รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะเพื่อช่วยลดโลกร้อน (ขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มยูเอชที)

The Prototype for the purchase of rubbish to decrease Global Warming(Plastic bottles and Beverage Carton (UHT))

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายพิมล ผลพฤกษา
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
นายสักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะเพื่อช่วยลดโลกร้อน (ขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มยูเอชที)

The Prototype for the purchase of rubbish to decrease Global Warming (Plastic bottles and Beverage Carton (UHT))

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายพิมล ผลพฤกษา
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
นายสักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์

สรหมู่.....
เลขทะเบียน 142877
วันเดือนปี - 6 มิ.ย. 2559

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะเพื่อช่วยลดโลกร้อน(ขวดพลาสติกและ กล่องเครื่องดื่มยูเอชที)

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

ประจำปีงบประมาณ 2555 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 398,500 **บาท**

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 **ปี ตั้งแต่** ตุลาคม 2554 **ถึง** กันยายน 2555

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์	**สถานะ** หัวหน้าโครงการวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด**	วิทยาเขตชุมพร
นายพิมล ผลพฤกษา	**สถานะ** ผู้ร่วมวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด**	วิทยาเขตชุมพร
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ	**สถานะ** ผู้ร่วมวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด**	วิทยาเขตชุมพร
นายสักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์	**สถานะ** ผู้ร่วมวิจัย	**หน่วยงานต้นสังกัด**	วิทยาเขตชุมพร

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดทำเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกขึ้นเพื่อช่วยในการฝึกนิสัยของคนที่ไม่ค่อยแยกขยะ โดยใช้เซนเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดเก็บประจุ เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำในการตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที และใช้เซนเซอร์สวิตช์ลำแสงเป็นตัวตรวจสอบคุณลักษณะของขวดน้ำพลาสติก เมื่อตรวจสอบว่ามีคุณลักษณะที่ต้องการรับซื้อ ระบบจะทำการเก็บขยะไว้ และเมื่อผู้ขายกดปุ่มคิดเงิน ระบบจะจ่ายเหรียญออกมา ซึ่งจะแสดงราคาของขยะที่รับซื้อทั้งหมดผ่านแอลอีดี 7 ส่วน (7-segment) นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถปรับตั้งราคาขยะประเภทต่างๆได้โดยผ่านคีย์สวิตช์ได้อีกด้วย

จากการทดลองใช้งานเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกโดยใส่ขยะชนิดต่างๆ สรุปได้ว่าเครื่องสามารถรับซื้อกล่องยูเอชทีขนาด 110,250,500,1000 มิลลิลิตรได้ถูกต้อง แต่ขยะที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับกล่องยูเอชที ระบบก็จะรับซื้อเช่นกันซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องของเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก แต่สำหรับการรับซื้อขยะประเภทขวดพลาสติก เครื่องจะรับซื้อขวดน้ำโพลลิส ขวดนมข่น และขวดน้ำพลาสติกที่มีฉลากขนาดความจุไม่เกิน 600 มิลลิลิตร ซึ่งจัดว่าเป็นขวดน้ำพลาสติกทั้งสิ้นได้ถูกต้อง 100% และเครื่องยังสามารถจ่ายเงินตามราคาขยะที่รับซื้อในแต่ละครั้งได้ถูกต้อง 100%

คำสำคัญ : ขยะ, กล่องเครื่องดื่ม, ขวดพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The Prototype for the purchase of rubbish to decrease Global Warming (Plastic bottles and Beverage Carton (UHT

Researcher: Mr. MONTREE CHAICHANYUT

Faculty: Chumphon campus **Department:** Electronics engineering , King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

This Project is UHT carton and plastic bottle buyer machine.It helps people to classification some type of waste. UHT carton and plastic bottle are detected by Capacitive proximity and Photoelectric switch sensor respectively.When the machine checks the waste which it has characteristic match with program of machine.Then the machine keeps the waste and push the bottom 'pay money' then the machine pay money to him or her.The price of the waste is shown by LED 7-segment display.Finally,the machine administrator can set rate of waste for pay to buyer.

The result of experimental, the machine can keep UHT carton 110,250,500,1000ml or something like UHT carton the system will be purchased as well as the drawbacks of purchasing the UHT carton and plastic bottle buyer machine but for the purchase of waste plastic bottles.Machines will be purchased opaque bottle and plastic water bottle label is capacity not over 600 ml. classified as plastic bottles are accurate 100%. And can be paid by the person accepting the waste at a time can be 100%

Keywords: Rubbish, Beverage Carton, Plastic bottles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางวรัญญา พริ้มจรัส ที่ช่วยในการสนับสนุนค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย ทั้งยังช่วยเหลือในด้านการประสานงาน และคอยให้กำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความรู้และโอกาสในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้รับงบประมาณจากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2555

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายพิมล ผลพฤกษา
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
นายสักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูปภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย 4
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 พร็อกซิมิตี้สวิทช์ 5
2.1.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Proximity Sensor) 5
2.1.2 ตัวตรวจจับแบบความจุไฟฟ้า (Capacitive Sensor) 8
2.1.3 สวิตช์ลำแสง (Photoelectric Switch) 10
2.2 มอเตอร์เซอร์โว 11
2.2.1. หลักการทำงานของ Servo motor 13
2.2.2. การปรับแต่ง Servo motor 14
2.3 แสงอินฟราเรด (Infrared) 19
2.3.1 คุณสมบัติเด่นของอินฟราเรด 19
2.3.2 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้อินฟราเรด 20
2.3.3 ลักษณะการใช้งานปัจจุบัน 20
2.3.4 ตัวอย่างอุปกรณ์อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 20
2.4 กล่องยูเอชที 21
2.4.1 ประเภทของกล่องยูเอชที 21
2.4.2 ชั้นวัสดุต่าง ๆ กับหน้าที่ของกล่องเครื่องดื่ม 21
2.4.3 การรีไซเคิลกล่องยูเอชที 22
2.5 พลาสติก 23
2.5.1 ประเภทพลาสติก 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การรีไซเคิลขวดพลาสติก 23
2.6 โครงการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
บทที่ 3 วิธีการ และการออกแบบ 25
3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน 25
3.2 การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ 26
3.2.1 การออกแบบวงจรตรวจสอบขนาดของกล่องยูเอชที 26
3.2.2 การออกแบบวงจรตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที 30
3.2.3 การออกแบบวงจรตรวจสอบคุณลักษณะของขวดน้ำพลาสติก 32
3.2.4 การออกแบบวงจรควบคุมแอลอีดี 7 ส่วน (7-Segment) 34
3.2.5 การออกแบบวงจรคีย์แพด (Keypad) 34
3.2.6 การออกแบบวงจรตรวจสอบเหรียญหมด 35
3.2.7 การออกแบบวงจรรวมทั้งหมดที่ใช้ในเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก 36
3.3 การออกแบบโปรแกรม 37
3.4 การออกแบบโครงสร้างเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก 39
3.4.1 การออกแบบระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที 39
3.4.2 การออกแบบระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก 41
3.4.3 การออกแบบระบบจ่ายเหรียญ 41
บทที่ 4 วิธีการ และผลการทดลอง 46
4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขนาดและคัดแยกกล่องยูเอชที 46
4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก 49
4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองความถูกต้องระบบจ่ายเหรียญ 51
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 55
5.2 ปัญหา และอุปสรรค 55
5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา 56

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง 57
ภาคผนวก 58
ภาคผนวก ก 58
ภาคผนวก ข 61
ประวัตินักวิจัย 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เป็นตัวอย่างตัวประกอบของวัตถุตัวกลางชนิดต่างๆ 9
4.1 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขนาดและคัดแยกกล่องยูเอชที 47
4.1(ต่อ) แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขนาดและคัดแยกกล่องยูเอชที 48
4.2 แสดงการทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก 50
4.3 แสดงผลการทดลองความถูกต้องของระบบจ่ายเหรียญ 52
4.3(ต่อ) แสดงผลการทดลองความถูกต้องของระบบจ่ายเหรียญ 53
4.4 แสดงผลการทดลองระยะเวลาที่จ่ายเหรียญแต่ละเหรียญออกจากระบบจ่ายเหรียญ 54
4.5 แสดงผลการทดลองการจ่ายเหรียญซ้ำที่จำนวนเงินค่าต่างๆด้วยเหรียญแต่ละชนิด 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงรูปตัวอย่างเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	5
2.2 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	6
2.3 แสดงหลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	6
2.4 แสดงระยะต่างๆของการตรวจจับของตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัส	8
2.5 แสดงตัวอย่างตัวตรวจจับแบบความจุแบบต่างๆ	8
2.6 แสดงภาพตัดขวางด้านข้างส่วนตรวจจับของตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัสแบบความจุไฟฟ้า	9
2.7 แสดงสวิตช์ลำแสงแบบต่างๆ	10
2.8 แสดงสวิตช์ลำแสงชนิดตัวรับ – ตัวส่งแยกกัน (Through Beam)	10
2.9 แสดงสวิตช์ลำแสงชนิดใช้กับแผ่นสะท้อนแสง (Retroreflective)	11
2.10 แสดงสวิตช์ลำแสงชนิดสะท้อนกับวัตถุ (Diffuse - Reflective)	11
2.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Servo motor	12
2.12 แสดงการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์	13
2.13 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของ Servo motor ที่ถอดออก	15
2.14 แสดงการปรับแต่งแกนที่ติดกับเฟือง	16
2.15 แสดงการปรับแต่งโดยการถอดตัวต้านทานปรับค่าได้ออก	16
2.16 แสดงการถอดชิ้นส่วนของตัวต้านทานปรับค่าได้ออก	17
2.17 แสดงการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของ Servo motor เข้าที่เดิม	17
2.18 แสดงการควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านซ้าย	18
2.19 แสดงการควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านขวา	18
2.20 แสดงการควบคุมให้มอเตอร์หยุดหมุน	19
2.21 แสดงการทำงานของอินฟราเรด	20
2.22 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์	21
2.23 แสดงชั้นวัสดุต่างๆของกล่องยูเอชที	22
3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย	25
3.2 แสดงวงจรเซนเซอร์อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์	27
3.3 แสดงวงจรรับและส่งของอินฟราเรดที่เพิ่มวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	28
3.4 แสดงขนาดของกล่องยูเอชที	29
3.5 แสดงการจัดวางตำแหน่งเซ็นเซอร์เช็คขนาดของกล่องยูเอชที	29
3.6 แสดงวงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดแบบเหนี่ยวนำรุ่น E2EV-X10C1	30
3.7 แสดงวงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดเก็บประจุรุ่น E2K-C25ME1	31
3.8 แสดงการวางตำแหน่งเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที และลูกกลิ้งทั้ง 2 ชุด	31
3.9 แสดงวงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ลำแสง รุ่น SR-Q50NW	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 แสดงการจัดวางตำแหน่งเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะของขวดน้ำพลาสติก และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานของระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก	33
3.11 แสดงวงจรควบคุมแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็ก	34
3.12 แสดงการต่อขาใช้งานคีย์แพด	35
3.13 แสดงวงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ใช้ในการตรวจสอบเหรียญหมด	35
3.14 แสดงวงจรรวมชุดที่ 1(รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)	36
3.15 แสดงวงจรรวมชุดที่ 2 (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)	37
3.16 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก	38
3.17 แสดงการออกแบบระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที	40
3.18 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที	41
3.19 แสดงการออกแบบระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก	42
3.20 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก	43
3.21 แสดงการออกแบบระบบจ่ายเหรียญ	44
3.22 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบจ่ายเหรียญ	44
3.23 แสดงการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจสอบเหรียญหมด	45
4.1 แสดงการบีบกล่องยูเอชทีให้แบน	46
4.2 แสดงการใส่กล่องยูเอชทีในช่องรับซื้อกล่องยูเอชที	47
4.3 แสดงการใส่ขวดน้ำพลาสติกในช่องรับซื้อขวดน้ำพลาสติก	49
4.4 แสดงการใส่เหรียญต่างๆในกระบอกแต่ละกระบอก	51
ก1 แสดงวงจรรวมชุดที่ 1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51AC3	59
ก2 แสดงวงจรรวมชุดที่ 2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89S52	63
ข.1 แสดงการกดปุ่มสวิตช์ ON	62
ข.2 (ก) แสดงการใส่รหัสผ่าน	62
ข.2 (ข) แสดงการโหมดเปลี่ยนรหัสผ่าน	62
ข.3 แสดงการใส่ราคาของกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกชนิดขุ่น	63
ข.4 แสดงการออกจากโหมดการทำงาน	63
ข.5 แสดงการกดปุ่มเลือกขายประเภทขยะ	63
ข.6 แสดงการใส่วัสดุที่ต้องการขาย	64
ข.7 แสดงการกดปุ่มคิดเงิน	64
ข.8 แสดงการรับเงินที่ช่องรับเงิน	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้ทั่วโลกกำลังประสบปัญหาภาวะโลกร้อน หรือภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง สาเหตุหลักของปัญหานี้มาจากก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์หรือก๊าซมีเทนซึ่งเป็นผลพลอยได้ที่ไม่มีใครต้องการจากการขยายตัวของเศรษฐกิจโลก กิจกรรมการผลิตไฟฟ้า การปล่อยควันพิษ จากโรงงานอุตสาหกรรมและรถยนต์ที่มากขึ้น ซึ่งก๊าซเหล่านี้จะกักเก็บความร้อน จากแสงอาทิตย์บนโลกไว้ไม่ให้สะท้อนสู่ชั้นบรรยากาศทั้งหมดทำให้โลกร้อนขึ้น จากปัญหาดังกล่าวเราสามารถช่วยกันลดอุณหภูมิของโลกได้ด้วยวิธีง่าย ๆ คือการหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่ใช้บรรจุภัณฑ์ฟุ่มเฟือย เพื่อลดมลพิษทาง**"ขยะ"** ซึ่งหากมนุษย์ลดปริมาณขยะได้ร้อยละ10 ต่อคนต่อปี จะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลดลงได้ถึง 1200 ปอนด์ต่อคนต่อปี

ขยะรีไซเคิล คือขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งอยู่ปะปนกับขยะมูลฝอยที่เราสร้างขึ้น สามารถแบ่งประเภทได้เป็น กระดาษ แก้ว พลาสติก โลหะ และอโลหะ ซึ่งเราสามารถคัดแยกและนำกลับมาใช้ได้อีกครั้งหนึ่ง โดยขยะแต่ละประเภทสามารถแยกย่อยได้มากมาย จากกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยการนำวัสดุเหลือใช้นำกลับมาใช้ใหม่ ไม่ว่าจะเป็นการรียูสหรือการรีไซเคิลในปัจจุบันนั้น เป็นวิธีที่ช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ดีวิธีหนึ่ง ซึ่งวัสดุที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลและนำกลับมาใช้ใหม่ได้นั้น มีมากมายหลายชนิด อาทิ แก้ว กระดาษ พลาสติก กระป๋องอลูมิเนียมหรือแม้กระทั่งกล่องเครื่องดื่ม(UHT) ที่ถือเป็นวัสดุอีกชนิดที่นิยมนำมารีไซเคิล และถือเป็นขยะที่มีราคาอย่างหนึ่งอีกด้วย

ในปัจจุบันนี้ มนุษย์เรามีการใช้พลาสติกกันมากเกินไป โดยที่เหมือนกับว่าไม่รู้ตัวเลย เพราะพลาสติกถือว่าเป็นสิ่งที่เข้ามามีส่วนร่วมในชีวิตเราอย่างมาก และเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นต้องมีในการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งประเทศไทยมีขยะประเภทพลาสติกประมาณ 20% ของขยะทั้งหมด [1] จากการศึกษาพบว่าพลาสติกต้องใช้เวลานานถึง 400 ปี กว่าจะสลายตัวในธรรมชาติได้หมด ถึงแม้พลาสติกจะมีประโยชน์มากมายมหาศาลแต่ก็มีข้อเสีย คือ พลาสติกผลิตมาจากทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ (Non-renewable resource) เช่น น้ำมัน ถ่านหิน นอกจากนี้พลาสติกที่ถูกทิ้งเป็นขยะในปัจจุบันจึงคงอยู่ในสภาพแวดล้อมไปอีกนานนับหลายร้อยปี (เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม) อย่างไรก็ดีเราสามารถช่วยลดปัญหาได้หลายวิธี ซึ่งวิธีที่เป็นที่นิยมก็ คือ การนำเอาพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ (รีไซเคิล)

ทุกๆ วัน ผู้คนทั่วโลกบริโภคน้ำนม น้ำผลไม้ และเครื่องดื่มอื่นๆ วันละมากกว่า 14,000 ล้านลิตร มีกล่องเครื่องดื่มจำนวนไม่น้อยที่ถูกทิ้ง ทั้งๆ ที่ทุกส่วนใน "กล่องเครื่องดื่ม" ทั้งที่เป็นกระดาษ พลาสติก และอะลูมิเนียมฟอยล์ ยังสามารถนำกลับมา "รีไซเคิล" ใช้ประโยชน์ได้ 100% ซึ่งการรีไซเคิลกล่องเครื่องดื่ม 1 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้มากถึง 900 กิโลกรัม และช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บขยะประมาณ 4 ตารางเมตร ในแต่ละปีมีกล่องเครื่องดื่มยูเอชทีที่ถูกทิ้งอยู่ในกองขยะกว่า 38,000 ตันต่อปี หรือประมาณ 3,800 ล้านกล่อง ซึ่งกลายเป็นขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายเองได้ จึงต้องนำกล่องเหล่านี้เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลทำเป็นของใช้ที่มีประโยชน์ ทำเป็นชุดโต๊ะ-เก้าอี้เรียนหนังสือได้มากถึง 1.52 ล้านชุดเลยทีเดียว หรือเฉลี่ย 2,500 กล่องจะได้โต๊ะ-เก้าอี้ 1 ชุด แถมช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 34.2 ล้านกิโลกรัม[2] ,[3]

เพื่อเป็นการรณรงค์ให้คนทั่วไปหันมาร่วมกันอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการรีไซเคิลขยะประเภทขวดพลาสติก และกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบ และสร้างเครื่องรับซื้อขยะโดยเจ้าเครื่องที่ว่านี้มีจุดเด่นตรงที่สามารถจ่ายเงินให้กับผู้ที่นำขยะตามประเภทที่ต้องการซื้ออัตโนมัติ และสามารถบีบอัดหรือจัดการขยะให้มีขนาดเล็กเพื่อที่จะสะดวกเวลาจัดเก็บอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และระบบไฮดรอลิกส์ เพื่อนำสิ่งที่เหลือใช้ในท้องถิ่นมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยมีดังนี้

- เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะ(ประเภท ขวดพลาสติก และกล่องเครื่องดื่ม)
- เพื่อแก้ปัญหาการจัดการขยะและลดภาระในการจัดการขยะ
- เพื่อศึกษาและออกแบบตัวตรวจจับ (Sensor) ประเภทของขยะตามที่รับซื้อ
- เพื่อเป็นการช่วยลดสภาวะโลกร้อนด้วยการนำขยะมาผ่านกระบวนการรีไซเคิล
- เพิ่มมูลค่าให้กับขยะที่สามารถรีไซเคิลได้
- เพื่อเป็นการรณรงค์ให้คนทั่วไปหันมาร่วมกันอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการรีไซเคิลขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว
- เพื่อเป็นการสร้างรูปแบบการจัดการขยะ ช่วยลดปริมาณขยะ และส่งเสริมความรู้ให้แก่เยาวชนในเรื่องการคัดแยกขยะ
- ส่งเสริมให้เยาวชนมีจิตสำนึกในการคัดแยกขยะ และรักษาสิ่งแวดล้อม
- ช่วยทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัดมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ภายในปีงบประมาณ 2555 จะทำการศึกษา และออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับรับซื้อขยะประเภทขวดพลาสติก และกล่องเครื่องดื่ม และทำการทดสอบให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านความถูกต้อง และใช้งานได้ง่าย โดยจะศึกษาส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ทำการออกแบบ และสร้างเครื่องรับซื้อขยะประเภท ขวดพลาสติก และกล่องเครื่องดื่ม
- ศึกษาระบบตรวจจับ(Sensor) และคัดแยกขยะให้ได้ตามประเภทของขยะที่รับซื้อ
- ศึกษา และออกแบบการติดตั้งตัวตรวจจับขยะตามประเภทของขยะที่รับซื้อ
- ศึกษาถึงข้อจำกัดของตัวตรวจจับที่ออกแบบหรือนำมาใช้ในการคัดแยกขยะ
- ศึกษาและออกแบบระบบการจัดเก็บขยะที่รับซื้อแล้วให้เป็นระบบเพื่อประหยัดเนื้อที่ในการจัดเก็บขยะ เช่น ระบบบีบอัดก่อนการเก็บ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้เทคโนโลยีไมโครคอลโทลเลอร์ในการประมวลผล และควบคุม

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- รวบรวมข้อมูล และศึกษาสมบัติทางไฟฟ้า หรือสมบัติด้านอื่น ๆของขยะที่ต้องการรับซื้อ เพื่อนำข้อมูลมาออกแบบเป็นตัวตรวจจับ(Sensor) สำหรับใช้ในการคัดแยกขยะให้ได้ตามขนาด และประเภทที่ต้องการ
- ออกแบบ จัดสร้างระบบเชิงกลของเครื่องรับซื้อขยะพร้อมติดตั้งตัวตรวจจับขยะที่ได้ออกแบบเลือกใช้ในข้างต้น พร้อมทดสอบประสิทธิภาพการรับซื้อ และการคัดแยกขยะ (ทดสอบความเข้ากันได้และความถูกต้องของระบบควบคุมกับระบบเชิงกล)
- ออกแบบ และจัดสร้างระบบควบคุมและระบบการจ่ายเงินคืนผู้ขายตามขนาด และประเภทของขยะที่ได้รับซื้อมา
- ออกแบบ และจัดสร้างระบบ/ช่องจัดเก็บขยะ ซึ่งเครื่องนี้จะมีกระบวนการเชิงกลร่วมกับระบบไฟฟ้าในการจัดการขยะที่รับซื้อมาให้มีขนาดเล็กเพื่อที่จะสะดวกเวลาจัดเก็บ ในกรณีที่ขยะที่นำมาขายไม่ตรงกับประเภทที่ต้องการจะมีช่องคืนขยะให้กับผู้ที่นำมาขาย
- หลังจากจัดสร้างระบบในข้างต้นเรียบร้อยแล้วจะทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบโดยรวมทั้งหมดซึ่งแบ่งเป็นการทดลองต่างๆ ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของตัวตรวจจับในการคัดแยกขยะ

วิธีการทดสอบ ทำการทดสอบโดยการป้อนขยะตัวอย่างทั้งที่ตรง และไม่ตรงกับความต้องการที่จะรับซื้อ ตรวจสอบความถูกต้องในการคัดแยก บันทึกข้อมูลความถูกต้องในการคัดแยกขยะตัวอย่างว่าระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานกี่เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 การทดสอบระบบควบคุมต่าง ๆ เช่น การจ่ายเงิน

วิธีการทดสอบ ทำการทดสอบเหมือนกับขั้นตอนของการทดลองที่ 1 คือ ป้อนขยะตัวอย่างทั้งที่ตรง และไม่ตรงกับความต้องการที่จะรับซื้อ บันทึกความถูกต้องของระบบควบคุม เช่น การจ่ายเงิน

การทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของการจัดเก็บขยะ

วิธีการทดสอบ ทำการทดสอบโดยการป้อนขยะตัวอย่างแล้วบันทึกผลการจัดเก็บขยะว่าสามารถจัดเก็บขยะได้ปริมาณเท่าไหร่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะ (ประเภท ขวดพลาสติก และกล่องเครื่องดื่ม) ได้
- ช่วยแก้ปัญหาการจัดการขยะและลดภาระในการจัดการขยะ
- สามารถออกแบบตัวตรวจจับ (Sensor) ประเภทของขยะตามที่ต้องการรับซื้อได้
- ช่วยลดสภาวะโลกร้อนด้วยการนำขยะมาผ่านกระบวนการรีไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการรีไซเคิลขยะประเภท ขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว
- ช่วยทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัดมีประสิทธิภาพและยั่งยืน
- เพิ่มศักยภาพในการวิจัยสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ให้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
- เผยแพร่ผลงานวิจัยในระดับชาติ
- เป็นข้อมูลสนับสนุนให้หน่วยงานอื่นๆ และผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการพัฒนาประเทศ

1.5.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
- กรมส่งเสริมการเกษตร
- หน่วยงานภาครัฐ เอกชนและเกษตรกรทั่วไป

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ และทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว จะทำการถ่ายทอดเทคนิคให้กับหน่วยงาน และกลุ่มเกษตรกรผู้สนใจ ทำการเผยแพร่ผลงานในแบบบทความ ในวารสารด้านการเกษตรและวิศวกรรมศาสตร์ การตีพิมพ์ในรูปแบบงานวิจัย และการเสนอผลงานทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

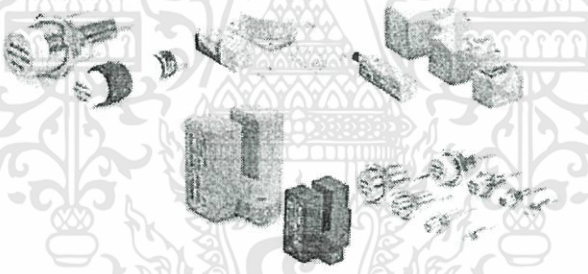
บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและแนวทางในการทำโครงการวิจัย ซึ่งเนื้อหาก็จะกล่าวถึงเรื่องหลักๆที่สำคัญดังจะกล่าวถึงต่อไป

2.1 พร็อกซิมิตี้สวิทช์

พร็อกซิมิตี้สวิทช์ (Proximity switch) [4] เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง นอกจากนั้นยังสามารถส่งสัญญาณไปให้ตัวนับนับจำนวนของชิ้นงานได้

2.1.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Proximity Sensor)

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์แบบแรกที่เราจะทำความรู้จักกันคือ เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำหรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า อินดั๊กตีฟเซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้นแสดงโดยรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงรูปตัวอย่างเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

2.1.1.1 ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำจะประกอบไปด้วย

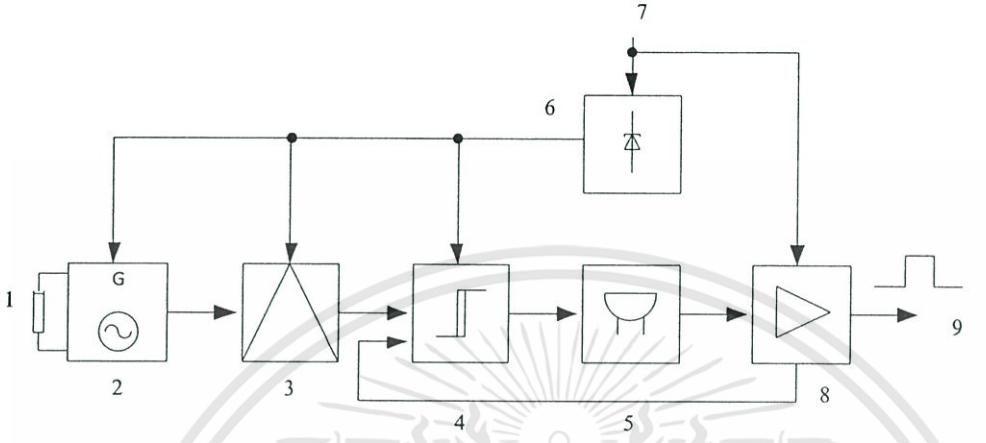
1. วงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง (Oscillator)
2. วงจรหรือส่วนประกอบการประมวลผล (Evaluator)
3. วงจรแยกแยะสภาวะและสั่งงาน (Trigger)
4. หลอดไฟแสดงสภาวะในการทำงาน (Status display)
5. วงจรขยายสัญญาณและป้องกันด้านเอาต์พุต (Output with Protective Circuit)
6. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก (External Voltage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วงจรรักษาระดับแรงดันภายในให้คงที่ (Internal Constant Voltage Supply)

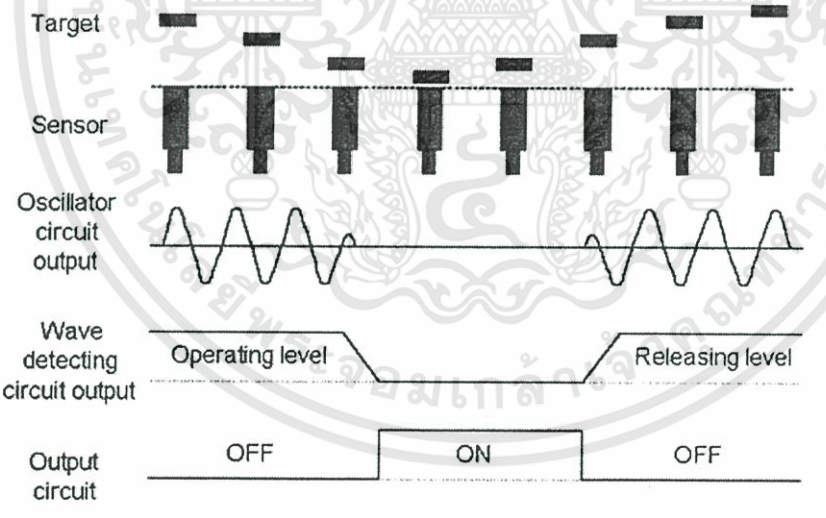
8. พื้นที่ที่ใช้ตรวจจับซึ่งมีขดลวดอยู่ภายใน (Active Zone: Coil)

9. เอาต์พุตของเซนเซอร์ ซึ่งในที่นี้จะเป็นแบบทำงานหรือไม่ทำงาน (on-off) จากส่วนประกอบดังกล่าวสามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

2.1.1.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.3 แสดงหลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ที่บริเวณหัว (1) ของเซนเซอร์จะมีสนามแม่เหล็กซึ่งมีความถี่สูง โดยได้รับสัญญาณจากวงจรกำเนิดความถี่ (2) ในกรณีวัตถุหรือชิ้นงานเป็นโลหะเข้ามาอยู่ในบริเวณที่สนามแม่เหล็กส่งไปถึง จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการออสซิลเลท ลดลงไปหรือบางทีอาจ

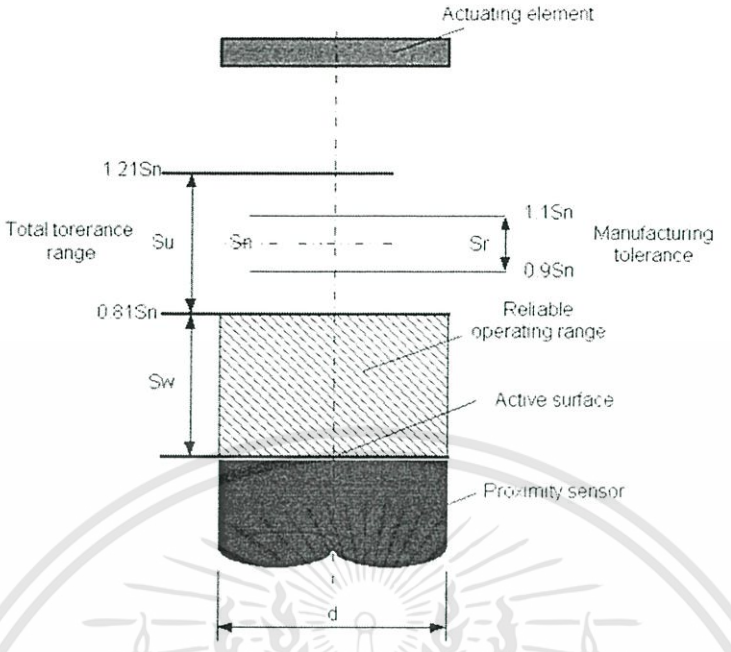
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงจุดที่หยุดออสซิลเลท และเมื่อนำวัตถุนั้นออกจากบริเวณตรวจจับ วงจรกำเนิดความถี่ก็จะเริ่มทำงานใหม่อีกครั้ง สภาวะดังกล่าวจะถูกแยกแยะได้ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน (3) และ (4) หลังจากนั้นก็ส่งผลไปยังเอาต์พุต (8) ว่าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเอาต์พุตว่าเป็นแบบไหนโดยรูปที่ 2.3 แสดงหลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

2.1.1.3 รายละเอียดทางเทคนิค

ในการนำเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำมาใช้งานนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องทราบรายละเอียดหรือข้อมูลทางด้านเทคนิค ทั้งนี้ก็เพื่อประโยชน์และประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด ระยะการตรวจจับ (Sensing Rang) คือระยะที่เมื่อแผ่นโลหะที่ตรวจจับเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ด้านหน้าของส่วนตรวจจับแล้วมีผลทำให้สัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เปิด (On) เป็น ปิด (Off) หรือ ปิด (Off) เป็น เปิด (On) ระยะการตรวจจับทั่วไป (Norminal Sensing Rang ; Sn) คือ ค่าระยะตามคุณลักษณะโดยไม่ได้คิดรวมถึงผลคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิตในแต่ละตัว หรือผลกระทบจากภายนอก เช่นอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า ระยะการตรวจจับจริง (Real sensing Rang ; Sr) คือ ระยะการตรวจจับ ซึ่งวัดค่าโดยการใช้แหล่งจ่ายไฟตามค่าที่กำหนด อุณหภูมิที่กำหนด ระยะการตรวจจับจริงจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 90% ถึง 110% ของระยะการตรวจจับแบบทั่วไป (Sn) ระยะการตรวจจับที่ใช้ประโยชน์ (Useful Sensing Rang ; Su) คือ ระยะการตรวจจับ ซึ่งวัดตามวิธีการวัดที่หนึ่งตามมาตรฐาน EN 50010 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ และอุณหภูมิแวดล้อมอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ระยะตรวจจับที่ใช้ประโยชน์จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 81% ถึง 121% ของระยะตรวจจับแบบทั่วไป (Sn) ระยะตรวจจับในการทำงาน (Working Sensing Rang ; Sw) คือระยะใดๆที่เซนเซอร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ที่อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด ค่าในการชดเชยระยะที่ถูกต้อง ระยะตรวจจับทั่วไป (Sn) ของเซนเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุได้ตามระยะตรวจจับที่กำหนดได้โดยใช้แผ่นเหล็กอ่อน (mild steel) เป็นวัตถุสำหรับถูกตรวจจับ การใช้แผ่นโลหะที่มีขนาดเล็กกว่าที่กำหนดไว้ จะทำให้ระยะการตรวจจับสั้นลงเช่นเดียวกัน ถ้าแผ่นโลหะนั้นมีผิวโค้งก็จะมีผลต่อการตรวจจับด้วย และระยะการตรวจจับจะเปลี่ยนแปลงไปถ้าวัตถุที่ตรวจจับเป็นโลหะประเภทอื่น ซึ่งจะทราบได้ว่าระยะตรวจจับสำหรับโลหะประเภทนั้นเป็นเท่าไร โดยคูณระยะมาตรฐานด้วยค่าตัวประกอบ (factor) ที่ระบุไว้ในตารางคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละรุ่น การใช้เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำตรวจจับโลหะแบบบางๆนั้นอาจทำให้ระยะการตรวจจับน้อยกว่าระยะตรวจจับของแผ่นโลหะที่หนาปกติได้ กรณีนี้ขึ้นอยู่กับว่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้นสามารถทะลุผ่านแผ่นโลหะบางนั้นไปได้มากน้อยเพียงใด ถ้าความหนาของแผ่นโลหะนั้นน้อยกว่าระยะที่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าทะลุผ่านไปจะทำให้แผ่นโลหะนั้นเกิดกระแสไหลวน (eddy current) ซึ่งมีผลทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของแผ่นโลหะนั้นมีค่าต่ำลงกว่าปกติ จากผลที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ระยะการตรวจจับลดลงตามไปด้วย โดยรูปที่ 2.4 แสดงระยะต่างๆของการตรวจจับของตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

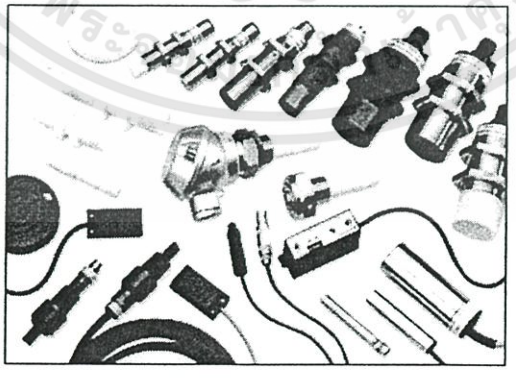


รูปที่ 2.4 แสดงระยะต่างๆของการตรวจจับของตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัส

ค่าความสามารถในการกระทำซ้ำ (Repeatability) สามารถหาได้โดย การวัดสองครั้งติดต่อกันภายใต้สภาวะที่กำหนดของ EURO-NORM ซึ่งเซนเซอร์ที่ดี ควรมีระยะที่เท่ากัน ค่าฮีสเตอร์รีซีสของการตัดต่อ (Switching Hysteresis) คือ ระยะความแตกต่างระหว่างเซนเซอร์ทำงาน (On) กับหยุดทำงาน (Off) เมื่อนำแผ่นโลหะที่ใช้ทดสอบเลื่อนเข้ามาใกล้หรือถอยห่างจากบริเวณด้านหน้าส่วนตรวจจับของเซนเซอร์ ค่าฮีสเตอร์รีซีสจะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของระยะตรวจจับจริง

2.1.2 ตัวตรวจจับแบบความจุไฟฟ้า (Capacitive Sensor)

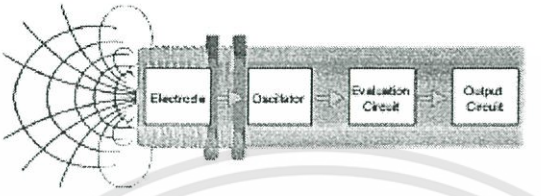
ตัวเหนี่ยวนำแบบนี้ตรวจจับวัตถุทั้งโลหะและไม่ใช่โลหะ ใช้หลักการตรวจจับค่าความจุที่เปลี่ยนแปลง เรียกทับศัพท์ด้านเทคนิคว่า คาปาซิตีฟเซนเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างตัวตรวจจับแบบความจุแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างและส่วนประกอบจะคล้ายกับตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ ต่างกันที่ส่วนตรวจจับจะใช้หลักการของการเปลี่ยนค่าความจุแทน เมื่อวัตถุที่จะตรวจจับเคลื่อนที่เข้ามาที่ระยะสนามไฟฟ้าของตัวเก็บประจุของตัวตรวจจับซึ่งเกิดจาก active และ earth electrode และอาจมีตัวนำชดเชยซึ่งทำหน้าที่ป้องกันและชดเชยผลของความชื้นที่ด้านหน้าของบริเวณตรวจจับ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณตรวจจับ ค่าความจุของวงจรกำเนิดคลื่นความถี่จะเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.6 แสดงภาพตัดขวางด้านข้างส่วนตรวจจับของตัวตรวจจับแบบไม่สัมผัสแบบความจุไฟฟ้า

2.1.2.1 **หลักการทำงาน**

จากรูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของตัวตรวจจับแบบความจุ เมื่อมีวัตถุใดๆ เคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณสนามไฟฟ้าจะทำให้ค่าความจุของวงจรกำเนิดความถี่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งขึ้นกับค่าระยะห่างระหว่างตัวกลางหรือวัตถุกับด้านหน้าของส่วนตรวจจับ ค่าคงที่ทางไฟฟ้าของตัวกลาง (Dielectric constant) (ถ้ามีค่าคงที่มากระยะการตรวจจับก็จะมีระยะไกลขึ้น) รวมทั้งขนาดและรูปร่างของตัวตรวจจับแบบความจุสามารถตรวจจับวัตถุตัวกลางได้ทั้งที่เป็นโลหะและไม่เป็นโลหะ การทำงาน (On) และ ไม่ทำงาน (Off) นั้นได้จากสภาวะของวงจรกำเนิดความถี่ ว่ามีการออสซิลเลทหรือไม่โดยใช้หลักการเช่นเดียวกันกับตัวตรวจจับแบบเหนี่ยวนำ ระยะตรวจจับมาตรฐานได้จากการใช้แผ่นโลหะเป็นวัตถุตัวกลาง เมื่อเปลี่ยนวัตถุตัวกลางเป็นวัสดุอื่นระยะทางก็จะต่างออกไป โดยการคูณค่าตัวประกอบ กับระยะมาตรฐานจะได้ระยะตรวจจับตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เป็นตัวอย่างตัวประกอบของวัตถุตัวกลางชนิดต่างๆ

ชนิดของวัตถุ	ค่าตัวประกอบ
โลหะทุกชนิด	1.0
น้ำ	1.0
แก้ว	0.3...0.5
พลาสติก	0.3...0.6
กระดาษแข็ง	0.3...0.5
ไม้ (ขึ้นอยู่กับความชื้น)	0.2...0.7
น้ำมัน	0.1...0.3

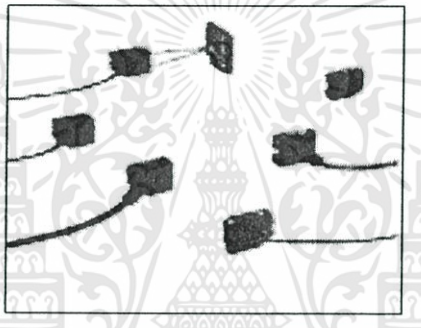
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 การตรวจปรับตัวตรวจจับแบบความจุ

ตัวตรวจจับแบบใช้หลักการความจุจะมีโพเทนชิโอมิเตอร์(Potentionmeter)สำหรับปรับความไวของระยะการตรวจจับอยู่ด้านท้ายตรงกันข้ามกับด้านส่วนตรวจจับ ซึ่งจะทำให้สามารถปรับเลือกให้ไม่ตรวจจับวัตถุที่ขวางกั้นอยู่ก่อนวัตถุที่ต้องการตรวจจับ ตัวอย่างเช่น การตรวจจับฝาที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ตรวจจับขวดในกล่องกระดาษ เป็นต้น ซึ่งตัวตรวจจับสามารถปรับไม่ให้ตรวจจับภาชนะบรรจุ หรือกล่องกระดาษได้ง่ายมาก การประยุกต์ใช้งานตัวตรวจจับแบบความจุมีหลายอย่าง เช่น การตรวจจับระดับของของเหลวในภาชนะบรรจุ และการตรวจจับจำนวนขวดในกล่องกระดาษ

2.1.3 สวิตช์ลำแสง (Photoelectric Switch)

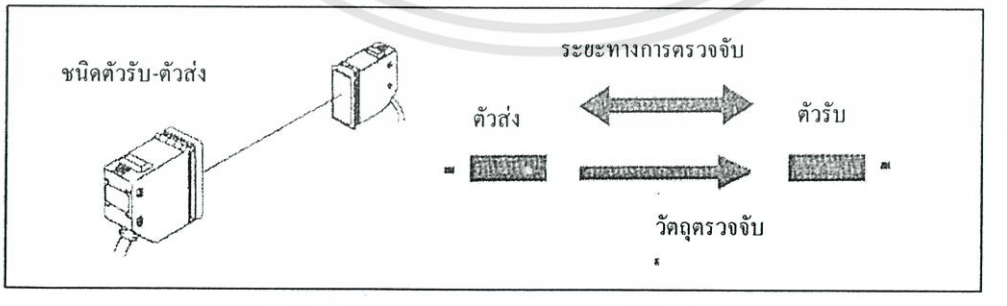
เป็นสวิตช์ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัวผ่านลำแสงของสวิตช์ โดยที่วัตถุไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับตัวสวิตช์ โดยชนิดของสวิตช์ลำแสงที่ใช้งานในปัจจุบัน มี 3 ประเภท คือ สวิตช์ลำแสงชนิดตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน (Through Beam)สวิตช์ลำแสงชนิดใช้กับแผ่นสะท้อนแสง (Retroreflective) และลำแสงชนิดสะท้อนกับวัตถุ (Diffuse - Reflective) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงสวิตช์ลำแสงแบบต่างๆ

2.1.3.1 สวิตช์ลำแสงชนิดตัวรับ-ตัวส่งแยกกัน (Through Beam)

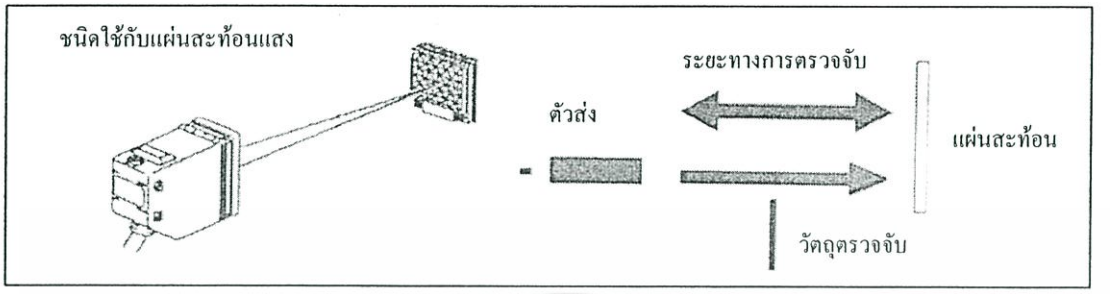
เป็นสวิตช์ลำแสงที่ต้องมีทั้งตัวส่งลำแสง (Transmitter) และตัวรับลำแสง (Reciever) ใช้งานด้วยกัน โดยลำแสงจะถูกยิงเป็นเส้นตรงระหว่างตัวรับและตัวส่ง เมื่อมีวัตถุมาตัดผ่านลำแสง จะทำให้ลำแสงถูกขัดขวางให้ไปๆไม่ถึงตัวรับ ทำให้สวิตช์ตรวจจับได้ว่ามีวัตถุอยู่ ซึ่งจะเป็นการสั่งเริ่มการทำงานที่ภาครับต่อไป (ส่งสัญญาณควบคุม) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงสวิตช์ลำแสงชนิดตัวรับ – ตัวส่งแยกกัน (Through Beam)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 สวิตช์ลำแสงชนิดใช้กับแผ่นสะท้อนแสง (Retroreflective)

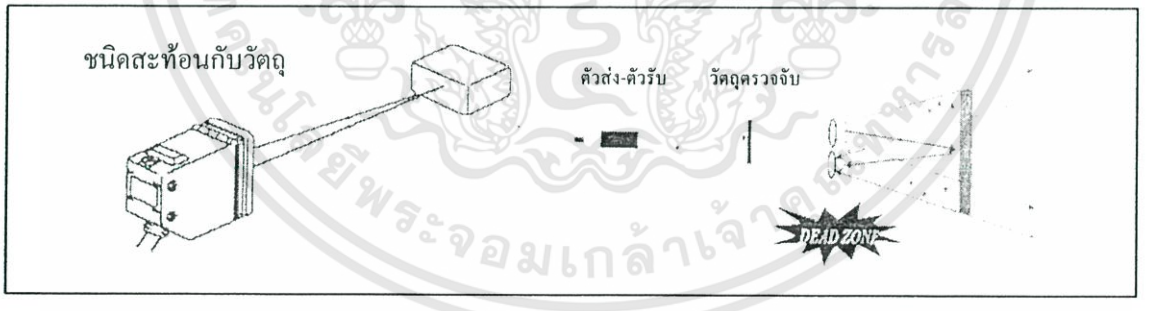


รูปที่ 2.9 แสดงสวิตช์ลำแสงชนิดใช้กับแผ่นสะท้อนแสง (Retroreflective)

สวิตช์ลำแสงประเภทนี้ ในตัวสวิตช์จะมีทั้งตัวส่งและตัวรับอยู่ ในสภาวะปกติตัวส่งจะส่งลำแสงไปสะท้อนกับแผ่นสะท้อน ส่งผลให้ลำแสงเกิดการสะท้อนกลับมาที่ตัวรับของสวิตช์ เมื่อมีวัตถุมาตัดผ่านลำแสงจะส่งผลมาให้ไม่มีลำแสงสะท้อนกลับมาที่ภาครับ ทำให้สวิตช์สามารถตรวจจับได้ว่ามีวัตถุอยู่ ก็สามารถส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์อื่นต่อไปได้ ดังรูปที่ 2.9

2.1.3.3 สวิตช์ลำแสงชนิดสะท้อนกับวัตถุ (Diffuse - Reflective)

สวิตช์ลำแสงประเภทนี้ ในตัวสวิตช์จะมีทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ เมื่อไม่มีวัตถุอยู่หน้าสวิตช์ ลำแสงที่ถูกส่งจากตัวส่ง จะไม่มีการสะท้อนกลับมาที่ตัวรับ แต่ถ้ามีวัตถุอยู่หน้าสวิตช์ลำแสงที่ถูกส่งจากตัวส่งจะไปสะท้อนกับตัววัตถุ ส่งผลให้ลำแสงสะท้อนกลับมาที่ตัวรับของสวิตช์ทำให้สวิตช์สามารถตรวจจับได้ว่ามีวัตถุอยู่ตรงหน้า แสดงดังรูปที่ 2.10



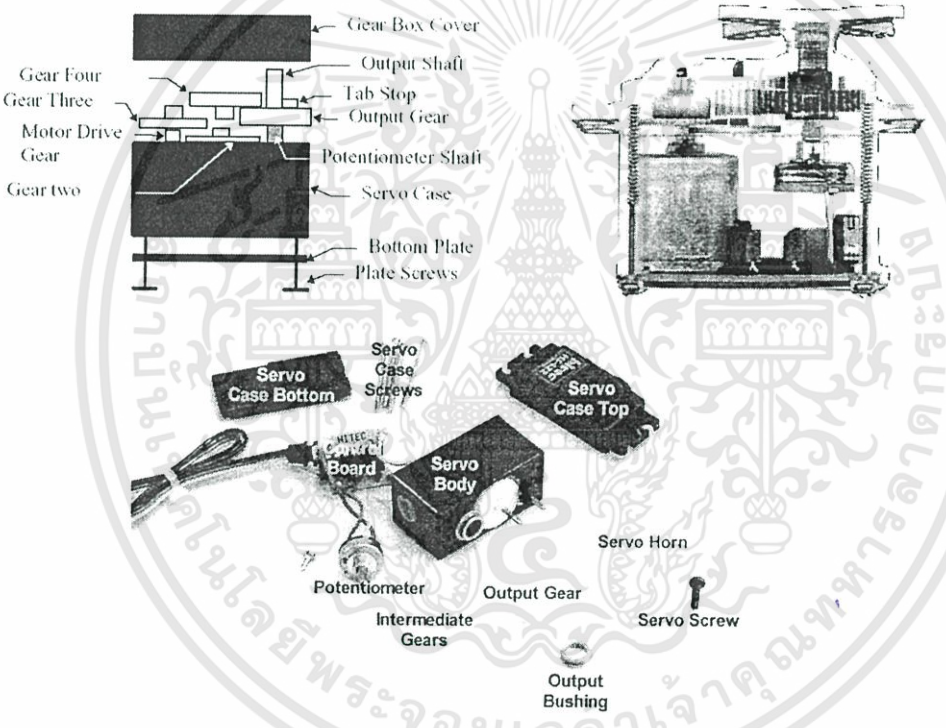
รูปที่ 2.10 แสดงสวิตช์ลำแสงชนิดสะท้อนกับวัตถุ (Diffuse - Reflective)

2.2 มอเตอร์เซอร์โว

Servo motor [5]คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Moter) ที่ถูกประกอบร่วมกับชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆไว้ในโมดูลเดียวกันหรือภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC,GNDและสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวโดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณพัลส์วิดมอด (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4-6 โวลท์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือ จะมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ให้แรงบิตสูง กินพลังงานน้อย และสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่งหรือทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ป้อนให้มอเตอร์แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180 องศาหรือครึ่งรอบเท่านั้น หรือบางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210 องศา แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์และตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้น เซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180 องศาหรือครึ่งรอบเท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวต้านทานปรับค่าได้ดังรูปที่ 2.11



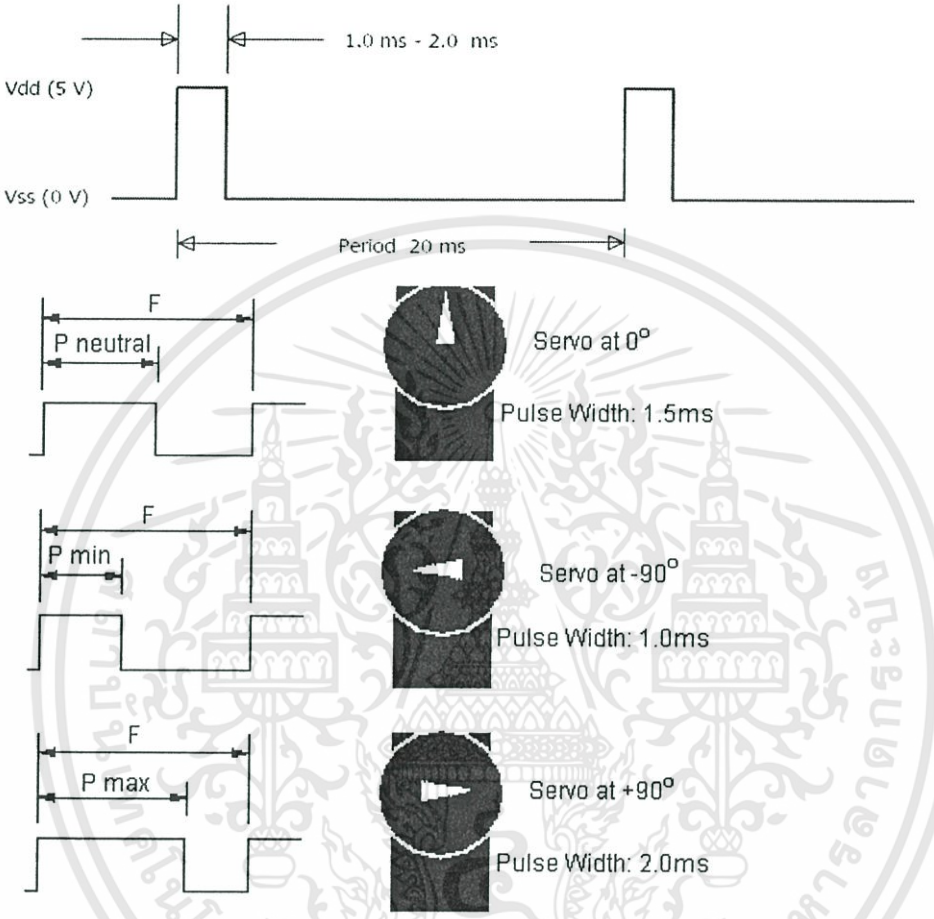
รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Servo motor

แต่ถ้าหากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนได้รอบวง (360 องศา) นั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง (Modify) ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์ ซึ่งวิธีการต่างๆ จะได้กล่าวไว้ในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1. หลักการทำงานของ Servo motor

การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดอ้างอิง 3 จุด ดังรูปที่ 2.12 คือ



รูปที่ 2.12 แสดงการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ ตำแหน่งมุม 0 องศาหรือจุดกึ่งกลางของมอเตอร์
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศาหรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90 องศาหรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
- ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ สามารถทำได้โดยการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม -45 องศา เราจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้

ค่าความกว้างพัลส์และระยะองศาการหมุนของมอเตอร์ที่อธิบายข้างบนนั้นเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ทั้งนี้ระยะการหมุนและขนาดของพัลส์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในแต่ละยี่ห้ออาจจะไม่เท่ากัน ดังนั้นในการใช้งานจึงควรศึกษารายละเอียดของมอเตอร์ในแต่ละรุ่นที่นำมาใช้

อาศัยหลักการคือ การเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหยุดหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

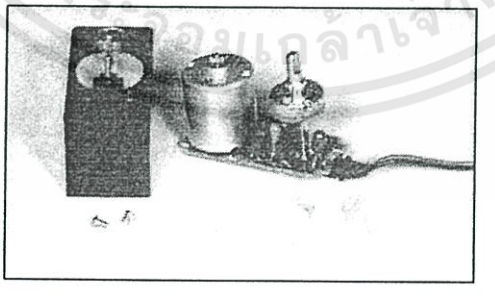
2.2.2. การปรับแต่ง Servo motor

จากคุณสมบัติของ Servo motor ที่ผลิตออกมาจากโรงงานจะสามารถหมุนได้แค่เพียงประมาณ 180 องศาหรือประมาณครึ่งรอบเท่านั้น หากเราต้องการนำเอา Servo moor ไปใช้งานในลักษณะที่หมุนเป็นวงรอบนั้นก็สามารถทำได้ แต่ก็จะสูญเสียการควบคุมในเรื่องของการสั่งให้มอเตอร์หมุนไปในตำแหน่งหรือมุมที่ต้องการไปด้วย จะทำได้ก็เพียงในเรื่องของการสั่งให้หมุนซ้าย ขวาและหยุดเท่านั้น โดยการทำให้มอเตอร์สามารถหมุนเป็นวงรอบได้นั้นจะต้องทำการปรับแต่ง หรือแก้ไขโครงสร้างภายในบางส่วนของมอเตอร์ซึ่งได้แก่

- การต่อตัวต้านทานคงที่ 2 ตัวอนุกรมแทนตัวต้านทานปรับค่าได้
- ตัดชิ้นส่วนของแกนเฟืองที่ทำหน้าที่หยุดมอเตอร์ (TAB STOP) ออก
- การดัดแปลงตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ให้สามารถหมุนได้รอบทิศทาง (360 องศา)

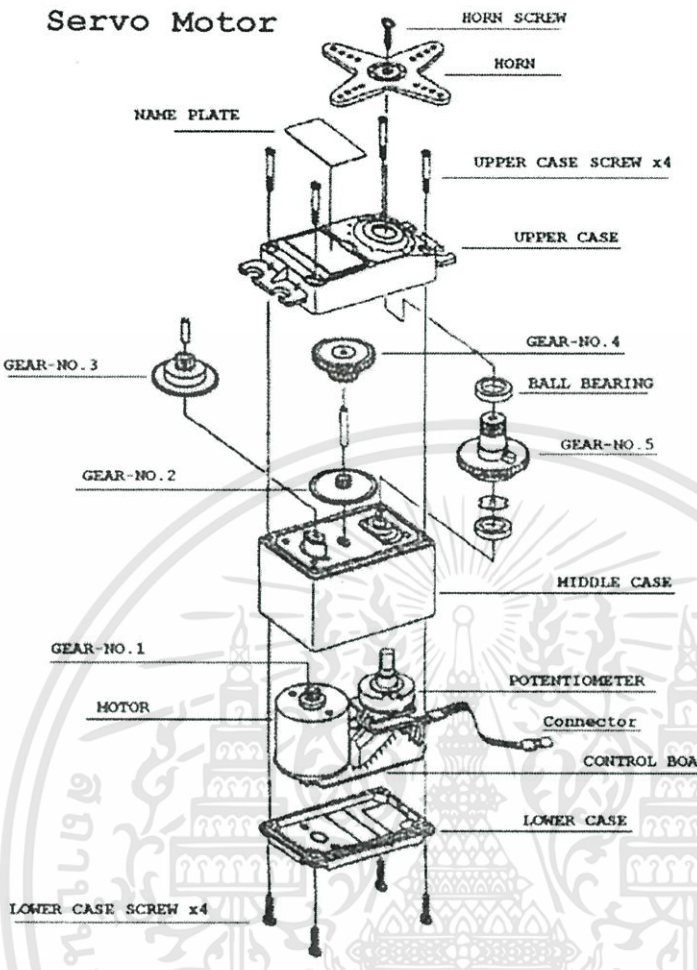
มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2.2.1 ถอดชิ้นส่วนของ Servo motor ออกเป็นส่วนๆ ดังรูปที่ 2.13ก-ข



ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

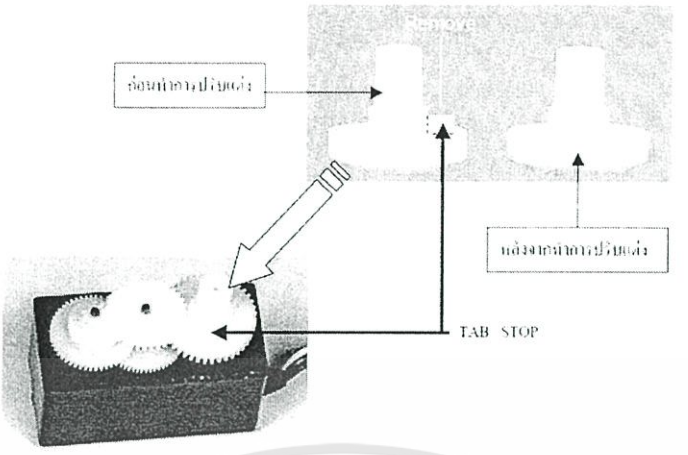


ข.

รูปที่ 2.13 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของ Servo motor ที่ถอดออก

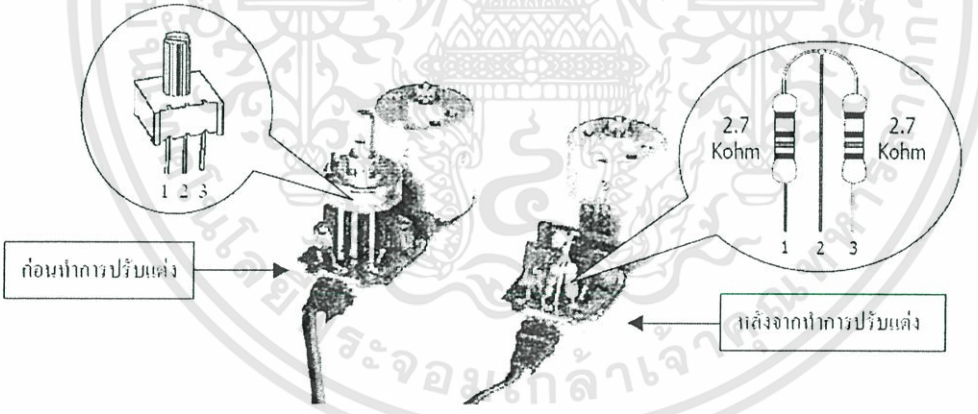
2.2.2.2 ตัดแกนที่ติดกับเฟือง (TAB STOP) ออกโดยแกนนี้มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้ มอเตอร์หมุนเกินมุม 180 องศา ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานปรับค่าได้เนื่องจากไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้นเพื่อให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบได้จึงต้องตัด TAB STOP ในส่วนนี้ออกดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงการปรับแต่งแกนที่ติดกับเฟือง

2.2.2.3 ถอดตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ออกแล้วใส่ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ 2 ตัว ที่ต่ออนุกรมกันเข้าไปแทนในตำแหน่งของตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ที่นำมาต่อนี้จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 2.2k ถึง 3.3k ทั้งนี้เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าได้ที่อยู่ในบอร์ดควบคุมของ Servo motor นั้นจะมีค่าความต้านทาน 5k ดังนั้น จึงต้องนำตัวต้านทานค่าคงที่มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ค่าความต้านทานใกล้เคียงกับของเดิม ดังรูปที่ 2.15



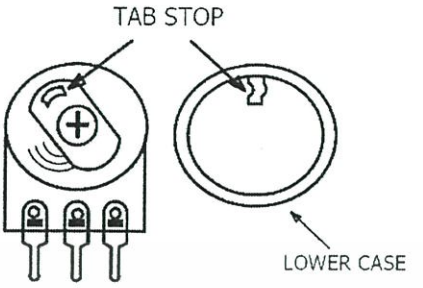
รูปที่ 2.15 แสดงการปรับแต่งโดยการถอดตัวต้านทานปรับค่าได้ออก

2.2.2.4 ถึงแม้ว่าเราจะถอดตัวต้านทานปรับค่า (VR) ออกจากวงจรแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากเรายังคงต้องใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้นี้ไปเป็นแกนหมุนของมอเตอร์อยู่ ซึ่งตัวต้านทานปรับค่านี้จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ทำให้เราต้องแก้ไขเปลี่ยนแปลงบางส่วนของตัวต้านทานเพื่อให้ตัวต้านทานสามารถหมุนรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตัวเองได้ เพื่อที่จะได้ไม่ไปขัดขวางการหมุนของมอเตอร์ซึ่งทำได้โดยถอดชิ้นส่วนของตัวต้านทานปรับค่าออกดังรูปที่ 2.16

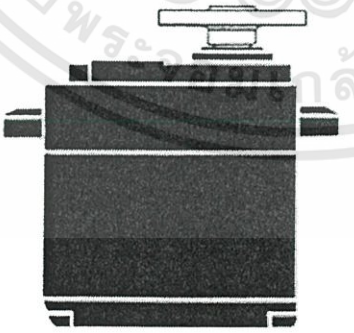


รูปที่ 2.16 แสดงการถอดชิ้นส่วนของตัวต้านทานปรับค่าได้ออก

ตัวต้านทานปรับค่าในมอเตอร์แต่ละรุ่นนั้นอาจจะใช้ไม่เหมือนกัน แต่จะมีหลักการเดียวกัน โดยจะมีแท็ปที่ทำหน้าที่หยุดการหมุนของตัวต้านทานอยู่ ให้เราทำการตัดส่วนนี้ออกแล้วทดลองหมุนแกนของตัวต้านทานปรับค่า ถ้าสามารถหมุนรอบตัวเองได้ก็ทำการประกอบตัวต้านทานเข้าไว้เหมือนเดิม แต่ถ้ายังหมุนเป็นวงรอบไม่ได้ก็ให้พิจารณาดูว่ามีชิ้นส่วนใดที่ยังขัดขวางการหมุนของตัวต้านทานอยู่ เมื่อพบก็ให้เอาออกหรือทำลายได้เลยโดยไม่ต้องสนใจว่าตัวต้านทานนี้พัง เพราะเราไม่ได้ใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนี้อีกแล้ว เนื่องจากใช้เป็นแกนหมุนของเฟืองเท่านั้น

จากนั้นตัดหรือพับขาของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เพื่อป้องกันไม่ให้ขาของตัวต้านทานดังกล่าวไปช็อต กับแผงวงจรควบคุม

2.2.2.5 ประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าที่เดิมและเพื่อความปลอดภัยในการประกอบตัวต้านทานปรับค่า (VR) ลงในกล่องของ Servo motor ควรหาฉนวนรองตรงส่วนของขาที่เป็นโลหะของตัวต้านทานด้วย เพื่อไม่ให้ไปช็อตกับส่วนอื่นๆในแผงวงจรควบคุม เพียงเท่านี้มอเตอร์ของเราก็จะสามารถหมุนเป็นวงรอบ 360 องศาได้ดังรูปที่ 2.17 และในการนำไปใช้งานจะต้องระมัดระวังเรื่องของโหลดที่นำมาต่อกับมอเตอร์ เพราะหากนำมอเตอร์ไปขับหรือยกโหลดที่มีมวลหนักมากเกินไป อาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับเฟืองหรือเกียร์ต่างๆของมอเตอร์ได้



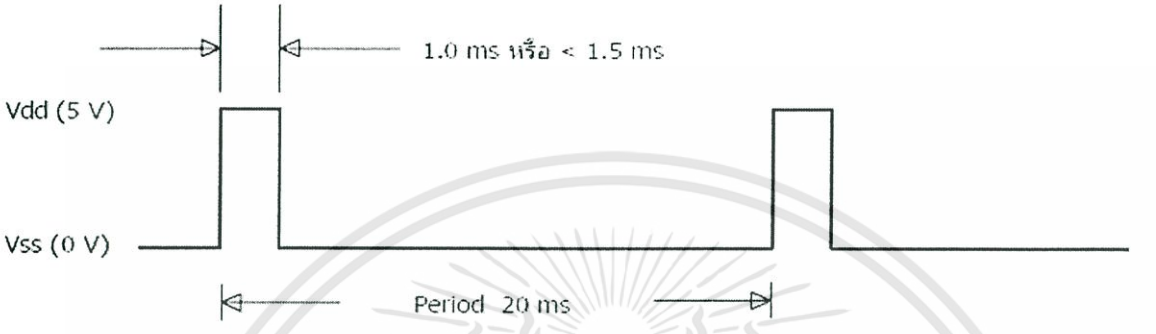
รูปที่ 2.17 แสดงการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของ Servo motor เข้าที่เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

142357

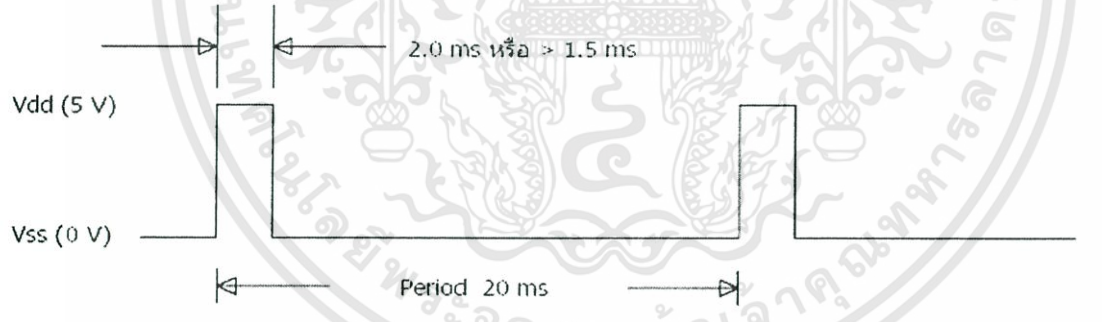
หลังจากเราได้ทำการปรับแต่งการทำงานของโซเวอร์มอเตอร์ให้สามารถหมุนเป็นวงรอบได้แล้ว วิธีในการควบคุมให้มอเตอร์หมุนจะมีลักษณะดังนี้

การควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านซ้ายจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้าง พัลส์ 1ms หรือให้น้อยกว่า 1.5ms โดยจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์นี้ทุกๆ 20ms (หรือในช่วงประมาณ 20ms – 30ms) ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงการควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านซ้าย

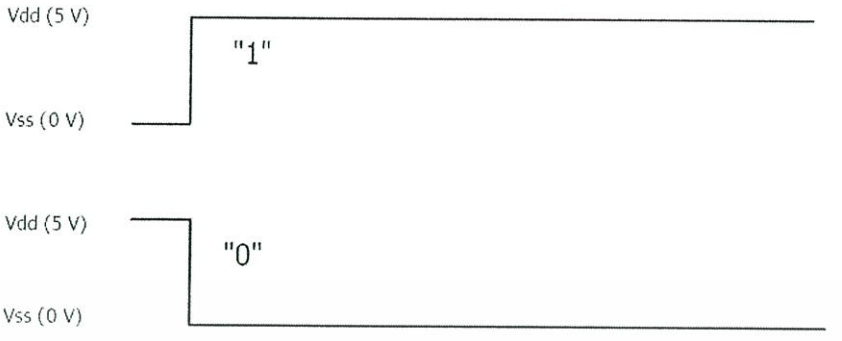
การควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านขวาจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้าง พัลส์ 2ms หรือไม่ต่ำกว่า 1.5ms และจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์นี้ทุกๆ 20ms (หรือในช่วงประมาณ 20ms – 30ms) เช่นกันดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงการควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านขวา

การควบคุมให้มอเตอร์หยุดหมุนทำได้โดยการส่งลอจิก “0” หรือ “1” ให้กับมอเตอร์หรือการไม่จ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงการควบคุมให้มอเตอร์หยุดหมุน

2.3 แสงอินฟราเรด (Infrared)

แสงอินฟราเรด (Infrared) เป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจากแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นที่สั้นมีคุณสมบัติที่เด่น คือ จะเดินทางเป็นแนวเส้นตรงและไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางหรือวัตถุได้ จึงนิยมนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้นๆ เช่น รีโมทสำหรับควบคุมวิทยุ โทรทัศน์เป็นต้นหรือตรวจจับสิ่งของต่างๆ อินฟราเรดเซนเซอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนเครื่องรับและเครื่องส่ง ส่วนเครื่องส่งจะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับเครื่องรับ ใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด แสงที่ส่งออกมาจะมีช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของแสงธรรมดาทั่วๆไป คือ มากกว่า 20kHz ส่วนเครื่องรับจะใช้โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์หรือแอลอีดีอาร์เป็นตัวรับแสงก็ได้ ประสาทสัมผัสทางผิวของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรดและรังสีอินฟราเรดสามารถอธิบายได้ดังนี้

เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในระหว่างแสงที่ตามองเห็น

- ลำแสงอินฟราเรดจะเดินทางเป็นเส้นตรงไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสง และสามารถสะท้อนแสงในวัตถุผิวเรียบได้เหมือนกับแสงทั่วไป
- ใช้มากในเรื่องสื่อสารระยะใกล้ เช่น รีโมทคอนโทรลของเครื่องรับโทรทัศน์
- ปัจจุบันถูกพัฒนาใช้ในการสื่อสารไร้สาย สำหรับเครือข่ายเฉพาะบริเวณ
- เมื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลในเครือข่ายสามารถส่งสัญญาณได้ในระยะ10-30เมตร

2.3.1 คุณสมบัติเด่นของอินฟราเรด

- คลื่นสั้น การเดินทางของแสงเป็นเส้นตรง
- ราคาถูกง่ายต่อการผลิต
- ปลอดภัยต่อการดักสัญญาณ
- ไม่สามารถผ่านวัตถุ ทำให้ติดตั้งอินฟราเรดในห้องติดกันได้

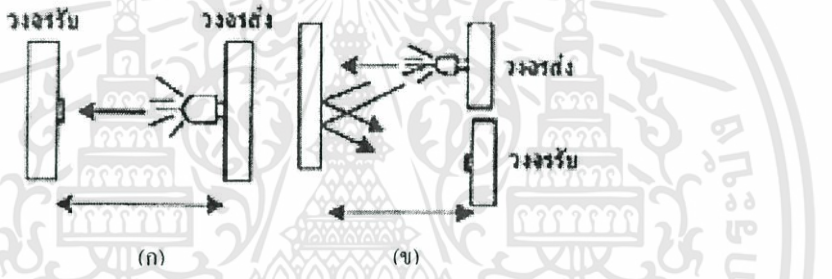
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้อินฟราเรด

- Remote Control ของโทรทัศน์
- โทรศัพท์มือถือ หรือ PDA,Plam
- คอมพิวเตอร์โน้ตบุค
- เครื่องคอมพิวเตอร์มือถือ (Hand held) หรือเครื่องขนาดฝ่ามือ (Palmtop)
- เครื่องเลเซอร์ในการรักษาโรค
- กล้องส่องทางไกล

2.3.3 ลักษณะการใช้งานปัจจุบัน

เป็นลักษณะการใช้งานแบบตรงดังแสดงในรูปที่ 2.21 (ก) คือจะอาศัยหลักการของการตัดเส้นทางเดินของแสง เมื่อมีการตัดเส้นทางเดินของแสงระบบจะทำงาน โดยจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น ทำวงจรตรวจจับคนเดินผ่านเป็นต้น รูปที่ 2.21 (ข) เป็นลักษณะการใช้งานแบบสะท้อนกับวัตถุเมื่อมีวัตถุผ่านหรือขวางกั้นอยู่ เพื่อให้ระบบทำงานแต่ถ้าวัตถุไม่สะท้อนแสงหรือสะท้อนแสงได้น้อย เช่น วัตถุสีดำ ตัวเซนเซอร์ก็จะไม่ทำงานหรือทำงานไม่ดี



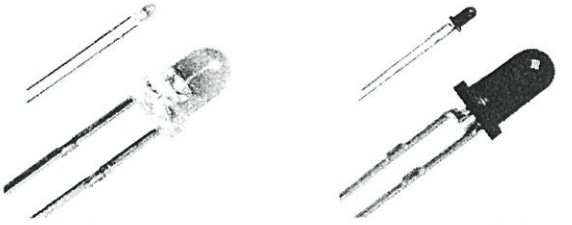
รูปที่ 2.21 แสดงการทำงานของอินฟราเรด

2.3.4 ตัวอย่างอุปกรณ์อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์

ในปัจจุบันอินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ได้มีการสร้างขึ้นมาหลากหลายแบบ โครงสร้างภายนอกแตกต่างกันไปแล้ว แต่การออกแบบของแต่ละโรงงาน ส่วนโครงสร้างภายในนั้นก็เหมือนๆกัน ส่วนตัวอย่างที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นแบบที่ใช้งานในวงจรเซนเซอร์ของโครงงานนี้

จากรูปที่ 2.22 (ก) เป็นลักษณะโครงสร้างภายนอกของตัวส่งแสงอินฟราเรด เรียกกันว่า IR DIODE ในวงจรจะเป็นตัวที่ทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับตัวรับ จะมีลักษณะตัวกลมใสและมีหลายขนาดที่ใช้ในวงจรจะเป็น 3 mm รูปที่ 2.22 (ข) เป็นลักษณะโครงสร้างภายนอกของตัวรับแสงอินฟราเรด เรียกกันว่า โฟโต้ทรานซิสเตอร์ ในวงจรจะเป็นตัวที่ทำหน้าที่รับแสงอินฟราเรดจากตัวส่งจะมีลักษณะกลมดำ และมีหลายขนาดเช่นกัน ที่ใช้ในวงจรนี้ก็จะเป็น 3 mm เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.22 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์

2.4 กล่องยูเอชที

2.4.1 ประเภทของกล่องยูเอชที

2.4.1.1. กล่องยูเอชที [6] มีกระดาษ อะลูมิเนียมฟอยล์และพลาสติก ประเภทโพลีเอททีลีน เป็นส่วนประกอบ ซึ่งช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยไม่ต้องแช่เย็น

2.4.1.2. กล่องพาสเจอไรซ์ มีส่วนประกอบเป็นกระดาษ และพลาสติกเท่านั้น จึงต้องแช่เย็น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่เก็บไว้ได้นาน

2.4.2 ชั้นวัสดุต่าง ๆ กับหน้าที่ของกล่องเครื่องดื่ม

กล่องเครื่องดื่มแบบปลอดเชื้อที่ใช้บรรจุเครื่องดื่มหรืออาหารเหลว เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องแช่ตู้เย็น ทำให้ประหยัดพลังงาน รูปทรงของกล่องช่วยประหยัดเนื้อที่ในการขนส่ง ทำให้ประหยัดเชื้อเพลิง และยังลดมลภาวะอีกด้วย กล่องเปล่าก่อนบรรจุของติดตรา แพ็ค จะนำส่งในรูปของม้วนกระดาษ ทำให้ใช้จำนวนรถบรรทุกน้อยลง ช่วยประหยัดน้ำมัน และลดมลภาวะ กล่องชนิดนี้ทำจากกระดาษ 75% ซึ่งกระดาษเป็นวัสดุที่ทำจากต้นไม้และเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ทดแทนได้ กล่องเครื่องดื่มยังทำให้เราจัดส่งอาหารและเครื่องดื่มสู่ผู้บริโภคในท้องถิ่นที่ห่างไกลได้มากขึ้น โดยไม่ทำลายความสดและคุณค่าทางโภชนาการชั้นวัสดุต่าง ๆ กับหน้าที่ของกล่อเครื่องดื่มแบบปลอดเชื้อ กล่องเครื่องดื่มแบบปลอดเชื้อ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า กล่องยูเอชที ทำจากวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ผนึกแน่นถึงหกชั้นประกอบไปด้วย กระดาษ (75%) โพลีเอททีลีน (20%) และอลูมิเนียมฟอยด์ (5%) กระดาษช่วยสร้างรูปทรงที่แข็งแรงทนทานให้กับบรรจุภัณฑ์ โพลีเอททีลีนมีน้ำหนักเบาช่วยในการผนึก ส่วนอลูมิเนียมฟอยด์ช่วยป้องกันอากาศ แสงสว่างและแบคทีเรียจากภายนอก ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของเครื่องดื่มหรืออาหารที่อยู่ข้างในแสดงดังรูปที่ 2.23

ชั้นที่ 1 โพลีเอททีลีน เพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอก

ชั้นที่ 2 กระดาษ เพื่อความคงทนแข็งแรงของกล่อง

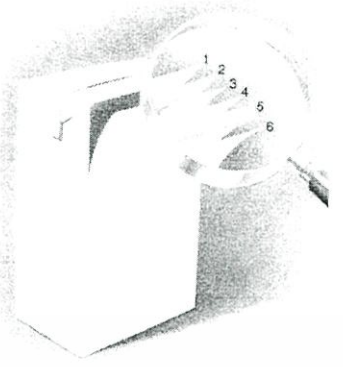
ชั้นที่ 3 โพลีเอททีลีน เพื่อช่วยผนึกล่องให้แน่นสนิท

ชั้นที่ 4 อลูมิเนียมฟอยด์ เพื่อป้องกันผลกระทบจากสภาวะภายนอก เช่น ออกซิเจน แสงสว่าง และการสูญเสียกลิ่นรส

ชั้นที่ 5 โพลีเอททีลีน เพื่อช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท

ชั้นที่ 6 โพลีเอททีลีน เพื่อช่วยยึดติดและป้องกันการรั่วซึมของอาหารเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงชั้นวัสดุต่างๆของกล่องยูเอชที

2.4.3 การรีไซเคิลกล่องยูเอชที [7]

กระดาษเครื่องดื่มผลิตมาจากเยื่อกระดาษที่มีเยื่อใยกาวและเยื่อกึ่งเคมีที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน เยื่อกระดาษจึงมีความแข็งแกร่งกว่าเยื่อกระดาษจากกล่องกระดาษเก่า (old corrugated carton boxes) ที่ผ่านการรีไซเคิลมาหลายครั้ง ดังนั้น เยื่อกระดาษที่ได้มาจากกล่องยูเอชทีจึงเหมาะที่จะนำมาทำเป็นกระดาษกล่องที่ต้องการความแข็งแรงสูง กล่องยูเอชทีที่ใช้แล้วจะถูกนำมาตัดย่อยเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนที่จะนำมาโรยบนแผ่นเหล็กเพื่อขึ้นรูปแผ่นตามความหนาที่ต้องการ จากนั้นจะนำเข้าเครื่องอัดความร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เพื่อหลอมพลาสติกที่ปนอยู่แล้วจึงนำเข้าเครื่องอัดเย็นโดยพลาสติกจะเป็นตัวยึดกระดาษและอลูมิเนียมฟอยด์ให้ติดเป็นเนื้อเดียวกันจึงไม่จำเป็นต้องใช้กาวหรือสารเคมีใดๆ

แผ่นกระดานอัดที่ได้จากการรีไซเคิลกล่องเครื่องดื่มจึงประกอบด้วยกระดาษ 75%โพลิเอ-ทิลีน 20% และ อลูมิเนียมฟอยล์ 5% ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งนั้น เรียกว่า กรีนบอร์ด (Green Board)

คุณสมบัติของกรีนบอร์ด

1. ผลิตจากวัสดุเหลือใช้และมีพื้นผิวเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว
2. กันฝ้าได้ดี กันปลวกได้ 100% และไม่เป็นผุยผง
3. เป็นฉนวนกันความร้อนและเสียงได้ดี
4. ดัดโค้งและทำเป็นรูปร่างต่างๆได้ตามความต้องการ
5. สามารถเลื่อย ดัด ตัด ติดกาว และยึดด้วยตะปูได้เช่นเดียวกับแผ่นไม้อื่นๆ
6. ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์

ส่วนพลาสติกและฟอยล์สามารถนำไปทำเป็นอุปกรณ์พลาสติกที่ต้องการความแข็งแรง เช่นด้ามจับกระทะ หรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกรีไซเคิลทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 พลาสติก

พลาสติก หมายถึง วัสดุที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุพื้นฐาน 2 ชนิด คือ คาร์บอนและโฮ-โดรเจน[8]ซึ่งเมื่อเติมสารบางอย่างลงไปจะทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น แข็งแกร่ง ทนความร้อน ลื่นและยืดหยุ่น เราอาจสังเคราะห์พลาสติกชนิดต่าง ๆ ได้มากมาย โดยการเติมสารเคมีชนิดต่าง ๆ เข้าไปโดยใช้สัดส่วนและกรรมวิธีที่แตกต่างกัน พลาสติกประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) ซึ่งเกิดจากโมเลกุลขนาดเล็กที่มาต่อเข้าด้วยกันเป็นสายยาวเหมือนโซ่ สายโมเลกุลเหล่านี้จะเกี่ยวพันกัน ทำให้พลาสติกแข็งแกร่ง แต่กว่าจะดึงสายโมเลกุลพลาสติกให้แยกจากกันได้ก็ต้องใช้แรงมากพอสมควร กระบวนการที่ทำให้โมเลกุลขนาดเล็กมาต่อรวมกันเข้าจนมีขนาดใหญ่ขึ้นนั้น เรียกว่าการเกิดพอลิเมอร์ (polymerisation) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพลาสติก (catalyst) กระตุ้นให้โมเลกุลขนาดเล็กมายึดต่อเข้าด้วยกัน

2.5.1 ประเภทพลาสติก

พลาสติกแบ่งออกเป็น2ชนิดคือ

2.5.1.1 เทอร์โมเซตติ้ง (thermosetting) เป็นพลาสติกที่เกิดปฏิกริยาเคมีเมื่อนำไปขึ้นรูป พลาสติกประเภทน้ำไม่สามารถนำไปหลอมเพื่อนำมาใช้ใหม่ ตัวอย่างของพลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ โพลียูเรเธน (PUR) อีพอกซี่ (Epoxy) ฟีโนลิค (Phenolic) เมลามีน (Melamine)

2.5.1.2 เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) เป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน และแข็งตัวเมื่อเย็นลง พลาสติกประเภทนี้สามารถนำมาหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ ตัวอย่างของพลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ โพลีเอทธิลีน (PE) โพลีโพรพิลีน (PP) โพลีสไตรลีน (PS) โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)

2.5.2 การรีไซเคิลขวดพลาสติก

พลาสติกที่ใช้กันมีหลายชนิด พลาสติกที่รีไซเคิลได้ หลักๆเป็น เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) ซึ่งเป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน และแข็งตัวเมื่อเย็นลง พลาสติกประเภทนี้สามารถนำมาหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้โดยเราสังเกตุได้จากก้นขวดซึ่งมักจะใส่สัญลักษณ์ว่า รีไซเคิลได้ และใส่หมายเลขชนิดของพลาสติกนั้นไว้

ขั้นตอนการรีไซเคิลพลาสติก

1. การตรวจขยะพลาสติก (Inspection) เป็นการแยกสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่ติดอยู่กับขยะพลาสติกออก เช่น เศษหิน ทราย หรือแก้ว ตลอดจนการแยกขยะพลาสติกที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ออกมา

2. การตัดและล้าง(Chopping and Washing)ในขั้นตอนนี้พลาสติกจะถูกตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆและล้างให้สะอาด ขั้นตอนนี้ฝุ่นและสิ่งสกปรกจะถูกกำจัดออกไป

3. การลอยในน้ำ (Flotation Tank) ถ้าขยะพลาสติกปนกันมาหลายประเภท ซึ่งเรามีวิธีการคัดแยกพลาสติกตามประเภทอย่างง่ายๆ โดยการนำมาลอยน้ำ บางชิ้นจะจมและบางชิ้นสามารถลอยน้ำได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของพลาสติกนั้นๆ

4. ทำให้แห้ง (Drying) หลังจากผ่านขั้นตอนการล้างและลอยในน้ำแล้ว พลาสติกจะถูกนำมาเป่าด้วยลมร้อนเพื่อทำให้แห้ง

5. หลอมด้วยความร้อน (Melting) จากนั้นนำขยะพลาสติกที่ได้มาหลอมใหม่โดยใช้ความร้อน ที่อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การกรอง (Filtering) พลาสติกเหลวที่ได้จะถูกส่งผ่านแผ่นกรองที่มีขนาดพอเหมาะ เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่ยังตกค้างอยู่ จากนั้นพลาสติกเหลวจะผ่านเข้าสู่เครื่องอัดรีด (extruder) ออกมาเป็นเส้น

7. การทำเม็ดพลาสติก (Pelletizing) ขั้นตอนนี้เส้นพลาสติกจะถูกตัดให้เป็นเม็ดเล็กๆ บรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

การขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่โดยใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลทั้งหมดจะทำให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพลดลง บางครั้งโรงงานจะนำเม็ดพลาสติกใหม่มาผสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติดีขึ้น

2.6 โครงการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการทำงานของเครื่องจะอ้างอิงจากโครงงานเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี(มทร.ธัญบุรี)ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์พร็อกซิมิตี้มาช่วยในการตรวจสอบคุณสมบัติของขยะประเภทต่างๆโดยอาศัยการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อตรวจสอบขยะแต่ละประเภทและแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน(7-Segment)ซึ่งขยะที่จะรับซื้อจะเป็นกล่องยูเอชทีขนาด 100,200,500,1000 มิลลิลิตร และขวดฝาพลาสติกขนาดความจุไม่เกิน 600 มิลลิลิตร เนื่องจากขยะ 2 ประเภทนี้มีมากในเมืองใหญ่และสามารถนำไปรีไซเคิลแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้

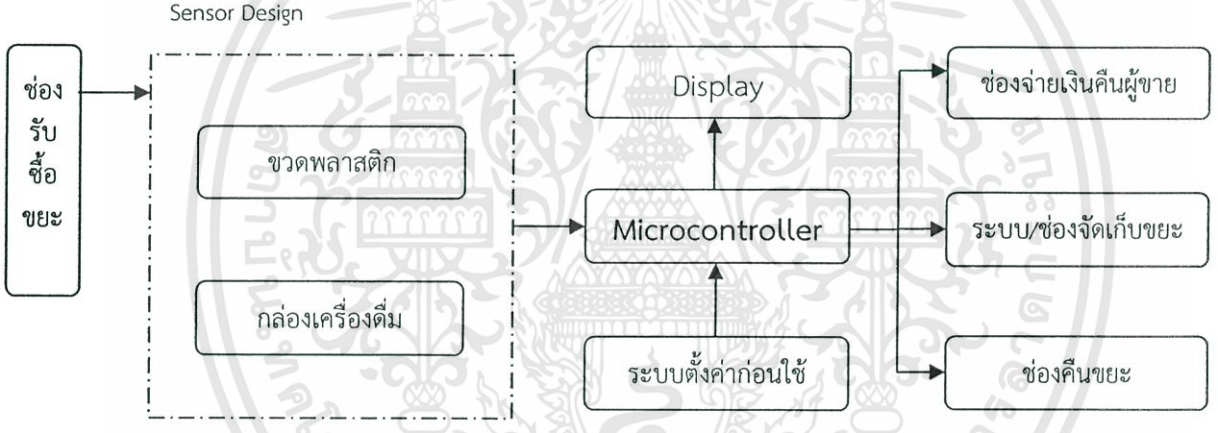
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการ และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือส่วนแรกเป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานทั้งหมดของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก ส่วนที่สองเป็นการออกแบบวงจรทั้งหมดที่ใช้ในโครงงานนี้ ส่วนที่สามเป็นการออกแบบโปรแกรมจะอธิบายถึงโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) การทำงานของระบบ ส่วนที่สี่เป็นการออกแบบโครงสร้างและชุดกลไกแมคคานิกส์จะอธิบายการสร้างและการทำงานได้ดังนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

ในการศึกษาวิจัยนี้คณะผู้วิจัยมีกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นั้นคือ ส่วนของการศึกษาออกแบบ และสร้างตัวตรวจจับเพื่อใช้ในการคัดแยกขยะให้ได้ตามขนาด และประเภทของขยะที่ต้องการ และส่วนของกระบวนการจัดเก็บขยะ ซึ่งทั้งสองส่วนได้แสดงดังในไดอะแกรมรูปที่ 1



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย

จากรูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบตรวจจับกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกซึ่งสามารถอธิบายถึงส่วนต่างๆและการทำงานได้ดังนี้

ระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที ใช้เซนเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดเก็บประจุและแบบเหนี่ยวนำเป็นตัวตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที โดยเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุรุ่น E2K-C25ME1 ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบความเป็นกระดาษในกล่องยูเอชที และเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำรุ่น E2EV-X10C1 ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบความเป็นอลูมิเนียมฟอยด์ในกล่องยูเอชที เมื่อผ่านการตรวจสอบว่ามีคุณลักษณะของกล่องยูเอชทีแล้วซึ่งเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุจะมีสถานะเป็นลอจิก 1 และเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำก็จะมีสถานะเป็นลอจิก 1 เช่นกันส่งไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลว่ามีคุณลักษณะเป็นกล่องยูเอชที

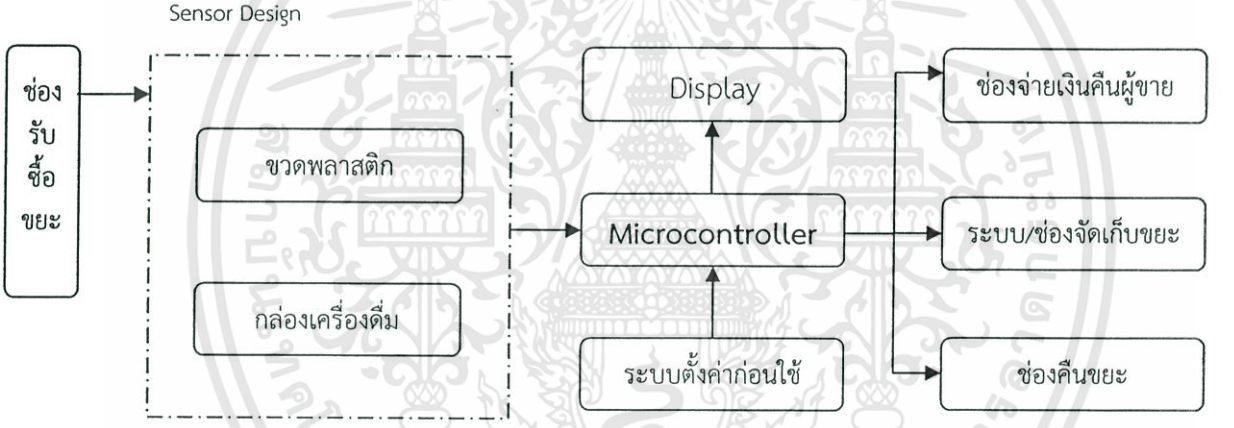
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการ และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือส่วนแรกเป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานทั้งหมดของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก ส่วนที่สองเป็นการออกแบบวงจรทั้งหมดที่ใช้ในโครงงานนี้ ส่วนที่สามเป็นการออกแบบโปรแกรมจะอธิบายถึงโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) การทำงานของระบบ ส่วนที่สี่เป็นการออกแบบโครงสร้างและชุดกลไกแมคคานิกส์จะอธิบายการสร้างและการทำงานได้ดังนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

ในการศึกษาวิจัยนี้คณะผู้วิจัยมีกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นั้นคือส่วนของการศึกษาออกแบบ และสร้างตัวตรวจจับเพื่อใช้ในการคัดแยกขยะให้ได้ตามขนาด และประเภทของขยะที่ต้องการ และส่วนของกระบวนการจัดเก็บขยะ ซึ่งทั้งสองส่วนได้แสดงดังในไดอะแกรมรูปที่ 1



รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมกรอบแนวความคิดของโครงงานวิจัย

จากรูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบตรวจจับกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกซึ่งสามารถอธิบายถึงส่วนต่างๆและการทำงานได้ดังนี้

ระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที ใช้เซนเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดเก็บประจุและแบบเหนี่ยวนำเป็นตัวตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที โดยเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุรุ่น E2K-C25ME1 ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบความเป็นกระดาษในกล่องยูเอชที และเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำรุ่น E2EV-X10C1 ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบความเป็นอลูมิเนียมฟอยด์ในกล่องยูเอชที เมื่อผ่านการตรวจสอบว่ามีคุณลักษณะของกล่องยูเอชทีแล้วซึ่งเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุจะมีสถานะเป็นลอจิก 1 และเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำก็จะมีสถานะเป็นลอจิก 1 เช่นกันส่งไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลว่ามีคุณลักษณะเป็นกล่องยูเอชที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก ใช้เซนเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดลำแสง รุ่น SR-Q50NW ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบคุณลักษณะความใสของขวดน้ำพลาสติกซึ่งเซนเซอร์ชนิดลำแสงจะมีสถานะเป็นลอจิก 1 และใช้เซนเซอร์อินฟราเรดเป็นตัวตรวจสอบคุณลักษณะความขุ่นของขวดน้ำพลาสติกซึ่งเซนเซอร์อินฟราเรดจะมีสถานะเป็นลอจิก 1 เช่นกัน ส่งไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล

ตัวประมวลผล (CPU) เป็นภาคที่ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลหรือสัญญาณที่ได้รับจากระบบต่างๆในเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก ซึ่งในที่นี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัว เพื่อลดปัญหาการเกิดสัญญาณรบกวนในขณะเครื่องกำลังทำงาน โดยตัวแรกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51AC3 รับสัญญาณการใช้งานจากวงจรแอลอีดี 7 ส่วน วงจรคีย์แพด วงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจสอบเหรียญหมด และวงจรมอเตอร์เซอร์โวสำหรับระบบจ่ายเหรียญและขวดน้ำพลาสติก ตัวที่ 2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89S52 รับสัญญาณการใช้งานจากวงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจสอบขนาดกล่องยูเอชที วงจรมอเตอร์ดีซีขับลูกกลิ้งของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที วงจรมอเตอร์ขับบอลสกรูของระบบรับซื้อขวดน้ำพลาสติก และวงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ตรวจสิบคุณลักษณะกล่องยูเอชที

ระบบจ่ายเหรียญ เป็นส่วนที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการจ่ายเหรียญออกมาให้แก่ผู้ใช้บริการ โดยมีการจ่ายเหรียญทั้งหมด 4 ขนาด คือ เหรียญ 10 บาท เหรียญ 5 บาท เหรียญ 1 บาท และเหรียญ 50 สตางค์

การแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน (7-segment) จะเป็นตัวแสดงราคาของกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก จำนวนเงินที่ต้องจ่ายให้แก่ผู้ใช้บริการ และแสดงการปรับเปลี่ยนราคาและรหัสผ่านหรือกล่าวได้ว่าทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่างระบบกับผู้ใช้งาน (User Interface)

คีย์แพด เป็นตัวคีย์ข้อมูลราคาของกล่องยูเอชทีแต่ละขนาดและขวดน้ำพลาสติก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงราคาและบันทึกข้อมูลนั้นไว้ นอกจากนี้คีย์แพดยังเป็นตัวคีย์รหัสผ่านเข้าระบบเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงราคาและยังสามารถเปลี่ยนแปลงรหัสผ่านได้อีกด้วย

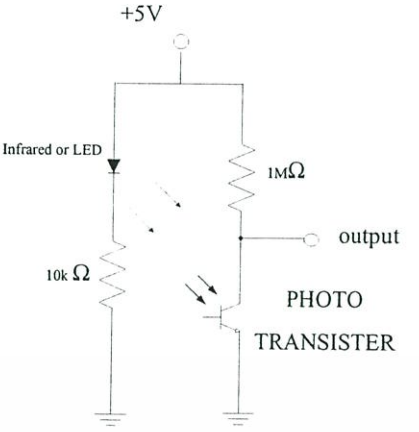
3.2 การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์

ในการออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกจะตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของโปรแกรมกับส่วนของโครงสร้างให้ทำงานด้วยกันได้โดยมีรายละเอียดดังจะกล่าวต่อไปนี้

3.2.1 การออกแบบวงจรตรวจสอบขนาดของกล่องยูเอชที

ในการตรวจสอบขนาดของกล่องยูเอชทีจะใช้วงจรเซ็นเซอร์ทางแสงโดยตัวส่งจะกำเนิดแสงอินฟราเรดส่งให้กับตัวรับที่เป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งลักษณะวงจรการต่อใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3.2 ในการออกแบบวงจรเซนเซอร์นั้น อาศัยหลักการทำงานของแสงอินฟราเรดที่จะส่งให้กับตัวรับที่เป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ซึ่งเมื่อมีวัตถุตัดผ่านระว่างตัวส่งกับตัวรับ ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะไม่สามารถรับแสงได้ เนื่องจากแสงและความถี่ของอินฟราเรดไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุได้ จึงได้เลือกใช้อุปกรณ์รับส่งอินฟราเรดมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรเซนเซอร์อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 3.2 เป็นวงจรเซนเซอร์อินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่ไม่ได้เพิ่มวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยจะประกอบด้วยตัวส่งแสงอินฟราเรดและตัวรับแสงอินฟราเรดซึ่งได้ทดลองวงจรโดยวางหัวส่งและรับที่ระยะความห่างที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เพื่อหาว่าอินฟราเรดสามารถส่งได้ไกลเท่าไรที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ยังรับได้ และจากรูปที่ 3.2 สามารถคำนวณค่าความต้านทานที่อยู่กับอินฟราเรดได้ดังนี้

กำหนดให้ VCC = 5V

I =กระแสที่ต้องการ (กระแสที่ไหลผ่าน LED)

R =ค่าความต้านทานที่ต้องการหา

เนื่องจากอินฟราเรดต้องการแรงดันเท่ากับ 1.2V

จะได้ VCC = 1.2 + IR

5 V = 1.2 + 0.0005R

R = 3.8 / 0.0005

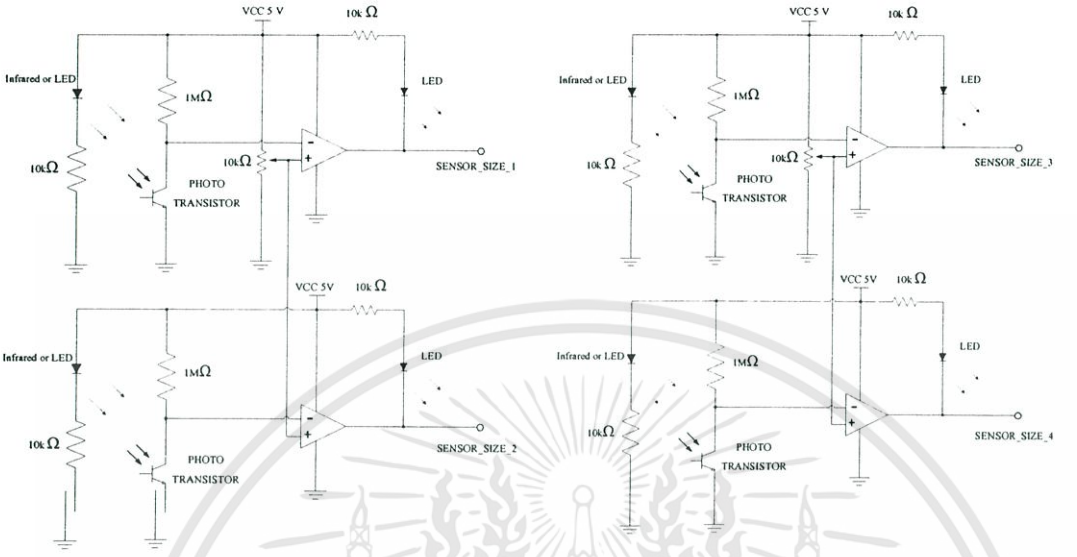
R = 8.3 กิโลโอห์ม ; เลือกใช้ 10 กิโลโอห์ม

แต่วงจรดังกล่าวใช้งานไม่ได้เนื่องจากที่ระยะห่างยาวออกไปพบว่าค่าแรงดันที่ขา C สูงขึ้น ดังนั้นจึงเพิ่มวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อให้ทำงานประสิทธิภาพดีขึ้นโดยเมื่อปรับปรุงแก้ไขแล้วจะได้วงจรใหม่ดังแสดงในรูปที่ 3.3 เป็นวงจรรับและส่งของอินฟราเรดโดยอาศัยวงจรเปรียบเทียบแรงดันของออปแอมป์มาช่วย ในขณะที่ไม่มีวัตถุมากั้นแสงอินฟราเรดแรงดันเอาท์พุตก็จะมีศักย์เป็น “1” และเมื่อมีวัตถุมากั้นที่เอาท์พุตก็จะมีศักย์เป็น “0” การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันนั้นจะต้องตั้งค่าแรงดันอ้างอิงไว้ที่ขาบวกของออปแอมป์ ซึ่งถ้าแรงดันที่ขา C ของทรานซิสเตอร์มีมากกว่าแรงดันอ้างอิงแล้ว เอาต์พุตที่ได้จะมีค่าเป็น 0V หรือลอจิก “0” และเมื่อแรงดันที่ขา C ของทรานซิสเตอร์มีค่าน้อยกว่าจะทำให้ได้แรงดันที่เอาต์พุตเท่ากับแรงดันอ้างอิงของทรานซิสเตอร์มีค่าน้อยกว่าจะทำให้ได้แรงดันที่เอาต์พุตเท่ากับแรงดันอ้างอิงหรือมีค่าเป็นลอจิก “1”

จากการทดสอบพบว่าสามารถรับได้ไกลกว่าวงจรที่แล้ว จึงได้นำวงจรนี้ไปใช้งานในโครงงานนี้ ส่วนตัวต้านทานที่ต่อกับขาแอโนดของอินฟราเรดนั้น ค่ายิ่งต่ำยิ่งดีจะทำให้กระแสไหลจากแอโนดไปยังแคโทดมีมากทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ส่งได้ไกลมากขึ้น และค่าความต้านทานที่ต่อกับขา C ของทรานซิสเตอร์นั้นต้องให้มีค่าที่สูงขึ้นเพื่อให้ได้เอาต์พุตที่สูงเกือบเท่า VCC ได้



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรรับและส่งของอินฟราเรดที่เพิ่มวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

การคำนวณหาค่าความต้านทานของวงจรตัวรับตัวส่ง R=1M เนื่องจากต้องการแรงดันเอาต์พุตสูงๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตกับแรงดันอ้างอิงได้รวดเร็วและแน่นอน

กำหนดให้ VCC = 5V
I = กระแสที่ต้องการ (กระแสที่ไหลผ่าน LED)
R = ค่าความต้านทานที่ต้องการหา

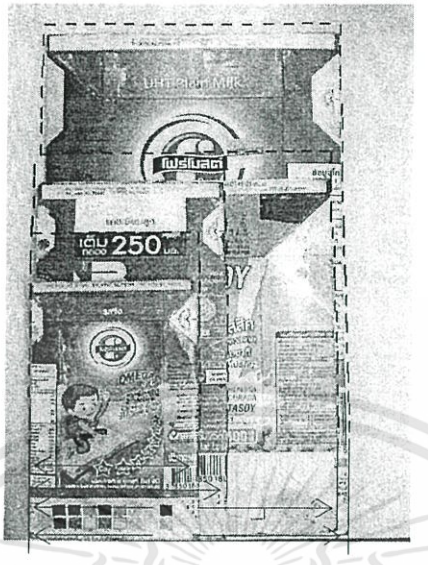
จะได้ VCC = IR
5 V = (5μA)R
R = 5 / 5μA
R = 1M ; เลือกใช้ 1M

และการคำนวณที่ R=330 โอห์ม เนื่องจากอินฟราเรดต้องการแรงดันเท่ากับ 1.2V จึงคำนวณหาค่า R ได้ดังนี้

จะได้ VCC = 1.2 + IR
5 V = 1.2 + 0.0005R
R = 3.8 / 0.0005
R = 8.3 กิโลโอห์ม ; เลือกใช้ 10 กิโลโอห์ม

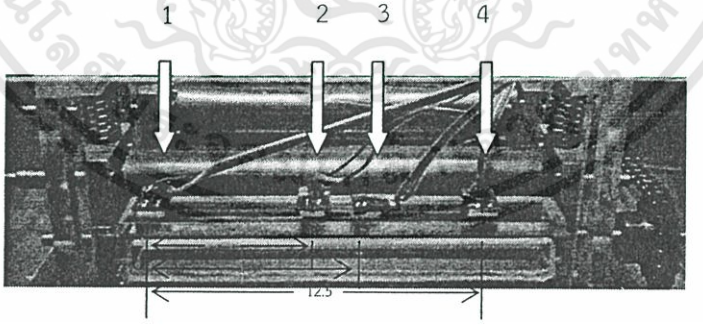
และการจัดวางตำแหน่งเซ็นเซอร์เพื่อตรวจสอบขนาดของกล่องยูเอชทีจะอ้างอิงถึงขนาดจริงของกล่องยูเอชทีเป็นหลัก โดยมีขนาดแสดงดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงขนาดของกล่องยูเอชที

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่ากล่องยูเอชทีขนาด 500 และ1000 มิลลิลิตร มีขนาดใกล้เคียงกันมาก ซึ่งมีระยะห่างระหว่างทั้ง 2 กล่อง ห่างกัน 0.5 เซนติเมตร หากวางตำแหน่งเซนเซอร์เป็นแนวระนาบขนาดละ 1 ตัว โดยวัดจากความกว้างของขนาดกล่องยูเอชทีทั้งหมด การตรวจสอบขนาดของกล่องยูเอชทีขนาด 500 และ 1000 มิลลิลิตรจะเกิดความผิดพลาดดังนั้นจึงจัดวางตำแหน่งเซนเซอร์ตรวจเช็คขนาดของกล่องยูเอชที แสดงดังรูปที่ 3.5 ซึ่งลักษณะการจัดวางเซ็นเซอร์ตัวที่ 3 เป็นแนวตั้งเนื่องจากหากจัดวางเซ็นเซอร์ตัวที่ 3 เป็นแนวนอนจะทำให้การตรวจสอบขนาดกล่องยูเอชที 110 มิลลิลิตรและ 250 มิลลิลิตรเกิดการผิดพลาดทั้งนี้เพราะระบบอาจจะตรวจสอบได้ว่ากล่องยูเอชทีขนาด 110 มิลลิลิตรเป็นขนาด 250 มิลลิลิตร



รูปที่ 3.5 แสดงการจัดวางตำแหน่งเซ็นเซอร์เช็คขนาดของกล่องยูเอชที

จากรูปที่ 3.5 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจสอบขนาดของกล่องยูเอชทีมีดังนี้

โดยปกติแล้ว เซ็นเซอร์ตรวจสอบขนาดของกล่องยูเอชทีทั้ง 4 ตัวมีสถานะลอจิก “1” หากเซนเซอร์ตัวที่ 1 และ 2 แสดงสถานะลอจิก “0” แสดงว่าระบบตรวจสอบได้ว่าเป็นกล่องยูเอชที ขนาด 110 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

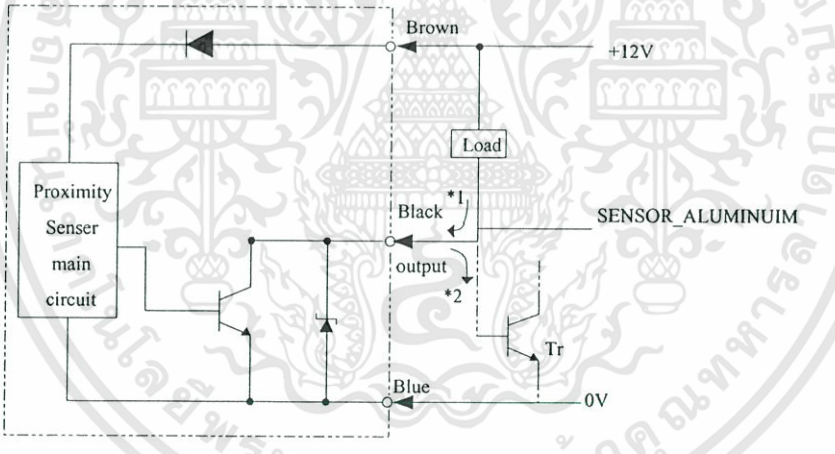
เซนเซอร์ตัวที่ 1 , 2 และ3 แสดงสถานะลอจิก “0” แสดงว่าระบบตรวจสอบได้ว่าเป็นกล่องยูเอชที ขนาด 250 มิลลิลิตร

เซนเซอร์ตัวที่ 1 , 2, 3 และ4 แสดงสถานะลอจิก “0” แสดงว่าระบบตรวจสอบได้ว่าเป็นกล่องยูเอชที ขนาด 500 และ1000 มิลลิลิตร

จากหลักการทำงานเบื้องต้นพบว่าหากเซนเซอร์ตัวที่ 1 , 2, 3 และ4 แสดงสถานะลอจิก “0” ระบบจะตรวจสอบได้ว่าเป็นกล่องยูเอชทีขนาด 500 และ1000 มิลลิลิตร ซึ่งระบบไม่สามารถแยกแยะได้ว่าเป็นกล่องยูเอชทีขนาด 500 มิลลิลิตรหรือ 1000 มิลลิลิตร ดังนั้น จะมีเซนเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชทีตรวจสอบอีกครั้ง แล้วทำการนับเวลาเมื่อกล่องยูเอชทีเคลื่อนมาถึงเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะ จนกล่องยูเอชทีเคลื่อนผ่านพ้นเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะไปแล้ว ระบบก็จะแยกแยะได้โดยนับเวลา หากเป็นกล่องยูเอชทีขนาด 500 มิลลิลิตรจะใช้เวลาในการเคลื่อนผ่านเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้น้อยกว่ากล่องยูเอชทีขนาด 1000 มิลลิลิตร (เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนทั้งสองขนาดมีความแตกต่างกัน)

3.2.2 การออกแบบวงจรตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที

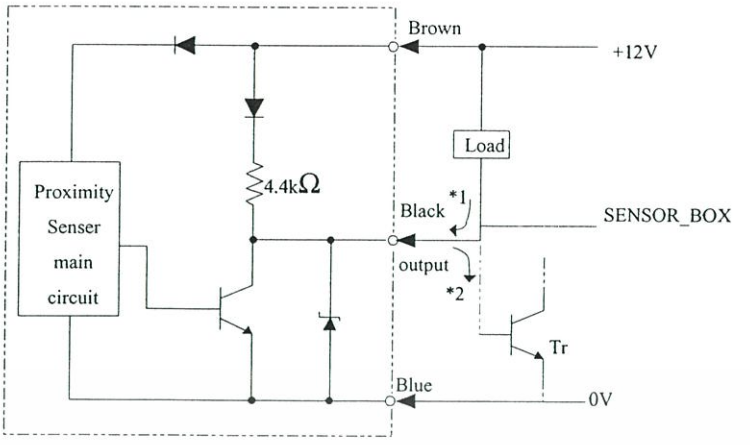
ในการตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที จะใช้วงจรพร็อกซิมิตีสวิทช์แบบเหนี่ยวนำ รุ่น E2EV-X10C1 ตรวจสอบความเป็นอลูมิเนียมฟอยด์ในกล่องยูเอชที และใช้วงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดเก็บประจุ รุ่น E2K-C25ME1 ตรวจสอบความเป็นกระดาษในกล่องยูเอชที



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดแบบเหนี่ยวนำรุ่น E2EV-X10C1

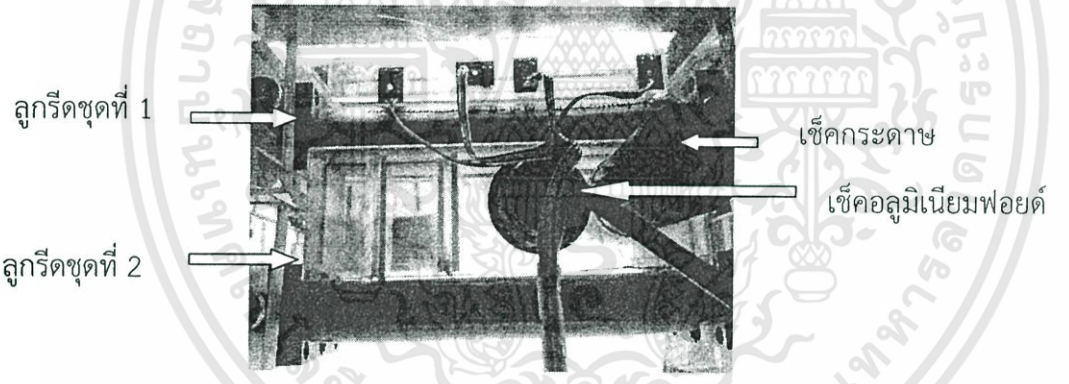
จากรูปที่ 3.6 เมื่อวัตถุที่เป็นโลหะตัดผ่านพร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดแบบเหนี่ยวนำรุ่น E2EV-X10C1จะมีกระแสไบอัสขา B ของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานโดยกระแสไหลไม่เกิน100mA เอาต์พุตจะมีลอจิกเป็น 1 และถ้ามีวัตถุที่เป็นอโลหะตัดผ่านจะทำให้พร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดแบบเหนี่ยวนำไม่ไบอัสขา B ของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน กระแสจะไม่ไหลเอาต์พุตจะมีลอจิกเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดเก็บประจุรุ่น E2K-C25ME1

จากรูปที่ 3.7 เมื่อวัตถุที่เป็นอโลหะตัดผ่านพร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดเก็บประจุรุ่น E2K-C25ME1 จะมีกระแสไบอัสขา B ของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานโดยกระแสไหลไม่เกิน100mA เอาต์พุตจะมีลอจิกเป็น 1 และถ้ามีวัตถุที่เป็นโลหะตัดผ่านจะทำให้พร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดแบบเหนี่ยวนำไม่ไบอัสขา B ของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน กระแสจะไม่ไหลเอาต์พุตจะมีลอจิกเป็น 0



รูปที่ 3.8 แสดงการวางตำแหน่งเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที และลูกกลิ้งทั้ง 2 ชุด

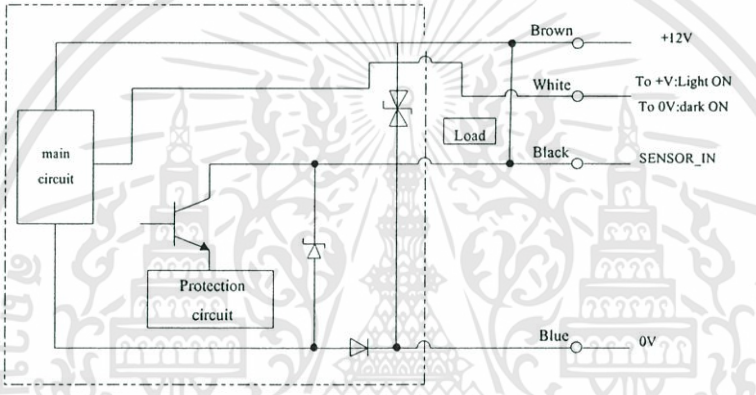
หลังจากออกแบบระบบเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะความเป็นกล่องยูเอชทีแล้ว ก็จะเป็นการออกแบบระบบการฟีด (Feed) เพื่อจัดเก็บขยะ โดยลักษณะการทำงานของวงจรตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที เมื่อกล่องยูเอชทีเคลื่อนผ่านการตรวจสอบขนาดแล้ว จะเคลื่อนมาถึงเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชทีซึ่งเลือกใช้พร็อกซิมิตี้สวิทช์ 2 ตัว คือ แบบเหนี่ยวนำรุ่นE2EV-X10C1ใช้ตรวจสอบความเป็นอลูมิเนียมฟอยด์ในกล่องยูเอชทีและชนิดเก็บประจุรุ่น E2K-C25ME1 ใช้ตรวจสอบความเป็นกระดาษในกล่องยูเอชที ซึ่งการจัดวางเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ทั้ง 2 ตัวจะจัดวางในแนวระนาบเดียวกัน แสดงดังรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 โดยปกติแล้วเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ทั้ง 2 ตัวมีสถานะลอจิกเป็น “0” เมื่อมีกล่องยูเอชทีเคลื่อนมาถึงเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ทั้ง 2 ตัวจะตรวจสอบกระดาษและอลูมิเนียมฟอยด์ตามคุณลักษณะของกล่องยูเอชที หากใช่กล่องยูเอชที เซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ทั้ง 2 ตัวจะแสดงสถานะลอจิกเป็น “1” ระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์ 1 หมุนไปทางซ้ายเรื่อยๆ จนกล่อง ยูเอชทีเคลื่อนพ้นลูกกลิ้งชุดที่ 2 และตกลงในที่เก็บกล่องยูเอชที แต่หากเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ตัวใดตัวหนึ่งแสดงสถานะลอจิกเป็น “1” ระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์ 1 หมุนขวาไปเรื่อยๆ จนกล่องยูเอชทีเคลื่อนผ่านเซ็นเซอร์ตรวจสอบขนาด มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน ซึ่งตำแหน่งในการวางเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะของกล่องยูเอชทีและลูกกลิ้งทั้ง 2 ชุด แสดงดังรูปที่ 3.8

3.2.3 การออกแบบวงจรตรวจสอบคุณลักษณะของขวดน้ำพลาสติก

ในการตรวจสอบคุณลักษณะของขวดน้ำพลาสติก จะใช้วงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ลำแสงรุ่น SR-Q50NW ตรวจสอบความใสของขวดน้ำพลาสติก



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรพร็อกซิมิตี้สวิทช์ลำแสง รุ่น SR-Q50NW

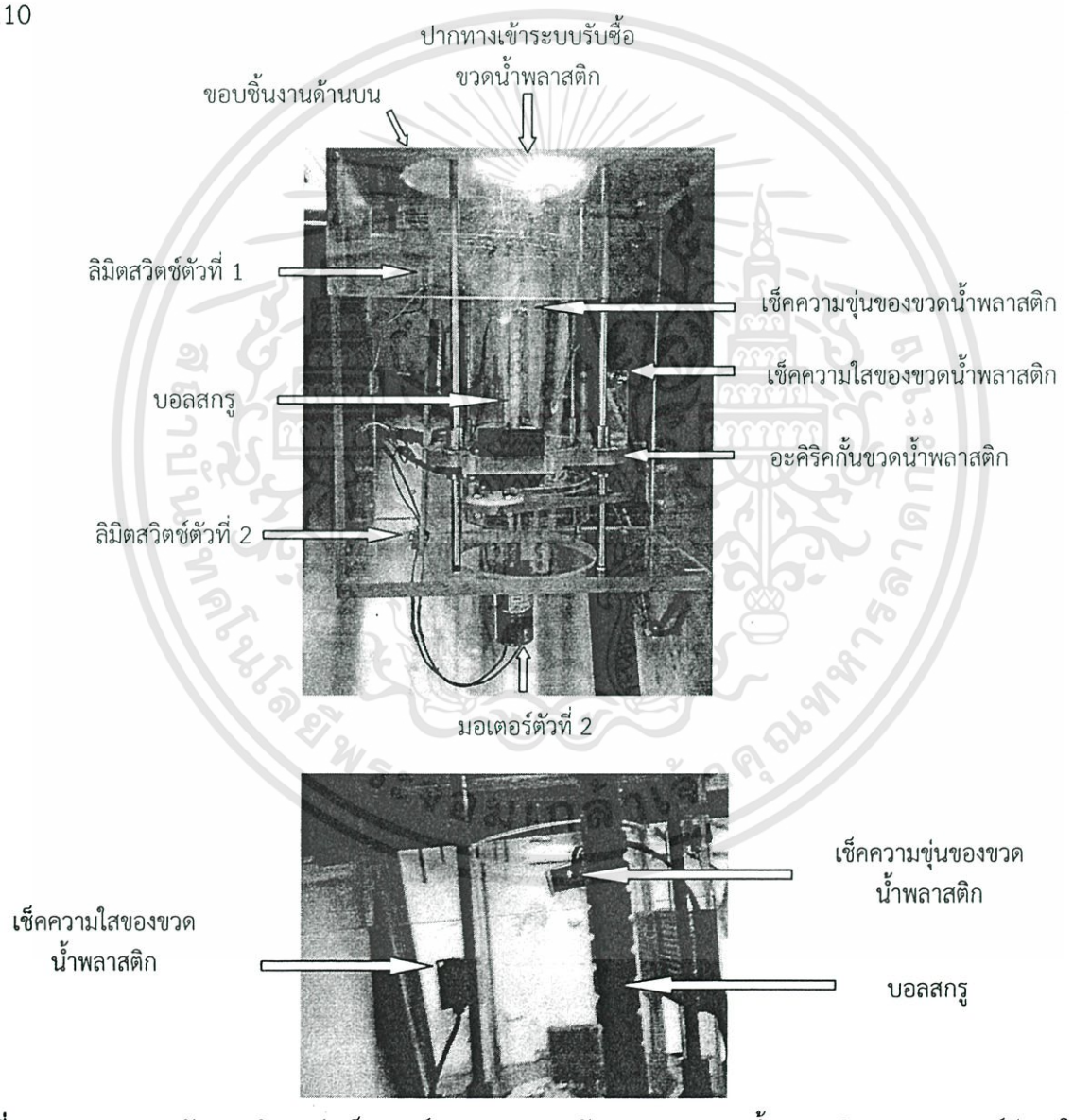
จากรูปที่ 3.9 เมื่อวัตถุที่เป็นอโลหะตัดผ่านพร็อกซิมิตี้สวิทช์ลำแสง รุ่น SR-Q50NW จะมีกระแสไบอัสขา B ของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานโดยกระแสไหลไม่เกิน100mA เอาต์พุตจะมีลอจิกเป็น 1 และถ้ามีวัตถุที่เป็นโลหะตัดผ่านจะทำให้พร็อกซิมิตี้สวิทช์ชนิดแบบเหนี่ยวนำไม่ไบอัสขา B ของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน กระแสจะไม่ไหลเอาต์พุตจะมีลอจิกเป็น 0

และใช้เซนเซอร์อินฟราเรด ดังรูปที่ 3.2 เป็นตัวตรวจสอบลักษณะความขุ่นของขวดน้ำพลาสติก ในการปรับความขุ่นของขวดน้ำพลาสติกนั้น ทำได้โดยเอาขวดน้ำพลาสติกที่ต้องการรับซื้อมาวางเป็นตัวอย่าง แล้วค่อยๆปรับ VR จนถึงค่าๆหนึ่ง (จะมี LED แสดงผลเมื่อปรับค่าได้แล้ว LED จะเปลี่ยนจากไฟสว่างเป็นไฟดับ) เมื่อได้แล้วลองนำขวดชนิดอื่นๆ มาทดสอบ หากผลออกมาไม่เหมือนกับการตั้งค่าในครั้งแรก (โดยสภาวะปกติ LED จะส่องสว่าง เมื่อมีวัตถุตัดผ่านระหว่างตัวส่งกับตัวรับ แต่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ยังคงรับแสงได้อีก จึงทำให้ LED ยังคงสว่างอยู่) แสดงว่าการปรับค่านั้นระบบสามารถตรวจสอบความขุ่นได้ถูกต้อง

โดยลักษณะการทำงานของวงจรตรวจสอบคุณลักษณะของขวดน้ำพลาสติก ปกติแล้วเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิทช์ลำแสงรุ่น SR-Q50NW ตรวจสอบความใสของขวดน้ำพลาสติกและเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจสอบลักษณะความขุ่นของขวดน้ำพลาสติกมีสถานะลอจิกเป็น “0” เมื่อใส่ขวดน้ำพลาสติกลงไปในกระบอกรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขวดน้ำพลาสติก เซ็นเซอร์ทั้ง 2ตัวที่กล่าวมาข้างต้นจะทำการตรวจสอบลักษณะความขุ่น ใสของขวดน้ำพลาสติก หากมีลักษณะตรงกับที่ระบบได้ตั้งค่าไว้ เซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัวจะเปลี่ยนสถานะลอจิกเป็น “1” ระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวดีดอะคิริคที่กั้นขวดน้ำพลาสติกออก ขวดน้ำพลาสติกก็จะตกลงในที่เก็บขวดน้ำพลาสติก หากตรวจสอบแล้วมีลักษณะความขุ่น ใสของขวดน้ำพลาสติกไม่ตรงกับที่ระบบได้ตั้งค่าไว้ ระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์ 2 หมุนไปทางขวา เป็นตัวขับเคลื่อนบอลสกรูให้กระบอกรองรับขวดน้ำพลาสติกเคลื่อนขึ้นด้านบนปากทางเข้า จนลิมิตสวิทช์ตัวที่ 1 ซึ่งปกติมีสถานะลอจิกเป็น “0” แตะกับขอบชิ้นงานด้านบนเปลี่ยนสถานะกลายเป็น “1” ระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์ 2 หมุนไปทางซ้าย บอลสกรูจะเคลื่อนให้กระบอกรองรับขวดน้ำพลาสติกเลื่อนลงด้านล่างจนลิมิตสวิทช์ตัวที่ 2 ซึ่งปกติมีสถานะลอจิกเป็น “0” แตะกับขอบชิ้นงานด้านล่างเปลี่ยนสถานะกลายเป็น “1” มอเตอร์ 2 จึงจะหยุดหมุน ซึ่งการจัดวางเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.10



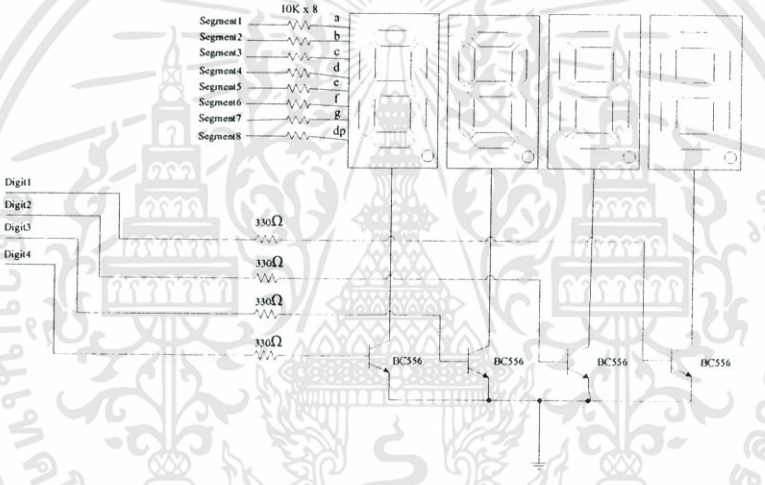
รูปที่ 3.10 แสดงการจัดวางตำแหน่งเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะของขวดน้ำพลาสติก และอุปกรณ์ต่างๆในการทำงานของระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบวงจรควบคุมแอลอีดี 7 ส่วน (7-Segment)

ในส่วนของการแสดงผลต่างๆ อาทิเช่น แสดงราคาสินค้า แสดงการป้อนรหัสผ่าน แสดงการเปลี่ยนแปลงราคาสินค้า เราจะใช้แอลอีดี 7 ส่วนในการแสดงผล

จากรูปที่ 3.11 เราจะนำแอลอีดี 7 ส่วนมาต่อใช้งานร่วมกัน โดยการต่อขาของแอลอีดี 7 ส่วนในแต่ละเซกเมนต์ขนานกับเซกเมนต์เดียวกันของแอลอีดี 7 ส่วนตัวอื่นๆ ทุกตัว แล้วใช้หลักการแสดงผลแบบมัลติเพล็ก (Multiplexed display) โดยให้แอลอีดี 7 ส่วนติดทีละหลัก จะควบคุมส่วนที่เป็นขาคอมมอน (Common) ของแอลอีดี 7 ส่วน แต่ละตัวให้ทำงาน โดยจะใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ในการมัลติเพล็กเพื่อที่จะเลือกแอลอีดีหลักใดก็ได้ โดยจะกำหนดสถานะของลอจิกพอร์ตที่ต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ เพื่อใช้ควบคุมการปิดเปิดที่ขาคอมมอนของแอลอีดี 7 ส่วน โดยถ้าหากให้สถานะเป็น ลอจิก "0" หรือใช้คำสั่ง CLR bit จะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ส่งผลให้แอลอีดี 7 ส่วนของตัวที่ต่อกับทรานซิสเตอร์สว่างตามเซกเมนต์ที่ถูกกำหนดโดยพอร์ต P0.0-P0.7 โดยที่สามารถจะมองเห็นการดับของแอลอีดี 7 ส่วนแต่ละหลักได้ทัน ทำให้มองเห็นเหมือนกับว่าแอลอีดี 7 ส่วนแสดงผลทุกหลักติดพร้อมๆกัน

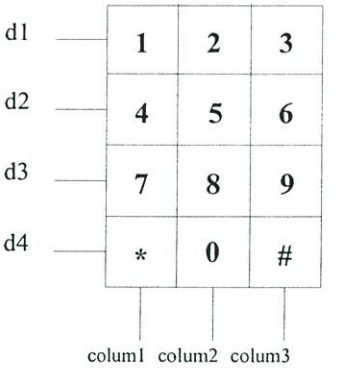


รูปที่ 3.11 แสดงวงจรควบคุมแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็ก

3.2.5 การออกแบบวงจรคีย์แพด (Keypad)

คีย์แพด (Keypad) คีย์แพดเป็นสวิตช์ที่ต่ออยู่ในรูปเมตริกซ์ ตัวคีย์แพดจะประกอบด้วยหน้าสัมผัส แผ่นลาเบล ปิดชื่อคีย์ และสายต่อ นิยมใช้ในเครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องคิดเลข หรือเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ในที่นี้เราจะใช้คีย์แพดในการใส่รหัสผ่าน คีย์ราคาของ และเปลี่ยนรหัสผ่านโดยการต่อขาเพื่อติดต่อไมโครคอลโทรลเลอร์ แสดงดังรูปที่ 3.12

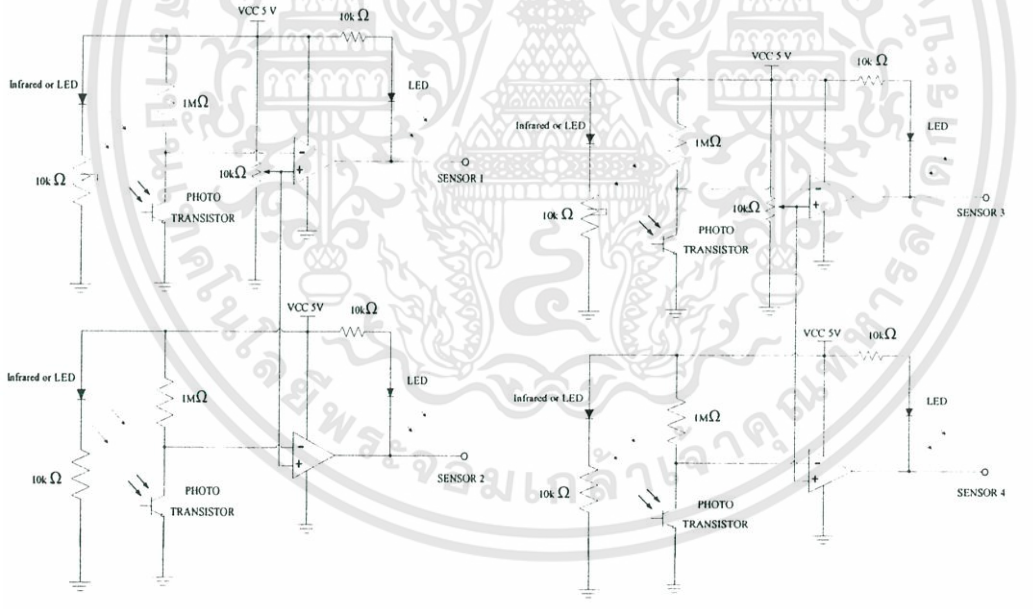
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงการต่อขาใช้งานคีย์แพด

3.2.6 การออกแบบวงจรตรวจสอบเหรียญหมด

ในการตรวจสอบเหรียญหมดจะใช้วงจรเซ็นเซอร์ทางแสงโดยตัวส่งจะกำเนิดแสงอินฟราเรดส่งให้กับตัวรับที่เป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งลักษณะวงจรการต่อใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3.13 ในการออกแบบวงจรเซนเซอร์นั้น อาศัยหลักการทำงานของแสงอินฟราเรดที่จะส่งให้กับตัวรับที่เป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ซึ่งเมื่อมีวัตถุตัดผ่านระว่างตัวส่งกับตัวรับ ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะไม่สามารถรับแสงได้เนื่องจากแสงและความถี่ของอินฟราเรดไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุได้

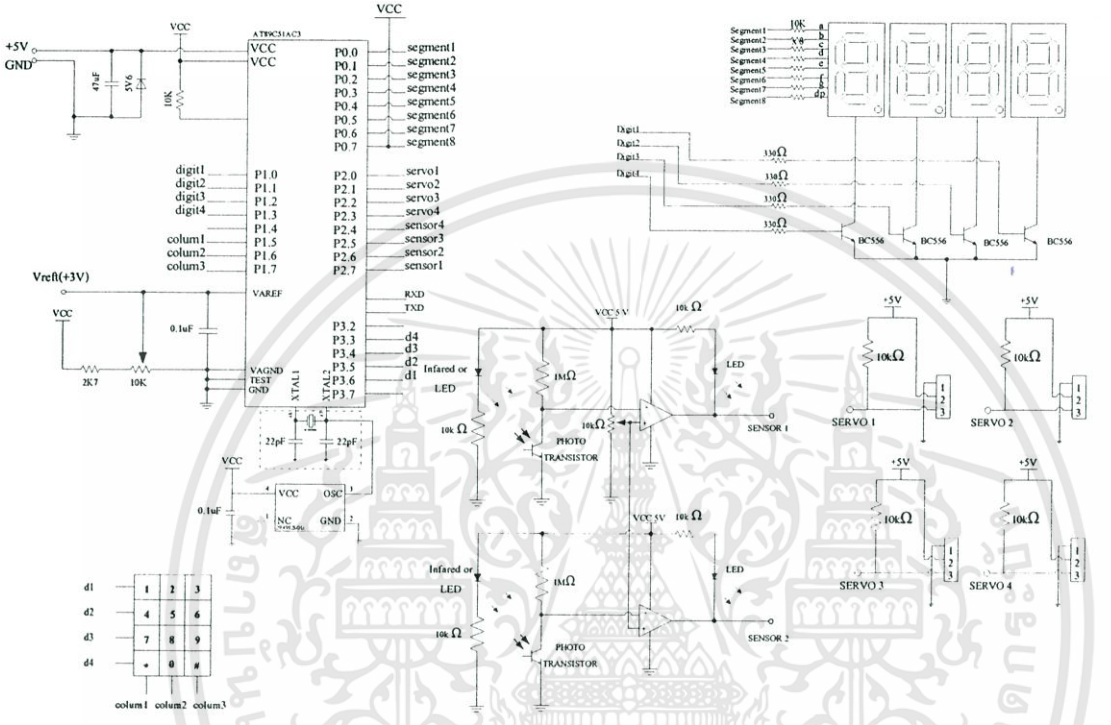


รูปที่ 3.13 แสดงวงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ใช้ในการตรวจสอบเหรียญหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 การออกแบบวงจรรวมทั้งหมดที่ใช้ในเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก

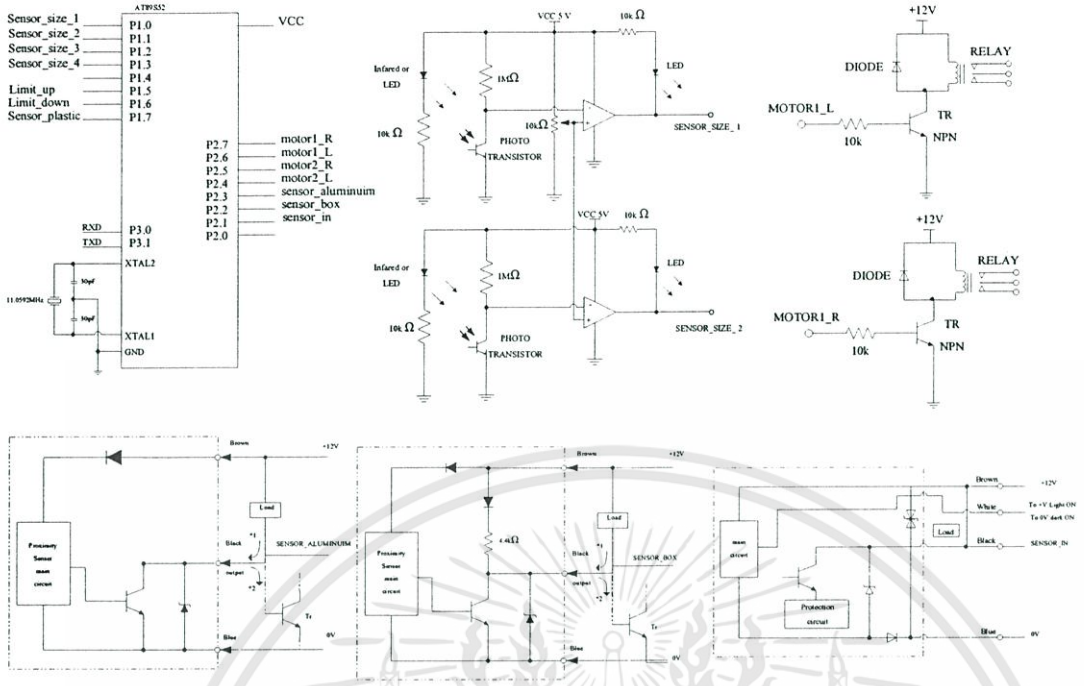
ในที่นี่เราจะแบ่งวงจรรวมที่ใช้ในเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกเป็น 2 ชุด เพื่อลดปัญหาการเกิดสัญญาณรบกวนในขณะเครื่องกำลังทำงาน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัว คือ AT89C51AC3 เป็นตัวหลักที่อยู่ในชุดที่ 1 และ AT89S52 อยู่ในชุดที่ 2 โดยการสื่อสาร ระว่างพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเป็นแบบขนานผ่านขา RXD และ TXD แสดงดังรูปที่ 3.14 และ รูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรรวมชุดที่ 1(รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)

จากรูปที่ 3.14 เป็นวงจรรวมชุดที่ 1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51AC3 โดยจะต่อใช้งานวงจรแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วนแสดงราคาของกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก แสดงจำนวนเงินที่ระบบต้องจ่ายให้แก่ผู้ใช้ วงจรคีย์แพดใช้เปลี่ยนรหัสผ่านและปรับเปลี่ยนราคากล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก วงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรดใช้ในการตรวจสอบเหรียญหมด และวงจรมอเตอร์เซอร์โวใช้ในการตีเหรียญแต่ละชนิดออกจากระบบจ่ายเหรียญและดีดแผ่นอะคิริคที่ปิดฐานระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติกออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



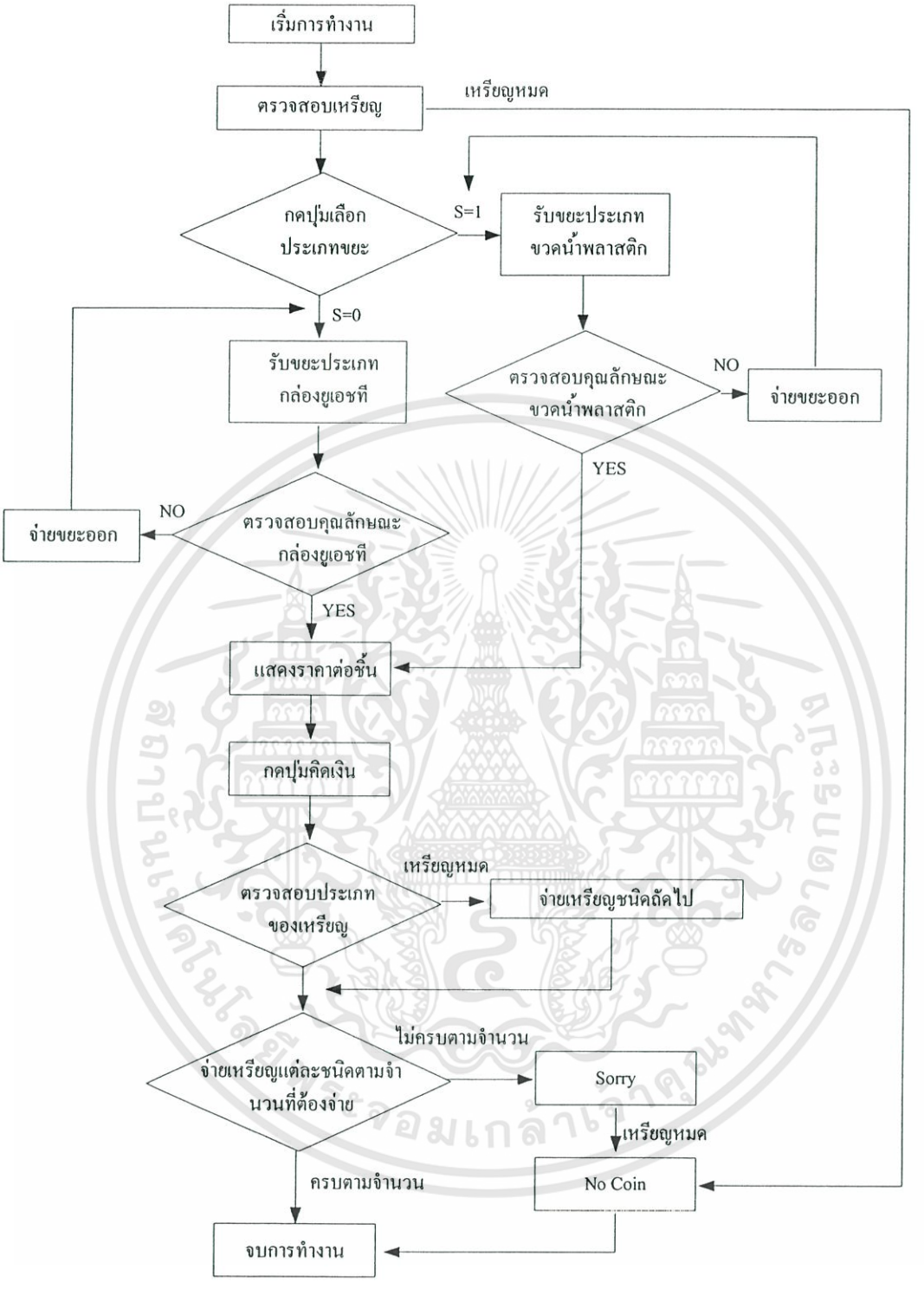
รูปที่ 3.15 แสดงวงจรรวมชุดที่ 2 (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)

จากรูปที่ 3.15 เป็นวงจรรวมชุดที่ 2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89S52 โดยจะต่อใช้งานวงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจสอบขนาดกล่องยูเอชที วงจรมอเตอร์ดีซีขับลูกกลิ้งของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที วงจรมอเตอร์ขับบอลสกรูของระบบรับซื้อขวดน้ำพลาสติก นอกจากนี้จะใช้วงจรเซนเซอร์ พร็อกซิมิตี้สวิทช์ตรวจสอบคุณลักษณะกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก

3.3 การออกแบบโปรแกรม

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมเป็นการอธิบายขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมด้วยโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก จากรูปที่ 3.16 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก โดยเมื่อเริ่มการทำงานของระบบ ระบบจะทำการตรวจสอบเหรียญทั้งหมด หากเหรียญในระบบจ่ายเหรียญหมด ระบบจะแสดงคำว่า No Coin ซึ่งไม่สามารถรับซื้อได้ แอลอีดี 7 ส่วน หากมีเหรียญ ระบบจะทำการรอให้ผู้ใช้งานมีการกดปุ่มเลือกขายขยะ ในกรณีกดปุ่ม แล้ว S=0 ระบบจะทำการรับซื้อเฉพาะกล่องยูเอชที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก

เมื่อใส่กล่องยูเอชทีเข้าไประบบจะทำการตรวจสอบขนาดและคุณลักษณะ หากมีลักษณะเป็นกล่องยูเอชที ระบบจะแสดงราคาต่อชิ้นบนจอแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากไม่ใช่ ระบบจะทำการคืนวัสดุที่ใส่เข้าไป แล้วรอรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องยูเอชทีชิ้นต่อไป และในกรณีกดปุ่ม แล้ว S=1 ระบบจะทำการรับซื้อเฉพาะขวดน้ำพลาสติก เมื่อใส่ขวดน้ำพลาสติกเข้าไประบบจะทำการตรวจสอบคุณลักษณะ หากมีลักษณะเป็นขวดน้ำพลาสติกระบบจะแสดงราคาต่อชิ้นบนจอแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากไม่ใช่ ระบบจะทำการคืนวัสดุที่ใส่เข้าไป แล้วรอรับขวดน้ำพลาสติกชิ้นต่อไป เมื่อมีการกดปุ่มคิดเงิน ระบบจะจ่ายเหรียญจากเหรียญที่มีมูลค่าใกล้เคียงกับตัวเลขที่แสดงบนจอแอลอีดี 7 ส่วน ก่อน แต่หากเหรียญนั้นหมดจะจ่ายเหรียญที่มีมูลค่าถัดไป และในขณะจ่ายเหรียญจอแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดงจำนวนเงินที่เหลือในการจ่าย จนระบบจ่ายเหรียญครบตามที่แสดงไว้บนแอลอีดี 7 ส่วน ในกรณีที่ระบบไม่สามารถจ่ายเหรียญได้ครบตามจำนวนที่แสดงไว้บนแอลอีดี 7 ส่วน เช่น แอลอีดี 7 ส่วน แสดง 9 บาท ในระบบมีเหรียญ 5 บาท 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท 3 เหรียญ และในระบบยังมีเหรียญอื่นๆอยู่ ระบบจะจ่ายเหรียญจนหมดแล้วระบบจะแสดง Sorry บนแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากเหรียญทุกเหรียญหมดแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดง no coin

3.4 การออกแบบโครงสร้างเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก

การออกแบบโครงสร้างนั้นมีความสำคัญเท่ากับการออกแบบวงจร และการออกแบบซอฟต์แวร์เพราะไม่ว่าเราจะออกแบบวงจร หรือซอฟต์แวร์ให้ดีเพียงใด แต่ถ้าการออกแบบโครงสร้างออกแบบมาไม่ดี การทำงานของเครื่องเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก ก็จะทำงานได้ไม่ดี หรือทำงานไม่ได้เลย ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างจึงมีความสำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง โดยการออกแบบโครงสร้างนั้นจะแบ่งการออกแบบได้เป็นส่วนๆโดยจะมีทั้งหมด 3 ส่วนดังนี้

1. การออกแบบระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที
2. การออกแบบระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก
3. การออกแบบระบบจ่ายเหรียญ

โดยการออกแบบโครงสร้างและการเลือกใช้อุปกรณ์ทั้งหมดจะอธิบายตามหัวข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้นโดยมีรายละเอียดดังนี้

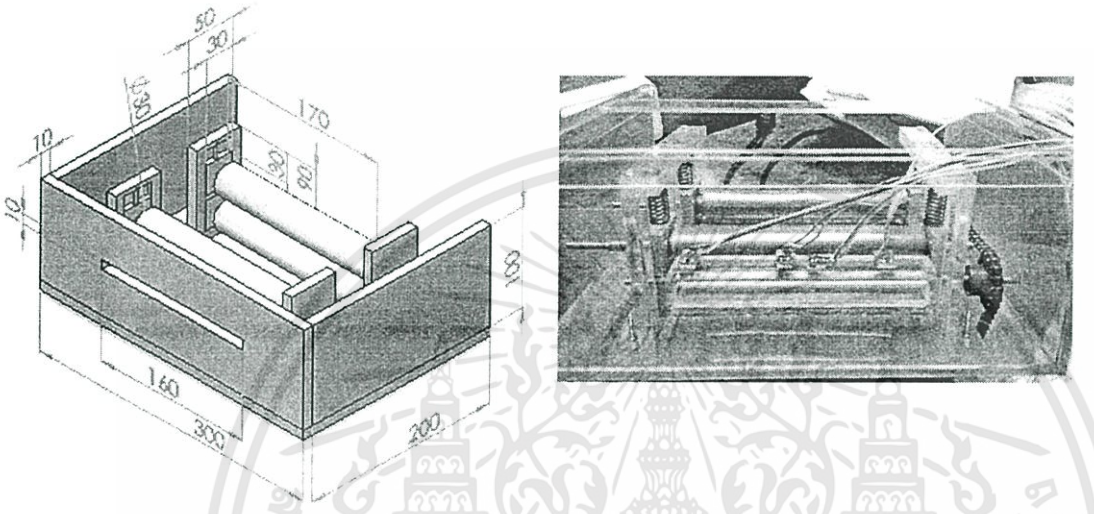
3.4.1 การออกแบบระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที

การออกแบบระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที จะออกแบบในลักษณะลูกกลิ้ง 2 ชุด มีมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลท์ เป็นตัวขับให้ลูกกลิ้งหมุน และมีสปริงติดอยู่ด้านบนลูกกลิ้งทั้ง 4 อัน เพื่อให้ลูกกลิ้งมีความยืดหยุ่นสามารถหมุนรับกล่องขนาดใหญ่ได้และระหว่างความห่างของลูกกลิ้งทั้ง 2 ชุดมีแผ่นอะคิริครองรับเพื่อไม่ให้กล่องยูเอชทีที่มีขนาดความยาวไม่ถึงลูกกลิ้งอีกชุดตกร่อง จนไม่สามารถทำงานต่อไปได้ ซึ่งลักษณะการออกแบบระบบกล่องยูเอชที แสดงดังรูปที่ 3.17

หลักการทำงานของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที เมื่อใส่กล่องยูเอชทีเข้าไปในระบบโดยจะต้องใส่ชิดซ้ายมือ หากไม่ใส่ชิดซ้ายมือ ระบบจะไม่ทำการรับซื้อ เนื่องจากจะมีการตรวจเช็คขนาด โดยเซ็นเซอร์ตรวจเช็คขนาดตัวที่ 1 (อ้างอิงจากรูปที่ 3.5) และเซ็นเซอร์ขนาดตัวที่2จะทำหน้าที่ตรวจเช็คขนาดของกล่องยูเอชที 110 มิลิลิตร เซ็นเซอร์ตรวจเช็คขนาดตัวที่ 1 ตัวที่2 และตัวที่ 3 จะทำหน้าที่ตรวจเช็คขนาดของกล่องยูเอชที 250 มิลิลิตร เซ็นเซอร์ตรวจเช็คขนาดตัวที่1 ตัวที่2 ตัวที่ 3และตัวที่ 4 จะทำหน้าที่ตรวจเช็คขนาดของกล่องยูเอชที 500และ1000 มิลิลิตร โดยจะใช้วิธีการนับเวลาจากการเคลื่อนที่ผ่านเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิชต์ทั้ง 2 แล้วเปรียบเทียบเวลามากกว่า น้อยกว่า ในการตรวจเช็คขนาด โดยลูกกลิ้งด้านบนออกแบบโดยใช้สปริง

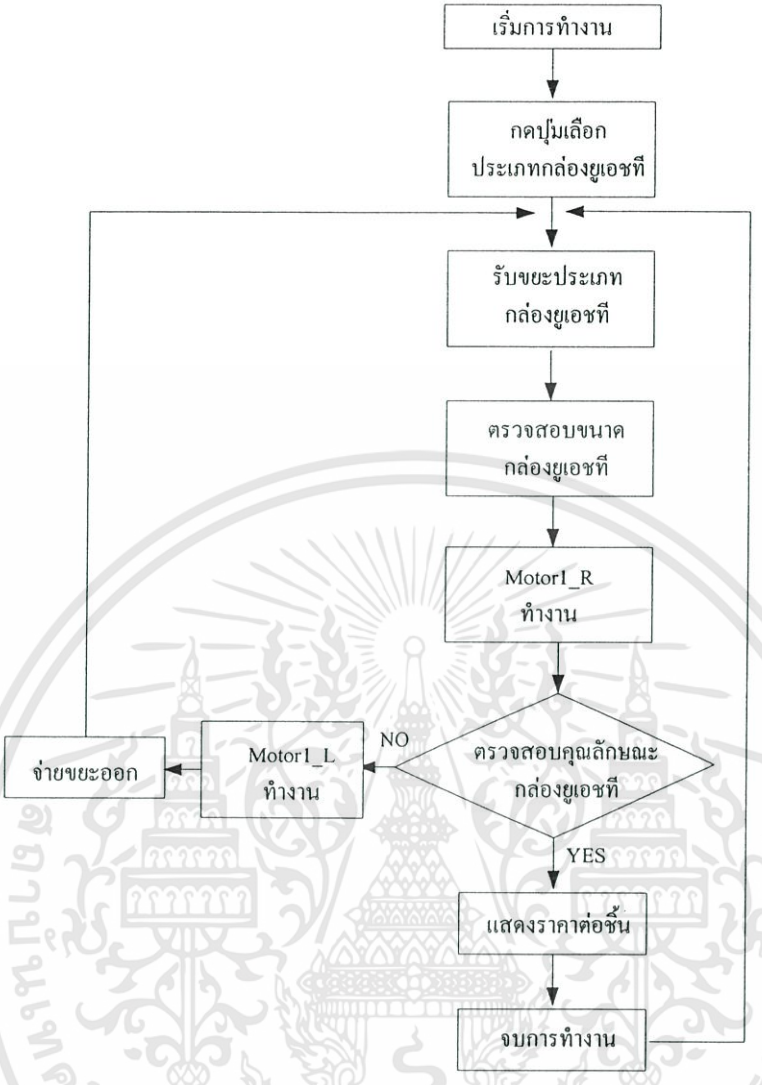
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้สามารถบีบ คลาย ได้ตามความหนาบางของกล่องยูเอชที แล้วจะจำเก็บขนาดนั้นไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ กล่องยูเอชทีจะเคลื่อนไปยังเซ็นเซอร์ตรวจสอบคุณลักษณะโดยมีเซ็นเซอร์พร็อกซิมิตี้สวิชต์ 2 ตัวเป็นตัวตรวจสอบคุณลักษณะความเป็นกล่องยูเอชที เมื่อระบบตรวจสอบได้แล้วว่ามีคุณลักษณะเป็นกล่องยูเอชที คือ มีกระดาษและอลูมิเนียมฟอยด์ และขนาดใด ระบบจะทำการรับซื้อแล้วแสดงราคาผ่านแอลอีดี 7 ส่วน (7-segment) แต่ถ้าไม่ใช่กล่องยูเอชที มอเตอร์จะหมุนไปทางขวาทำให้ลูกกลิ้งชุดที่ 1 หมุนวัสดุที่ใส่ออกมา ซึ่งรูปที่ 3.18 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที



รูปที่ 3.17 แสดงการออกแบบระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

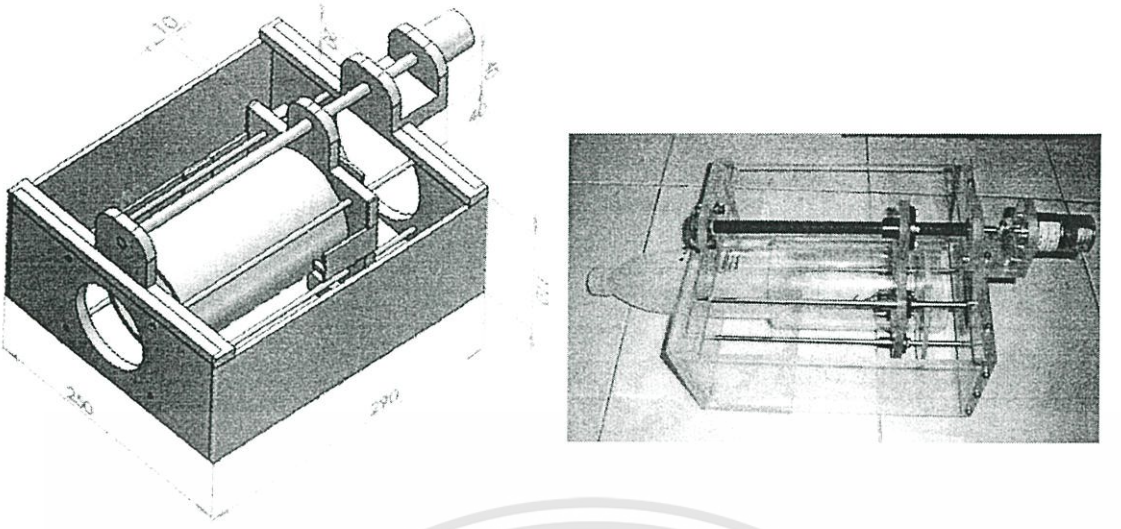


รูปที่ 3.18 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบตรวจสอบกล่องยูเอชที

3.4.2 การออกแบบระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก

การออกแบบระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก จะต้องออกแบบให้ทางเข้าของระบบ ตรวจสอบขวดน้ำพลาสติกนั้นให้มีขนาดพอดี ไม่ให้มีขนาดเล็กหรือใหญ่จนเกินไป เพราะถ้าออกแบบให้ทางเข้าของระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติกมีขนาดเล็กจนเกินไป ระบบจะไม่สามารถรับซื้อขวดน้ำพลาสติกได้ แต่ถ้าออกแบบให้ใหญ่มากจนเกินไปจะเกิดกรณีที่นำเอาขวดพลาสติกขนาดใหญ่มาขาย ซึ่งระบบจะไม่ทำการรับซื้อและทำให้สิ้นเปลืองวัสดุในการทำตัวโครงสร้าง ซึ่งลักษณะการออกแบบระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก แสดงดังรูปที่ 3.19

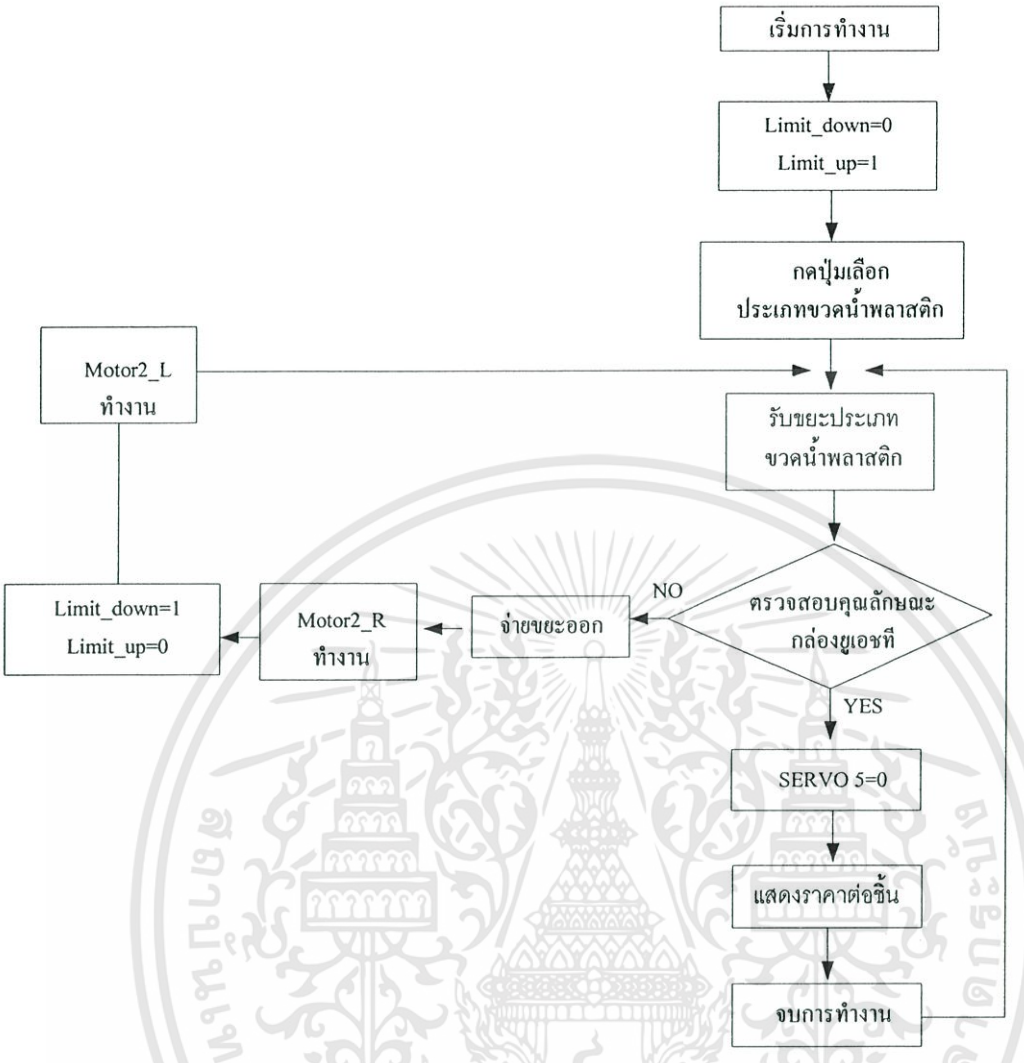
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงการออกแบบระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก

โดยหลักการทำงานของระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก เมื่อใส่ขวดน้ำพลาสติกลงไปในกระบอกรองรับขวดน้ำพลาสติก เซ็นเซอร์ทั้ง 2ตัวจะทำการตรวจสอบลักษณะความขุ่น ใสของขวดน้ำพลาสติก หากมีลักษณะตรงกับที่ระบบได้ตั้งค่าไว้ เซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัว ระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวดีดอะคิริคที่ปิดฐานขวดน้ำพลาสติกออก ขวดน้ำพลาสติกก็จะตกลงในที่เก็บขวดน้ำพลาสติก หากตรวจสอบแล้วมีลักษณะความขุ่น ใสของขวดน้ำพลาสติกไม่ตรงกับที่ระบบได้ตั้งค่าไว้ ระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์ 2 หมุนไปทางขวา เป็นตัวขับเคลื่อนบอลสกรูให้กระบอกรองรับขวดน้ำพลาสติกเคลื่อนขึ้นด้านบนปากทางเข้า จนลิมิตสวิทช์ตัวที่ 1 แตะกับขอบชิ้นงานด้านบนแล้วมอเตอร์ 2 ก็จะหมุนไปทางซ้าย ทำให้บอลสกรูเคลื่อนกระบอกรองรับขวดน้ำพลาสติกเลื่อนลงด้านล่างจนลิมิตสวิทช์ตัวที่ 2 แตะกับขอบชิ้นงานด้านล่าง มอเตอร์ 2 จึงจะหยุดหมุน โดยหลักการทำงานดังกล่าวอ้างอิงจากรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

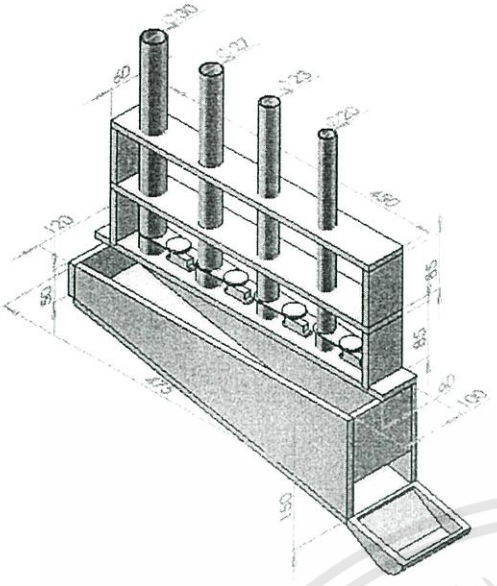


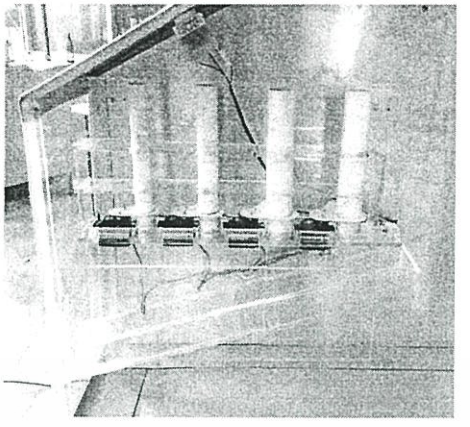
รูปที่ 3.20 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก

3.4.3 การออกแบบระบบจ่ายเหรียญ

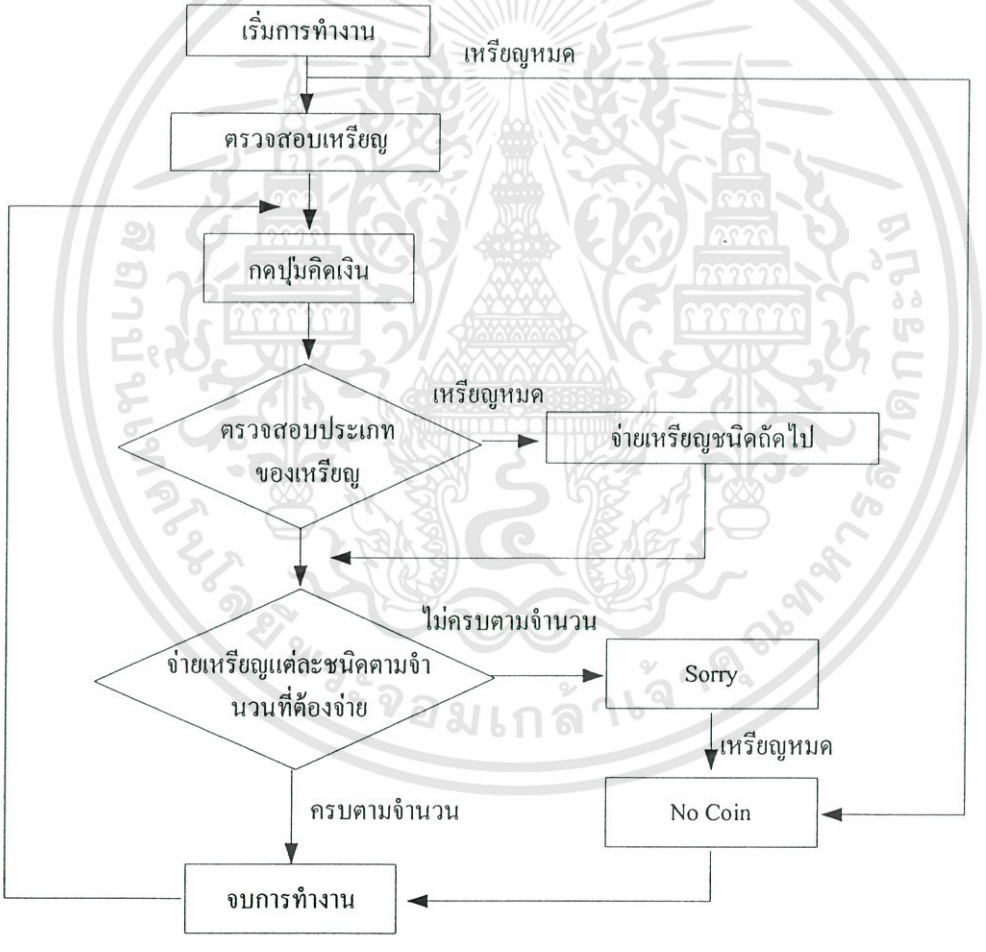
จากรูปที่ 3.21 เป็นการออกแบบระบบจ่ายเหรียญ ใช้ท่อพีวีซีเป็นหลอดเก็บเหรียญแต่ละชนิด ใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวควบคุมในการจ่ายเหรียญออก ที่เซอร์โวมอเตอร์จะมีแผ่นบางๆมีรูขนาดเท่ากับเหรียญแต่ละชนิดติดอยู่ใช้เป็นตัวตีเหรียญแต่ละชนิดให้ตกร่องด้านข้าง โดยร่องด้านข้างจะมีความลาดชัน 30 องศา เพื่อให้เหรียญแต่ละชนิดไหลลงมาที่ถาดรองรับเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





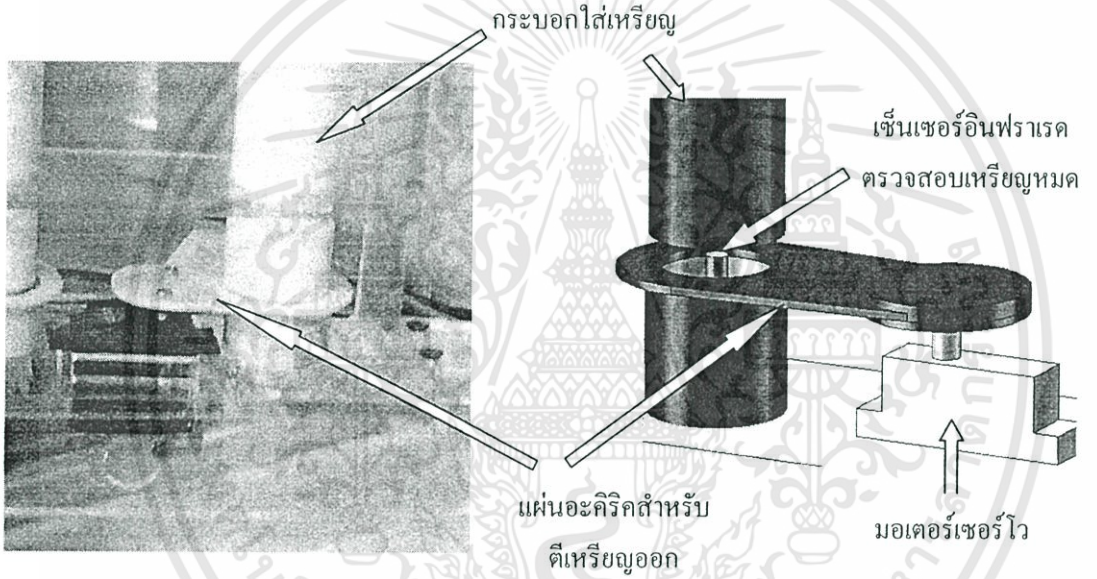
รูปที่ 3.21 แสดงการออกแบบระบบจ่ายเหรียญ



รูปที่ 3.22 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบจ่ายเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของระบบจ่ายเหรียญ เมื่อกดปุ่มคิดเงิน ระบบจะจ่ายเหรียญจากเหรียญที่มีมูลค่าใกล้เคียงกับตัวเลขที่แสดงบนจอแอลอีดี 7 ส่วนก่อนโดยระบบจะมีคำสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวตีเหรียญแต่ละเหรียญลงในร่องรองรับเหรียญด้านข้าง แต่หากเหรียญนั้นหมด (จะมีเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจสอบเหรียญหมดแสดงดังรูปที่ 3.23) จะจ่ายเหรียญที่มีมูลค่าถัดไป และในขณะจ่ายเหรียญจอแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดงจำนวนเงินที่เหลือในการจ่าย จนระบบจ่ายเหรียญครบตามที่แสดงไว้บนแอลอีดี 7 ส่วน ในกรณีที่ระบบไม่สามารถจ่ายเหรียญได้ครบตามจำนวนที่แสดงไว้บนแอลอีดี 7 ส่วน เช่น แอลอีดี 7 ส่วน แสดง 9 บาท ในระบบมีเหรียญ 5 บาท 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท 3 เหรียญ และในระบบยังมีเหรียญอื่นๆอยู่ ระบบจะจ่ายเหรียญจนหมดแล้วระบบจะแสดง Sorry บนแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากเหรียญทุกเหรียญหมดแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดง no coin ซึ่งรูปที่ 3.22 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบจ่ายเหรียญ ซึ่งระบบจ่ายเหรียญสามารถจ่ายได้ทั้งหมด 1,440 บาท โดยหลอดเหรียญ 10 บาทใส่ได้ 750 บาท หลอดเหรียญ 5 บาท ใส่ได้ 450 บาท หลอดเหรียญ 1 บาท ใส่ได้ 160 บาทและหลอดเหรียญ 50 สตางค์ใส่ได้ 80 บาท



รูปที่ 3.23 แสดงการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจสอบเหรียญหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการและผลการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองของเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก ซึ่งประกอบไปด้วย การทดลองความถูกต้องของการคัดแยกและขนาดของกล่อง ยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกและการทดลองระบบจ่ายเหรียญโดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองที่ 1 การทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขนาดและคัดแยกกล่องยูเอชที

การทดสอบความถูกต้องในการตรวจสอบขนาดและคัดแยกกล่องยูเอชที มีวัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อทราบถึงข้อจำกัดความถูกต้องในการตรวจสอบขนาด การคัดแยกชนิดของกล่องยูเอชที และทราบถึงประสิทธิภาพในการทำงานของระบบการรับซื้อกล่องยูเอชที โดยมีอุปกรณ์และวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ระบบในการรับซื้อกล่องยูเอชที
2. กล่องยูเอชทีขนาดต่างๆ
3. วัสดุทำเสมือนกล่องยูเอชที

วิธีการทดลอง

1. เตรียมระบบที่ใช้ในการรับซื้อกล่องยูเอชทีในที่นี้ได้ติดตั้งระบบรับซื้อกล่องยูเอชทีให้กล่องยูเอชทีแต่ละขนาดมีราคาดังนี้
   - กล่องขนาด 110 มิลลิลิตร ราคา 50 สตางค์
   - กล่องขนาด 250 มิลลิลิตร ราคา 1 บาท
   - กล่องขนาด 500 มิลลิลิตร ราคา 1.5 บาท
   - กล่องขนาด 1000 มิลลิลิตร ราคา 2 บาท

2. นำกล่องยูเอชทีที่เตรียมไว้มาบีบให้แบนดังแสดงในรูปที่ 4.1 แล้วใส่เข้าไปในช่องรับซื้อกล่องยูเอชทีโดยใส่ให้ชิดด้านซ้ายมือดังแสดงดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 แสดงการบีบกล่องยูเอชทีให้แบน

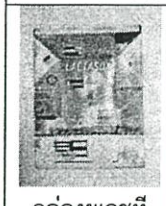
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงการใส่กล่องยูเอชทีในช่องรับซื้อกล่องยูเอชที

3. รอให้ระบบรับซื้อกล่องยูเอชทีตรวจสอบประมวลผลว่าเป็นกล่องยูเอชทีหรือไม่ และมีขนาดใด ซึ่งถ้าใช่ระบบจะรับซื้อโดยหน้าจอแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดงราคากล่องดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.3 แต่หากไม่ใช่ระบบจะคืนกล่องออกมาให้ผู้ขาย

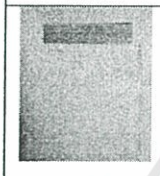
4. ทำการทดสอบระบบรับซื้อกล่องยูเอชทีด้วยตัวอย่างอื่นๆ และบันทึกผลการทดลองว่าระบบตรวจสอบได้ถูกต้องหรือไม่ ลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขนาดและคัดแยกกล่องยูเอชที

ครั้งที่ / ตัวอย่าง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ภาพประกอบ (แสดงราคา)	% ความถูกต้อง
กล่องยูเอชที ขนาด 110 มล.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
กล่องยูเอชที ขนาด 250 มล.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
 กล่องยูเอชที ขนาด 500 มล.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1(ต่อ) แสดงผลการทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขนาดและคัดแยกกล่องยูเอชที

ครั้งที่ / ตัวอย่าง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ภาพประกอบ (แสดงราคา)	% ความถูกต้อง
กล่องยูเอชที ขนาด 1000 มล.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
 กระดาษ 80 แกรม 1 แผ่นห่ออลูมิเนียม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
กระดาษ 80 แกรม 5 แผ่นห่ออลูมิเนียม	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
กระดาษสีชมพู	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕		100
กระดาษสีน้ำตาล	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕		100

✓จอแสดงราคากล่องนั้นๆ ✕ จอไม่แสดงราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าระบบสามารถตรวจสอบกล่องยูเอชทีขนาดต่างๆ ได้ถูกต้อง 100% หากมีการเลียนแบบคุณลักษณะความเป็นกล่องยูเอชที คือ มีกระดาษและอลูมิเนียมฟอยด์ ในกรณีนี้เราได้ทดลองเลียนแบบคุณลักษณะของกล่องยูเอชที คือนำกระดาษ 80 แกรม มาห่ออลูมิเนียม ระบบจะทำการรับซื้อเช่นกัน ซึ่งความหนาสูงสุดของกระดาษที่ใช้ห่ออลูมิเนียมมีจำนวน 5 แผ่นจัดว่าเป็นข้อบกพร่องของระบบรับซื้อกล่องยูเอชที ในขณะเดียวกันระบบจะตรวจสอบขนาดด้วย เมื่อตรวจสอบว่าใช่กล่องยูเอชทีและเป็นขนาดใดแล้วระบบจะแสดงราคาต่อชิ้นบนแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากวัสดุชิ้นนั้นไม่มีคุณลักษณะความเป็นกล่องยูเอชที ระบบจะคืนวัสดุที่ใส่เข้าไปออกมาและจะแสดง Err แสดงบนแอลอีดี 7 ส่วนจากนั้นจะรอรับซื้อขยะชิ้นถัดไป

4.2 การทดลองที่ 2 การทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก

การทดสอบความถูกต้องในการตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก มีวัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อทราบถึงข้อจำกัดความถูกต้องในการตรวจสอบความขุ่น ใสของขวดน้ำพลาสติกและทราบถึงประสิทธิภาพในการทำงานของระบบการรับซื้อขวดน้ำพลาสติก โดยมีอุปกรณ์และวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.ระบบในการรับซื้อขวดน้ำพลาสติก

2.ขวดน้ำประเภทต่างๆ

วิธีการทดลอง

1. เตรียมระบบที่ใช้ในการรับซื้อขวดน้ำพลาสติกในที่นี้ได้ติดตั้งระบบรับซื้อขวดน้ำพลาสติกให้มีราคา 1 บาท
2. นำขวดน้ำพลาสติกที่เตรียมไว้ใส่เข้าไปในช่องรับซื้อขวดน้ำพลาสติกโดยแสดงดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 แสดงการใส่ขวดน้ำพลาสติกในช่องรับซื้อขวดน้ำพลาสติก

3.รอให้ระบบรับซื้อขวดน้ำพลาสติกตรวจสอบประมวลผลว่าเป็นขวดน้ำพลาสติกหรือไม่ ซึ่งถ้าใช่ระบบจะรับซื้อโดยหน้าจอแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดงราคาขวดน้ำพลาสติกดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แต่หากไม่ใช่ระบบจะคืนขวดออกมาให้ผู้ขาย

4.ทำการทดสอบระบบรับซื้อขวดน้ำพลาสติกด้วยตัวอย่างอื่นๆ และบันทึกผลการทดลองว่าระบบตรวจสอบได้ถูกต้องหรือไม่ ลงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงการทดลองความถูกต้องในการตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก

ครั้งที่ / ตัวอย่าง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ภาพประกอบ (แสดงราคา)	% ความถูกต้อง
ขวดน้ำโพลลิส	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
ขวดนมขุ่น	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
ขวดน้ำพลาสติกใสมีฉลาก	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100
ขวดแก้วสีเขียว	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		100
ขวดแก้วสีชา	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		100
ขวดน้ำพลาสติกไม่มีฉลาก	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		100
ขวดแก้วสีใส	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗		100

✓ จอแสดงราคาขวดนั้นๆ ✗ จอไม่แสดงราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติกสามารถตรวจสอบขวดน้ำโพลลิส ขวดนมขุ่น และขวดน้ำพลาสติกมีฉลาก ซึ่งจัดว่าเป็นขวดน้ำพลาสติกทั้งสิ้นได้ถูกต้อง 100% แล้วระบบจะแสดงราคาต่อชิ้นบนแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากเป็นขวดแก้วใส ขวดแก้วมีสี และขวดน้ำพลาสติกไม่มีฉลาก ระบบจะคืนวัสดุที่ใส่เข้าไปออกมา และจะแสดง Err บนแอลอีดี 7 ส่วนจากนั้นจะรอรับซื้อขยะชิ้นถัดไป

4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองความถูกต้องระบบจ่ายเหรียญ

การทดสอบความถูกต้องระบบจ่ายเหรียญ มีวัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อทราบถึงข้อจำกัดในการจ่ายแหรียญแต่ละกรณี ซึ่งได้แบ่งการทดลองเป็นการทดลองต่างๆประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในการจ่ายเหรียญตามราคาที่แสดงบนจอแอลอีดี 7 ส่วน เวลาที่เหรียญแต่ละเหรียญจ่ายออกจากระบบจ่ายเหรียญ และประสิทธิภาพในการทำงานของระบบจ่ายเหรียญ โดยมีอุปกรณ์และวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.ระบบจ่ายเหรียญ
2.เหรียญชนิดต่างๆ
3.นาฬิกาจับเวลาดิจิตอล

วิธีการทดลอง

1.เตรียมระบบที่ใช้ในการจ่ายเหรียญ
2.นำเหรียญต่างๆใส่ในกระบอกแต่ละกระบอก ดังแสดงดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 แสดงการใส่เหรียญต่างๆในกระบอกแต่ละกระบอก

3.รอให้ระบบมีคำสั่งจ่ายเหรียญออกจากแต่ละกระบอก
4.ทำการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ทดลองความถูกต้องในการจ่ายเหรียญแต่ละกรณี โดยแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีที่ 1 เหรียญในระบบจ่ายเหรียญมีครบทุกเหรียญ กรณีที่ 2 เหรียญบางชนิดในระบบจ่ายเหรียญหมด แล้วทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดลองระยะเวลาที่จ่ายเหรียญแต่ละเหรียญออกจากระบบจ่ายเหรียญ โดยใช้นาฬิกาจับเวลาดิจิตอลเป็นตัวจับเวลา แล้วทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.4

4.3 ทดลองการจ่ายเหรียญซ้ำที่จำนวนเงินค่าต่างๆ ด้วยเหรียญแต่ละชนิด แล้วทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองความถูกต้องของระบบจ่ายเหรียญ

เหรียญ / จำนวนที่จ่าย	50 สตางค์	1 บาท	5 บาท	10 บาท	% ความถูกต้อง	หมายเหตุ
0.50	1	-	-	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
1	-	1	-	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
1	2	-	-	-	100	เหรียญ 1 บาทหมด
1.50	1	1	-	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
1.50	3	-	-	-	100	เหรียญ 1 บาทหมด
2	-	2	-	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
2	4	-	-	-	100	เหรียญ 1 บาทหมด
2.50	1	2	-	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
2.50	5	-	-	-	100	เหรียญ 1 บาทหมด
5	-	-	1	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
5	-	5	-	-	100	เหรียญ 5 บาทหมด
5.50	1	-	1	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
5.50	1	5	-	-	100	เหรียญ 5 บาทหมด
5.50	11	-	-	-	100	เหรียญ 5 บาทและ 1บาทหมด
6	-	1	1	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
6	-	6	-	-	100	เหรียญ 5 บาทหมด
6	-	1	1	-	100	เหรียญ 1บาทหมด
6	12	-	-	-	100	เหรียญ 5 บาทและ 1บาทหมด
8	-	3	1	-	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
8	-	8	-	-	100	เหรียญ 5 บาทหมด
8	6	-	-	-	100	เหรียญ 1บาทหมด
8	16	-	-	-	100	เหรียญ 5 บาทและ 1บาทหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ) แสดงผลการทดลองความถูกต้องของระบบจ่ายเหรียญ

เหรียญ / จำนวนที่จ่าย	50 สตางค์	1 บาท	5 บาท	10 บาท	% ความถูกต้อง	หมายเหตุ
10	-	-	-	1	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
10	-	-	2	-	100	เหรียญ 10 บาทหมด
10	-	10	-	-	100	เหรียญ 10 บาทและ 5บาท หมด
10	20	-	-	-	100	เหรียญ 10 ,5 บาทและ 1 บาทหมด
15	-	-	1	1	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
15	-	-	3	-	100	เหรียญ 10 บาทหมด
15	-	15	-	-	100	เหรียญ 10 บาทและ 5บาท หมด
15	30	-	-	-	100	เหรียญ 10 ,5 บาทและ 1 บาทหมด
20	-	-	-	2	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
20	-	-	4	-	100	เหรียญ 10 บาทหมด
20	-	20	-	-	100	เหรียญ 10 บาทและ 5บาท หมด
20	10	-	-	-	100	เหรียญ 10 ,5 บาทและ 1 บาทหมด
50	-	-	-	5	100	กรณีที่มีครบทุกเหรียญ
50	-	-	10	-	100	เหรียญ 10 บาทหมด
50	-	50	-	-	100	เหรียญ 10 บาทและ 5บาท หมด
50	100	-	-	-	100	เหรียญ 10 ,5 บาทและ 1 บาทหมด
50	-	-	-	-	100	ไม่มีเหรียญในการจ่าย จะขึ้น no coin
50	-	6	5	-	100	มีเหรียญไม่พอจ่าย จะขึ้น sorry

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 ได้ทำการทดลองความถูกต้องในการจ่ายเหรียญแต่ละกรณี โดยแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีที่ 1 เหรียญในระบบจ่ายเหรียญมีครบทุกเหรียญ กรณีที่ 2 เหรียญบางชนิด ในระบบจ่ายเหรียญหมดจะเห็นได้ว่าระบบจ่ายเหรียญจะจ่ายเหรียญจากเหรียญที่มีมูลค่าใกล้เคียงกับจำนวนเงินที่ต้องจ่ายก่อน แต่หากเหรียญนั้นหมดจะจ่ายเหรียญที่มีมูลค่าถัดไป ในกรณีที่ระบบไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจ่ายเหรียญได้ครบตามจำนวนที่ต้องจ่าย ระบบจะแสดงคำว่า Sorry บนแอลอีดี 7 ส่วน และหากระบบจ่ายเหรียญไม่มีเหรียญในระบบเลย ระบบจะแสดงคำว่า No Coin บนแอลอีดี 7 ส่วน

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองระยะเวลาที่จ่ายเหรียญแต่ละเหรียญออกจากระบบจ่ายเหรียญ

ครั้งที่ / เหรียญ	1	2	3	4	5	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
เหรียญ 50 สตางค์	1.56	1.41	1.51	1.48	1.49	1.49
เหรียญ 1 บาท	1.93	1.71	1.97	1.98	1.99	1.91
เหรียญ 5 บาท	2	1.98	1.97	1.99	2.02	1.99
เหรียญ 10 บาท	2.10	1.98	2.02	1.97	2.05	2.02

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองการจ่ายเหรียญซ้ำที่จำนวนเงินค่าต่างๆด้วยเหรียญแต่ละชนิด

ครั้งที่ / เหรียญ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ภาพประกอบ (แสดงราคา)	% ความถูกต้อง	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
2 บาท (50 สตางค์)*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100	5.96
10 บาท (1 บาท)*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100	19.1
50 บาท (5 บาท)*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100	19.9
80 บาท (10 บาท)*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		100	16.16

*สมมุติให้ระบบเหลือเฉพาะเหรียญดังกล่าวเท่านั้น

✓ ระบบจ่ายเหรียญได้ถูกต้อง ✕ ระบบไม่สามารถจ่ายเหรียญได้ถูกต้อง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าระบบจ่ายเหรียญสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ระบบคำนวณได้และเวลาเฉลี่ยที่จ่ายเหรียญ 10 บาท 2.02 วินาที เหรียญ 5 บาท 1.99 วินาที เหรียญ 1 บาท 1.91 วินาที และเหรียญ 50 สตางค์ 1.49 วินาที จะสังเกตได้ว่าเวลาที่ใช้ขณะจ่ายเหรียญแต่ละชนิดลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากเหรียญแต่ละชนิดมีขนาดและน้ำหนักที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

บทนี้จะสรุปผลการทดลองระบบ ปัญหา อุปสรรคและชี้ข้อเสนอแนะข้อบกพร่องของโครงงานนี้ทั้งหมด โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองใช้งานเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก สรุปได้ว่าระบบสามารถตรวจสอบกล่องยูเอชทีขนาด 110,250,500 และ 1000 มิลลิลิตรได้ถูกต้อง 100% หากมีการเลียนแบบคุณลักษณะความเป็นกล่องยูเอชที คือ มีกระดาษและอลูมิเนียมฟอยด์ ระบบจะทำการรับซื้อเช่นกันซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องของระบบรับซื้อกล่องยูเอชที เมื่อตรวจสอบได้ว่ามีคุณลักษณะเป็นกล่องยูเอชทีและเป็นขนาดใดแล้ว ระบบจะแสดงราคาต่อชิ้นบนแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากวัสดุชิ้นนั้นไม่มีคุณลักษณะความเป็นกล่องยูเอชที ระบบจะคืนวัสดุที่ใส่เข้าไปออกมา และจะแสดง Err บนแอลอีดี 7 ส่วนจากนั้นจะรอรับซื้อกล่องยูเอชทีชิ้นถัดไป

ส่วนระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติกสามารถตรวจสอบขวดน้ำโพลลิส ขวดนมขุ่น และขวดน้ำพลาสติกมีฉลากซึ่งถือว่าเป็นขวดน้ำพลาสติกทั้งสิ้นได้ถูกต้อง 100% แล้วระบบจะแสดงราคาต่อชิ้นบนแอลอีดี 7 ส่วน แต่หากเป็นขวดแก้วใส ขวดแก้วมีสี และขวดน้ำพลาสติกไม่มีฉลาก ระบบจะคืนวัสดุที่ใส่เข้าไปออกมา และจะแสดง Err บนแอลอีดี 7 ส่วนจากนั้นจะรอรับซื้อขยะชิ้นถัดไป

และเมื่อมีการกดปุ่มคิดเงิน ระบบจ่ายเหรียญออกมาซึ่งจะจ่ายตามราคาขยะทั้งหมดที่แสดงบนแอลอีดี 7 ส่วนโดยระบบจะจ่ายเหรียญจากเหรียญที่มีมูลค่าใกล้เคียงกับจำนวนเงินที่แสดงบนแอลอีดี 7 ส่วนก่อน แต่หากเหรียญนั้นหมดจะจ่ายเหรียญที่มีมูลค่าถัดไป ในกรณีที่ระบบไม่สามารถจ่ายเหรียญได้ครบตามจำนวนที่แสดงไว้ได้ ระบบจะแสดงคำว่า Sorry บนแอลอีดี 7 ส่วน และหากระบบจ่ายเหรียญไม่มีเหรียญในระบบเลย ระบบจะแสดงคำว่า No Coin บนแอลอีดี 7 ส่วน

5.2 ปัญหา และอุปสรรค

1. ในการจัดวางเซนเซอร์เช็คขนาดของกล่องยูเอชทีหากเกิดความผิดพลาดด้านตำแหน่งในการติดตั้งจะทำให้ไม่สามารถแยกแยะขนาดต่างๆของกล่องยูเอชทีได้

2. ระบบฟีด (Feed) ของเพื่อรับซื้อกล่องยูเอชทีออกแบบเป็นลูกกลิ้ง 8 เหลี่ยม มีสปริงติดอยู่ข้างบนของลูกกลิ้ง แต่ไม่สามารถทำการรับซื้อกล่องยูเอชทีได้ เนื่องจากระบบฟีดแบบนี้ทำให้ลูกกลิ้งเกิดการหมุนฟรี จึงไม่สามารถรับซื้อกล่องยูเอชทีได้(แก้ไขดังในเล่มโครงการวิจัย)

3. โครงสร้างระบบรับซื้อขวดน้ำพลาสติกออกแบบเป็นลูกกลิ้ง 8 เหลี่ยมมีสปริงติดอยู่บนลูกกลิ้งและการรับซื้อให้บีบขวดน้ำพลาสติกให้แบนก่อน ซึ่งเมื่อผ่านระบบฟีดขวดน้ำพลาสติกแล้ว ระบบรับซื้อขวดน้ำพลาสติกจะไม่สามารถรับซื้อได้เนื่องจากความหนาของปากและก้นขวดน้ำพลาสติกมีความหนาและแข็งมากทำให้เกิดความยุ่งยากในระบบฟีด(แก้ไขดังในเล่มโครงการวิจัย)

4. ระบบตรวจสอบขวดน้ำพลาสติก บางครั้งไม่สามารถแยกแยะความขุ่นใสของขวดน้ำพลาสติกที่ต้องการรับซื้อได้

5. ระบบจ่ายเหรียญ ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมมอเตอร์เซอร์โวในการดีดเหรียญออก มีองศาในการดีดออกแล้วกลับมาที่เดิมที่ไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ในการตกของเหรียญมายังช่องรับเงิน การไหลของเหรียญได้ไม่ดีเท่าที่ควร

7. แผ่นอะคิริคในการดีดเหรียญของระบบจ่ายเหรียญมีขนาดหนากว่าขนาดความหนาของเหรียญ ทำให้การจ่ายเหรียญเกิดการผิดพลาด เหรียญที่ออกมาอาจจะจ่ายครั้งละ 2-3 เหรียญ และเมื่อมีการดีดเหรียญบ่อยๆ แผ่นอะคิริคที่ใช้ในการดีดเหรียญเกิดร้าว และแตกในที่สุด

8. กระบอกที่รองรับเหรียญด้านล่างเป็นอะคิริคใสวางเสมอปากท่อพีวีซี เมื่อใส่เหรียญไปจำนวนหนึ่งหรือเต็มกระบอกทำให้อะคิริคที่รองรับเหรียญอยู่นั้นเกิดการเลื่อน เมื่อมีการดีดออกทำให้เหรียญตกลงในช่องรับเหรียญ 2 เหรียญซึ่งเกิดการผิดพลาดในการจ่ายเงินแต่ละครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา

1. ในการจัดวางเซ็นเซอร์ขนาดเราทำการวัดขนาดกล่องยูเอชทีแต่ละขนาด แล้วทดลองจัดวางเซ็นเซอร์โดยมีเซ็นเซอร์ที่ติดชิดซ้ายสุดเป็นตัวหลัก แล้วทดลองซ้ำๆจนระบบรับซื้อกล่องยูเอชทีมีความแม่นยำในการตรวจเช็คขนาด

2. ระบบฟีดเราปรับเปลี่ยนเป็นลูกกลิ้ง 2 ชุดชุดละ 2 อัน จัดวางในลักษณะแนวตั้ง และมีสปริงติดอยู่ข้างบนของลูกกลิ้งเพื่อให้ระบบฟีดมีการยืดหยุ่นเมื่อรับกล่องยูเอชทีที่มีความหนามาก โดยอาศัยให้ผู้ใช้งานเครื่องบีบกล่องยูเอชทีก่อนทำการขาย

3. ระบบการรับซื้อขวดน้ำพลาสติกออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดไม่เกินขวดน้ำพลาสติกขนาด 600 มิลลิลิตร ใช้บอลสกรูเป็นตัวขับเคลื่อนในการรับซื้อและคืนขวดน้ำพลาสติก

5. ในการแยกแยะความขุ่น ใส ได้ทำการปรับความขุ่นใสโดยเปลี่ยนแสงแอลอีดีจากสีขาวเป็นสีแดงและทดลองซ้ำๆหลายครั้ง

6. ทำช่องรับเหรียญให้มีความชันเพิ่มขึ้นและขัดให้ลื่น

7. เลือกแผ่นพลาสติกแทนแผ่นอะคิริคในการดีดเหรียญออกจากระบบจ่ายเหรียญ เนื่องจากแผ่นพลาสติกมีความยืดหยุ่นมากกว่าแผ่นอะคิริค และแผ่นพลาสติกที่ใช้จะมีความหนาเท่ากับความหนาของเหรียญแต่ละชนิด ทำให้การดีดเหรียญออกจากระบบจ่ายเหรียญมีความแม่นยำ

8. ได้ทำการปรับเปลี่ยนแผ่นอะคิริคใสบนท่อพีวีซี เมื่อใส่เหรียญไปจำนวนหนึ่งหรือเต็มกระบอกแผ่นอะคิริคที่รอรับเหรียญอยู่นั้นไม่เกิดการเลื่อน ซึ่งเมื่อมีการดีดเหรียญออกจากระบบจ่ายเหรียญ จะดีดออกทีละเหรียญเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

[1] "การนำมาใช้ใหม่ของพลาสติก" [online].เข้าถึงได้จาก www.physics.science.cmu.ac.th/cement/Recycle%20plastic1.ppt

[2] "รีไซเคิลกล่องนม" [online].เข้าถึงได้จากhttp://www.parameelaw.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539179963&Ntype=4

[3] "รวมพลังรีไซเคิลกล่องนมสร้างสรรค์เป็นโต๊ะนักเรียน"[online].เข้าถึงได้จากhttp://www.siamsouth.com/smf/index.php?topic=7011.0

[1] วงพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์,กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),2548.

[4] วัชรินทร์ เคารพ, คู่มือการใช้งาน SERVO MOTOR. ครั้งที่ 1.กรุงเทพ: บริษัท อีทีที จำกัด.2546.

[5] "กล่องยูเอชที", [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ampolfood.com/csr/index.php/about-magic-box

[6] "การรีไซเคิลกล่องยูเอชที", [Online]. เข้าถึงได้จาก http://article.tcdcconnect.com/ideas/recycle-milk-boxes

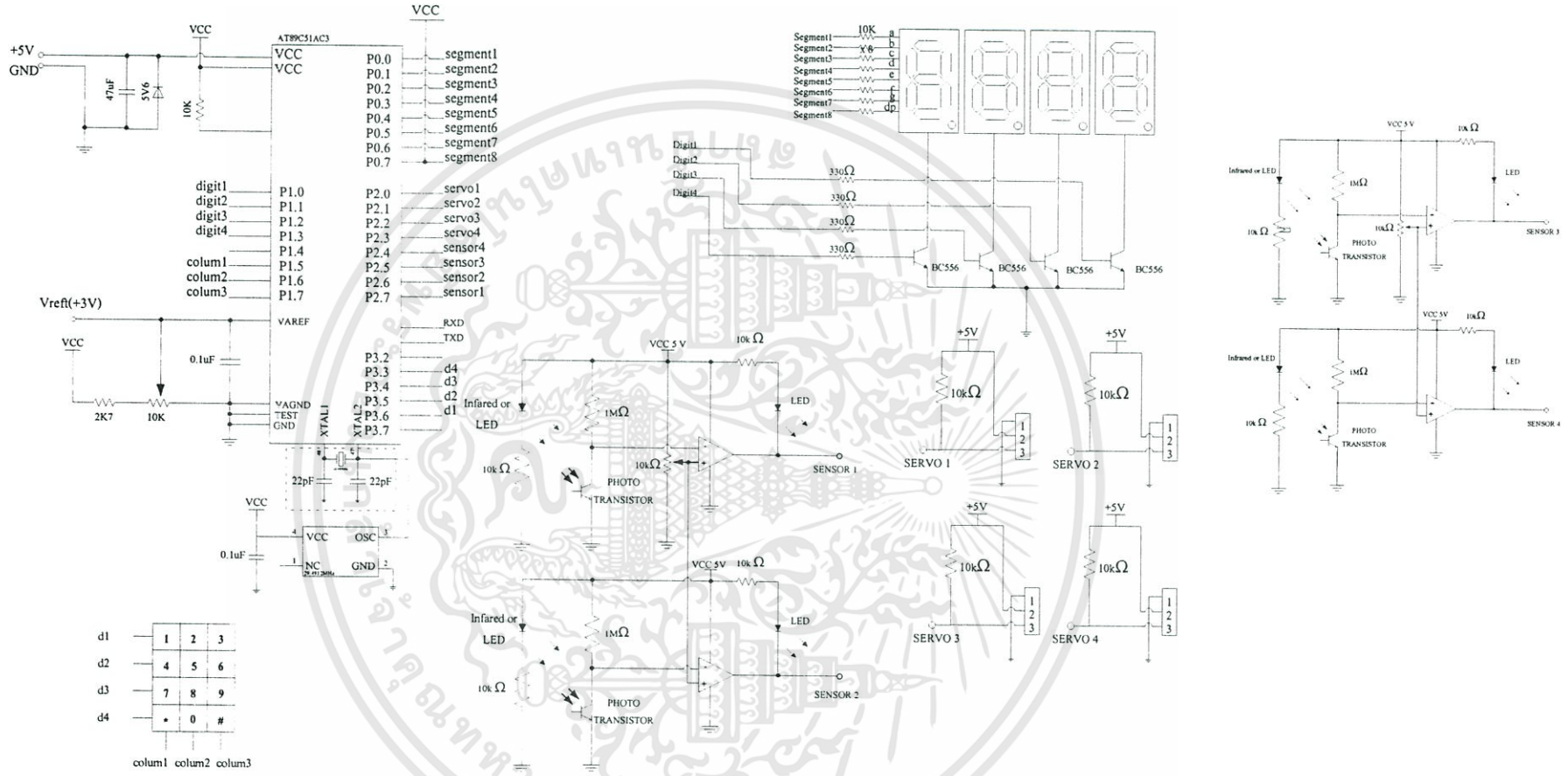
[7] "พลาสติก", [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://www.baanjomyut.com/library/science/plastic.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

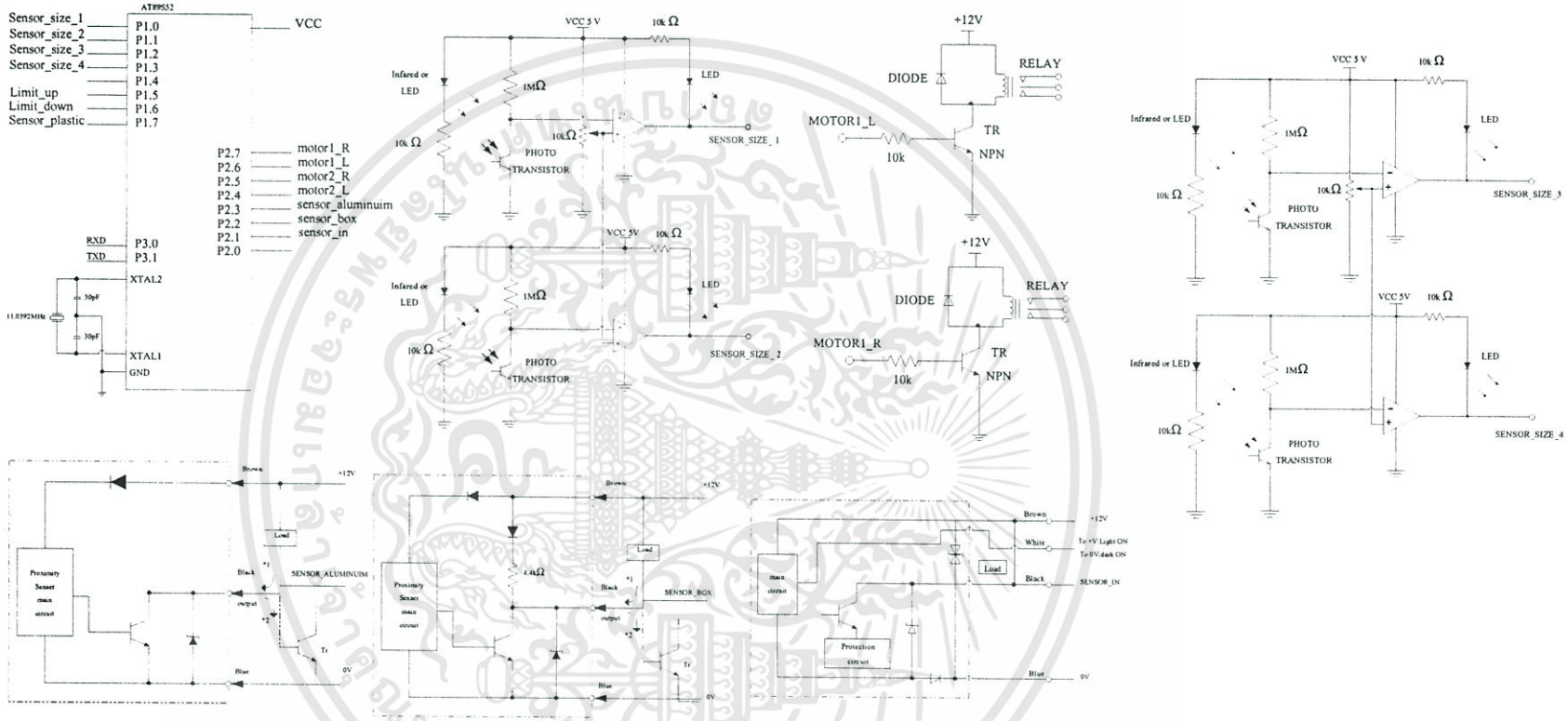
ภาคผนวก ก.

วงจรรวมที่ออกแบบใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก1 แสดงวงจรรวมชุดที่ 1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51AC3



รูปที่ ก2 แสดงวงจรรวมชุดที่ 2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89S52

ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

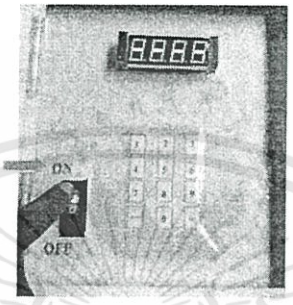
คู่มือการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับการรับซื้อขยะเพื่อช่วยลดโลกร้อน

(ขวดพลาสติกและกล่องเครื่องดื่มยูเอชที)

การนำเครื่องรับซื้อกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกไปใช้งานจำเป็นต้องรู้การใช้งานของเครื่องทั้งผู้รับซื้อและผู้ขาย ซึ่งขั้นตอนการใช้งานมีดังนี้

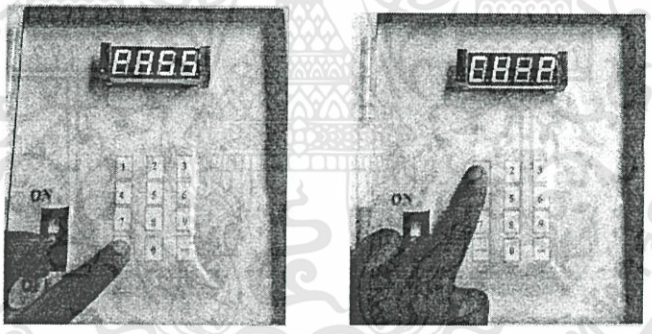
1.กดปุ่มสวิตช์ ON สำหรับเริ่มต้นการทำงานของเครื่อง แสดงดังรูปที่ ข.1

สวิตช์ ON



รูปที่ ข.1 แสดงการกดปุ่มสวิตช์ ON

2.กดปุ่มอะไรก็ได้ 1 ปุ่ม เพื่อเข้าโหมดการใส่รหัสผ่าน แล้วใส่รหัสผ่านกดปุ่ม ENTER 1 ครั้ง แสดงดังรูปที่ ข.2 (ก) และสามารถเปลี่ยนรหัสผ่านใหม่ได้ แสดงดังรูปที่ ข.2 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ ข.2 (ก) แสดงการใส่รหัสผ่าน

ข.2 (ข) แสดงการโหมดเปลี่ยนรหัสผ่าน

3.ใส่ราคาของกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก

ราคา A = ราคาขวดน้ำพลาสติก

B = ราคากล่องยูเอชทีขนาด 110 มิลลิลิตร

C = ราคากล่องยูเอชทีขนาด 250 มิลลิลิตร

D = ราคากล่องยูเอชทีขนาด 500 มิลลิลิตร

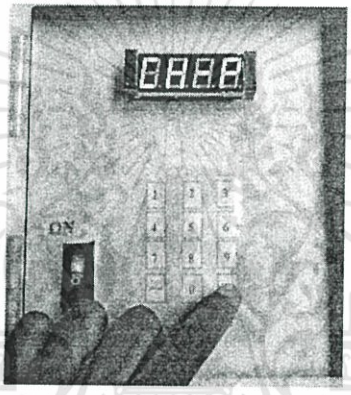
E = ราคากล่องยูเอชทีขนาด 1000 มิลลิลิตร

CH-P = เปลี่ยนรหัสผ่าน แสดงดังรูปที่ ข.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

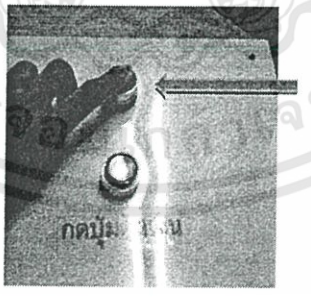
รูปที่ ข.3 แสดงการใส่ราคาของกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติกชนิดขุ่น

4. เมื่อใส่ราคาเสร็จแล้ว ให้กด ESC เพื่อออกจากโหมดการทำงาน แสดงดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 แสดงการออกจากโหมดการทำงาน

5.เมื่อต้องการขายขยะ ให้กดปุ่มเลือกขายประเภทขยะก่อน แสดงดังรูปที่ ข.5



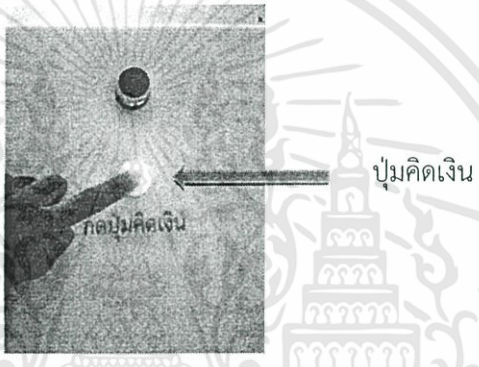
รูปที่ ข.5 แสดงการกดปุ่มเลือกขายประเภทขยะ

6. ใส่วัสดุที่ต้องการขายในช่องที่ต้องการรับซื้อ ซึ่งมี 2 ช่อง คือ ช่องกล่องยูเอชทีและขวดน้ำพลาสติก แสดงดังรูปที่ ข.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

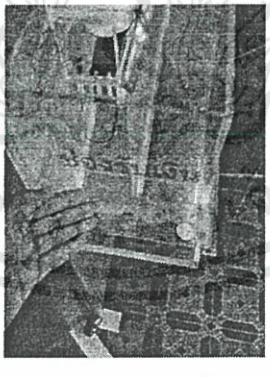
รูปที่ ข.6 แสดงการใส่วัสดุที่ต้องการขาย

7.เมื่อใส่วัสดุที่ต้องการขายเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่มคิดเงิน แสดงดังรูปที่ ข.7



รูปที่ ข.7 แสดงการกดปุ่มคิดเงิน

8.รอรับเงินที่ช่องรับเงิน แสดงดังรูปที่ ข.8



รูปที่ ข.8 แสดงการรับเงินที่ช่องรับเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้วิจัยหลัก/ผู้วิจัยร่วม/ที่ปรึกษาโครงการ

1. หัวหน้าโครงการ

1.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์

(อังกฤษ) MR. Montree CHAICHANYUT

1.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 9001 00182 80 8

1.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5

1.4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ **กอง/คณะ** วิทยาเขตชุมพร

กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

โทรศัพท์ 077-591-445

โทรสาร 077-506-410

Email: kcmontre@kmitl.ac.th

1.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2547	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2545	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

1.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมระบบเครื่องมือวัดควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

1.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

1.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง Microwave Ablation with Cap-Choke Antenna: Result in Computer Simulation

วารสาร International Conference organized by Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2010),

ปีที่พิมพ์ 19-21 MAY,2010 ,Chiang Mai, THAILAND

สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อเรื่อง ความเป็นไปได้ในการตรวจจับการลอกคราบของปูด้วยวิธีการประมวล ผลภาพสำหรับฟาร์มปูนิ่ม

วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11

ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เทคนิคการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟแบบสาย พานลำเลียง
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เครื่องคัดแยกขนาดสับปะรดโดยใช้อินฟาเรดเซนเซอร์
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** เครื่องคั่วกาแฟ
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** การออกแบบโพรบตรวจจับความชื้นในผิวดินด้วยวิธีการวัดความนำ ไฟฟ้า
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ระบบต้นแบบการเก็บข้อมูลขนาดความยาว และ ฐ้าหนักของปลาทะเล
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ระบบต้นแบบการตรวจจับการลอกคราบของปูทะเลสำหรับฟาร์มปูนิ่มด้วยวิธีการประมวลผลภาพ
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** ตู้ต้นแบบเพื่อการเพาะถั่วงอกปลอดสารพิษในครัวเรือนด้วยระบบควบ คุมอุณหภูม ิและความชื้น
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** LENGTH EFFECT OF DIELECTRIC-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION
วารสาร International Conference on Cellular & Molecular Bioengineering
ปีที่พิมพ์ 10-12th December 2007, Singapore
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** LENGTH EFFECT OF METAL-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS FOR MICROWAVE ABLATION
วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อเรื่อง COMPARISON TEMPERATURE DISTRIBUTION BETWEEN MICROWAVE AND RADIO-FREQUENCY ABLATION PROBE IN HEPATIC CANCER
  วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
  ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง "FINITE ELEMENT METHOD FOR ANALYSIS OF HEPATIC CANCER TISSUE DESTRUCTION USING 2.45 GIGAHERTZ ANTENNAS"
  วารสาร ICBME the 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING
  ปีที่พิมพ์ December 7-10, 2005
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง "Finite Element Analyses for a study of Hepatic cancer tissue destruction using monopolar and bipolar Radio-frequency Ablation"
  วารสาร ISBME INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL ENGINEERING
  ปีที่พิมพ์ November 16-18, 2004
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- ชื่อเรื่อง "ระบบเก็บข้อมูลสำหรับอุณหภูมิและความชื้น"
  วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมการเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5
  ปีที่พิมพ์ 2547
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

1.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ

- ชื่อเรื่อง "การศึกษาอัลกอริทึมในการประมวลผลภาพสำหรับการตรวจจับการลอกคราบของปูนิ่มในฟาร์มเลี้ยง"
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
  แหล่งเงินทุน งบวิจัยเงินรายได้วิทยาเขตชุมพร 2553
- ชื่อเรื่อง "เทคนิคการทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์โดยการใช้คลื่นไมโครเวฟ"
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
  แหล่งเงินทุน งบวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2553
- ชื่อเรื่อง "เครื่องต้นแบบสำหรับสร้างแบบแม่พิมพ์กระถางเพาะชำต้นกล้าจากเส้นใยทลายปาล์มเพื่อช่วยลดโลกร้อน"
  สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
  แหล่งเงินทุน งบวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2553

2. ผู้ร่วมวิจัย

2.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายพิมล ผลพฤกษา
(อังกฤษ) MR. Phimon PHONPHRUKSA
2.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 8601 00763 24 1
2.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5
2.4 หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้
แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ **กอง/คณะ** วิทยาเขตชุมพร
กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ขุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์ 077-591-445
โทรสาร 077-506-410
Email: kpphimon@kmitl.ac.th

2.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2543	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

2.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผล

2.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

3.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

3.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

3.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง "วิธีการและเครื่องมือในการวัดหาค่า ผลตอบสนองการส่งผ่านของฮีมาโตคริตโดยวิธีการทางแสง"
  วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 25 (EECON-25) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
  ปีที่พิมพ์ 2545
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง "A Photoplethysmographic Method For real time Hematocrit Monitoring"
  วารสาร International Congress on Biological and Medical Engineering (ICBME)
  ปีที่พิมพ์ 2002
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

2.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

3. ผู้ร่วมวิจัย

3.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Athasart NARKTHEWAN
3.2 มายประจำตัวประชาชน 3 8097 00050 44 8
3.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 5
3.4 หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้
แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ **กอง/คณะ** วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์	077-591-445
โทรสาร	077-506-410
Email:	knathasa@kmitl.ac.th

3.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศม.	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2536	ตรี	คอบ.	ครุศาสตร์วิศวกรรม	อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

3.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- Image Processing
- Pattern Recognition

3.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

3.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

3.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

3.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- **ชื่อเรื่อง** "การตรวจหาสิ่งผิดปกติในเท็กเจอร์ของผ้าไหมโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41
  ปีที่พิมพ์ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "การวิเคราะห์เท็กเจอร์โดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 20
  ปีที่พิมพ์ พฤศจิกายน 2540.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "การแก้ไขรายละเอียดของภาพโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต."
  วารสาร วิศวสารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
  ปีที่พิมพ์ เมษายน 2540.
  สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

3.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผู้ร่วมวิจัย

4.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายสักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์

(อังกฤษ) Mr. Sakapan KLAYDOKJAN

4.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 8001 00551 10 3

4.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 4

4.4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร

กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

โทรศัพท์ 077-591-445

โทรสาร 077-506-410

Email: kksakapa@kmitl.ac.th

4.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2542	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

4.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- การประมวลผลสัญญาณ
- ระบบวัดและควบคุม

4.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

4.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

4.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

4.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง "Real time Electrocardiogam Compression Technique using wavelet transform on MCS-51"

วารสาร Proceedings of16-TH Biennial International Eurasip conference on biosignal

ปีที่พิมพ์ May 2002

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

4.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

5. ที่ปรึกษาโครงการ

5.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายพลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

(ภาษาอังกฤษ) Mr.Polsart LERTPASERT

5.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 3001 00371 48 7

5.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

แผนก/ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ คณะวิศวกรรมศาสตร์
กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์	02-326-4222-3
โทรสาร	02-7392398
Email:	klpolsar@kmitl.ac.th

5.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2533	ปริญญาโท	วศ.ม. วิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2530	ปริญญาตรี	อส.บ. อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

5.6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

วิศวกรรมระบบควบคุม อิเล็กทรอนิกส์กำลัง และวิศวกรรมคลื่นเสียง

5.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

5.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

5.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

5.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง "เครื่องต้นแบบเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ แบบแสดงผลบนจอภาพใช้ในสนาม"

วารสาร รายงานการวิจัยห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีที่พิมพ์ 2530

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง "ระบบแสดงสัญญาณจากร่างกายสำหรับห้องผู้ป่วยหนัก"

วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่พิมพ์ 24-25 พฤศจิกายน 2530

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง "ระบบส่งคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยคลื่นวิทยุ"

วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 9 สถาบัน ครั้งที่ 11 คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีที่พิมพ์ 16-17 ธันวาคม 2531
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องวัดความดันโลหิตควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์
วารสาร การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 13 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปีที่พิมพ์ 8-9 พฤศจิกายน 2533
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "เทคนิคการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของร่างกาย"
วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 14 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่
ปีที่พิมพ์ 7-8 พฤศจิกายน 2534
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "การใช้จอ VGA ในการแสดงผลรูปสีเทียม"
วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 15 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีที่พิมพ์ 3-4 ธันวาคม 2535
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ 2 ช่องสัญญาณ"
วารสาร วิศวกรรมสาร ปีที่ 46 เล่มที่ 8
ปีที่พิมพ์ สิงหาคม 2535
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "Microprocessor base Arrhythmia Monitor Processing"
วารสาร Asian Australia Regional Conference on Biomedical Electronics 1994, Institute Technology Bandung, INDONESIA
ปีที่พิมพ์ 27-29 April 1994
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

5.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ: ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย
- **ชื่อเรื่อง** "การสร้างต้นแบบแขนกลโดยใช้เส้นใยไฟเบอร์"
สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- **ชื่อเรื่อง** "การควบคุมแขนกลแบบป้อนกลับทางลบ"
สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- **ชื่อเรื่อง** "เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน์ UHF"
สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
- **ชื่อเรื่อง** "การควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติ"
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้ากลุ่มวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T142877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้