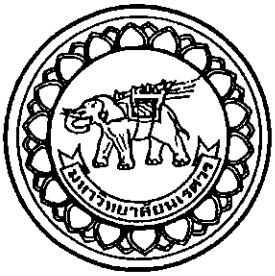
อภินันทนาการ



สำนักหอสมุด

กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

AUTOMATIC CLASSIFYING COIN MACHINE

นายฤทธิ์ณรงค์ บัวทอง รหัส 54364108

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
เลขทะเบียน 26 มี.ค. 2560
เลขเรียกหนังสือ 1 ฤ 193 ก
2558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2558

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายฤทธิ์ณรงค์ บัวทอง รหัส 54364108

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2558

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

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

..... กรรมการ
(ดร. ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายฤทธิ์ณรงค์ บัวทอง รหัส 54364108
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2558

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติเพื่อนำมาใช้เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บออมเงินเหรียญ โดยกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัตินี้สามารถนับและแยกเหรียญชนิดราคา 1 บาท 5 บาท และ 10 บาทตามลำดับ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลและควบคุมการทำงาน กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติสามารถแสดงยอดเงินรวมบนหน้าจอแอลซีดีได้สูงสุดถึงจำนวนหลักพัน โดยจะแสดงยอดเงินของเหรียญแต่ละชนิดและจำนวนเหรียญของเหรียญแต่ละชนิด และสามารถดูค่าเงินย้อนหลังได้ 10 วัน นอกจากนี้ยังมีสวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการรีเซตค่าเพื่อเริ่มนับค่าเหรียญใหม่ของเหรียญแต่ละชนิด

Project title	Automatic classifying coin machine
Name	Mr. Ritnarong Buathong ID. 54364108
Project advisor	Asst. Prof. Mutita Songjun, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2015

Abstract

This project is the invention of the automatic classifying coin machine. This machine is able to count the amount of coins and also classify the type of coins which are 1, 5 and 10 baht. It is controlled by microcontroller and there is LCD monitor to show the total amount of coins ard the total amount of money. The total of the amount of each coin and the total of the total amount of money can be displayed in 4 digits and 5 digits of 7-segment respectively. In addition this automatic machine can logging the data for 10 days.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์ ที่ปรึกษาโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการจัดทำโครงงานและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ จนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยได้ดี ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และ ดร. ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ยืมใช้เครื่องมือในทดสอบชิ้นงาน ครูช่างของภาควิชาฯที่อำนวยความสะดวกในการยืมใช้เครื่องมือต่างๆจนกระทั่งการทดสอบต่างๆเสร็จสิ้นลง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงงานนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มอบความรัก ความเมตตากรุณา และเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายฤทธิ์ณรงค์ บัวทอง

สารบัญ

หน้า

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

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

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเหรียญไทย 4
2.2 หลักการคัดแยกเหรียญแต่ละชนิด 5
2.2.1 การคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง 5
2.2.2 การคัดแยกตามน้ำหนักของเหรียญ 6
2.2.3 การคัดแยกตามความหนาของเหรียญ 8
2.3 การตรวจนับเหรียญ 8
2.3.1 การตรวจนับเหรียญแต่ละชนิดด้วยสนามแม่เหล็ก 8
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 10
2.5 โมดูลบันทึกข้อมูล (Data Logger Shield) 13
2.5.1 การใช้ขาติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับบอร์ด Arduino 13
2.5.2 ประโยชน์ของบอร์ด Data Logger Shield 13

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.3 การใช้งานของบอร์ด Data Logger Shield 13
2.6 หน้าจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid cystal display, LCD) 15
2.6.1 การทำงานไอทูซีโมดูล (I2C module) 16
2.7 อุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (Adaptor) 19
2.8 โฟโตอิเล็กทริคเซ็นเซอร์ (Photoelectric Sensors) 20

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 22
3.1 การออกแบบโครงสร้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 22
3.1.1 การออกแบบรางแยกเหรียญ 22
3.1.2 การออกแบบโครงสร้างของสิ่งประดิษฐ์ 23
3.2 การประกอบโครงสร้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 25
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 25
3.3 วงจรคุมค่าแรงดันและวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ 32
3.3.1 วงจรคุมค่าแรงดัน 32
3.3.2 วงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ 33
3.4 ส่วนประมวลผลของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 34
3.5 การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี 35
3.6 ขั้นตอนในการทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 36

บทที่ 4 ผลการทดลอง 38
4.1 การทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญแต่ละชนิด 38
4.2 การทดลองความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิด 42
4.3 การทดสอบการใช้งานของปุ่มรีเซตค่าของเหรียญแต่ละชนิด 46
4.4 การทดสอบการเรียกดูค่าย้อนหลัง 10 วัน 48

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 52
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 52
5.2 ปัญหาและการแก้ไข 52

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 53

เอกสารอ้างอิง 54

ภาคผนวก ก รายละเอียดข้อมูลของ ATmega2560 55

ภาคผนวก ข รายละเอียดของข้อมูลของจอแสดงผล 58

ภาคผนวก ค รายละเอียดของตัวคุมค่าแรงดันหมายเลข L7809CV 61

ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลของเซ็นเซอร์แสง 66

ภาคผนวก จ รายละเอียดข้อมูลของ LM393 68

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 72

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตารางแสดงรายละเอียดของหน้าจอแสดงผลแอลซีดีแบบขนาน 20×4 12
2.2 แสดงขาสัญญาณของไอทูซีโมดูลคอนเนกเตอร์แบบตัวผู้ 4 ขา 13
4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญชนิด 1 บาท 33
4.2 ผลการทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญชนิด 5 บาท 34
4.3 ผลการทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญชนิด 10 บาท 35
4.4 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญชนิด 1 บาท 36
4.5 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญชนิด 5 บาท 37
4.6 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญชนิด 10 บาท 37
4.7 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญรวมคละกันทุกชนิด 38
4.8 แสดงผลการทำงานของปุ่มรีเซตค่า 41
4.9 แสดงจำนวนเหรียญที่ได้หยอดทั้งหมด 15 วัน 42

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เหรียญกษาปณ์ไทย 4
2.2 อุปกรณ์คัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง 5
2.3 กล่องคัดแยกตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ 6
2.4 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง 6
2.5 เครื่องคัดแยกตามน้ำหนักของเหรียญ 7
2.6 อุปกรณ์แยกเหรียญตามน้ำหนักของเหรียญ 7
2.7 การคัดแยกตามความหนาของเหรียญ 8
2.8 เครื่องตรวจจับเหรียญด้วยสนามแม่เหล็ก 8
2.9 แผงวงจร Arduino 9
2.10 หน่วยประมวลผลกลาง ATmega2560 ขนาด 100 ขา 10
2.11 Data logger shield 13
2.12 การเชื่อมต่อโมดูลบอร์ด Data Logger Shield กับ Arduino รุ่น ATmega2560 13
2.13 หน้าจอแสดงผลแอลซีดีขนาด 20×4 15
2.14 ไอทูซีโมดูล (I2C Module) 17
2.15 หน้าจอแสดงผลแอลซีดีแบบไอทูซีบัส ขนาด 20×4 18
2.16 แหล่งจ่ายไฟ 19
2.17 เซ็นเซอร์แสงที่สะท้อนวัตถุโดยตรง 20
2.18 เซ็นเซอร์แสงที่สะท้อนวัตถุโดยตรงแบบจำกัดลำแสง 20
2.19 เซ็นเซอร์แสงที่มีตัวส่งและตัวรับแยกกัน 21
3.1 มุมมองด้านบนของรางแยกเหรียญ 18
3.2 แสดงภาพ 3 มิติของรางแยกเหรียญ 19
3.3 แสดงภาพสองมิติของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติทางด้านหน้า 19
3.4 แสดงภาพสามมิติของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติทางด้านขวา 20
3.5 แสดงภาพสามมิติของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติทางด้านซ้าย 21
3.6 มุมมองด้านข้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 22
3.7 มุมมองด้านหน้าของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 23
3.8 สวิตช์สำหรับรีเซตค่าจำนวนเหรียญ จำนวนเงินและดูค่าย้อนหลัง 24
3.9 มุมมองด้านบนของรางแยกเหรียญ 24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.10 มุมมองด้านหลังของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 25
3.11 รางลำเลียงเหรียญ 26
3.12 มุมมองด้านข้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 27
3.13 กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 27
3.14 แผนภาพวงจรคุมค่าแรงดัน 28
3.15 แสดงการเชื่อมต่อของแผงวงจรควบคุมค่าแรงดัน 28
3.16 วงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ 29
3.17 เซ็นเซอร์ตรวจนับจำนวนเหรียญ 29
3.18 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ กับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 30
3.19 หน้าจอแสดงผล 31
3.20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ 32
4.1 แสดงจำนวนเงินที่ทำการทดลองหยอดเหรียญ 41
4.2 แสดงจำนวนเงินชนิด 1 บาท ที่ถูกรีเซตค่า 41
4.3 แสดงจำนวนเงินชนิด 10 บาท ที่ถูกรีเซตค่า 41
4.4 แสดงจำนวนเงินชนิด 5 บาท ที่ถูกรีเซตค่า 42
4.5 แสดงค่าย้อนหลังของจำนวนเหรียญและจำนวนเงิน 10 วัน 44

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันการออมเงินเป็นสิ่งที่สำคัญต่อชีวิตมนุษย์ เนื่องจากเงินที่ได้จากการออมเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการวางแผนการสร้างความเป็นอยู่และฐานะในอนาคตให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากนี้เงินออมยังสามารถนำมาใช้จ่ายในยามจำเป็นได้อีกด้วย โดยการออมเงินนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การออมเงินผ่านธนาคาร หรือการออมเงินด้วยตนเอง ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการออมเงินด้วยตนเองและใช้เหรียญในการเก็บออม ซึ่งการเก็บออมเงินโดยใช้เหรียญนั้นเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกต่อการเก็บออม ซึ่งวิธีนี้ สามารถทำได้ใช้เพียงอุปกรณ์เพื่อไว้ใส่เหรียญในการเก็บออมเท่านั้นและเหรียญที่เราใช้เก็บออมในโครงงานนี้คือ เหรียญชนิด 1 บาท เหรียญชนิด 5 บาท และเหรียญชนิด 10 บาท โดยการออมเงินนี้เราจะเก็บออมด้วยการนำใส่ในอุปกรณ์สำหรับเก็บเหรียญนั่นก็คือกระปุกออมสิน แต่ปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงคือเมื่อเหรียญที่เกิดจากการออมมีปริมาณที่มากขึ้น จึงส่งผลให้เสียเวลาและอาจเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบปริมาณเงินเหรียญ และค่าทั้งหมดของเงินเหรียญได้

ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างกระปุกออมสิน โดยกระปุกออมสินนี้ สามารถนับและแยกจำนวนเหรียญได้ ซึ่งนอกจากการนับและแยกจำนวนเหรียญได้แล้ว ยังสามารถเริ่มการทำงานใหม่ของเครื่อง (Reset) และยังสามารถย้อนดูค่าของจำนวนเหรียญได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อประดิษฐ์กระปุกออมสินที่สามารถแยกชนิดของเหรียญ และนับจำนวนเหรียญพร้อมทั้งจำนวนเงินทั้งหมดได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สร้างกระปุกออมสินที่มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร
2. สามารถแยกเหรียญที่ได้ทั้งหมด 3 ชนิด คือ เหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท
3. สามารถนับจำนวนเหรียญและคำนวณค่าของเหรียญแต่ละชนิดได้โดยแสดงข้อมูลที่จอแอลซีดี
4. มีปุ่มกดรีเซ็ต (Reset) ที่สามารถเริ่มนับใหม่ของเหรียญแต่ละชนิดได้

5. สามารถดูข้อมูลย้อนหลังไปได้ 10 วัน

6. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการการทำงานของกระปุกออมสิน

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2558				พ.ศ.2559			
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ออกแบบและสร้างกระปุกออมสินอัตโนมัติ								
2. ประกอบโครงสร้างและอุปกรณ์ที่ใช้สร้างกระปุกออมสิน								
3. ศึกษาและประยุกต์การใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์								
4. ทำการทดลองกระปุกออมสินที่สร้างขึ้นและปรับปรุงชิ้นงาน								
5. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้กระปุกออมสินที่สามารถนับและแยกชนิดเหรียญได้

2. สามารถแสดงค่าจำนวนเงินและจำนวนเหรียญผ่านทางหน้าจอแอลซีดีได้

3. มีความแม่นยำสูงกว่าการนับด้วยคนและสามารถรดระยะเวลาในการนับจำนวนเงินได้

4. สามารถดูยอดเงินย้อนหลังได้โดยไม่ต้องจำหรือจดบันทึกข้อมูล

5. มีปุ่มสำหรับเริ่มการนับใหม่ของเหรียญแต่ละชนิด

6. เป็นแรงจูงใจในการเก็บออมเงินเหรียญสำหรับทุกคน

1.6 งบประมาณ

1. ค่าหนังสือประกอบการดำเนินงาน	300	บาท
2. เอกสารประกอบการดำเนินโครงงาน	200	บาท
3. ค่าจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์	1,000	บาท
4. ค่าอุปกรณ์ในการทำกระปุกออมสินอัตโนมัติ	2,000	บาท
(ได้รับเงินสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์)		
รวมทั้งสิ้นเป็นเงิน (สามพันห้าร้อยบาทถ้วน)	3,500	บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาของเครื่องที่ใช้นับและคัดแยกเหรียญ ส่วนประกอบหลักต่างๆที่สำคัญของการประดิษฐ์กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งจะนำหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆมาประยุกต์ใช้ในการประดิษฐ์กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเหรียญไทย

เหรียญกษาปณ์หมุนเวียน (Circulated coins) เป็นเหรียญกษาปณ์ที่ใช้หมุนเวียนกันอยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวัน 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, 1 บาท 50 สตางค์, 25 สตางค์ ส่วนเหรียญชนิดราคา 10 สตางค์, 5 สตางค์ และ1 สตางค์ มีใช้ในทางบัญชีเท่านั้น ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของเหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท เท่านั้น

- เหรียญ 1 บาท ผลิตจากโลหะผสมมีสีขาวโดยส่วนในเป็นเหล็ก ส่วนด้านนอกชุบด้วยนิกเกิล มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร น้ำหนัก 3 กรัม
- เหรียญ 5 บาท เหรียญกษาปณ์โลหะสีขาวผลิตจากโลหะผสมคือส่วนในเป็นทองแดง ส่วนด้านนอกเคลือบด้วยนิกเกิล มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร น้ำหนัก 6 กรัม
- เหรียญ 10 บาท เป็นเหรียญสีขาวกับสีทอง โดยวงนอกเป็นโลหะผสม คือทองแดงกับนิกเกิล วงในผลิตจากทองแดง นิกเกิล และอะลูมิเนียมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร น้ำหนัก 8.5 กรัม [1]

รูปที่ 2.1 เหรียญกษาปณ์ไทย

ที่มา: http://teen.mthai.com

2.2 หลักการคัดแยกเหรียญแต่ละชนิด

โดยหลักการในการคัดแยกเหรียญแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ๆคือ

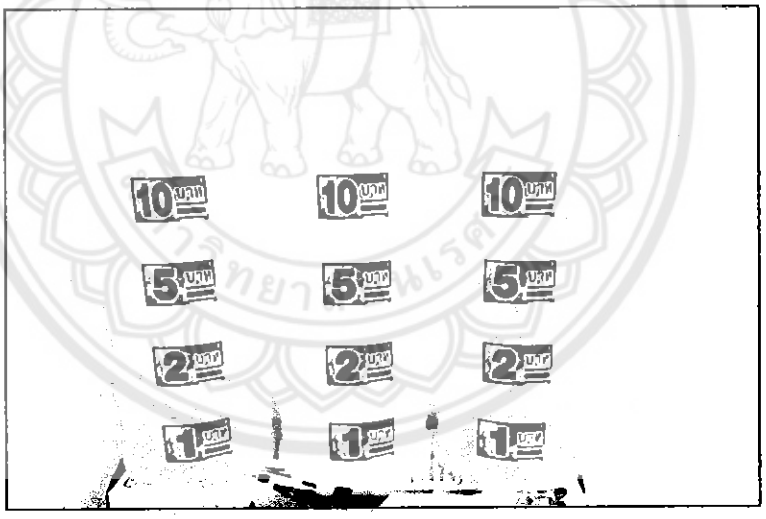
2.2.1. การคัดแยกตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

2.2.2. การคัดแยกตามน้ำหนักของเหรียญ

2.2.3. การคัดแยกตามความหนาของเหรียญ

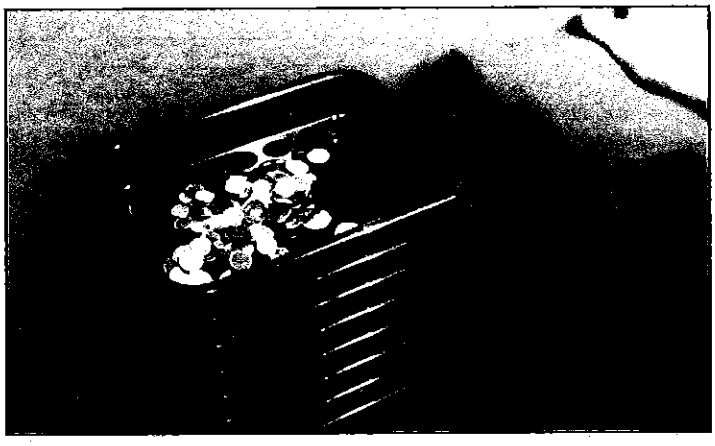
2.2.1 การคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง

หลักการของการทำงานของการคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต่างกันของเหรียญ คือ เมื่อนำเหรียญแต่ละชนิดมาใส่รวมกันภายในชั้นอุปกรณ์ที่ทำการแยกเหรียญแล้วเขย่าอุปกรณ์ที่ใส่เหรียญ จะพบว่าเหรียญที่อยู่ในอุปกรณ์นั้นจะล่วงหล่นลงมาตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญแต่ละชนิดที่ได้เจาะรูไว้ในแต่ละชั้น ซึ่งชั้นแรกที่ใส่เหรียญจะมีขนาดใหญ่สุดและเรียงลำดับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลงมาให้เล็กลงตามลำดับชั้น ซึ่งสามารถทำให้แยกเหรียญแต่ละชนิดได้ ดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์คัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง

ที่มา: www.youtube.com



รูปที่ 2.3 กล่องคัดแยกตามเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

ที่มา: www.youtube.com

จากการคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลางดังรูปที่ 2.2 และ รูปที่ 2.3 เป็นการใช้แรงเขย่าจากคนดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นเครื่องซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วยในการแยกเหรียญดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 เครื่องคัดแยกเหรียญตามเส้นผ่านศูนย์กลาง

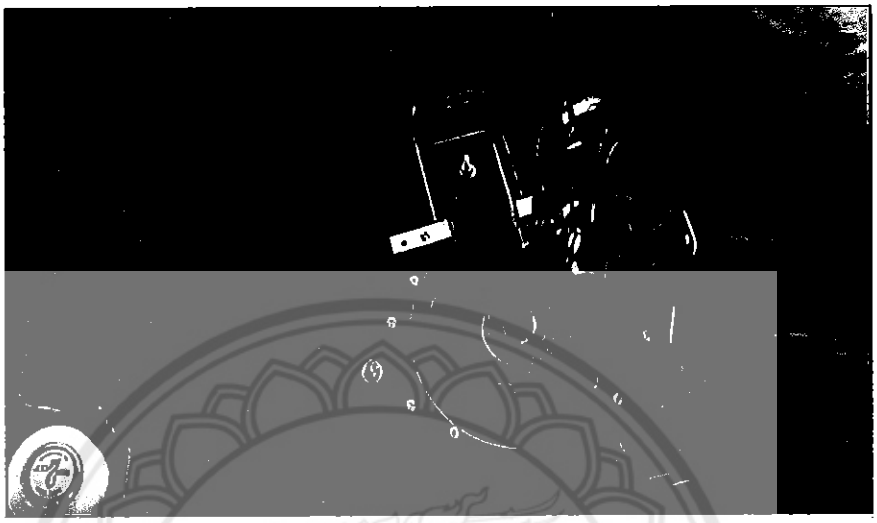
ที่มา: www.youtube.com

โดยหลักการทำงานของเครื่องคัดแยกตามเส้นผ่านศูนย์กลางนี้ จะทำการคัดแยกโดยจะมีจานหมุนที่มีตัวมอเตอร์คอยหมุนจานเพื่อลำเลียงเหรียญแต่ละชนิดให้ไหลลงสู่ช่องแยกเหรียญที่คอยลำเลียงเหรียญให้ไหลลงไปตามตามช่องที่มีการกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไว้แต่ละช่องเพื่อให้เหรียญแต่ละชนิดหล่นลงช่องที่กำหนดไว้ทำให้เหรียญสามารถแยกออกจากกันได้

2.2.2 การคัดแยกตามน้ำหนักของเหรียญ

โดยหลักการทำงานของเครื่องคัดแยกตามน้ำหนักของเหรียญคือ เราจะเรียงเหรียญซ้อนกันหลายๆเหรียญแล้ววางเหรียญที่ซ้อนกันลงในภาชนะที่คัดแยกตามน้ำหนักของเหรียญ ซึ่งจะมี

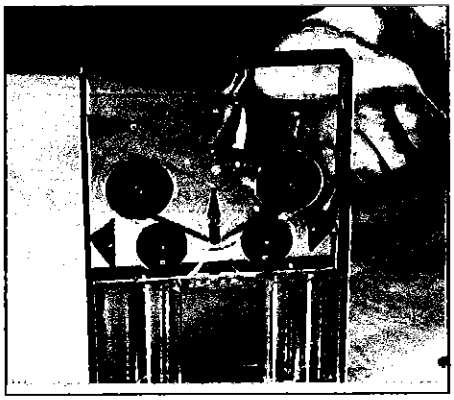
จานหมุนเคลื่อนที่จะทำให้เหรียญหล่นลงไปที่ช่องรับเหรียญครั้งละเหรียญ และการหล่นของเหรียญจะอาศัยน้ำหนักของเหรียญ เมื่อเหรียญเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ชั่งน้ำหนักของเหรียญ และหล่นลงที่ช่องเก็บเหรียญ ทำให้สามารถแยกเหรียญออกจากกันได้ดัง รูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องคัดแยกตามน้ำหนักของเหรียญ

ที่มา: www.youtube.com

จากรูปที่ 2.5 พบว่าการคัดแยกเหรียญนั้นใช้เครื่องเป็นตัวแยกเหรียญ แต่ในรูปที่ 2.6 จะไม่ใช้อุปกรณ์ทางกลแต่อย่างใด แต่ใช้เพียงอุปกรณ์ที่ใช้วัดตามค่าน้ำหนักของเหรียญเพื่อให้เหรียญไหลไปตามช่องทางที่เรากำหนดตามน้ำหนัก ซึ่งอุปกรณ์ที่อยู่ในกล่องนั้นเป็นตัวชี้วัดน้ำหนักของเหรียญเพื่อให้เหรียญหล่นตามช่อง ซึ่งอุปกรณ์ในรูปที่ 2.6 นั้นเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะกับเด็กเพราะมีกลไกในการทำงานของอุปกรณ์ที่ซับซ้อนและดึงดูดความน่าสนใจของเด็กอีกด้วย

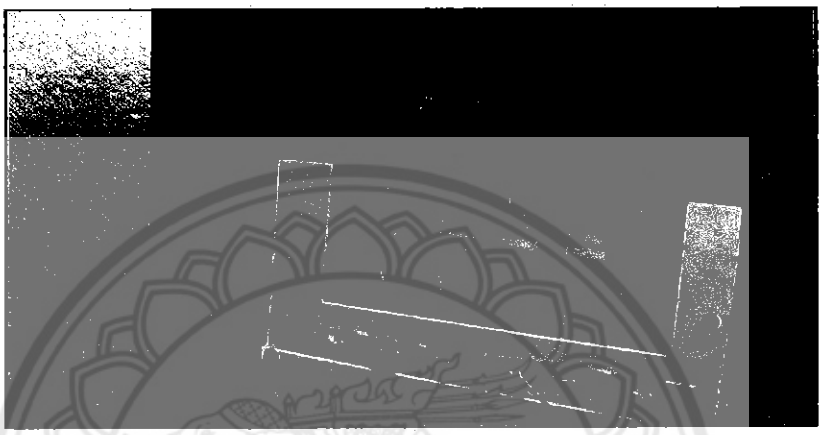


รูปที่ 2.6 อุปกรณ์แยกเหรียญตามน้ำหนักของเหรียญ

ที่มา: www.youtube.com

2.2.3 การคัดแยกตามความหนาของเหรียญ

หลักการทำงานของการคัดแยกตามเหรียญนี้ต้องหยอดเหรียญทีละเหรียญแล้วเหรียญจะไหลตามช่องลำเลียงเหรียญละเมื่อถึงช่องที่กำหนดตามขนาดความหนาของเหรียญเหรียญขนาดและชนิดนั้นๆจะหล่นลงไปในช่องที่กำหนด ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และยังมีความแม่นยำสูงในการคัดแยกเหรียญอีกด้วยดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 การคัดแยกตามความหนาของเหรียญ

ที่มา: www.youtube.com

2.3 การตรวจนับเหรียญ

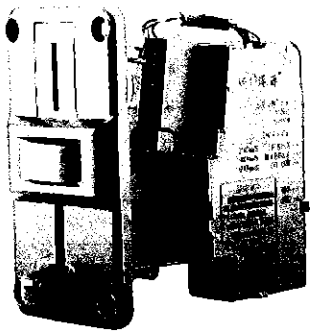
เนื่องจากเหรียญกษาปณ์ในปัจจุบัน นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงส่งผลให้มีเครื่องนับเหรียญเกิดขึ้น โดยเครื่องนับเหรียญที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลักการนับเหรียญแต่ละชนิดโดยแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

2.3.1 การตรวจนับเหรียญแต่ละชนิดด้วยสนามแม่เหล็ก

2.3.2 การตรวจนับเหรียญด้วยเซ็นเซอร์แสง

2.3.1 การตรวจนับเหรียญแต่ละชนิดด้วยสนามแม่เหล็ก

เนื่องจากเหรียญกษาปณ์แต่ละชนิดนั้นมีคามแตกต่างกัน เพราะทำมาจากโลหะที่แตกต่างกัน โดยส่งผลให้มีค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแตกต่างกัน จึงสามารถตรวจสอบชนิดของเหรียญได้จากความแตกต่างของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีเครื่องตรวจนับเหรียญแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เครื่องตรวจจับเหรียญด้วยสนามแม่เหล็ก

ที่มา: http://guru.sanook.com/8828/

จากรูปที่ 2.8 จะใช้หลักการโลหะตัดผ่านขดลวดเพื่อสร้างไฟฟ้าจากสนามแม่เหล็ก โดยเหรียญที่มีขนาดใหญ่จะให้พลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเหรียญที่มีขนาดเล็กโดยการนับเหรียญในลักษณะนี้มีข้อผิดพลาดมากพอสมควร เพราะเนื่องจากเหรียญที่ผลิตมาใหม่มีความแตงต่างของสนามแม่เหล็กจึงส่งผลให้เซ็นเซอร์ตัวรับรู้มองตรวจนับเป็นเหรียญชนิดอื่นและตรวจสอบผิด ซึ่งเมื่อทำการหยอดเหรียญที่ช่องหยอดเหรียญ เหรียญจะกลิ้งตามคานและวิ่งผ่านสนามแม่เหล็ก ขณะผ่านสนามแม่เหล็กก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในเหรียญเล็กน้อยทำให้วิ่งช้าลง ปริมาณของกระแสไฟฟ้านี้ ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเหรียญแต่ละชนิด เนื่องจากโลหะที่ทำต่างกัน จะตอบสนองพลังของแม่เหล็กต่างกัน ส่วนเหรียญที่ได้ค่าสนามแม่เหล็กที่ไม่ถูกต้อง จะตกไปกระทบคานเบี่ยงไหลลงสู่ช่องคืนเหรียญ

2.3.2 การตรวจนับเหรียญด้วยเซ็นเซอร์แสง

การตรวจนับเหรียญด้วยเซ็นเซอร์แสง ซึ่งในที่นี้จะใช้การตรวจนับเหรียญจากอินฟาเรดเซ็นเซอร์ โดยเครื่องตรวจนับนี้มีขายตามท้องตลาดทั่วไปซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.9

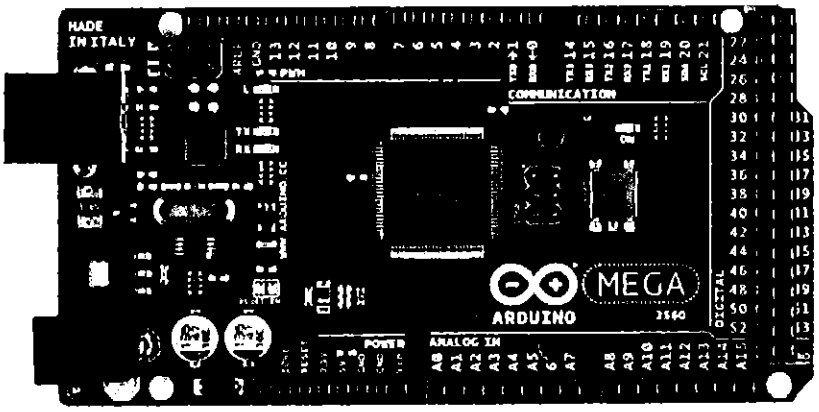
รูปที่ 2.9 เครื่องตรวจนับเหรียญด้วยเซ็นเซอร์แสง

ที่มา: http://www.nawasinapcx.com/store/product

การตรวจนับเหรียญจากอินฟาเรดเซ็นเซอร์ เมื่อเหรียญแต่ละชนิดได้ถูกจำแนกแล้ว เหรียญจะหล่นและผ่านเซ็นเซอร์แสง เมื่ออินฟาเรดเซ็นเซอร์ตรวจจับได้ว่ามีวัตถุตัดผ่าน อินฟาเรดเซ็นเซอร์นี้จะส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมและประมวลผล เมื่อส่วนควบคุมและส่วนประมวลผลทำการประมวลผลแล้วก็จะทำการคำนวนและแสดงค่าของเหรียญชนิดต่างๆที่ส่วนแสดงผล

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแผงวงจร Arduino จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ (AVR) ขนาด 100 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega 2560 แสดงดังรูปที่ 2.9 เป็นแผงวงจร Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ อินพุตและเอาท์พุต มากกว่า Arduino รุ่นอื่น เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจากตัวรับรู้หรือควบคุมมอเตอร์หลายตัว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาท์พุต ขั้นพื้นฐานที่เพียงพอกับการใช้งานและการเรียนรู้ และมีการพัฒนาแบบโอเพนซอร์ส (Open source) คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวแผงวงจรถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวแผงวงจร หรือโปรแกรมต่อได้ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขาอินพุตและเอาท์พุตของแผงวงจร หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับแผงวงจรเสริม (Shield) เช่น XBee Shield Music Shield Relay Shield Wireless Shield GPRS และ Shield เป็นต้น มาต่อกับแผงวงจรบนแผงวงจร Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้โดยแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมช่องต่ออินพุตและเอาท์พุต ไม่ว่าจะเป็นช่องต่อดิจิตอล ช่องต่อแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและช่องต่ออนุกรมซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้และควบคุมหลอดไฟมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น แผงวงจร Arduino สามารถทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์



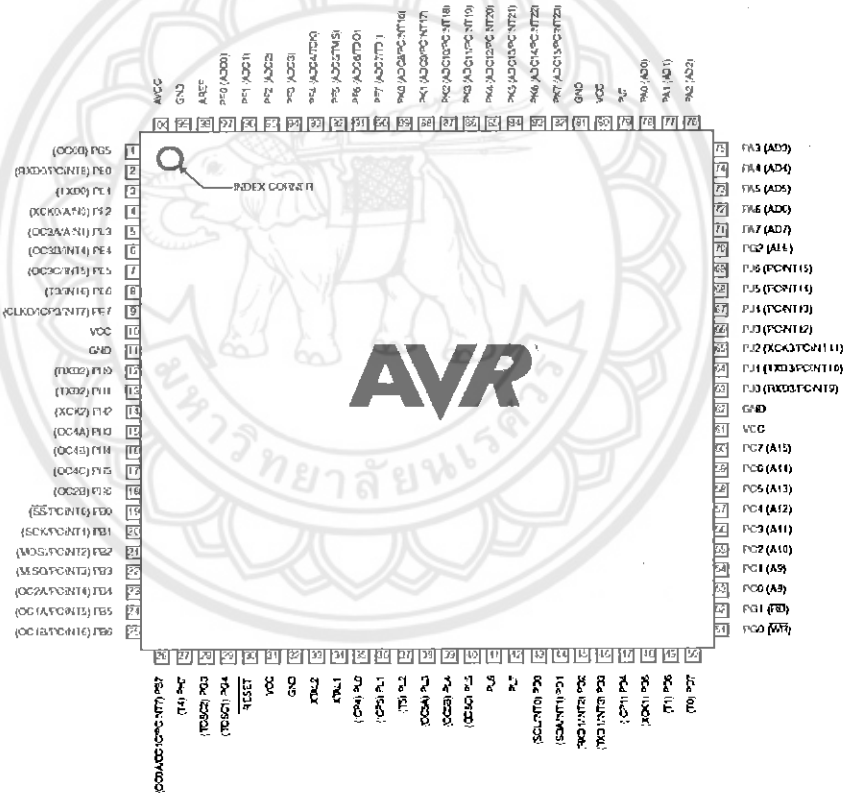
รูปที่ 2.10 แผงวงจร Microcontroller Arduino รุ่น ATmega 2560 [2]

แผงวงจร Arduino ซึ่งมีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆเพื่อสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนคือเน้นการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลักแผงวงจร Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้เอวีอาร์ขนาดเล็กซึ่งเป็นตัวประมวลผลและสั่งงานเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ อินพุตและเอาท์พุตต่างๆได้มากมายทั้งในแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระ หรือเชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น คอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เนื่องมาจากว่า Arduino สนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตต่างๆได้มากมาย ทั้งแบบดิจิตอล (Digital) และแอนะล็อก (Analog) เช่น การรับค่าจากสวิตช์ หรือตัวรับรู้แบบต่างๆ รวมไปถึงการควบคุมอุปกรณ์เอาท์พุตต่างๆส่วนภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบนแผงวงจร Arduino นั้นจะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่ง โครงสร้างของตัวภาษาที่ใช้ในการเขียนโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) แต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจากภาษาซีมาตรฐานเล็กน้อย เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและยังสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของภาษาซีมาตรฐานโดยตรง

ตัวแผงวงจร Arduino ที่ใช้ในโครงงานนี้จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ขนาด 8 บิต โดยเป็นซีพียูแบบ อาร์ไอเอสซี (Reduced instruction set computer, RISC) มีสถาปัตยกรรมการต่อหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยเด็ดขาด ดังแสดงในรูปที่ โดยใช้หน่วยความจำแบบวูบผ่านอย่างรวดเร็ว (Flash) สำหรับเป็นหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งมีความจุมากกว่ารุ่น Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน และใช้หน่วยความจำแบบ

SRAM สำหรับหน่วยความจำข้อมูลและนอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงอีกด้วย ATmega 2560 ซึ่งมีคุณสมบัติเด่น ดังนี้

1) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8 – 5.5 โวลต์ แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 โวลต์
2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 8 กิโลไบต์
3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 4 กิโลไบต์
4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus
5) ช่องต่ออินพุตและเอาท์พุตแบบดิจิตอลจำนวน 54 ช่อง
6) ช่องต่อเอาท์พุตแบบแอนะล็อกจำนวน 16 ช่อง
7) วงจรสื่อสารอนุกรม
8) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 14 ช่อง



รูปที่ 2.11 หน่วยประมวลผลกลาง ATmega 2560 ขนาด 100 ขา [2]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 2560 ที่ใช้ในโครงงานนี้ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากตัวรับรู้และคำสั่งจากการจากสวิตช์ปุ่มกด

2.5 โมดูลเก็บข้อมูล (Data Logger Shield)

ในโครงงานนี้จะนำบอร์ด Data Logger Shield มาทำงานร่วมกับบอร์ด Arduino mega 2560 ซึ่งในการที่จะสามารถทำให้บันทึกค่าลงในการ์ดหน่วยความจำได้นั้น จะใช้บอร์ด Data Logger Shield ดังรูปที่ 2.11 ที่เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลลงในการ์ดหน่วยความจำ (SD Card) พร้อมกับมีนาฬิกาเวลาจริง (Real Time Clock : RTC)

2.5.1 การใช้ขาติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับบอร์ด Arduino

1) MOSI (Master In Slave Out) สลาฟส่งข้อมูลถึงมาสเตอร์ ขา Digital Pin 11
2) MISO (Master Out Slave In) มาสเตอร์ส่งข้อมูลถึงสลาฟ ขา Digital Pin 12
3) CLK การเชื่อมต่อสัญญาณพัลส์นาฬิกา ขา Digital Pin 13
4) CS การเลือกชิพสำหรับการ์ดหน่วยความจำ ขา Digital Pin 10

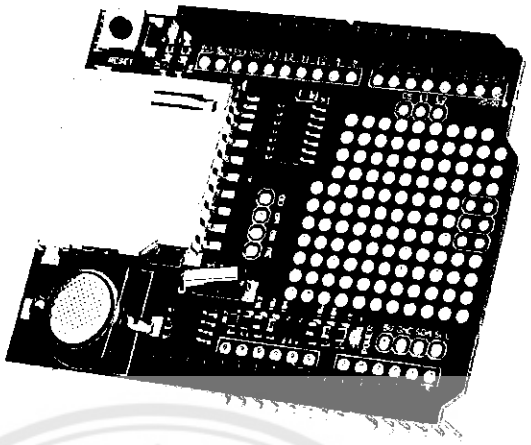
2.5.2 ประโยชน์ของบอร์ด Data Logger Shield

1) ช่วยลดเวลาการทำงาน ที่ต้องคอยจดบันทึกค่าตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้
2) สามารถวัดค่าได้ต่อเนื่อง ตลอด 24 ชั่วโมง และช่วยจัดเก็บข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ รวมถึงแสดงผลได้อย่างเป็นระเบียบ อีกทั้งยังช่วยลดความผิดพลาดในการจดบันทึก
3) สามารถติดตามการวัดค่าในพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง เช่น สถานที่ที่เย็นจัด หรือสถานที่ที่ร้อนจัด
4) สามารถดูแนวโน้มการเพิ่มขึ้นลดลงของค่าที่สนใจได้ เช่น อุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์

2.5.3 การใช้งานของบอร์ด Data Logger Shield

1) มี RTC โดยมีชิพ คริสตัล และแบตเตอรี่สำรองสำหรับการทำงาน
2) สามารถใช้การ์ดหน่วยความจำ SD/MMC ได้สูงสุดที่ 32 G
3) มีปุ่มรีเซ็ต ซึ่งในการกดรีเซ็ตในแต่ละครั้งจะเป็นการเริ่มการทำงานใหม่
4) มี Shifter ที่ช่วยป้องกันการ์ดหน่วยความจำเกิดความเสียหายจากกรณีที่ไฟเกิน ซึ่งในการทำงานจะใช้แรงดันไฟฟ้าเพียงแค่ 3 โวลต์
5) ที่ขา 3 โวลต์ (3V) เป็นแรงดันไฟฟ้าจากตัวควบคุมบอร์ด
6) ขา SQ เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจาก RTC
7) ขา WP เป็นขาตรวจเช็คการ์ดหน่วยความจำ
8) ขา CD เป็นขาที่ใช้ตรวจสอบหาการ์ดหน่วยความจำ
9) ขา CS เป็นขา Pin เลือกชิพสำหรับการ์ดหน่วยความจำ

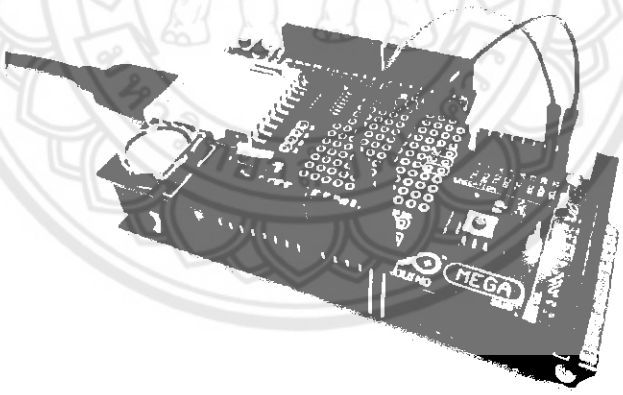
10) L1 และ L2 เป็นตัวเลือกใช้ไฟ LED



รูปที่ 2.12 บอร์ด Data Logger Shield

ที่มา: http://www.arduinoall.com/product/166/data-logger-shield-พร้อมถ่าน

สำหรับโมดูลบอร์ด Data Logger Shield นี้ออกแบบมาสำหรับ Arduino Uno แต่บอร์ด Data Logger Shield นี้สามารถดัดแปลงได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ATmega 2560 สามารถแสดงการต่อดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อโมดูลบอร์ด Data Logger Shield กับ Arduino รุ่น ATmega2560

ที่มา: http://www.arduinoall.com/

การเชื่อมต่อแบบ I2C bus เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส จะสื่อสารโดยใช้สายเพียง 2 เส้น คือ SDA (Serial Linc Data)ใช้ทำหน้าที่ส่งข้อมูล และ SCL (Serial Clock)ทำหน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก

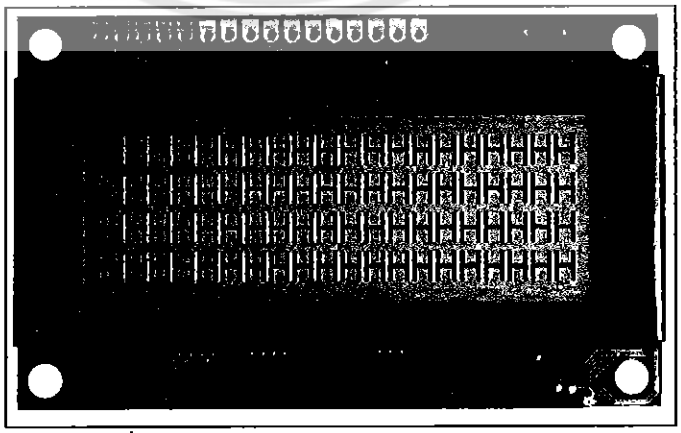
ความเร็วของการรับส่งข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในสาย SCL สามารถส่งข้อมูลหากันได้ โดยมีความเร็วตั้งแต่ 100 kHz ไปถึงเป็นระดับ 5 MHz

เนื่องจากบอร์ด Data Logger Shield มีขา SCL อยู่ตำแหน่งขา A5 และขา SDA อยู่ตำแหน่งขา A4 ของบอร์ด Data Logger Shield โดยขาที่ 21 ของ Arduino Mega2560 คือขา SCL และขา 20 ของ Arduino Mega2560 คือขา SDA จึงต้องเชื่อมต่อขา SCL และ SDA ของบอร์ด Data Logger Shield กับ Arduino Mega2560 โดยทำการเชื่อมต่อขา A5 ของบอร์ด Data Logger Shield กับขาที่ 21 ของ Arduino Mega2560 และเชื่อมต่อขา A4 ของบอร์ด Data Logger Shield กับขาที่ 20 ของ Arduino Mega2560

2.6 หน้าจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid cystal display, LCD)

จอแอลซีดีเป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอแอลซีดีมีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักขระเรียกว่า Character Liquid Crystal Display ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน เรียกว่า Graphic Liquid Crystal Display นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลข หรือ หน้าปัดวิทยุ เป็นต้น

หน้าจอแสดงผลแบบแอลซีดีมีลักษณะดังรูปที่ 2.10 เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้หลักการกระจายตัวและหักเหของแสงสำหรับแสดงข้อความตัวเลขหรือตัวอักษร ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกใช้แบบ 4 บรรทัด จำนวน 20 ตำแหน่งต่อบรรทัด โดยทั่วไปจอแดงผลแอลซีดีมักนิยมใช้ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อแสดงข้อมูลแบบบิต [3]



รูปที่ 2.14 หน้าจอแสดงผลแอลซีดีขนาด 20×4

ที่มา: http://www.micontechlab.com

ตารางที่ 1 ตารางแสดงรายละเอียดของหน้าจอแสดงผลแอลซีดีแบบขนาน 20×4 [3]

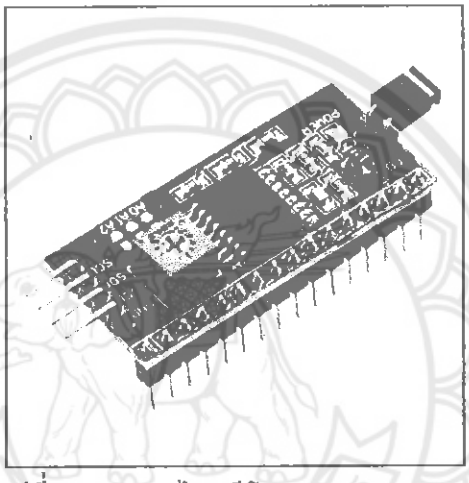
ขา	สัญลักษณ์	รายละเอียด
1	Vss/GND	Ground
2	Vdd	+5Vdc
3	Vo/Vee	LCD Control สำหรับปรับความเข้มของตัวอักษร
4	RS	Register Select เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกเขียนอ่านข้อมูลในรีจีสเตอร์
5	RW	Read/Write เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกโหมดเขียนหรืออ่านข้อมูล
6	E/EW	Enable เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณ Pulse เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูล
7	DB0	Data Pins 8-Bits
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	A	(LED+) เป็นขา Vcc สำหรับ LED blacklight (5v)
16	K	(LED-) เป็นขา Gnd สำหรับ LED blacklight (Gnd)

เพื่อความสะดวกในการต่อวงจร จึงจำเป็นต้องใช้ไอสทูซี อินเทอร์เฟสโมดูลเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างแอลซีดีและวงจรอาดูโนโดยไอทูซีอินเทอร์เฟสโมดูลมีหลักการทำงานดังนี้

2.6.1 การทำงานไอทูซีโมดูล (I2C module)

ในโครงงานนี้ ได้เลือกการใช้งานแอลซีดีที่มีขนาดในการแสดงผล 20×4 แบบไอทูซี โดยไอทูซีนั้นย่อมาจาก Inter-integrated Circuit (I2C) เป็นการสื่อสารโดยใช่เพียงสัญญาณแค่ 2 อย่าง

ได้แก่ Serial Data Line (SDA) และ Serial Clock Line (SCL) ทำให้เราใช้สายไฟเพียง 2 เส้นในการเชื่อมต่อ Arduino และจอแอลซีดีแบบไอทูซีก็คือสาย SDA กับ SCL (ไม่รวมขาไฟขนาด 5 โวลต์ และขากราด์ (Ground)) โดยจอ LCD แบบไอทูซี คือจอ LCD ที่นำตัวแปลงข้อมูลไอทูซีมาเชื่อมต่อกับขาของจอแอลซีดีทุกขา โดยโมดูลที่ใช้คือไอซี PCF8574 ไอทูซีมีลักษณะดังรูปที่ 2.13 และตารางแสดงตำแหน่งขาสัญญาณของไอทูซีโมดูลและจอแอลซีดี ดังตารางที่ 2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลผ่านบัสไอทูซีและมีขา 16 ขา สำหรับนำไปต่อกับโมดูลหน้าจอแสดงผลแอลซีดี นอกจากนั้นยังมีวงจรปรับแรงดันด้วยทริมพอท (trimpot) เพื่อใช้ปรับความเข้มของตัวอักษรที่ปรากฏบนหน้าจอแสดงผลแอลซีดีการใช้งานแอลีดี (LCD) แบบ I2C [3]



รูปที่ 2.15 แสดงไอทูซีโมดูล (I2C Module)

ที่มา: http://thaieasyelec.com

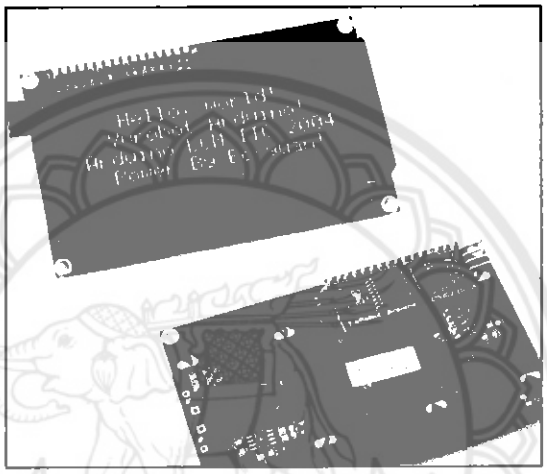
ตางรางที่ 2 แสดงขาสัญญาณของไอทูซีโมดูลคอนเนกเตอร์แบบตัวผู้ 4 ขา [3]

ขา	หน้าที่
GND	เป็นกราวด์ของวงจร
Vcc	ใช้ป้อนแรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์ (4.5 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์)
SDA	ขาสัญญาณ serial data สำหรับไอทูซี
SCL	ขาสัญญาณ serial clock สำหรับไอทูซี

ในการออกแบบกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกใช้หน้าจอแสดงผลแอลซีดีที่ทำงานร่วมกับไอทูซีบัส เพื่อลดจำนวนขาใช้งานและสะดวกในการเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino

หน้าจอแสดงผลแอลซีดีที่มีการเชื่อมต่อแบบไอทูซีบัสหรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบอนุกรมจะเป็นหน้าจอแสดงผลแอลซีดีธรรมดาทั่วไปที่มาพร้อมกับบอร์ดไอทูซีบัส ที่ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นและยังมาพร้อมกับตัวต้านทานปรับค่าได้ สำหรับปรับความเข้มของจอในรูปแบบบัสไอทูซีบัสโดยใช้ขาในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 4 ขา (แบบขนานใช้ 16 ขา) ซึ่งทำให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น [3]

ในโครงงานนี้เราจะเลือกใช้งานโมดูลหน้าจอแสดงผลแอลซีดีผ่านบัสไอทูซีบัสเพื่อลดจำนวนสายสัญญาณที่ต้องใช้ โดยใช้หน้าจอแสดงผลแอลซีดีขนาด 20×4 แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.16 หน้าจอแสดงผลแอลซีดีแบบไอทูซีบัส ขนาด 20×4

ที่มา: http://www.banggood.com

หลักการเชื่อมต่อขาสัญญาณของไอทูซีบัสโมดูลกับหน้าจอแสดงผลแอลซีดี การเชื่อมต่อขาสัญญาณของไอทูซีบัสโมดูล มีทั้งหมด 16 ขาในแถวเดียวกันกับหน้าจอแสดงผลแอลซีดีเรียงตามลำดับดังนี้

ขาที่ 1 เป็นขากราวด์สำหรับลอจิก (อยู่ด้านเดียวกับ 4 - pin header) ต่อกับพิน 1 กราวด์ของแอลซีดี

ขาที่ 2 เป็นขาแรงดันไฟเลี้ยง (4.5 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์) สำหรับลอจิกต่อกับพิน 2 ไฟเลี้ยงของแอลซีดี

ขาที่ 3 นำไปต่อกับวงจรปรับระดับแรงดันได้ สำหรับปรับความเข้มของตัวอักษรต่อกับพิน 3 (Vec) ของแอลซีดี

ขาที่ 4 มาจากขา P0 ของ PCF8574 และต่อกับพิน 4 (RS or Register Select) ของแอลซีดี

ขาที่ 5 มาจากขา P1 ของ PCF8574 และต่อกับพิน 5 (RW or Read not Write) ของแอลซีดี

ขาที่ 6 มาจากขา P2 ของ PCF8574 และต่อกับพิน 6 (EN or Enable) ของแอลซีดี

ขาที่ 7 ต่อกับ พิน 7 (DB0 or Data Bit 0) ของแอลซีดี – ไม่ได้ใช้งาน

ขาที่ 8 ต่อกับ พิน 8 (DB1 or Data Bit 1) ของแอลซีดี – ไม่ได้ใช้งาน

ขาที่ 9 ต่อกับ พิน 9 (DB2 or Data Bit 2) ของแอลซีดี – ไม่ได้ใช้งาน

ขาที่ 10 ต่อกับ พิน 10 (DB3 or Data Bit 3) ของแอลซีดี – ไม่ได้ใช้งาน

ขาที่ 11 มาจากขา P4 ของ PCF8574 และต่อกับพิน 12 (DB4 or Data Bit 4) ของแอลซีดี

ขาที่ 12 มาจากขา P5 ของ PCF8574 และต่อกับพิน 13 (DB5 or Data Bit 5) ของแอลซีดี

ขาที่ 13 มาจากขา P6 ของ PCF8574 และต่อกับพิน 14 (DB6 or Data Bit 6) ของแอลซีดี

ขาที่ 14 มาจากขา P7 ของ PCF8574 และต่อกับพิน 15 (DB7 or Data Bit 7) ของแอลซีดี

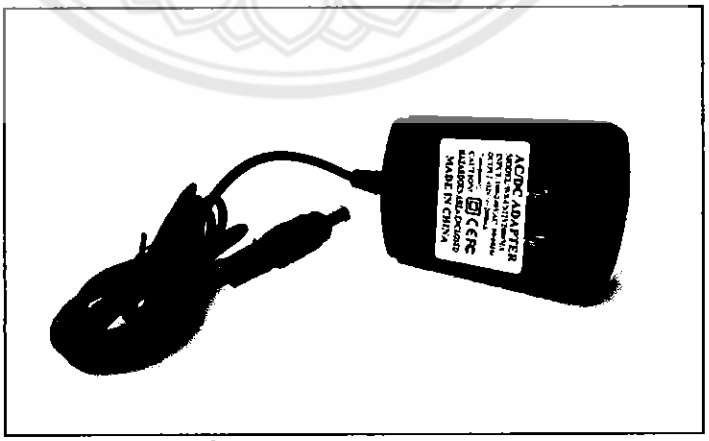
ขาที่ 15 แอลอีดีบวก เป็นขาไฟเลี้ยงสำหรับแอลอีดี backlight (ต่อผ่าน 5 โวลต์ผ่าน Jumper)

ขาที่ 16 แอลอีดีลบ เป็นขากราวด์สำหรับแอลอีดี backlight (ใช้ขา P3 ของ PCF8574 ควบคุมเปิด-ปิดกระแส) [3]

2.7 อุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (Adaptor)

แหล่งจ่ายไฟนำมาจากหม้อแปลงไฟขนาดเล็กที่สามารถแปลงไฟกระแสสลับขนาด 220 โวลต์ (ไฟบ้าน) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 3 ถึง 12 โวลต์ เพราะเนื่องจากอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากจะใช้ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งสิ้น โดยหลักการทำงานของแหล่งแปลงไฟมีดังนี้

- ลดระดับแรงดันไฟกระแสสลับ 220 โวลต์เป็นแรงดันไฟกระแสตรง
- ผ่านการเรียงกระแสโดยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์คือไดโอด
- ผ่านการกรองกระแส
- แปลงไฟฟ้ากระแสตรง



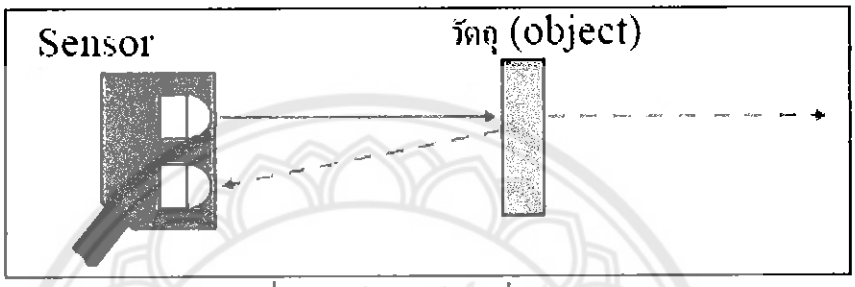
รูปที่ 2.17 แหล่งจ่ายไฟ (Adaptor)

ที่มา: http://www.wellsitecctv.com/products/detail/162

2.8 โฟโตอิเล็กทริคเซ็นเซอร์ (Photoelectric Sensors)

โฟโตอิเล็กทริคเซ็นเซอร์คืออุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง คือการควบคุมแสงที่ใช้ในกระบวนการผลิตอัตโนมัติต่างๆ โดยทำงานตรวจจับด้วยแสงที่มองเห็นหรือแสงที่มองไม่เห็น และตอบสนองการทำงานตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ได้รับโดยโฟโตอิเล็กทริคเซ็นเซอร์สามารถแบ่งได้หลักๆ 3 ประเภท

1.สะท้อนวัตถุโดยตรง (Diffuse mode)

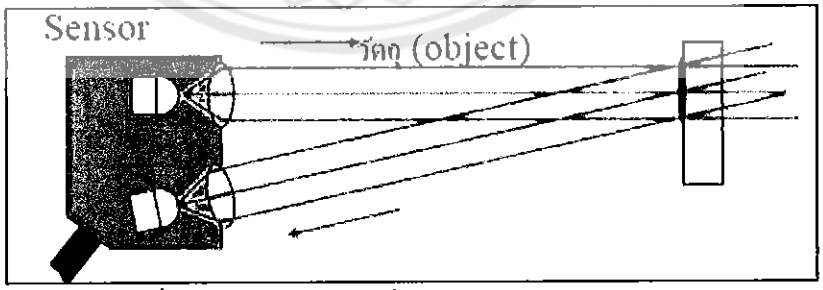


รูปที่ 2.18 เซ็นเซอร์แสงที่สะท้อนวัตถุโดยตรง

ที่มา: http://www.inno-ins.com

เป็นเซนเซอร์ที่อาศัยหลักการยิงแสงไปที่วัตถุแล้วสะท้อนกลับมา ซึ่งเซ็นเซอร์ลักษณะนี้นิยมใช้งานโดยทั่วไป เนื่องจากใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย เพราะใช้ผิววัตถุที่ตรวจจับเป็นตัวสะท้อนแสงกลับมา

2. สะท้อนวัตถุโดยตรงแบบจำกัดลำแสง (Retroreflective mode)

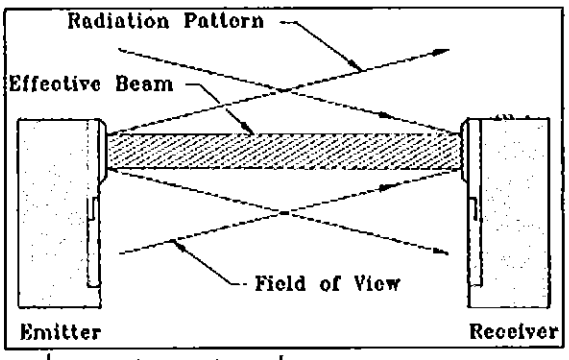


รูปที่ 2.19 เซ็นเซอร์แสงที่สะท้อนวัตถุโดยตรงแบบจำกัดลำแสง

ที่มา: http://www.inno-ins.com

เป็นเซ็นเซอร์ที่ต้องอาศัยแผ่นสะท้อนหรือที่เราเรียกว่าแสงสะท้อน (Reflect) เป็นตัวสะท้อนแสงกลับมาซึ่งเซ็นเซอร์ลักษณะนี้สามารถนำไปใช้งานได้ดีในบริเวณที่มีการจำกัดพื้นที่การติดตั้ง นอกจากนี้แผ่นสะท้อน ยังส่งผลทำให้ระยะการตรวจจับวัตถุสามารถทำได้ไกลขึ้น

3. มีตัวส่งและตัวรับแยกกัน (Opposed Mode)



รูปที่ 2.20 เซ็นเซอร์แสงที่มีตัวส่งและตัวรับแยกกัน

ที่มา: http://www.inno-ins.com

เป็นเซ็นเซอร์แบบที่ใช้ตัวส่งและตัวรับเนื่องจากเซ็นเซอร์ลักษณะนี้ มีทั้งตัวส่งและตัวรับ ดังนั้นเมื่อมีวัตถุตัดผ่านลำแสง เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณออกมาทำให้สามารถตรวจจับอุปกรณ์ที่ตัดผ่านลำแสงได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นมากกว่าปกติได้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

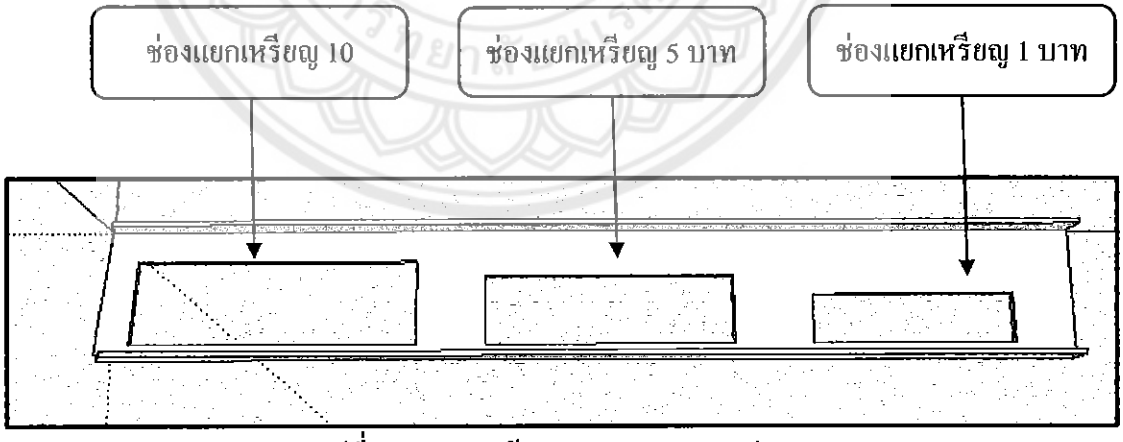
จากที่ได้ศึกษาหลักการของการแยกและนับเหรียญประเภทต่างๆ โดยในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติได้ดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ
2. การประกอบโครงสร้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ
3. วงจรควบคุมค่าแรงดันและวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ
4. ส่วนประมวลผลของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ
5. การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี
6. ขั้นตอนการทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

3.1 การออกแบบโครงสร้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

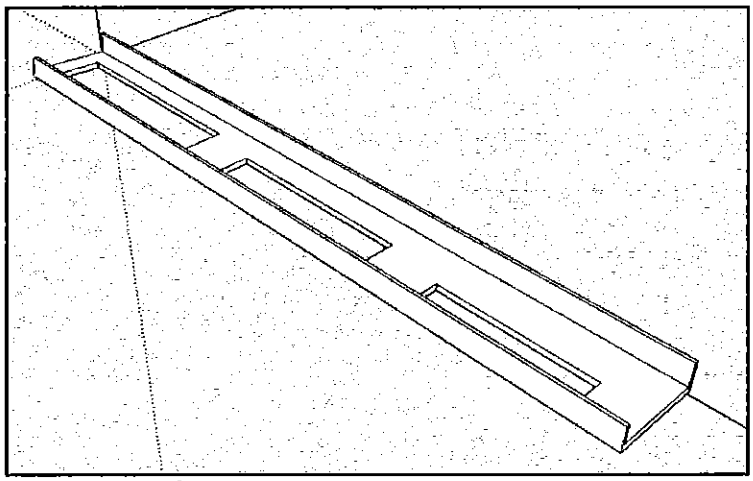
3.1.1 การออกแบบรางแยกเหรียญ

ในการออกแบบหลักการแยกเหรียญ ผู้ดำเนินโครงงานได้ใช้หลักการแยกเหรียญโดยการแยกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญแต่ละชนิด ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 มุมมองด้านบนของรางแยกเหรียญ

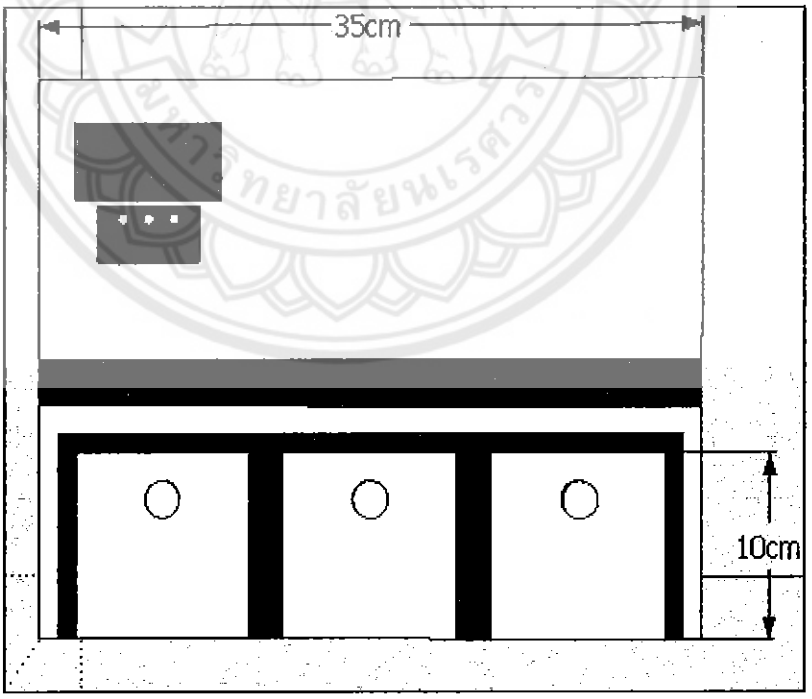
จากรูปที่ 3.1 แสดงถึงช่องแยกเหรียญแต่ละชนิด โดยช่องสำหรับแยกเหรียญชนิด 1 บาท มีขนาดเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ช่องแยกเหรียญชนิด 5 บาท มีขนาดเท่ากับ 24 มิลลิเมตร และช่องแยกเหรียญชนิด 10 บาท มีขนาดเท่ากับ 26 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดของช่องแยกเหรียญมีขนาดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญแต่ละชนิด



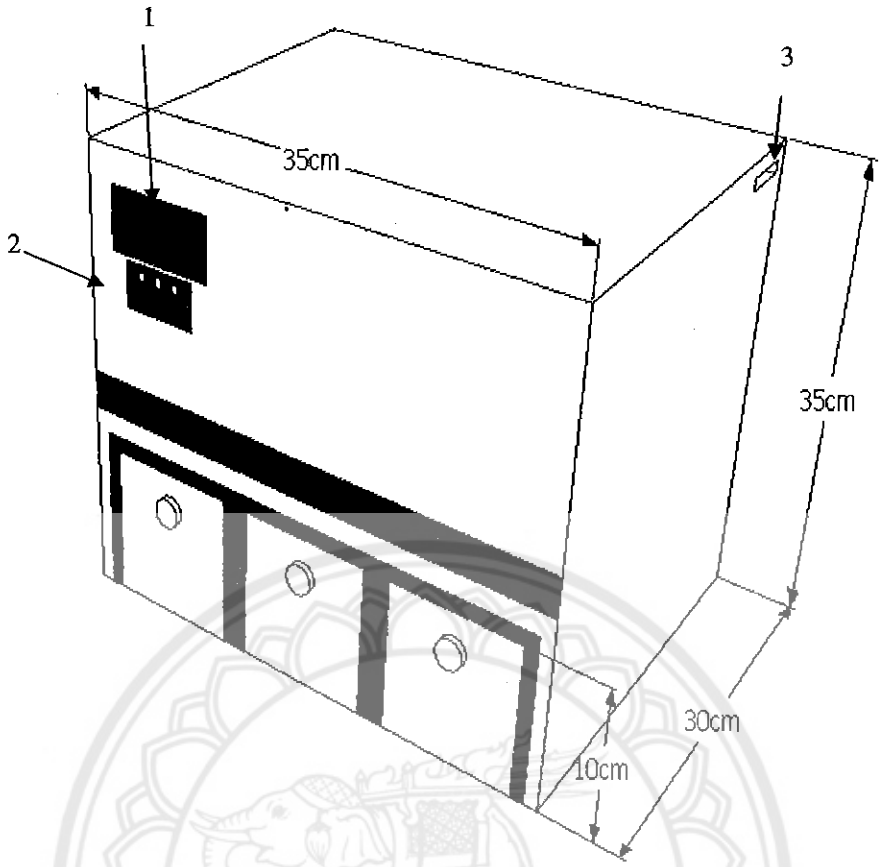
รูปที่ 3.2 แสดงภาพ 3 มิติของรางแยกเหรียญ

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างของสิ่งประดิษฐ์

การออกแบบโครงสร้างของสิ่งประดิษฐ์นั้นจะเน้นใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง และคงทนโดย สิ่งประดิษฐ์จะใช้อะคริลิคเป็นวัสดุหลักในการทำโครงสร้าง ในการออกแบบโครงสร้างนั้นจะเป็นลักษณะแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงภาพสองมิติของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติทางด้านหน้า



รูปที่ 3.4 แสดงภาพสามมิติของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติทางด้านขวา

จากรูปที่ 3.4 ด้านหน้าเครื่องจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

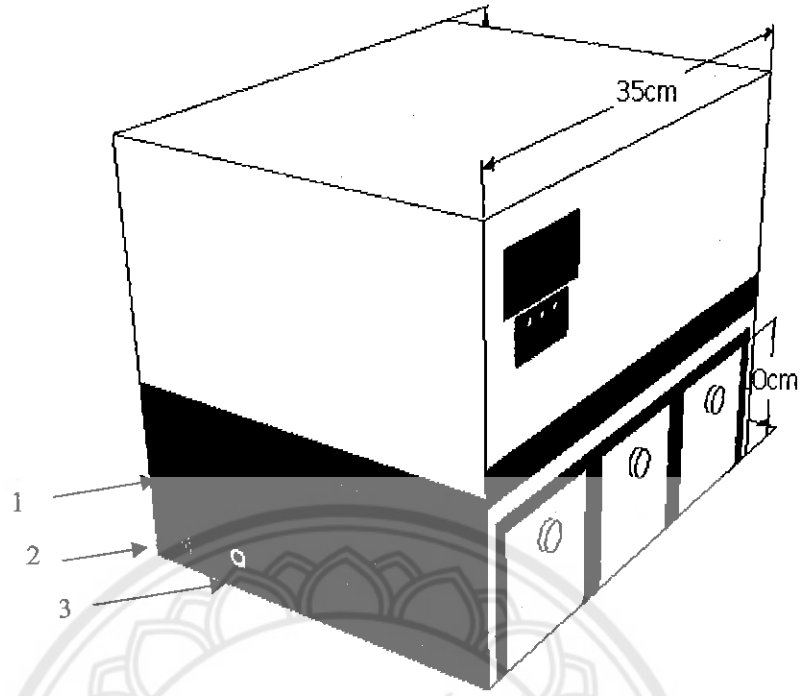
หมายเลข 1 ส่วนแสดงผลโดยใช้จอแสดงผลแอลซีดีแสดงข้อมูลของจำนวนเหรียญ ค่าเงินเหรียญแต่ละชนิด และผลรวมของเงินทั้งหมด

หมายเลข 2 คือสวิตช์ปุ่มกดมีทั้งหมด 3 ปุ่มโดยปุ่มเหล่านี้จะทำหน้าที่รีเซ็ตค่าของเหรียญ ค่าของจำนวนเงินของเหรียญแต่ละชนิด และใช้ในการกดเพื่อเรียกดูค่าย้อนหลังได้

หมายเลข 3 ด้านข้างเครื่องจะแบ่งออกเป็น 1 ส่วนคือช่องหยอดเหรียญ

ป
ก173ก
2559

สำนักหอสมุด
26 ก.ย. 2560



รูปที่ 3.5 แสดงภาพสามมิติของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติทางด้านซ้าย

จากรูปที่ 3.5 ด้านข้างของเครื่องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

หมายเลข 1 พัดลมระบายอากาศ

หมายเลข 2 สวิตช์ ปิด-เปิด

หมายเลข 3 ช่องเสียบแหล่งจ่ายไฟตรงแรงดัน 12 โวลต์

3.2 การประกอบโครงสร้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

หลังจากออกแบบโครงสร้างแล้ว จึงประกอบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน โดยมีวัสดุอุปกรณ์ในการทำโครงสร้างดังนี้

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

1. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATMEGA 2560
2. ไอซีเบอร์ 7809
3. จอแสดงผลแอลซีดีขนาด 20×4
4. เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ
5. สวิตช์
6. ตัวเก็บประจุ

7. แผ่นปริ๊น

8. สายไฟ

9. แผ่นอะคริลิคและน็อตยึดแผ่นอะคริลิค

10. ตัวต้านทาน

11. พัดลมระบายอากาศ

12. ไอทูซีสำหรับจอแอลซีดี

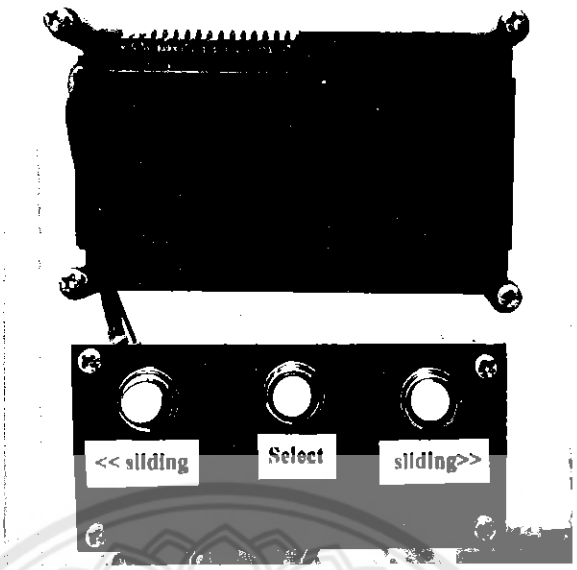
หลังจากออกแบบโครงสร้างแล้ว จึงได้ประกอบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน โดยด้านข้างของเครื่องประกอบด้วยช่องหยอดเหรียญเพื่อสำหรับหยอดเหรียญลงในกระปุกออมสิน ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 มุมมองด้านข้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

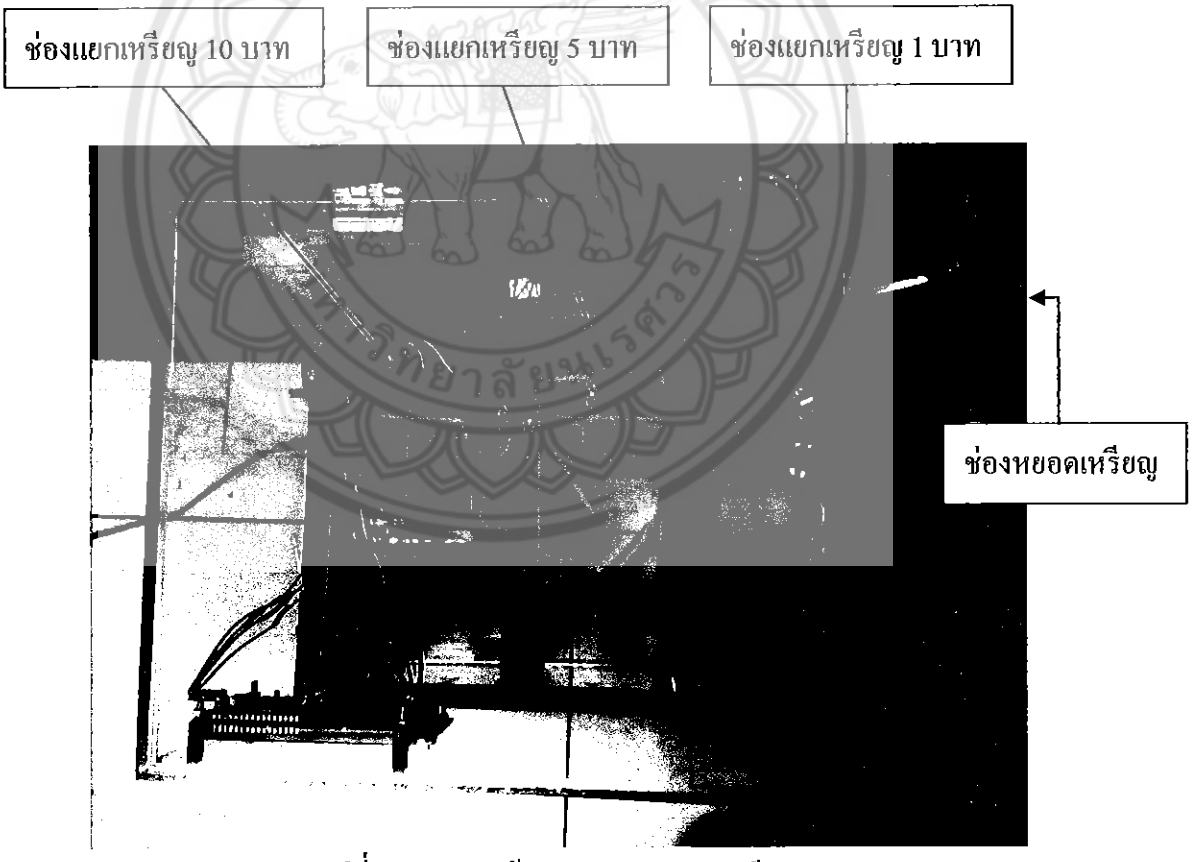
มุมมองด้านข้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.6 เมื่อหยอดเหรียญไปในช่องหยอดเหรียญ เหรียญจะไหลไปตามความชันของรางลำเลียงเหรียญเมื่อเหรียญไหลไปตามลางลำเลียงเหรียญแล้ว เหรียญจะทำการแยกชนิดของเหรียญตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องแยกเหรียญแต่ละชนิด นอกจากนี้กล่องใส่เหรียญแต่ละชนิดราคา ถูกติดตั้งไว้ทางด้านล่างของเครื่องโดยวางเรียงตามชนิดราคาเพื่อรองรับเหรียญแต่ละชนิดที่ถูกจำแนก

รูปที่ 3.7 มุมมองด้านหน้าของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

มุมมองด้านหน้าของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติแสดงดัง รูปที่ 3.7 โดยทางด้านหน้าของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติจะประกอบไปด้วยกล่องรองรับเหรียญสำหรับรองรับเหรียญแต่ละชนิดที่ถูกจำแนก หน้าจอแสดงผลค่าของจำนวนเหรียญและค่าของจำนวนเงินของเหรียญแต่ละชนิด และปุ่มสวิตช์ทั้ง 3 ปุ่ม มีหน้าที่รีเซตค่าจำนวนเหรียญและจำนวนเงินชนิดคือ 1 บาท 5 บาท และ 10 บาทตามลำดับ โดยแสดงดังรูปที่ 3.7 และทั้งสามปุ่มนี้ยังสามารถใช้เรียกดูค่าข้อมูลของเหรียญย้อนหลังได้



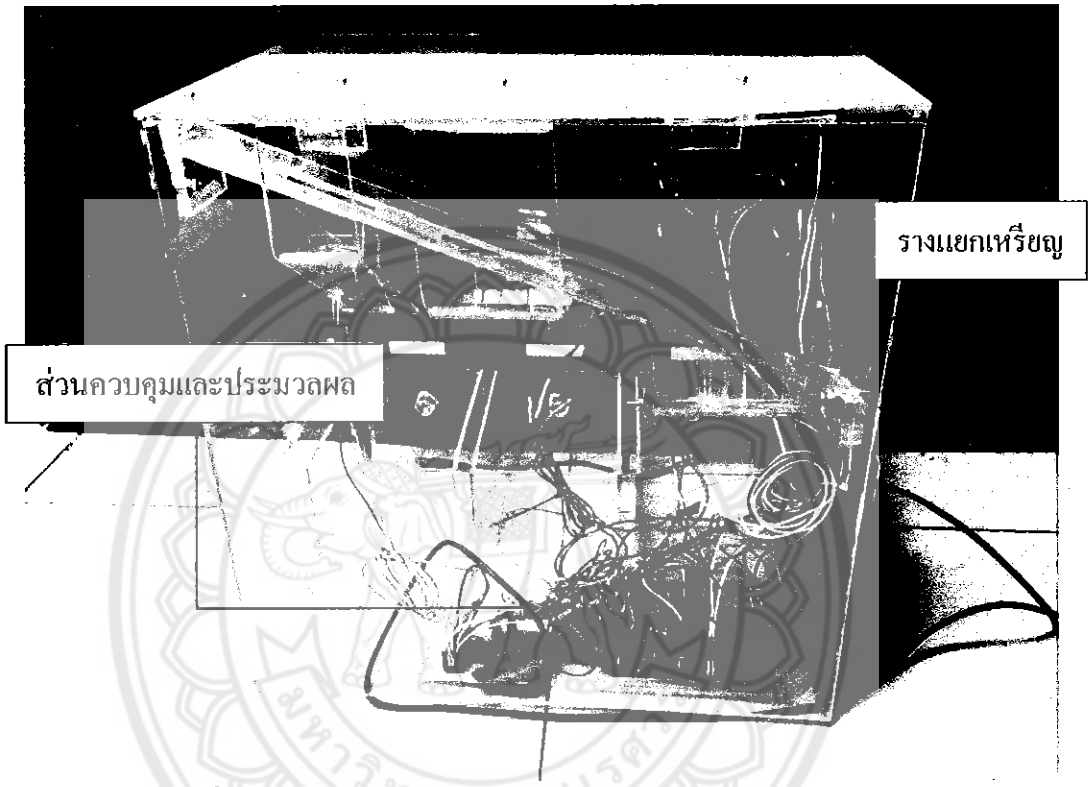
รูปที่ 3.8 สวิตช์สำหรับรีเซตค่าจำนวนเหรียญ จำนวนเงินและดูค่าย้อนหลัง



รูปที่ 3.9 มุมมองด้านบนของรางแยกเหรียญ

จากรูปที่ 3.9 แสดงมุมมองด้านบนของรางแยกเหรียญ ซึ่งรางแยกเหรียญเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการจำแนกเหรียญ โดยเมื่อหยอดเหรียญที่ช่องหยอดเหรียญ เหรียญจะไหลไปตามราง

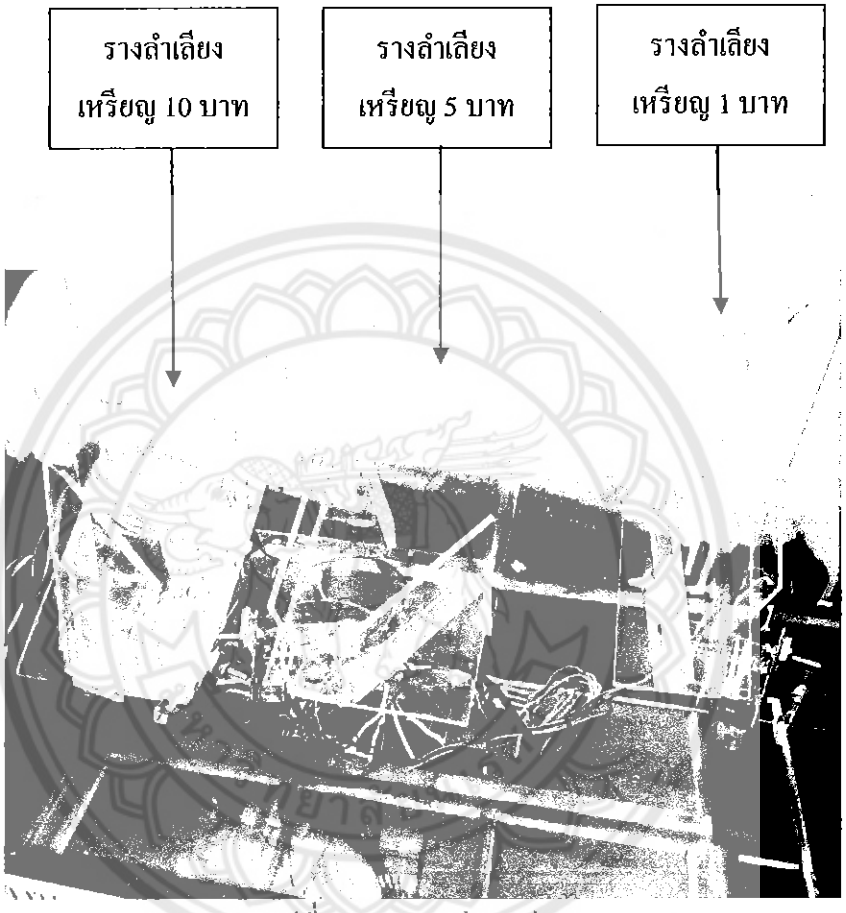
ลำเลียงและจำแนกตามขนาดของช่องแต่ละช่อง ดังรูปที่ 3.9 โดยเมื่อหยอดเหรียญเข้าไปที่ช่องหยอดเหรียญ ช่องแรกของรางลำเลียงเพื่อจำแนกเหรียญคือช่องเหรียญ 1 บาท ช่องเหรียญ 5 บาท และช่องเหรียญ 10 บาท ตามลำดับ รางลำเลียงเหรียญจะลำดับขนาดของช่องจำแนกเหรียญจากช่องจำแนกเหรียญที่มีขนาดเล็กที่สุดไปยังช่องจำแนกเหรียญที่มีขนาดของเหรียญใหญ่ที่สุด



รูปที่ 3.10 มุมมองด้านหลังของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

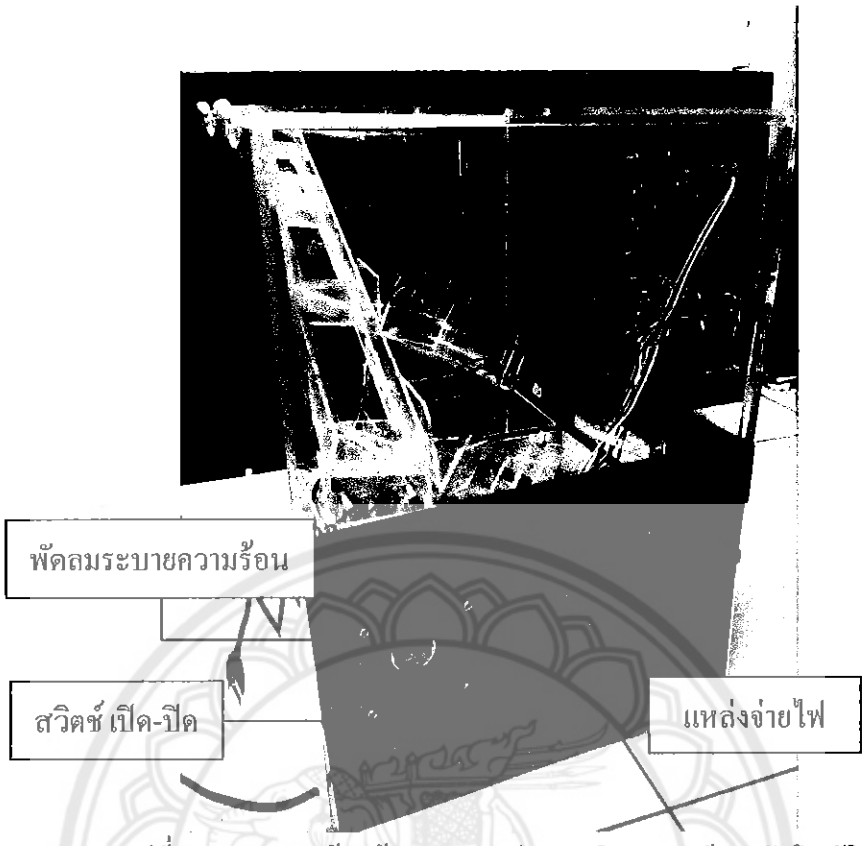
จากรูปที่ 3.10 แสดงด้านข้างของรางแยกเหรียญ เมื่อหยอดเหรียญที่ช่องหยอดเหรียญ เหรียญจะไหลไปตามรางแยกเหรียญ และเหรียญจะหล่นตามขนาดของช่องของเหรียญชนิดนั้นๆ โดยช่องแรกของรางแยกเหรียญคือช่องเหรียญ 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ตามลำดับ

เมื่อเหรียญไหลไปตามรางลำเลียงเหรียญและหล่นแยกตามขนาดของช่องแยกเหรียญชนิดนั้นๆ เหรียญจะร่วงไปยังรางลำเลียงเหรียญอีกหนึ่งชั้นเพื่อลำเลียงเหรียญให้เหรียญไหลผ่านเซ็นเซอร์ที่ทำหน้าที่คอยตรวจนับเหรียญ โดยรางที่ทำหน้าที่ลำเลียงเหรียญผ่านเซ็นเซอร์นั้นแสดงดังรูปที่ 3.11

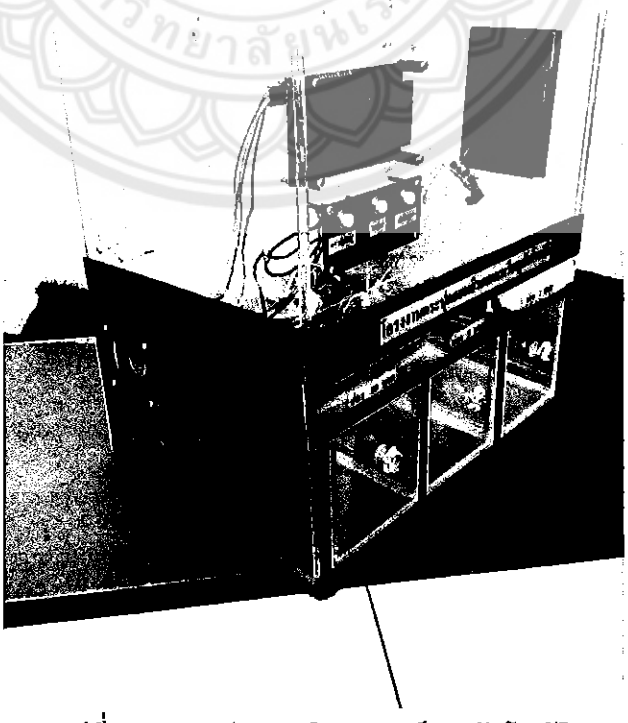


รูปที่ 3.11 รางลำเรียงเหรียญ

จากรูปที่ 3.11 เมื่อเหรียญแยกตามชนิดได้แล้ว เหรียญจะหล่นไปบนรางลำเลียงเหรียญ เมื่อเหรียญหล่นไปบนรางลำเลียงเหรียญแล้ว เหรียญจะไหลไปตามรางลำเลียงและไหลผ่านเซ็นเซอร์ตัวรับรู้ และหล่นไปยังกล่องจำแนกชนิดของเหรียญ



รูปที่ 3.12 มุมมองด้านข้างของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

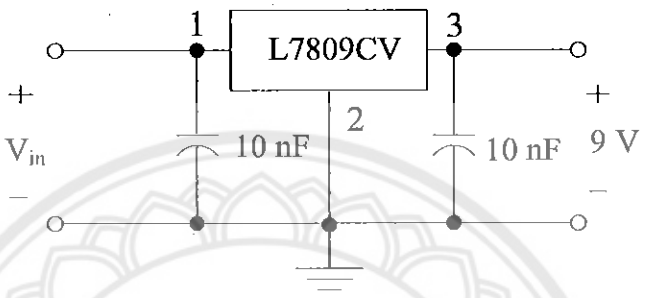


รูปที่ 3.13 กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

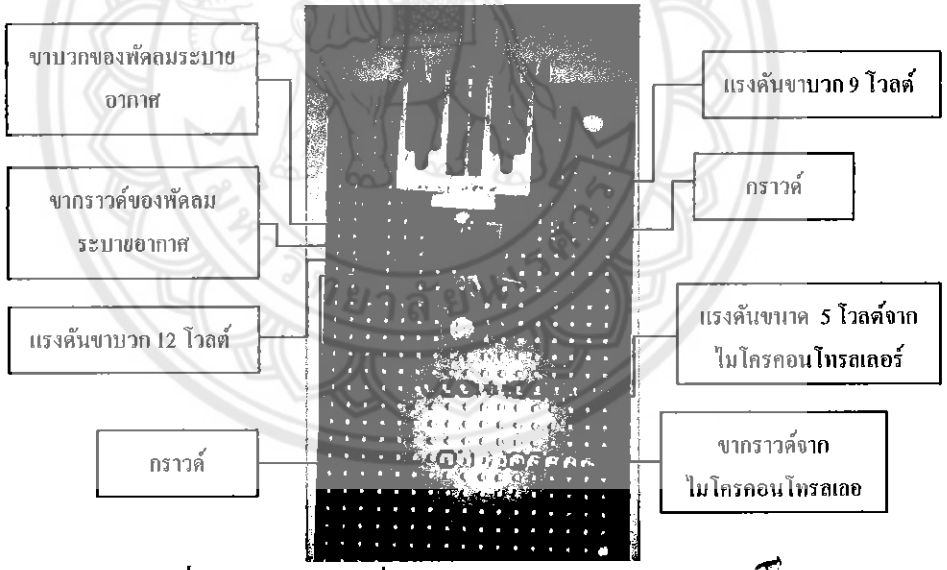
3.3 วงจรคุมค่าแรงดันและวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ

3.3.1 วงจรคุมค่าแรงดัน

ในโครงงานนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้รับแรงดันกระแสตรงขนาด 9 โวลต์ ซึ่งสร้างจากวงจรคุมค่าแรงดัน โดยใช้ไอซีหมายเลข L7809CV ในการควบคุมค่าระดับแรงดัน โดยมีแผนภาพวงจรคุมค่าแรงดันแสดงดังรูปที่ 3.14 และแผงวงจรที่สร้างขึ้นจริงแสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 แผนภาพวงจรคุมค่าแรงดัน



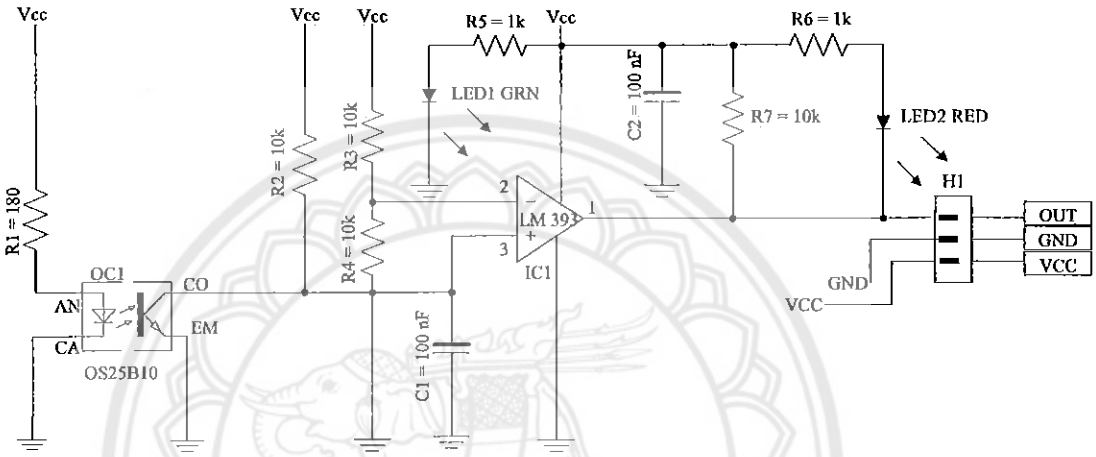
รูปที่ 3.15 แสดงการเชื่อมต่อของแผงวงจรควบคุมค่าแรงดัน

จากรูปที่ 3.15 แสดงการเชื่อมต่อของแผงวงจรควบคุมค่าแรงดัน โดยแรงดันขาบวกขนาด 12 โวลต์ และแรงดันด้านลบทางด้านขวาของวงจรต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจากอะแดปเตอร์ (Adaptor) ขนาด 12 โวลต์ เมื่อแรงดัน 12 โวลต์จากอะแดปเตอร์ถูกจ่ายให้กับแผงวงจรควบคุมแรงดัน ทางด้านซ้ายของวงจรจะถูกลดแรงดันขนาด 12 โวลต์ให้เหลือเพียง 9 โวลต์ และจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 9โวลต์ ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากแรงดันขนาด 12 โวลต์มีปริมาณที่

มาก อาจส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดความร้อนและเสียหายได้ และเพื่อรักษาระดับแรงดันให้เหมาะสมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

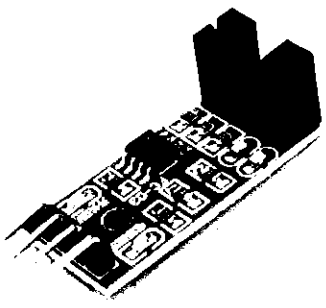
3.3.2 วงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ

การตรวจนับจำนวนเหรียญได้นั้น เหรียญแต่ละชนิดจะถูกตรวจจับด้วยวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 วงจรตรวจนับจำนวนเหรียญ

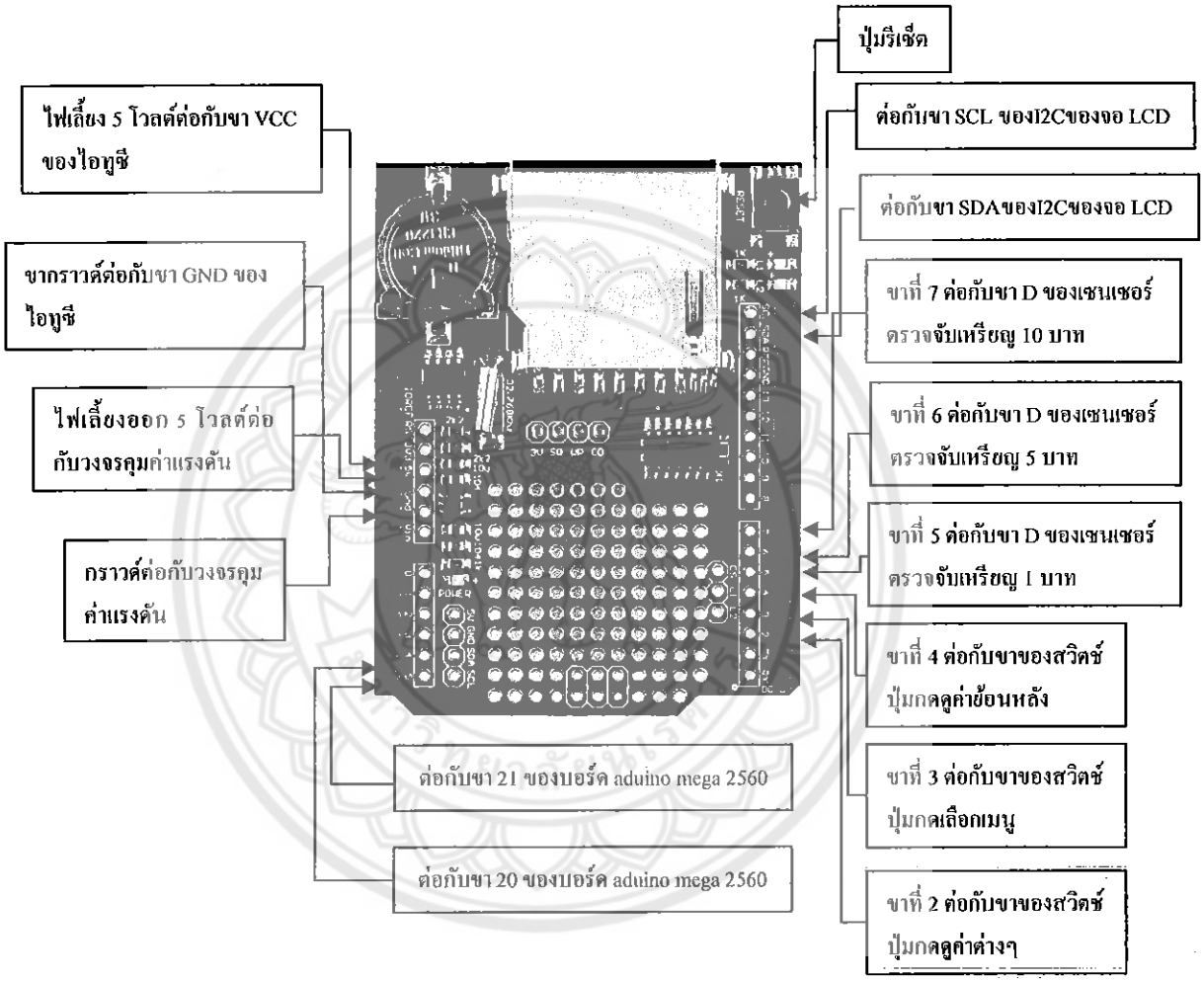
จากรูปที่ 3.16 คือวงจรตรวจนับจำนวนเหรียญโดยใช้ไอซี LM393 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดันที่ด้านเข้าอินพุตทั้ง 2 ข้างของขาไอซีคือขา Non-inverting และขา Inverting โดยขาบวกของออปแอมป์จะต่อกับขา CO ของทรานซิสเตอร์ซึ่งเป็นตัวรับแสงอินฟาเรด ซึ่งเมื่อแสงอินฟาเรดที่ส่องมายังทรานซิสเตอร์ถูกเหรียญตัดผ่านจะทำให้เกิดการเปรียบเทียบแรงดันของออปแอมป์จึงได้สัญญาณเป็นเอาท์พุตออกมาโดยสถานะทางสัญญาณเอาท์พุตที่แตกต่างกันหรือตรงข้ามกันกับตอนที่ยังไม่มีเหรียญตัดผ่านลำแสง โดยโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะได้รับการไบอัสจากแสงอินฟาเรดของอีกด้านหนึ่ง และแสงอินฟาเรดเปรียบเหมือนขาเบส (Base) อีกด้านเป็นขา CO กับ EM



รูปที่ 3.17 เซ็นเซอร์ตรวจนับจำนวนเหรียญ

3.4 ส่วนประมวลผลของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

การทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์ ATmega2560 ในการตรวจนับเหรียญ รวมทั้งคำนวณค่าเงินและค่าจำนวนเหรียญพร้อมทั้งแสดงผลที่จอแอลซีดีและบันทึกข้อมูล โดยการเชื่อมต่อการใช้งานของอุปกรณ์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560 แสดงได้ดังรูปที่ 3.18



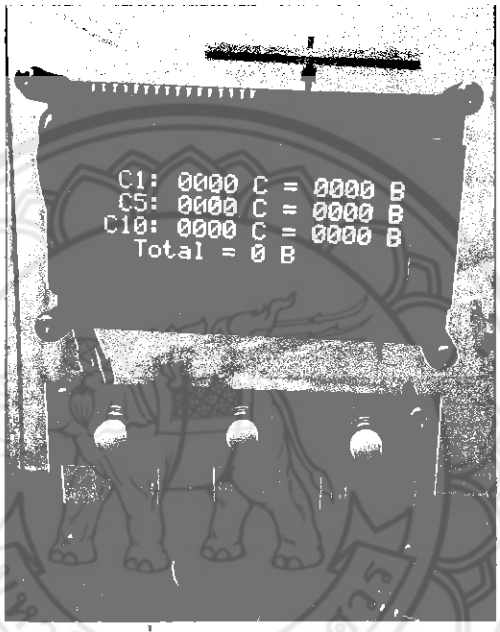
รูปที่ 3.18 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ กับ Data Logger Shield

จากรูปที่ 3.18 แสดงการเชื่อต่อของพอร์ตต่างๆ โดยพอร์ต SCL, SDA, 5V และGND เชื่อมต่อกับไอทูซีที่มาพร้อมกับแอลซีดี ใช้ควบคุมการทำงานของจอแสดงผล ซึ่งมาจากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รับค่ามาจากเซ็นเซอร์ตรวจนับและแสดงผลที่จอแอลซีดี

พอร์ตที่ 2-4 ต่อกับสวิตช์สำหรับรีเซตค่าจำนวนเหรียญและจำนวนเงินชนิด 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ตามลำดับ โดยพอร์ตดังกล่าวคือพอร์ตดิจิตอลที่รับค่าสัญญาณจากสวิตช์ทั้ง 3 สวิตช์ และสามารถใช้ในการเลือกดูค่าข้อมูลย้อนหลังได้

พอร์ตที่ 5-7 ต่อกับขาดิจิตอลของเซ็นเซอร์ตรวจนับจำนวนซึ่งพอร์ตเหล่านี้จะรับค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจนับจำนวนเหรียญ 1 บาท 5 บาทและ 10 บาทตามลำดับ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าสัญญาณจากเซ็นเซอร์ตรวจนับจำนวนเหรียญแล้วนำค่าไปประมวลผลเป็นจำนวนเหรียญหลังจากที่เหรียญผ่านช่องแยกเหรียญจะเคลื่อนที่ตัดผ่านช่องของเซ็นเซอร์ตรวจนับ จากนั้นจะคำนวณเป็นค่าของจำนวนเงินแต่ละเหรียญและแสดงผลที่จอแอลซีดี

3.5 การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

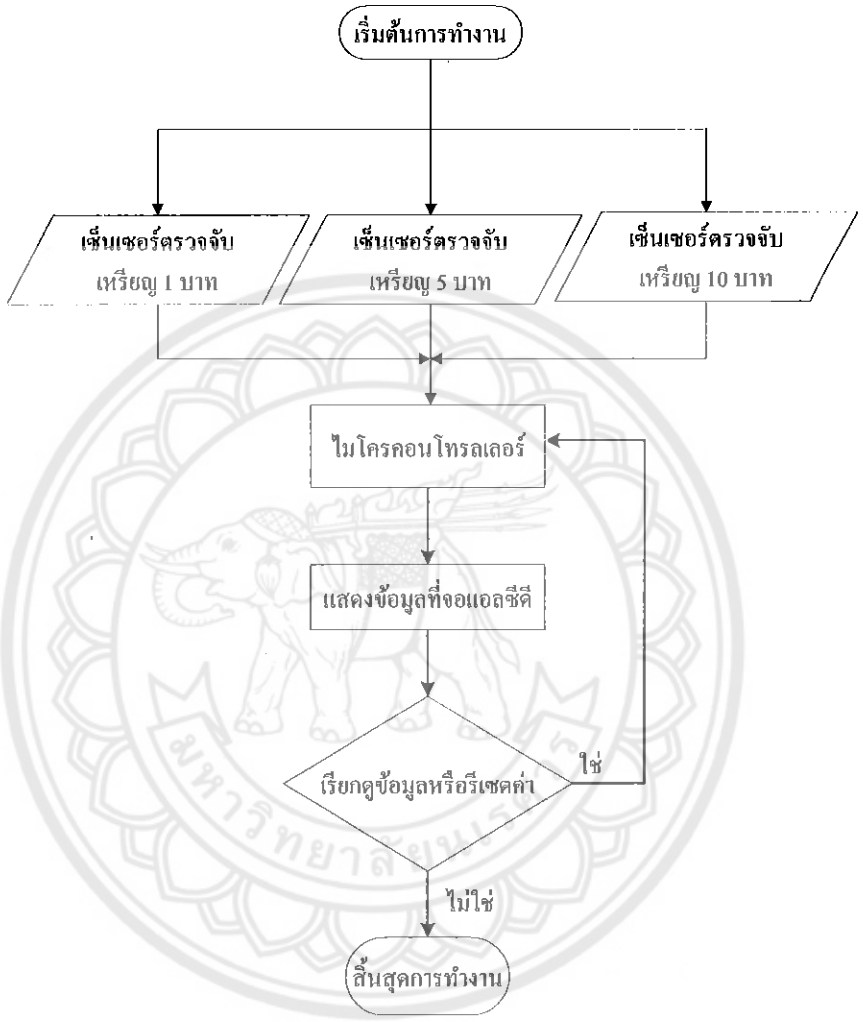


รูปที่ 3.19 หน้าจอแสดงผล

จากรูปที่ 3.19 หลังจากเหรียญทำการแยกเสร็จแล้วเหรียญจะไหลไปตามรางที่มีเซ็นเซอร์ตรวจนับอยู่ที่ปลายรางของเหรียญแต่ละชนิด ผู้ใช้สามารถดูจำนวนเหรียญ จำนวนเงินของเหรียญแต่ละชนิดราคาและสามารถดูจำนวนรวมของเงินเหรียญทั้งหมดที่เครื่องสามารถนับได้บนหน้าจอแอลซีดีโดยหน้าจอแสดงจำนวนเหรียญและจำนวนเงินของเหรียญโดยช่องแรกจะแสดงผลของจำนวนเหรียญที่นับได้และช่องที่ 2 จะแสดงผลของจำนวนเงินที่นับได้และบรรทัดสุดท้ายจะแสดงผลรวมของค่าเงินทั้งหมดของเหรียญชนิด 1 บาท 5 บาท และ 10 บาทตามลำดับ

3.6 ขั้นตอนในการทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

ขั้นตอนในการทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัตินั้นมีแผนภาพที่แสดงขั้นตอนในการดำเนินงานดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.20 มีหลักการทำงานของกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติดังต่อไปนี้

1. เมื่อเปิดเครื่องจอแสดงผลจะไม่มีการแสดงข้อมูลใดออกมาเนื่องจากยังไม่มีการหยอดเหรียญ เมื่อมีการหยอดเหรียญ เหรียญจะไหลไปตามรางแยกเหรียญ และไหลผ่านเซ็นเซอร์ตัวรับรู้ เมื่อเซ็นเซอร์ตัวรับรู้ตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของเหรียญแต่ละชนิดได้ เซ็นเซอร์ตัวรับรู้จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลของค่าเหรียญแต่ละชนิดและแสดงผลที่จอแอลซีดี

2. เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณจากตัวเซ็นเซอร์รับรู้ทั้ง 3 ตัวที่ใช้นับจำนวนเงินและจำนวนเหรียญแต่ละชนิด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลค่าของจำนวนเงินและจำนวนเหรียญของเหรียญแต่ละชนิด และทำการบันทึกข้อมูล

3. เมื่อต้องการรีเซตค่าเหรียญแต่ละชนิด สามารถกดปุ่มเพื่อรีเซตค่าของเหรียญชนิดนั้น โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากสวิตช์ปุ่มกด และทำการรีเซตค่าเหรียญชนิดที่เราต้องการรีเซต และจอแสดงผลจะแสดงข้อมูลของเหรียญชนิดนั้นเป็นศูนย์

4. เมื่อต้องการดูค่าย้อนหลังของเหรียญแต่ละชนิด สามารถกดปุ่มเพื่อดูค่าย้อนหลังได้ โดยสวิตช์ปุ่มกดสำหรับดูค่าย้อนหลังจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลและแสดงข้อมูลค่าย้อนหลังของเหรียญแต่ละชนิดที่เราต้องการเรียกดูในแต่ละวัน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีหลักการทำงานและได้สร้างกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติแล้ว โดยในบทนี้จะเป็นการทดลองการทำงานของสิ่งประดิษฐ์ โดยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

1. การทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญแต่ละชนิด
2. การทดลองความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิด
3. การทดสอบการใช้งานของปุ่มรีเซตค่าของเหรียญแต่ละชนิด
4. การทดสอบการเรียกดูค่าย้อนหลัง 10 วัน

4.1 การทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญแต่ละชนิด

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาความแม่นยำของการแยกเหรียญแต่ละชนิด ทำการทดลองโดยหยอดเหรียญที่ช่องหยอดเหรียญครั้งละ 1 เหรียญ จำนวน 200 เหรียญ ซึ่งทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง โดยนำเหรียญทั้ง 3 ชนิด คือเหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท มาทำการทดลองซึ่งผลการทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 4.1 - ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญชนิด 1 บาท

ครั้งที่	จำนวนเหรียญจริง	จำนวนเหรียญที่แยกได้	จำนวนเหรียญที่คลาดเคลื่อน	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน(%)
1	200	200	0	0
2	200	200	0	0
3	200	200	0	0
4	200	200	0	0
5	200	200	0	0
6	200	200	0	0
7	200	200	0	0
8	200	200	0	0
9	200	200	0	0
10	200	200	0	0
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย				0

จากการทดลองดังตารางที่ 4.1 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการแยกเหรียญชนิด 1 บาทนั้นมีความผิดพลาด 0%

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญชนิด 5 บาท

ครั้งที่	จำนวนเหรียญจริง	จำนวนเหรียญที่แยกได้	จำนวนเหรียญที่คลาดเคลื่อน	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน(%)
1	200	200	0	0
2	200	200	0	0
3	200	200	0	0
4	200	200	0	0
5	200	200	0	0
6	200	200	0	0
7	200	200	0	0
8	200	200	0	0
9	200	200	0	0
10	200	200	0	0
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย				0

จากการทดลองดังตารางที่ 4.2 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการแยกเหรียญชนิด 5 บาทนั้นมีความผิดพลาด 0%

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความแม่นยำของการแยกเหรียญชนิด 10 บาท

ครั้งที่	จำนวนเหรียญจริง	จำนวนเหรียญที่แยกได้	จำนวนเหรียญที่คลาดเคลื่อน	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน(%)
1	200	200	0	0
2	200	200	0	0
3	200	200	0	0
4	200	200	0	0
5	200	200	0	0
6	200	200	0	0
7	200	200	0	0
8	200	200	0	0
9	200	200	0	0
10	200	200	0	0
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย				0

จากการทดลองดังตารางที่ 4.3 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการแยกเหรียญชนิด 10 บาทนั้นมีความผิดพลาด 0%

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองความแม่นยำในการแยกเหรียญเมื่อทำการหยอดเหรียญ เครื่องแยกเหรียญจะทำการแยกเหรียญตามชนิดต่างๆ ซึ่งจากการทดลองความแม่นยำของเครื่องที่ทำการแยกเหรียญแต่ละชนิดนั้นพบว่าเหรียญชนิด 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท สามารถแยกเหรียญแต่ละชนิดได้ 100%

4.2 การทดลองความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิด

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาความแม่นยำของการตรวจนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิด ทำการทดลองโดยหยอดเฉพาะเหรียญชนิด 1 บาท ครั้งละ 1 เหรียญ จนครบ 200 เหรียญ ซึ่งทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง และทำการทดลองแบบเดิม โดยเปลี่ยนเป็นเหรียญชนิด 5 บาทและ 10 บาท โดยผลการทดลองความแม่นยำของการตรวจนับเหรียญแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 4.4 - ตารางที่ 4.6 และทดลองหยอดเหรียญทุกชนิดคละกัน โดยทดลองหยอดครั้งละ 1 เหรียญจนครบ 200 เหรียญ ทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญชนิด 1 บาท

ครั้งที่	จำนวนเหรียญจริง	จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	จำนวนเหรียญที่คลาดเคลื่อน	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
1	200	185	15	7.5
2	200	187	13	6.5
3	200	192	8	4
4	200	189	11	5.5
5	200	191	9	4.5
6	200	185	15	7.5
7	200	188	12	6
8	200	184	16	8
9	200	192	8	4
10	200	186	14	7
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย				6.05

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ (7.5+6.5+4+5.5+4.5+7.5+6+8+4+7)/10 = 6.05%

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญชนิด 5 บาท

ครั้งที่	จำนวนเหรียญจริง	จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	จำนวนเหรียญที่คลาดเคลื่อน	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
1	200	200	0	0
2	200	198	2	1
3	200	199	1	0.5
4	200	200	0	0
5	200	197	3	1.5
6	200	198	2	1
7	200	199	1	0.5
8	200	200	0	0
9	200	197	3	1.5
10	200	200	0	0
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย				0.6

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ (0+1+0.5+0+1.5+1+0.5+0+1.5+0)/10 = 0.6%

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญชนิด 10 บาท

ครั้งที่	จำนวนเหรียญจริง	จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	จำนวนเหรียญที่คลาดเคลื่อน	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
1	200	196	4	2
2	200	193	7	3.5
3	200	193	7	3.5
4	200	195	5	2.5
5	200	194	6	3
6	200	192	8	4
7	200	196	4	2
8	200	194	6	3
9	200	193	7	3.5
10	200	195	5	2.5
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย				2.95

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ (2+3.5+3.5+2.5+3+4+2+3+3.5+2.5)/10 = 2.95%

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหยอดเหรียญแต่ละชนิดแยกกันเพื่อทดสอบการนับ ได้ผลทดสอบความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญแต่ละชนิดดังนี้

1. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญชนิด 1 บาทเมื่อทำการทดลองนับเฉพาะเหรียญชนิด 1 บาทไม่รวมกับเหรียญชนิดอื่นๆเท่ากับ 6.05%
2. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญชนิด 5 บาทเมื่อทำการทดลองนับเฉพาะเหรียญชนิด 5 บาทไม่รวมกับเหรียญชนิดอื่นๆเท่ากับ 0.6%
3. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญชนิด 10 บาทเมื่อทำการทดลองนับเฉพาะเหรียญชนิด 10 บาทไม่รวมกับเหรียญชนิดอื่นๆเท่ากับ 2.95%

จากผลการทดลองพบว่าการตรวจนับเหรียญชนิด 1 บาทมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเนื่องจากรางลำเลียงเหรียญเพราะไม่มีแผ่นกันเพื่อชะลอความเร็วเหรียญทำให้เหรียญไหลผ่าน

เซ็นเซอร์ต่อเนื่องด้วยความเร็ว เซ็นเซอร์จึงไม่สามารถตรวจนับได้ทันและเหรียญอาจไหลติดกันทำให้เซ็นเซอร์ตรวจจับผิดพลาด

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญรวมคละกันทุกชนิด

ครั้งที่	จำนวนเงินจริง (เหรียญ)			จำนวนเหรียญที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี			จำนวนเหรียญที่คลาดเคลื่อน			ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน(%)		
	10	5	1	10	5	1	10	5	1	10	5	1
1	200	200	200	195	198	189	5	2	11	2.5	1	5.5
2	200	200	200	196	198	190	4	2	10	2	1	5
3	200	200	200	194	197	188	6	3	12	3	1.5	6
4	200	200	200	192	199	187	8	1	13	4	0.5	6.5
5	200	200	200	191	197	191	9	3	9	4.5	1.5	4.5
6	200	200	200	192	200	188	8	0	12	4	0	6
7	200	200	200	195	199	186	5	1	14	2.5	0.5	7
8	200	200	200	193	197	185	7	3	15	3.5	1.5	7.5
9	200	200	200	189	198	190	11	2	10	5.5	1	5
10	200	200	200	190	200	187	10	0	13	5	0	6.5
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย										5.45	0.85	3.65

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหยอดเหรียญแต่ละชนิดแยกกันเพื่อทดสอบการนับ ได้ผลทดสอบความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญแต่ละชนิดดังนี้

1. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญชนิด 1 บาทเมื่อทำการทดลองรวมกับเหรียญชนิดอื่นๆเท่ากับ (5.5 + 5 + 6 + 6.5 + 4.5 + 6 + 7 + 7.5 + 5 + 6.5) = 5.45%

2. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญชนิด 5 บาทเมื่อทำการทดลองรวมกับเหรียญชนิดอื่นๆเท่ากับ (1 + 1 + 1.5 + 0.5 + 1.5 + 0 + 0.5 + 1.5 + 1 + 0) = 0.85%

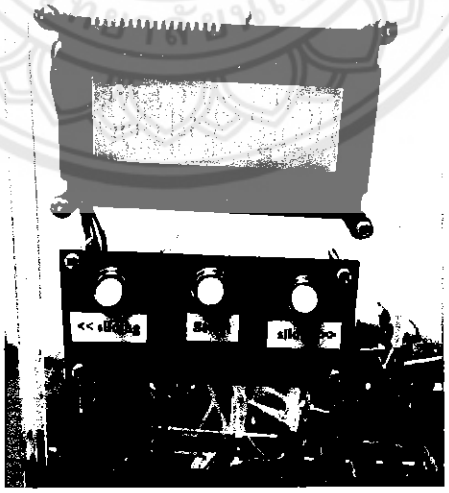
3. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของเหรียญชนิด 10 บาทเมื่อทำการทดลองรวมกับเหรียญชนิดอื่นๆเท่ากับ (2.5 + 2 + 3 + 4 + 4.5 + 4 + 2.5 + 3.5 + 5.5 + 5) = 3.65%

ค่าความคลาดเคลื่อนต่างๆของเหรียญแต่ละชนิดนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนเกิดจากการหยอดเหรียญต่อเนื่องกันด้วยความเร็วเพราะมีแผ่นกั้นเพื่อชะรอความเร็วไม่เพียงพอ ทำให้ตัวเซ็นเซอร์ตรวจนับผิดพลาดและคลาดเคลื่อนจากจำนวนจริงที่ทำการหยอด

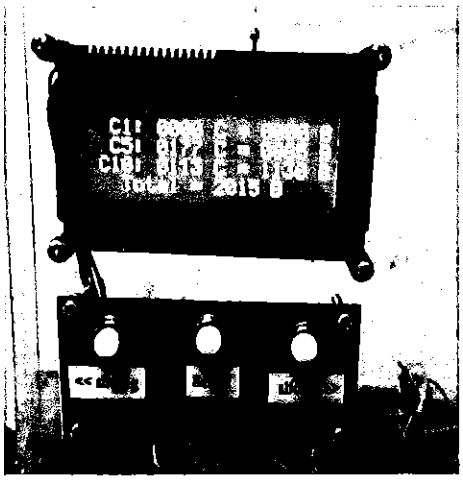
จากผลการทดลองความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญแต่ละชนิดที่ได้ทำการทดสอบ พบว่าเปอร์เซ็นค่าความคลาดเคลื่อนของเหรียญแต่ละชนิดเป็นไปในทางเดียวกันคือเหรียญชนิด 1 บาทมีเปอร์เซ็นค่าวามคลาดเคลื่อนสูงที่สุดเนื่องจากมีแผ่นกั้นเพื่อชะรอความเร็วไม่เพียงพอ ส่งผลให้เซ็นเซอร์ตรวจนับผิดพลาด

4.3 การทดสอบการใช้งานของปุ่มรีเซตค่าของเหรียญแต่ละชนิด

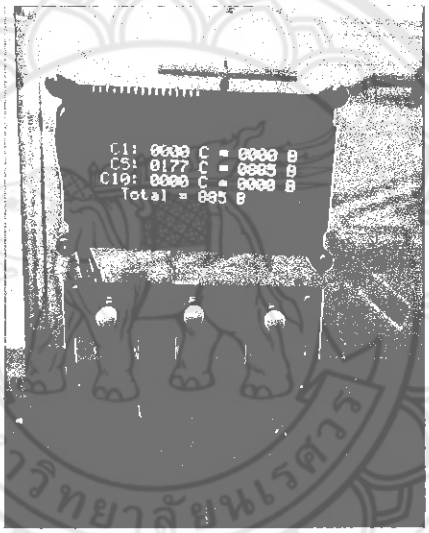
ในการทดสอบนี้เป็นการทดสอบการรีเซตค่าของเหรียญแต่ละชนิด ทำได้โดยการกดปุ่มเพื่อเลือกรีเซตค่าของเหรียญชนิดนั้นๆตามที่เราต้องการ เมื่อเหรียญชนิดนั้นถูกรีเซต ค่าของจำนวนเงินและจำนวนเหรียญที่เราทำการรีเซตจะเป็นศูนย์ แล้วดูผลการทดลองว่าสามารถทำงานได้หรือไม่



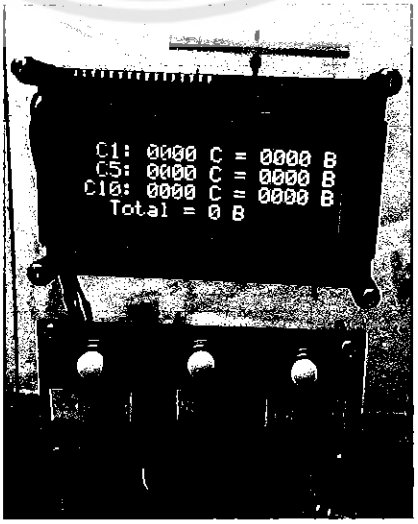
รูปที่ 4.1 แสดงจำนวนเงินที่ทำการทดลองหยอดเหรียญ



รูปที่ 4.2 แสดงจำนวนเงินชนิด 1 บาท ที่ถูกรีเซตค่า



รูปที่ 4.3 แสดงจำนวนเงินชนิด 10 บาท ที่ถูกรีเซตค่า



รูปที่ 4.4 แสดงจำนวนเงินชนิด 5 บาท ที่ถูกรีเซตค่า

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองกดปุ่มรีเซตค่าของเหรียญแต่ละชนิด พบว่าสามารถทำงานได้ตามปกติโดยค่าของเหรียญแต่ละชนิด เมื่อถูกรีเซตแล้วจะเป็นศูนย์ จึงทำให้ผลรวมของค่าเงินทั้งหมดลดลงตามที่เราทำการรีเซตค่าของเหรียญชนิดนั้นๆ

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทำงานของปุ่มรีเซตค่า

ปุ่มรีเซตค่าของเหรียญชนิด (บาท)	ผลรีเซตค่า	
	ได้	ไม่ได้
1	✓	
5	✓	
10	✓	

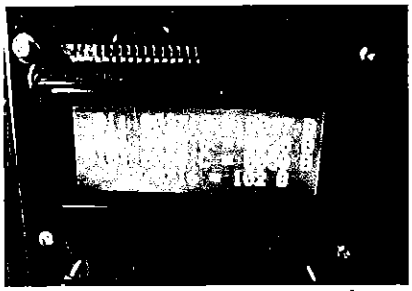
จากผลการทดสอบปุ่มรีเซตค่าของเหรียญแต่ละชนิดสามารถรีเซตค่าของเหรียญได้ตามปกติ

4.4 การทดสอบการเรียกดูค่าย้อนหลัง 10 วัน

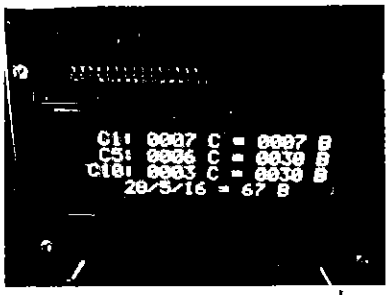
ในการทดสอบนี้เป็นการทดสอบการดูข้อมูลของจำนวนเงินและจำนวนเหรียญของแต่ละชนิดย้อนหลังจำนวน 10 วัน ซึ่งสามารถทำได้โดยการกดสวิตช์เพื่อดูข้อมูลย้อนหลัง โดยข้อมูลต่างๆจะแสดงที่หน้าจอแอลซีดี แล้วดูผลการทดสอบว่าสามารถแสดงข้อมูลที่หน้าจอแอลซีดีได้ถูกต้องหรือไม่

ตารางที่ 4.9 แสดงจำนวนเหรียญที่ได้หยอดทั้งหมด 15 วัน

วันที่	จำนวนเหรียญ			จำนวนเงิน			ผลรวม
	1	5	10	1	5	10	
1 (2/6/16)	3	2	3	3	10	30	43
2 (1/6/16)	0	0	5	0	0	50	50
3 (31/5/16)	9	7	3	9	35	30	74
4 (30/5/16)	12	8	5	12	40	50	102
5 (29/5/16)	27	5	5	27	25	50	102
6 (28/5/16)	7	6	3	7	30	30	67
7 (27/5/16)	8	2	3	8	10	30	48
8 (26/5/16)	16	4	2	16	20	20	56
9 (25/5/16)	4	7	6	4	35	60	99
10 (24/5/16)	8	5	5	8	25	50	83
11 (23/5/16)	3	6	3	3	30	3	63
12 (22/5/16)	15	2	1	15	10	10	35
13 (21/5/16)	13	3	6	13	15	60	88
14 (20/5/16)	6	3	2	6	15	20	41
15 (19/5/16)	7	6	4	7	30	40	77

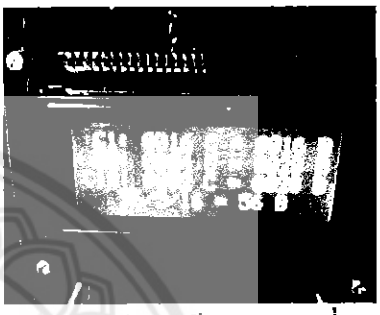


ก) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 1

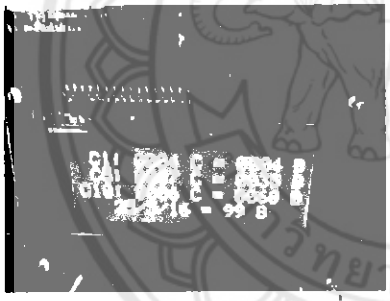


ข) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 2

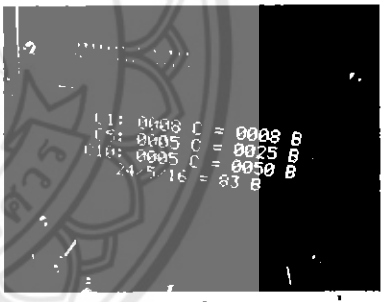
ค) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 3



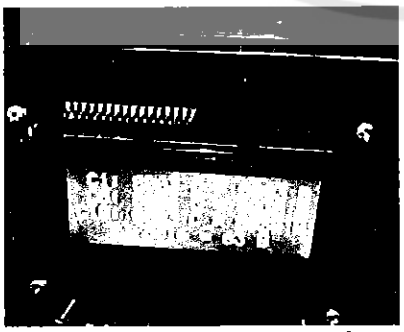
ง) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 4



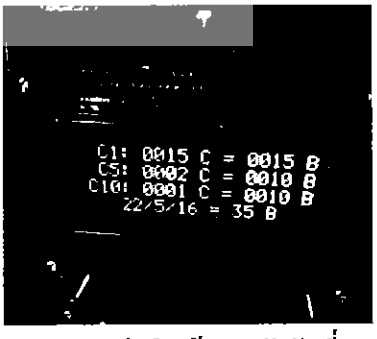
จ) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 5



ฉ) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 6



ช) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 7



ซ) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 8

ฌ) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 9

ญ) แสดงค่าเงินย้อนหลังวันที่ 10

รูปที่ 4.5 แสดงค่าย้อนหลังของจำนวนเหรียญและจำนวนเงิน 10 วัน

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.5 ก) – ญ) เมื่อทำการกดสวิตช์เพื่อดูค่าย้อนหลัง พบว่าสามารถดูค่าย้อนหลังได้ตามปกติและค่าของเหรียญแต่ละชนิดที่แสดงบนจอแอลซีดีนั้นสามารถแสดงค่าได้อย่างถูกต้องตามจำนวนที่เราได้หยอดในแต่ละวัน โดยการดูค่าย้อนหลังเราสามารถกดปุ่มเพื่อดูข้อมูลย้อนหลังจากปุ่มทางด้านซ้ายมือสุดและปุ่มทางด้านขวามือสุด โดยปุ่มกดทางด้านซ้ายมือจะเป็นตัวเลือกสำหรับการเรียกดูข้อมูลย้อนหลังลงจนถึงวันที่ 10 และปุ่มทางด้านขวามือสุดจะทำหน้าที่สำหรับการเรียกดูข้อมูลขึ้นมาจนถึงวันปัจจุบัน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผล และชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา และให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไปดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบและทำการสร้างกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ ที่ช่วยในการจำแนกเหรียญ นับจำนวนเหรียญและคำนวณค่าเงินที่นับได้ โดยสรุปผลการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ ส่วนคัดแยกเหรียญประกอบด้วย รางลำเลียงเหรียญ ช่องแยกเหรียญ ช่องลำเลียงเหรียญ และกล่องใส่เหรียญ จากการทดลองพบว่าตัวเครื่องสามารถแยกเหรียญชนิด 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท ได้อย่างแม่นยำ

ส่วนที่ 2 คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับโดยมีหน้าที่ตรวจจับเหรียญที่เคลื่อนที่ผ่านรางลำเลียงไปยังช่องเซ็นเซอร์ตรวจจับเหรียญ และส่งสัญญาณไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จากการทดลองความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเหรียญ จะพบว่าการตรวจนับสามารถอ่านจากจอแสดงผลของสิ่งประดิษฐ์ โดยพบว่ามีความคลาดเคลื่อนไปบ้างเล็กน้อย

ส่วนที่ 3 คือ ส่วนแสดงผลข้อมูลของเหรียญแต่ละชนิด เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลแล้วทำการแสดงค่าบนหน้าจอแอลซีดี สามารถแสดงค่าได้ตามปกติอย่างถูกต้อง

ส่วนที่ 4 คือ ปุ่มรีเซตค่าและการดูค่าย้อนหลัง เมื่อมีการกดปุ่มรีเซตค่าเหรียญชนิดนั้นๆ หรือเรียกดูข้อมูลย้อนหลังไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลและแสดงข้อมูลต่างๆที่จอแอลซีดี ซึ่งสามารถประมวลผลและแสดงค่าได้ตามปกติอย่างถูกต้อง

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. โครงสร้างที่ใช้ในการทำกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติเป็นแผ่นอะคริลิคที่มีความหนาจึงทำให้กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก จึงมีปัญหาเรื่องการติดตั้ง และการขนย้าย วิธีการแก้ไขคือเปลี่ยนไปใช้อะคริลิคที่มีความบางกว่า และใช้วัสดุที่มีความคงทนกว่าและลดขนาดของสิ่งประดิษฐ์

2. โมดูลเซ็นเซอร์ที่ทำการตรวจจับ มีขนาดช่องตรวจจับที่เล็กมากซึ่งอาจเป็นปัญหาในการออกแบบสำหรับรางลำเลียงเหรียญ และวิธีการที่ทำให้เหรียญไหลผ่านเซ็นเซอร์และการตรวจจับสำ

สำหรับตัวเครื่องกระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ ควรใช้เซ็นเซอร์ที่มีขนาดช่องกว้างกว่าเดิม

3. จอแสดงผลแอลซีดีเป็นอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อการกระแทกซึ่งอาจส่งผลให้จอแอลซีดีเสียได้ ซึ่งเราสามารถใช้ส่วนแสดงผลที่เป็นตัวอักษรหรือตัวเลขอเนกประสงค์(7-segment) นำมาแสดงผลแทนจอแอลซีดี

4. เมื่อหยอดเหรียญ เหรียญจะไหลด้วยความเร็วเนื่องจากมีแผ่นกันเพื่อชะรอความเร็วเหรียญไม่เพียงพอ เซ็นเซอร์จะนับจำนวนเหรียญที่ไหลผ่านได้ไม่ถูกต้องจึงทำให้เซ็นเซอร์ตรวจจับผิดพลาดได้ จึงควรเพิ่มแผ่นกันเพื่อชะรอความเร็วเหรียญ

5. เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน่วยความจำ (EEPROM) เพียง 4 Kbytes ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ aduino mega 2560 โดยในโครงงานนี้ใน 1 วันสามารถบันทึกข้อมูลได้ 5 bytes ซึ่งจะสามารถบันทึกข้อมูลได้ทั้งหมด 800 วัน โดยถ้าต้องให้มีการจัดเก็บข้อมูลมากกว่านี้ สามารถใช้หน่วยความจำจากภายนอกคือ SD Card ได้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. ปรับปรุงให้กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติมีขนาดเล็กลงเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

2. ติดตั้งระบบส่งเสียงไว้ที่กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติ เพื่อที่จะให้สามารถรับรู้ยอดเงินต่างๆที่ต้องการรู้ได้ผ่านระบบส่งเสียง

3. การเพิ่มให้กระปุกออมสินแยกเหรียญอัตโนมัติมีการตรวจจับเหรียญปลอมและตรวจจับเหรียญชนิดต่างๆที่เราไม่ต้องการ

4. การเพิ่มให้กระปุกออมสินสามารถสามารถจัดเก็บและตรวจสอบธนบัตรชนิดต่างๆ

5. การเพิ่มระบบปลดล็อกกล่องใส่เหรียญโดยใส่รหัสผ่านเพื่อป้องกันการขโมยเหรียญจากบุคคลภายนอก

เอกสารอ้างอิง

[1] http://teen.mthai.com/variety/86594.html, " เรื่องน่ารู้ สัญลักษณ์บนเหรียญของไทย" , สืบค้นเมื่อ 25 กันยายายน 2558.

[2] http://www.thaieasyelec.com, บริษัท ไทยอีซี่อิเล็ก จำกัด "Microcontroller ตระกูล AVR" ,สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2558.

[3] http://www.thaieasyelec.com/ ,บริษัท ไทยอีซี่อิเล็ก จำกัด " การใช้งาน Character LCD Display กับ Arduino ", สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2558.

[4] http://signal.rta.mi.th/smpd/smpdsf/Interest/Magazine/training.html, สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2558.

[5] www.โฟโต้สวิตช์.net, บริษัท สุพรีมไลนส์ จำกัด ,"โฟโต้สวิตช์ โฟโต้เซนเซอร์" ,สืบค้นเมื่อ 1 มกราคม 2559

[6] http://www.ayarafun.com/2011/04/arduino-tutorial-3-digital-input-and-debounce/"Arduino Tutorial 3 : Digital input ,Debounce", สืบค้นเมื่อ 3 กุมพาพันธ์ 2559

[7] www.eleccircuit.com/9-volt-2-amp-power-supply-by-78s09, สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2559

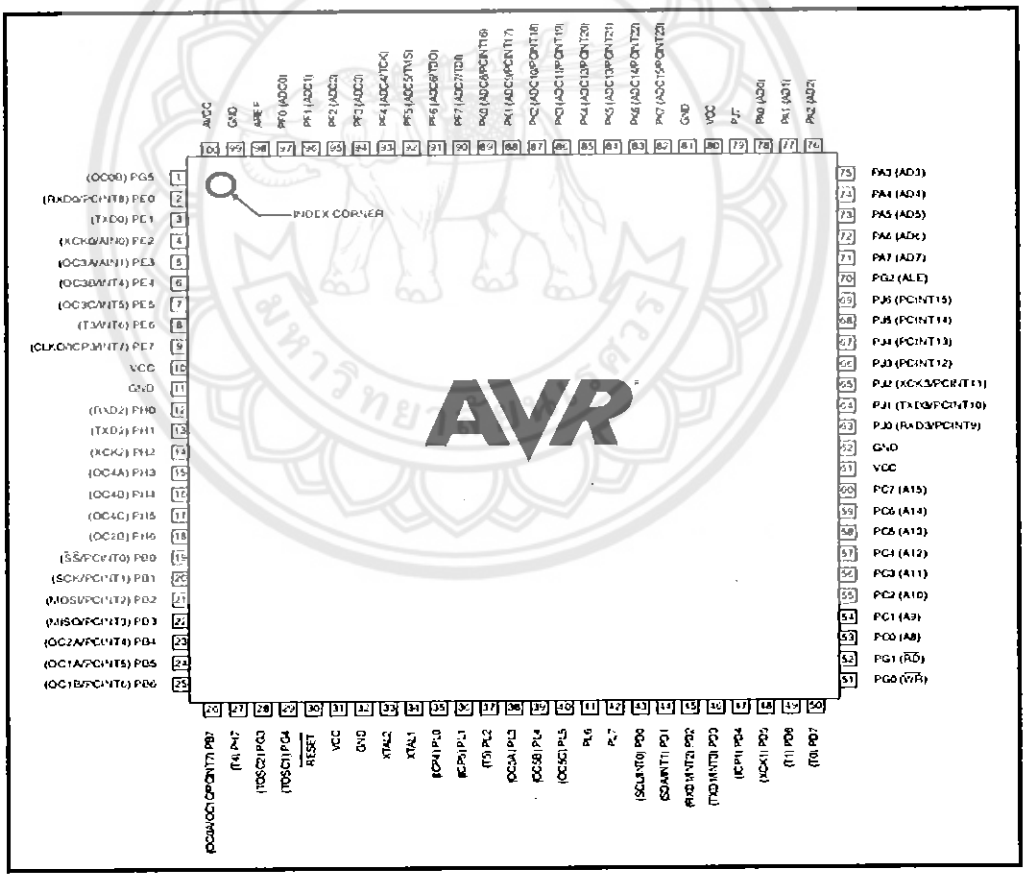
ภาคผนวก ก

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 ข

รายละเอียดของข้อมูลของจอแสดงผล

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Item	Symbol	Standard Value			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
Supply Voltage for Logic	V_{DD}-	0	—	7.0	V
Supply Voltage for LCD Driver	V_{DD}-V_{EE}	—	—	13.5	V
Input Voltage	V_I	V_{SS}	—	V_{DD}	V
Operature Temp.	Topr	0	—	50	°C
Storage Temp.	Tstg	-20	—	70	°C

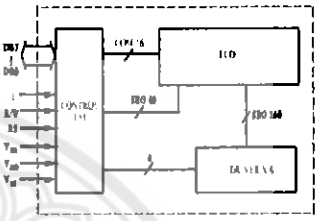
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (REFLECTIVE TYPE)

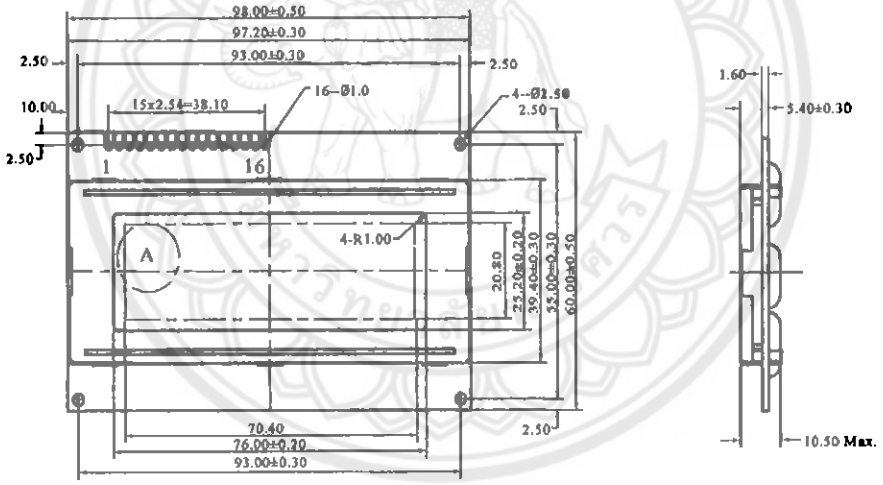
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input "High" Voltage	V_{IH}	—	2.2	—	V_{EE}	V
Input "Low" Voltage	V_{IL}	—	—	—	0.6	V
Output "High" Voltage	V_{OH}	I_{OH}=0.2mA	2.2	—	—	V
Output "Low" Voltage	V_{OL}	I_{OL}=1.2mA	—	—	0.4	V
Supply Current	I_{DD}	V_{DD}=5.0A	—	2.5	4.0	mA

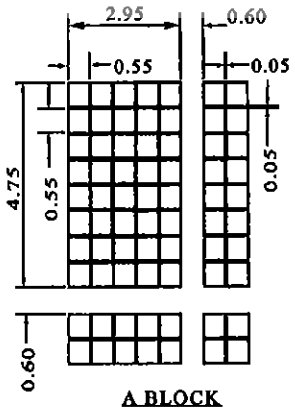
PIN FUNCTIONS

No	Symbol	Function	No	Symbol	Function
1	V_{SS}	GND, 0V	10	DB3	Data Bus
2	V_{DD}	+5V	11	DB4	—
3	V_{EE}	for LCD Drive	12	DB5	—
4	RS	Function Select	13	DB6	—
5	R/W	Read Write	14	DB7	—
6	E	Enable Signal	15	LEDA	LED Power Supply
7-9	DB0-DB2	Data Bus Line	16	LEDA	

BLOCK DIAGRAM

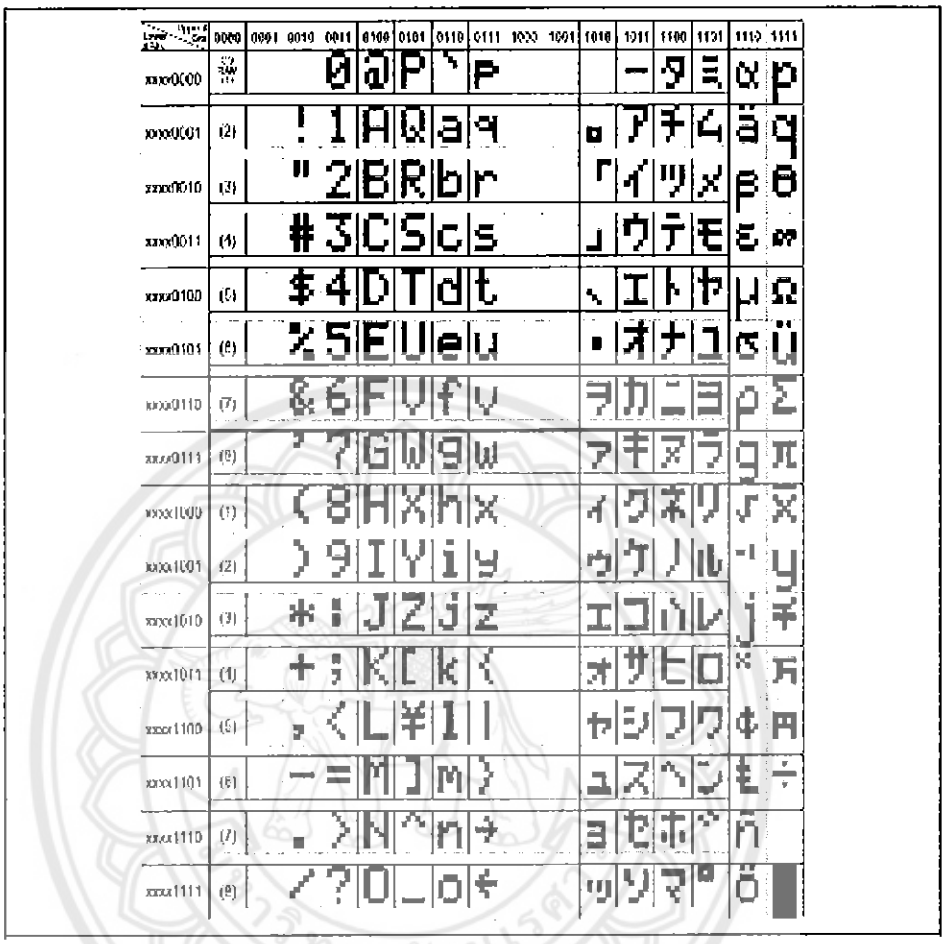






A BLOCK

Table 4 Correspondence between Character Codes and Character Patterns (ROM Code: A00)



Note: The user can specify any pattern for character-generator RAM.

ภาคผนวก ค

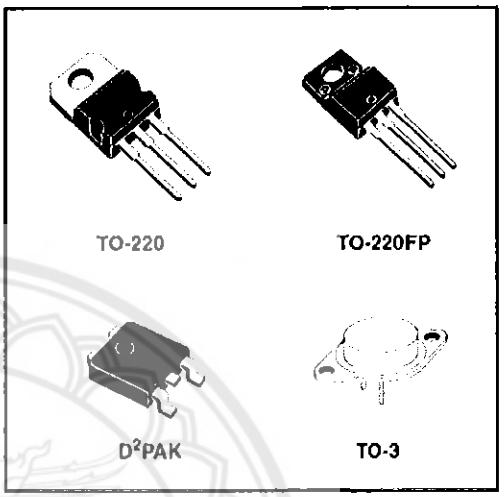
รายละเอียดของตัวคุมค่าแรงดันหมายเลข L7809CV

L7800 series

Positive voltage regulators

Feature summary

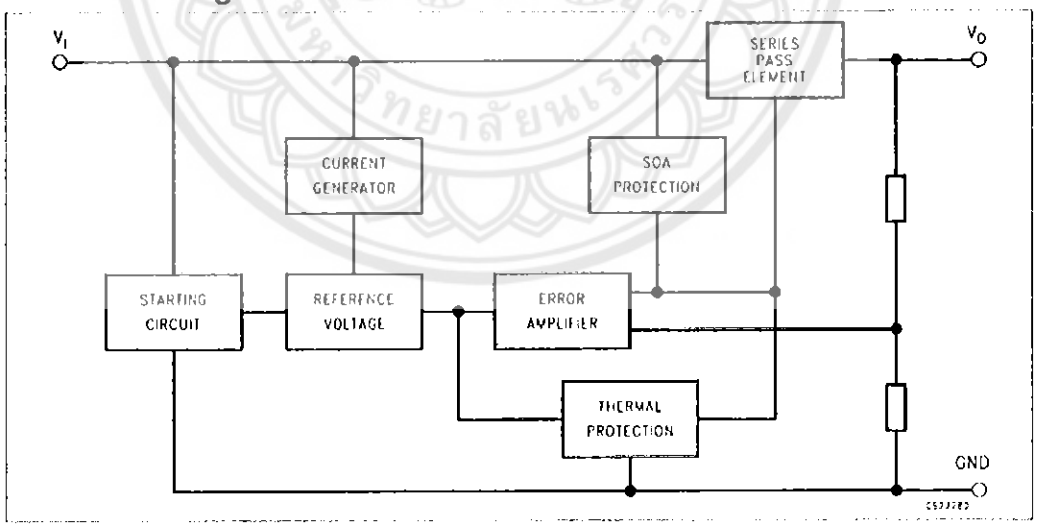
- Output current to 1.5A
- Output voltages of 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 24V
- Thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transition SOA protection



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



www.st.com

1 Pin configuration

Figure 1. Pin connections (top view)

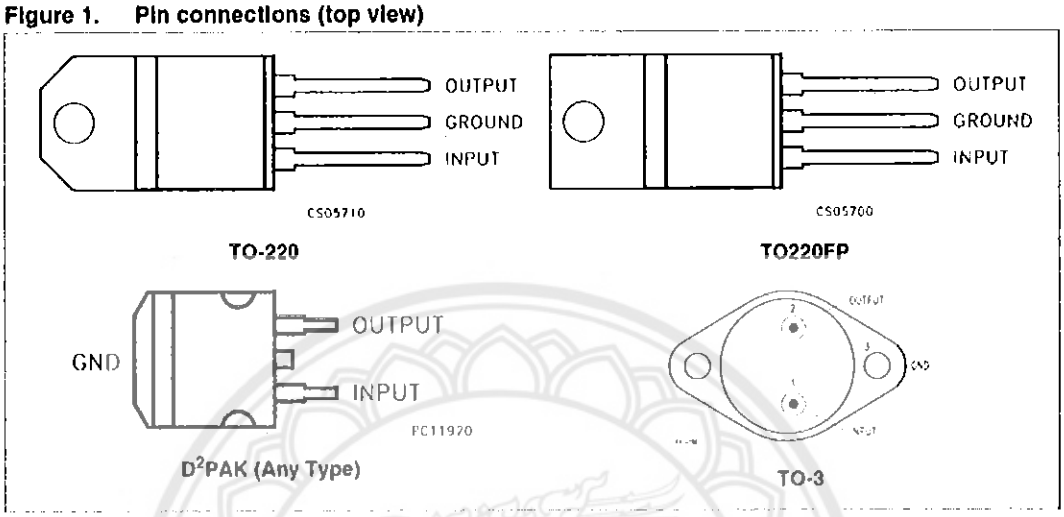
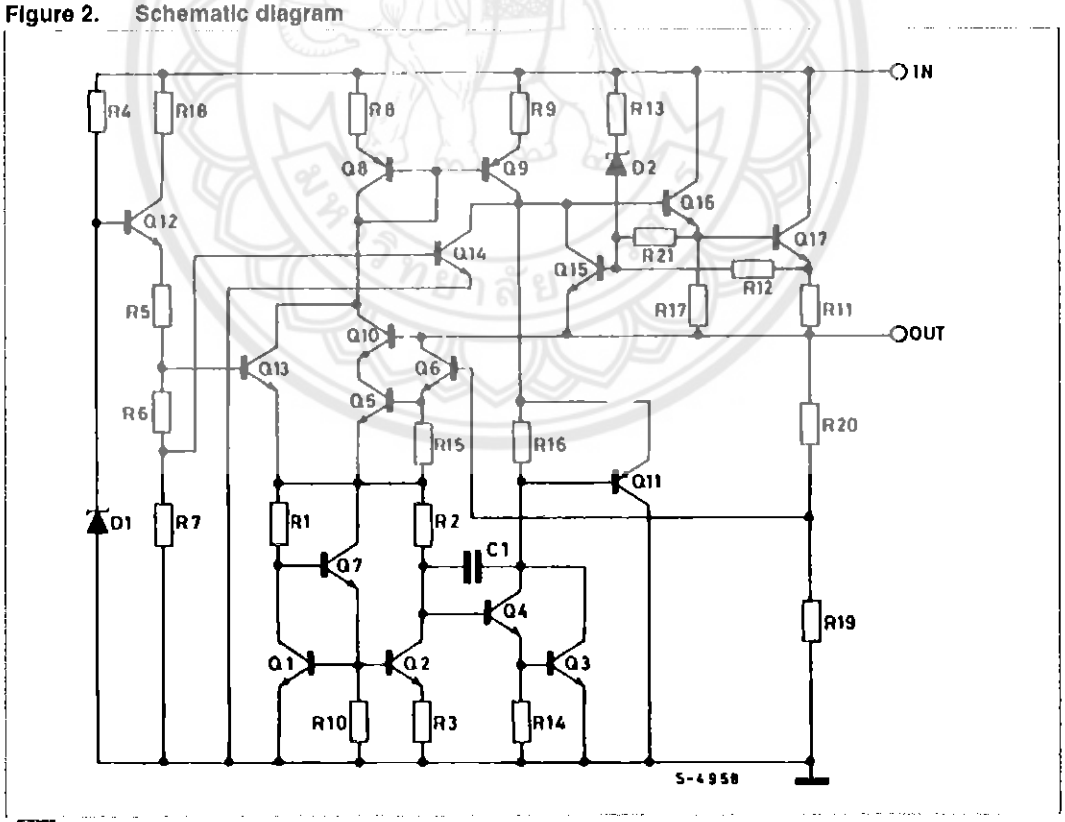


Figure 2. Schematic diagram



2 Maximum ratings

Table 1. Absolute maximum ratings

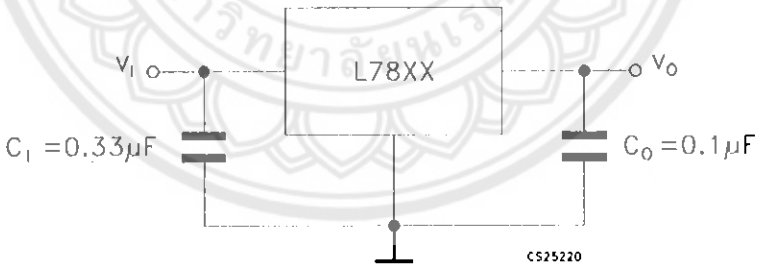
Symbol	Parameter		Value	Unit
V_I	DC Input voltage	for V_O= 5 to 18V	35	V
		for V_O= 20, 24V	40	
I_O	Output current		Internally Limited	
P_D	Power dissipation		Internally Limited	
T_{STG}	Storage temperature range		-65 to 150	°C
T_{OP}	Operating junction temperature range	for L7800	-55 to 150	°C
		for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

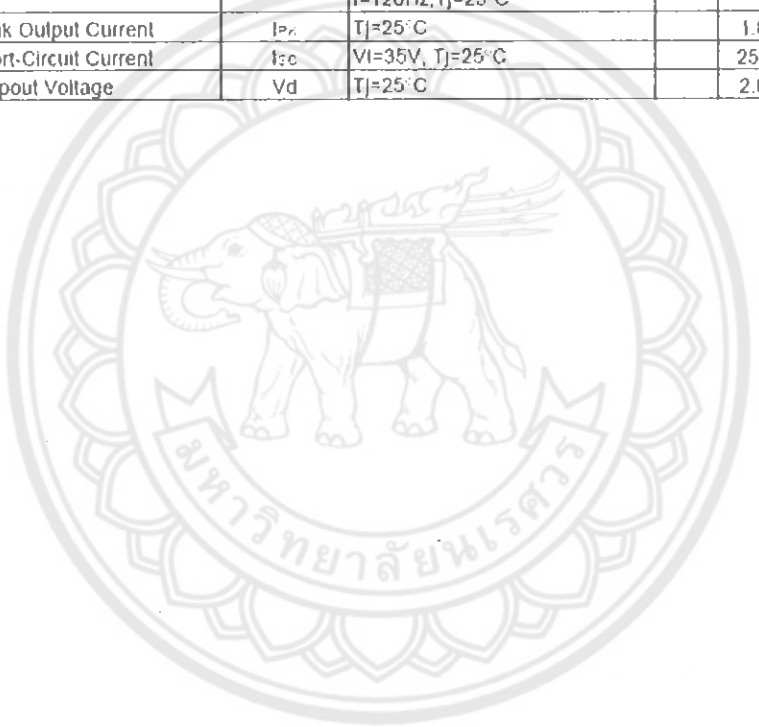
Figure 3. Application circuits



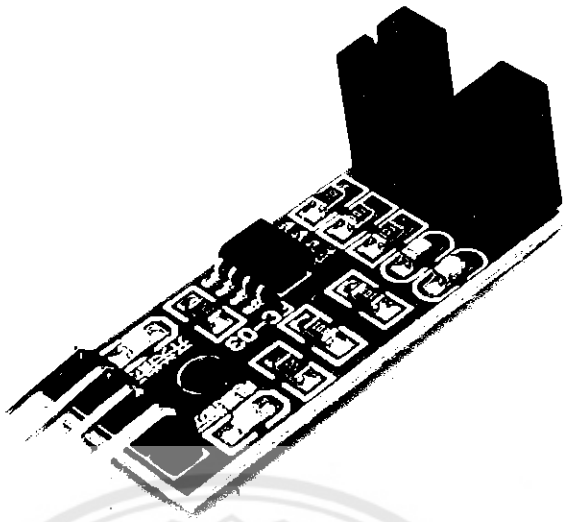
UTC LM7809 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VI=15V, Io=0.5A, TJ= 0°C - 125°C, C1=0.33uF, Co=0.1uF, unless otherwise specified)(Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	Vo	TJ=25°C, Io=5mA - 1.0A	8.64	9.0	9.36	V
		VI = 11.5V to 24V, Io=5mA - 1.0A,PD<15W	8.55		9.45	V
Load Regulation	ΔVo	TJ=25°C,Io=5mA - 1.5A			90	mV
		TJ=25°C,Io=0.25A - 0.75A			45	mV
Line regulation	ΔVo	VI = 11.5V to 25 V, TJ=25°C, PD<15W			90	mV
		VI = 11.5V to 24V,TJ=25°C, Io<=1A			90	mV
Quiescent Current	Iq	TJ=25°C, Io=<1A			8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔIq	VI = 11.5V to 24V			1.0	mA
	ΔIq	Io=5mA – 1.0A			0.5	mA
Output Noise Voltage	VN	10Hz<=f<=100kHz		58		μV
Temperature coefficient of Vo	ΔVo/ΔT	Io=5mA		-1.1		mV/°C
Ripple Rejection	RR	VI = 12.5V to 22.5V, f=120Hz,Tj=25°C	56	72		dB
Peak Output Current	IPK	TJ=25°C		1.8		A
Short-Circuit Current	Isc	VI=35V, TJ=25°C		250		mA
Dropout Voltage	Vd	TJ=25°C		2.0		V



ภาคผนวก ง
รายละเอียดข้อมูลของเซ็นเซอร์แสง



<u>คุณสมบัติ</u>ทางเทคนิค

- 1x Electric Photo Speed Measuring Detecting Countig Sensor module
- แรงดันไฟเลี้ยง 3.3-5.0 Vdc
- เอาท์พุตมีสองแบบ คือ แบบดิจิตอล (DO) และ แบบอนาลอก (AO)
- ใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM393
- มีไฟแสดงสถานะแหล่งจ่าย และสถานะเมื่อเซ็นเซอร์ทำงาน
- มีช่องว่างสำหรับอุปกรณ์ ในการตัดผ่าน 5 มิลลิเมตร

ภาคผนวก จ

รายละเอียดข้อมูลของ LM393

Order this document by LM393/D

MOTOROLA

LM393, LM393A, LM293, LM2903, LM2903V

Low Offset Voltage Dual Comparators

SINGLE SUPPLY, LOW POWER DUAL COMPARATORS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

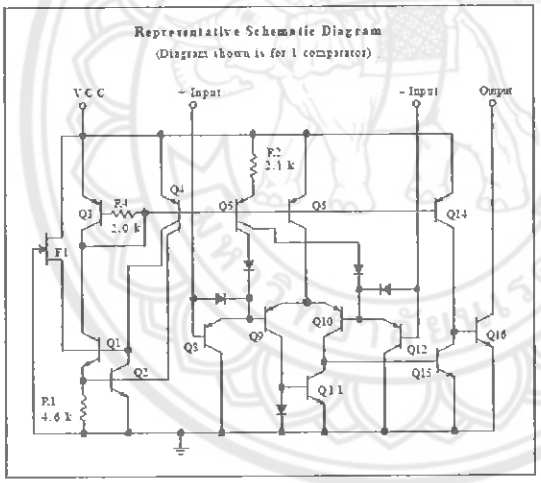
The LM393 series are dual independent precision voltage comparators capable of single or split supply operation. These devices are designed to permit a common mode range–to–ground level with single supply operation. Input offset voltage specifications as low as 2.0 mV make this device an excellent selection for many applications in consumer automotive, and industrial electronics.

- Wide Single–Supply Range: 2.0 Vdc to 36 Vdc
- Split–Supply Range: ±1.0 Vdc to ±18 Vdc
- Very Low Current Drain Independent of Supply Voltage: 0.4 mA
- Low Input Bias Current: 25 nA
- Low Input Offset Current: 5.0 nA
- Low Input Offset Voltage: 2.0 mV (max) LM393A
  5.0 mV (max) LM293 393
- Input Common Mode Range to Ground Level
- Differential Input Voltage Range Equal to Power Supply Voltage
- Output Voltage Compatible with DTL, ECL, TTL, MOS, and CMOS Logic Levels
- ESD Clamps on the Inputs Increase the Ruggedness of the Device without Affecting Performance

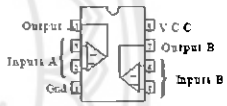
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO–8)

Representative Schematic Diagram
(Diagram shown is for 1 comparator)



PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM293D	TA = –25° to +85°C	SO–8
LM393D	TA = 0° to +70°C	SO–8
LM393AN,N		Plastic DIP
LM2903D	TA = –40° to +105°C	SO–8
LM2903N		Plastic DIP
LM2903VD	TA = –40° to +105°C	SO–8
LM2903VN		Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	VCC	+36 or ±18	Vdc
Input Differential Voltage Range	VIDR	36	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	VICR	−0.3 to +36	Vdc
Output Short Circuit−to−Ground Output Sink Current (Note 1)	ISC ISink	Continuous 20	mA
Power Dissipation @ TA = 25°C Derate above 25 °C	PD 1/RθJA	570 5.7	mW mW/°C
Operating Ambient Temperature Range LM293 LM393, 393A LM2903 LM2903V	TA	 −25 to +85 0 to +70 −40 to +105 −40 to +125	°C
Maximum Operating Junction Temperature LM393, 393A, 2903, LM2903V LM293	TJ(max)	 125 150	°C
Storage Temperature Range	Tstg	−65 to +150	°C

Characteristic	Symbol	LM393A			Unit
		Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 2) TA = 25°C Tlow ≤ TA ≤ Thigh	VIO	 – –	 ±1.0 –	 ±2.0 4.0	mV
Input Offset Current TA = 25°C Tlow ≤ TA ≤ Thigh	IIO	 – –	 ±50 –	 ±50 ±150	nA
Input Bias Current (Note 3) TA = 25°C Tlow ≤ TA ≤ Thigh	IIB	 – –	 25 –	 250 400	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 4) TA = 25°C Tlow ≤ TA ≤ Thigh	VICR	 0 0	 – –	 VCC −1.5 VCC −2.0	V
Voltage Gain RL ≥ 15 kΩ, VCC = 15 Vdc, TA = 25°C	AVOL	50	200	–	V/mV
Large Signal Response Time Vin = TTL Logic Swing, Vref = 1.4 Vdc VRL = 5.0 Vdc, RL = 5.1 kΩ, TA = 25°C	–	–	300	–	ns
Response Time (Note 5) VRL = 5.0 Vdc, RL = 5.1 kΩ, TA = 25°C	tTLH	–	1.3	–	μs
Input Differential Voltage (Note 6) All Vin ≥ Gnd or V− Supply (if used)	VID	–	–	VCC	V
Output Sink Current Vin− ≥ 1.0 Vdc, Vin+ = 0 Vdc, VO ≤ 1.5 Vdc, TA = 25°C	ISink	6.0	16	–	mA
Output Saturation Voltage Vin− ≥ 1.0 Vdc, Vin+ = 0 Vdc, ISink ≤ 4.0 mA, TA = 25°C Tlow ≤ TA ≤ Thigh	VOL	 – –	 150 –	 400 700	mV

*Tlow = 0°C, Thigh = +70°C for LM393/393A

Order this document by LM393/D

MOTOROLA

LM393, LM393A, LM293, LM2903, LM2903V

Low Offset Voltage Dual Comparators

SINGLE SUPPLY, LOW POWER DUAL COMPARATORS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

The LM393 series are dual independent precision voltage comparators capable of single or split supply operation. These devices are designed to permit a common mode range–to–ground level with single supply operation. Input offset voltage specifications as low as 2.0 mV make this device an excellent selection for many applications in consumer automotive, and industrial electronics.

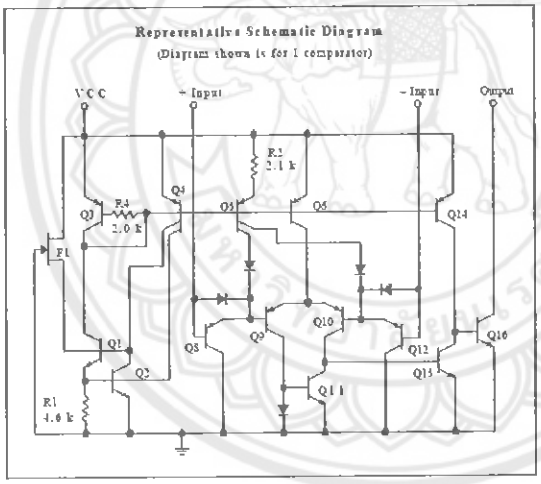
- Wide Single–Supply Range: 2.0 Vdc to 36 Vdc
- Split–Supply Range: ±1.0 Vdc to ±18 Vdc
- Very Low Current Drain Independent of Supply Voltage: 0.4 mA
- Low Input Bias Current: 25 nA
- Low Input Offset Current: 5.0 nA
- Low Input Offset Voltage: 2.0 mV (max) LM393A

  5.0 mV (max) LM293/393
- Input Common Mode Range to Ground Level
- Differential Input Voltage Range Equal to Power Supply Voltage
- Output Voltage Compatible with DTL, ECL, TTL, MOS, and CMOS Logic Levels
- ESD Clamps on the Inputs Increase the Ruggedness of the Device without Affecting Performance

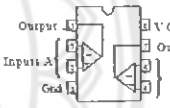
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO–8)

Representative Schematic Diagram
(Diagram shown is for 1 comparator)



PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM293D	TA = –25° to +85°C	SO–8
LM393D	TA = 0° to +70°C	SO–8
LM393N, NB		Plastic DIP
LM2903D	TA = –40° to +105°C	SO–8
LM2903N		Plastic DIP
LM2903VD	TA = –40° to +105°C	SO–8
LM2903VN		Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายฤทธิ์ณรงค์ บัวทอง

ภูมิลำเนา 319/3 หมู่ 4 ต.ชนแดน

อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนชนแดนวิยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Ritnarongb54@email.nu.ac.th**