เครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

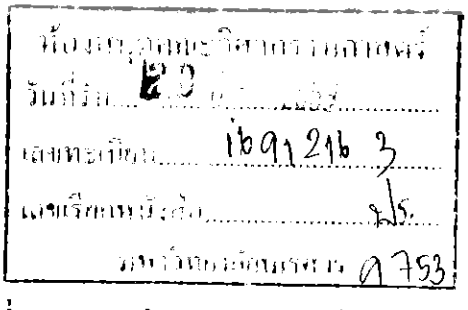
AUTOMATIC COIN SORTING AND COUNTING MACHINE

นายนวพล เกตุแก้ว รหัส 54361060

นายพงศธร ดวงดาว รหัส 54363972

นายวันกำเนิด ไพโรจน์ รหัส 54364122

นางสาวสุพรรนิการ์ โพธิ์โชติ รหัส 54364337



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนวพล	เกตุแก้ว	รหัส 54361060
	นายพงศธร	ดวงดาว	รหัส 54363972
	นายวันกำเนิด	ไพโรจน์	รหัส 54364122
	นางสาวสุพรรนิการ์	โพธิ์โชติ	รหัส 54364337
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2557		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ
(ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนวพล	เกตุแก้ว	รหัส 54361060
	นายพงศธร	ดวงดาว	รหัส 54363972
	นายวันกำเนิด	ไพโรจน์	รหัส 54364122
	นางสาวสุพรรนิการ์	โพธิ์โชติ	รหัส 54364337
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2557		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับคัดแยกเหรียญ และนับจำนวนเหรียญ รวมทั้งคำนวณค่าเงินที่นับได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน เครื่องนี้ถูกออกแบบให้ใช้ได้กับเหรียญกษาปณ์ไทยชนิดราคา 1 บาท 2 บาท 5 บาท และ 10 บาท โดยมีมอเตอร์เซอร์โวขับเคลื่อนจานหมุนพาเหรียญไปยังช่องแยกเหรียญแต่ละชนิดราคา แต่ละเหรียญเคลื่อนที่ผ่านรางลำเลียงตามชนิดราคาโดยมีตัวรับรู้ซึ่งใช้ตัวชี้เลเซอร์เป็นตัวส่งและใช้แอลดีอาร์เป็นตัวรับคอยตรวจจับการเคลื่อนตัดผ่านของแต่ละเหรียญ ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากตัวรับรู้เพื่อนับจำนวนและคำนวณค่าเงินและแสดงค่าบนหน้าจอแอลซีดี โดยหลังจากเครื่องคัดแยกเหรียญเสร็จแล้วผู้ใช้สามารถกดสวิตช์เพื่อเลือกดูจำนวนเหรียญและค่าเงินที่นับได้ทั้งที่เป็นจำนวนรวมและที่เป็นของแต่ละชนิดราคา

Project title	Automatic Coin Sorting and Counting Machine		
Name	Mr. Nawapon	Katkaeo	ID. 54361060
	Mr. Phongsatorn	Duangdow	ID. 54363972
	Mr. Wankamnerd	Pairot	ID. 54364122
	Ms. Supunnika	Phochot	ID. 54364337
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2014		

Abstract

This thesis presents a design and construction of a device capable of sorting and counting coins including calculating their values by using a microcontroller. This machine is designed for sorting 1, 2, 5 and 10-baht Thai coins. In the machine, a tilted rotating disc is carefully designed to bring the coins to their corresponding sorting channels and the coins then move along their corresponding rails. The coins in each rail are detected when passing a sensor that uses a laser pointer as a transmitter and an LDR as a receiver. Consequently, the microcontroller evaluates the sum of the coins in terms of their number and value, and displays the results on the LCD. After the sorting process is completed, the sum of the coins for each coin value can also be shown on the screen by pressing a push-button switch repeatedly.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ยืมเครื่องมือวัดในการทดสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้นและอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ในการทำงานจนกระทั่งการทดสอบต่าง ๆ เสร็จสิ้นลง

ขอขอบคุณคุณนายสุรศักดิ์ จันทร์อิ่ม (หยก) เพื่อนสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้

และขอขอบคุณนายปฏิพัทธ์ หลักดี ผู้จัดการ กา-เมะ สตูดิโอ ที่อนุเคราะห์ให้ยืมใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ช่าง เพื่อใช้ในการทำโครงสร้างเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

นอกจากนี้ยังขอขอบคุณ บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน) ที่มอบเงินทุนการศึกษาให้แก่นายนวพล เกตุแก้ว ในปีการศึกษา 2556 เป็นเงินจำนวน 30,000 บาท

รวมทั้งขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่จัดตั้งกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งสนับสนุนด้านทุนทรัพย์แก่นายวันกำเนิด ไพโรจน์ ตลอดระยะเวลาการศึกษาในระดับปริญญาตรี

ในท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตาและคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

นายนวพล เกตุแก้ว
นายพงศธร ดวงดาว
นายวันกำเนิด ไพโรจน์
นางสาวสุพรรนิการ์ โพธิ์โชติ

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 กลไกการทำงานและการควบคุมเครื่องแยกและนับเหรียญ 4
2.1 รูปแบบของเครื่องคัดแยกเหรียญ 4
2.1.1 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนเอียง 4
2.1.2 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนในแนวระนาบ 5
2.1.3 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก 6
2.1.4 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง 6
2.1.5 เครื่องคัดแยกเหรียญตามความหนา 8
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8
2.3 ส่วนประกอบของมอเตอร์เซอร์โว 12
2.3.1 ขนาดของมอเตอร์เซอร์โว 13
2.3.2 ประเภทของมอเตอร์เซอร์โว 13
2.4 แอลดีอาร์ 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 16

3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 16

3.2 การออกแบบส่วนประกอบหลักของเครื่อง 17

3.2.1 จานหมุนลำเลียงเหรียญ 17

3.2.2 ช่องแยกเหรียญ 18

3.2.3 ส่วนขับเคลื่อนจานหมุนลำเลียงเหรียญ 19

3.3 วงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ 20

3.4 วงจรคุมค่าแรงดัน 5 V 21

3.5 ส่วนประมวลผลของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 22

3.6 การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี 23

3.7 การประกอบโครงสร้างของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 24

บทที่ 4 การทดสอบการทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 29

4.1 การทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 29

4.2 การทดสอบหาความเร็วรอบสูงสุดที่สามารถคัดแยกเหรียญได้ 30

4.3 การทดสอบความถูกต้องในการคัดแยกเหรียญของจานหมุนลำเลียง 30

4.4 การทดสอบความแม่นยำในการนับจำนวนเหรียญและคำนวณค่าเงิน 30

4.5 การทดสอบหาปริมาณสูงสุดของเหรียญที่สามารถบรรจุในเครื่อง 30

4.6 การทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการคัดแยกเหรียญของเครื่อง 31

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 32

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 32

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 33

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 34

เอกสารอ้างอิง 35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับของโปรแกรมควบคุมเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 36
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลของ ATmega2560 43
ภาคผนวก ค รายละเอียดข้อมูลของออปแอมป์ รุ่น LM324N 46
ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลของมอเตอร์เซอร์โว 360°แบบต่อเนื่อง 49
ภาคผนวก จ รายละเอียดข้อมูลของจอแสดงผล 51
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดของตัวคุมค่าแรงดันหมายเลข L7805CV 53

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 59

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 การทดสอบหาเวลาในการคัดแยกเหรียญ.....31

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนเอียง 4
2.2 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนในแนวระนาบ 5
2.3 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบแบบลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก 6
2.4 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ 7
2.5 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ 7
2.6 เครื่องคัดแยกเหรียญตามความหนาของเหรียญ 8
2.7 แผงวงจร Arduino 9
2.8 หน่วยประมวลผลกลาง ATmega2560 ขนาด 100 ขา 10
2.9 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 11
2.10 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี 11
2.11 มอเตอร์เซอร์โว 12
2.12 มอเตอร์เซอร์โวขนาดต่างๆ 13
2.13 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก 14
2.14 โครงสร้างมอเตอร์เซอร์โวแบบดิจิตอล 14
2.15 โครงสร้างของแอลดีอาร์ 15
2.16 กราฟแสดงความไวของแอลดีอาร์ที่ความยาวคลื่นต่างกัน 15
3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญ 17
3.2 การออกแบบจานหมุนลำเลียงเหรียญ 18
3.3 การออกแบบขนาดของช่องแยกเหรียญแต่ละชนิดราคา 19
3.4 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนจานหมุน 19
3.5 แผนภาพวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ 20
3.6 วงจรตรวจจับเหรียญ 21
3.7 แผนภาพวงจรคุมค่าแรงดัน 21
3.8 แสดงการเชื่อมต่อของแผงวงจรคุมค่าแรงดัน 21
3.9 แสดงการเชื่อมต่อของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 22
3.10 หน้าจอแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินที่เครื่องนับได้ 23
3.11 มุมมองด้านบนของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 24
3.12 มุมมองด้านหน้าของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.13 มุมมองด้านข้างของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 26
3.14 มุมมองด้านหลังของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 27
3.15 ส่วนประกอบและการติดตั้งตำแหน่งของตัวชี้เลเซอร์และแอลดีอาร์ 28
3.16 เครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ 28
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลา 31

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

การใช้จ่ายเงินในชีวิตประจำวันมีการใช้จ่ายทั้งธนบัตรและเหรียญ ซึ่งในปัจจุบันยังคงนิยมใช้เหรียญกันอยู่ เพราะเหรียญมีความถี่ของค่าเงินเหรียญมากกว่าความถี่ของค่าเงินธนบัตร ทำให้สามารถใช้จ่ายและทอนได้ตามความต้องการของราคาสินค้าที่ถูกกำหนดไว้ นอกจากนี้เหรียญยังมีความคงทนและมีอายุการใช้งานมากกว่าธนบัตร ดังนั้นเมื่อมีการใช้เหรียญเป็นจำนวนมาก ทำให้จำเป็นต้องมีการคัดแยกและนับเหรียญ ซึ่งเป็นปัญหาในการตรวจสอบจำนวนเงิน โดยเฉพาะเหรียญที่รวมกันอยู่เป็นจำนวนมากทำให้ต้องเสียเวลาในการคัดแยก จึงมีการคิดสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อความรวดเร็วและประหยัดเวลาในการคัดแยกและนับเหรียญขึ้นเพื่อช่วยลดภาระและความยุ่งยากของสถานประกอบการที่มีเงินหมุนเวียนเป็นจำนวนมากได้

โดยทั่วไปการจำแนกชนิดราคาและนับจำนวนเหรียญนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น การใช้คนและการใช้เครื่อง ซึ่งการใช้คนนั้นอาจเกิดความผิดพลาดในการนับเหรียญในจำนวนมากๆรวมไปถึงความล่าช้าและเสียเวลาในการทำงานอื่นๆได้ ส่วนการใช้เครื่องจำแนกนั้นมีหลักการคัดแยกเหรียญหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการใช้น้ำหนักของเหรียญแต่ละชนิดซึ่งมีน้ำหนักแตกต่างกันและการใช้ขนาดของเหรียญแต่ละชนิดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาไม่เท่ากัน โดยเครื่องที่กล่าวมาข้างต้นนั้นมีความแม่นยำ สะดวกและรวดเร็วกว่าการนับโดยใช้คน อีกทั้งยังหลีกเลี่ยงการใช้มือสัมผัสเหรียญที่สกปรก โดยเครื่องทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาดนั้น มีราคาสูงเหมาะสำหรับสถานประกอบการรายใหญ่และธนาคารทั่วไป บางเครื่องอาจจะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการซื้อเครื่อง จึงได้มีการออกแบบระบบเพื่อสร้างเครื่องจำแนกชนิดราคาและนับจำนวนเหรียญ ซึ่งวัสดุที่ใช้สามารถหาซื้อได้ทั่วไปและมีราคาถูก จึงทำให้มีราคาต่ำกว่าตามท้องตลาด โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สามารถประมวลผลโปรแกรมที่ซับซ้อนได้ดี สามารถกำหนดเงื่อนไขการทำงานได้อย่างหลากหลาย เป็นอุปกรณ์ไอซี (Integrated circuit, IC) สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องจำแนกชนิดราคาและนับจำนวนเหรียญ แล้วคำนวณเป็นจำนวนเงินที่นับได้ โดยควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ออกแบบและสร้างเครื่องจำแนกชนิดราคาของเหรียญกษาปณ์ไทยได้ 4 ชนิดราคาคือ 1 บาท 2 บาท 5 บาท และ 10 บาท
2) สามารถนับจำนวนเหรียญแล้วคำนวณเป็นจำนวนเงินที่นับได้ โดยแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี
3) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของเครื่อง และใช้มอเตอร์เซอร์โวขับเคลื่อนกลไกของเครื่อง

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2557					พ.ศ. 2558			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษากลไกและออกแบบโครงสร้าง									
2) ประกอบโครงสร้าง									
3) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน									
4) ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน									
5) สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องจำแนกชนิดราคาและนับจำนวนเหรียญที่ได้สร้างขึ้น สามารถใช้คัดแยกชนิดและนับจำนวนของเหรียญได้รวดเร็วและแม่นยำกว่าการนับด้วยคน ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลาในการนับเหรียญ รวมทั้งสามารถแสดงค่าของจำนวนเหรียญได้อย่างถูกต้อง ชิ้นงานสามารถเคลื่อนย้ายนำไปใช้งานในสถานที่ต่างๆได้ อีกทั้งยังมีราคาถูก และหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับเหรียญที่สกปรก

1.6 งบประมาณ

1) โครงสร้างแบบจำลองของเครื่อง	1,400 บาท
2) มอเตอร์เซอร์โว	400 บาท
3) ไมโครคอนโทรลเลอร์และหน้าจอแสดงผล	700 บาท
4) แอลดีอาร์และตัวชี้เลเซอร์	200 บาท
5) สายไฟ	300 บาท
6) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	1,000 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สี่พันบาทถ้วน)	4,000 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
กลไกการทำงานและการควบคุมเครื่องแยกและนับเหรียญ

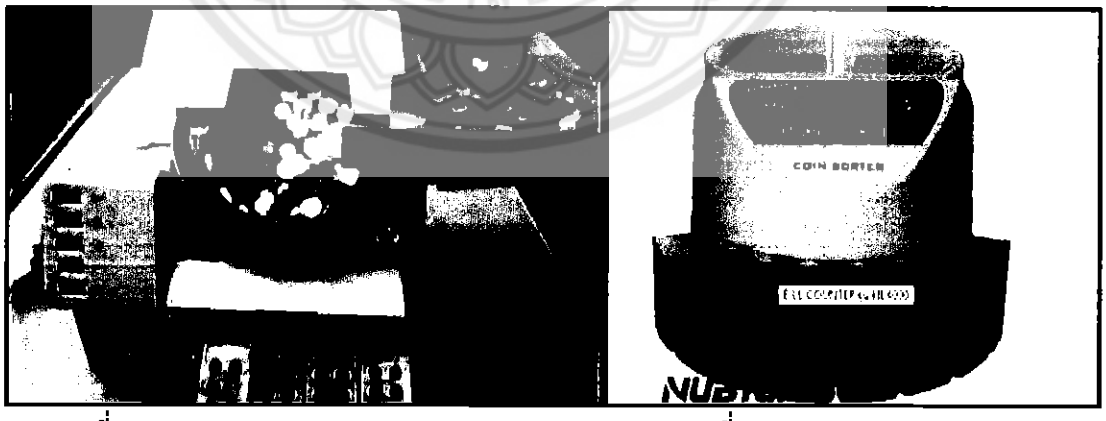
เครื่องจำแนกชนิดราคาและนับจำนวนเหรียญถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์โดยมีการสร้างเครื่องนับเหรียญในรูปแบบต่างๆมาใช้ขึ้นทั้งจากภายในประเทศและนอกประเทศ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีกลไกการทำงานของเครื่องร่วมทั้งข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันไป และนอกจากการนับจำนวนเหรียญแล้ว ในการแสดงค่าจำนวนเหรียญและจำนวนเงินที่นับได้นิยมนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานร่วมด้วย

2.1 รูปแบบของเครื่องคัดแยกเหรียญ

เครื่องคัดแยกเหรียญรูปแบบต่างๆ มีหลักการทำงาน ข้อเด่นและข้อด้อยที่แตกต่างกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 แบบ ดังนี้

2.1.1 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนเอียง

หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนเอียงโดยเครื่องประเภทนี้มีช่องพาเหรียญอยู่ที่จานหมุน และเมื่อใส่เหรียญลงไปเหรียญจะมารวมกันอยู่ด้านล่าง ซึ่งจานหมุนจะเอียงเพื่อให้สามารถพาเหรียญขึ้นไปได้ครั้งละเหรียญและก็จะพาเหรียญไปลงช่องที่มีขนาดเท่ากับเหรียญแต่ละชนิดราคา ทำให้สามารถแยกเหรียญออกจากกันได้ดังรูปที่ 2.1



ที่มา: http://machine-99.blogspot.com (ก)

ที่มา: www.nubtung.com (ข)

รูปที่ 2.1 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนเอียง

เนื่องจากจานหมุนมีลักษณะที่เอียงทำให้เหรียญเข้าไปในช่องได้ทุกเหรียญ จึงไม่เกิดปัญหาในกรณีที่มีเหรียญตกค้างอยู่ภายในเครื่อง มีความรวดเร็วและแม่นยำในการคัดแยก สามารถคัดแยกเหรียญได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก พกพาได้สะดวกเนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด อย่างไรก็ตามเครื่องประเภทนี้ต้องมีการใช้มือเกลี่ยในกรณีที่เหรียญไม่ตกไปที่ช่องรับเหรียญเป็นสาเหตุให้ต้องสังเกตการทำงานของเครื่องอยู่ตลอดเวลา และเมื่อเครื่องมีปัญหาชำรุดเสียหาย อาจจะต้องส่งซ่อมและเสียค่าใช้จ่ายในราคามาก เนื่องจากวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอยู่ต่างประเทศ และการวางจานแบบเอียงนี้ จะทำให้มีน้ำหนักกดทับที่ด้านใดด้านหนึ่งของจานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหนัก

2.1.2 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนในแนวระนาบ

หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนในแนวระนาบ โดยเครื่องประเภทนี้จะมีช่องนำพาเหรียญอยู่ที่จานหมุน และเมื่อใส่เหรียญไปในเครื่อง เหรียญจะถูกหมุนให้เข้าไปที่ช่องบังคับทำให้เข้าไปที่ช่องของจานหมุนได้ครั้งละเหรียญ จากนั้นจานหมุนก็จะหมุนพาเหรียญไปลงช่องที่มีขนาดเท่ากับเหรียญแต่ละชนิดราคา ทำให้สามารถแยกเหรียญออกจากกันได้ดังรูปที่ 2.2

ที่มา: www.youtube.com (ก)

ที่มา: www.youtube.com (ข)

รูปที่ 2.2 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบจานหมุนในแนวระนาบ

ในการตั้งจานในแนวระนาบกับพื้นทำให้ง่ายต่อการจัดวางส่วนประกอบภายในเครื่องและทำให้มีน้ำหนักกดทับมาที่จานสม่ำเสมอส่งผลให้มอเตอร์ทำงานไม่หนักมาก สามารถคัดแยกเหรียญได้ด้วยความรวดเร็วและแม่นยำ พกพาได้สะดวกเนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด อย่างไรก็ตามเครื่องประเภทนี้ยังคงมีโครงสร้างที่ซับซ้อนเพราะต้องมีตัวบังคับเหรียญเพื่อให้เหรียญลงช่องของจานหมุนได้ครั้งละเหรียญ

2.1.3 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก

หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญแบบลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก เมื่อจานหมุนเคลื่อนที่จะทำให้เหรียญลงไปที่ช่องรับเหรียญครั้งละเหรียญ และเมื่อเหรียญเคลื่อนที่ผ่านลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักแต่ละขนาดที่มีน้ำหนักน้อยกว่าเหรียญ จะทำให้เหรียญหล่นลงที่ช่องเก็บเหรียญ ทำให้สามารถแยกเหรียญออกจากกันได้ดังรูปที่ 2.3

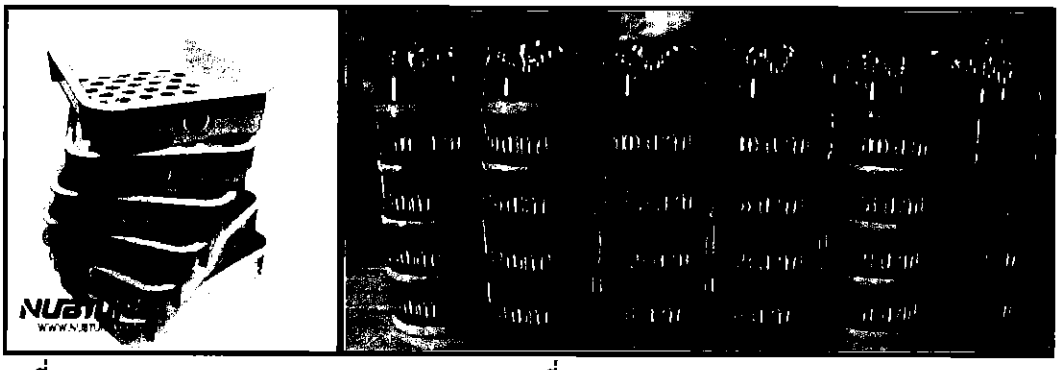
ที่มา: http://machine-99.blogspot.com

รูปที่ 2.3 เครื่องคัดแยกเหรียญแบบแบบลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก

เครื่องประเภทนี้มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน สามารถแยกเหรียญได้อย่างแม่นยำ แต่เครื่องประเภทนี้มีขนาดใหญ่จึงทำให้ไม่สะดวกในการพกพาและใช้เวลานานในการแยกเหรียญ เพราะต้องเรียงเหรียญใส่ลงไปในเครื่อง และไม่สามารถใส่เหรียญได้ครั้งละมากๆ

2.1.4 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง

หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญที่ต่างกัน เมื่อใส่เหรียญลงไปบนภาชนะใส่เหรียญ แล้วทำการส่ายเครื่องเพื่อทำให้เหรียญหล่นลงตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่เจาะไว้ในแต่ละชั้นซึ่งมีขนาดไม่เท่ากัน โดยชั้นแรกจะมีขนาดใหญ่สุดและมีขนาดเล็กลงตามลำดับชั้น ทำให้สามารถแยกเหรียญออกจากกันได้ดังรูปที่ 2.4



ที่มา: www.nubtung.com ที่มา: www.youtube.com

(ก) (ข)

รูปที่ 2.4 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

ส่วนอีกประเภทหนึ่งเป็นเครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่าศูนย์กลางเช่นกัน แต่เครื่องนี้มีลักษณะเอียง และต้องใช้คนเป็นผู้วางเหรียญลงบนเครื่อง จากนั้นเหรียญจะเคลื่อนที่ไปตามรางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละเหรียญจึงทำให้สามารถแยกเหรียญออกจากกันได้ดังรูปที่ 2.5

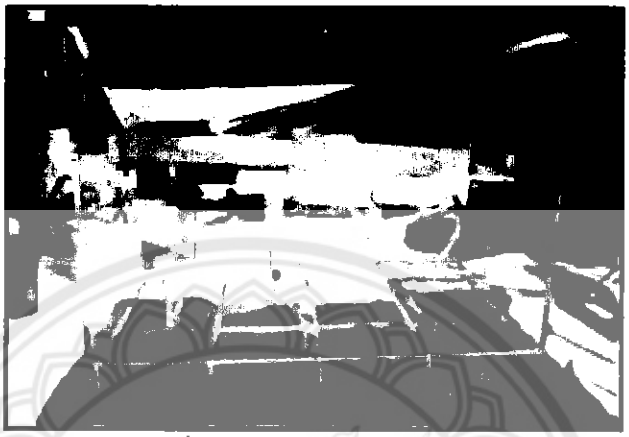
ที่มา: http://machine-99.blogspot.com

รูปที่ 2.5 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

เครื่องประเภทนี้สามารถแยกเหรียญได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากเหรียญที่ไหลลงมาตามรางจะเคลื่อนที่เข้าตามช่องที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละเหรียญอย่างช้าๆ อย่างไรก็ตามเครื่องประเภทนี้ไม่สามารถทำงานได้อัตโนมัติเพราะต้องทำงานร่วมกับคนเพื่อทำให้เหรียญสามารถแยกออกจากกัน

2.1.5 เครื่องคัดแยกเหรียญตามความหนา

หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญตามความหนาคือ เมื่อใส่เหรียญลงไปเครื่องทำการสั่นเพื่อให้เหรียญลงไปตามรางในแนวตั้งครั้งละเหรียญ แล้วกลิ้งไปตามแรงโน้มถ่วงจนถึงช่องที่มีขนาดเท่ากับความหนาของแต่ละเหรียญจึงทำให้สามารถแยกเหรียญออกจากกันได้ดังรูปที่ 2.6



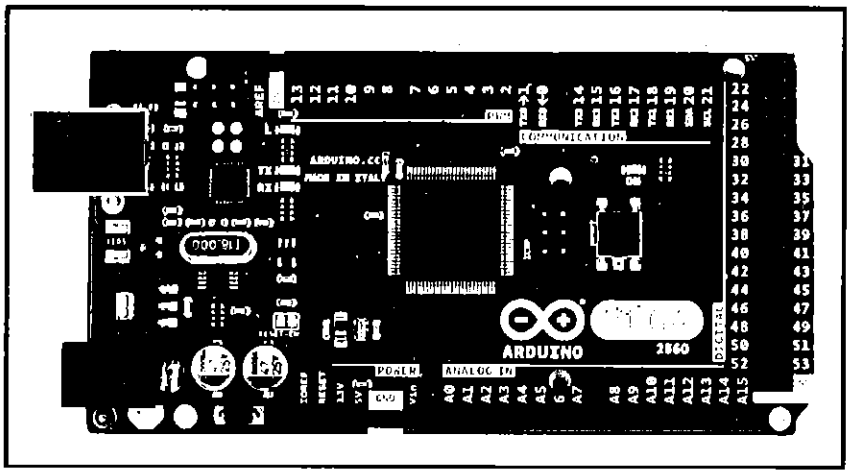
ที่มา: www.youtube.com

รูปที่ 2.6 เครื่องคัดแยกเหรียญตามความหนาของเหรียญ

เครื่องประเภทนี้สามารถแยกเหรียญได้อย่างแม่นยำและรวดเร็วเพราะใช้หลักการกลิ้งตามแรงโน้มถ่วง แต่เครื่องประเภทนี้ไม่สามารถใส่เหรียญได้ครั้งละมากๆ เพราะมีพื้นที่รองรับการใส่เหรียญน้อย อีกทั้งยังมีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแผงวงจร Arduino จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ (AVR) ขนาด 100 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 แสดงดังรูปที่ 2.7 โดยเป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาท์พุต (I/O) ขั้นพื้นฐานที่พอเพียงกับการใช้งานและการเรียนรู้ โดยตัวแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตทั้งที่เป็นพอร์ตดิจิตอลพอร์ตแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็ม และพอร์ตอนุกรม โดยแผงวงจร Arduino ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอก รวมทั้งสามารถส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้และควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ แผงวงจร Arduino สามารถทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

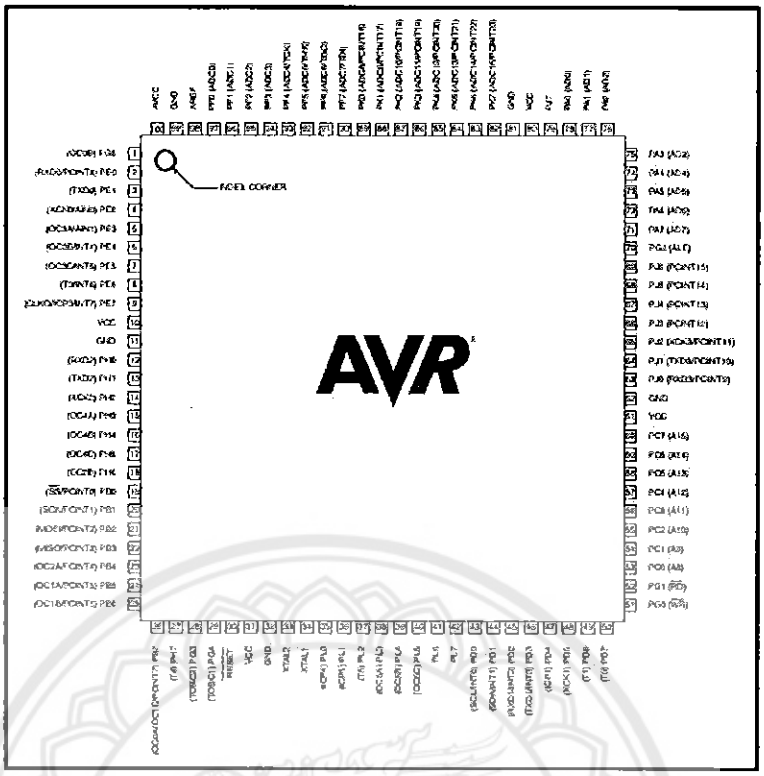


รูปที่ 2.7 แผงวงจร Arduino [1]

ส่วนภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบนแผงจงจร Arduino นั้นจะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่ง ทีมโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) แต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจาก ANSI-C เล็กน้อย เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและยังสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของ ANSI-C โดยตรง

แผงวงจร Arduino ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นหน่วยประมวลผลกลางแบบ RISC (Reduced instruction set computer) ขนาด 8 บิต มีสถาปัตยกรรมการต่อหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยเด็ดขาดดังแสดงดังรูปที่ 2.8 โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) เป็นหน่วยความจำโปรแกรม และใช้หน่วยความจำแบบ SRAM เป็นหน่วยความจำข้อมูล นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยง คุณสมบัติเด่นของ ATmega2560 [1] มีดังนี้

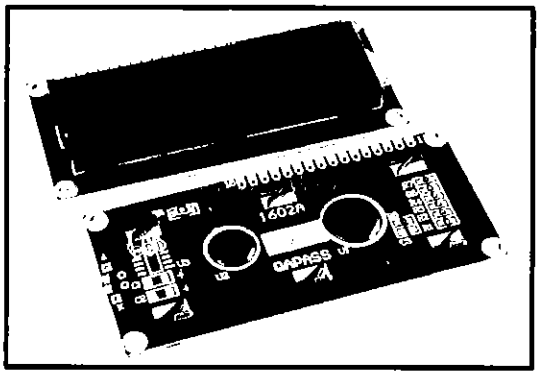
1) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8-5.5 V
2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 8 kb
3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 4 kb
4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus
5) พอร์ตอินพุตเอาท์พุตจำนวน 54 ช่อง
6) พอร์ตเอาท์พุตแบบแอนะล็อกจำนวน 16 ช่อง
7) วงจรสื่อสารอนุกรม
8) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้าง สัญญาณพีดับเบิลยู (PWM) จำนวน 12 ช่อง



รูปที่ 2.8 หน่วยประมวลผลกลาง ATmega2560 ขนาด 100 ขา

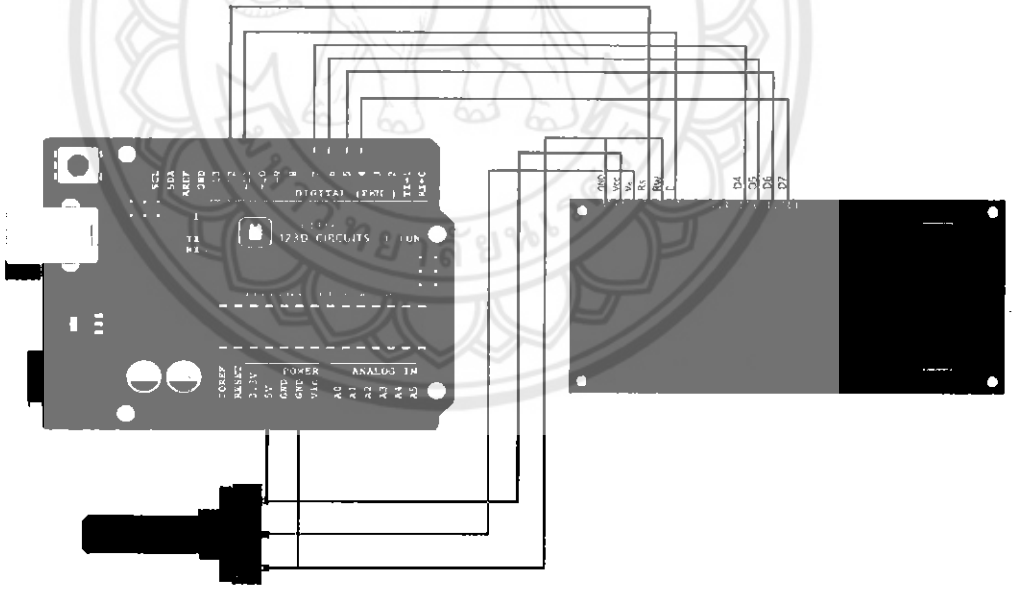
ในการควบคุมหรือสั่งงานผ่านจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid crystal display, LCD) นั้นมีตัวควบคุม (Controller) รวมไว้ในตัว ซึ่งสามารถส่งรหัสคำสั่งควบคุมการทำงานของจอแอลซีดีผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยในส่วนของการควบคุมจอแสดงผลแอลซีดีเป็น Hitachi หมายเลข HD44780 ดังแสดงในรูปที่ 2.9 และขาในการเชื่อมต่อระหว่างจอแสดงผลแอลซีดีกับไมโครคอนโทรลเลอร์ [2] มีดังนี้

1) GND เป็นกราวด์ใช้ต่อระหว่างกราวด์ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี
2) VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับแอลซีดีขนาด +5 VDC
3) VO ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอแอลซีดี LCD4 RS ใช้บอกให้ตัวควบคุมทราบว่ารหัสคำสั่งที่ส่งมาทางขา DB0-DB7 เป็นคำสั่งหรือข้อมูล
4) RS ใช้บอกตัวควบคุมให้รู้ว่ารหัสที่ส่งมาทางขา DB0-DB7 นั้นเป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5) R/W ใช้เลือกระหว่างการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับตัวควบคุม
6) E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานของตัวควบคุม
7) DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณข้อมูล (Data) ซึ่งใช้หรืออ่านข้อมูลและคำสั่งกับตัวควบคุม



รูปที่ 2.9 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 [2]

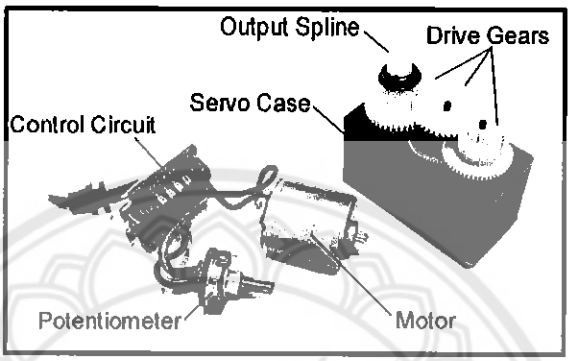
การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือการเชื่อมต่อแบบ 8 bit (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 bit (DB4-DB7) ซึ่งทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา โดยสามารถทำงานได้เหมือนกัน แต่การส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ช้ากว่าแบบ 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ดังนั้นโดยทั่วไปการต่อกับ Arduino จึงนิยมต่อเพียง 4 ขา หรือ 4 bit เท่านั้น [3] ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี [3]

2.3 ส่วนประกอบของมอเตอร์เซอร์โว

มอเตอร์เซอร์โวเป็นมอเตอร์ที่ประกอบไปด้วยชุดเกียร์ (Gear) มอเตอร์กระแสตรง (DC motor) และส่วนควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่รวมภายในตัวมอเตอร์ดังรูปที่ 2.11 มอเตอร์เซอร์โวทำงานได้ด้วยสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างอยู่ระหว่าง 1 ms (พัลส์ลบหรือลอจิก 0) การส่งสัญญาณพัลส์ดังกล่าวทำให้มอเตอร์หมุน โดยทิศทางการหมุนขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลส์บวก



รูปที่ 2.11 มอเตอร์เซอร์โว [4]

องค์ประกอบหลักของมอเตอร์เซอร์โวโดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบหลักดังนี้คือ

1) โครง (Servo case) ซึ่งส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติก
2) มอเตอร์ (Motor) ซึ่งเป็นส่วนให้กำลังในการหมุนของมอเตอร์เซอร์โว
3) วงจรควบคุม (Control circuit) มีหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณควบคุมที่รับค่ามาเป็นแบบพีดับเบิลยูเอ็ม (Pulse width modulation, PWM) และส่งการควบคุมไปสั่งการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนแขนของมอเตอร์เซอร์โวให้อยู่ในตำแหน่งที่ได้ถอดรหัสมา
4) เฟืองขับ (Drive gear) คือชุดทดรอบจากการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง
5) สลัก (Output spline) คือส่วนป้องกันการเสียดสีระหว่างโครงและเพลา (Output shaft) ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ประเภทลูกปืน (Bearing) เพื่อช่วยลดแรงเสียดทานที่ดี
6) สายไฟและสายสัญญาณ (Servo wire) มีสามเส้นติดเป็นชุดเดียวกัน มีหน้าที่คือ
   เส้นที่ 1 จ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 5-6 V
   เส้นที่ 2 เป็นสายกราวด์
   เส้นที่ 3 เป็นสายสัญญาณพัลส์ควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.1 ขนาดของมอเตอร์เซอร์โว

มอเตอร์เซอร์โวมีหลายขนาดดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.12 โดยทั่วไปมี 3 ขนาด คือขนาดเล็ก (Micro) ขนาดมาตรฐาน (Standard) และขนาดใหญ่ (Giant) ซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่ต่างกัน ในปัจจุบันมีมอเตอร์เซอร์โวมีขนาดที่หลากหลายเพื่อครอบคลุมการใช้งานมากขึ้น

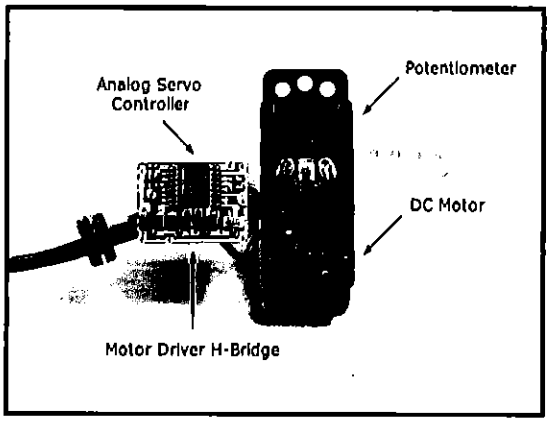
รูปที่ 2.12 มอเตอร์เซอร์โวขนาดต่างๆ [4]

ในการเลือกใช้งานมอเตอร์เซอร์โวนอกจากต้องพิจารณาขนาดภายนอกแล้วยังต้องพิจารณาความเร็ว (Speed) และแรงบิด (Torque) การวัดความเร็วของมอเตอร์เซอร์โวเทียบจากเวลาที่ใช้ต่อในการหมุนค่าหนึ่ง ซึ่งมุมมาตรฐานที่ใช้วัดกันทั่วไปคือ 60 จึงกล่าวได้ว่า ความเร็วของมอเตอร์เซอร์โวขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการหมุนแขนของมอเตอร์เซอร์โวไปจากตำแหน่งเดิมเป็นมุม 60 ดังนั้นตัวเลขเวลาที่มีค่าน้อยเท่าใดมอเตอร์เซอร์โวยิ่งมีความเร็วมากขึ้นเท่านั้น

2.3.2 ประเภทของมอเตอร์เซอร์โว

มอเตอร์เซอร์โวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ แบบดิจิตอล (Digital servo) และแบบแอนะล็อก (Analog servo)

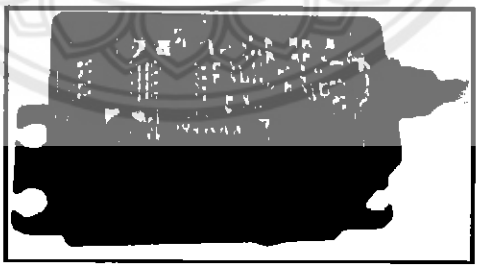
1) มอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก มีลักษณะและส่วนประกอบดังรูปที่ 2.13 ความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์แบบแอนะล็อกถูกกำหนดด้วยความกว้างของพัลส์แรงดันขนาด 4.8-6.0 V ความถี่ 50 Hz ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การปรับความกว้างของพัลส์จะเกิดขึ้นทุกๆ 20 ms ซึ่งอาจไม่สามารถตอบสนองต่อสัญญาณได้เร็วพอหรือสร้างแรงบิดได้ดีพอเมื่อสัญญาณควบคุมเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหรือเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำให้ตำแหน่งของมอเตอร์เซอร์โวเลื่อนไปจากตำแหน่งที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามความเร็วในการตอบสนองดังกล่าวไม่เป็นปัญหาต่อการควบคุม



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก [4]

ความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์แบบแอนะล็อกถูกกำหนดด้วยความกว้างของพัลส์แรงดันขนาด 4.8-6.0 V ความถี่ 50 Hz ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการปรับความกว้างของพัลส์จะเกิดขึ้นทุก ๆ 20 ms ซึ่งอาจไม่สามารถตอบสนองต่อสัญญาณได้เร็วพอหรือสร้างแรงบิดได้ดีพอเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณควบคุมเพียงเล็กน้อยหรือเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำให้ตำแหน่งของมอเตอร์เซอร์โวเลื่อนไปจากตำแหน่งที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามความเร็วในการตอบสนองดังกล่าวไม่เป็นปัญหาต่อการควบคุม

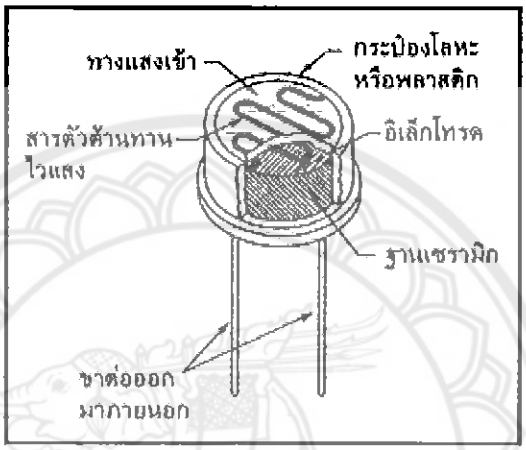
2) มอเตอร์เซอร์โวแบบดิจิตอล (Digital RC servo operation) มีลักษณะดังรูปที่ 2.14 พัลส์แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์เซอร์โวแบบดิจิตอลมีความถี่ในการปรับสัญญาณสูงถึง 300 Hz ส่งผลให้การตอบสนองด้านความเร็วของมอเตอร์ดีขึ้น มีแรงบิดคงที่ และมีอัตราเร่งที่ราบเรียบขึ้น [4]



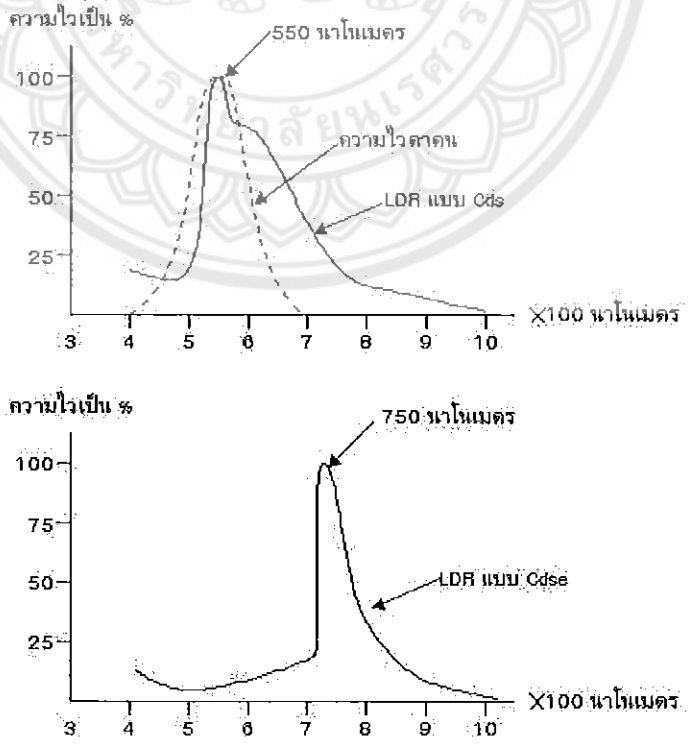
รูปที่ 2.14 โครงสร้างมอเตอร์เซอร์โวแบบดิจิตอล [4]

2.4 แอลดีอาร์

แอลดีอาร์ (Light dependent resistor, LDR) คือตัวความต้านทานที่สามารถเปลี่ยนสภาพความนำไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยสร้างมาจากสารกึ่งตัวนำประเภทแคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium sulfide, CdS) หรือแคดเมียมซิลิไนด์ (Cadmium selenide, CdSe) เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมาดังรูปที่ 2.15 แอลดีอาร์ไวต่อแสงช่วงคลื่น 400-1000 nm [5] ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของแอลดีอาร์ [5]



รูปที่ 2.16 กราฟแสดงความไวของแอลดีอาร์ที่ความยาวคลื่นต่างกัน [5]

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

จากที่ได้ศึกษาหลักการการออกแบบเครื่องแยกและนับเหรียญประเภทต่างๆ ผู้ดำเนินโครงงานจึงได้ออกแบบเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติขึ้นมา โดยในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่อง การออกแบบส่วนประกอบหลักของเครื่อง วงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ รวมไปถึงการอธิบายการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการประมวลผล

3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญที่ออกแบบขึ้นในโครงงานนี้แสดงดังรูปที่ 3.1 เมื่อใส่เหรียญลงไปที่จานหมุนลำเลียงเหรียญซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เซอร์โว จานถูกหมุนเพื่อเกลี่ยเหรียญให้ลงช่องบนจานเพื่อที่จะนำพาเหรียญไปที่ช่องแยกเหรียญแต่ละขนาด เมื่อเหรียญตกลงไปในช่องจะเคลื่อนที่ต่อไปยังรางลำเลียงเหรียญ ซึ่งมีตัวรับรู้คอยตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของแต่ละเหรียญ จากนั้นตัวรับรู้ส่งสัญญาณไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและแสดงค่าผ่านจอแอลซีดี

ก) จานหมุน ซึ่งติดอยู่กับมอเตอร์เซอร์โว มีหน้าที่ในการนำพาเหรียญโดยจะมีรูที่มีลักษณะคล้ายหยดน้ำอยู่บริเวณขอบของจานหมุนและมีขนาดที่สามารถทำให้เหรียญที่มีขนาดใหญ่สุดสามารถลงได้ จากนั้นจานจะหมุนเพื่อนำพาเหรียญไปยังช่องแยกเหรียญ

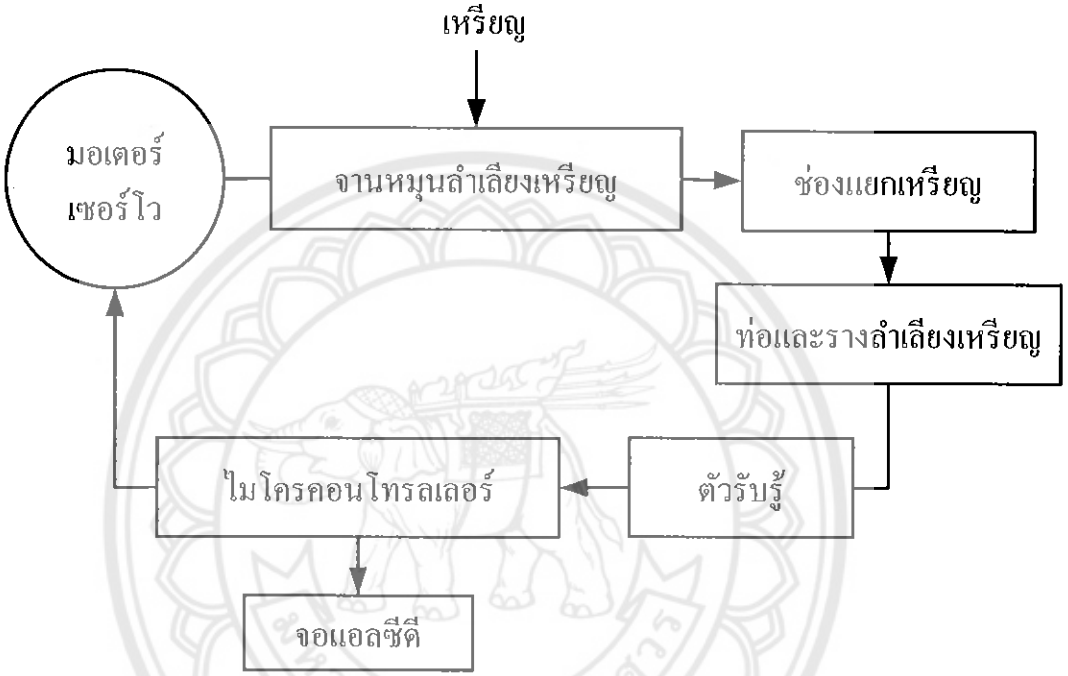
ข) ช่องแยกเหรียญ มีหน้าที่ในการคัดแยกเหรียญตามชนิดราคาโดยจะมีจำนวน 4 ช่องที่มีขนาดตามเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละเหรียญ ซึ่งในการหมุนของจานชั้นบน จะนำพาเหรียญให้มาตกตามช่องแยกเหรียญ จากนั้นเหรียญจะตกไปอยู่ในกล่องเก็บเหรียญของแต่ละเหรียญ

ค) วงจรตรวจจับวัตถุ มีหน้าที่ตรวจจับเหรียญขณะที่พลิกตกผ่านช่องแยกเหรียญ เมื่อตัวรับรู้มีเหรียญตัดผ่านลำแสงจะส่งสัญญาณลอจิก 0 ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

ง) ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากวงจรตรวจจับวัตถุ โดยจะรับค่าสัญญาณดิจิตอลเป็นลอจิก 0 แล้วนำค่าที่ได้มาประมวลผลเป็นจำนวนเหรียญของแต่ละชนิดราคาพร้อมทั้งคำนวณเป็นค่าเงินและแสดงค่าบนจอแอลซีดี นอกจากนี้ยังควบคุมการเปิด-ปิดของมอเตอร์เซอร์โวรวมไปถึงการปรับความเร็วรอบ

จ) จอแสดงผล ซึ่งเป็นจอแบบแอลซีดี มีหน้าที่แสดงจำนวนของแต่ละเหรียญและแสดงจำนวนเงิน ซึ่งรับค่าและถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ฉ) มอเตอร์เซอร์โว มีหน้าที่ขับเคลื่อนจานคัดแยก ซึ่งมีวงจรขับมอเตอร์อยู่ภายในทำให้สามารถควบคุมความเร็วรอบได้และมีชุดเกียร์ที่มีแรงบิดสูง โดยควบการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

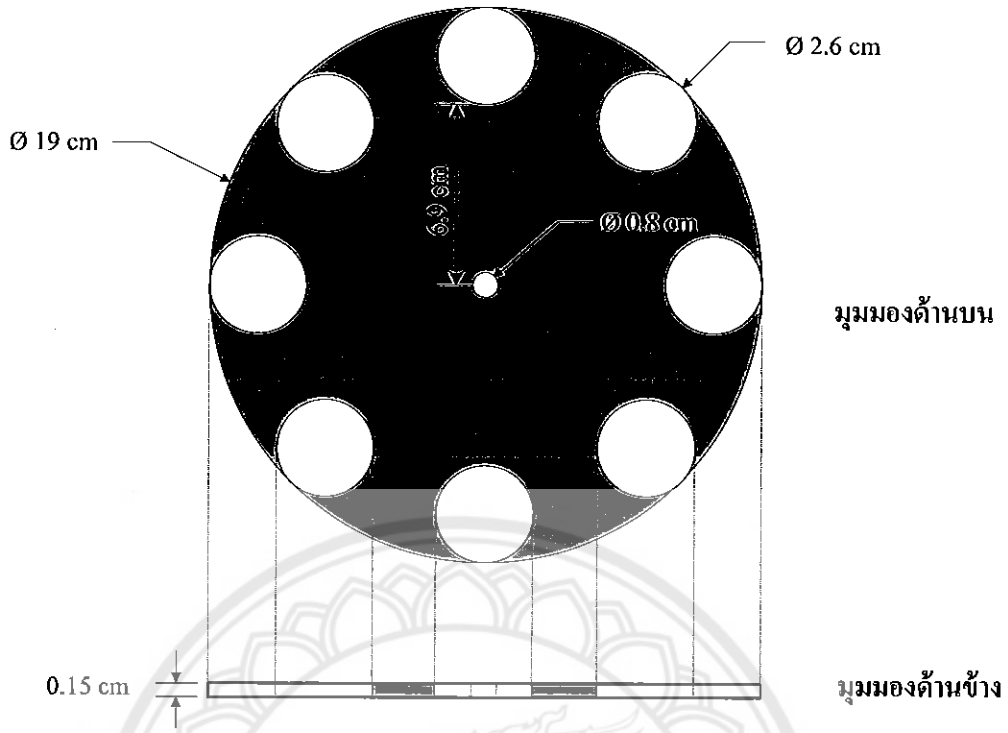


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญ

3.2 การออกแบบส่วนประกอบหลักของเครื่อง

3.2.1 จานหมุนลำเลียงเหรียญ

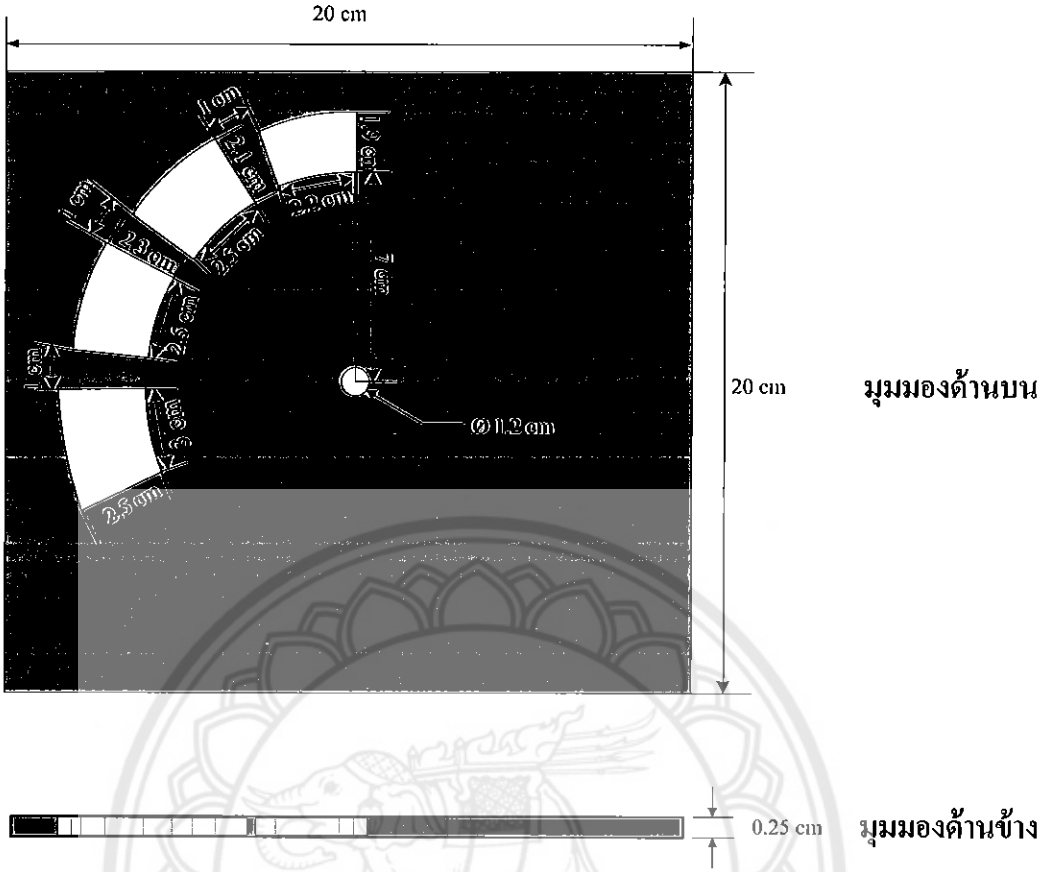
จานหมุนลำเลียงเหรียญของเครื่องแยกและนับเหรียญที่ออกแบบในโครงงานนี้ มีลักษณะเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 cm โดยเจาะเป็นช่องวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 cm ซึ่งมีขนาดพอดีกับเหรียญ 10 บาทจำนวน 8 ช่องที่บริเวณขอบจานหมุนลำเลียงดังรูปที่ 3.2 และการเจาะในลักษณะรูปแบบดังกล่าวทำให้เหรียญถูกบังคับให้สามารถลงช่องแยกเหรียญได้อย่างแม่นยำ และความหนาของจานหมุนถูกออกแบบมาให้มีความหนาเท่ากับเหรียญ 1 บาทเพื่อเลี่ยงการซ้อนกันของเหรียญ โดยวัสดุที่ใช้ทำมาจากแผ่นอะคริลิกเนื่องจากเป็นวัสดุที่สามารถหาซื้อและสามารถนำมาทำเป็นโครงสร้างได้ง่าย



รูปที่ 3.2 การออกแบบจานหมุนลำเลียงเหรียญ

3.2.2 ช่องแยกเหรียญ

วัสดุที่นำมาใช้เป็นแผ่นอะคริลิกที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ 20 cm โดยมีความหนาเท่ากับ 0.25 cm ช่องแยกเหรียญที่ออกแบบขึ้นมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมยาวตามความโค้งของจาน โดยเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมทั้งหมด 4 ช่องดังรูปที่ 3.3 โดยแต่ละช่องมีขนาดเล็กกว่าความกว้างของแต่ละเหรียญ 1 mm โดยขอบล่างของช่องแยกเหรียญอยู่ในแนวรัศมีเดียวกันทั้ง 4 ช่อง เพื่อให้เหรียญบนจานหมุนอยู่ที่ตำแหน่งขอบล่างของช่องแยกเหรียญได้แต่ขอบบนของแต่ละช่องถูกออกแบบให้มีขนาดสูงกว่าขอบของเหรียญบนจานหมุน 0.1 cm ดังนั้นเมื่อเหรียญถูกจานหมุนลำเลียงมาที่ช่องแยกเหรียญทำให้เหรียญตกตามช่องที่ทำไว้พอดี ซึ่งจานหมุนถูกขับเคลื่อนให้หมุนทวนเข็มนาฬิกาผ่านช่องของเหรียญ 1 บาท 2 บาท 5 บาทและ 10 บาทตามลำดับ และการเจาะช่องในลักษณะดังกล่าวช่วยเพิ่มโอกาสของเหรียญในการลงช่องแยกเหรียญได้มากขึ้น

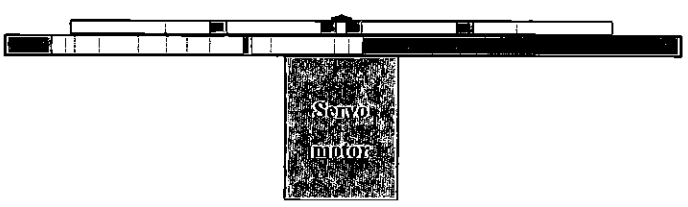


รูปที่ 3.3 การออกแบบขนาดของช่องแยกเหรียญแต่ละชนิดราคา

3.2.3 ส่วนขับเคลื่อนจานหมุนลำเลียงเหรียญ

ส่วนขับเคลื่อนจานหมุนที่ออกแบบขึ้นประกอบด้วยจานหมุนลำเลียงเหรียญและช่องแยกเหรียญติดตั้งอยู่กับมอเตอร์เซอร์โว โดยจานหมุนลำเลียงเหรียญติดตั้งอยู่ข้างบนซึ่งติดอยู่กับแกนมอเตอร์เซอร์โวเป็นส่วนเคลื่อนที่และช่องแยกเหรียญติดตั้งอยู่ข้างล่างและติดกับฐานแกนของมอเตอร์เซอร์โวดังรูปที่ 3.4 เนื่องจากมอเตอร์เซอร์โวมีชุดเกียร์อยู่ภายในจึงทำให้มีแรงบิดที่สูงและมีวงจรขับมอเตอร์อยู่ภายในจึงทำให้สามารถปรับความเร็วรอบได้สะดวก

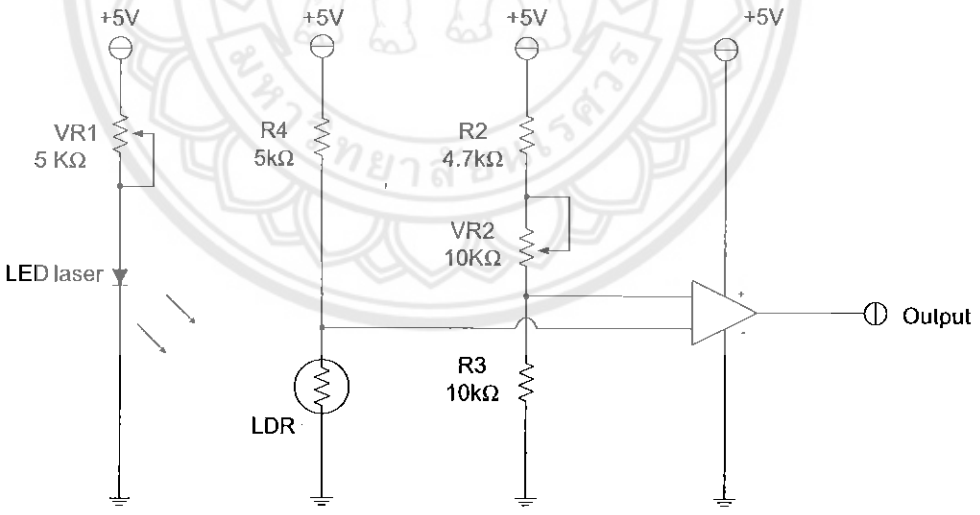
มุมมองด้านข้าง



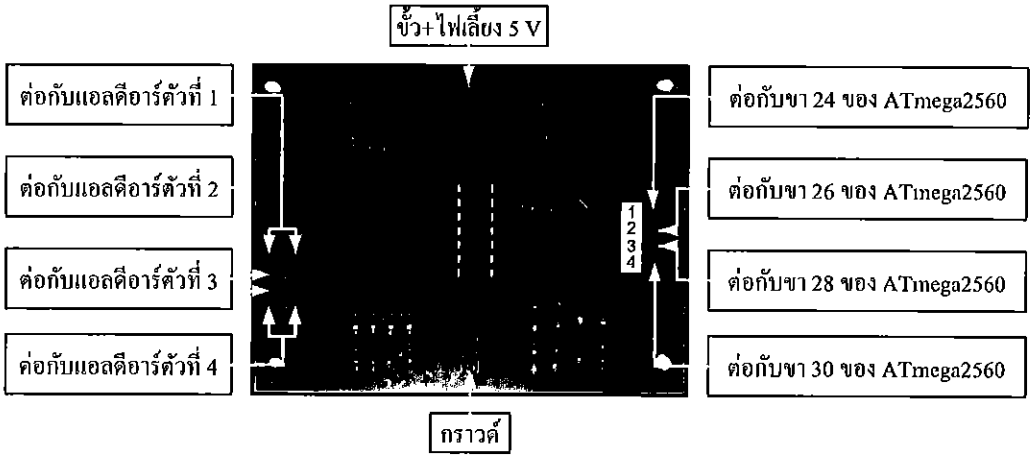
รูปที่ 3.4 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนจานหมุน

3.3 วงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ

การนับจำนวนเหรียญได้นั้นแต่ละเหรียญถูกตรวจจับด้วยตัวรับรู้ วงจรเลเซอร์โดยจะมีแอลอีดีเลเซอร์ต่ออยู่กับไฟกระแสตรง 5 V และได้ต่อความต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับความสว่างของแสงเลเซอร์และแผนภาพวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญแสดงดังรูปที่ 3.5 หลักการทำงานของตัวชี้เลเซอร์มีหน้าที่ส่งลำแสงให้ไปตกกระทบแอลดีอาร์ ทำให้แอลดีอาร์มีค่าความต้านทานลดลง ซึ่งความเข้มของลำแสงของเลเซอร์สามารถปรับให้สูงขึ้นหรือต่ำลงได้ โดยปรับค่าความต้านทานของ VR1 ให้มีค่ามากส่งผลให้ความเข้มลำแสงน้อยลง ในทางกลับกันถ้า VR1 มีความต้านทานน้อยลงความเข้มของลำแสงจะเพิ่มขึ้น นั่นคือความเข้มของลำแสงเลเซอร์แปรผกผันกับความต้านทาน VR1 การเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ทำให้แรงดันที่ขาข้างหนึ่งของออปแอมป์เปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยออปแอมป์ทำการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างอินพุตทั้งสองขา โดยแรงดันอินพุตอีกขาหนึ่งจะเป็นแรงดันอ้างอิง ซึ่งสามารถปรับเพิ่มค่าได้โดยปรับค่าความต้านทานของ VR2 โดยที่ค่าแรงดันอ้างอิงมีค่าแปรผกผันกับค่าความต้านทานของ VR2 ถ้าแรงดันที่ขาอินพุตทั้งสองมีค่าเท่ากัน ออปแอมป์จะส่งสัญญาณดิจิตอลออกทางเอาท์พุตเป็นลอจิก 0 แต่ถ้าไม่มีเหรียญเคลื่อนที่ผ่านลำแสงทำให้แรงดันระหว่างขาทั้งสองมีค่าไม่เท่ากัน ออปแอมป์ส่งสัญญาณดิจิตอลเป็นลอจิก 1 ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล การเชื่อมต่อของแผงวงจรตรวจจับเหรียญแสดงดังรูปที่ 3.6



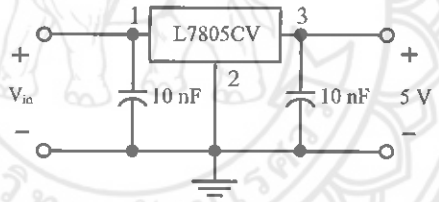
รูปที่ 3.5 แผนภาพวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ



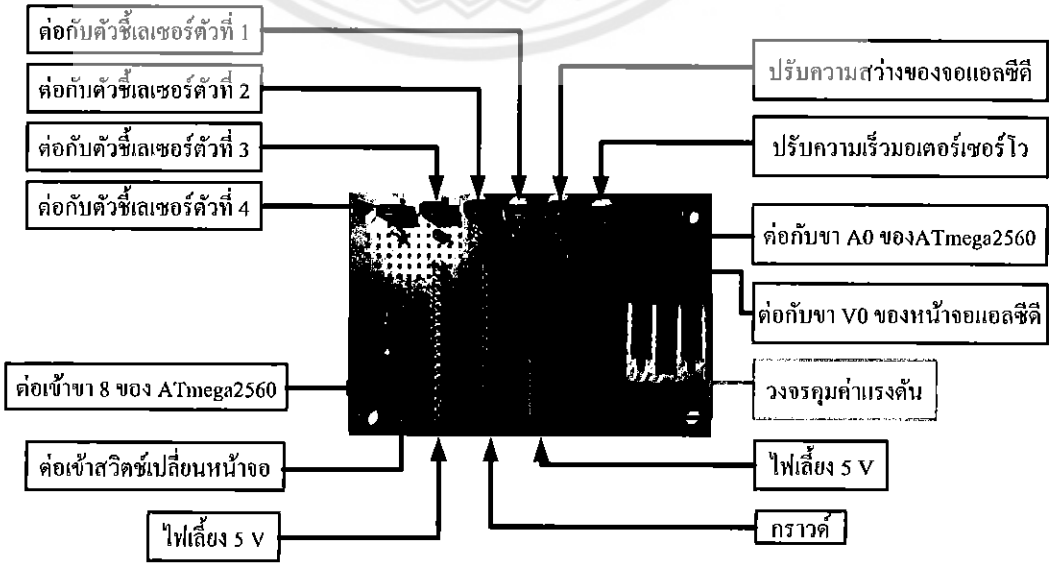
รูปที่ 3.6 วงจรตรวจจับเหรียญ

3.4 วงจรคุมค่าแรงดัน 5 V

ในโครงงานนี้มอเตอร์เซอร์โวที่ใช้ขับเคลื่อนจานหมุนลำเลียงเหรียญทำงานด้วยแรงดันกระแสตรง 5 V ซึ่งสร้างจากไอซีหมายเลข L7805CV โดยมีแผนภาพวงจรแสดงดังรูปที่ 3.7 และแผงวงจรที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.8



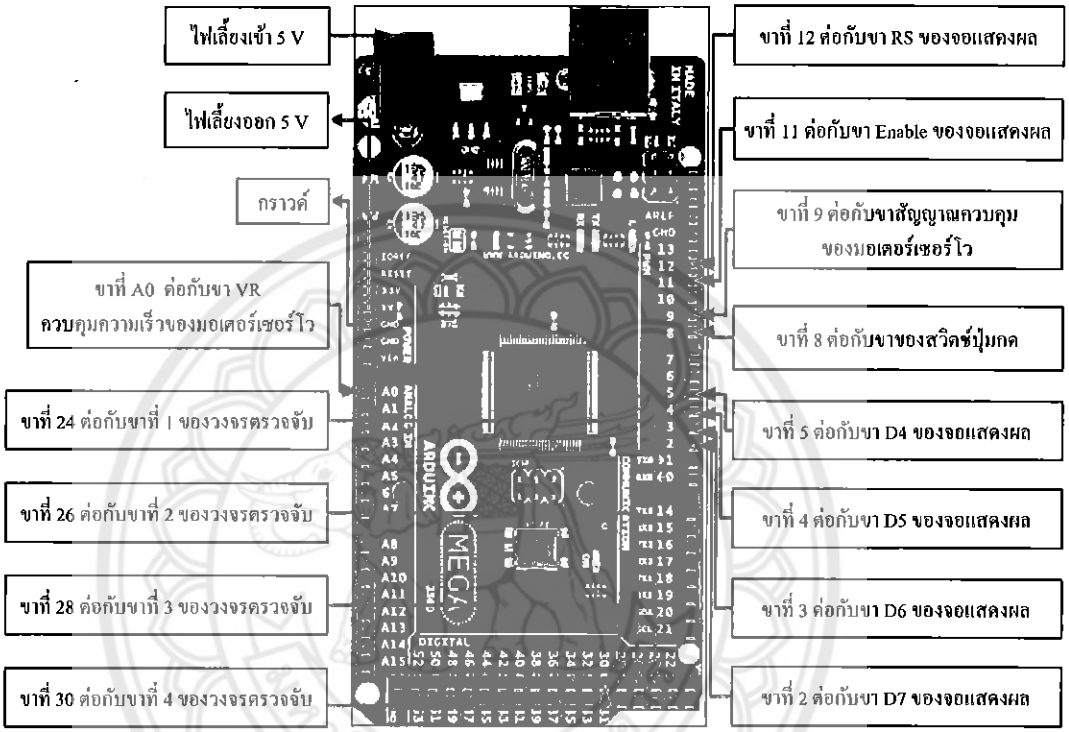
รูปที่ 3.7 แผนภาพวงจรคุมค่าแรงดัน



รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อของแผงวงจรคุมค่าแรงดัน

3.5 ส่วนประมวลผลของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องนับและแยกเหรียญอัตโนมัติถูกควบคุมด้วย ATmega2560 ทั้งในส่วนของการขับเคลื่อนของมอเตอร์เซอร์โว การตรวจนับเหรียญ รวมทั้งคำนวณค่าเงินและแสดงผลทางจอแอลซีดี โดยการเชื่อมต่อใช้งานเพื่อการใช้งาน ATmega2560 แสดงได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

พอร์ตที่ 2-5 และ 11-12 ใช้ควบคุมการทำงานของจอแสดงผล ซึ่งมาจากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รับค่ามาจากวงจรตรวจนับและได้เก็บค่าไว้มาแสดงที่จอแอลซีดี

พอร์ตที่ 8 เชื่อมต่ออยู่กับสวิตช์ปุ่มกดเพื่อควบคุมการเปลี่ยนหน้าจอแสดงผล

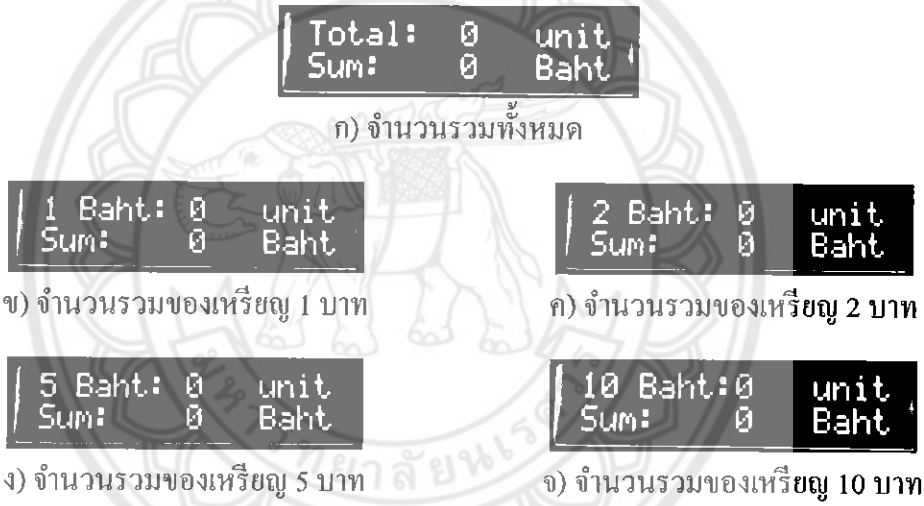
พอร์ตที่ 9 เป็นพอร์ตที่ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งจะมีการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งการเปิด-ปิดและควบคุมรูปแบบการหมุนของมอเตอร์ โดยจะมีตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออยู่ที่พอร์ตแอนะล็อก A0 เพื่อปรับความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนขับเคลื่อนจานหมุนลำเลียงเหรียญ

พอร์ตที่ 24-30 เป็นพอร์ตที่รับค่าจากวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ 1 บาท 2 บาท 5 บาท และ10 บาทตามลำดับ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าสัญญาณดิจิตอลที่เป็นลอจิก 0 มาจากวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญแล้วนำค่าไปเก็บไว้เป็นจำนวนเหรียญ หลังจากที่เหรียญผ่านช่องแยก

เหรียญจะเคลื่อนที่ตัดผ่านแสงเลเซอร์ของวงจรตรวจนับ จากนั้นจะคำนวณเป็นค่าของจำนวนเงินแต่ละเหรียญ

3.6 การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

หลังจากเครื่องทำการแยกเหรียญเสร็จแล้ว ผู้ใช้สามารถดูจำนวนรวมของเหรียญและจำนวนเงินรวมทั้งหมดที่เครื่องสามารถนับได้บนหน้าจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.10 ก) นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถดูจำนวนเหรียญ และจำนวนเงินของเหรียญแต่ละชนิดราคา ได้โดยใช้การกดซ้ำๆที่สวิตช์ด้านข้างของหน้าจอแสดงผล ซึ่งจะทำให้หน้าจอแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินของเหรียญ 1 บาท 2 บาท 5 บาท และ 10 บาท ดังรูปที่ 3.10 ข)-จ) ตามลำดับ



ก) จำนวนรวมทั้งหมด

ข) จำนวนรวมของเหรียญ 1 บาท

ค) จำนวนรวมของเหรียญ 2 บาท

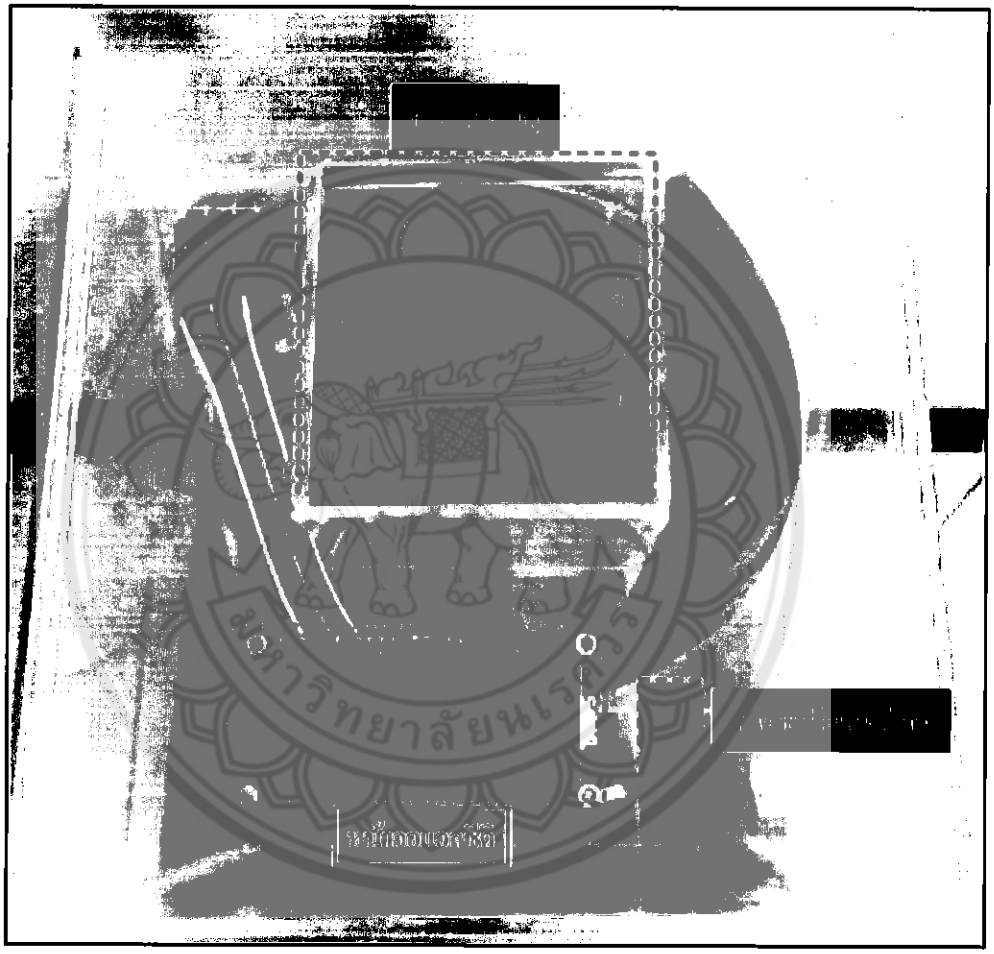
ง) จำนวนรวมของเหรียญ 5 บาท

จ) จำนวนรวมของเหรียญ 10 บาท

รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินที่เครื่องนับได้

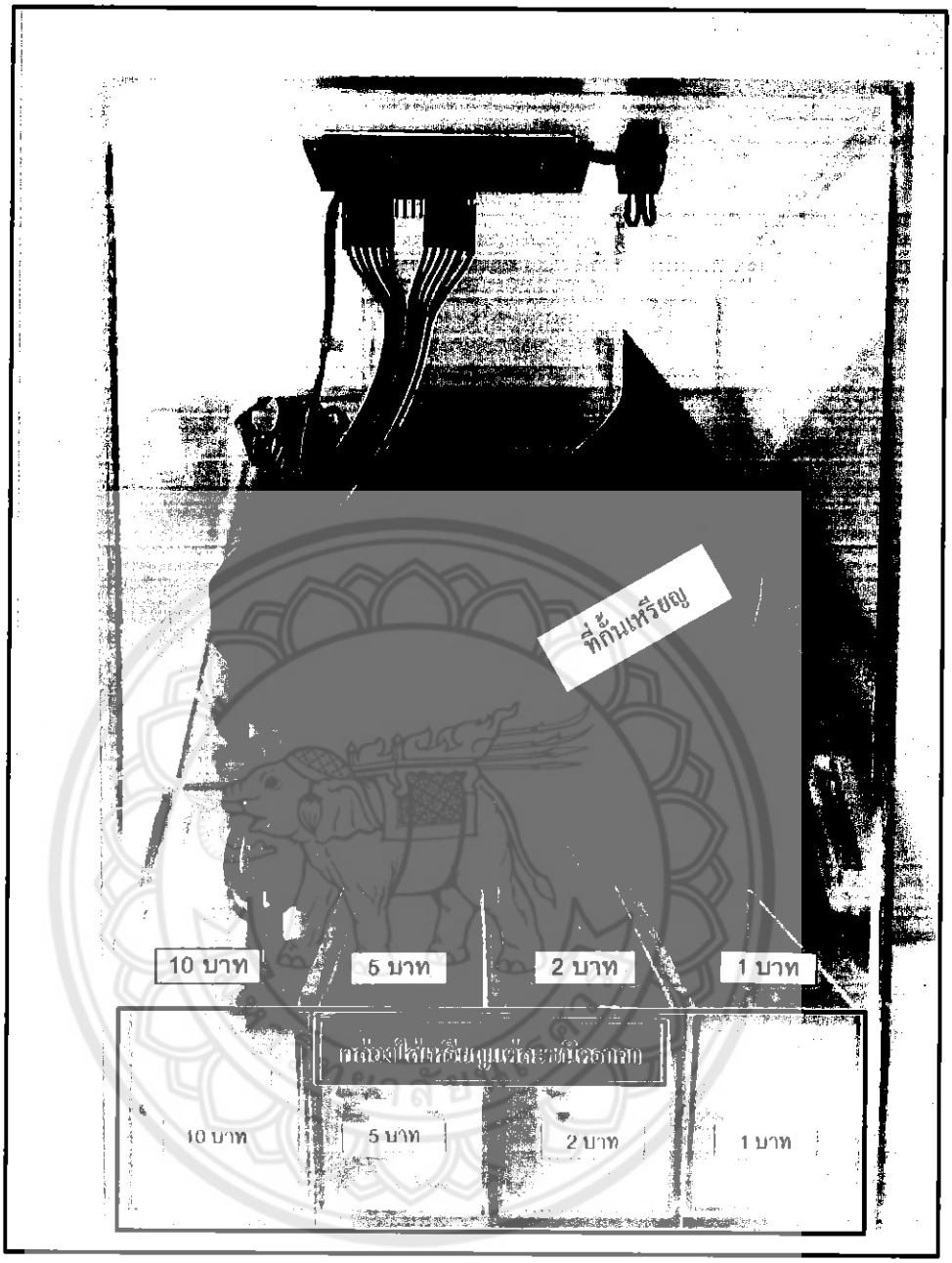
3.7 การประกอบโครงสร้างของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

หลังจากออกแบบโครงสร้างแล้ว จึงได้ประกอบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน ด้านบนของเครื่องประกอบด้วยช่องใส่เหรียญเพื่อสำหรับใส่เหรียญลงในเครื่อง หน้าจอแอลซีดีเพื่อแสดงจำนวนและค่าเงินของแต่ละชนิดราคา และสวิตช์เปลี่ยนหน้าจอซึ่งใช้กดเพื่อดูจำนวนและค่าเงินของแต่ละชนิดราคาดังรูปที่ 3.11



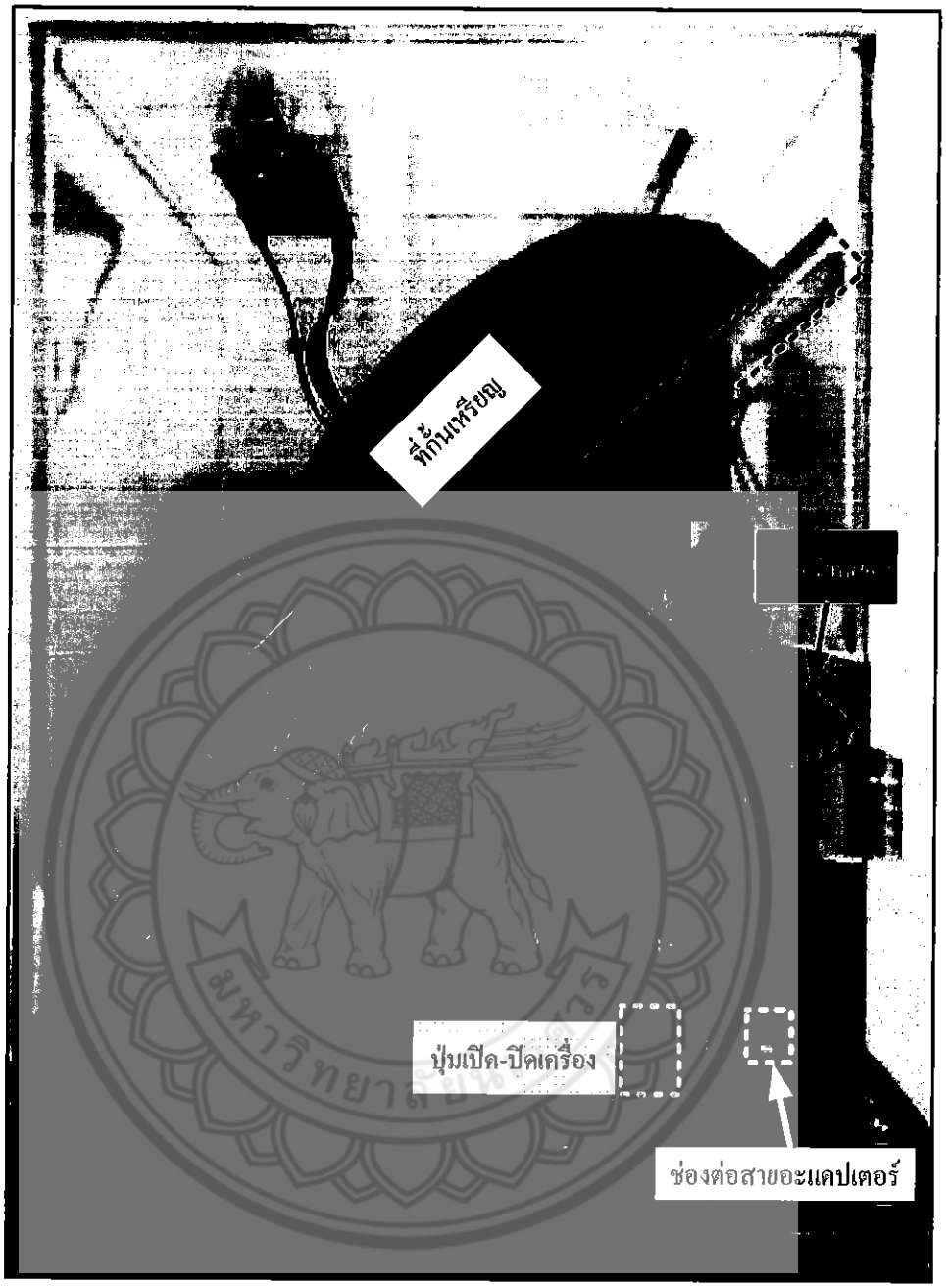
รูปที่ 3.11 มุมมองด้านบนของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

มุมมองด้านหน้าของเครื่องแยกและนับเหรียญแสดงดังรูปที่ 3.12 โดยที่กั้นเหรียญได้ออกแบบให้ทำมุม 40° กับจานหมุนลำเลียงเหรียญโดยได้ค่ามุมดังกล่าวจากการทดสอบ เพื่อช่วยให้สามารถลำเลียงเหรียญขึ้นไปที่ช่องแยกเหรียญจนหมด โดยในที่นี้ได้ประยุกต์ใช้หน้ากากของหมวกนิรภัย ซึ่งมีลักษณะโค้งเว้าพอดีกับจานลำเลียงเหรียญที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้กล่องใส่เหรียญแต่ละชนิดราคา ถูกติดตั้งไว้ทางด้านล่างของเครื่องโดยวางเรียงตามชนิดราคา



รูปที่ 3.12 มุมมองด้านหน้าของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

มุมมองด้านข้างของเครื่องแยกและนับเหรียญแสดงดังรูปที่ 3.13 จานหมุนลำเลียงเหรียญและช่องแยกเหรียญถูกออกแบบให้วางเอียงทำมุม 45° กับแนวราบเพื่อให้เหรียญรวมตัวอยู่บริเวณส่วนล่างของจาน โดยจานหมุนจะลำเลียงเหรียญขึ้นไปที่ช่องแยกเหรียญซึ่งอยู่ส่วนบนของจาน เพื่อให้เหรียญพลิกตกลงไปที่รางลำเลียงเหรียญ นอกจากนี้ได้ติดตั้งช่องต่อสายอะแดปเตอร์และปุ่มเปิด-ปิดเครื่องไว้ที่ด้านข้างของเครื่อง

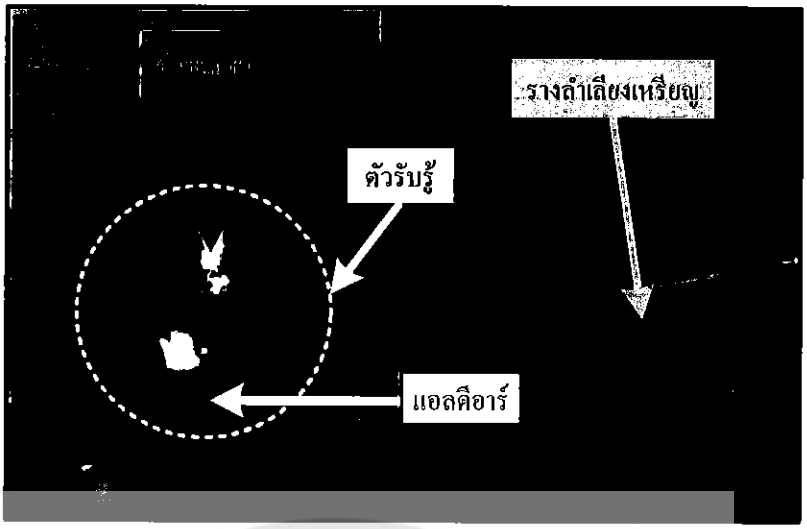


รูปที่ 3.13 มุมมองด้านข้างของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

มุมมองด้านหลังของเครื่องแยกและนับเหรียญแสดงดังรูปที่ 3.14 ท่อลำเลียงเหรียญถูกออกแบบให้สามารถครอบช่องแยกเหรียญของแต่ละชนิดราคาได้ โดยตัดปลายท่อทำมุม 45° เพื่อประกอบเข้ากับช่องแยกเหรียญเพื่อให้เหรียญหล่นผ่านในแนวดิ่งไปยังรางลำเลียงเหรียญต่อไป โดยในโครงงานได้เลือกใช้เป็นท่อพีวีซีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 นิ้ว ส่วนปลายของรางลำเลียงเหรียญได้ติดตั้งตัวรับรู้เพื่อตรวจจับการตัดผ่านของเหรียญ และติดตั้งวงจรควบคุมและประมวลผลไว้บริเวณด้านล่างของเครื่อง

รูปที่ 3.14 มุมมองด้านหลังของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

รางลำเลียงเหรียญสร้างจากแผ่นอะคริลิกใสและดัดให้เป็นรูปตัววีดังแสดงในรูปที่ 3.15 เพื่อให้เหรียญที่หล่นตามท่อลำเลียงนั้นลงมาในแนวตั้งและกลิ้งตัดผ่านลำแสงเลเซอร์ของตัวรับรู้ และติดแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดสีดำที่ด้านข้างทั้งสองของเครื่องดังรูปที่ 3.16 เพื่อลดปริมาณแสงจากภายนอกซึ่งอาจทำให้การนับจำนวนเหรียญผิดพลาดได้



รูปที่ 3.15 ส่วนประกอบและการติดตั้งตำแหน่งของตัวชี้เลเซอร์และแอลดีอาร์

รูปที่ 3.16 เครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

บทที่ 4
การทดสอบการทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

4.1 การทำงานของเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

เมื่อเทเหรียญลงไปยังช่องใส่เหรียญ เหรียญจะรวมตัวกันอยู่ส่วนล่างของจานหมุน เนื่องจากจานหมุนทำมุม 45° กับแนวราบ และมีช่องแยกเหรียญอยู่ที่ส่วนบนของจานหมุน โดยมีที่กั้นเป็นส่วนรองรับเหรียญ ซึ่งทำมุม 40° กับจานหมุนเพื่อให้สามารถพาเหรียญขึ้นไปที่ช่องแยกเหรียญจนหมดเหรียญสุดท้าย จานหมุนจะพาเหรียญไปยังช่องแยกเหรียญ โดยเหรียญจะลงผ่านช่องเหรียญเหรียญที่เล็กที่สุดก่อนและเรียงลำดับไปยังเหรียญที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งแต่ละเหรียญจะลงผ่านไปยังท่อลำเลียงและรางลำเรียงเหรียญ โดยมีตัวรับรู้ติดอยู่ที่ปลายรางลำเลียงซึ่งใช้ตัวชี้เลเซอร์เป็นตัวส่งและใช้แอลดีอาร์เป็นตัวรับคอยตรวจจับการเคลื่อนตัดผ่านของแต่ละเหรียญ ซึ่งแอลดีอาร์จะต่ออยู่กับวงจรตรวจนับ ซึ่งมีออปแอมป์เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันระหว่างทั้ง 2 ขา โดยส่งสัญญาณดิจิตอลเป็นลอจิก 0 ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนับจำนวนและคำนวณค่าเงินและแสดงค่าบนหน้าจอแอลซีดี โดยหลังจากเครื่องคัดแยกเหรียญเสร็จแล้วผู้ใช้สามารถกดสวิตช์เพื่อเลือกดูจำนวนเหรียญและค่าเงินที่นับได้ทั้งที่เป็นจำนวนรวมและที่เป็นของแต่ละชนิดราคา

หลังจากที่เราได้ทำการประกอบส่วนต่างๆของเครื่องเรียบร้อยแล้ว จึงได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องก่อนนำมาใช้งานร่วมกันจากนั้นจึงทดสอบการทำงานของเครื่องโดยจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

1) การทดสอบความถูกต้องในการคัดแยกเหรียญของจานหมุนลำเลียงเพื่อคัดแยกเหรียญตามชนิดราคา
2) การทดสอบความถูกต้องในการนับคำนวณเหรียญและคำนวณค่าเงิน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล โดยตรวจสอบว่าค่าที่แสดงบนหน้าจอแอลซีดี
3) การทดสอบหาความเร็วรอบสูงสุดที่ยังคงสามารถคัดแยกเหรียญได้อย่างถูกต้อง
4) การทดสอบหาปริมาณสูงสุดของเหรียญที่สามารถบรรจุแต่ละครั้งโดยที่เครื่องยังคงสามารถรองรับและทำงานได้อย่างปกติ โดยวัดออกมาในรูปของน้ำหนักในหน่วยกรัม (g)
5) การทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้คัดแยกเหรียญ โดยคำนวณเป็นเวลาเฉลี่ยของการทำงานของเครื่อง

4.2 การทดสอบหาความเร็วรอบสูงสุดที่สามารถคัดแยกเหรียญได้

การหาความเร็วรอบสูงสุดในหน่วยรอบต่อนาที (Revolution per minute, rpm) ที่จานหมุนลำเลียงยังสามารถคัดแยกเหรียญได้อย่างถูกต้องโดยทดสอบกับเหรียญ 1 บาทเพราะมีน้ำหนักน้อยที่สุดและช่องแยกเหรียญ 1 บาทมีขนาดเล็กที่สุดโดยในการทดสอบแต่ละครั้งได้ปรับเพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อยๆเพื่อหาความเร็วรอบสูงสุดที่จานหมุนยังทำให้เหรียญ 1 บาทพลิกลงในช่องแยกเหรียญของมันได้ทัน จากนั้นจึงทดสอบซ้ำที่ความเร็วรอบสูงสุดดังกล่าวอีก 10 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบสูงสุดนั้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.5 rpm ซึ่งในโครงงานได้ปรับตั้งใช้เป็นค่าความเร็วรอบของจานหมุนลำเลียงเพื่อคัดแยกเหรียญต่อไป

4.3 การทดสอบความถูกต้องในการคัดแยกเหรียญของจานหมุนลำเลียง

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบความแม่นยำในการคัดแยกเหรียญ โดยใช้ช่องแยกเหรียญที่มีขนาดพอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญแต่ละชนิดราคา และใช้จานหมุนลำเลียงเหรียญขึ้นมาผ่านช่องแยกเหรียญของแต่ละชนิดราคา โดยได้ทดสอบ 2 รูปแบบที่แตกต่างกันรูปแบบละ 10 ครั้ง โดยไม่ว่าจะเป็นการคัดแยกเหรียญ 1 บาท 2 บาท 5 บาทหรือ 10 บาทเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งหรือการคัดแยกเหรียญที่คละกันทั้ง 4 ชนิดราคาอย่างละเท่ากัน ผลการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถคัดแยกได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง

4.4 การทดสอบความแม่นยำในการนับจำนวนเหรียญและคำนวณค่าเงิน

จากการทดสอบความแม่นยำของเครื่องในการนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิดราคาและคำนวณเป็นค่าเงิน โดยทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ผลการทดสอบพบว่าเมื่อทดสอบการนับและคำนวณโดยใช้เหรียญ 1 บาท 2 บาท 5 บาทและ 10 บาทเพียงชนิดเดียว พบว่าเครื่องสามารถนับและคำนวณได้อย่างถูกต้องทุกครั้งและเมื่อทดสอบการคัดแยกโดยใช้เหรียญคละกันทั้ง 4 ชนิดราคาอย่างละเท่ากันพบว่าเครื่องสามารถคัดแยกได้อย่างถูกต้องทุกครั้งที่ทำการทดสอบ

4.5 การทดสอบหาปริมาณสูงสุดของเหรียญที่สามารถบรรจุในเครื่อง

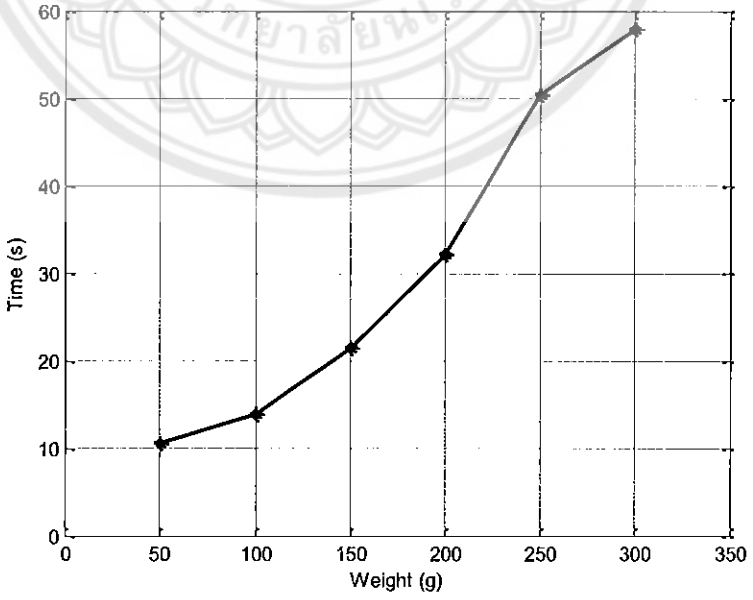
เนื่องจากเหรียญแต่ละชนิดราคามีน้ำหนักต่างกัน นั่นคือเหรียญ 1 บาท 2 บาท 5 บาทและ 10 บาท มีน้ำหนัก 3.4 g 4.4 g 7.5 g และ 8.5 g ตามลำดับ จึงไม่สามารถกำหนดจำนวนเหรียญที่ใส่ได้ ดังนั้นปริมาณสูงสุดของเหรียญที่สามารถบรรจุในเครื่องโดยที่ยังสามารถทำงานได้ในที่นี้จึงเทียบหาจากน้ำหนักของกลุ่มเหรียญที่ทดสอบในแต่ละครั้ง ในการทดสอบแต่ละครั้งได้เพิ่มน้ำหนักของกลุ่มเหรียญขึ้นเรื่อยๆ ผลการทดสอบพบว่าปริมาณของกลุ่มเหรียญที่สามารถบรรจุลงเครื่องในแต่ละครั้งโดยยังคงสามารถคัดแยกได้อย่างถูกต้องคือมีน้ำหนักไม่เกิน 300 g [6]

4.6 การทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการคัดแยกเหรียญของเครื่อง

เนื่องจากเวลาที่เครื่องใช้ในการคัดแยกเหรียญนั้น ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของกลุ่มเหรียญที่บรรจุ เราจึงกำหนดน้ำหนักของกลุ่มเหรียญที่บรรจุแต่ละครั้งให้มีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4.1 โดยในการทดสอบที่แต่ละค่าน้ำหนักได้คละเหรียญทั้ง 4 ชนิดราคาให้มีปริมาณอย่างละเท่ากัน ซึ่งน้ำหนักสูงสุดที่ทำการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักของกลุ่มเหรียญที่เครื่องยังคงสามารถทำงานได้ และในการทดสอบแต่ละครั้งใช้เหรียญทั้ง 4 ชนิดราคาโดยทำการทดสอบ 7 ครั้งเพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ย ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.1 โดยจะเห็นว่าเวลาเฉลี่ยในการคัดแยกขึ้นอยู่กับน้ำหนักของกลุ่มเหรียญ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการคัดแยกกับน้ำหนักของกลุ่มเหรียญที่ต้องการคัดแยกในแต่ละครั้งมีลักษณะแปรผันตามกันแบบไม่เชิงเส้นดังรูปที่ 4.1 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเหรียญที่ต้องการคัดแยกส่งผลให้น้ำหนักที่กดทับจานหมุนลำเลียงเหรียญเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้มอเตอร์เซอร์โวมีโหลดสูงขึ้นจึงหมุนช้าลงส่งผลให้การคัดแยกใช้เวลานานขึ้นไปอีก

ตารางที่ 4.1 การทดสอบหาเวลาในการคัดแยกเหรียญ

น้ำหนัก (g)	50	100	150	200	250	300
เวลาเฉลี่ย (s)	10.63	13.90	21.43	32.20	50.44	57.91



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลา

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถอธิบายการใช้งานของเครื่อง สรุปผล และชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา และให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไปดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติเพื่อประหยัดเวลาในการนับจำนวนเหรียญและคำนวณค่าเงินที่นับได้ โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ซึ่งส่วนที่ 1 คือ ส่วนคัดแยกเหรียญประกอบด้วย จานลำเลียงเหรียญ ช่องแยกเหรียญ ท่อและรางลำเลียงเหรียญ และกล่องใส่เหรียญ ส่วนที่ 2 คือวงจรตรวจจับ โดยมีตัวรับรู้ทำหน้าที่ตรวจจับเหรียญที่เคลื่อนที่ผ่านรางลำเลียง ซึ่งประกอบไปด้วยตัวชี้เลเซอร์และแอลดีอาร์ โดยอาศัยการเปลี่ยนค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ ขณะที่มีเหรียญตัดผ่านลำแสงของตัวชี้เลเซอร์ ส่งไปที่วงจรเปรียบเทียบเพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานของแอลดีอาร์กับค่าอ้างอิงและส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนที่ 3 คือวงจรนับและแสดงค่าประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งรับค่าจากตัวรับรู้ แล้วทำการนับและประมวลผลค่าเป็นจำนวนเหรียญและคำนวณค่าเป็นเงินรวมของแต่ละชนิดราคาและแสดงค่าบนหน้าจอแอลซีดี

จากการทดสอบความแม่นยำในการคัดแยก การนับและการคำนวณจำนวนเงินของเครื่องนับและคัดแยกเหรียญอัตโนมัติพบว่าเครื่องสามารถคัดแยก นับและคำนวณได้อย่างถูกต้องทุกครั้งที่ทำการทดสอบและในการทดสอบน้ำหนักของเหรียญที่สามารถบรรจุลงในเครื่องพบว่าน้ำหนักของเหรียญที่ใส่ลงไปในเครื่องแต่ละครั้งจะต้องไม่เกิน 300 g เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างปกติ นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบหาความเร็วรอบสูงสุดที่เครื่องสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องพบว่ามีค่าเท่ากับ 11.5 rpm รวมถึงการทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการคัดแยกและนับจำนวนเหรียญพบว่ามีค่าขึ้นอยู่กับน้ำหนักของเหรียญในแต่ละครั้งที่ทำการคัดแยก

จากหลักการทำงานและการทดสอบข้างต้น สามารถสรุปขั้นตอนการใช้งานเครื่องดังนี้

1) เชื่อมต่อสายอะแดปเตอร์และกดสวิตช์เปิด-ปิดที่ด้านข้างตัวเครื่องเพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง
2) ใส่เหรียญลงในช่องใส่เหรียญแต่ละครั้งไม่เกิน 300 g (จำนวนประมาณ 40 เหรียญที่คละกันทุกชนิดราคา)

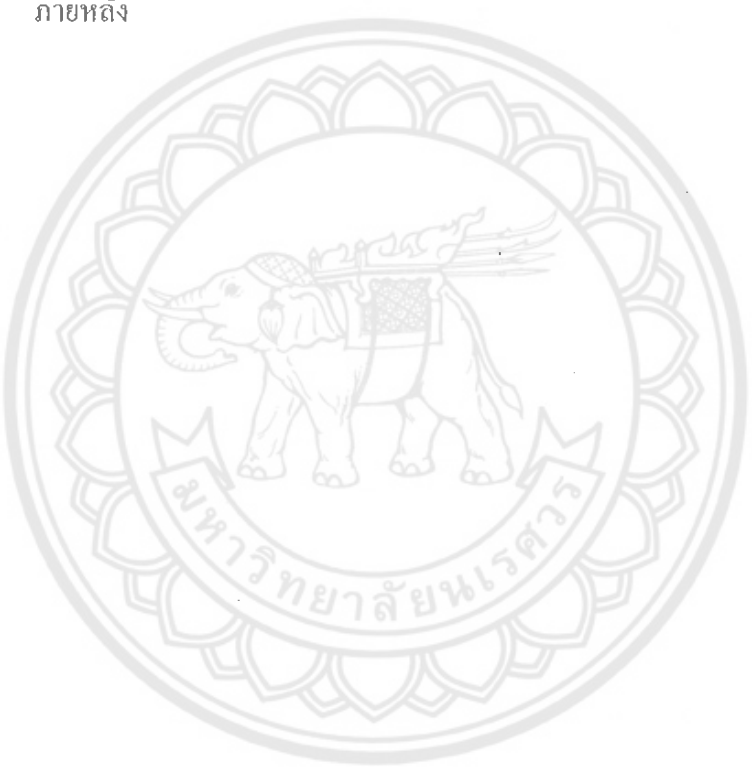
3) ในขณะที่เครื่องกำลังคัดแยกเหรียญ ผู้ใช้ไม่ควรกดสวิตช์เปลี่ยนหน้าจอ เพราะจะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดนับเหรียญในขณะที่กด
4) หลังจากเครื่องทำการคัดแยกเสร็จ (เหรียญทั้งหมดถูกแยกไปอยู่ในกล่องใส่เหรียญของแต่ละชนิดราคา) จอแอลซีดีแสดงจำนวนเหรียญและค่าเงินรวมทั้งหมด ซึ่งผู้ใช้สามารถดูจำนวนเหรียญและค่าเงินของแต่ละชนิดราคาที่นับได้โดยกดสวิตช์เปลี่ยนหน้าจอซ้ำๆ
5) หากผู้ใช้ต้องการนับเหรียญอีกครั้งหรือต้องการเริ่มการทำงานใหม่ของเครื่อง ให้กดสวิตช์เปิด-ปิดที่ด้านข้างตัวเครื่อง

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) จานหมุนลำเลียงที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เซอร์โวสามารถรองรับปริมาณเหรียญในแต่ละครั้งได้จำนวนจำกัด การเปลี่ยนใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ขึ้นและแรงบิดสูงขึ้นจะเพิ่มความสามารถของเครื่องในการรองรับเหรียญแต่ละครั้ง แต่อาจส่งผลให้เครื่องมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเพิ่มความยุ่งยากในการยึดติดกับจานหมุนลำเลียงนอกเหนือจากการเพิ่มต้นทุนในการสร้าง
2) โครงสร้างของเครื่องทำจากแผ่นอะคริลิกใสเป็นหลัก ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เห็นโครงสร้างและกลไกการทำงานภายในของเครื่อง จึงมีโอกาสได้ถูกรบกวนจากแสงภายนอกซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของแอลดีอาร์จนทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลผิดพลาด การแก้ปัญหาดังกล่าวคือการปรับตั้งค่าความไวในการตรวจจับวัตถุของตัวรับรู้ให้สอดคล้องกับปริมาณแสงในสถานที่ทดสอบ ในที่นี้ใช้ตัวต้านทานแปรค่าในวงจรเพื่อปรับค่าความเข้มของลำแสงจากตัวชี้เลเซอร์
3) จานหมุนลำเลียงเหรียญที่สร้างจากแผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 1.5 mm เพื่อหลีกเลี่ยงการซ้อนกันของเหรียญ 1 บาท อาจโก่งตัวเมื่อรองรับปริมาณเหรียญมากเกินไปจนเหรียญซ้อนกันได้และทำให้การนับจำนวนเหรียญผิดพลาด วิธีหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวคือการใส่ปริมาณเหรียญไม่มากจนเกินไปในแต่ละครั้งหรือเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงและคงรูปได้ดีกว่าอะคริลิก

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

1) ปรับปรุงโครงสร้างให้มีขนาดเล็กลงและลดระยะเวลาที่ใช้ในการคัดแยกเหรียญแต่ละครั้ง
2) การเพิ่มช่องแยกเหรียญ 25 สตางค์และ 50 สตางค์ เพื่อให้สามารถใช้เครื่องในการคัดแยกเหรียญทุกชนิดราคาในปัจจุบันของประเทศไทย
3) การติดตั้งสวิตช์สำหรับเริ่มการทำงานใหม่ของเครื่อง (Reset) โดยไม่ต้องปิดแล้วเปิดเครื่องใหม่เมื่อต้องการนับเหรียญในครั้งถัดไป รวมทั้งเขียนโปรแกรมสำหรับบันทึกค่าของจำนวนเหรียญและค่าเงินที่นับได้ในแต่ละครั้งเพื่อให้ผู้ใช้สามารถย้อนดูได้ในภายหลัง



เอกสารอ้างอิง

[1] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2557 จากhttp://www.ee.buu.ac.th.

[2] บริษัท วีนัสซัพพลาย จากัด, "การใช้งาน Character LCD Display กับ Arduino", สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2557 จาก http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article.

[3] http://www.thaieasyelec.com, สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2557.

[4] วรรณยมล กันภัย (tdhobby), "Rc Servo ความรู้พื้นฐานในการใช้งานเซอร์โว", สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2557 จาก http://www.tdhobby.com.

[5] http://www.mwit.ac.th, สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2557.

[6] สำนักกษาปณ์, "ขั้นตอนการใช้บริการแลกคืนเหรียญกษาปณ์", สืบค้นเมื่อ 9 พฤษภาคม 2558 จาก http://www.royalthaimint.net.

ภาคผนวก ก

รหัสต้นฉบับของโปรแกรมควบคุมเครื่องแยกและนับเหรียญอัตโนมัติ

```
#include <LiquidCrystal.h> //การเรียกใช้งานจอแสดงผล
#include <Servo.h> //การเรียกใช้งานมอเตอร์เซอร์โว
Servo myservo; //กำหนดตัวแปรของมอเตอร์เซอร์โว
int potpin = 0; //กำหนดตัวแปรการรับค่า
int val;
long int c = 0;
int a=0;
int beforeState1 = 0;
int beforeState2 = 0;
int beforeState3 = 0;
int beforeState4 = 0;
int ONE=0;
int TWO=0;
int FIVE=0;
int TEN=0;
int w=0;
int x=0;
int y=0;
int z=0;
int t=0;
int value1 = 0;
int value2 = 0;
int value3 = 0;
int value4 = 0; //กำหนดตัวแปรและประกาศค่าเริ่มต้น
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);//ขา LCD //กำหนดขาการใช้งานของจอแสดงผล
int sensor1 = 24; //กำหนดตัวแปรและรับค่าจากวงจรตรวจนับเหรียญ 1 บาท
int sensor2 = 26; //กำหนดตัวแปรและรับค่าจากวงจรตรวจนับเหรียญ 2 บาท
int sensor3 = 28; //กำหนดตัวแปรและรับค่าจากวงจรตรวจนับเหรียญ 5 บาท
int sensor4 = 30; //กำหนดตัวแปรและรับค่าจากวงจรตรวจนับเหรียญ 10 บาท
int sw=8; //กำหนดตัวแปรและขาการใช้งานของสวิตซ์เปลี่ยนหน้าจอ
void setup()
{
```

```
 Serial.begin(9600);
 myservo.attach(9); //กำหนดพอร์ตของมอเตอร์เซอร์โว

pinMode(sensor1, INPUT); //กำหนดตัวแปรที่รับค่ามาให้เป็นอินพุต
pinMode(sensor2, INPUT);
pinMode(sensor3, INPUT);
pinMode(sensor4, INPUT);
pinMode(sw, INPUT); //กำหนดค่าที่รับมาจากสวิตซ์ให้เป็นอินพุต

lcd.begin(16,2); //กำหนดขนาดของจอแสดงผล
lcd.home();
  }
void loop()
{
 val = analogRead(potpin); //อ่านค่าจากพอร์ตแอนะล็อกและเก็บค่าไว้ที่ตัวแปรที่กำหนด
 val = map(val, 0, 1023, 90, 180);
 myservo.write(val);

value1 = digitalRead(sensor1);
value2 = digitalRead(sensor2);
value3 = digitalRead(sensor3);
value4 = digitalRead(sensor4); //อ่านค่าจากวงจรตรวจนับและเก็บค่าไว้ที่ตัวแปรที่กำหนด

if (beforeState1 != value1 && value1 == 0) //เงื่อนไขในการนับเหรียญ 1 บาท
 {
  c++ ;
  w++ ;
 }
if (value1 == 0)
 {
  beforeState1 = 0;
 }
```

```
else
 {
  beforeState1 = 1;
 }
 //_____________________________________________________
 if (beforeState2 != value2 && value2 == 0) //เงื่อนไขในการนับเหรียญ 2 บาท
 {
  c++ ;
  x++ ;
 }
if (value2 == 0)
 {
  beforeState2 = 0;
 }
else
 {
  beforeState2 = 1;
 }
 //_____________________________________________________
 if (beforeState3 != value3 && value3 == 0) //เงื่อนไขในการนับเหรียญ 5 บาท
 {
  c++ ;
  y++ ;
 }
if (value3 == 0)
 {
  beforeState3 = 0;
 }
else
 {
  beforeState3 = 1;
 }
```

```
//_____________________________________________________
 if (beforeState4 != value4 && value4 == 0) //เงื่อนไขในการนับเหรียญ 10 บาท
 {
  c++ ;
  z++ ;
 }
if (value4 == 0)
 {
  beforeState4 = 0;
 }
else
 {
  beforeState4 = 1;
 }

ONE=w;
 TWO=2*x;
 FIVE=5*y;
 TEN=10*z; //การคำนวณจำนวนเงิน

 if(digitalRead(sw)==0){t=t+1;delay(300);lcd.clear();} //เงื่อนไขของการกดสวิตช์เปลี่ยนหน้าจอ

  if(t==0){ //การแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินทั้งหมด
     lcd.setCursor(0, 0);
     lcd.print("Total:");
     lcd.setCursor(8, 0);
     lcd.print(c);
     lcd.setCursor(12, 0);
     lcd.print("unit");
     lcd.setCursor(0, 1);
     lcd.print("Sum:");
     lcd.setCursor(8, 1);
```

```
    lcd.print(ONE+TWO+FIVE+TEN);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("Baht"); }
  if(t==1){ //การแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินของเหรียญ 1 บาท
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("1 Baht: ");
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print(w);
    lcd.setCursor(12, 0);
    lcd.print("unit");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Sum:");
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print(ONE);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("Baht");}
  if(t==2){ //การแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินของเหรียญ 2 บาท
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("2 Baht:");
    lcd.setCursor(8, 0);
    lcd.print(x);
    lcd.setCursor(12, 0);
    lcd.print("unit");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Sum:");
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print(TWO);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("Baht");}
  if(t==3){ //การแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินของเหรียญ 5 บาท
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("5 Baht:");
```

```
  lcd.setCursor(8, 0);
  lcd.print(y);
  lcd.setCursor(12, 0);
  lcd.print("unit");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Sum:");
  lcd.setCursor(8, 1);
  lcd.print(FIVE);
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("Baht");}
if(t==4){ //การแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินของเหรียญ 10 บาท
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("10 Baht:");
  lcd.setCursor(8, 0);
  lcd.print(z);
  lcd.setCursor(12, 0);
  lcd.print("unit");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Sum:");
  lcd.setCursor(8, 1);
  lcd.print(TEN);
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("Baht");}

if(t==5){ t=0;   }
```

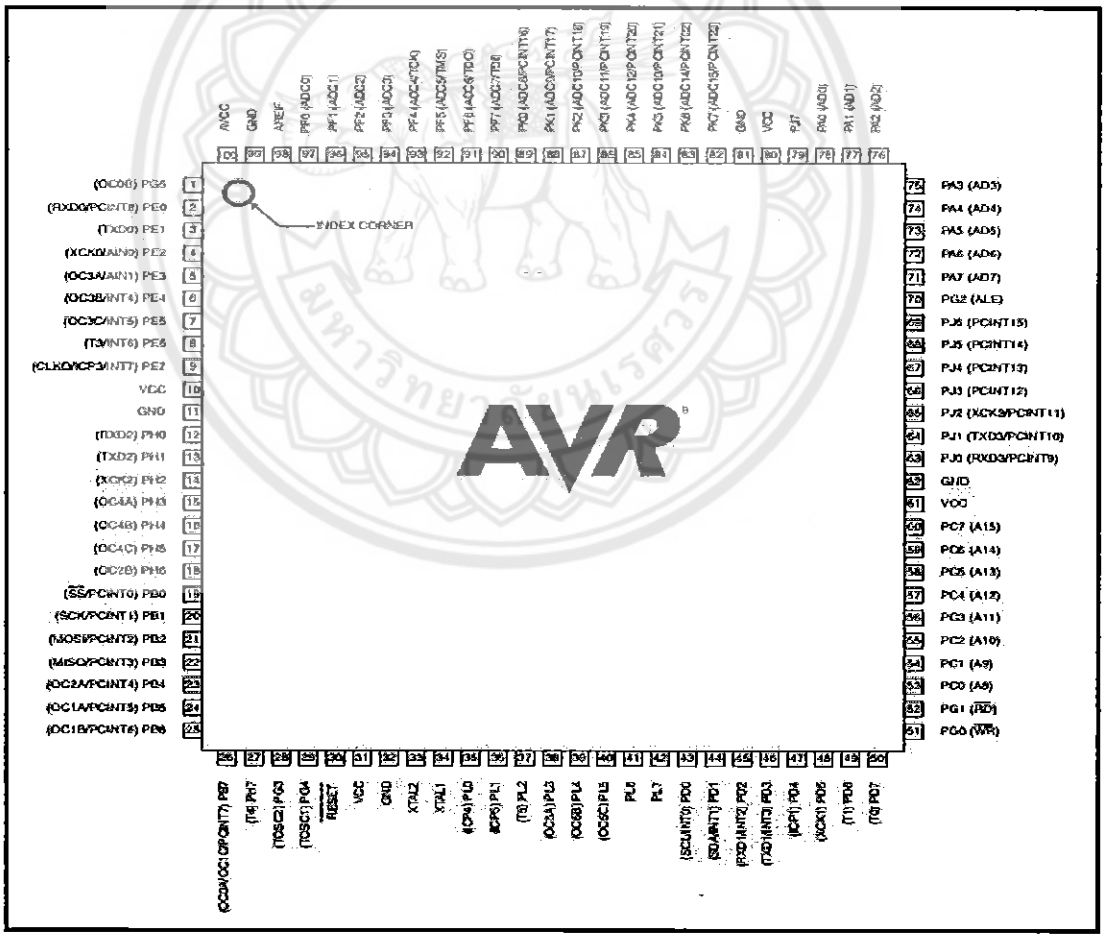
ภาคผนวก ข

รายละเอียดข้อมูลของ ATmega2560

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

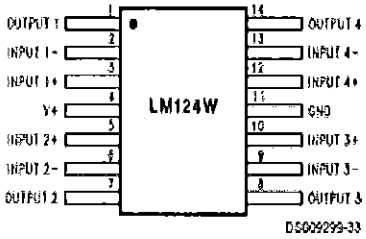


ภาคผนวก ค

รายละเอียดข้อมูลของออปแอมป์ รุ่น LM324N

Connection Diagram (Continued)

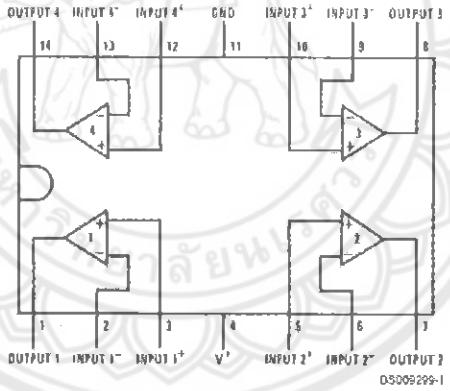
Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device



Order Number LM124AW/883 or LM124W/883
LM124AWRQML and LM124AWRQMLV(Note 3)
See NS Package Number W14B
LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV(Note 3)
See NS Package Number WG14A

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), **LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N**
LM124AJRQML and LM124AJRQMLV(Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006
Note 2: LM124 available per JM38510/11005

Electrical Characteristics

V^+ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) T_A = 25°C		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, V_{CM} = 0V, T_A = 25°C		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, V_{CM} = 0V, T_A = 25°C		2	10		2	15		5	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V^+ = 30V, (LM2902, V^+ = 26V), T_A = 25°C	0		V^+–1.5	0		V^+–1.5	0		V^+–1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range, R_L = ∞ On All Op Amps										mA
	V^+ = 30V (LM2902 V^+ = 26V)		1.5	3		1.5	3		1.5	3	
	V^+ = 5V		0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain	V^+ = 15V, R_L ≥ 2kΩ, (V_O = 1V to 11V), T_A = 25°C	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V_{CM} = 0V to V^+ – 1.5V, T_A = 25°C	70	85		70	85		65	85		dB

ภาคผนวก ง

รายละเอียดข้อมูลของมอเตอร์เซอร์โว 360° แบบต่อเนื่อง

ข้อมูลจำเพาะ (Specification)

ขนาด (Dimension):	40 mm x 19 mm x 43 mm
น้ำหนัก (Weight):	55 g
ความเร็วทำงาน (Operating speed):	0.17 s / 60° (4.8 V ขณะไม่มีโหลด)
	0.13 s / 60° (6 V ขณะไม่มีโหลด)
แรงบิดขณะหยุดหมุนชั่วขณะ (Stall Torque):	9 kg-cm (180.5 oz-in) ที่ 4.8V
	12 kg-cm (208.3 oz-in) ที่ 6V
แรงดันใช้งาน (Operation voltage):	4.8 - 7.2 V
ชนิดของเกียร์ (Gear type):	ชนิดโลหะทั้งหมด
สี (Color):	สีดำ
สายเชื่อมต่อ (Connector wire):	ชนิดทนทาน (Heavy duty) ยาว 11.81 นิ้ว (300 mm)

ภาคผนวก จ

รายละเอียดข้อมูลของจอแสดงผล

ขาที่	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	VSS/GND	กราวด์
2	VDD	+5 Vdc
3	VO/VEE	ตัวควบคุมแอลซีดี (LCD control) ใช้สำหรับปรับความเข้มตัวอักษร
4	RS	Register select: ขาอินพุตสำหรับเลือกเขียนอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์
5	RW	Read/write: ขาอินพุตสำหรับเลือกโหมดอ่านหรือเขียนข้อมูล
6	E/EN	Enable: ขาอินพุตสำหรับสัญญาณพัลส์เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูล
7	DB0	ขาข้อมูล (Data pins) 8 บิต
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	A	LED+ เป็นขา Vcc สำหรับ LED backlight (5 V)
16	K	LED+เป็นขา Gen สำหรับ LED backlight (Gen)

ภาคผนวก ฉ

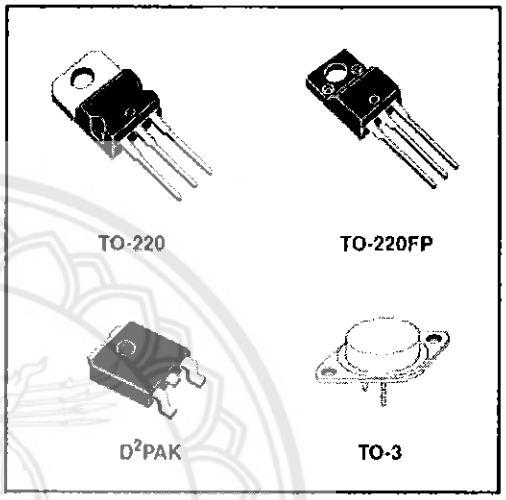
รายละเอียดของตัวคุมค่าแรงดันหมายเลข L7805CV

L7800 series

Positive voltage regulators

Feature summary

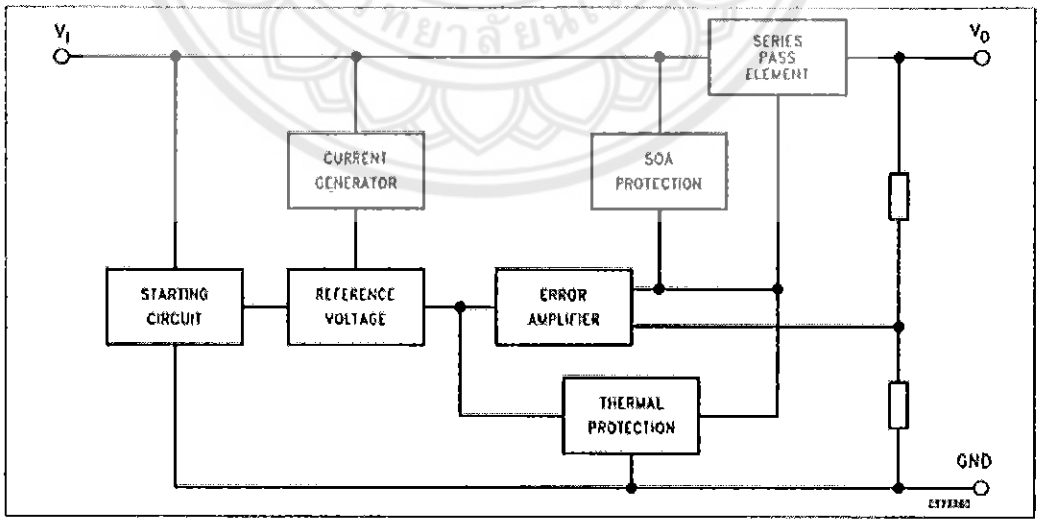
- Output current to 1.5A
- Output voltages of 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 24V
- Thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transition SOA protection



Description

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

Schematic diagram



1 Pin configuration

Figure 1. Pin connections (top view)

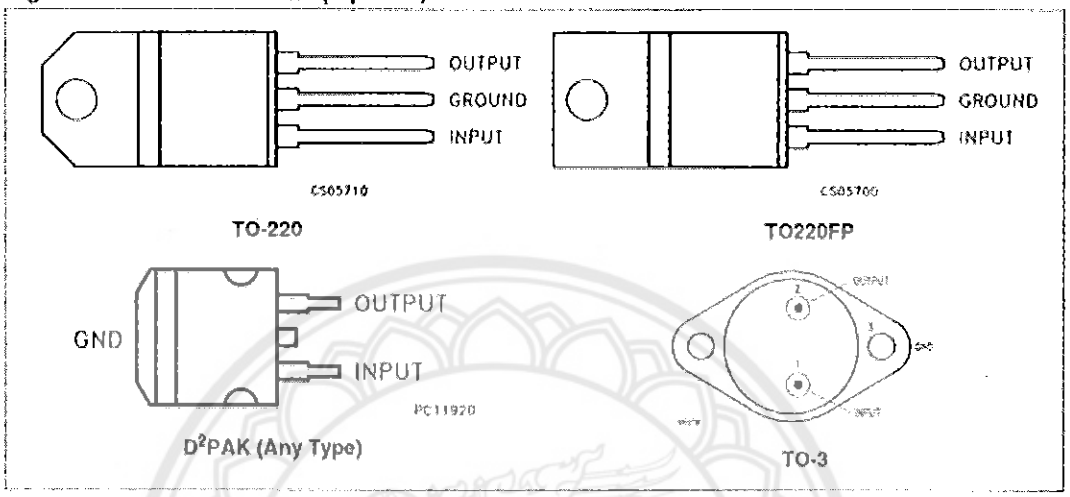
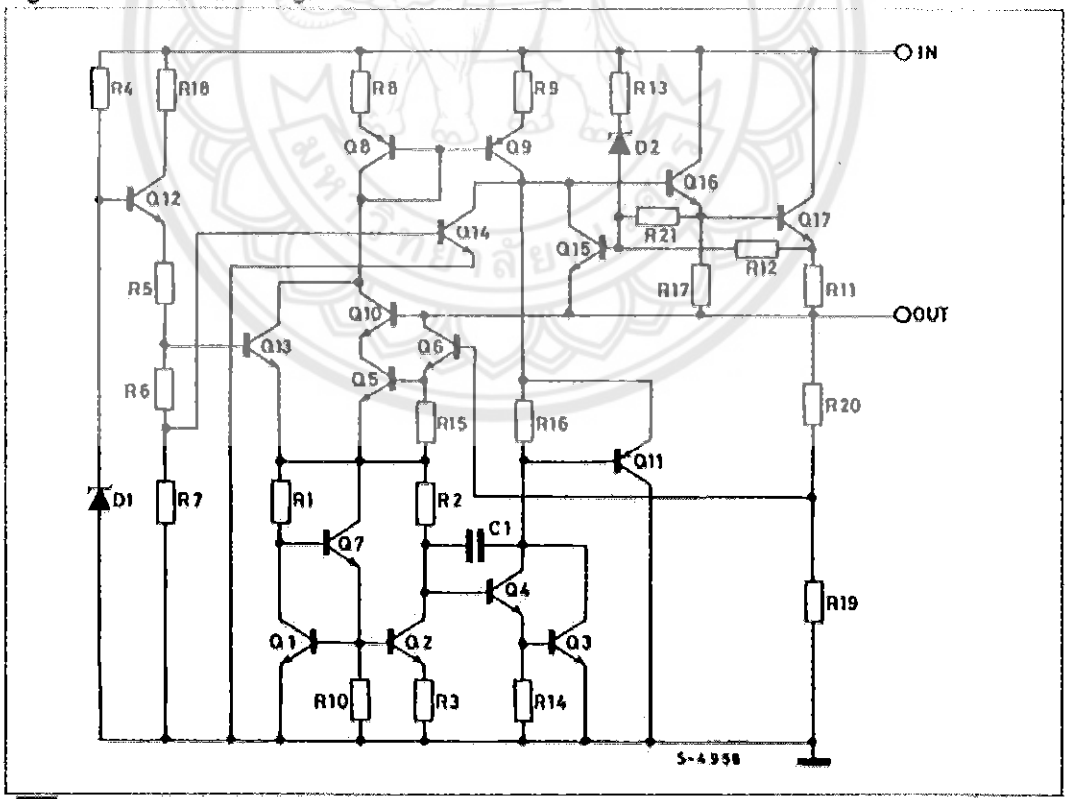


Figure 2. Schematic diagram



2 Maximum ratings

Table 1. Absolute maximum ratings

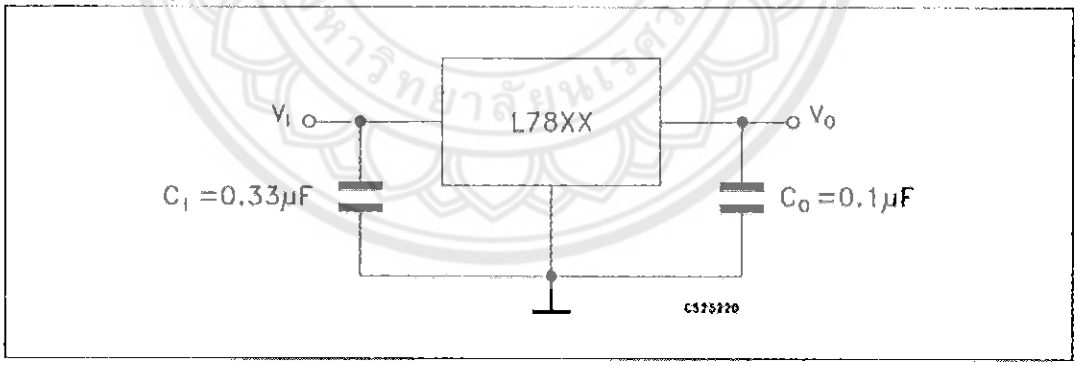
Symbol	Parameter		Value	Unit
V_I	DC Input voltage	for V_O= 5 to 18V	35	V
		for V_O= 20, 24V	40	
I_O	Output current		Internally Limited	
P_D	Power dissipation		Internally Limited	
T_{STG}	Storage temperature range		-65 to 150	°C
T_{OP}	Operating junction temperature range	for L7800	-55 to 150	°C
		for L7800C	0 to 150	

Note: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation under these condition is not implied

Table 2. Thermal Data

Symbol	Parameter	D^2PAK	TO-220	TO-220FP	TO-3	Unit
R_{thJC}	Thermal resistance junction-case	3	5	5	4	°C/W
R_{thJA}	Thermal resistance junction-ambient	62.5	50	60	35	°C/W

Figure 3. Application circuits



4 Electrical characteristics

Table 3. Electrical characteristics of L7805 (refer to the test circuits, T_J = -55 to 150°C, V_I = 10V, I_O = 500 mA, C_I = 0.33 µF, C_O = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output voltage	T_J = 25°C	4.8	5	5.2	V
V_O	Output voltage	I_O = 5mA to 1A, $P_O \leq$15W V_I = 8 to 20V	4.65	5	5.35	V
ΔV_O(1)	Line regulation	V_I = 7 to 25V, T_J = 25°C		3	50	mV
		V_I = 8 to 12V, T_J = 25°C		1	25	
ΔV_O(1)	Load regulation	I_O = 5 mA to 1.5A, T_J = 25°C			100	mV
		I_O = 250 to 750mA, T_J = 25°C			25	
I_d	Quiescent current	T_J = 25°C			6	mA
ΔI_d	Quiescent current change	I_O = 5mA to 1A			0.5	mA
		V_I = 8 to 25 V			0.8	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output voltage drift	I_O = 5mA		0.6		mV/°C
eN	Output noise voltage	B =10Hz to 100KHz, T_J = 25°C			40	µV/V_O
SVR	Supply voltage rejection	V_I = 8 to 18V, f = 120Hz	68			dB
V_d	Dropout voltage	I_O = 1A, T_J = 25°C		2	2.5	V
R_O	Output resistance	f = 1 KHz		17		mΩ
I_{sc}	Short circuit current	V_I = 35V, T_J = 25°C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short circuit peak current	T_J = 25°C	1.3	2.2	3.3	A

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

Table 11. Electrical characteristics of L7805C (refer to the test circuits, T_J = -55 to 150°C, V_I = 10V, I_O = 500 mA, C_I = 0.33 µF, C_O = 0.1 µF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output voltage	T_J = 25°C	4.8	5	5.2	V
V_O	Output voltage	I_O = 5mA to 1A, $P_O \leq$15W V_I = 7 to 20V	4.75	5	5.25	V
ΔV_O(1)	Line regulation	V_I = 7 to 25V, T_J = 25°C		3	100	mV
		V_I = 8 to 12V, T_J = 25°C		1	50	
ΔV_O(1)	Load regulation	I_O = 5 mA to 1.5A, T_J = 25°C			100	mV
		I_O = 250 to 750mA, T_J = 25°C			50	
I_d	Quiescent current	T_J = 25°C			8	mA
ΔI_d	Quiescent current change	I_O = 5mA to 1A			0.5	mA
		V_I = 7 to 25 V			0.8	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output voltage drift	I_O = 5mA		-1.1		mV/°C
eN	Output noise voltage	B =10Hz to 100KHz, T_J = 25°C		40		µV/V_O
SVR	Supply voltage rejection	V_I = 8 to 18V, f = 120Hz	62			dB
V_d	Dropout voltage	I_O = 1A, T_J = 25°C		2		V
R_O	Output resistance	f = 1 KHz		17		mΩ
I_{sc}	Short circuit current	V_I = 35V, T_J = 25°C		0.75		A
I_{scp}	Short circuit peak current	T_J = 25°C		2.2		A

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายนวพล เกตุแก้ว

ภูมิลำเนา 1 ซอย 10 ถนนราชดำเนิน 1 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **nancndorphinc@hotmail.com**

ชื่อ นายพงศธร ดวงดาว

ภูมิลำเนา 39/11 ซอยเจ้าพ่อร่มขาว ถนนศรีอินทราทิตย์ ต.ธานี อ.เมือง จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **pongsatornzz@hotmail.com**

ชื่อ นายวันกำเนิด ไพโรจน์

ภูมิลำเนา 394/1 หมู่ 10 ต.พรานกระต่าย อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **icc_kp52@hotmail.com**

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน (ต่อ)

ชื่อ นางสาวสุพรรนิการ์ โพธิ์โชติ

ภูมิลำเนา 185/2 หมู่ 3 ซอย 4 ต.วังแดง อ.ตรอน จ. อุตรดิตถ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **ross.lloll.iioii@gmail.com**