# เครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ

# AUTOMATIC COIN COUNTING AND PACKAGING MACHINE


| | | |
|---|---|---|
| นายจิรัญญู | อรวิจิตร | รหัส 57362880 |
| นายศตวรรษ | อุทิศ | รหัส 57363481 |


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2560

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

**ชื่อหัวข้อโครงงาน** เครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ

**ผู้ดำเนินโครงงาน** นายจิรัญญู อรวิจิตร รหัส 57362880

นายศตวรรษ อุทิศ รหัส 57363481

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์

**สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า

**ภาควิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

**ปีการศึกษา** 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | เครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายจิรัญญู | อรวิจิตร | รหัส 57362880 |
| | นายศตวรรษ | อุทิศ | รหัส 57363352 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา | | สงฆ์จันทร์ |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | | |
| **ปีการศึกษา** | 2560 | | |

.....

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ โดยเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัตินี้สามารถนับและบรรจุเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 , 5 และ 10 บาท ซึ่งเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลและควบคุมการทำงาน มีโครงสร้างภายในของเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ ส่วนของการแยกเหรียญ , ส่วนของการนับจำนวนเหรียญ และส่วนของการบรรจุเหรียญ หลักการทำงานมีดังนี้คือ ใส่เหรียญลงบนถาดใส่เหรียญและทำการเปิดสวิตซ์ของมอเตอร์สั่น เหรียญที่ใส่ไว้จะเกิดการเคลื่อนที่ไปยังรางแยกเหรียญ เพื่อแยกเหรียญตามขนาดของเหรียญแต่ละชนิด เหรียญที่ถูกแยกขนาดแล้วจะถูกบรรจุอยู่ในท่อบรรจุเหรียญ จากนั้นมอเตอร์ที่ติดตั้งไว้ด้านล่างของท่อบรรจุเหรียญจะทำงานเพื่อปัดเหรียญให้ผ่านเซนเซอร์นับเหรียญ เพื่อทำการนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิด เมื่อเซนเซอร์นับครบ 10 เหรียญ เหรียญชนิดนั้นจะถูกบรรจุลงใส่กล่องบรรจุเหรียญที่วางอยู่บนสายพานลำเลียง เพื่อลำเลียงกล่องบรรจุเหรียญมายังด้านหน้าของตัวเครื่อง ผลจากการทดลอง พบว่า ในส่วนของการแยกเหรียญทั้ง 3 ชนิดเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดี ในส่วนของการนับจำนวนและการบรรจุเหรียญ ยังมีความคลาดเคลื่อนในการทำงานเล็กน้อย

| | |
|---|---|
| **Project title** | Automatic Coin Counting and Packaging Machine |
| **Name** | Mr.Jiranyoo Onravichit ID. 57362880 |
| | Mr.Sattawat Authit ID. 57363481 |
| **Project advisor** | Asst. Prof.Mutita Songjun, Ph.D. |
| **Major** | Electrical Engineering |
| **Department** | Electrical and Computer Engineering |
| **Academic year** | 2017 |

.....


## Abstract

This project presents the automatic coin counting and packaging machine using microcontroller. It is able to counting and packaging coins of thai baht coins with one baht, five baht and ten baht type. The internal structure of this machine consists of three major parts the coin separation, the coin counting and the coin packaging. The process is that the coins from the coin tray slide to the coin separation rail to separate each type of coins. The separated coins will be contained in the coin pipe. Then the motor installed at the bottom of the coin pipe is used to move the blade to flick the coins through the coin counter into the coin box. After the counter counts the coins until 10, the coin box on the conveyor belt is move to the front of the machine. The results show that, the automatic coin counting and packaging machine can be used to separate the three types of coins accurately but there is an acceptable error happened in the part of the coin counting and coin packaging.

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยได้คำปรึกษาจากหลายๆ ฝ่ายซึ่งทางคณะผู้จัดทำโครงงาน ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนให้ข้อมูลทางด้านวิชาการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และ ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์และให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณบุคคลที่ช่วยในการสืบค้นข้อมูลแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด และให้กำลังใจในการศึกษาค้นคว้าตลอดมา

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่คอยดูแลมอบความรู้ต่อคณะผู้จัดทำโครงงาน ขอขอบคุณบิดา มารดา ที่กรุณาช่วยสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจัดทำโครงงานในครั้งนี้ตลอดจนถึงผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือสิ่งต่างๆ ในการจัดทำโครงการครั้งนี้จนสำเร็จลุลวงได้ด้วยดี

ผู้จัดทำโครงการ
จิรัญญู อรวิจิตร
ศตวรรษ อุทิศ

พฤษภาคม 2561

# สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน ..... 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน ..... 1
1.4 แผนการและระยะเวลาการดำเนินงาน ..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 2
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน ..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง ..... 4
2.1 เหรียญกษาปณ์ไทย ..... 4
2.1.1 ความหมายของเหรียญกษาปณ์ ..... 4
2.1.2 ประเภทของเหรียญกษาปณ์ในปัจจุบัน ..... 4
2.1.3 ลักษณะของเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนในปัจจุบัน ..... 5
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ..... 7
2.2.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ ..... 7
2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ (Arduino) ..... 8
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ..... 9
2.3.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง ..... 9
2.3.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขั้นพื้นฐาน ..... 9
2.4 ตัวรับรู้ ..... 13
2.4.1 โฟโตอิเล็กทริคเซนเซอร์ (Photoelectric Sensors) ..... 13
2.5 ชุดขับมอเตอร์L298N ..... 14

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6 จอแสดงผลแอลซีดี ..... 16

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน ..... 17
3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญ ..... 17
3.2 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง ..... 18
3.2.1 ส่วนของโครงสร้าง ..... 19
3.2.2 ส่วนที่ใส่เหรียญและแยกเหรียญ ..... 19
3.2.3 ส่วนของท่อรับเหรียญและมอเตอร์สำหรับปัดเหรียญ ..... 20
3.2.4 ส่วนของกล่องบรรจุเหรียญและสายพานลำเลียงกล่องบรรจุเหรียญ ..... 20
3.3 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญ ..... 21
3.3.1 จอแสดงผลแอลซีดี ..... 21
3.3.2 วงจรชุดขับมอเตอร์ ..... 22
3.3.3 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ ..... 23
3.3.4 เซนเซอร์นับจำนวน ..... 23

บทที่ 4 ผลการทดลอง ..... 25
4.1 การทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญแต่ละชนิด ..... 25
4.2 การทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญ ..... 28
4.3 การทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญ ..... 31

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ..... 35
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน ..... 35
5.2 ปัญหาและการแก้ไข ..... 35
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา ..... 36
เอกสารอ้างอิง ..... 37
ภาพผนวก ก รายละเอียดข้อมูล L298N ..... 38
ภาพผนวก ข รายละเอียดข้อมูล AVR ATMEGA2560 ..... 42
ภาพผนวก ค รหัสต้นฉบับของโปรแกรมความคุมเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ ..... 47
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ ..... 69

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงระยะเวลาการดำเนินงาน ..... 2
4.1 ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 1 บาทจำนวน 30 เหรียญ ..... 26
4.2 ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 5 บาทจำนวน 30 เหรียญ ..... 26
4.3 ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 10 บาทจำนวน 30 เหรียญ ..... 27
4.4 ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 1 บาท 5 บาทและ 10บาท
จำนวน 30 เหรียญ ..... 27
4.5 ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 1 บาทจำนวน 30 เหรียญ ..... 29
4.6 ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 5 บาทจำนวน 30 เหรียญ ..... 29
4.7 ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 10 บาทจำนวน 30 เหรียญ ..... 30
4.8 ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 1 บาท 5 บาทและ 10 บาท
จำนวน 30 เหรียญ ..... 30
4.9 ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 1 บาท..... 32
4.10 ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 5 บาท ..... 32
4.11 ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 10 บาท..... 33
4.12 ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 1 บาท 5 บาท
และ 10 บาทจำนวนล่ะ 10 เหรียญ ..... 33

# สารบัญรูป


รูปที่ หน้า

2.1 เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 10 บาท ..... 6

2.2 เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 5 บาท ..... 6

2.3 เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 1 บาท ..... 6

2.4 บอร์ดอาดุยโน่รุ่น Arduino Mega 2560 R3 ..... 8

2.5 วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรมและกราฟแสดงคุณสมบัติ ..... 10

2.6 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน..... ..... 11

2.7 แสดงสัญญาณ PWM ซึ่งแสดงค่าดิวตี้ไซเคิลที่ต่างๆกัน ..... 12

2.8 สะท้อนวัตถุโดยตรงของเซนเซอร์..... 13

2.9 สะท้อนวัตถุโดยตรงแบบจำกัดลำแสงของเซนเซอร์..... 14

2.10 เซนเซอร์ที่มีตัวส่งและตัวรับแยกกัน..... 14

2.11 ชุดขับมอเตอร์L298N ..... 15

2.12 จอแสดงผลแอลซีดี ..... 16

3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ ..... 18

3.2 โครงสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญ..... 19

3.3 ส่วนไว้สำหรับใส่เหรียญและแยกเหรียญ ..... 20

3.4 ส่วนของท่อรับเหรียญและมอเตอร์สำหรับปัดเหรียญ..... 20

3.5 ส่วนของกล่องบรรจุเหรียญและสายพานลำเรียงกล่องบรรจุเหรียญ ..... 21

3.6 แสดงการต่อจอแอลซีดีขนาดเล็กกับ I2C ..... 22

3.7 แสดงการต่อวงจรชุดขับมอเตอร์..... 23

3.8 โมดูลตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด..... 23

3.9 เซนเซอร์นับจำนวน..... 24

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ประเทศไทยมีการใช้จ่ายเงินสดที่ใช้ในการซื้อขายสินค้ามีทั้งในรูปแบบของธนบัตรและเหรียญกษาปณ์ โดยเหรียญถือเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดในการแลกเปลี่ยนเพราะมีความละเอียดในการแลกเปลี่ยนมากกว่าธนบัตร สามารถใช้ในการซื้อและขายสินค้าได้ตามราคาที่กำหนดไว้ มีความคงทนและอายุการใช้งานมากกว่าธนบัตร ทำให้ในปัจจุบันก็ยังคงนิยมใช้เหรียญในการซื้อขายสินค้าอยู่ แต่เหรียญยังคงมีข้อที่ด้อยกว่าธนบัตรคือ การจะใช้เหรียญในการแลกเปลี่ยนสินค้าในราคาที่เท่ากันนั้นต้องใช้เหรียญเป็นจำนวนมากกว่าธนบัตร เนื่องด้วยเหรียญที่ใช้ทั่วไปมีมูลค่ามากสุดที่ 10 บาทแต่ธนบัตรมีมูลค่าต่ำสุดที่ 20 บาท ดังนั้นหากต้องการใช้เหรียญจำนวนมากๆ มักประสบปัญหาในการนับว่ามีจำนวนเหรียญชนิดต่างๆ อยู่คิดเป็นจำนวนเท่าใด โดยเฉพาะเมื่อมีเหรียญรวมกันอยู่จำนวนมาก การนับเหรียญใช้เวลานานและอาจทำให้เกิดข้อผิดลาดในการนับด้วย

การนับเหรียญที่รวมกันจำนวนมากๆ เพื่อให้ทราบว่ามีเหรียญชนิดต่างๆ อยู่คิดเป็นจำนวนเท่าไร โดยการใช้แรงงานคนนั้นอาจเกิดข้อผิดพลาด เช่น การใช้แรงงานคนในการนับ อาจใช้เวลานานและอาจเกิดความผิดพลาด ซึ่งเป็นที่มาของโครงงานนี้ที่คิดและประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้ในการนับจำนวนและบรรจุเหรียญออกมาเป็นชุดๆ ที่ง่ายต่อการนำเหรียญไปใช้ประโยชน์ สะดวก รวดเร็วและมีความแม่นยำกว่าการใช้แรงงานคน โดยทั่วไปเครื่องมือในการนับจำนวนเหรียญที่มีขายนั้น อาจจะมีราคาสูงไม่เหมาะกับการประกอบกิจการขนาดเล็กหรือการใช้ประโยชน์ในครอบครัว เครื่องมือในการนับและบรรจุเหรียญที่คิดและประดิษฐ์ขึ้นนี้จะมีราคาถูกกว่า เพื่อเป็นทางเลือกในการลดต้นทุนการซื้อเครื่องมือของผู้ประกอบกิจการขนาดเล็กหรือผู้ที่สนใจ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติโดยใช้เหรียญกษาปณ์ไทยชนิด 1 , 5 และ 10 บาท โดยผ่านเซนเซอร์ตรวจจับเหรียญ

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท โดยเหรียญทั้งหมดสามารถนำใส่เข้าไปในเครื่องพร้อมกันได้สูงสุด 30 เหรียญ เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ปัดเหรียญมีขนาดเล็กถ้าใส่เหรียญลงไปพร้อมกันมากกว่า 30 เหรียญ จะทำให้มอเตอร์ปัดเหรียญไม่ไหว

2) แยกเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท โดยใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหรียญเพื่อแยกเหรียญแต่ละชนิด

3) เหรียญกษาปณ์ไทยชนิด 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท จะผ่านเซนเซอร์เพื่อให้แสดงจำนวนเหรียญออกมาเป็นตัวเลขบนหน้าจอแอลซีดี

4) เมื่อเหรียญชนิดใดที่ผ่านการนับแล้วครบจำนวน 10 เหรียญที่ถูกกำหนดไว้ จะถูกบรรจุลงใส่กล่องออกมาก่อน

## 1.4 แผนการและระยะเวลาการดำเนินงาน

**ตารางที่ 1.1** แสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

| รายละเอียด | พ.ศ. 2560 | | | | | พ.ศ.2561 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |
| 1) ศึกษาวางแผนและรวบรวมข้อมูลในการสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญ | | | | | | | | | |
| 2) ออกแบบและประกอบโครงสร้างของเครื่องนับและบรรจุเหรียญ | | | | | | | | | |
| 3) เขียนโปรแกรมโดยใช้บอร์ด Arduino ควบคุมการทำงาน | | | | | | | | | |
| 4) ทำการทดสอบเครื่องและปรับปรุงแก้ไขการทำงานของโปรแกรม | | | | | | | | | |
| 5) สรุปผลและจัดทำรูปเล่ม | | | | | | | | | |

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ต้นแบบเครื่องนับและบรรจุเหรียญที่ได้สร้างขึ้น สามารถใช้คัดแยกชนิดและนับจำนวนของเหรียญกษาปณ์ไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ แทนการใช้แรงงานคน ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวก ประหยัดเวลาในการนับและบรรจุเหรียญ รวมทั้งยังสามารถแสดงค่าเงินบาทและจำนวนเหรียญกษาปณ์ไทยได้อย่างถูกต้อง

## 1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

| | |
|---|---|
| 1) โครงสร้างแบบจำลองของเครื่อง | 1,000 บาท |
| 2) บอร์ด Arduino และหน้าจอแสดงผล | 500 บาท |
| 3) สายไฟ | 200 บาท |
| 4) เซนเซอร์นับจำนวน | 300 บาท |
| 5) มอเตอร์เกียร์ | 300 บาท |
| 6) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม | 1,000 บาท |
| รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันสามร้อยบาทถ้วน) | 3,300 บาท |

**หมายเหตุ** (ถัวเฉลี่ยทุกรายการ)

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะรวบรวมหลักการทำงานและทฤษฎีขององค์ประกอบที่มีความจำเป็นต่อการควบคุมการนับของเหรียญกษาปณ์ไทยและการบรรจุของเหรียญกษาปณ์ไทยลงในกล่องบรรจุภัณฑ์โดยใช้บอร์ด อาดุยโน่ ในการควบคุม ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีการทำงานที่สัมพันธ์กันของโครงสร้างของเครื่องนับและบรรจุเหรียญกษาปณ์ไทย ทั้งในระบบการแยก ระบบการนับ และระบบการบรรจุ

## 2.1 เหรียญกษาปณ์ไทย

### 2.1.1 ความหมายของเหรียญกษาปณ์

เหรียญกษาปณ์คือ เงินตราที่ทำด้วยโลหะซึ่งมีค่าในตัวเอง จึงไม่จำเป็นต้องมีเงินทุนสำรองเงินตราเหมือนกับธนบัตร สามารถใช้ชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย ไม่เกินจำนวนที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง โดยในปัจจุบันสามารถแบ่งเหรียญกษาปณ์ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เหรียญกษาปณ์หมุนเวียน และเหรียญกษาปณ์ที่ระลึก

### 2.1.2 ประเภทของเหรียญกษาปณ์ในปัจจุบัน

สำนักกษาปณ์ (2557) กล่าวว่า ในปัจจุบัน กรมธนารักษ์ได้ผลิตเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนออกใช้ในระบบเศรษฐกิจเริ่มตั้งแต่ พ.ศ.2493 เป็นต้นมา ซึ่งมีหลากรุ่น หลายแบบ โดยได้ปรับเปลี่ยนรูปลักษณะ ลวดลาย อัตราส่วนผสมและกรรมวิธีการผลิตเรื่อยมา เพื่อให้สามารถผลิตเหรียญกษาปณ์ได้ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน ตลอดจนมีขนาดน้ำหนักเหมาะสม สะดวกต่อการพกพา การใช้สอยและยากต่อการปลอมแปลการปรับเปลี่ยนรูปลักษณะ อัตราส่วนผสม ตลอดจนน้ำหนักและขนาดของเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนที่ผ่านมาเป็นการปรับเปลี่ยนเป็นครั้งคราวและเป็นบางราคาเท่านั้น จนกระทั่งใน พ.ศ. 2530 กรมธนารักษ์ได้ปรับปรุงการผลิตเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนทั้งระบบพร้อมกันทุกชนิดราคา โดยเริ่มทยอยผลิตออกใช้หมุนเวียนได้บ้างเป็นบางราคาและสามารถผลิตได้ครบทุกชนิดราคาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา รวมทั้งได้ผลิตเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนชนิดราคา 10 บาทขึ้นเป็นครั้งแรกด้วย เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนชุดปรับปรุงใหม่ซึ่งประกอบด้วย ชนิดราคา 10 บาท 5 บาท 2 บาท 1 บาท 50 สตางค์ 25 สตางค์ 10 สตางค์ 5 สตางค์ และ 1 สตางค์ รวมทั้งสิ้น 9 ชนิดราคา กรมธนารักษ์ได้ผลิตขึ้นทุกปี โดยเปลี่ยนปี พ.ศ. บนเหรียญตามปีที่ผลิต

**2.1.2.1 เหรียญกษาปณ์หมุนเวียน ( Circulated coins)**

เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนเป็นเหรียญกษาปณ์ที่ใช้หมุนเวียนกันอยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวัน มี 9 ชนิดราคา คือ 10 บาท, 5 บาท, 2 บาท, 1 บาท, 50 สตางค์, 25 สตางค์, 10 สตางค์, 5 สตางค์ และ 1 สตางค์ แต่ที่ใช้หมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจมี 6 ชนิดราคา คือ 10 บาท , 5 บาท, 2 บาท, 1บาท, 50 สตางค์, 25 สตางค์ ส่วนเหรียญชนิดราคา 10 สตางค์, 5 สตางค์ และ 1 สตางค์ มีใช้ในทางบัญชีเท่านั้น

**2.1.2.2. เหรียญกษาปณ์ที่ระลึก ( Commemorative coins)**

เหรียญกษาปณ์ที่ระลึกเป็นเหรียญกษาปณ์ที่ผลิตออกใช้ในวโรกาสและโอกาสที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถาบันคือ ชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ หรือเหตุการณ์ระหว่างประเทศ โดยจัดทำ 2 ประเภท คือ ขัดเงาและไม่ขัดเงา ข้อแตกต่างระหว่างเหรียญกษาปณ์หมุนเวียน และเหรียญกษาปณ์ที่ระลึกก็คือการวางลวดลายด้านหน้าและด้านหลัง โดยเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนจะวางลวดลายแบบ American Turning ซึ่งจะต้องพลิกดูลวดลายด้านหลังในแนวดิ่ง สำหรับเหรียญกษาปณ์ที่ระลึกได้จัดวางลวดลายแบบ European Turning ซึ่งจะต้องพลิกในแนวนอนเพื่อดูลวดลายด้านหลัง

**2.1.2.3. เหรียญที่ระลึก (Medal)**

เหรียญที่ระลึกเป็นเหรียญที่ผลิตขึ้นเนื่องในวโรกาสและโอกาสที่สำคัญต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างจากเหรียญกษาปณ์ที่ระลึกตรงที่จะ ไม่มีราคาหน้าเหรียญ เนื่องจากมิใช่เงินตราจึงไม่สามารถใช้ชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย

**2.1.3 ลักษณะของเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนในปัจจุบัน**

ลวดลายบนเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนชุดปัจจุบัน เป็นลวดลายที่แสดงถึงสถาบันชาติ ศาสนาและพระมหากษัตริย์ โดยด้านหน้าเป็นพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เพื่อแสดงถึงสถาบันพระมหากษัตริย์ มีคำว่า " ประเทศไทย " เพื่อแสดงถึงสถาบันชาติและด้านหลังเป็นรูปวัดเพื่อแสดงถึงสถาบันศาสนา โดยเหรียญแต่ละชนิดราคาจะมีวัดสำคัญ ๆ แตกต่างกันไป โดยเหรียญกษาปณ์หมุนเวียนในปัจจุบันจะมีการปรับขนาดและน้ำหนักให้เหมาะสมสะดวกต่อการพกพา การใช้สอยและยากต่อการปลอมแปล การปรับเปลี่ยนรูปลักษณะ อัตราส่วนผสม เป็นต้น

โดยที่ทางผู้จัดทำโครงงานเลือกมาทำการนับและบรรจุนี้มีด้วยกัน 3 ชนิดราคาคือชนิดราคา 10 บาท 5 บาท และ 1 บาท โดยมีลักษะตามรูปที่ 1 รูปที่ 2 และรูปที่ 3 ตามลำดับ

**2.1.3.1. เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 10 บาท**

เป็นเหรียญกษาปณ์โลหะสองสี ลักษณะเหรียญเหรียญกลมวงขอบนอกมีเฟืองจักรสลับเรียบ เส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร น้ำหนัก 8.5 กรัม โดยด้านหน้าเป็นพระบรมรูปของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ด้านหลังเป็นรูปพระปรางค์วัดอรุณราชวงราราม กรุงเทพมหานคร

**รูปที่ 2.1** เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 10 บาท
ที่มา: http://www.royalthaimint.net

**2.1.3.2. เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 5 บาท**

เป็นเหรียญกษาปณ์โลหะสีขาว(ทองแดงผสมนิกเกิล) เคลือบไส้ทองแดงมีลักษณะเป็นเหรียญกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร น้ำหนัก 6 กรัม วงขอบนอกมีเฟืองจักร โดยด้านหน้าเป็นพระบรมรูปของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ด้านหลังเป็นรูปพระอุโบสถวัดเบญจมบพิตรดุสิตวนาราม กรุงเทพมหานคร

**รูปที่ 2.2** เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 5 บาท
ที่มา: http://www.royalthaimint.net

**2.1.3.3. เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 1 บาท**

เป็นเหรียญกษาปณ์โลหะสีขาว ไส้เหล็กชุบนิกเกิล ลักษณะเป็นเหรียญกลม วงขอบนอกมีเฟืองจักร เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร น้ำหนัก 3 กรัม โดยด้านหน้าเป็นพระบรมรูปของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ด้านหลังเป็นรูปพระศรีรัตนเจดีย์วัดพระศรีรัตนศาสดาราม ในพระบรมมหาราชวัง กรุงเทพมหานคร

**รูปที่ 2.3** เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนราคา 1 บาท
ที่มา: http://www.royalthaimint.net

## 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (อังกฤษ: Microcontroller มักย่อว่า μC, uC หรือ MCU) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียูหน่วยความจำและพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าแปลความหมายแบบตรงตัวก็คือ ระบบคอนโทรลขนาดเล็กเรียกอีกอย่างหนึ่งคือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบ วงจรให้เหมาะกับงานต่างๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา อินพุตและเอาต์พุต เพื่อสั่งงานให้ไป ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้อีกด้วย ซึ่งก็นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุคใช้งานได้หลากหลายทั้งทางด้านดิจิทัลและแอนะล็อก ยกตัวอย่างเช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ, ระบบบัตรคิว, ระบบตอกบัตร พนักงานและอื่นๆ ยิ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายการสื่อสารของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วย ดังนั้นการสั่งงานจึงไม่ใช่แค่หน้าแผงวงจร แต่อาจจะเป็นการสั่งงานอยู่คนละซีกโลกผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตก็ได้ (ทันพงษ์, 2559)

### 2.2.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 2.2.1.1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำงาน ประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรมและส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผล

#### 2.2.1.2. หน่วยความจำ (Memory)

สามารถแบ่งออกเป็นหน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียูและเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงและเป็นอีอีพรอม (Erasable Electrically Read Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

#### 2.2.1.3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port)

มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก

ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

**2.2.1.4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS)**

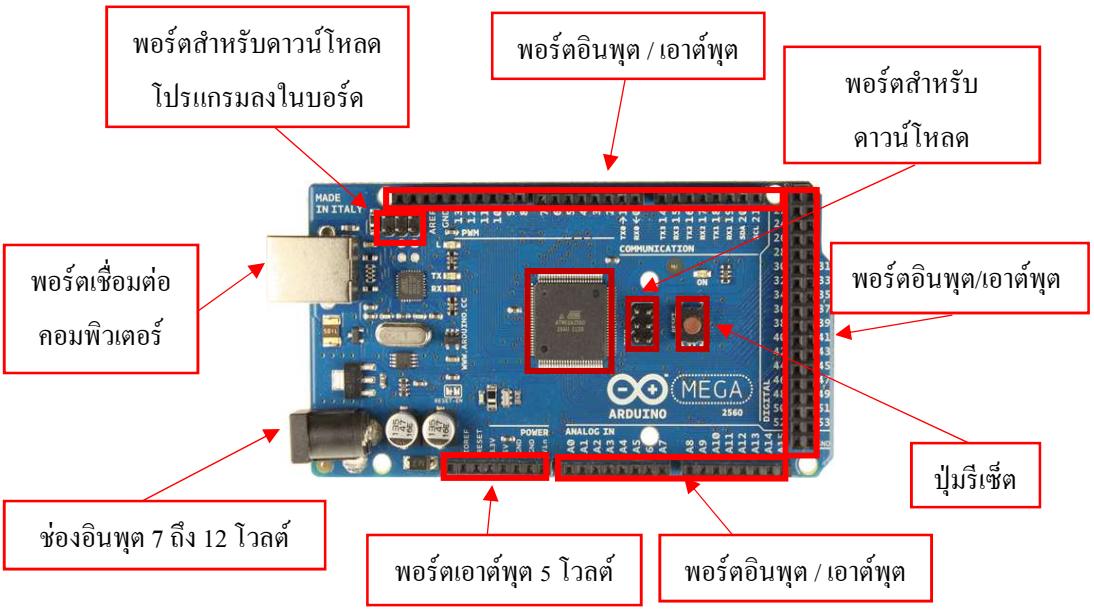
คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus),บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

**2.2.1.5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา**

นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

**2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ (Arduino)**

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดุยโน่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบสำเร็จรูปสร้างโดยบริษัท ATMEL มีขนาดเล็กสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมอุปกรณ์ที่หลากหลาย การทำงานจะใช้ภาษาซีในการโปรแกรมคำสั่งควบคุมการทำงาน จากรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดุยโน่ รุ่น Arduino Mega 2560 R3 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้




**รูปที่ 2.4** บอร์ดอาดุยโน่รุ่น Arduino Mega 2560 R3

บอร์ดอาดุยโน่สำเร็จรูป รุ่น Arduino Mega 2560 R3 เป็นบอร์ดอาดุยโน่ที่ออกแบบสำหรับงานที่ใช้พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตจำนวนมาก เหมาะกับการใช้งานเชื่อมต่อโมดูลหลายๆ โมดูล เช่น โมดูลเซนเซอร์ โมดูลจอแสดงผลแอลซีดี เป็นต้น

## 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

บุญเรือง (2551) กล่าวว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ เป็นต้น

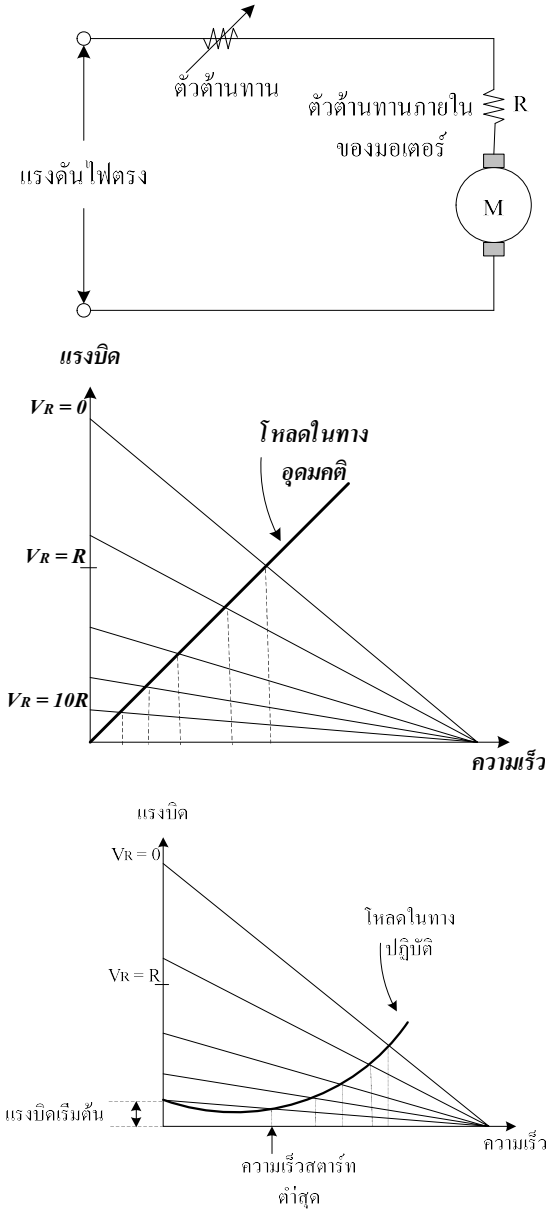
### 2.3.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์เมเจอร์นี้หมุนได้ขณะที่ตัวอาร์เมเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์ หรือ โรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule)

### 2.3.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขั้นพื้นฐาน

#### 2.3.2.1 การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้

เป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดของการควบคุมมอเตอร์คือ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้อนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะกำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในภาวะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะภาวะที่แรงต้านคงที่ เช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เป็นต้น

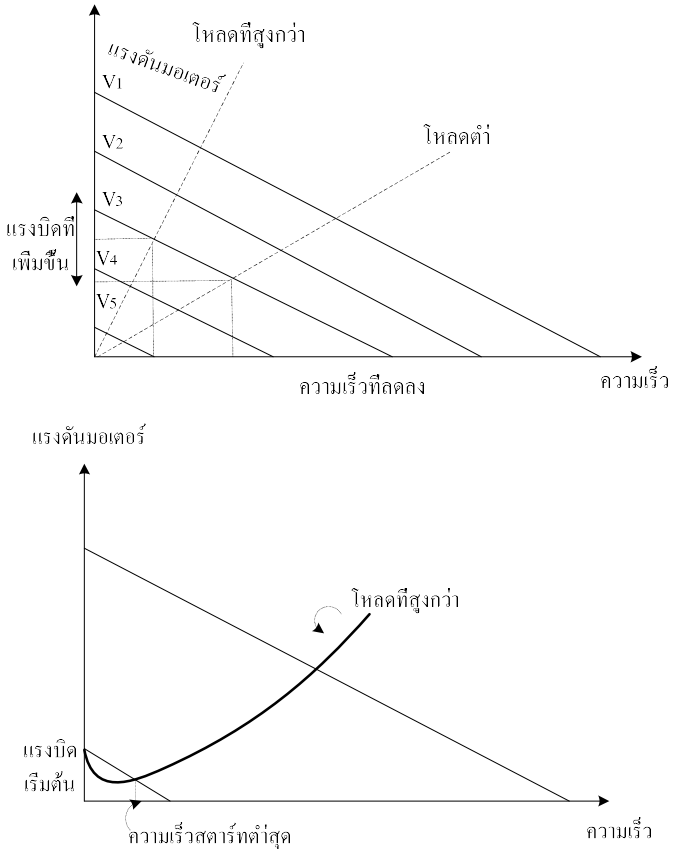



**รูปที่ 2.5** วงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานอนุกรม และกราฟแสดงคุณสมบัติ

ที่มา: http://www.cctc.demon.co.uk/stepper.htm

**2.3.2.2 การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน**

วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรกแต่จะซับซ้อนกว่าต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ที่ทีอัตราขยายกำลังสูงและมอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกัน




**รูปที่ 2.6** การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน
ที่มา: http://www.cctc.demon.co.uk/stepper.htm

**2.3.2.3 การควบคุมแบบพัลส์วิทมอดูเลเตอร์ (Pulse Width Modulation : PWM)**

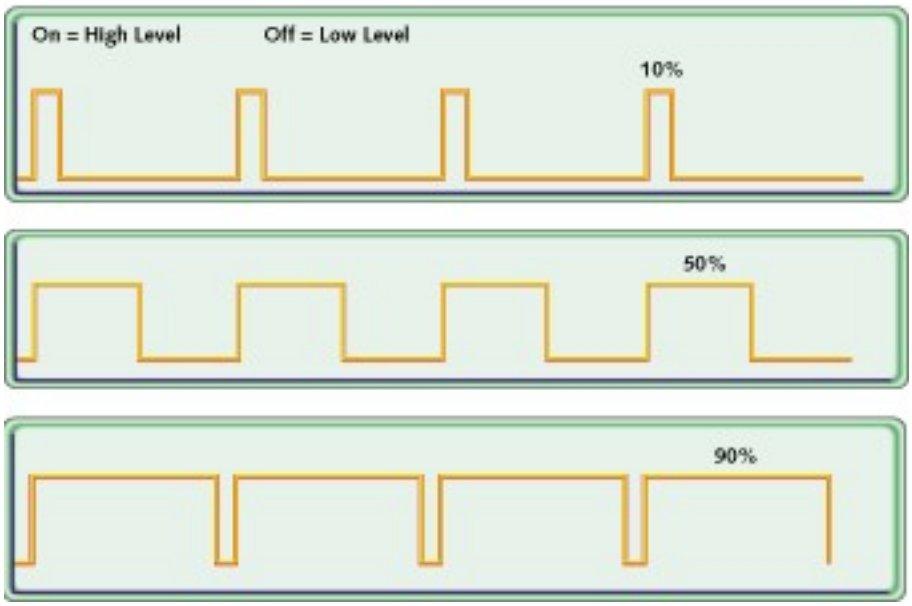
การควบคุมแบบพัลส์วิทมอดูเลเตอร์ คือ การปรับความกว้างของพัลซ์โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน โดยมีเทคนิคสำหรับควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิตอลของไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

**การทำงานของสัญญาณพัลส์วิทมอดูเลเตอร์ (Pulse Width Modulation : PWM)**

รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณ PWM ที่แตกต่างกัน 3 สัญญาณ

- โดยแสดงสัญญาณ PWM ที่ 10% ค่าดิวตี้ไซเคิลคือ สัญญาณในการเปิดจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะปิดเป็น 90% ของคาบสัญญาณ
- โดยแสดงสัญญาณ PWM ที่ 50% ค่าดิวตี้ไซเคิลคือ สัญญาณในการเปิดจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะปิดเป็น 50% ของคาบสัญญาณ
- โดยแสดงสัญญาณ PWM ที่ 90% ค่าดิวตี้ไซเคิลคือ สัญญาณในการเปิดจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะปิดเป็น 10% ของคาบสัญญาณ

เช่น ถ้าแหล่งจ่ายไฟมีไฟ 9 โวลต์ และแสดงค่าอัตราส่วนของเวลาที่ต่างกันเป็น 10% จะได้เอาต์พุต 0.9 โวลต์




**รูปที่ 2.7** แสดงสัญญาณ PWM ซึ่งแสดงค่าดิวตี้ไซเคิลที่ต่างกัน
ที่มา: http://www.cpemma.co.uk/pwm.html

มีหลายเหตุผลว่าทำไม PWM ถึงถูกเลือกใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เช่น :

- PWM ง่ายในการอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ใช้เพียงแค่เอาต์พุตสัญญาณเดียวในการควบคุมความเร็ว
- PWM มีประสิทธิภาพ คือ แหล่งจ่ายไฟจะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้งเปิดและปิดวงจร
- PWM ทำให้ได้ค่า ทอร์ค และ ความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ เป็นเพราะแหล่งจ่ายไฟจะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้งเปิดและปิดวงจร

ซึ่งถ้าใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตัดต่อวงจร เราสามารถจะควบคุมจังหวะในการจ่ายกระแสได้การเปิดและปิดวงจรในสัดส่วนต่างๆกัน ด้วยความถี่ที่เหมาะสมก็จะทำให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วต่างกันตามความต้องการได้ ถ้าความถี่ต่ำไปมอเตอร์ก็จะหมุนแบบกระตุกๆ ไม่เรียบ และ อาจจะได้ยินเสียง จากการสั่นของ ขดลวดทองแดง ถ้าความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต หูเราก็จะไม่ได้ยินเสียงขดลวดสั่นอีกต่อไป และ ที่ความถี่สูงขึ้นไปมากๆ ก็จะเกิดการสูญเสีย พลังงาน ในวงจรมากเกินความจำเป็น

## 2.4 ตัวรับรู้

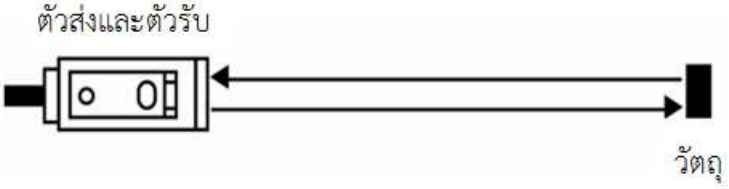
ตัวรับรู้หรือเซนเซอร์คืออุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง การสัมผัส การไหลของน้ำ เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำเซนเซอร์มาใช้งานในหลายรูปแบบ เช่น ใช้บนโทรศัพท์มือถือในหลายรูปแบบ เช่น ระบบตรวจจับความเลื่อนไหว ,ระบบหมุนภาพอัตโนมัติ, เซนเซอร์ปรับมุมมองหน้าจอ, เซนเซอร์ตรวจวัดระดับเสียง, ตรวจวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก, ตรวจจับแสงสว่างสำหรับการปรับแสงบนหน้าจออัตโนมัติและระบบเปิด/ปิดหน้าจออัตโนมัติขณะสนทนาแนบหู เป็นต้น ซึ่งเรามักพบคุณสมบัติเหล่านี้ได้กับโทรศัพท์มือถือ แบบสมาร์ทโฟน ทั้งในระบบ ไอโอเอส และ แอนด์ดรอย

### 2.4.1 โฟโตอิเล็กทริคเซนเซอร์ (Photoelectric Sensors)

โฟโตอิเล็กทริคเซนเซอร์คืออุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง คือการควบคุมแสงที่ใช้ในกระบวนการผลิตอัตโนมัติต่างๆ โดยทำงานตรวจจับแสงที่มองเห็นหรือแสงที่มองไม่เห็นและตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับโดยโฟโตอิเล็กทริคเซนเซอร์สามารถแบ่งได้หลักๆ 3 ประเภท

#### 2.4.1.1. สะท้อนวัตถุโดยตรง (Diffuse Mode)

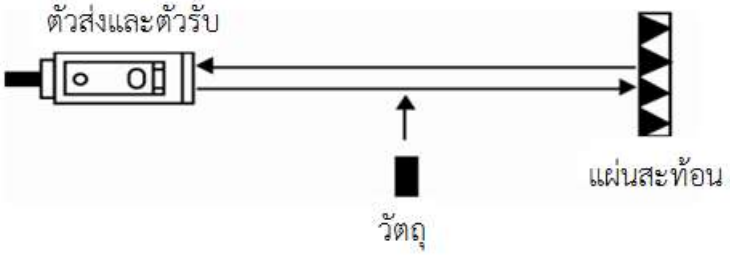
เป็นเซนเซอร์ที่อาศัยหลักการยิงแสงไปที่วัตถุแล้วสะท้อนกลับมา ซึ่งเซนเซอร์ลักษณะนี้นิยมใช้งานโดยทั่วไป เนื่องจากใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย เพราะใช้ผิววัตถุที่ตรวจจับเป็นตัวสะท้อนแสงกลับมา




**รูปที่ 2.8** สะท้อนวัตถุโดยตรงของเซนเซอร์

#### 2.4.1.2. สะท้อนวัตถุโดยตรงแบบจำกัดลำแสง (Retroreflective Mode)

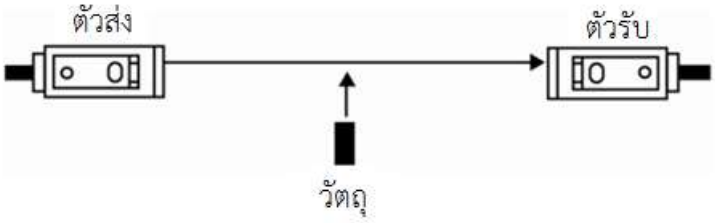
เป็นเซนเซอร์ที่ต้องอาศัยแผ่นสะท้อนและเป็นตัวสะท้อนแสงกลับมา ซึ่งเซนเซอร์ลักษณะนี้สามารถนำไปใช้งานได้ดีในบริเวณที่มีการจำกัดพื้นที่การติดตั้ง นอกจากนี้แผ่นสะท้อน ยังส่งผลทำให้ระยะการตรวจจับวัตถุ สามารถทำได้ไกลขึ้น




**รูปที่ 2.9** สะท้อนวัตถุโดยตรงแบบจำกัดลำแสงของเซนเซอร์

**2.4.1.3. มีตัวส่งและตัวรับแยกกัน (Opposed Mode)**

เป็นเซนเซอร์แบบที่ใช้ตัวส่งและตัวรับ เนื่องจากเซนเซอร์ลักษณะนี้มีทั้งตัวส่งและตัวรับ ดังนั้นจึงทำให้ระยะการตรวจจับวัตถุสามารถตรวจจับได้ระยะไกลมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นมากกว่าปกติได้




**รูปที่ 2.10** เซนเซอร์ที่มีตัวส่งและตัวรับแยกกัน

## 2.5 ชุดขับมอเตอร์L298N

เซเรฟ (2559) กล่าวว่า L298N เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิดผสม ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 วงจรผสมของ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (Pulse Width Modulation) พีดับเบิลยูเอ็ม หมายถึง การควบคุมช่วงจังหวะการทำงานของอิเล็กตรอนคือสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มช่วยควบคุมแรงดันสูงที่มอเตอร์ได้รับในขณะที่ที่มอเตอร์มีความเร็วคงที่แล้วถูกสั่งให้หยุดทำงานทันที

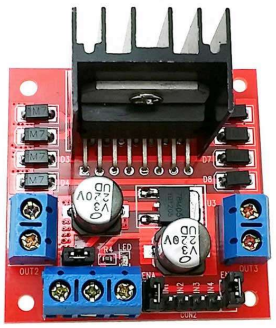
**ข้อมูลจำเพาะ**

1) Dual H bridge Drive Chip : L298N
2) แรงดันสัญญาณลอจิก : 5 โวลต์ Drive voltage: 5 โวลต์ ถึง 35 โวลต์
3) กระแสของสัญญาณลอจิก : 0-36 มิลลิแอมป์
4) กระแสขับมอเตอร์ : สูงสุดที่ 2 แอมป์ (เมื่อใช้มอเตอร์เดียว)
5) กำลังไฟฟ้าสูงสุด : 25 วัตต์

6) ขนาด : 43 x 43 x 26 มิลลิเมตร น้ำหนัก : 26 กรัม *(ในตัวบอร์ด สามารถจ่ายไฟออกจากช่อง 5โวลต์ เพื่อจ่ายให้บอร์ด อาดุยโน่ได้ เมื่อต่อไฟเลี้ยงเข้าที่ช่อง 12โวลต์)

**รายละเอียดของบอร์ด**

- เอาต์พุต1: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
- เอาต์พุต2: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
- เอาต์พุต3: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
- เอาต์พุต4: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
- 12โวลต์: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 12 โวลต์ (ต่อได้ตั้งแต่ 5 โวลต์ ถึง 35 โวลต์)
- GND: ช่องต่อไฟลบ (Ground)
- 5โวลต์: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5 โวลต์ (หากมีการต่อไฟเลี้ยงที่ช่อง 12 โวลต์ แล้ว
- ช่องนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟออก เป็น 5 โวลต์ เอาต์พุต
- สามารถต่อไฟจากช่องนี้ไปเลี้ยงบอร์ดอาดุยโน่ได้
- ENA:ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A
- อินพุต1: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
- อินพุต2: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
- อินพุต3: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
- อินพุต4: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
- ENB: ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B



**รูปที่ 2.11** ชุดขับมอเตอร์L298N

ที่มา: https://www.cytron.io/p-md-l298n

## 2.6 จอแสดงผลแอลซีดี

จอแสดงผลแอลซีดี (liquid crystal display หรือ LCD) หรือเรียกว่า “จอภาพผลึกเหลว” โดยจอชนิดนี้ถือกำเนิดขึ้นในปี ค.ศ 1963 โดยถูกนำมาใช้ครั้งแรกกับกลุ่มเครื่องคิดเลขและนาฬิกาในรูปแบบขาวดำ โดยการทำงานของจอแอลซีดีทั่วไปนั้น ภายในจะประกอบไปด้วยผลึกเหลวเรียงตัวกันอยู่ภายใน โดยมีลักษณะกึ่งแข็ง กึ่งเหลวและมีความโปร่งใสในตัว จะต้องมีแหล่งกำเนิดแสงจากหลอดที่อยู่ด้านหลังจอ เรียกว่าหลอดซีซีเอฟแอล (cold-cathode fluorescent lamps) ซึ่งเป็นแสงสีขาว โดยแสงนี้จะผ่านแผ่นกระจายแสง ทำหน้าที่กระจายแสงออกไปให้เท่ากันทั้งจอจากนั้นจะผ่านแผ่นกรองแสงเพื่อกรองเฉพาะคลื่นแสงแนวนอน ในส่วนชั้นผลึกเหลวจะถูกกระตุ้นจากกระแสไฟฟ้าและเกิดการบิดตัวขึ้นและแสงจะส่องผ่านผลึกเหลวและเกิดการหักเหแสง จากนั้นแสงจะส่องผ่านฟิลเตอร์สามสี คือ แดง เขียว น้ำเงิน จากนั้นผ่านตัวกรองแสงชั้นนอกอีกชั้นซึ่งชั้นนี้จะกรองเฉพาะคลื่นแสงแนวตั้ง โดยบริเวณที่ผลึกเหลวบิดตัว 90 องศา (หรือมากกว่า) บริเวณนั้นจะมีแสงผ่านจากแสงฉากหลังมากจะเกิดเป็นความสว่างของจอ บริเวณที่ผลึกเหลวบิดตัวน้อย บริเวณนั้นจะมีแสงผ่านจากแสงฉากหลังออกมาน้อยและบริเวณที่ผลึกเหลวไม่บิดตัว บริเวณนั้นจะไม่มีแสงผ่านจากแสงฉากหลังออกมาเลย ซึ่งเหตุการณ์ทั้งสามนี้รูปแบบนี้จะเกิดการผสมสีจากปริมาณแสงที่สามารถผ่านออกมาได้จากผลึกเหลวและผ่านตัวกรองแสงสีและเกิดเป็นภาพให้เราเห็นขึ้นมา

**รูปที่ 2.12** จอแสดงผลแอลซีดี

ที่มา: https://www.thingbits.net/products/standard-lcd-16x2-display

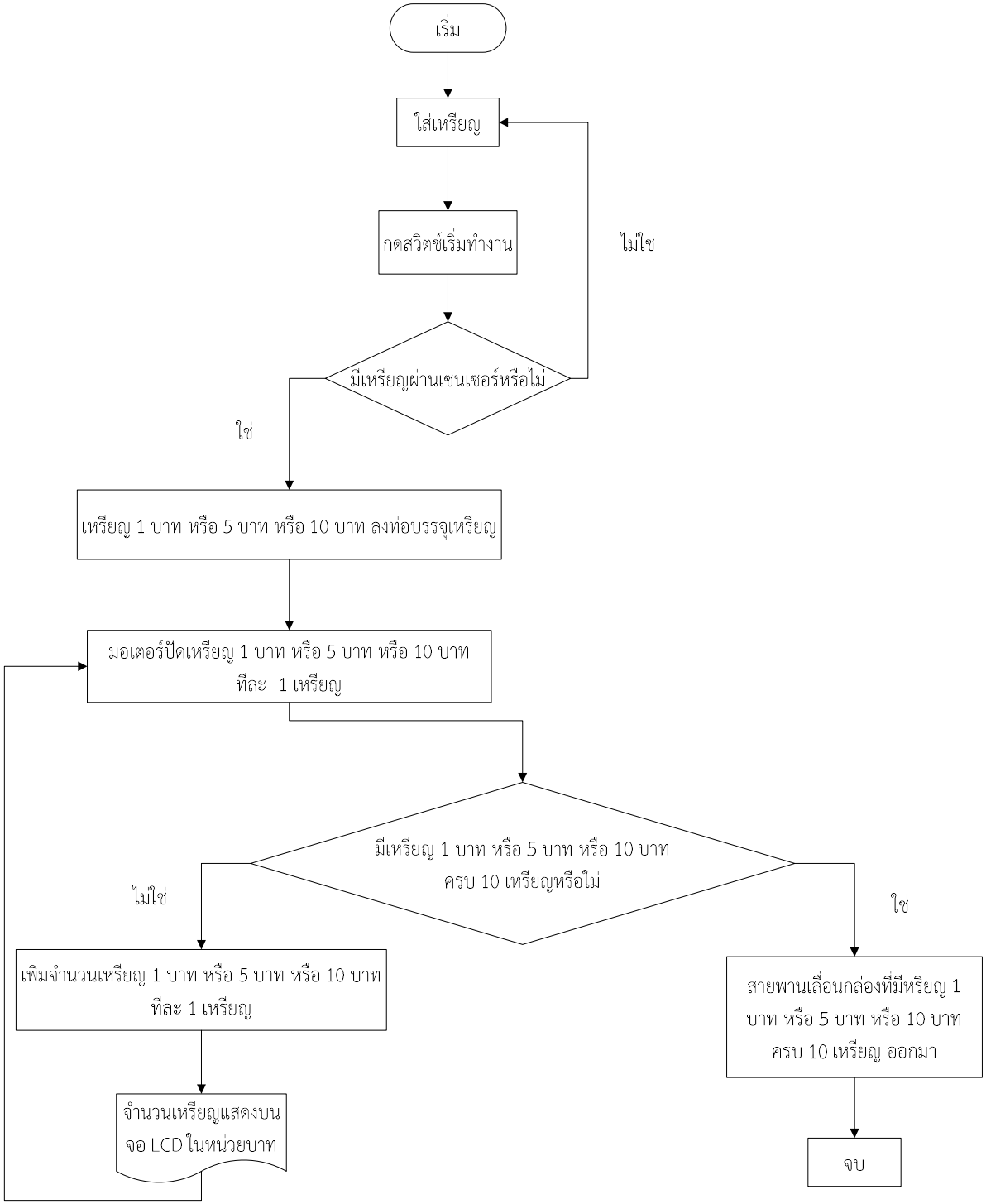
# บทที่3
# วิธีดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะรวบรวมขั้นตอนการทำงาน โครงสร้างของเครื่องนับและบรรจุเหรียญ รวมถึงโปรแกรมภาษาซีที่ช่วยในการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นจะมีการทำงานที่สัมพันธ์กันของขั้นตอนการทำงานคือ ลำดับในการแยกเหรียญ การชะลอความเร็วของเหรียญ การนับเหรียญด้วยเซนเซอร์และการบรรจุเหรียญออกมาเป็นชุด

หลังจากศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานในบทที่ผ่านมา สามารถนำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ โดยสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญที่สามารถนับและบรรจุเหรียญออกมาเป็นชุดชุดละสิบเหรียญ ซึ่งสั่งการจากตัวโปรแกรมภาษาซีที่เขียนลงในบอร์ดควบคุม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

## 3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องนับเละบรรจุเหรียญ

โดยมีโครงสร้างภายในของเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วนในการแยกเหรียญแต่ละชนิด ซึ่งในส่วนนี้จะทำงานโดยใส่เหรียญลงไปบนถาดใส่เหรียญแล้วทำการเปิดสวิตซ์ของมอเตอร์สั่นเพื่อให้ถาดเกิดการสั่นทำให้เหรียญที่ใส่ไว้เกิดการเคลื่อนที่ไหลไปยังรางแยกเหรียญซึ่งรางแยกเหรียญจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญเพื่อแยกเหรียญแต่ละชนิดออกจากกันโดยเหรียญที่ถูกแยกแล้วจะถูกบรรจุอยู่ในท่อบรรจุเหรียญ ต่อมาเป็นส่วนที่สอง ซึ่งเป็นส่วนในการนับจำนวนเหรียญโดยใช้เซนเซอร์แสง เมื่อเหรียญถูกแยกอยู่ในท่อบรรจุแล้วมอเตอร์ที่ติดตั้งไว้ด้านล่างของท่อบรรจุเหรียญจะทำงานเพื่อปัดเหรียญให้ผ่านเซนเซอร์นับเหรียญทีละเหรียญเพื่อทำการนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิด และทำการแสดงจำนวนเหรียญที่นับได้บนหน้าจอแอลซีดีในหน่วยบาท ส่วนสุดท้าย คือ ส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนในการบรรจุเหรียญ โดยจะทำงานสอดคล้องกับส่วนที่สองซึ่งนับจำนวนเหรียญโดยเมื่อเซนเซอร์นับจำนวนเหรียญชนิดใดครบ 10 เหรียญก่อน เหรียญชนิดนั้นจะถูกบรรจุใส่กล่องบรรจุเหรียญที่วางอยู่บนสายพานลำเลียง เพื่อลำเลียงกล่องบรรจุเหรียญออกมายังด้านหน้าของตัวเครื่อง ทำงานวนลูปเช่นนี้จนกว่าเหรียญที่ต้องการแยกจะหมด ขั้นตอนการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญสามารถอธิบายทั้งชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาทตามผังงานดังแสดงในรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ

## 3.2 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญมีการออกแบบโดยมีขนาดและรูปแบบแต่ละส่วนได้ถูกออกแบบไว้ดังนี้

### 3.2.1 ส่วนของโครงสร้าง

ต้นแบบเครื่องนับและบรรจุเหรียญมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบสีเหลี่ยมพื้นผ้าโดยใช้อะคริลิกมาประกอบชิ้นส่วนและยึดติดเข้าด้วยกันซึ่งโครงสร้างกล่องมีขนาดกว้าง 25×35 เซนติเมตร และสูง 50 เซนติเมตร ส่วนช่องด้านบนมีช่องขนาด 25×27 เซนติเมตรซึ่งเป็นช่องสำหรับใส่เหรียญ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

**รูปที่ 3.2** โครงสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญ

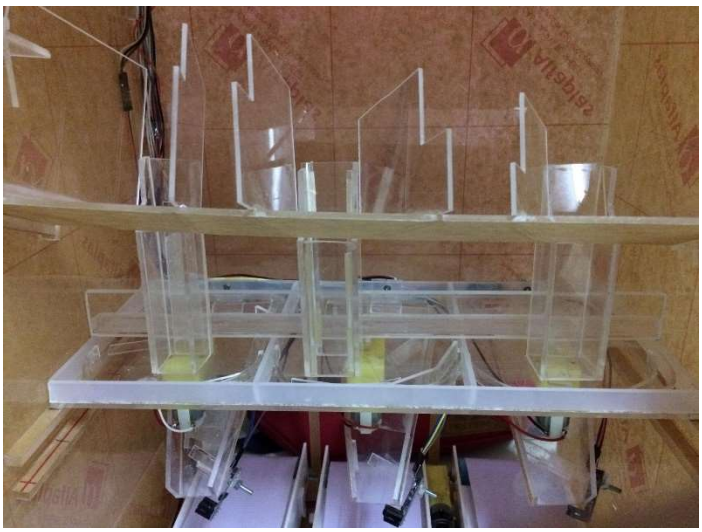
### 3.2.2 ส่วนที่ใส่เหรียญและแยกเหรียญ

ส่วนที่หนึ่งคือส่วนที่ใส่เหรียญมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากวางตัวในแนวนอนทำมุมประมาณ45องศา เพื่อให้เหรียญถูกมอเตอร์สั่นที่อยู่ด้านล่างของส่วนที่ใส่เหรียญนี้ไหลลงไปสู่ส่วนในการแยกเหรียญได้อย่างสะดวก ส่วนที่สองคือส่วนที่ใช้ในการแยกเหรียญมีลักษณะเป็นรางที่มีการเจาะช่องตามขนาดของเหรียญแต่ละชนิด โดยเหรียญที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยที่สุดคือเหรียญ 1 บาท จะถูกแยกออกมาก่อนตามด้วยเหรียญ 5 บาท และ 10 บาท ตามลำดับ

**รูปที่ 3.3** ส่วนไว้สำหรับใส่เหรียญและแยกเหรียญ

### 3.2.3 ส่วนของท่อรับเหรียญและมอเตอร์สำหรับปัดเหรียญ

ส่วนที่สามจะเป็นส่วนของท่อบรรจุเหรียญมีลักษณะเป็นท่อสี่เหลี่ยมที่มีขนาดตามขนาดของเหรียญทั้งสามชนิดราคา มีหน้าที่เป็นจุดพักเหรียญที่ผ่านการแยกแล้วรอการปัดของมอเตอร์ปัดเหรียญ ส่วนที่สี่เป็นส่วนของมอเตอร์ปัดเหรียญเพื่อให้เหรียญไหลผ่านรางด้านล่างไปผ่านเซนเซอร์ที่ใช้ในการนับเหรียญมีลักษณะเป็นมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กต่อกับใบพัดที่ทำจากแผ่นอะคลิลิค

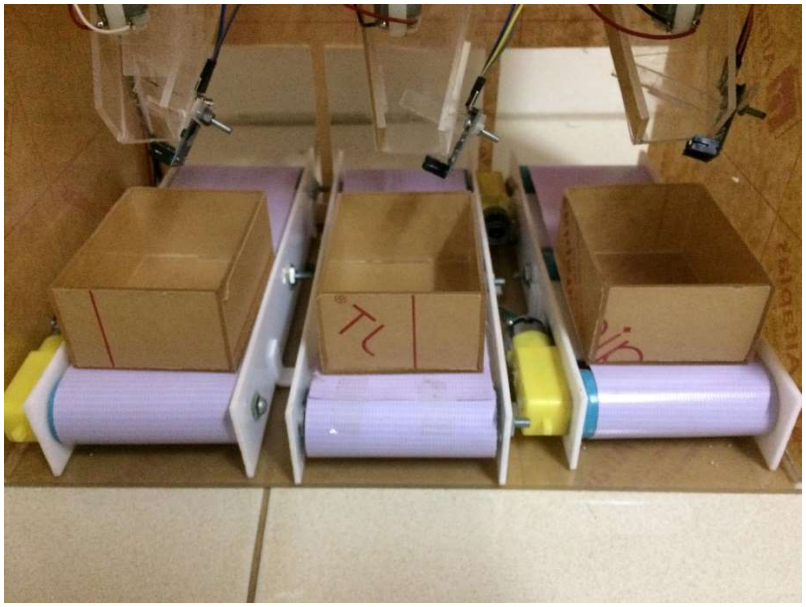


**รูปที่ 3.4** ส่วนของท่อรับเหรียญและมอเตอร์สำหรับปัดเหรียญ

### 3.2.4 ส่วนของกล่องบรรจุเหรียญและสายพานลำเลียงกล่องบรรจุเหรียญ

ส่วนที่ห้าเป็นส่วนของกล่องบรรจุเหรียญและสายพานลำเลียงกล่องบรรจุเหรียญ โดยมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กวางอยู่บนสายพานที่ทำจากผ้าไวนิล แกนสายพานทำจากท่อพีวีซีที่ต่อเข้ากับมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็ก มีหน้าที่คือเมื่อเหรียญไหลผ่านเซนเซอร์นับเหรียญครบ 10

เหรียญลงสู่กล่องบรรจุเหรียญกล่องจะถูกสายพานลำเลียงออกมาสู่ด้านหน้าตัวเครื่องเป็นอันจบกระบวนการทำงาน



**รูปที่ 3.5** ส่วนของกล่องบรรจุเหรียญและสายพานลำเลียงกล่องบรรจุเหรียญ

## 3.3 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญ

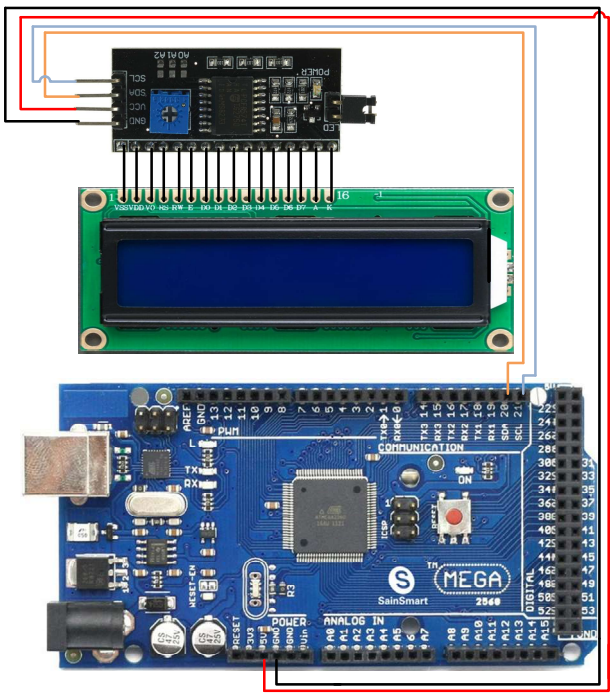
### 3.3.1 จอแสดงผลแอลซีดี

การควบคุมการแสดงผลของจอแอลซีดี(I2C) ในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอแอลซีดีจะมีส่วนควบคุมอยู่ในตัว ผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งจอแอลซีดีได้ตามต้องการ สำหรับควบคุมการทำงานของจอแอลซีดีที่ต่อกับ I2C เหมือนกันกับจอแอลซีดีแบบที่ไม่ได้ต่อกับ I2C คือรหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกันแต่ต่างกันตรงที่รูปแบบในการรับส่งข้อมูล กรณีจอแอลซีดี 16x2 ที่มีการส่งข้อมูลรูปแบบ I2C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น

1. GND เป็น กราวด์ ใช้ต่อระหว่าง กราวด์ ของระบบ ไมโครคอนโทลเลอร์ กับ จอแอลซีดี
2. VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับแอลซีดีมีขนาด +5 โวลต์
3. SDA (Serial Data) เป็นขาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล
4. SCL (Serial Clock) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูล

การเชื่อมต่อระหว่าง ไมโครคอนโทลเลอร์ กับ แอลซีดี(I2C) สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทลเลอร์ กับ แอลซีดี ที่มีบอร์ด I2C อยู่แล้วนั้น การส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทลเลอร์ จะถูกส่งออกมาในรูปแบบ I2C ไปยังบอร์ด I2C และบอร์ดจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบปกติที่เหมือนกรณีไม่ได้เชื่อมต่อ I2C โดยที่รหัสคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจอแอลซีดีจะเหมือนกับแบบ

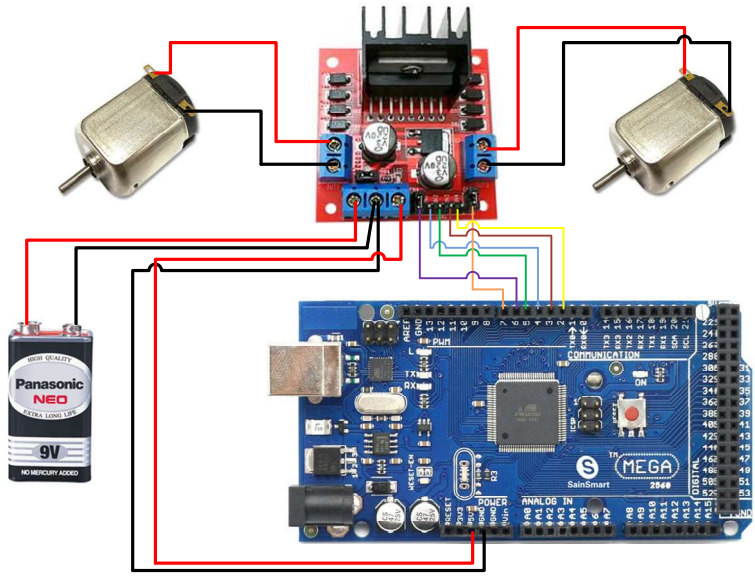
ขนานที่ไม่ได้ต่อตัว I2C โดยส่วนใหญ่บอร์ด I2C จะเชื่อมต่อกับตัวควบคุมของจอแอลซีดีเพียง 4 บิต เท่านั้น



**รูปที่ 3.6** แสดงการต่อจอแอลซีดีขนาดเล็กกับ I2C

### 3.3.2 วงจรชุดขับมอเตอร์

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์ปัดเหรียญและมอเตอร์สายพาน จะใช้ชุดขับมอเตอร์ L298N เป็นวงจรควบคุม มีวิธีการต่อวงจรด้านอินพุตของคือ ต่อกราวด์และรับแรงดัน 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่ จากนั้นต่อ IN1 IN2 และENB ของมอเตอร์ตัวที่ 1 เข้าที่พอร์ตดิจิทัล D2 D3 และ D6 ตามลำดับ จากนั้นมอเตอร์ตัวที่ 2 จะต่อ IN3 IN4 และENB ของมอเตอร์ตัวที่ 2 เข้าที่พอร์ตดิจิทัล D4 D5 และ D7 ตามลำดับ ส่วนที่ต่อทางด้าน ENB จะทำหน้าที่ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ แล้วทางด้านเอาต์พุตของวงจร จะนำขั้วบวกและขั้วลบของมอเตอร์ต่อเข้ากับขาคอมมอน (Common) ของชุดขับมอเตอร์ จากนั้นต่อไฟเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบจากแบตเตอรี่ตามลำดับ แสดงลักษณะการต่อวงจรได้ดังรูปที่ 3.3




**รูปที่ 3.7** แสดงการต่อวงจรชุดขับมอเตอร์

### 3.3.3 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

ใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่ใช้หลักการสะท้อนของแสงโดยมีหลอดแอลอีดีอินฟราเรดทำหน้าที่ส่งแสงและมีโฟโต้ทรานซิสเตอร์รับแสง ทำงานที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ สามารถตรวจจับวัตถุได้ในระยะ 2 ถึง 8 เซนติเมตร มีลักษณะการต่อวงจรแสดงดังรูป 3.4 โดยนำเอาต์พุตต่อเข้าที่พอร์ตแอนะล็อก A11 ของบอร์ดอาดุยโน่ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุนี้ถูกติดตั้งไว้บริเวณใต้ฐานของฝาปิดด้านหน้า

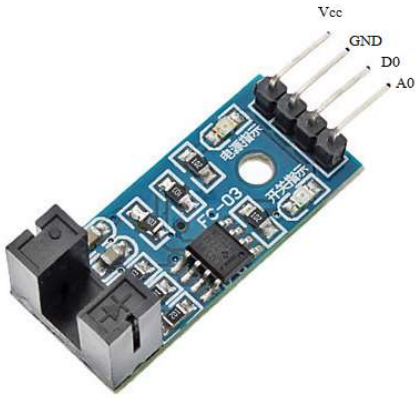
**รูปที่ 3.8** โมดูลตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรด

### 3.3.4 เซนเซอร์นับจำนวน

เซนเซอร์สำหรับอาดุยโนใช้สำหรับนับจำนวน ให้สัญญาณลอจิก 1 เมื่อมีวัตถุมาบังในร่องของเซนเซอร์นำไปประยุคใช้กับการนับเมื่อมีเหรียญผ่านร่อง พร้อมหลอดไฟแอลอีดีแสดงการทำงาน ตัวโมดูลเซนเซอร์จะมีขาให้ใช้งานทั้งหมด 4 ขา มี 2 ขาสำหรับจ่ายไฟ และอีก 2 ขา สำหรับส่งสัญญาณออกมาเมื่อตรวจพบวัตถุ

- ขา VCC สำหรับต่อไฟบวก 3.3 – 5 โวลต์
- ขา GND

- ขา D0 เป็นขาส่งสัญญาณ HIGH (ลอจิก 1) ออกมา เมื่อตรวจพบวัตถุ
- ขา A0 เป็นขาสำหรับปล่อยสัญญาณแบบอนาล็อกออกมา ขานี้จะถูกใช้งานเมื่อวัตถุมีลักษณะโปร่งแสง ทำให้ต้องอ่านค่าอย่างละเอียดจากตัวเซนเซอร์




**รูปที่ 3.9** เซนเซอร์นับจำนวน

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการทดลองการทำงานของเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ โดยใช้เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 , 5 และ 10 บาทผ่านเซนเซอร์ตรวจจับเหรียญ ซึ่งจะแบ่งการทดลองได้ดังนี้

4.1 การทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญแต่ละชนิด

4.2 การทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญ

4.3 การทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญ

## 4.1 การทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญแต่ละชนิด

การทดลองนี้เป็นการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญแต่ละชนิด โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญครั้งละชนิด

กรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน

**ขั้นตอนในการทดลอง**

1) เตรียมเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ชนิดละ 30 เหรียญ

2) ทำการทดลองในกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญครั้งละชนิด โดยใส่เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท พร้อมกันลงในถาดใส่เหรียญจำนวน 30 เหรียญ

3) กดเปิดสวิตช์เพื่อให้ถาดใส่เหรียญทำการแยกเหรียญ เมื่อไม่มีเหรียญบนถาดใส่เหรียญให้กดปิดสวิตช์

4) นับจำนวนเหรียญในท่อบรรจุเหรียญ จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.1 ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง นำค่าในตารางมาคำนวณหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน

5) ทำการทดลองตามข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 4 แต่เปลี่ยนเป็นเหรียญชนิดราคา 5 บาทและ 10 บาท ตามลำดับ จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2 และ 4.3

6) ทำการทดลองในกรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน โดยใส่เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท ราคา 5 บาท และราคา 10 บาท ชนิดละ 10 เหรียญ พร้อมกันลงในถาดใส่เหรียญ

7) ทำการทดลองตามข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 4 จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.4

**สูตรคำนวณหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน**

$$\text{Error} = \frac{\text{result value - actual value}}{\text{actual value}} \times 100 \qquad \textbf{(4.1)}$$

เมื่อ

Result value คือ จำนวนเหรียญที่ใส่ทั้งหมด

Actual value คือ เหรียญที่แยกหรือนับได้

(แล้วนำผลไปบันทึกในตาราง)

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 1 บาทจำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนที่แยกได้ (เหรียญ) | จำนวนที่แยกได้ (ร้อยละ) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| 2 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 3 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 4 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 5 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 0.6 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.1 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการแยกเหรียญชนิด 1 บาท นั้นมีความผิดพลาด 0.6%

**ตารางที่ 4.2** ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 5 บาทจำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนที่แยกได้ (เหรียญ) | จำนวนที่แยกได้ (ร้อยละ) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 2 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 3 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 4 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| 5 | 30 | 30 | 30 | 0 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 0.6 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.2 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการแยกเหรียญชนิด 5 บาท นั้นมีความผิดพลาด 0.6%

**ตารางที่ 4.3** ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 10 บาทจำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนที่แยกได้ (เหรียญ) | จำนวนที่แยกได้ (ร้อยละ) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 30 | 30 | 0 |
| 2 | 30 | 30 | 30 | 0 |
| 3 | 30 | 30 | 30 | 0 |
| 4 | 30 | 30 | 30 | 0 |
| 5 | 30 | 30 | 30 | 0 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 0 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.3 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการแยกเหรียญชนิด 10 บาท นั้นไม่พบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน

**ตารางที่ 4.4** ผลการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญ 1 บาท 5 บาทและ 10 บาท จำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนที่แยกได้ (เหรียญ) | | | จำนวนที่แยกได้ (ร้อยละ) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1บาท | 5บาท | 10บาท | | |
| 1 | 30 | 9 | 9 | 10 | 93 | 7 |
| 2 | 30 | 10 | 10 | 10 | 100 | 0 |
| 3 | 30 | 10 | 10 | 10 | 100 | 0 |
| 4 | 30 | 10 | 10 | 10 | 100 | 0 |
| 5 | 30 | 9 | 9 | 10 | 93 | 7 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | | | 2.8 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.4 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการแยกเหรียญชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ10 บาทนั้นมีความผิดพลาด 2.8%

จากการทดลองที่ 4.1 พบว่า ในกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญครั้งละชนิดเหรียญ 1 บาท และ 5 บาท มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.6% เนื่องจากเหรียญ 1 บาท และ 5 บาท มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่าเหรียญ 10 บาท ทำให้ขณะที่เหรียญตกจากถาดใส่เหรียญลงบนรางแยกเหรียญพร้อมกันนั้น เหรียญจะมีทิศทางการไหลที่ไม่แน่นอน ซึ่งในบางครั้งเหรียญจึงไม่ผ่านช่องบนรางแยกเหรียญ ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการแยกเหรียญทั้ง 2 ชนิด

ขึ้น ส่วนในกรณีเหรียญ 10 บาท ที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ทำให้เหรียญมีทิศทางการไหลบนรางแยกเหรียญที่แน่นอน จึงไม่เกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการแยกเหรียญ กรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการแยกเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.8% ซึ่งมากกว่ากรณีที่ 1 เนื่องจาก การแยกเหรียญพร้อมกันทั้ง 3 ชนิด ขณะที่เหรียญตกไปบนรางแยกเหรียญ เหรียญจะเกิดการชนกันและซ้อนกันขึ้นตลอดเวลา ทำให้ทิศทางการกลิ้งของเหรียญทั้ง 3 ชนิดบนรางแยกเหรียญเกิดความไม่แน่นอน มีโอกาสที่เหรียญจะไม่ผ่านช่องบนรางแยกเหรียญมากกว่าในกรณีที่ 1

## 4.2 การทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญ

การทดลองนี้เป็นการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญครั้งละชนิด และกรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน

**ขั้นตอนในการทดลอง**

1) เตรียมเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ชนิดละ 30 เหรียญ

2) ทำการทดลองในกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญครั้งละชนิด โดยใส่เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท พร้อมกันลงในถาดใส่เหรียญจำนวน 30 เหรียญ

3) กดเปิดสวิตช์เพื่อให้ถาดใส่เหรียญทำการแยกเหรียญ เมื่อไม่มีเหรียญบนถาดใส่เหรียญให้กดปิดสวิตช์

4) อ่านค่าจำนวนเหรียญที่นับได้บนหน้าจอแอลซีดี จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.5 ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง นำค่าในตารางมาคำนวณหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน

5) ทำการทดลองตามข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 4 แต่เปลี่ยนเป็นเหรียญชนิดราคา 5 บาทและ 10 บาท ตามลำดับ จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.6 และ 4.7

6) ทำการทดลองในกรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน โดยใส่เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท ราคา 5 บาท และราคา 10 บาท ชนิดละ 10 เหรียญพร้อมกันลงในถาดใส่เหรียญ

7) ทำการทดลองตามข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 4 จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.5** ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 1 บาทจำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (ร้อยละ) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 27 | 90 | 10 |
| 2 | 30 | 28 | 93 | 7 |
| 3 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| 4 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 5 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 4.6 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.5 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการนับเหรียญชนิด 1 บาท นั้นมีความผิดพลาด 4.6%

**ตารางที่ 4.6** ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 5 บาทจำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (ร้อยละ) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| 2 | 30 | 27 | 90 | 10 |
| 3 | 30 | 28 | 93 | 7 |
| 4 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| 5 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 4.6 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.6 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการนับเหรียญชนิด 5 บาท นั้นมีความผิดพลาด 4.6%

**ตารางที่ 4.7** ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 10 บาทจำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (ร้อยละ) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| 2 | 30 | 29 | 97 | 3 |
| 3 | 30 | 30 | 100 | 0 |
| 4 | 30 | 27 | 90 | 10 |
| 5 | 30 | 28 | 93 | 7 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 4.6 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.7 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการนับเหรียญชนิด 10 บาท นั้นมีความผิดพลาด 4.6%

**ตารางที่ 4.8** ผลการทดลองความแม่นยำในการนับเหรียญ 1 บาท 5 บาทและ 10 บาท จำนวน 30 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (ชนิดละ10 เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (เหรียญ) | | | จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี (ร้อยละ) | | | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1บาท | 5บาท | 10บาท | 1บาท | 5บาท | 10บาท | |
| 1 | 30 | 9 | 9 | 10 | 90 | 90 | 100 | 7 |
| 2 | 30 | 9 | 9 | 9 | 90 | 90 | 90 | 10 |
| 3 | 30 | 10 | 9 | 10 | 100 | 90 | 100 | 3 |
| 4 | 30 | 9 | 10 | 10 | 90 | 100 | 100 | 3 |
| 5 | 30 | 10 | 9 | 9 | 100 | 90 | 90 | 7 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | | | | | 6 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.8 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการนับเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน นั้นมีความผิดพลาด 6%

จากการทดลองที่ 4.2 พบว่า ในกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญครั้งละชนิด พบว่า เหรียญ 1 บาท 5 บาท และ10 บาท มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการนับเหรียญเท่ากันคือ 4.6% เนื่องจาก เหรียญทั้ง 3 ชนิด ขณะถูกมอเตอร์ปัดให้ไหลลงบนรางเพื่อผ่านเซนเซอร์

นับเหรียญ เหรียญจะมีความเร็วในการไหลที่สูง ทำให้ขณะที่เหรียญผ่านเซนเซอร์ในบางครั้งไม่สามารถนับเหรียญได้ทัน จึงทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการนับเหรียญ ส่วนกรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการนับเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการนับเท่ากับ 6% ซึ่งมากกว่าในกรณีที่ 1 เนื่องจาก ในกรณีที่ 2 ความผิดพลาดในการนับเหรียญ อาจเกิดจากการนับเหรียญที่ผิดพลาด 2 ชนิดพร้อมกัน หรือทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน ซึ่งในกรณีที่ 1 ความผิดพลาดเกิดจากเหรียญเพียง 1 ชนิดเท่านั้น

## 4.3 การทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญ

การทดลองนี้เป็นการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญแต่ละชนิด โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญทีละชนิด และกรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน

**ขั้นตอนในการทดลอง**

1) เตรียมเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ชนิดละ 30 เหรียญ

2) ทำการทดลองในกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญครั้งละชนิด โดยใส่เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท พร้อมกันลงในถาดใส่เหรียญจำนวน 30 เหรียญ

3) กดเปิดสวิตช์เพื่อให้ถาดใส่เหรียญทำการแยกเหรียญ เมื่อไม่มีเหรียญบนถาดใส่เหรียญให้กดปิดสวิตช์

4) นับจำนวนเหรียญในกล่องบรรจุเหรียญที่ได้ จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.9 ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง นำค่าในตารางมาคำนวณหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน

5) ทำการทดลองตามข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 4 แต่เปลี่ยนเป็นเหรียญชนิดราคา 5 บาทและ 10 บาท ตามลำดับ จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.10 และ 4.11

6) ทำการทดลองในกรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน โดยใส่เหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท ราคา 5 บาท และราคา 10 บาท ชนิดละ 10 เหรียญ พร้อมกันลงในถาดใส่เหรียญ

7) ทำการทดลองตามข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 4 จากนั้นบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.9** ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 1 บาท

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่นับได้ (เหรียญ) | จำนวนชุดที่บรรจุได้ (10 เหรียญ =1 ชุด) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| 2 | 30 | 28 | 2 | 33.33 |
| 3 | 30 | 28 | 2 | 33.33 |
| 4 | 30 | 30 | 3 | 0 |
| 5 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 26.66 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.9 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการบรรจุเหรียญชนิด 1 บาทนั้นมีความผิดพลาด 26.66 %

**ตารางที่ 4.10** ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 5 บาท

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่นับได้ (เหรียญ) | จำนวนชุดที่บรรจุได้ (10 เหรียญ =1 ชุด) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| 2 | 30 | 30 | 3 | 0 |
| 3 | 30 | 28 | 2 | 33.33 |
| 4 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| 5 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 26.66 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.10 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการบรรจุเหรียญชนิด 5 บาทนั้นมีความผิดพลาด 19.99 %

**ตารางที่ 4.11** ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 10 บาท

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญที่ใส่ (เหรียญ) | จำนวนเหรียญที่นับได้ (เหรียญ) | จำนวนชุดที่บรรจุได้ ( 10เหรียญ =1 ชุด) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| 2 | 30 | 30 | 3 | 0 |
| 3 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| 4 | 30 | 29 | 2 | 33.33 |
| 5 | 30 | 28 | 2 | 33.33 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | 26.66 |

จากผลทดลองตารางที่ 4.11 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการบรรจุเหรียญชนิด 10 บาทนั้นมีความผิดพลาด 26.66 %

**ตารางที่ 4.12** ผลการทดลองความแม่นยำในการบรรจุเหรียญให้ครบ 10 เหรียญโดยใช้เหรียญ 1 บาท 5 บาทและ 10 บาท ชนิดละ 10 เหรียญ

| การทดลองครั้งที่ | จำนวนเหรียญแต่ละชนิดที่ใส่ (เหรียญ) | | | จำนวนเหรียญที่นับได้ (เหรียญ) | | | จำนวนชุดที่บรรจุ (10เหรียญ=1ชุด) | ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1บาท | 5บาท | 10บาท | 1บาท | 5บาท | 10บาท | | |
| 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 2 | 33 |
| 2 | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 2 | 33 |
| 3 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 10 | 1 | 67 |
| 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 2 | 33 |
| 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 3 | 0 |
| ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | | | | | | 33.20 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.12 พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการบรรจุเหรียญทั้ง 3 ชนิดราคาพร้อมกัน มีความผิดพลาด 33.20%

จากการทดลองที่ 4.3 ในกรณีที่ 1 ทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญครั้งละชนิด พบว่า เหรียญ 1 บาท 5 บาท และ10 บาท มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการบรรจุเท่ากัน

คือ 26.66% เนื่องจาก ความสามสามารถในการบรรจุเหรียญของเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติแปรผันตรงกับความสามารถการนับเหรียญ คือ การที่จะบรรจุเหรียญครบ 1 ชุดนั้น เซนเซอร์ต้องนับเหรียญได้ 10 เหรียญ ทำให้กรณีที่เซนเซอร์เกิดความผิดพลาดในการนับเหรียญ ก็จะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการบรรจุเหรียญตามไปด้วย ส่วนในกรณีที่ 2 ทดสอบความแม่นยำในการบรรจุเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน พบว่า มีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการบรรจุเหรียญเท่ากับ 33.20% ซึ่งมากกว่าในกรณีที่ 1 เนื่องจากความสามารถของการบรรจุเหรียญในกรณีที่ 2 มีผลมาจากการนับเหรียญทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน โดยถ้าการนับเหรียญเกิดความผิดพลาด 2 ชนิดพร้อมกัน หรือทั้ง 3 ชนิดพร้อมกัน จะทำให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการบรรจุเหรียญในกรณีที่ 2 มากกว่าในกรณีที่ 1

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผลและชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาและให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไป

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบและทำการสร้างเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยในการแยกเหรียญ นับจำนวนเหรียญและบรรจุเหรียญออกมาเป็นชุดๆ ซึ่งสามารถสรุปการทำงานได้ดังนี้ ดังนี้

1) ส่วนคัดแยกเหรียญ พบว่า เครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ สามารถแยกเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

2) ส่วนการนับเหรียญ พบว่า เครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ สามารถนับเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ได้ดีแต่ยังไม่ถูกต้องทุกครั้ง เพราะ ยังพบค่าความคลาดเคลื่อนในการนับเหรียญอยู่เล็กน้อย

3) ส่วนการบรรจุเหรียญ พบว่า เครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ สามารถบรรจุเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังไม่ถูกต้องทุกครั้ง เนื่องจากความสามารถในการบรรจุเหรียญของเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ แปรผันตรงกับความสามารถการนับเหรียญ คือ การที่จะบรรจุเหรียญครบ 1 ชุดนั้น เซนเซอร์ต้องนับเหรียญได้ 10 เหรียญ ทำให้กรณีที่เซนเซอร์เกิดความผิดพลาดในการนับเหรียญ ก็จะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการบรรจุเหรียญ

4) โดยรวมเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ สามารถใช้งานในการแยกเหรียญทั้ง 3 ชนิดได้อย่างแม่นยำ แต่การนับจำนวนเหรียญ และการบรรจุเหรียญยังพบความคลาดเคลื่อนในการทำงานเล็กน้อย

## 5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1) โครงสร้างที่ใช้ในการทำเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติเป็นแผ่นอะคริลิคที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก จึงมีปัญหาเรื่องการติดตั้งและการขนย้าย วิธีแก้ไขคือใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบากว่าเดิมในการสร้างตัวเครื่อง เช่น อลูมิเนียม

2) โมดูลเซนเซอร์ที่ทำการตรวจจับ มีขนาดช่องตรวจจับที่เล็กมากซึ่งอาจเป็นปัญหาในการออกแบบสำหรับรางลำเลียงเหรียญ , การนับจำนวนเหรียญที่ไหลผ่านและวิธีที่ทำให้เหรียญไหลผ่านเซนเซอร์ วิธีแก้ไขควรใช้เซนเซอร์ที่มีขนาดช่องกว้างกว่าเดิม

3) เมื่อใส่เหรียญ เหรียญจะไหลด้วยความเร็วสูงเนื่องจากมีแผ่นกันเพื่อชะลอความเร็วเหรียญไม่เพียงพอ เซนเซอร์จะนับจำนวนเหรียญที่ไหลผ่านได้ไม่ถูกต้องจึงทำให้เซนเซอร์ตรวจจับความผิดพลาดได้ จึงควรเพิ่มแผ่นกันเพื่อชะรอความเร็วของเหรียญและเพิ่มความยาวของรางชะลอเหรียญ

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1) ปรับปรุงเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

2) ปรับปรุงเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติสามารถบรรจุเหรียญได้ดีขึ้นโดยเปลี่ยนจากการบรรจุใส่กล่องบรรจุเหรียญเป็นบรรจุภัณฑ์อื่นที่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที

3) ปรับปรุงเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติให้ทำงานได้ดีขึ้น โดยการเปลี่ยนมอเตอร์ที่ใช้ปัดเหรียญให้มีขนาดใหญ่และแข็งแรงขึ้นเพื่อให้สามารถนับและบรรจุเหรียญที่มีปริมาณมากๆ เปลี่ยนเซนเซอร์ที่ใช้ในการนับเหรียญเพื่อให้สามารถนับและบรรจุเหรียญได้ถูกต้องมากขึ้น

4) ปรับปรุงเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติสามารถเก็บค่าเหรียญที่เราทำการนับและบรรจุเหรียญไปแล้วไว้ได้เพื่อให้สามารถนำค่าที่บันทึกไว้ไปใช้อ้างอิงกรณีต้องการใช้ข้อมูลย้อนหลัง

5) ปรับปรุงเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติมีการตรวจจับเหรียญปลอมและตรวจจับเหรียญชนิดต่างๆที่เราไม่ต้องการ

# เอกสารอ้างอิง

ทันพงษ์ ภูรักษณ์. (9 สิงหาคม 2559). **ไมโครคอนโทรลเลอร์.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, สืบค้นจาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf

เซเรฟ. (2 มีนาคม 2559). **L298N Dual Full-bridge motor driver module.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, สืบค้นจาก http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html

สำนักกษาปณ์. (2557). **เหรียญกษาปณ์หมุนเวียนปัจจุบัน.** สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2560, สืบค้นจาก http://www.royalthaimint.net/ewtadmin/ewt/mint_web/ewt_news.php?nid=335&filename=index

ดร.บุญเรือง มะรังศรี. (26 พฤษภาคม 2551). **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.** สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2560, สืบค้นจาก http://academic.udru.ac.th/~banyat/Asst.Prof.Dr.Boonruang/MachinesI/Asst.Prof.Dr.Boonruang-DCMotor.pdf

# ภาพผนวก ก

## รายละเอียดข้อมูล L298N

# L298

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

Multiwatt15

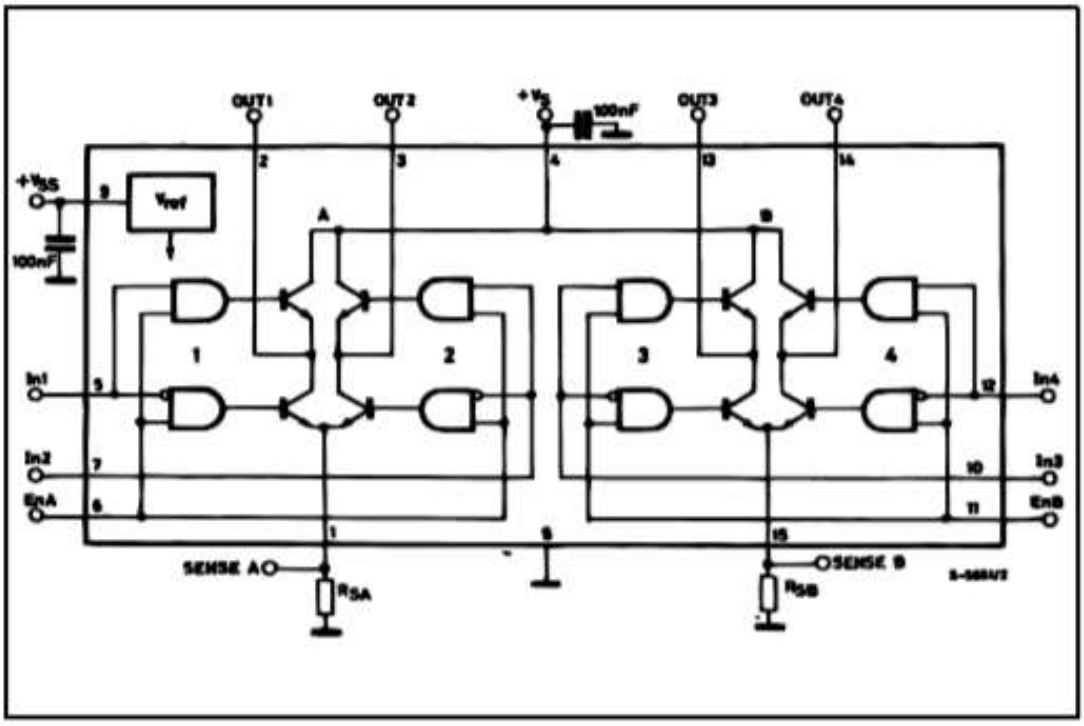
PowerSO20

**ORDERING NUMBERS :** L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

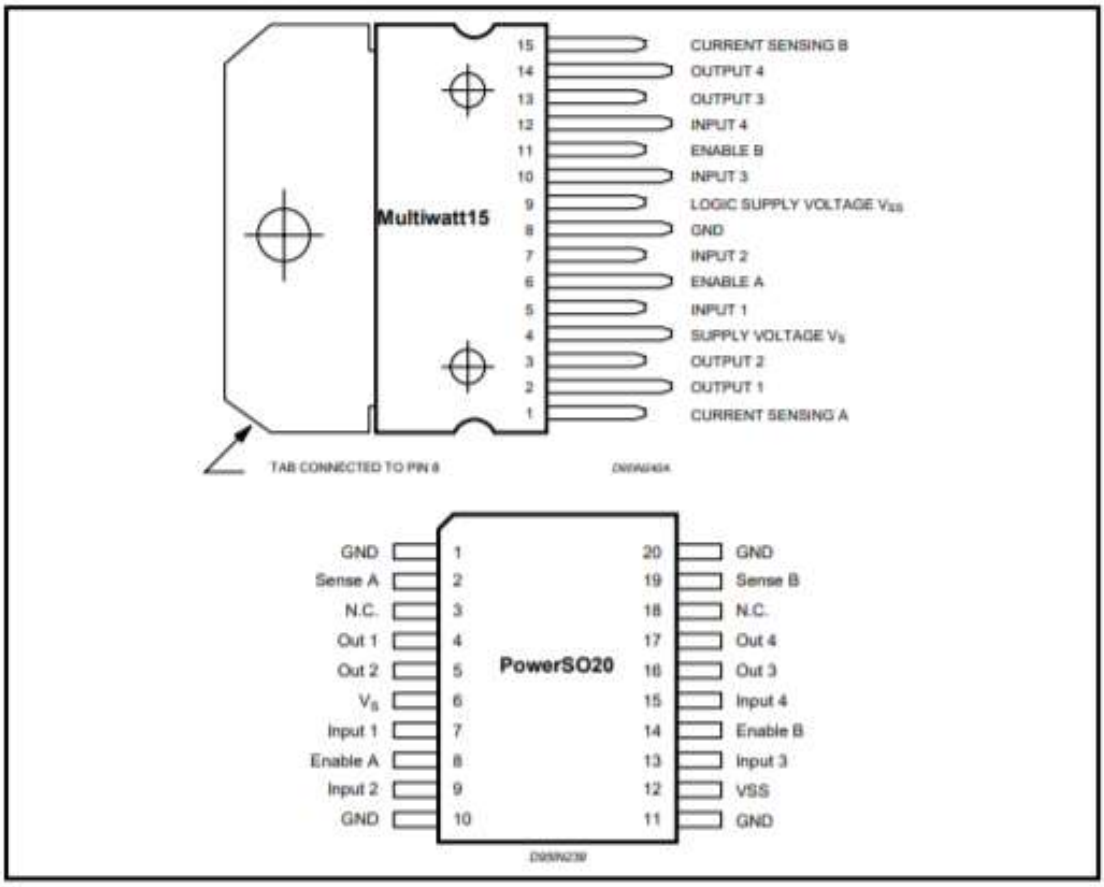
### BLOCK DIAGRAM



## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|---|---|---|---|
| $V_S$ | Power Supply | 50 | V |
| $V_{SS}$ | Logic Supply Voltage | 7 | V |
| $V_i, V_{en}$ | Input and Enable Voltage | –0.3 to 7 | V |
| $I_O$ | Peak Output Current (each Channel)<br>– Non Repetitive (t = 100µs)<br>–Repetitive (80% on –20% off; $t_{on}$ = 10ms)<br>–DC Operation | <br>3<br>2.5<br>2 | <br>A<br>A<br>A |
| $V_{sens}$ | Sensing Voltage | –1 to 2.3 | V |
| $P_{tot}$ | Total Power Dissipation ($T_{case}$ = 75°C) | 25 | W |
| $T_{op}$ | Junction Operating Temperature | –25 to 130 | °C |
| $T_{stg}$, $T_j$ | Storage and Junction Temperature | –40 to 150 | °C |

## PIN CONNECTIONS (top view)




## THERMAL DATA

| Symbol | Parameter | | PowerSO20 | Multiwatt15 | Unit |
|---|---|---|---|---|---|
| $R_{th\ j\text{-}case}$ | Thermal Resistance Junction-case | Max. | – | 3 | °C/W |
| $R_{th\ j\text{-}amb}$ | Thermal Resistance Junction-ambient | Max. | 13 (*) | 35 | °C/W |

**PIN FUNCTIONS** (refer to the block diagram)

| MW.15 | PowerSO | Name | Function |
|---|---|---|---|
| 1;15 | 2;19 | Sense A; Sense B | Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load. |
| 2;3 | 4;5 | Out 1; Out 2 | Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1. |
| 4 | 6 | $V_S$ | Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground. |
| 5;7 | 7;9 | Input 1; Input 2 | TTL Compatible Inputs of the Bridge A. |
| 6;11 | 8;14 | Enable A; Enable B | TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B). |
| 8 | 1,10,11,20 | GND | Ground. |
| 9 | 12 | VSS | Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground. |
| 10; 12 | 13;15 | Input 3; Input 4 | TTL Compatible Inputs of the Bridge B. |
| 13; 14 | 16;17 | Out 3; Out 4 | Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15. |
| – | 3;18 | N.C. | Not Connected |

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ($V_S$ = 42V; $V_{SS}$ = 5V, $T_j$ = 25°C; unless otherwise specified)

| Symbol | Parameter | Test Conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_S$ | Supply Voltage (pin 4) | Operative Condition | $V_{IH}$ +2.5 | | 46 | V |
| $V_{SS}$ | Logic Supply Voltage (pin 9) | | 4.5 | 5 | 7 | V |
| $I_S$ | Quiescent Supply Current (pin 4) | $V_{en}$ = H; $I_L$ = 0 $V_i$ = L<br>$V_i$ = H | | 13<br>50 | 22<br>70 | mA<br>mA |
| | | $V_{en}$ = L $V_i$ = X | | | 4 | mA |
| $I_{SS}$ | Quiescent Current from $V_{SS}$ (pin 9) | $V_{en}$ = H; $I_L$ = 0 $V_i$ = L<br>$V_i$ = H | | 24<br>7 | 36<br>12 | mA<br>mA |
| | | $V_{en}$ = L $V_i$ = X | | | 6 | mA |
| $V_{IL}$ | Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12) | | –0.3 | | 1.5 | V |
| $V_{IH}$ | Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12) | | 2.3 | | VSS | V |
| $I_{IL}$ | Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12) | $V_i$ = L | | | –10 | µA |
| $I_{IH}$ | High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12) | $V_i$ = H ≤ $V_{SS}$ –0.6V | | 30 | 100 | µA |
| $V_{en}$ = L | Enable Low Voltage (pins 6, 11) | | –0.3 | | 1.5 | V |
| $V_{en}$ = H | Enable High Voltage (pins 6, 11) | | 2.3 | | $V_{SS}$ | V |
| $I_{en}$ = L | Low Voltage Enable Current (pins 6, 11) | $V_{en}$ = L | | | –10 | µA |
| $I_{en}$ = H | High Voltage Enable Current (pins 6, 11) | $V_{en}$ = H ≤ $V_{SS}$ –0.6V | | 30 | 100 | µA |
| $V_{CEsat(H)}$ | Source Saturation Voltage | $I_L$ = 1A<br>$I_L$ = 2A | 0.95 | 1.35<br>2 | 1.7<br>2.7 | V<br>V |
| $V_{CEsat(L)}$ | Sink Saturation Voltage | $I_L$ = 1A (5)<br>$I_L$ = 2A (5) | 0.85 | 1.2<br>1.7 | 1.6<br>2.3 | V<br>V |
| $V_{CEsat}$ | Total Drop | $I_L$ = 1A (5)<br>$I_L$ = 2A (5) | 1.80 | | 3.2<br>4.9 | V<br>V |
| $V_{sens}$ | Sensing Voltage (pins 1, 15) | | –1 (1) | | 2 | V |

# ภาพผนวก ข

## **รายละเอียดข้อมูล** AVR ATMEGA2560

Atmel

# Atmel ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V

## 8-bit Atmel Microcontroller with 16/32/64KB In-System Programmable Flash

**SUMMARY**

## Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
  - On-Chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 64K/128K/256KBytes of In-System Self-Programmable Flash
  - 4Kbytes EEPROM
  - 8Kbytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles:10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
    - Endurance: Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
- Atmel® QTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix acquisition
  - Up to 64 sense channels
- JTAG (IEEE® std. 1149.1 compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - Four 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four 8-bit PWM Channels
  - Six/Twelve PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Output Compare Modulator
  - 8/16-channel, 10-bit ADC (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Two/Four Programmable Serial USART (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte Oriented 2-wire Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 54/86 Programmable I/O Lines (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)
  - 64-pad QFN/MLF, 64-lead TQFP (ATmega1281/2561)
  - 100-lead TQFP, 100-ball CBGA (ATmega640/1280/2560)
  - RoHS/Fully Green
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C Industrial
- Ultra-Low Power Consumption
  - Active Mode: 1MHz, 1.8V: 500µA
  - Power-down Mode: 0.1µA at 1.8V
- Speed Grade:
  - ATmega640V/ATmega1280V/ATmega1281V:
    - 0 - 4MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
  - ATmega2560V/ATmega2561V:
    - 0 - 2MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V
  - ATmega640/ATmega1280/ATmega1281:
    - 0 - 8MHz @ 2.7V - 5.5V, 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V
  - ATmega2560/ATmega2561:
    - 0 - 16MHz @ 4.5V - 5.5V

# 1. Pin Configurations

**Figure 1-1.** TQFP-pinout ATmega640/1280/2560

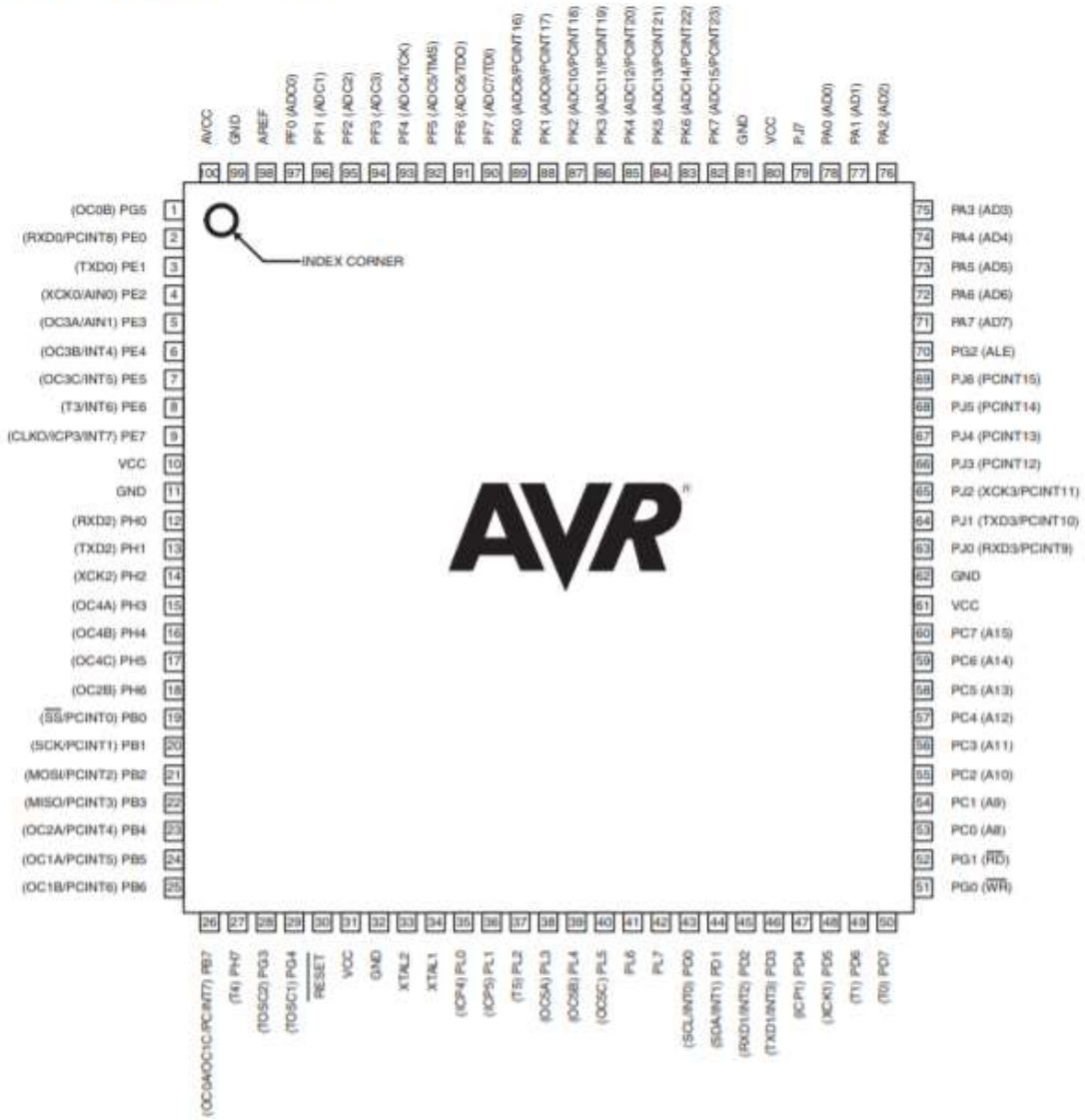


**Figure 1-2.** CBGA-pinout ATmega640/1280/2560

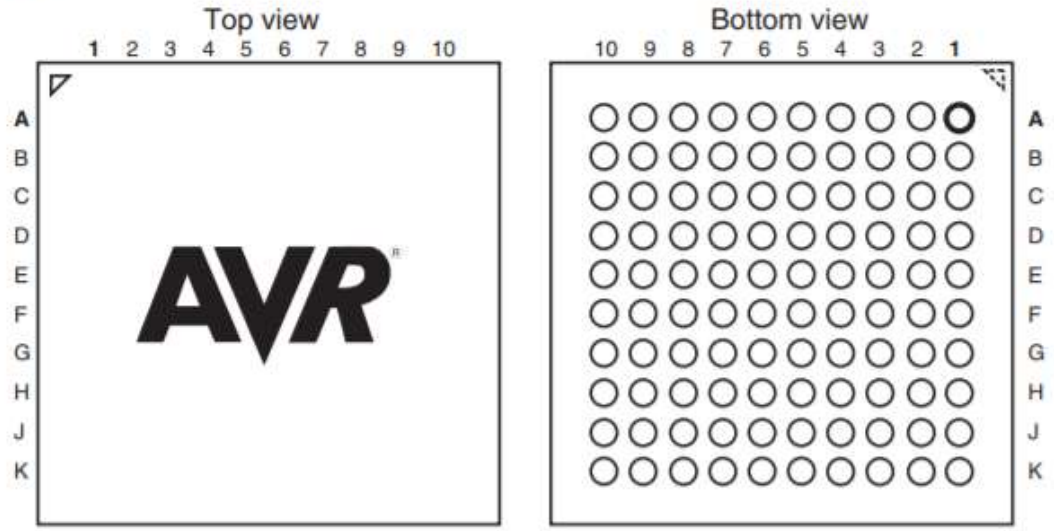
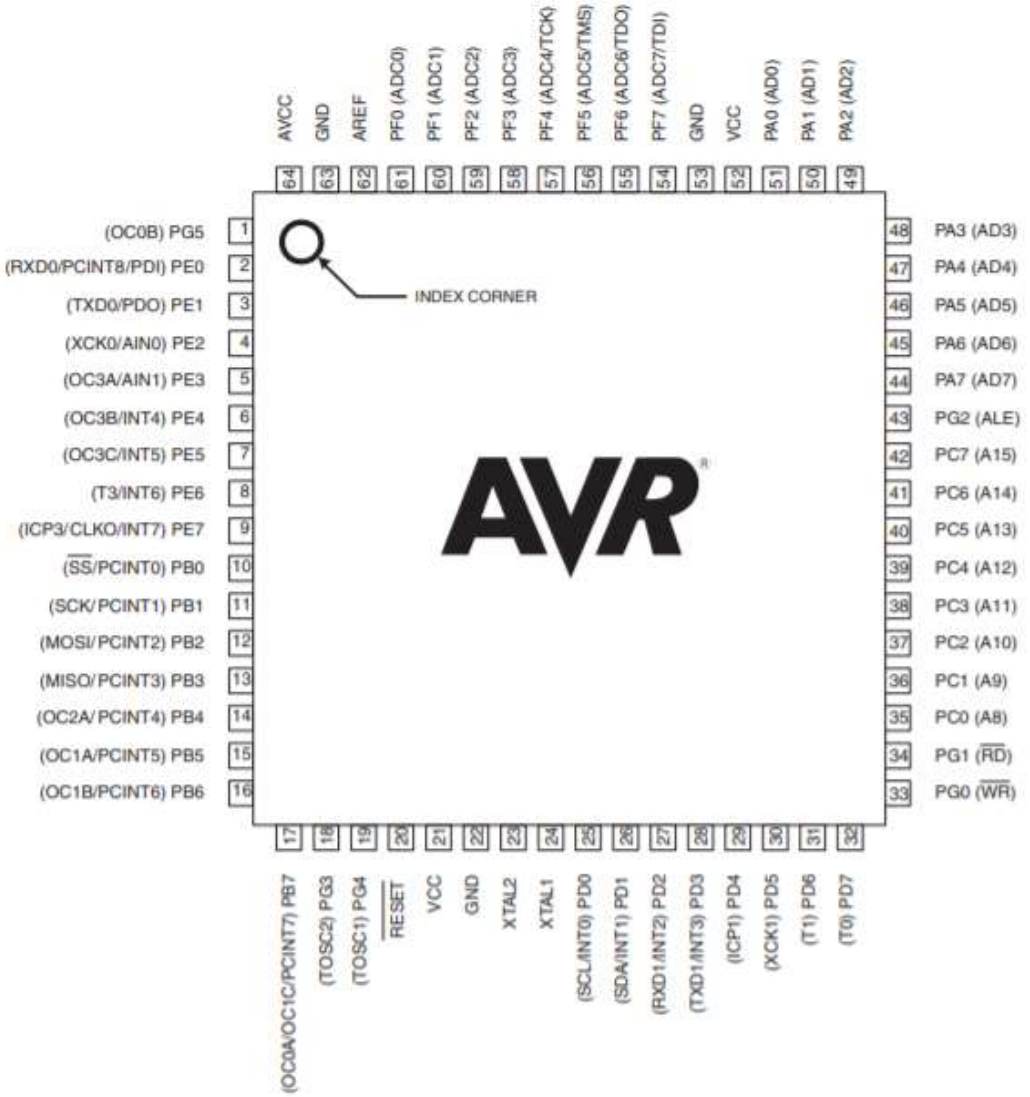



**Table 1-1.** CBGA-pinout ATmega640/1280/2560

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | GND | AREF | PF0 | PF2 | PF5 | PK0 | PK3 | PK6 | GND | VCC |
| **B** | AVCC | PG5 | PF1 | PF3 | PF6 | PK1 | PK4 | PK7 | PA0 | PA2 |
| **C** | PE2 | PE0 | PE1 | PF4 | PF7 | PK2 | PK5 | PJ7 | PA1 | PA3 |
| **D** | PE3 | PE4 | PE5 | PE6 | PH2 | PA4 | PA5 | PA6 | PA7 | PG2 |
| **E** | PE7 | PH0 | PH1 | PH3 | PH5 | PJ6 | PJ5 | PJ4 | PJ3 | PJ2 |
| **F** | VCC | PH4 | PH6 | PB0 | PL4 | PD1 | PJ1 | PJ0 | PC7 | GND |
| **G** | GND | PB1 | PB2 | PB5 | PL2 | PD0 | PD5 | PC5 | PC6 | VCC |
| **H** | PB3 | PB4 | RESET | PL1 | PL3 | PL7 | PD4 | PC4 | PC3 | PC2 |
| **J** | PH7 | PG3 | PB6 | PL0 | XTAL2 | PL6 | PD3 | PC1 | PC0 | PG1 |
| **K** | PB7 | PG4 | VCC | GND | XTAL1 | PL5 | PD2 | PD6 | PD7 | PG0 |

Note: The functions for each pin is the same as for the 100 pin packages shown in Figure 1-1 on page 2.

**Figure 1-3.** Pinout ATmega1281/2561




Note: The large center pad underneath the QFN/MLF package is made of metal and internally connected to GND. It should be soldered or glued to the board to ensure good mechanical stability. If the center pad is left unconnected, the package might loosen from the board.

# ภาพผนวก ค
# รหัสต้นฉบับของโปรแกรมความคุมเครื่องนับและบรรจุเหรียญอัตโนมัติ

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int a1 = 2;
int b1 = 3;
int speed_top1 = 6;
int in1 = 4;
int out1 = 5;
int speed_under1 = 7;
int a5 = 17;
int b5 = 18;
int speed_top5 = 19;
int in5 = A8;
int out5 = A9;
int speed_under5 = A10;
int a10 = A2;
int b10 = A3;
int speed_top10 = A4;
int in10 = A5;
int out10 = A6;
int speed_under10 = A7;
int q,w,e;  //นับแล้วแสดงในจอ
int m,n,o;  //นับครบ10เหรียญ
int t;      //เวลา

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f,16,2);

void setup()
{
      lcd.begin();
      pinMode(a1,OUTPUT);
      pinMode(b1,OUTPUT);
      pinMode(a5,OUTPUT);
      pinMode(b5,OUTPUT);
```

```
    pinMode(a10,OUTPUT);
    pinMode(b10,OUTPUT);
    pinMode(in1,OUTPUT);
    pinMode(out1,OUTPUT);
    pinMode(in5,OUTPUT);
    pinMode(out5,OUTPUT);
    pinMode(in10,OUTPUT);
    pinMode(out10,OUTPUT);
    pinMode(speed_top1,OUTPUT);
    pinMode(speed_under1,OUTPUT);
    pinMode(speed_top5,OUTPUT);
    pinMode(speed_under5,OUTPUT);
    pinMode(speed_top10,OUTPUT);
    pinMode(speed_under10,OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  Check:
  {
        lcd.clear();
        Serial.println("CHECK");
        lcd.setCursor(5,0);
        lcd.print("START");
        int sensorTop = digitalRead(A11);
        Serial.println(sensorTop);
        Serial.println( );
        delay(300);
        t=0;
        if(sensorTop == 0 )
          {
            lcd.clear();
```

```
            delay(10000);
            goto Start;
          }
        else
          goto Check;
}

Start:
{
        Serial.println("Start");
        int sensorCount1 = digitalRead(A12);
        Serial.println(sensorCount1);
        int sensorCount5 = digitalRead(A13);
        Serial.println(sensorCount5);
        int sensorCount10 = digitalRead(A14);
        Serial.println(sensorCount10);
        Serial.println(m);
        Serial.println(n);
        Serial.println(o);
        Serial.println(t);
        Serial.println( );
        t=t+1;

        delay(4);
        analogWrite(speed_top1, 255);
        digitalWrite(a1, 0);
        digitalWrite(b1, 1);
        analogWrite(speed_top5, 130);
        digitalWrite(a5, 0);
        digitalWrite(b5, 1);
        analogWrite(speed_top10, 160);
        digitalWrite(a10, 0);
        digitalWrite(b10, 1);
```

```
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("1B=");
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print(q);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("5B=");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(w);
lcd.setCursor(7,0);
lcd.print(",10B=");
lcd.setCursor(12,0);
lcd.print(e);
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(",SUM= ");
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(q+w+e);

 if((sensorCount1 == 1 )&&(sensorCount5 == 1 )&&(sensorCount10 == 1 ))    //
นับ 1 5 10
        {
           q++;
           w=w+5;
           e=e+10;
           m=m%10;
           m++;
           n=n%10;
           n++;
           o=o%10;
           o++;
        }
    if((sensorCount1 == 1 )&&(sensorCount5 == 1 ))    //นับ 1 5
        {
```

```
            q++;
            w=w+5;
            m=m%10;
            m++;
            n=n%10;
            n++;
        }
if((sensorCount5 == 1 )&&(sensorCount10 == 1 ))   //นับ 5 10
        {
            w=w+5;
            e=e+10;
            n=n%10;
            n++;
            o=o%10;
            o++;
        }
if((sensorCount1 == 1 )&&(sensorCount10 == 1 ))   //นับ 1 10
        {
            q++;
            e=e+10;
            m=m%10;
            m++;
            o=o%10;
            o++;
        }
 if(sensorCount1 == 1 )
        {
             q++;
             m=m%10;
             m++;
        }
 if(sensorCount5 == 1 )
        {
```

```
        w=w+5;
        n=n%10;
        n++;
      }
if(sensorCount10 == 1 )
      {
        e=e+10;
        o=o%10;
        o++;
      }
if((m == 10 )&&(n == 10 )&&(o == 10 ))
      {
        goto out1510;
      }
if((m == 10 )&&(n == 10 ))
      {
        goto out15 ;
      }
if((m == 10 )&&(o == 10 ))
      {
        goto out110 ;
      }
if((n == 10 )&&(o == 10 ))
      {
        goto out510 ;
      }
if(m == 10)
     {
       goto out1;
     }
if(n == 10)
     {
       goto out5;
```

```
        }
    if(o == 10)
        {
          goto out10;
        }
    if((m < 10 )&&(n < 10 )&&(o < 10 )&&(t>1000))
        {
          digitalWrite(a1, 0);
          digitalWrite(b1, 0);
          digitalWrite(a5, 0);
          digitalWrite(b5, 0);
          digitalWrite(a10, 0);
          digitalWrite(b10, 0);
          goto Check ;
        }
   else
        goto Start;
}

out1510:
 {
    Serial.println("out1510");
    int sensorCount1 = digitalRead(A12);
    Serial.println(sensorCount1);
    int sensorCount5 = digitalRead(A13);
    Serial.println(sensorCount5);
    int sensorCount10 = digitalRead(A14);
    Serial.println(sensorCount10);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("1B=");
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(q);
    lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.print("5B=");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(w);
lcd.setCursor(7,0);
lcd.print(",10B=");
lcd.setCursor(12,0);
lcd.print(e);
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(",SUM= ");
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(q+w+e);

digitalWrite(a1, 0);
digitalWrite(b1, 0);
digitalWrite(a5, 0);
digitalWrite(b5, 0);
digitalWrite(a10, 0);
digitalWrite(b10, 0);
analogWrite(speed_under1, 255);
digitalWrite(in1, 0);
digitalWrite(out1, 1);
analogWrite(speed_under5, 255);
digitalWrite(in5, 0);
digitalWrite(out5, 1);
analogWrite(speed_under10, 255);
digitalWrite(in10, 0);
digitalWrite(out10, 1);
delay(4000);
digitalWrite(in1, 0);
digitalWrite(out1, 0);
digitalWrite(in5, 0);
digitalWrite(out5, 0);
digitalWrite(in10, 0);
```

```
    digitalWrite(out10, 0);
    m=m-10;
    n=n-10;
    o=o-10;
    t=0;
    delay(5000);
    goto Start;
 }

out15:
{
    Serial.println("out15");
    int sensorCount1 = digitalRead(A12);
    Serial.println(sensorCount1);
    int sensorCount5 = digitalRead(A13);
    Serial.println(sensorCount5);
    int sensorCount10 = digitalRead(A14);
    Serial.println(sensorCount10);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("1B=");
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(q);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("5B=");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(w);
    lcd.setCursor(7,0);
    lcd.print(",10B=");
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(e);
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print(",SUM= ");
    lcd.setCursor(12,1);
```

```
lcd.print(q+w+e);

Serial.println(o);
Serial.println( );
digitalWrite(a1, 0);
digitalWrite(b1, 0);
digitalWrite(a5, 0);
digitalWrite(b5, 0);
digitalWrite(a10, 0);
digitalWrite(b10, 0);
delay(50);
if(sensorCount10 == 1 )
       {
          e=e+10;
          o=o%10;
          o++;
       }
if(o == 10)
      {
          out10  ;
      }
analogWrite(speed_under1, 255);
digitalWrite(in1, 0);
digitalWrite(out1, 1);
analogWrite(speed_under5, 255);
digitalWrite(in5, 0);
digitalWrite(out5, 1);
delay(4000);
digitalWrite(in1, 0);
digitalWrite(out1, 0);
digitalWrite(in5, 0);
digitalWrite(out5, 0);
m=m-10;
```

```
        n=n-10;
        t=0;
        delay(5000);
        goto Start;
    }

out110:
{
        Serial.println("out110");
        int sensorCount1 = digitalRead(A12);
        Serial.println(sensorCount1);
        int sensorCount5 = digitalRead(A13);
        Serial.println(sensorCount5);
        int sensorCount10 = digitalRead(A14);
        Serial.println(sensorCount10);
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("1B=");
        lcd.setCursor(3,0);
        lcd.print(q);
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("5B=");
        lcd.setCursor(3,1);
        lcd.print(w);
        lcd.setCursor(7,0);
        lcd.print(",10B=");
        lcd.setCursor(12,0);
        lcd.print(e);
        lcd.setCursor(7,1);
        lcd.print(",SUM= ");
        lcd.setCursor(12,1);
        lcd.print(q+w+e);

        Serial.println(n);
```

```
Serial.println( );
digitalWrite(a1, 0);
digitalWrite(b1, 0);
digitalWrite(a5, 0);
digitalWrite(b5, 0);
digitalWrite(a10, 0);
digitalWrite(b10, 0);
delay(50);
if(sensorCount5 == 1 )
       {
          w=w+5;
          n=n%10;
          n++;
       }
if(n == 10)
      {
          out5  ;
      }
analogWrite(speed_under1, 255);
digitalWrite(in1, 0);
digitalWrite(out1, 1);
analogWrite(speed_under10, 255);
digitalWrite(in10, 0);
digitalWrite(out10, 1);
delay(4000);
digitalWrite(in1, 0);
digitalWrite(out1, 0);
digitalWrite(in10, 0);
digitalWrite(out10, 0);
m=m-10;
o=o-10;
t=0;
delay(5000);
```

```
      goto Start;
  }

out510:
{
      Serial.println("out510");
      int sensorCount1 = digitalRead(A12);
      Serial.println(sensorCount1);
      int sensorCount5 = digitalRead(A13);
      Serial.println(sensorCount5);
      int sensorCount10 = digitalRead(A14);
      Serial.println(sensorCount10);
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print("1B=");
      lcd.setCursor(3,0);
      lcd.print(q);
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("5B=");
      lcd.setCursor(3,1);
      lcd.print(w);
      lcd.setCursor(7,0);
      lcd.print(",10B=");
      lcd.setCursor(12,0);
      lcd.print(e);
      lcd.setCursor(7,1);
      lcd.print(",SUM= ");
      lcd.setCursor(12,1);
      lcd.print(q+w+e);


      Serial.println(m);
      Serial.println( );
      digitalWrite(a1, 0);
```

```
    digitalWrite(b1, 0);
    digitalWrite(a5, 0);
    digitalWrite(b5, 0);
    digitalWrite(a10, 0);
    digitalWrite(b10, 0);
    delay(50);
    if(sensorCount1 == 1 )
          {
              q++;
              m=m%10;
              m++;
          }
    if(m == 10)
          {
             out1  ;
          }
    analogWrite(speed_under5, 255);
    digitalWrite(in5, 0);
    digitalWrite(out5, 1);
    analogWrite(speed_under10, 255);
    digitalWrite(in10, 0);
    digitalWrite(out10, 1);
    delay(4000);
    digitalWrite(in5, 0);
    digitalWrite(out5, 0);
    digitalWrite(in10, 0);
    digitalWrite(out10, 0);
    n=n-10;
    o=o-10;
    t=0;
    delay(5000);
    goto Start;
}
```

```
out1:
{
    Serial.println("out1");
    int sensorCount1 = digitalRead(A12);
    Serial.println(sensorCount1);
    int sensorCount5 = digitalRead(A13);
    Serial.println(sensorCount5);
    int sensorCount10 = digitalRead(A14);
    Serial.println(sensorCount10);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("1B=");
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(q);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("5B=");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(w);
    lcd.setCursor(7,0);
    lcd.print(",10B=");
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print(e);
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print(",SUM= ");
    lcd.setCursor(12,1);
    lcd.print(q+w+e);


    Serial.println(n);
    Serial.println(o);
    Serial.println( );
   digitalWrite(a1, 0);
    digitalWrite(b1, 0);
```

```
digitalWrite(a5, 0);
digitalWrite(b5, 0);
digitalWrite(a10, 0);
digitalWrite(b10, 0);
delay(50);
if((sensorCount5 == 1 )&&(sensorCount10 == 1 ))
      {
         w=w+5;
         e=e+10;
         n=n%10;
         n++;
         o=o%10;
         o++;
      }
 if(sensorCount5 == 1 )
      {
         w=w+5;
         n=n%10;
         n++;
      }
 if(sensorCount10 == 1 )
      {
         e=e+10;
         o=o%10;
         o++;
      }
if(n == 10)
      {
         out5  ;
      }
if(0 == 10)
      {
         out10  ;
```

```
        }
    if((n == 10 )&&(o == 10 ))
        {
          goto out510 ;
        }
    analogWrite(speed_under1, 255);
    digitalWrite(in1, 0);
    digitalWrite(out1, 1);
    delay(4000);
    digitalWrite(in1, 0);
    digitalWrite(out1, 0);
    m=m-10;
    t=0;
    delay(5000);
    goto Start;
  }

out5:
  {
    Serial.println("out5");
    int sensorCount1 = digitalRead(A12);
    Serial.println(sensorCount1);
    int sensorCount5 = digitalRead(A13);
    Serial.println(sensorCount5);
    int sensorCount10 = digitalRead(A14);
    Serial.println(sensorCount10);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("1B=");
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(q);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("5B=");
    lcd.setCursor(3,1);
```

```
  lcd.print(w);
  lcd.setCursor(7,0);
  lcd.print(",10B=");
  lcd.setCursor(12,0);
  lcd.print(e);
  lcd.setCursor(7,1);
  lcd.print(",SUM= ");
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print(q+w+e);


  Serial.println(m);
  Serial.println(0);
  Serial.println( );
  digitalWrite(a1, 0);
  digitalWrite(b1, 0);
  digitalWrite(a5, 0);
  digitalWrite(b5, 0);
  digitalWrite(a10, 0);
  digitalWrite(b10, 0);
  delay(50);
if((sensorCount1 == 1 )&&(sensorCount10 == 1 ))
          {
             q++;
             e=e+10;
             m=m%10;
             m++;
             o=o%10;
             o++;
          }
  if(m == 10)
         {
             out1  ;
```

```
        }
  if(0 == 10)
        {
           out10  ;
        }
  if((m == 10 )&&(o == 10 ))
        {
           goto out110 ;
        }
  analogWrite(speed_under5, 255);
  digitalWrite(in5, 0);
  digitalWrite(out5, 1);
  delay(4000);
  digitalWrite(in5, 0);
  digitalWrite(out5, 0);
  n=n-10;
  t=0;
  delay(5000);
  goto Start;
 }

 out10:
{
  Serial.println("out10");
  int sensorCount1 = digitalRead(A12);
  Serial.println(sensorCount1);
  int sensorCount5 = digitalRead(A13);
  Serial.println(sensorCount5);
  int sensorCount10 = digitalRead(A14);
  Serial.println(sensorCount10);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("1B=");
  lcd.setCursor(3,0);
```

```
lcd.print(q);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("5B=");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(w);
lcd.setCursor(7,0);
lcd.print(",10B=");
lcd.setCursor(12,0);
lcd.print(e);
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(",SUM= ");
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(q+w+e);


Serial.println(m);
Serial.println(n);
Serial.println( );
digitalWrite(a1, 0);
digitalWrite(b1, 0);
digitalWrite(a5, 0);
digitalWrite(b5, 0);
digitalWrite(a10, 0);
digitalWrite(b10, 0);
delay(50);

if((sensorCount1 == 1 )&&(sensorCount5 == 1 ))
        {
           q++;
           w=w+5;
           m=m%10;
           m++;
           n=n%10;
```

```
            n++;
          }
    if(m == 10)
        {
            out1  ;
        }
    if(n == 10)
        {
            out5  ;
        }
    if((m == 10 )&&(n == 10 ))
          {
            goto out15 ;
          }
    analogWrite(speed_under10, 255);
    digitalWrite(in10, 0);
    digitalWrite(out10, 1);
    delay(4000);
    digitalWrite(in10, 0);
    digitalWrite(out10, 0);
    o=o-10;
    t=0;
    delay(5000);
    goto Start;
  }
}
```