 shows the actual waveforms generated in this mode of operation.

The charge time (output HIGH) is given by:

$t1 = 0.693\ (R_1 + R_2)\ C_1$

and the discharge time (output LOW) by:

$t2 = 0.693\ (R_2)\ C_1$

Thus the total period T is given by:

$T = t1 + t2 = 0.693\ (R1 + 2R2)\ C1$

The frequency of oscillation is then:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R1 + 2R2)C1}$$

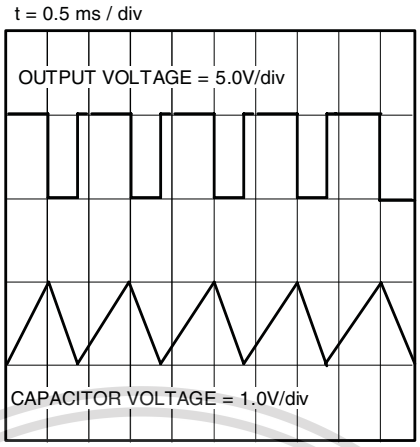
It can easily be found from *Figure 17*.

The duty cycle is given by:

$$\frac{t1}{(t1 + t2)} = \frac{(R1 + R2)}{(R1 + 2 \bullet R2)} = 1 - \left[\frac{R2}{(R1 + R2)}\right]$$

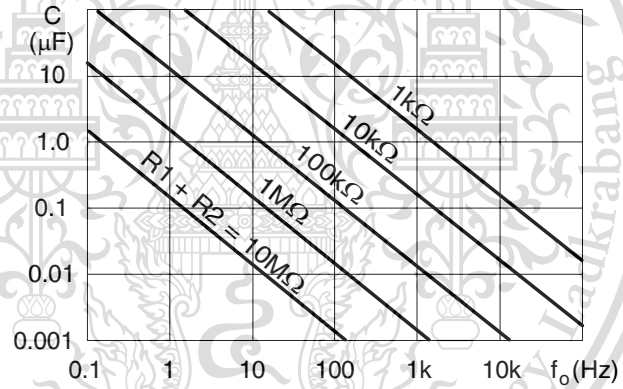
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Figure 16. Waveforms in astable operation



R1 = R2 = 4.8kΩ, C1= 0.1µF, R_L = 1kΩ

Figure 17. Free running frequency versus R_1, R_2 and C_1



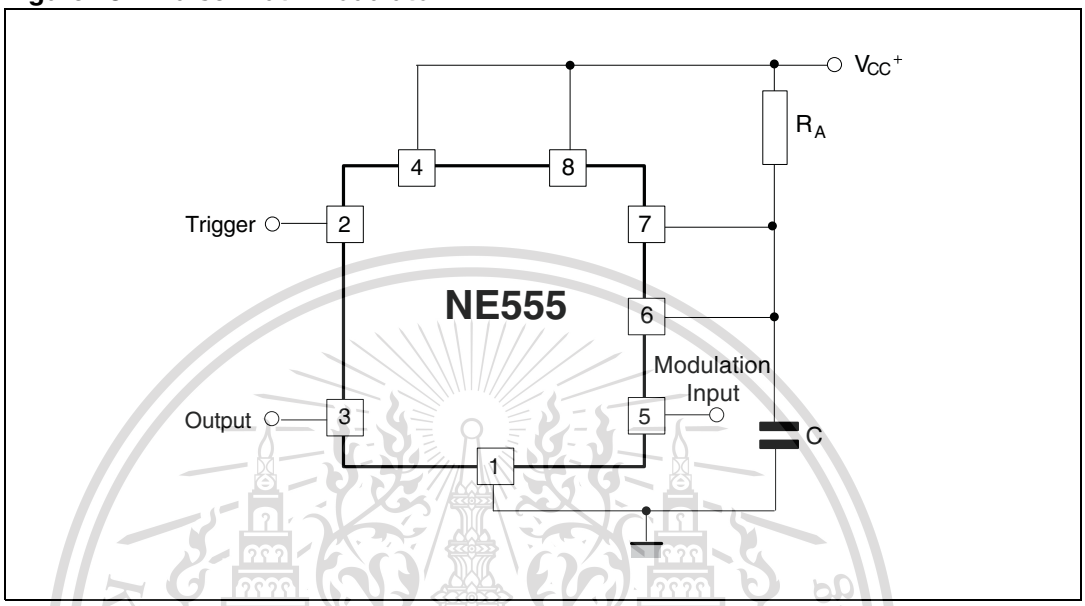
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 Pulse width modulator

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. *Figure 18* shows the circuit.

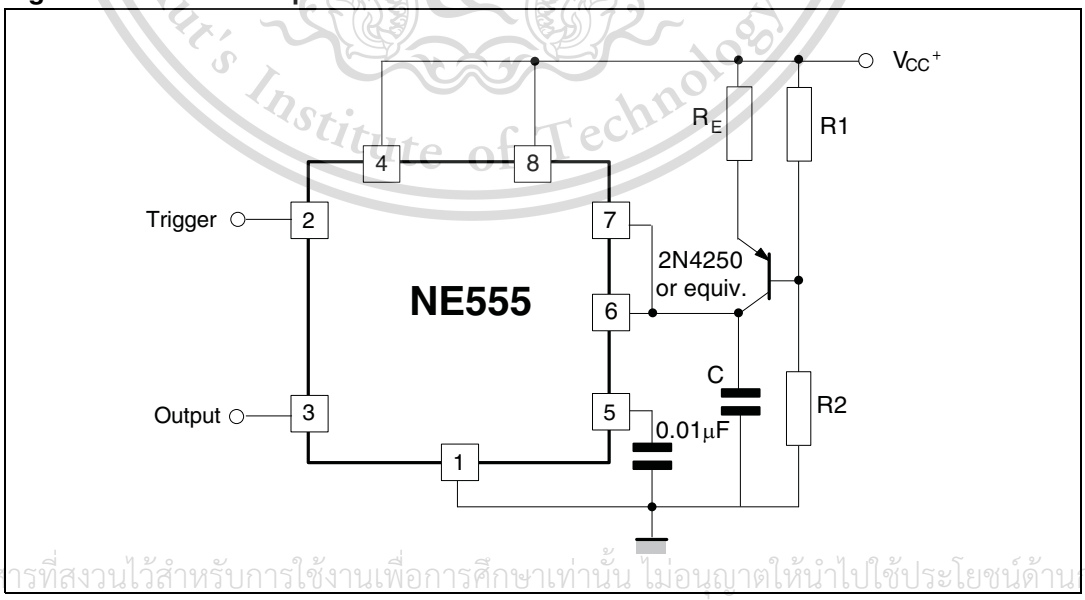
Figure 18. Pulse width modulator



4.4 Linear ramp

When the pull-up resistor, R_A, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. *Figure 19* shows a circuit configuration that will perform this function.

Figure 19. Linear ramp



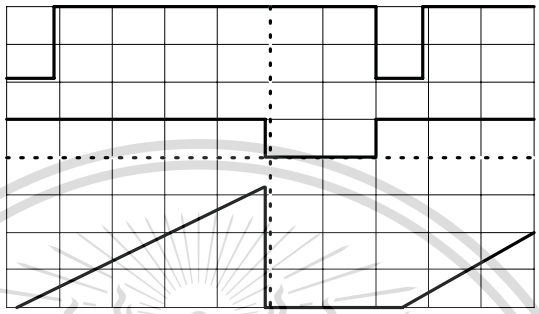
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Figure 20 shows the waveforms generator by the linear ramp.

The time interval is given by:

$$T = \frac{(2/3\ Vcc\ RE\ (R1+R2)\ C}{R1\ Vcc - VBE\ (R1+R2)} \quad VBE = 0.6V$$

Figure 20. Linear ramp



V_{CC} = 5 V
Time:
20 µs/DIV
R_1 + 47 kΩ
R_2 = 100 kΩ
R_E = 2.7 kΩ
C = 0.01 µF

Top trace: input 3 V/DIV
Middle trace: output 5 V/DIV
Bottom trace: output 5 V/DIV
Bottom trace: capacitor voltage 1 V/DIV

4.5 50% duty cycle oscillator

For a 50% duty cycle, the resistors R_A and R_B can be connected as in *Figure 21*. The time period for the output high is the same as for astable operation (see *Section 4.2 on page 9*):

$$t1 = 0.693\ R_A\ C$$

For the output low it is

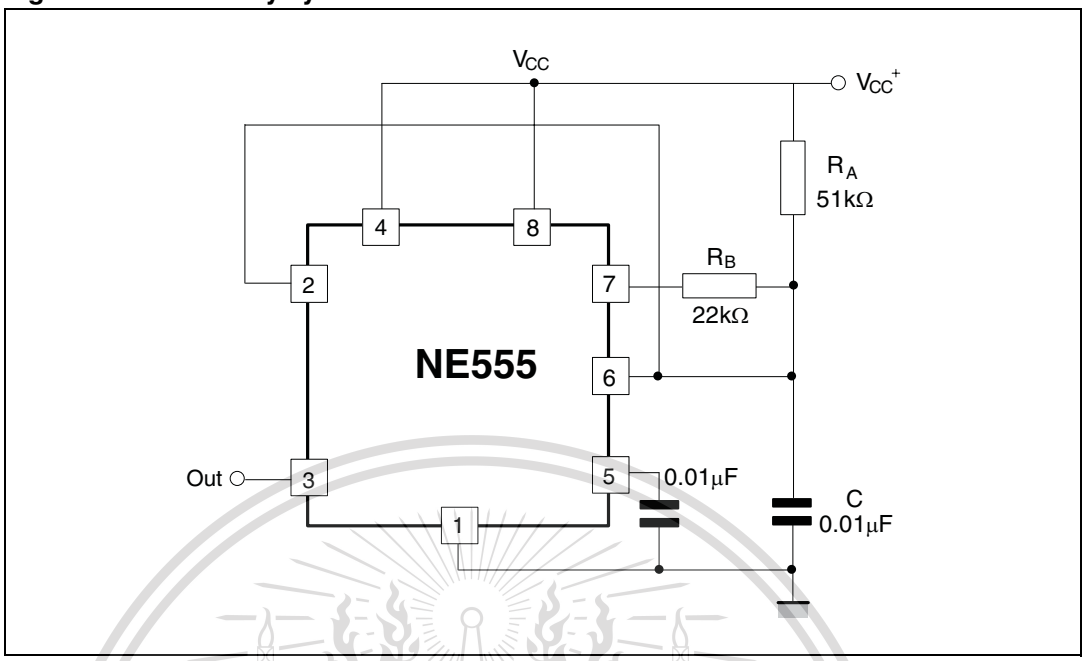
$$t_2 = [(R.\ RB)/(RA+RB)].C.Ln\left[\frac{RB - 2RA}{2RB - RA}\right]$$

Thus the frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{t1 + t2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Figure 21. 50% duty cycle oscillator



Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater than 1/2 R_A because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to 1/3 V_{CC} and trigger the lower comparator.

4.6 Additional information

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. The minimum recommended is 0.1 µF in parallel with 1 µF electrolytic.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5 Package information

In order to meet environmental requirements, ST offers these devices in different grades of ECOPACK® packages, depending on their level of environmental compliance. ECOPACK® specifications, grade definitions and product status are available at: *www.st.com*. ECOPACK® is an ST trademark.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.1 DIP8 package information

Figure 22. DIP8 package mechanical drawing

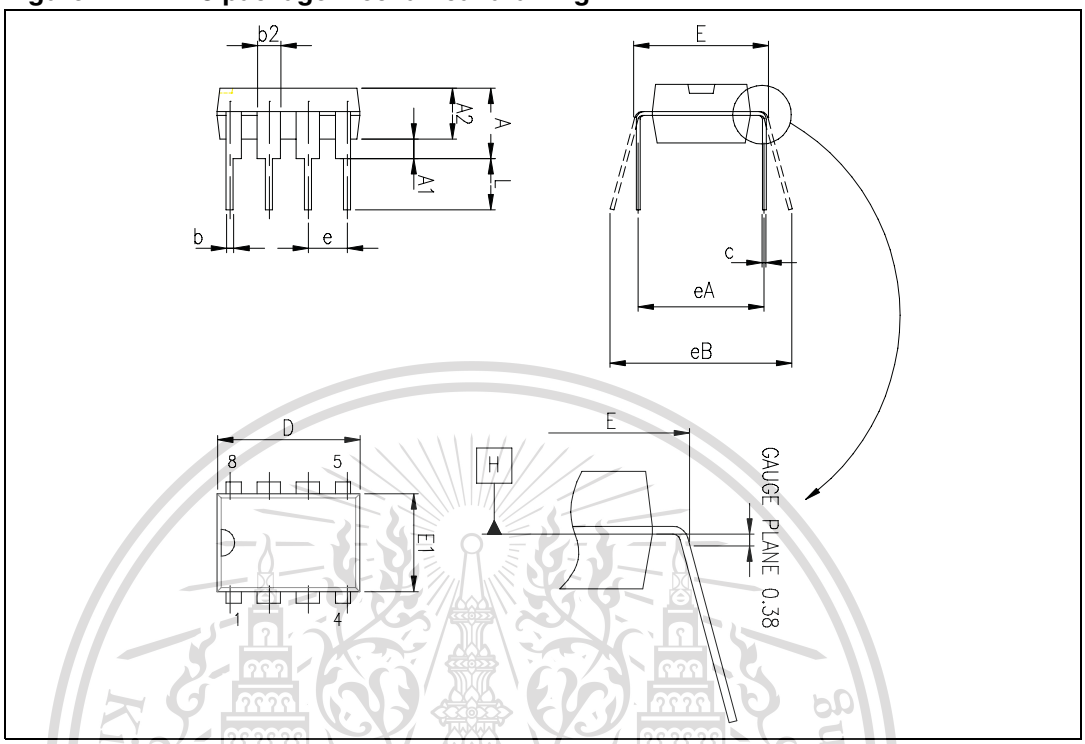


Table 4. DIP8 package mechanical data

Ref.	Dimensions					
	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			5.33			0.210
A1	0.38			0.015		
A2	2.92	3.30	4.95	0.115	0.130	0.195
b	0.36	0.46	0.56	0.014	0.018	0.022
b2	1.14	1.52	1.78	0.045	0.060	0.070
c	0.20	0.25	0.36	0.008	0.010	0.014
D	9.02	9.27	10.16	0.355	0.365	0.400
E	7.62	7.87	8.26	0.300	0.310	0.325
E1	6.10	6.35	7.11	0.240	0.250	0.280
e		2.54			0.100	
eA		7.62			0.300	
eB			10.92			0.430
L	2.92	3.30	3.81	0.115	0.130	0.150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 SO-8 package information

Figure 23. SO-8 package mechanical drawing

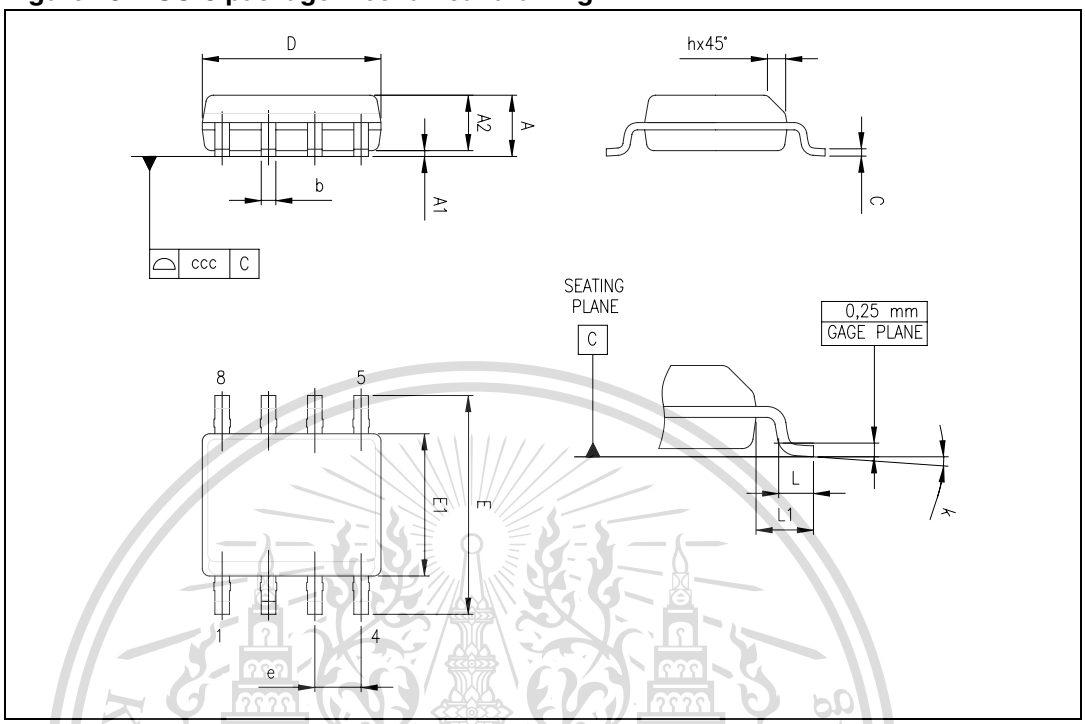


Table 5. SO-8 package mechanical data

Ref.	Dimensions					
	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
A1	0.10		0.25	0.004		0.010
A2	1.25			0.049		
b	0.28		0.48	0.011		0.019
c	0.17		0.23	0.007		0.010
D	4.80	4.90	5.00	0.189	0.193	0.197
E	5.80	6.00	6.20	0.228	0.236	0.244
E1	3.80	3.90	4.00	0.150	0.154	0.157
e		1.27			0.050	
h	0.25		0.50	0.010		0.020
L	0.40		1.27	0.016		0.050
L1		1.04			0.040	
k	0		8°	1°		8°
ccc			0.10			0.004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6 Ordering information

Table 6. Order codes

Part number	Temperature range	Package	Packing	Marking
NE555N	0 °C, +70 °C	DIP8	Tube	NE555N
NE555D(1)/DT		SO-8	Tube(1) or tape & reel	NE555
SA555N	-40 °C, +105 °C	DIP8	Tube	SA555N
SA555D(1)/DT		SO-8	Tube(1) or tape & reel	SA555
SE555N	-55 °C, + 125 °C	DIP8	Tube	SE555N
SE555D(1)/DT		SO-8	Tube(1) or tape & reel	SE555

1. Not recommended for new design. Contact local ST sales office for availability.

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7 Revision history

Table 7. Document revision history

Date	Revision	Changes
01-Jun-2003	1	Initial release.
2004-2006	2-3	Internal revisions
15-Mar-2007	4	Expanded order code table. Template update.
06-Nov-2008	5	Added I_{OUT} value in *Table 1: Absolute maximum ratings* and *Table 2: Operating conditions*. Added ESD tolerance, latch-up tolerance, R_{thja} and R_{thjc}in *Table 1: Absolute maximum ratings*.
04-Jan-2012	6	Modified duty cycle equation in *Section 4.2: Astable operation*. Updated ECOPACK® text in *Section 5: Package information*. Added footnote *1* to *Table 6: Order codes* as shipping method in tubes is not recommended for new design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Please Read Carefully:

Information in this document is provided solely in connection with ST products. STMicroelectronics NV and its subsidiaries (“ST”) reserve the right to make changes, corrections, modifications or improvements, to this document, and the products and services described herein at any time, without notice.

All ST products are sold pursuant to ST’s terms and conditions of sale.

Purchasers are solely responsible for the choice, selection and use of the ST products and services described herein, and ST assumes no liability whatsoever relating to the choice, selection or use of the ST products and services described herein.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted under this document. If any part of this document refers to any third party products or services it shall not be deemed a license grant by ST for the use of such third party products or services, or any intellectual property contained therein or considered as a warranty covering the use in any manner whatsoever of such third party products or services or any intellectual property contained therein.

UNLESS OTHERWISE SET FORTH IN ST’S TERMS AND CONDITIONS OF SALE ST DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY WITH RESPECT TO THE USE AND/OR SALE OF ST PRODUCTS INCLUDING WITHOUT LIMITATION IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE (AND THEIR EQUIVALENTS UNDER THE LAWS OF ANY JURISDICTION), OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

UNLESS EXPRESSLY APPROVED IN WRITING BY TWO AUTHORIZED ST REPRESENTATIVES, ST PRODUCTS ARE NOT RECOMMENDED, AUTHORIZED OR WARRANTED FOR USE IN MILITARY, AIR CRAFT, SPACE, LIFE SAVING, OR LIFE SUSTAINING APPLICATIONS, NOR IN PRODUCTS OR SYSTEMS WHERE FAILURE OR MALFUNCTION MAY RESULT IN PERSONAL INJURY, DEATH, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE. ST PRODUCTS WHICH ARE NOT SPECIFIED AS "AUTOMOTIVE GRADE" MAY ONLY BE USED IN AUTOMOTIVE APPLICATIONS AT USER’S OWN RISK.

Resale of ST products with provisions different from the statements and/or technical features set forth in this document shall immediately void any warranty granted by ST for the ST product or service described herein and shall not create or extend in any manner whatsoever, any liability of ST.

ST and the ST logo are trademarks or registered trademarks of ST in various countries.

Information in this document supersedes and replaces all information previously supplied.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics. All other names are the property of their respective owners.

© 2012 STMicroelectronics - All rights reserved

STMicroelectronics group of companies

Australia - Belgium - Brazil - Canada - China - Czech Republic - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Philippines - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States of America

www.st.com

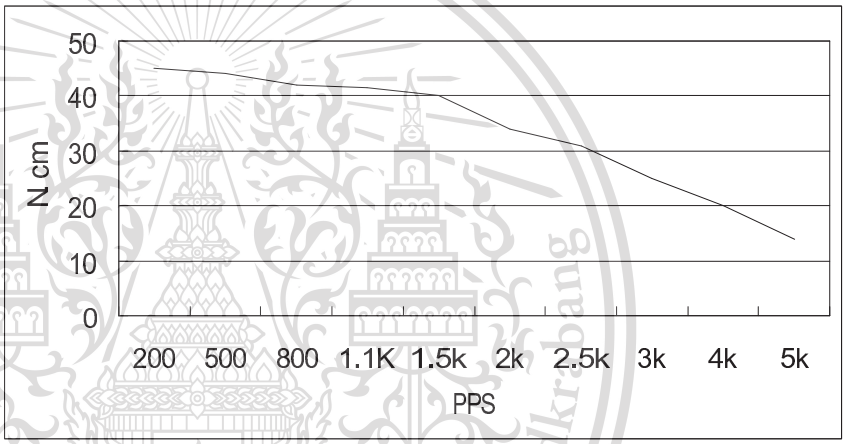
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

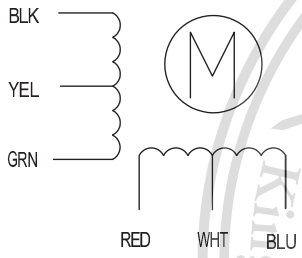
General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	4
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current.2 phase on)	Rated Current (A)	1.2
Ambient temperature (°C)	-20～+50	Resistance Per Phase (±10%Ω)	3.3 (25°C)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase (±20%mH)	2.8
Insulation Resistance	100MΩ, Min (500VDC)	Holding Torque (Kg.cm)	3.17
Insulation Class	Class B	Detent Torque (g.cm)	200
Max.radial force (N)	28 (20mm from the flange)	Rotor Inertia (g.cm²)	68
Max.axial force (N)	10	Weight (Kg)	0.365

● Pull out torque curve:

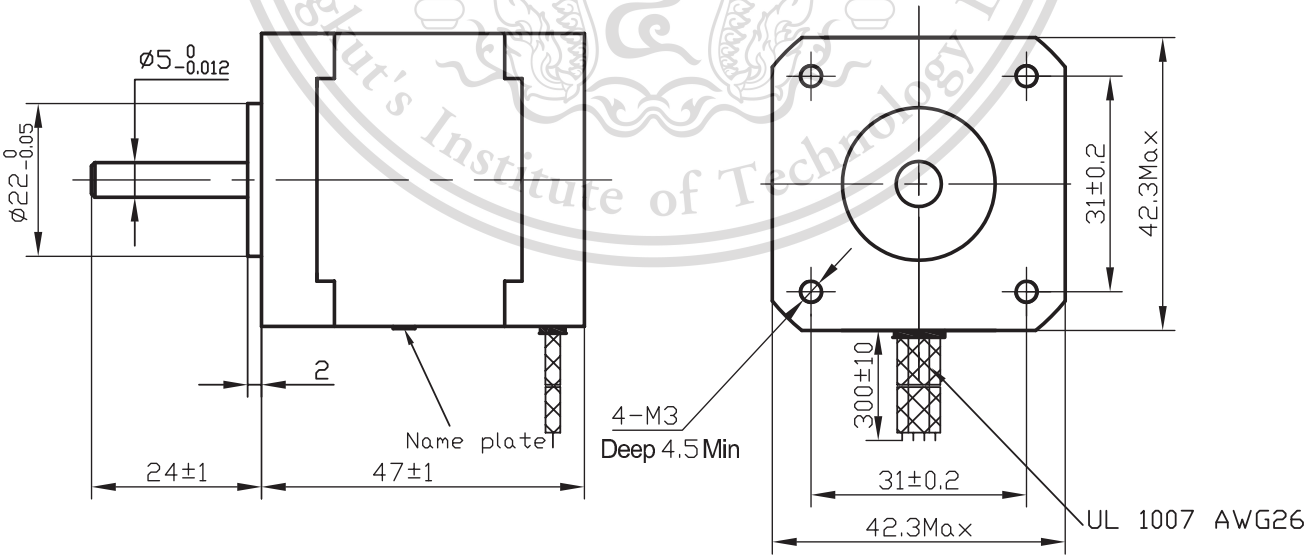
VOLTAGE: 24VDC, CONSTANT CURRENT: 1.2A, HALF STEP



● Wiring Diagram:



● Dimensions:
(unit=mm)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This content is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

REV	REVISIONS	DESCRIPTION	BY	DATE
2				
1				
DRAW	任飞飞 2010.06.29			
CHECK				
APPROVE				

SY42STH47-1206A

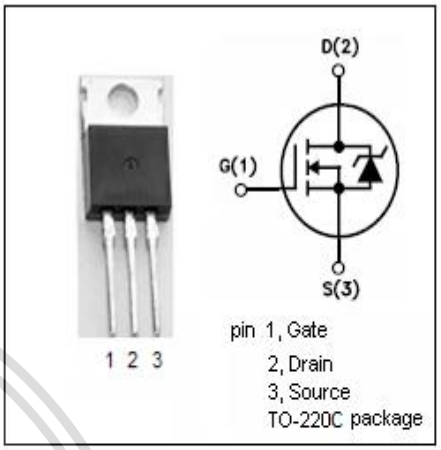
TECHNICAL CONDITIONS

CHANGZHOU SONGYANG MACHINERY & ELECTRONICS NEW TECHNIC INSTITUTE

060047000

isc N-Channel MOSFET Transistor P75NF75

- **FEATURES**
- With TO-220 packaging
- High speed switching
- Low gate input resistance
- Standard level gate drive
- Easy to use
- 100% avalanche tested
- Minimum Lot-to-Lot variations for robust device performance and reliable operation



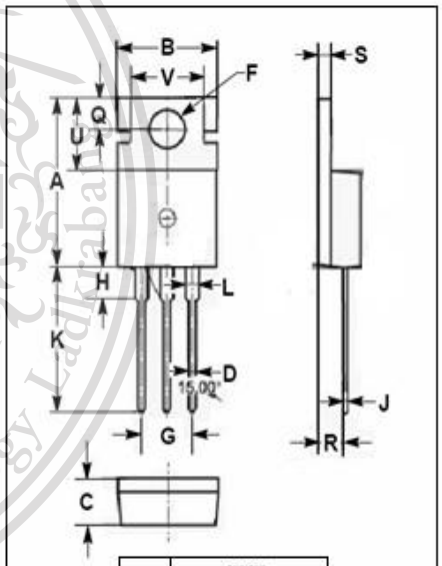
- **APPLICATIONS**
- Power supply
- Switching applications

- **ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(T_a=25℃)**

SYMBOL	PARAMETER	VALUE	UNIT
V_{DSS}	Drain-Source Voltage	75	V
V_{GSS}	Gate-Source Voltage	±20	V
I_D	Drain Current-Continuous	80	A
I_{DM}	Drain Current-Single Pulsed	320	A
P_D	Total Dissipation	300	W
T_j	Operating Junction Temperature	175	℃
T_{stg}	Storage Temperature	-55~175	℃

- **THERMAL CHARACTERISTICS**

SYMBOL	PARAMETER	MAX	UNIT
Rth(ch-c)	Channel-to-case thermal resistance	0.5	℃/W
Rth(ch-a)	Channel-to-ambient thermal resistance	62.5	℃/W



DIM	mm MIN	mm MAX
A	15.50	15.90
B	9.90	10.20
C	4.20	4.50
D	0.70	0.90
F	3.40	3.70
G	4.98	5.18
H	2.68	2.90
J	0.44	0.60
K	13.00	13.40
L	1.10	1.45
Q	2.70	2.90
R	2.30	2.70
S	1.29	1.35
U	6.45	6.65
V	8.66	8.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Download from alldatasheet.com

isc N-Channel MOSFET Transistor P75NF75

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_C=25℃ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	V_{GS}=0V; I_D= 0.25mA	75			V
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	V_{DS}=V_{GS}; I_D=0.25mA	2.0		4.0	V
$R_{DS(on)}$	Drain-Source On-Resistance	V_{GS}= 10V; I_D=40A			11	mΩ
I_{GSS}	Gate-Source Leakage Current	V_{GS}=±20V;V_{DS}= 0V			±0.1	μA
I_{DSS}	Drain-Source Leakage Current	V_{DS}= 75V; V_{GS}= 0V;Tj=25℃			1	μA
V_{SDF}	Diode forward voltage	I_{SD}=80A, V_{GS} = 0 V			1.5	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Download from alldatasheet.com

TB6600 Stepper Motor Driver

Analog Driver
Model TB6600

Analog Technology, max. 40 VDC / 4.0 A (PEAK)

Product Description:
The TB6600 single axis drive is a low cost microstepping drive. It is suitable for driving 2-phase and 4-phase hybrid stepper motors. Not for professional applications.

Features:

- Cost-effective
- Supply voltage up to +40 VDC, Output current up to 4.0 A (PEAK)
- Output current selectable in 8 steps via DIP-switch
- Automatic idle-current reduction (in standstill mode) to reduce motor heating
- Pulse input frequency up to 20 kHz
- Input suitable for 5 V signals
- Inputs are optically isolated
- 6 selectable microstep resolutions, up to 6400 steps/rev with standard 1.8°motors
- Suitable for 2-phase and 4-phase motors
- Supports PUL/DIR mode
- Over current and overheat protection

Electrical Specifications:

Parameters	Min	Typ.	Max	Unit
Output current	0.7	-	4.0 (3.5 RMS)	A
Supply voltage	+9	+36	+40	VDC
Logic signal current	8	10	15	mA
Puls input frequency	0	-	20 when duty cyle is 25 high / 75 low 13 when duty cycle is 50 / 50	kHz
Insulation resistance	500			MΩ

Further Specifications:

Microsteps / 1,8 °	200		6400
PUL / DIR		yes	
NEMA sizes	17		24
Motor type Mecheltron	42BYGH-XXXX		60BYGH-XXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

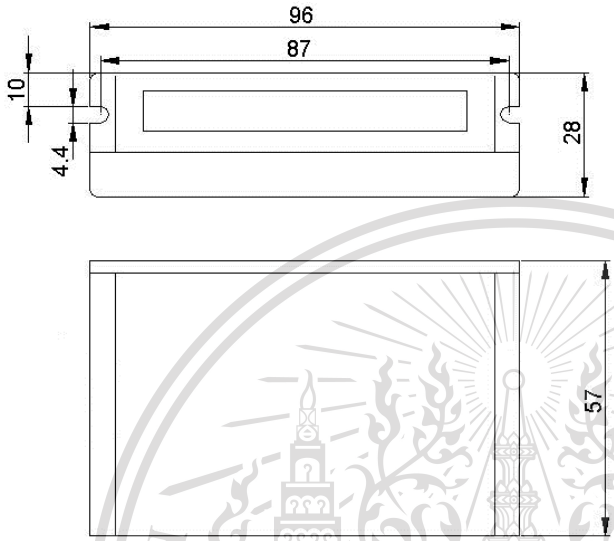
22.01.18

TB6600 Stepper motor driver

Analog Driver

Model TB6600

Mechanical Specifications: (Unit: mm)

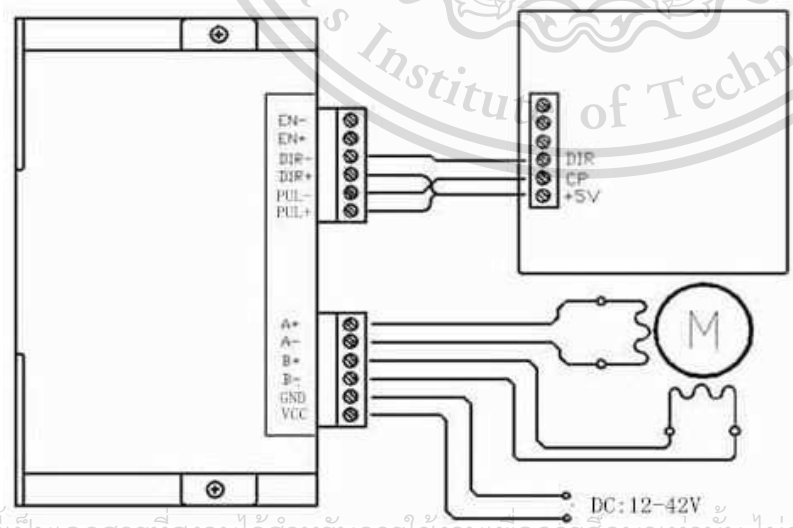


Applications:

Suitable for a wide range of stepping motors of NEMA sizes 17, 23 and 24 (42x42 mm to 60x60 mm). It can be used in various kinds of machines, such as X-Y tables, engraving machines, labeling machines, laser cutters, pick-place devices, and so on. Particularly well suited for applications where low noise levels, less heat development, high speed and high precision are desired.

Typical Connection Schematic:

A typical system consists of stepper motor, stepper motor driver, power supply and controller. The following image shows a typical connection schematic:



Logic control signals which have 5 V can be connected directly;
R 1kΩ must be connected in line when control signal is 12V;
R 2kΩ must be connected in line when control signal is 24V to ensure control signal current is 8mA to 15mA.

22.01.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Plagiarism Checking Report

Created on May 28, 2021 at 23:36 PM

Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
2091228	May 28, 2021 at 23:36 PM	60010664@kmitl.ac.th	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	Full_Report_EL6307.pdf	Completed	1.52 %

Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE	SIMILARITY INDEX
1	ระบบเตือนภัยการขาดออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ,Dissolved oxygen warning system powered by solar cells	ประพนธ์ ฟักอินทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	0.48 %
2	การออกแบบโลจิสติกส์ภายในสำหรับการผลิตอาหารกระป๋องโดยใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์	กิตินันธ์ มากปรางค์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	0.45 %
3	ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านเครื่องแม่ข่ายโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับแบบไร้สาย,Intruder detection system via a server using Wireless sensor networks	กายรัฐ เจริญราษฎร์,ภิเศก ภัทรเวสารัช,เจตน์ พวงศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	0.31 %
4	การพัฒนาเครื่องปิดผนึกแบบอิมพัลส์,Development of an impulse sealing machine.	ประทวน พุกเจริญ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	0.28 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Match Details

TEXT FROM SUBMITTED DOCUMENT	TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)
มี 2 ชนิดคือ 2 1 ลูกกลิ้งด้านล่าเลียงวัสดุ Carrying Idlers 2 2 ลูกกลิ้งด้านสายพานกลับ Return Idlers 3 ล้อสายพาน Pulleys เป็นตัวรองรับและขับสายพานและควบคุมแรงดึงในสายพาน 4 ชุดขับ Drive เป็นตัวส่งกำลังขับให้กับล้อสายพานเพื่อขับสายพานและวัสดุขนถ่ายให้เคลื่อนที่ 5 โครงสร้าง Structure เป็นส่วนรองรับและรักษาแนวของลูกกลิ้ง Idlers และล้อสายพาน Pulleys และรองรับเครื่องขับสายพานนอกจากส่วนประกอบหลักๆของระบบสายพานล่าเลียงดังกล่าวข้างต้นแล้วยังต้องมีอุปกรณ์ช่วย	ที่2.21อุปกรณ์ลาเลียงแบบ Belt Conveyor (ขนถ่ายวัสดุชุดที่ 2 , 2546)การออกแบบ Belt Conveyor ควรเริ่มต้นจากการศึกษาถึงวัสดุที่ต้องการขนย้ายได้แก่น้าหนักต่อหนึ่งหน่วยลูกบาศก์เมตรของวัสดุที่ต้องการขนย้าย,ขนาดของก้อนวัสดุที่ต้องการขนย้ายรวมถึงอุณหภูมิและความไวในการทาปฏิกิริยาเคมีของวัสดุที่จะขนย้ายในรูปที่2.21แสดงส่วนประกอบของสายพานลาเลียงซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1)สายพาน(Belt)เป็นส่วนรองรับวัสดุขนถ่ายและทาให้วัสดุขนถ่ายที่อยู่บนสายพานนั้นมีการเคลื่อนที่ตามสายพาน 2)ลูกกลิ้ง(Idlers)เป็นตัวรองรับสายพานซึ่งมี 2 ชนิดคือลูกกลิ้งด้านลาเลียงวัสดุ(Carrying Idlers)และลูกกลิ้งด้านสายพานกลับ(Return Idlers) 3)ล้อสายพาน(Pulleys)เป็นตัวรองรับและขับสายพานรวมถึงควบคุมแรงดึงในสายพาน 53 4)ชุดขับ(Drive)เป็นตัวส่งกาลังขับให้กับล้อสายพานเพื่อขับสายพานและวัสดุขนถ่ายให้เคลื่อนที่ 5)โครงสร้าง(Structure)เป็นส่วนรองรับและรักษาแนวของลูกกลิ้ง(Idlers)ล้อสายพาน(Pulleys)และรองรับเครื่องขับสายพานสายพานเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งถ่ายกาลังจาก Pulley ของเพลาขับไปยัง Pulley ของเพลา
ถ่ายการโยกย้ายผลิตภัณฑ์เพื่อให้รวดเร็วยิ่งขึ้นสายพานล่าเลียงทำให้ย่นเวลาในการขนย้ายโยกย้ายผลิตภัณฑ์แต่ถึงจะมีข้อดีแต่ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่เช่นกันเช่นถ้าหากอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่จะย้ายสูงเกินไปจนเกินความสามารถของผิวสายพานล่าเลียงที่จะรับไหวสายพานล่าเลียงก็	ยิ่งขึ้นวัตถุสายพานลาเลียงทาให้ย่นเวลาในการขนย้ายโยกย้ายผลิตภัณฑ์แต่ถึงจะมีแง่ดีไม่น้อยก็ตามก็ยังมีข้อจากัดอยู่เช่นกันตัวอย่างเช่นถ้าหากอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่จะย้ายสูงเกินไปจนกระทั่งเกินความสามารถของผิวสายพานลาเลียงที่จะรับไหวสายพานลาเลียงก็จะเสียหายเพราะฉะนั้นระบบสายพานลาเลียงก็จะไม่สามารถโยกย้ายอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูงประเภทนี้ได้เป็นต้นเทคนิคการเลือกสายพานลาเลียงควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานหลักการเลือกสายพานลาเลียงเคลื่อนย้ายสินค้าในการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการลาเลียงนั้นมีการจัดแบ่งตามหน้าที่ดังแสดงในตารางที่2.3ตารางที่2.3การเลือกใช้ประเภทอุปกรณ์ลาเลียง(Groover , 2008)หน้าที่
เพิ่มเติมด้วยเช่น Pin0 1 เป็นขา Tx Rx Serial Pin3 5 6 9 10 และ 11 เป็นขา PWM 5 ICSP Port Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader 6 MCU Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino 7 I O Port นอกจากจะเป็น Digital I O แล้วยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0 A5 8 Power Port ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง 3 3 V 5V GND Vin 9 Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง	\ nCoordinator \ n195 \ n การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 7 \ nThe 7th National Conference on Technical Education \nwww.ncteched.org 6 พฤศจิกายน 2557 \ n คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ\ nNCTechEd07SIT02 \ n หน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วยเช่น Pin0 \, 1 เป็นขา Tx \, Rx Serial \,\ nPin3 \, 5 \, 6 \, 9 \, 10 และ 11 เป็นขา PWM 5) ICSP Port :\ nAtmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader 6) MCU :\ nAtmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ดอาดุยโน่ 7) I / O Port :\ n นอกจากจะเป็น Digital I / O แล้วยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณ\ n อนาล็อกตั้งแต่ขา A0 - A5 8) Power Port :ไฟเลี้ยงของบอร์ด\ n เมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขา\ n ไฟเลี้ยง+3.3 V \,+ 5V \, GND \, Vin 9) Power Jack :รับไฟจาก\ nAdapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7 - 12 V และ 10) MCU ของ\ nAtmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย\ nAtmega328 จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Atmega16U2 \n2.6เครื่องแม่ข่าย\ n
ไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟสดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นและจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส 2 การกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเต็ป Half Step Motor หรือ one two phase Driver คือการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟสและ 2 เฟสเรียงลำดับกันไปแสดงดังตารางที่ 2 6 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้นเพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลงในการกระตุ้นแบบนี้เราจะต้องมีการกระตุ้น	จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขดลักษณะเช่นนี้\ n จึงทำให้แรงขับของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีน้อยดังตารางที่ 5 \ n 29 \ n ตารางที่ 5 แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส\ n สเต็ปที่เฟสที่ 1 เฟสที่ 2 เฟสที่ 3 เฟสที่ 4 \ n1 1 0 0 0 \ n2 0 1 0 0 \ n3 0 0 1 0 \ n4 0 0 0 1 \ n2)การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส(Two-Phase Driver)เป็นการป้อน\ n กระแสให้กับขดลวด 2 ขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์พร้อมๆกันไปและจะกระตุ้นเรียงถัดกับไปเช่นเดียว\ n กับแบบหนึ่งเฟสการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นและจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์\ n มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟสดังตารางที่ 6 \ n ตารางที่ 6 แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส\ n สเต็ปที่เฟสที่ 1 เฟสที่ 2 เฟสที่ 3 เฟสที่ 4 \ n1 1 1 0 0 \ n2 0 1 1 0 \ n3 0 0 1 1 \ n4 1 0 0 1 \ n ข.การกระตุ้นเฟสแบบฮาลฟ์สเต็ป(Half Step Motor)หรือone-two phase \ nDriver คือการกระตุ้นเฟสแบบฟลูสเต็ป 1 เฟสและ 2 เฟสเรียงลำดับกันไปแสดงดังตารางที่ 7 \ n แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้นเพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลงในการ\ n กระตุ้นแบบนี้เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้งจึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

TEXT FROM SUBMITTED DOCUMENT	TEXT FROM SOURCE DOCUMENT(S)
ที่เฟสถึง 2 ครั้งจึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรกความละเอียดของการหมุนต่ำแหน่งองศาต่อสเต็ปก็เป็นสองเท่าของแบบแรกความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้นตารางที่ 2 4 การกระตุ้นเฟสแบบแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส Single Phase Driver สเต็ปที่เฟสที่ 1 เฟสที่ 2 เฟสที่ 3 เฟสที่ 4 1 1 0 0 0 2 0 1 0 0 3 0 0 1 0 4 0 0 0 1 ตารางที่ 2 5 การกระตุ้นเฟสแบบ	แบบนี้เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้งจึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้น\ n เพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรกความละเอียดของการหมุนต่ำแหน่งองศาต่อสเต็ป\ n ก็เป็นสองเท่าของแบบแรกความถูกต้องของตำแหน่งจึงมีมาก\ n 30 \ n ตารางที่ 7 แบบฮาลฟ์สเต็ป 2 เฟส\ n สเต็ปที่เฟสที่ 1 เฟสที่ 2 เฟสที่ 3 เฟสที่ 4 \ n1 1 0 0 0 \ n2 1 1 0 0 \ n3 0 1 0 0 \ n4 0 1 1 0 \ n5 0 0 1 0 \ n6 0 0 1 1 \ n7 0 0 0 1 \ n8 1 0 0 1 \ n ในการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถใช้ไอซีสำเร็จรูปและวงจรจากทรานซิสเตอร์ได้ไอซี\ n สำเร็จรูปที่นิยมใช้กันได้แก่เบอร์ ULN2003 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นไอซีไดรเวอร์กระแสสูงแบบคอลเล็ค\ n เตอร์เปิดสามารถเลือกแรงดันได้ในช่วง 5 - 30 V จ่ายกระแส 500 mA ต่อขาแต่ในงานวิจัยนี้ใช้\ n ไอซีเบอร์ L298N จ่ายแรงดันได้ถึง 46 V จ่ายกระแสได้ 4 A แต่ต้องต่อไดโอดเพื่อป้องกันกระแส\ n ไฟฟ้าไหล
2 43 ภาพโครงสร้างของ PLC ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย 1 หน่วยประมวลผล CPU Central Processing Unit ทำหน้าที่คำนวณและควบคุมซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส Micro Processor Based ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์เคาน์เตอร์ไทม์เมอร์และซีเควนเซอร์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆจากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำหลังจาก	(output unit)\ n5 .แหล่งจ่ายไฟ(power supply)\ n 23 \ n ภาพที่2.13ลักษณะโครงสร้างของ PLC \ n หน่วยอินพุต(input unit)อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลเพื่อส่งข้อมูลที่ได้ต่อไปยังหน่วย\ n ประมวลผลกลาง(CPU)เพื่อนำไปประมวลผลต่อไปโดยข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณอินพุตได้มา\ n จากอุปกรณ์ต่างๆเช่นเซนเซอร์(sensor)\,สวิตช์(switch)และเอ็นโค้ดเดอร์(encoder)เป็นต้น\ n หน่วยประมวลผลกลาง(CPU)ทำหน้าที่คำนวณและควบคุมซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC \ n และภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส(micro processor \ nbased)ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์\,เคาน์เตอร์\,ไทม์เมอร์และซีเควนเซอร์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถ\ n ออกแบบวงจรโดยใช้ Relay ladder diagram ได้โดยหน่วยประมวลผลกลางจะรับข้อมูลจาก\ n อุปกรณ์อินพุตต่างๆจากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ\ n หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องไปยังอุปกรณ์เอาท์พุต\ n หน่วยความจำ(memory)ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลโดย\ n โครงสร้างการเก็บข้อมูลของหน่วยความจำแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล(data bit)โดยหน่วยความจำ 1 \ n บิตสามารถกำหนดค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 ตามคำสั่งซึ่งหน่วยความจำของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.