ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

The Incense Candle Vending Machine

ชื่อนักศึกษา

1. นายกิตติพันธุ์	มณีวรรณ	รหัสประจำตัว	44035279
2. นายบุญรัตน์	สวัสดิชัย	รหัสประจำตัว	44035288
3. นางสาวศสิวิมล	ชาลีกันหา	รหัสประจำตัว	44035306

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล	
2. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	
3. อาจารย์โกศล	ตราชู	
4. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	
5. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันจันทร์ที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2546 เวลา 13:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

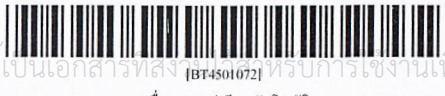
ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 25 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2546



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

The Incense Candle Vending Machine

นายกิตติพันธุ์ มณีวรรณ
นายบุญรัตน์ สวัสดิชัย
นางสาวศศิวิมล ชาลีกันหา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48361
วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

The Incense Candle Vending Machine

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อมูลและการใช้งานของไดโอดเปล่งแสง จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน ไมโครคอนโทรเลอร์ ตระกูล MCS-51 วงจรตรวจสอบเหรียญ วงจรนับเลข กลไกในการรับเหรียญ-ทอนเหรียญ และกลไกในการจ่ายธูปเทียน
2. เพื่อออกแบบวงจรนับเลข วงจรตรวจสอบเหรียญ กลไกในการรับเหรียญ-ทอนเหรียญ กลไกในการจ่ายธูปเทียน และตัวเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ
4. เพื่อทดลองการทำงานของเครื่องธูปเทียนอัตโนมัติ
5. เพื่อนำเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติไปใช้งานได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ในหลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสง จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนไมโครคอนโทรเลอร์ ตระกูล MCS-51 วงจรตรวจสอบเหรียญ วงจรนับเลข กลไกในการรับเหรียญ-ทอนเหรียญ และกลไกในการจ่ายธูปเทียน
2. ได้วงจรนับเลข วงจรตรวจสอบเหรียญ กลไกในการรับเหรียญ-ทอนเหรียญ กลไกในการจ่ายธูปเทียน และตัวเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ
3. ได้เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ
4. ได้ผลการทดลองการทำงานเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ
5. ได้นำเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายกิตติพันธุ์	มณีวรรณ
	นายบุญรัตน์	สวัสดิชัย
	นางสาวศศิวิมล	ชาลีกันหา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2545	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในการควบคุมการจำหน่ายธูปเทียน โดยเครื่องจะรับคำสั่งจากคีย์สวิตช์ไปประมวลผลและแสดงผลออกทางไดโอดเปล่งแสงและจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน ตัวเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ส่วนรับเหรียญ ส่วนทอนเหรียญ ส่วนกลไกในการจ่ายธูปเทียน และส่วนของภาคแสดงผล เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้สามารถจำหน่ายธูปได้ถึง 200 กล่องและจำหน่ายเทียนได้ถึง 50 กล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Incense Candle Vending Machine	
Students	Mr. Kittipan	Maneewan
	Mr. Boonrat	Sawatdichai
	Miss Sasiwimon	Chaleekunha
Advisor	Mr. Pongkiat	Chedpitaksakul
Co-Advisor	Mr. Piya	Supavarasuwat
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2002	

ABSTRACT

This thesis presents the Incense Candle Vending Machine which is controlled by MCS-51 Microcontroller. The Incense Candle Vending Machine will receive the commands from a matrix switch to process and display the result on the LEDs and 7Segment. This machine includes of 4 main parts : coin receiver, coin returner, incense candle distributor and display. The Incense Candle Vending Machine can be loaded the maximum 200 boxes of incense and 50 boxes of candle.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในทุกๆ ด้าน คณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน รวมไปถึงบุคคลทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงานนี้ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาปัญหาในด้านต่างๆ ตลอดจนได้รับการเอื้อเฟื้อข้อมูล อุปกรณ์ และสถานที่ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานด้วยดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณบิดา คุณมารดาที่ได้มอบทุกสิ่งทุกอย่างทั้งในด้านกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์มาโดยตลอด อนึ่งประโยชน์ และคุณงามความดีที่บังเกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ คุณบิดา คุณมารดา และคุณครูบาอาจารย์ที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาตลอดมา รวมไปถึงเพื่อนๆ ที่ได้ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์เสมอมาจนสามารถทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 การตรวจจับวัตถุ	3
2.2.1 ชนิดของการตรวจจับวัตถุ	4
2.2.2 หลักการทำงานของการตรวจจับวัตถุ	5
2.2.3 คุณสมบัติของการตรวจจับวัตถุ	10
2.2.4 การนำตัวตรวจจับวัตถุไปใช้งาน	20
2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์	23
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	30
3.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน	30
3.1.1 การออกแบบและการสร้าง	30
3.1.2 การทำงาน	30
3.2 วงจรตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	31
3.2.1 การออกแบบและการสร้าง	31
3.2.2 การทำงาน	32
3.3 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	32
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.2 การทำงาน	33
3.4 การทำงานชุดรับเหรียญ	34
3.5 การทำงานของชุดทอนเหรียญ	35
3.6 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	35
3.6.1 การออกแบบช่องบรรจุกล่องธูปและกล่องเทียน	36
3.6.2 การออกแบบด้านหน้าของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	37
3.6.3 การออกแบบชุดรับสินค้า	38
3.6.4 การออกแบบประตูเปิด-ปิด	42
3.6.5 การออกแบบกล่องเก็บเหรียญ	44
3.6.6 การออกแบบส่วนทอนเหรียญ	45
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน	46
4.1.1 การทดลอง	46
4.1.2 ผลการทดลอง	46
4.2 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	47
4.2.1 การทดลอง	47
4.2.2 ผลการทดลอง	48
4.3 โครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	49
4.3.1 การทดลองภาครับและตรวจสอบเหรียญ	49
4.3.2 การทดลองภาคกลไกในการจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียน	52
บทที่ 5 บทสรุป	57
5.1 สรุป	57
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	57
5.3 แนวทางการพัฒนา	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	60
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	67
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	72
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	75
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	86
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	92
ประวัติผู้แต่ง	102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวคูณของวัตถุที่ตรวจจับโลหะ	7
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของวัตถุเป้าหมายกับค่าความเหนี่ยวนำ	9
2.3 คุณสมบัติและคอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ	14
2.4 อภิธานศัพท์ของโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์	16
2.5 แหล่งกำเนิดแสงกับเครื่องใช้ไฟฟ้า	19
2.6 การติดตั้งและใช้งานโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์	22
2.7 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบเวฟ	26
2.8 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบ 2 เฟส	27
2.9 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบครึ่งสเต็ป	28
4.1 ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแหล่งจ่ายพลังงาน	46
4.2 จ่ายสัญญาณให้อินพุตของวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	47
4.3 ผลการทดลองของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	48
4.4 ผลการทดลองการวัดแรงดันขณะมอเตอร์ทำงาน	48
4.5 ผลการทดลองการวัดกระแสขณะมอเตอร์ทำงาน	49
4.6 ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ	50
4.7 ผลการทดลองเมื่อสั่งจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียนจำนวน 50 กล่อง	52
4.8 ผลการทดลองเมื่อสั่งจ่ายกล่องเทียนจำนวน 25 กล่อง	55
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายพลังงาน	75
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	75
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนผังการทำงานของตัวตรวจจับวัตถุแบบเหนี่ยวนำ	3
2.2 ตำแหน่งสวิตช์ชิ่ง	4
2.3 ส่วนประกอบของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้	5
2.4 แผนผังการทำงานของอินดัคทีฟพร๊อก	6
2.5 หลักการทำงานของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้	6
2.6 แผนผังการทำงานของโฟโต้สวิตช์	7
2.7 หลักการสะท้อนแสงชนิดรีเฟล็กทีฟ	10
2.8 หลักการสะท้อนแสงชนิดทรูบีม	10
2.9 โฟโต้สวิตช์แบบสะท้อนวัตถุ	11
2.10 แบบสะท้อนแผ่นสะท้อนแสง	11
2.11 แบบแยกตัวรับ-ตัวส่ง	12
2.12 กราฟคุณสมบัติแหล่งกำเนิดแสงและความยาวคลื่น	20
2.13 วงจรลอจิก OR สำหรับเซนเซอร์เอาต์พุตขั้วเปิด NPN	21
2.14 วงจรลอจิก AND สำหรับเซนเซอร์เอาต์พุตขั้วเปิด NPN	21
2.15 วงจรการเชื่อมต่อกับ PLC	22
2.16 โครงสร้างภายในสเต็ปเปอร์มอเตอร์	24
2.17 การควบคุมระบบสเต็ปเปอร์มอเตอร์	28
3.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน	30
3.2 วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	31
3.3 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	32
3.4 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	33
3.5 ลักษณะขาที่ต่อใช้งานของชุดรับเหรียญ	34
3.6 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	36
3.7 การออกแบบช่องสำหรับบรรจุกล่องธูปและกล่องเทียน	37
3.8 การออกแบบด้านหน้าของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	38
3.9 การออกแบบชุดรับสินค้า	39
3.10 แผ่นยึดแกนของใบพัด	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 การออกแบบแผ่นยึดแกนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	40
3.12 การออกแบบใบพัดจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียน	41
3.13 การออกแบบช่องรับสินค้า	42
3.14 การออกแบบประตูเปิด-ปิด	43
3.15 การออกแบบกล่องเก็บเหรียญ	44
3.16 การออกแบบส่วนทอนเหรียญ	45
ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	61
ก.2 ภาพด้านข้างขวาของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	62
ก.3 ภาพด้านข้างซ้ายของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ	63
ก.4ภาพใบพัดสำหรับหมุนกล่องธูปและกล่องเทียน	64
ก.5 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ	65
ก.6 ภาพวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	66
ข.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน	68
ข.2 วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	68
ข.3 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	69
ข.4 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	69
ข.5 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	70
ข.6 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	70
ข.7 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	71
ง.1 ฟังก์ชั่นจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	77
ง.2 ฟังก์ชั่นหารเลขฐานสิบ	78
ง.3 ฟังก์ชั่นรับค่าของปุ่มกด	79
ง.4 ฟังก์ชั่นขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	79
ง.5 ฟังก์ชั่นหลัก	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยมีพุทธศาสนิกชนที่นับถือศาสนาพุทธเป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีการกราบไหว้บูชาสิ่งยึดเหนี่ยวทางจิตใจ ในการกราบไหว้นั้นจะต้องใช้ธูปใช้เทียนในการกราบไหว้

ในปัจจุบันการที่จะกราบไหว้ในสถานที่ต่างๆ นั้นจะพบกับปัญหาความล่าช้าอันเนื่องมาจากจำนวนคนที่มากราบไหว้ในสถานที่ต่างๆ นั้นจะพบกับปัญหาความล่าช้าอันเนื่องมาจากจำนวนคนที่มากราบไหว้มีจำนวนมาก ซึ่งในการเลือกซื้อก็ก่อให้เกิดปัญหาในการขายและทอนเงินล่าช้าได้ ทำให้เสียเวลาไปโดยใช่เหตุ ธูปเทียนมีจำนวนไม่พอกับความต้องการ ในยามวิกาลหากต้องการจะเคารพบูชาก็ไม่สามารถหาซื้อธูปและเทียนได้ อีกทั้งในสถานที่ต่างๆ อาจจะไม่มีธูปและเทียนคอยไว้ให้บริการ การขายธูปเทียนในปัจจุบันกำลังทำเป็นเชิงธุรกิจและการขายก็อาจจะมีราคาไม่แน่นอนซึ่งส่วนใหญ่จะมีราคาแพงเกินไป

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1.สามารถจ่ายธูปได้ครั้งละ 1 กล่อง (ใน 1 กล่องนั้นจะมีธูปจำนวน 9 ดอก) และสามารถจ่ายเทียนได้ครั้งละ 1 กล่อง (ใน 1 กล่องนั้นจะมีเทียนจำนวน 2 เล่ม)

2.เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้สามารถบรรจุได้สูงสุด 200 กล่อง (โดยกล่องธูปจะมีขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร โดยประมาณ) และสามารถบรรจุเทียนได้สูงสุด 50 กล่อง (โดยกล่องเทียนจะมีขนาด กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร และสูง 3 เซนติเมตร โดยประมาณ)

3.เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้สามารถรับเหรียญ 5 บาทและเหรียญ 10 บาทได้

4.เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้สามารถทำการทอนเหรียญคืนได้มูลค่า 5 บาท

5.เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้มีจอแสดงผลมูลค่าเงินที่หยอดและสามารถแจ้งเตือนเมื่อสินค้าหมดได้

6.เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้สามารถแสดงจำนวนกล่องธูปเทียนที่จำหน่ายไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาในส่วนต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื่องหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ รวมทั้งขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ องค์ประกอบของเครื่องจำหน่ายธูปเทียนอัตโนมัติ คำสั่งที่ใช้เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ หลักการทำงานของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ ไมโครคอนโทรลเลอร์ การตรวจจับวัตถุ และสเต็ปเปอร์มอเตอร์

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน วงจรควบคุมการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจร ภาคจ่ายพลังงาน วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ และวงจรการทำงานของชุดตรวจสอบเหรียญ

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรมทั้งหมดที่สร้างขึ้นเพื่อประกอบการทำงานของโครงงาน

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

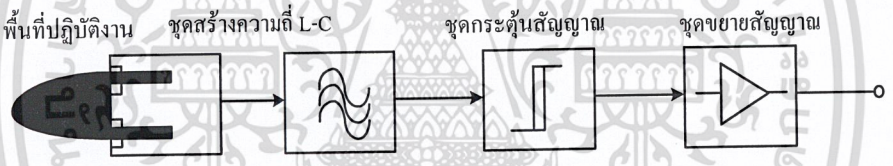
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่นำมาใช้ประกอบในการจัดทำโครงงานซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 การตรวจจับวัตถุ

โดยพื้นฐานแล้วตัวตรวจจับวัตถุแบบความเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) จะประกอบไปด้วยชุดสร้างความถี่ L-C (L-C Oscillator) ชุดกระตุ้นสัญญาณและชุดขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 2.1

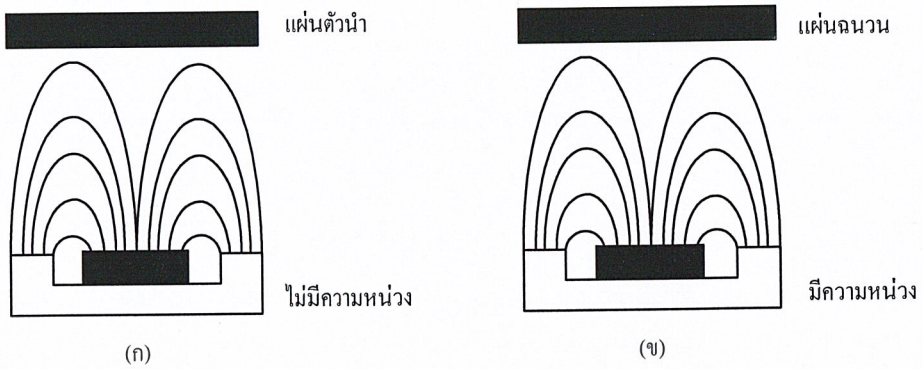


รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของตัวตรวจจับวัตถุแบบเหนี่ยวนำ

ชุดสร้างความถี่จะถูกกำหนดให้ชี้ไปยังตำแหน่งที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก เมื่อมีวัตถุปรากฏขึ้นในพื้นที่ปฏิบัติงาน (Active Area) วัตถุที่ตรวจจับจะทำให้ขั้วของแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่วัตถุเป็นเหล็ก (Ferrous Metal) และ/หรือเกิดกระแสไหลวน (Eddy Current) กรณีที่วัตถุเป็นเหล็กหรือไม่เป็นเหล็ก ดังนั้น วัตถุที่กรากฏในสนามแม่เหล็กจึงทำหน้าที่คล้ายขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ลักษณะเช่นนี้ทำให้พลังงานของชุดสร้างความถี่ลดลงซึ่งก็ คือ ชุดสร้างความถี่มีการลดทอน

การลดทอนจะทำให้กระแสของชุดสร้างความถี่ลดลง ซึ่งทำให้ชุดประมวลผลสัญญาณตรวจผลได้และเปลี่ยนสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณสำหรับการตัดต่อ (Switching Signal) สัญญาณสำหรับการตัดต่อ 2 ชนิดของตัวตรวจจับวัตถุแบบความเหนี่ยวนำจึงเป็นแบบ“มีความหน่วง” (Damped) และ “ไม่มีความหน่วง” (Undamped) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งสวิตช์ชิ่ง

2.2.1 ชนิดของการตรวจจับวัตถุ

1) พร๊อกซิมิตี้สวิตช์ (Proximity Switchs)

เป็นสวิตช์แบบไม่สัมผัสกับวัตถุ ซึ่งนำมาใช้ตรวจจับวัตถุต่างๆ ที่เข้ามาในที่ระยะตรวจจับ พร๊อกซิมิตี้สวิตช์แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1) อินดัคทีฟ พร๊อกซิมิตี้ (Inductive Proximity) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น เช่น เหล็ก สแตนเลส อลูมิเนียม เป็นต้น โดยอินดัคทีฟพร๊อกสามารถที่จะตรวจจับโลหะที่มีคาร์บอนน้อยได้ดี

1.2) คาปาซิทีฟ พร๊อกซิมิตี้ (Capacitive Proximity) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุทุกชนิดไม่ว่าจะเป็น แก้ว น้ำ ไม้ พลาสติก และกระดาษ เป็นต้น คาปาซิทีฟพร๊อกซิมิตี้สามารถตรวจจับวัตถุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมากๆ ได้ดี

2) อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสง (Photo Switch)

อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสง คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้ในการตรวจจับการปรากฏตัวของวัตถุสิ่งของ โดยโฟโต้สวิตช์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวส่งแสงกับตัวรับแสงทำงานโดยอาศัยหลักการสะท้อน การหักเหหรือการบังแสงที่ส่งออกมาจากตัวส่งแสง ทำให้ตัวรับแสงได้รับแสงหรือไม่ได้รับแสงที่ส่งมาเป็นเหตุให้เอาต์พุตของการรับแสงเปลี่ยนสภาวะไป

3) โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

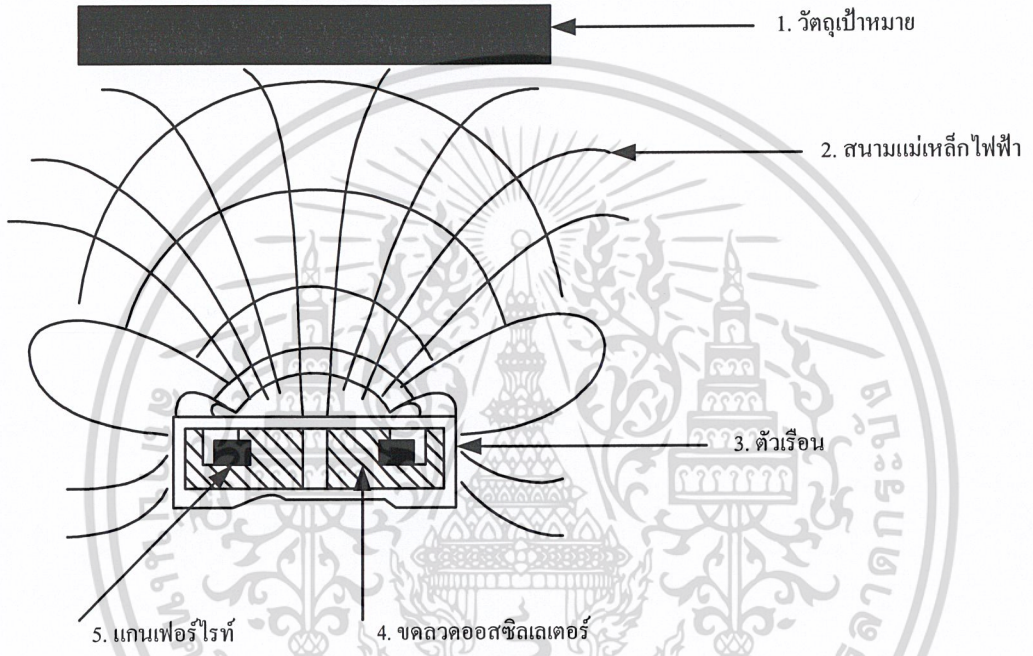
โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์จะทำการฉายลำแสง (ทั้งที่มองเห็นได้และแสงอินฟราเรด) ออกจากองค์ประกอบการฉายแสงของเครื่องโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ชนิดรีเฟล็กทีฟใช้ในการตรวจหาลำแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุเป้าหมายตัดผ่านแกนออพติคัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 หลักการทำงานของการตรวจจับวัตถุ

1) อินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้ (Inductive Proximity)

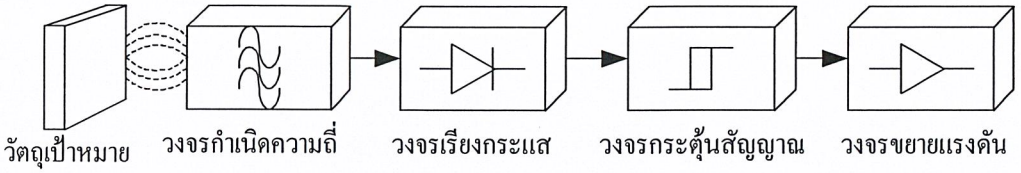
ในตัวเรือนของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ส่วนที่เป็นวัตถุเป้าหมายของขดลวดออสซิลเลเตอร์ซึ่งพันอยู่บนแกนเฟอร์ไรท์ โดยขดลวดทำหน้าที่เป็นส่วนกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้

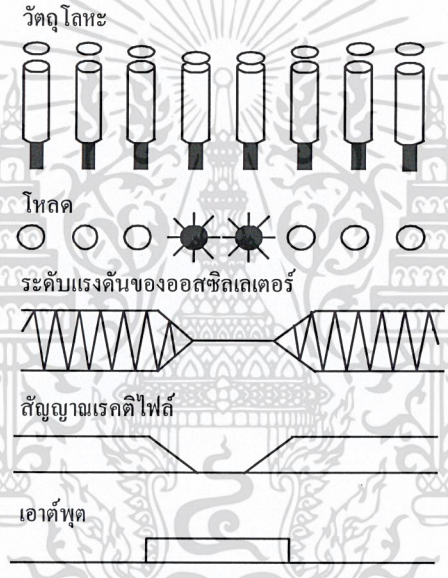
การทำงานของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้จะเริ่มจากวงจรกำเนิดความถี่ กำเนิดสัญญาณส่งไปให้ขดลวดซึ่งพันอยู่บนแกนเฟอร์ไรท์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณด้านหน้า ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่าส่วนตรวจจับ เมื่อมีวัตถุเป้าหมาย (ต้องเป็นโลหะเท่านั้น) เคลื่อนเข้ามายังบริเวณส่วนตรวจจับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเหนี่ยวนำในวัตถุเป้าหมายได้ดีกว่าอากาศ (เนื่องจากวัตถุเป้าหมายเป็นโลหะ) ทำให้ภายในวัตถุเป้าหมายมีกระแสไหลวนขึ้น ซึ่งหมายถึงตัวของวัตถุเป้าหมายได้ดูดซับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้

ทำให้วงจรกำเนิดความถี่ไม่ทำงานส่งผลให้วงจรกระตุ้นสัญญาณทำงานเกิดเอาต์พุตออกมา หลักการดูดกลืนสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้เรียกว่า "Eddy Current Kill Oscillator"



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้

1.1) ระยะตรวจจับวัตถุของอินดัคทีฟพร๊อกซิมิตี้

1.1.1) ขนาดของตัวพร๊อกซิมิตี้ ถ้าพร๊อกซิมิตี้ตัวใหญ่จะมีระยะตรวจจับวัตถุได้ไกลกว่าพร๊อกซิมิตี้ตัวเล็ก เนื่องจากพร๊อกซิมิตี้ตัวใหญ่มีขดลวดออสซิลเลเตอร์ใหญ่สามารถสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากกว่าพร๊อกซิมิตี้ที่มีขนาดเล็กและขดลวดออสซิลเลเตอร์เล็ก

1.1.2) ชนิดของโลหะที่ตรวจจับ ระยะตรวจจับของพร๊อกซิมิตี้จะใกล้หรือไกลขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ถูกจับด้วย โดยวัตถุที่ตรวจจับโลหะแต่ละชนิดจะมีตัวคูณเพื่อที่จะหาระยะในการตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวคูณของวัตถุที่ตรวจจับโลหะ

ชนิดของโลหะที่ถูกตรวจจับ	ตัวคูณ (FACTOR)
เหล็ก	1
สแตนเลส	0.7
อลูมิเนียม	0.5
ทองเหลือง	0.4
ทองแดง	0.2

2) อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสง (Photo Switch)

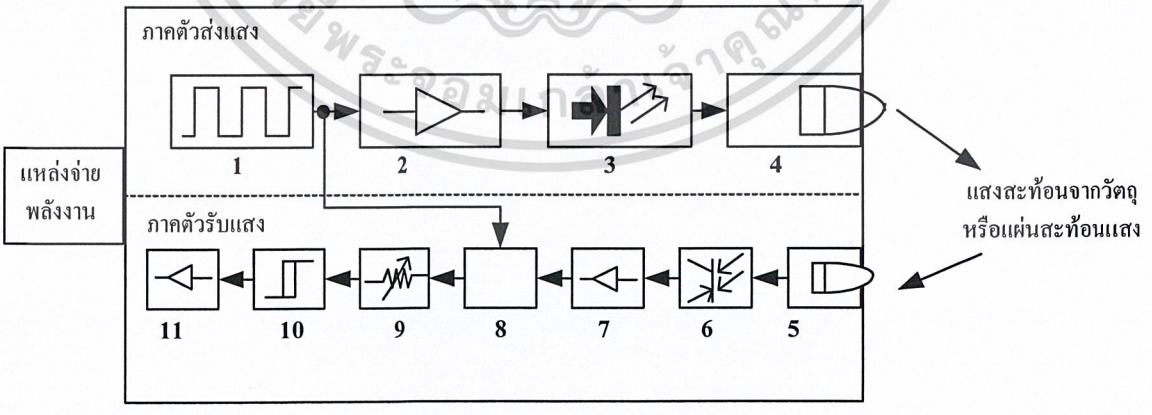
2.1) ภาคตัวส่งแสง (Transmitter)

1. วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมมีความถี่หลายเมกะเฮิรตซ์

2. ภาคขยายสัญญาณ มีหน้าที่ขยายสัญญาณสี่เหลี่ยมให้มีระดับแรงดันสูงขึ้น

3. อุปกรณ์ไดโอดทำงานด้วยแสง จะตรวจจับสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งแสงส่วนมากเป็นแสงอินฟราเรด ซึ่งมองด้วยตาไม่เห็นเพราะมีความยาวคลื่น λ = 880 nm แสงของโฟโต้สวิตช์ที่ใช้รองมา คือ LED สีแดง (λ = 700 nm) หรือ LED สีเขียว (λ = 500 nm)

4. เลนส์ มีหน้าที่รวมแสงถ้าต้องการให้ระยะทำงานไกลก็ใช้เลนส์รวมแสงไม่ให้กระจาย (มุม α น้อย) ถ้าใช้เลนส์ที่ทำให้แสงกระจายออกไปเป็นมุมกว้างขึ้น จะทำให้ระยะทำงานสั้นลงแต่การตรวจจับด้านข้างได้กว้างขึ้น



รูปที่ 2.6 แผนผังการทำงานของโฟโต้สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) ภาคตัวรับแสง (Receiver)

5.เลนส์รวมแสง ทำการรับแสงที่สะท้อนหักเหหรือส่งมาโดนตรงจากตัวรับแสง

6.อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ทำงานด้วยแสง คือ ตัวที่แปลงสัญญาณแสงที่ได้รับมาเป็นมิลลิโวลต์โดยค่าโวลเตจนี้จะแปรผันตรงกับปริมาณแสงที่ได้รับ ถ้าแสงได้รับมามาก ค่าระดับของแรงดันก็จะมากตาม

7.ภาคปรับขยายสัญญาณ เป็นตัวขยายค่ามิลลิโวลต์ที่รับจากทรานซิสเตอร์ทำงานด้วยแสงให้มีค่าแรงดันสูงขึ้น

8.ภาคเข้าจังหวะสัญญาณ คือ เป็นตัวเปรียบเทียบสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากภาคผสมสัญญาณสี่เหลี่ยม กับสัญญาณไฟฟ้าที่ตัวรับแสงว่ามีความถี่เท่ากันจึงจะมีเอาต์พุตส่งไปยังภาคต่อไป ประโยชน์ของภาคนี้ คือ ช่วยป้องกันแสงรบกวนจากแสงสว่างจากภายนอก

9.การปรับความไวแสง คือ เป็นตัวความต้านทานที่ปรับค่าได้ จุดประสงค์เพื่อปรับระดับค่าศักดาไฟฟ้าเพื่อให้วงจรเรียงกระแส ส่วนต่อไปเปิดหรือปิดค่าศักดาไฟฟ้านี้แปรผันตรงกับปริมาณแสงที่เข้ามาที่ส่วนที่ 6 คือ ทรานซิสเตอร์ทำงานด้วยแสงนั่นเอง การปรับความไวแสงก็จะเหมือนกับการปรับว่าปริมาณแสงที่ได้รับมากแค่ไหนจึงจะสั่งวงจรเรียงกระแสให้เปิด คุณสมบัติของข้อนี้ทำให้ อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงที่มีปุ่มปรับความไวแสงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้มากกว่าวงจรคัดต่อด้วยแสงที่ไม่มีปุ่มปรับความไวแสง

10. วงจรกระตุ้น หมายถึง วงจรตัดต่อเปิด-ปิดวงจรเรียงกระแส ส่วนมากออกแบบให้จุดเปิดและปิดต่างกันเพื่อไม่ให้วงจรเปิด-ปิดกันบ่อยครั้งมาก ในกรณีของวงจรตัดต่อด้วยแสงระยะวัตถุที่เริ่มเปิด ห่างจากระยะที่วัตถุถอยออกไกลไปจากอุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงแล้วอุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงจะปิด เรียกว่าค่า Hysterresis (ระยะ b-a = Hysterresis)

11. ภาคขยาย ทำหน้าที่เพิ่มหรือทำการขยายค่าให้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น พอที่จะทำให้เอาต์พุตของทรานซิสเตอร์เปลี่ยนสภาวะ

2.3) ความสัมพันธ์ระหว่างสีของวัตถุและระยะตรวจจับ

สำหรับอุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงที่ใช้วัตถุสะท้อนแสง (Diffuse Reflective) ความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุมีผลต่อระยะตรวจจับของสวิตช์ลำแสง โดยจะขึ้นกับสีและลักษณะความเรียบและความมันวาวของวัตถุที่จะตรวจจับนั้น

ในการคำนวณระยะตรวจจับของอุปกรณ์ลำแสงที่แท้จริง จะต้องมีข้อมูล 2 ส่วน คือ

2.3.1) ระยะตรวจจับตามปกติของอุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสง (Nominal Range) นั้นซึ่งผู้ผลิตได้ทำการทดสอบกับกระดาษสีขาวมาตรฐาน ซึ่งถ้าใช้วัตถุที่มีสีและลักษณะผิวที่แตกต่างออกไประยะตรวจจับอาจลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2) ค่าสัมประสิทธิ์การแก้ไข (Correction Factor) ซึ่งขึ้นอยู่กับสีและผิวของวัตถุที่จะตรวจจับดังตาราง เมื่อนำค่าทั้ง 2 ค่ามาคูณกันจะได้ระยะตรวจจับที่ถูกต้องสำหรับสวิตช์ลำแสงและวัตถุนั้นๆ

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ชนิดของวัตถุเป้าหมายกับค่าความเหนี่ยวนำ

วัตถุเป้าหมาย (ขนาด 100 x 100 มม.)	ค่า Correction Factor	เปอร์เซ็นต์ของระยะตรวจจับปกติ
กระดาษสีโกดักสีขาว เบอร์ R27	1.0	100%
กระดาษแข็งสีแดง	0.8-0.9	80-90%
ผ้าฝ้ายสีขาว	0.8	80%
ไม้	0.4-0.8	40-80%
โฟมสีเทา	0.3-0.6	30-60%
พลาสติกสีเทา	0.5-0.7	50-70%
เหล็กสแตนเลสขัดมัน	1.2-1.5	120-150%

สำหรับอุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงแบบ Through Beam และ Retro-Reflective ความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุจะไม่มีผลกับระยะตรวจจับ เพราะทำงานโดยให้วัตถุที่ถูกตรวจจับมากั้นแสง ไม่ใช้วัตถุนั้นเป็นตัวสะท้อนแสง อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงแบบ Retro Reflective มีข้อควรระวังที่ใช้กับวัตถุมันวาว เพราะอาจจะได้รับแสงที่สะท้อนจากวัตถุที่อยู่ใกล้ได้ดีพอๆ กับแสงที่สะท้อนจากแผ่นสะท้อนแสงที่อยู่ไกลกว่าทำให้อุปกรณ์ตัดต่อด้วบแสงแยกความแตกต่างว่ามีวัตถุหรือไม่มีวัตถุไม่ได้ ในกรณีนี้ควรใช้อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงชนิดพิเศษ คือ โพลาไรซ์

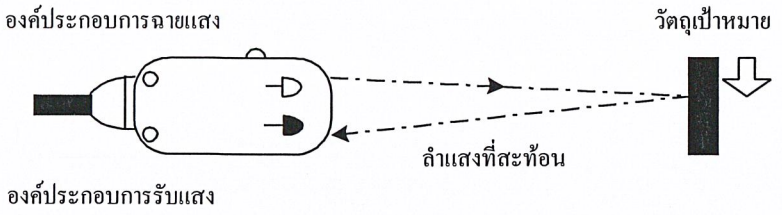
3) โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ฉายลำแสง (ทั้งที่มองเห็นได้และแสงอินฟราเรด) ออกจากองค์ประกอบการฉายแสงของเครื่องโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ชนิดรีเฟล็กทีฟใช้ในการตรวจหาลำแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุเป้าหมายตัดผ่านแกนออพติคัลมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ

ชนิดรีเฟล็กทีฟ

เมื่อโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์จะทำการฉายลำแสงออกจากองค์ประกอบการฉายแสง เมื่อมีวัตถุเป้าหมายแสงที่ฉายจะถูกกระทบกับวัตถุดังกล่าว ลำแสงที่ฉายออกไปจะสะท้อนกลับมายังส่วนรับแสง โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ด้านส่วนประกอบการรับแสงจะสามารถทำการตรวจจับว่าในขณะนั้นมีแสงถูกตัดผ่านหรือไม่ ซึ่งจะทำให้องค์ประกอบการรับแสงทำงาน

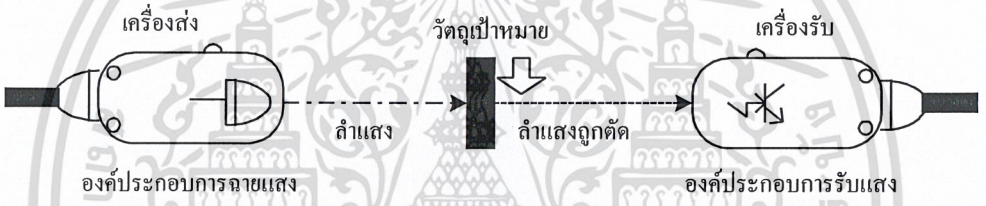
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 หลักการสะท้อนแสงชนิดรีเฟล็กทีฟ

ชนิดทรูบีม

องค์ประกอบการฉายแสงและองค์ประกอบการรับแสงจะแยกจากกัน โดยเครื่องส่งจะฉายลำแสงออกจากโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ เมื่อลำแสงกระทบกับวัตถุเป้าหมายละแสงจะถูกตัด ทำให้เครื่องรับทำการตรวจจับแสงที่เข้ามาว่ามีหรือไม่



รูปที่ 2.8 หลักการสะท้อนแสงชนิดทรูบีม

2.2.3 คุณสมบัติของการตรวจจับวัตถุ

1) พร็อกซิมิตี้สวิตช์

1.1) การตรวจจับแบบไม่สัมผัสลดทอนความเสียหายที่หัวเซนเซอร์และวัตถุเป้าหมาย

1.2) เอาต์พุตแบบ ไม่สัมผัส อายุการใช้งานยาวนาน

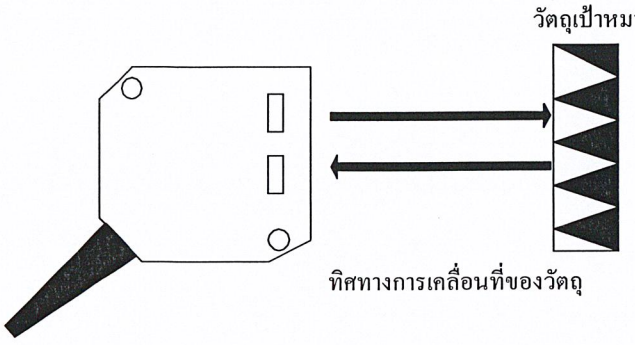
1.3) การตรวจจับมีเสถียรภาพ รวมทั้งความเร็วในการตอบกลับสูง

1.4) หัวเซนเซอร์ขนาดกระทัดรัดช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการติดตั้ง

2) อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสง

2.1) สะท้อนวัตถุ (Diffuse-Reflective)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 โฟโต้สวิตช์แบบสะท้อนวัตถุ

คุณสมบัติ

1) ระยะตรวจจับสั้นไม่เกิน 1 เมตร

2) นิยมใช้มากที่สุด

ข้อดี

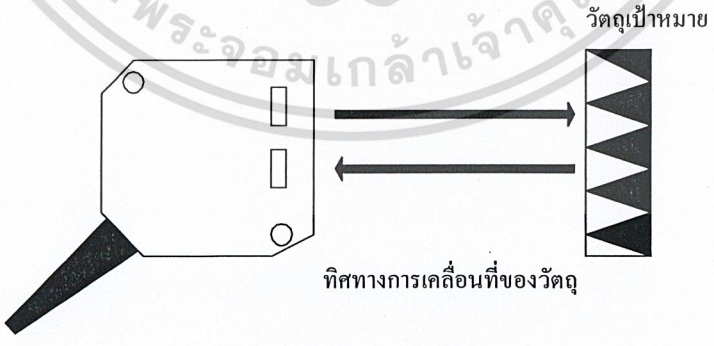
1) ราคาถูก

2) ติดตั้งง่าย

ข้อเสีย

ระยะตรวจจับขึ้นกับสีความเรียบมันของวัตถุ เช่นวัตถุที่มีสีดำและด้านจะมีผลให้ระยะตรวจจับลดลง

2.2) สะท้อนแผ่นสะท้อนแสง (Retro-Reflective)



รูปที่ 2.10 แบบสะท้อนแผ่นสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ

ระยะตรวจจับประมาณ 3 เมตร ถึง 10 เมตร

ข้อดี

1) ติดตั้งง่าย

2) ระยะการตรวจจับปานกลาง

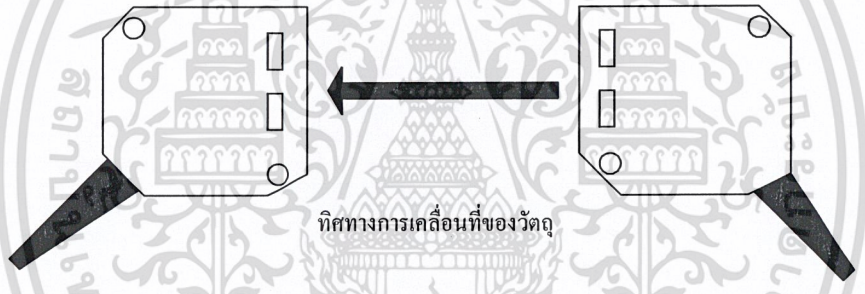
3) ระยะตรวจจับไม่ขึ้นกับสีของวัตถุ

ข้อเสีย

1) ราคาแพง

2) มีข้อจำกัดในการติดตั้งแผ่นสะท้องแสงทำให้ติดตั้งยากขึ้นกว่าแบบแรก

2.3) Retro-Reflective (แยกตัวรับ-ตัวส่ง)



รูปที่ 2.11 แบบแยกตัวรับ-ตัวส่ง

คุณสมบัติ

ระยะตรวจจับตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป

ข้อดี

สีหรือความมันวาวของวัตถุไม่มีผลกับการทำงาน

ข้อเสีย

1) การติดตั้งและการปรับศูนย์ของตัว

2) รับ-ส่ง ให้ลำแสงตรงกันยุ่งยาก

3) ราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

1) การตรวจจับโดยไม่ต้องสัมผัส

การตรวจจับโดยไม่ต้องสัมผัสช่วยลดความเสียหายทั้งกับวัตถุเป้าหมายและส่วนของหัวเซนเซอร์จึงมั่นใจได้ถึงอายุการใช้งานที่ยาวนานและการทำงานที่ปลอดจากการซ่อมบำรุง

2) การตรวจจับวัตถุเป้าหมายได้ทุกวัสดุ

จากการจับจะอิงจากปริมาณแสงที่ได้รับหรือความเปลี่ยนแปลงในปริมาณของแสงที่สะท้อนวิธีการเช่นนี้จึงช่วยให้สามารถตรวจจับวัตถุเป้าหมายได้ทุกประเภท เช่น แก้ว โลหะ พลาสติก ไม้ และของเหลว

2.1) ระยะการตรวจจับยาว

โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ชนิดรีเฟล็กทีฟมีระยะทางตรวจจับที่ยาวถึง 1 เมตร 3.3 นิ้ว และชนิดทรูบีมมีระยะทางการตรวจจับยาวถึง 10 เมตร 32.8 นิ้ว

2.2) ความเร็วการตอบกลับระดับสูง

โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์มีความสามารถด้านความเร็วในการตอบกลับสูงถึงซึ่งมีความเร็วเท่ากับ 20 ไมโครวินาที

2.3) ความสามารถจำแนกความแตกต่างจากสี

เซนเซอร์นี้มีความสามารถตรวจจับจากวัตถุโดยอิงจากการสะท้อนและการดูดซับสีของวัตถุ ดังนั้นจึงช่วยในการตรวจจับสีและการจำแนกความแตกต่างของสี

3) การตรวจจับที่มีความแม่นยำสูง

ระบบออพติคัลพิเศษและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เที่ยงตรงช่วยให้สามารถหาตำแหน่งได้อย่างแม่นยำระดับสูงและตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้

3.1) วิธีแผ่ลำแสง

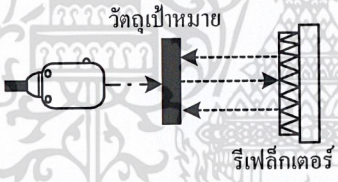
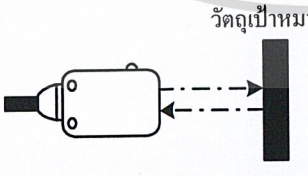
3.1.1) การแผ่คลื่นพัลส์ โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ใช้วิธีการแผ่ลำแสงคลื่นพัลส์และใช้ไดโอดเปล่งแสงหรือเซมิคอนดักเตอร์เลเซอร์เป็นแหล่งแสง จึงช่วยให้เซนเซอร์สามารถฉายลำแสงคลื่นพัลส์ที่มีความเข้มสูงตามที่กำหนดไว้เป็นระยะๆ ได้ ส่งผลต่อเสถียรภาพของการตรวจจับ โดยมีการแทรกแซงจากแสงภายนอกน้อยที่สุดและมีระยะการตรวจจับที่ยาว

3.1.2) การแผ่แสงอย่างต่อเนื่อง คือ ให้เซนเซอร์สามารถฉายแสงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณแสงที่กำหนดไว้ล่วงหน้า แม้ว่าวิธีนี้จะไม่ให้ระยะตรวจจับที่ไกล ทั้งนี้เนื่องจากลำแสงที่มีกำลังอ่อนเพราะตัวปล่อยแสงมีระดับกระแสไฟฟ้าที่จำกัดแต่กลับให้ความเร็วตอบสนองที่เร็วกว่าวิธีแผ่คลื่นพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

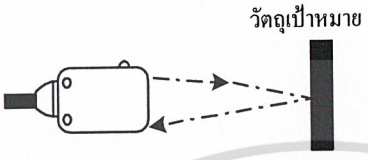
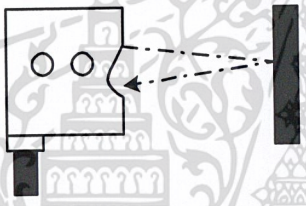
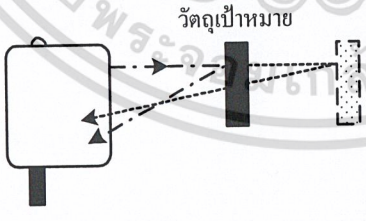
3.2) คุณสมบัติและคอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติและคอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ

ประเภท	คอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ	คุณสมบัติ
ทรูบีม		การตรวจจับเกิดขึ้นเมื่อวัตถุเป้าหมายตัดผ่านแกนออพติคัลระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ ● ระยะห่างการตรวจจับยาว ● ตำแหน่งการตรวจจับมันคง ● สามารถตรวจจับวัตถุทึบแสงได้ โดยไม่คำนึงถึงขนาด สีหรือวัสดุ ● ลำแสงที่มีความเข้มสูง
ชนิดรีโทร-รีเฟล็กเตอร์		การตรวจจับเกิดขึ้นเมื่อวัตถุเป้าหมายตัดผ่านแกนออพติคัลระหว่างหัวเซนเซอร์และรีเฟล็กเตอร์ รีเฟล็กเตอร์สามารถติดตั้งในพื้นที่ที่จำกัด ● การเดินสายไฟไฟ้าได้ง่าย ● ระยะตรวจจับยาวกว่าชนิดดิฟฟิวรีเฟล็กทีฟเซนเซอร์ ● แกนออพติคัลสามารถปรับได้ง่าย ● สามารถตรวจจับวัตถุทึบแสงได้ โดยไม่คำนึงถึงขนาด สีหรือวัสดุ
ชนิดดิฟฟิว-รีเฟล็กเตอร์		การตรวจจับเกิดขึ้นเมื่อได้รับแสงที่สะท้อนกลับมาหลังจากลำแสงฉายไปยังวัตถุ ● ประหยัดพื้นที่ (ต้องการพื้นที่ติดตั้งชุดเซนเซอร์เท่านั้น) ● ไม่จำเป็นต้องปรับแกนออพติคัล ● สามารถตรวจจับวัตถุโปร่งแสงที่สะท้อนได้ ● สามารถตรวจจับความแตกต่างสีได้

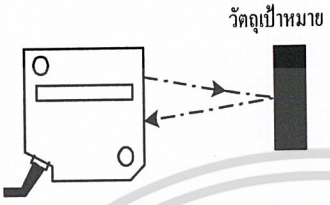
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) คุณสมบัติและคอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ

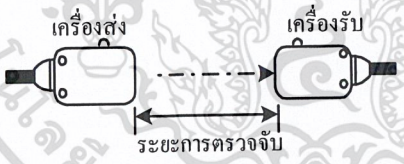
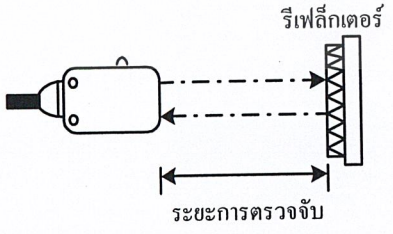
ประเภท	คอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ	คุณสมบัติ
ชนิดโฟกัส-บีม รีเฟล็กเตอร์		การตรวจจับเกิดขึ้นเมื่อได้รับแสงที่สะท้อนกลับจากจุดลำแสงที่ฉายไปยังวัตถุ ● สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็ก ● สามารถตรวจจับเครื่องหมายบนวัตถุเป้าหมายการตรวจจับสามารถกระทำผ่านรอยแยกแคบๆ ระหว่างเครื่องจักรได้ ● จุดลำแสงสามารถมองเห็นได้ด้วยตา
ชนิดสมอล-สปอต เดฟฟินิต รีเฟล็กเตอร์		ชิ้นส่วนในการส่งและการรับได้รับการสร้างขึ้นในมุมที่ช่วยให้สามารถตรวจจับถายในพื้นที่จำกัด ซึ่งมีจุดตัดของแกนออพติคัล ● ผลกระทบของพื้นหลังของวัตถุเป้าหมายมีระดับต่ำ ● ระดับฮีสเทอรีซิสต่ำ ● สามารถตรวจจับความแตกต่างของความสูงเพียงเล็กน้อยได้ ● จุดลำแสงสามารถมองเห็นได้ด้วยตา
จำกัดระยะตรวจจับ		ตรวจจับวัตถุเป้าหมายที่ระยะห่างที่กำหนดตามมุมของลำแสงที่สะท้อนกลับ ● ไม่ได้รับผลกระทบจากพื้นหลังของวัตถุเป้าหมายที่มีการสะท้อนแสงระดับสูงมีเสถียรภาพในการตรวจจับสีและวัสดุของวัตถุเป้าหมายที่มีการสะท้อนแบบต่างๆ ● มีความแม่นยำสูงในการตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็ก ● จุดลำแสงสามารถมองเห็นได้ด้วยตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) คุณสมบัติและคอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ

ประเภท	คอนฟิเกอเรชันของการตรวจจับ	คุณสมบัติ
ชนิดตรวจจับความมันวาว		เมื่อลำแสงกระทบวัตถุเป้าหมาย ลำแสงจะสะท้อนออกมาแตกต่างกันตามความมันวาวของวัตถุเป้าหมาย เซนเซอร์จะตรวจจับความแตกต่างของความมันวาวนี้ โดยอิงจากการสะท้อนของลำแสง (สะท้อนแบบกระจกเงา หรือแตกพร่า) สามารถตรวจจับออนไลน์ได้ ● การตรวจจับไม่ได้รับผลกระทบจากสีของวัตถุเป้าหมาย ● สามารถตรวจจับวัตถุเป้าหมายที่โปร่งใสได้

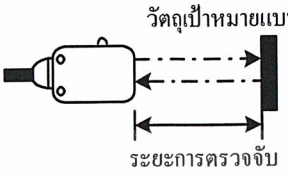
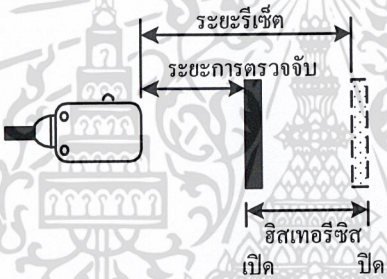
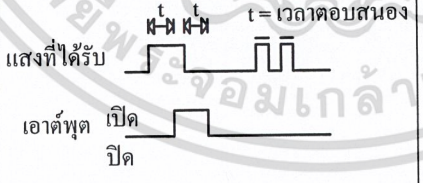
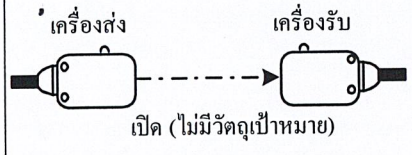
ตารางที่ 2.4 อภิธานศัพท์ของโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

คำศัพท์	คอนฟิเกอเรชัน	คำจำกัดความ
ระยะการตรวจจับ (Detecting distance)	ชนิดทรูบีม  ชนิดรีโทร-รีเฟล็กทีฟ 	ระยะห่างสูงสุดจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ซึ่งยังเป็นระยะที่มีเสถียรภาพที่เครื่องรับจะได้รับแสงที่ฉายออกจากเครื่องส่ง (ชนิดทรูบีม) หรือสะท้อนจากรีเฟล็กเตอร์ได้ (ชนิดรีโทร-รีเฟล็กทีฟ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

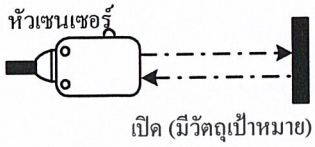
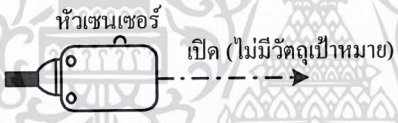
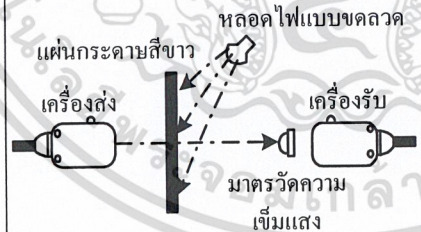
ตารางที่ 2.4 (ต่อ) อภิธานศัพท์ของโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

คำศัพท์	คอนฟิเกอเรชัน	คำจำกัดความ
ระยะการตรวจจับ (Detecting distance)		ระยะห่างสูงสุดจากหัวเซนเซอร์ไปยังวัตถุเป้าหมายแบบมาตรฐาน ซึ่งยังเป็นระยะที่มีเสถียรภาพที่เซนเซอร์จะสามารถตรวจจับลำแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุเป้าหมายแบบมาตรฐานได้
ฮิสเทอรีซิส (Hysteresis)		• สำหรับโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ชนิดรีเฟล็กทีฟ หมายถึงความแตกต่างระหว่างระยะรีเซ็ตและระยะการตรวจจับที่ใช้วัตถุเป้าหมายแบบมาตรฐาน • ฮิสเทอรีซิสของโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์จะแสดงเป็นสัดส่วนตามระยะการตรวจจับ (x% ของระยะการตรวจจับ) • ระยะรีเซ็ตเป็นการอ้างถึงระยะห่างจากพื้นผิวที่รับแสงของหัวเซนเซอร์ไปยังจุดที่ซึ่งมีการรีเซ็ตเซนเซอร์สำหรับการตรวจจับในเวลาต่อมา
เวลาตอบสนอง (Response time)		ช่วงเวลาขั้นต่ำที่จำเป็นสำหรับเซนเซอร์เพื่อใช้ในการตรวจจับการปรากฏของลำแสงและส่งเอาต์พุตสัญญาณเปิดหรือเพื่อตรวจจับการปราศจากลำแสงและส่งเอาต์พุตสัญญาณปิด
Light-On	ชนิดทรูบีมและ รีโทร-รีเฟล็กทีฟ 	โหมดการทำงานที่ยอมให้หัวเซนเซอร์ส่งเอาต์พุตสัญญาณเปิด เมื่อปริมาณลำแสงตามที่กำหนดหรือมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48361

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) อภิธานศัพท์ของโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

คำศัพท์	คอนฟิเกอเรชัน	คำจำกัดความ
Light-On	ชนิดรีเฟล็กทีฟ  	
Dark-On	ชนิดทรูบีมและรีโทร-รีเฟล็กทีฟ 	โหมดการทำงานที่ยอมให้หัวเซนเซอร์ส่งเอาต์พุตสัญญาณเปิด เมื่อปริมาณลำแสงตามที่กำหนดไว้หรือมากกว่าถูกสกัดกั้นโดยวัตถุเป้าหมาย
	ชนิดรีเฟล็กทีฟ  	
แสงล้อมรอบ (Ambient Light)	 	ปริมาณสูงสุดของแสงสว่างล้อมรอบที่พื้นผิวรับแสงของเซนเซอร์รับได้ ซึ่งเซนเซอร์ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ

3.3) แหล่งกำเนิดแสง

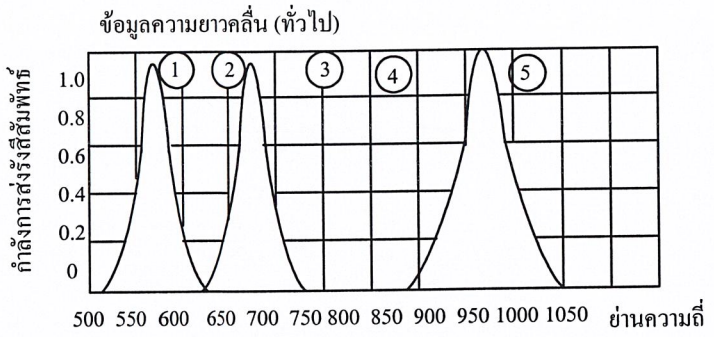
โฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์ใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดง ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว ไดโอดเลเซอร์สีแดง หรือไดโอดเลเซอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งจะมีคุณสมบัติตามที่ลำดับไว้ ด้วยเหตุนี้หากเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสมกับเครื่องใช้ไฟฟ้าก็จะได้รับผลลัพธ์การตรวจจับที่ถูกต้องแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของแสงที่ได้จากไดโอดเปล่งแสง

ชนิด	คุณสมบัติ	รุ่น
ไดโอดเปล่งแสงสีแดง	สามารถมองเห็นจุดลำแสงได้ใช้ตรวจจับสัญลักษณ์สี (จำแนกความแตกต่างของสีขาว สีแดงหรือสีเหลืองออกจากสีดำ สีน้ำเงินหรือสีเขียว)	FS01, FS-T22, FS2-60/65, PS-206, 47/49, FS-V, PZ2, PZ-101, PK, PI-G
ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด	ใช้ในการตรวจจับระยะไกล เนื่องจากลำแสงที่มีคุณภาพไม่ทำลายฟิล์มที่ไม่เปิดออก	PS, PZ, PQ, PG, PW
ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว	สามารถมองเห็นจุดลำแสงได้เหมาะสมสำหรับการตรวจจับความแตกต่างของความบาง เนื่องจากแฟคเตอร์การลดทอนอยู่ในระดับสูง ใช้ตรวจจับสัญลักษณ์สี (จำแนกความแตกต่างของสีขาว สีแดงหรือสีเหลือง ออกจากสีดำ สีน้ำเงินหรือสีเขียว)	FS, TIG, FS2-60G
ไดโอดเลเซอร์ (สีแดงอินฟราเรด)	ช่วยให้สามารถตรวจจับวัตถุเป้าหมายขนาดเลือกได้ เนื่องจากสามารถสร้างจุดลำแสงที่เล็กอย่างยิ่ง ใช้ในการตรวจจับระยะไกลได้เนื่องจากลำแสงเดินทางแนวตรงมีให้เลือกทั้งแบบไดโอดเลเซอร์สีแดงและไดโอดเลเซอร์อินฟราเรดและมีคุณสมบัติเดียวกับ ไดโอดเปล่งสีแดงและไดโอดเปล่งอินฟราเรด ตามลำดับหลอดไฟออฟติคัลประกอบด้วยส่วนประกอบส่องสว่างที่มีสีหลายสี (ความยาวคลื่น) จึงให้ความสามารถในการจำแนกความแตกต่างของสีได้ในระดับสูง	FS-L, LZ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 กราฟคุณสมบัติแหล่งกำเนิดแสงและความยาวคลื่น

1) ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว
2) ไดโอดเปล่งแสงสีแดง
3) เซมิคอนดักเตอร์เลเซอร์สีแดง
4) เซมิคอนดักเตอร์เลเซอร์อินฟราเรด
5) ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด

2.2.4 การนำตัวตรวจจับวัตถุไปใช้งาน

1) ความไวในการตรวจจับและขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวดจะเป็นตัวกำหนดความไวในการตรวจจับ ตัวตรวจจับวัตถุแบบความเหนี่ยวนำยิ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวดโตมากขึ้นเท่าใด ส่วนความกว้างของสนามแม่เหล็กที่กระจายออกไปยังที่ว่างยิ่งแผ่ออกไปมากขึ้นเท่านั้น ชุดสร้างความถี่แต่ละชุดจะได้รับการปรับแต่งเป็นอย่างดีให้ความถี่คงที่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามมิได้หมายความว่าความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางและความไวในการตรวจจับจะเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น

เป็นความจริงที่ว่าเมื่อขดลวดโตขึ้น สนามแม่เหล็กจะกว้างขึ้น ขนาดของวัสดุตรวจจับจะใหญ่ขึ้นเช่นกัน เพื่อที่จะให้สนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงพอที่จะกระตุ้นการทำงานของสวิตช์ ซึ่งหมายถึงการตรวจจับในระยะที่ห่างออกไปจะทำได้ดีเมื่อวัสดุที่ต้องการตรวจจับมีขนาดใหญ่ขึ้น

ขนาดความยาวของขดลวดจะไม่มีผลกับความไวในการตรวจจับ แต่อย่างไรก็ตามระยะห่างระหว่างขดลวดและแกนกลางที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กจะมีผลกับความไวในการตรวจจับ

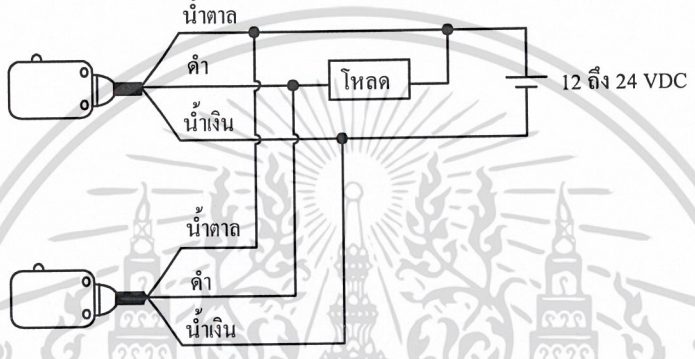
การลดทอนของชุดสร้างความถี่ซึ่ง คือ การลดลงของขนาดกระแส มิได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างตามแนวแกนเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับระยะรัศมีระหว่างตัวตรวจจับและวัตถุที่ต้องการตรวจจับด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

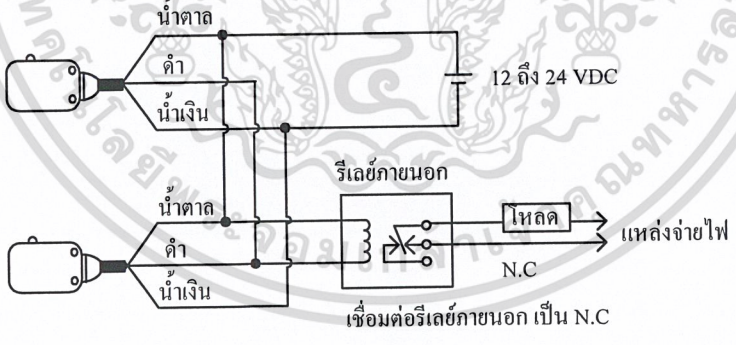
ระยะห่างตามแนวด้านข้าง (Lateral) จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กมากเท่าใด การลดทอนจะเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย ถ้าวัตถุตรวจจับเคลื่อนเข้าหาตัวตรวจจับทางด้านแนวด้านข้าง ส่งผลให้ระยะการตรวจจับลดลง บริเวณที่สามารถตรวจจับวัตถุได้เรียกว่า "พื้นที่ปฏิบัติการ" (Reaction Zone)

2) การเชื่อมต่อโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

การเชื่อต่อแบบขนาน (วงจรลอจิก OR) และการเชื่อมต่อแบบอนุกรม (วงจรลอจิก AND)

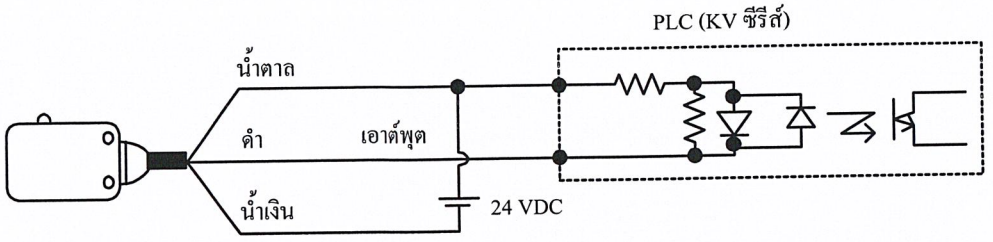


รูปที่ 2.13 วงจรลอจิก OR สำหรับเซนเซอร์เอาต์พุตขั้วเปิด NPN



รูปที่ 2.14 วงจรลอจิก AND สำหรับเซนเซอร์เอาต์พุตขั้วเปิด NPN

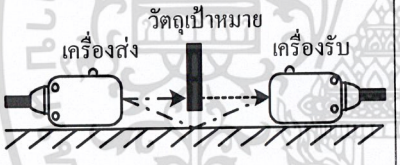
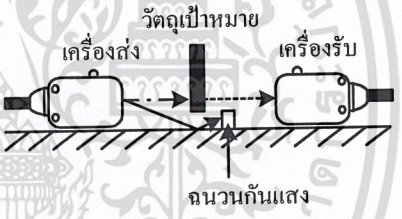
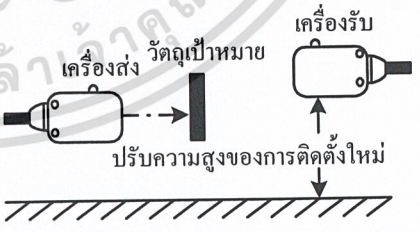
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 วงจรการเชื่อมต่อกับ PLC

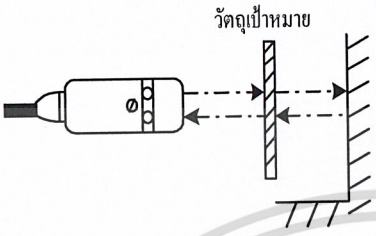
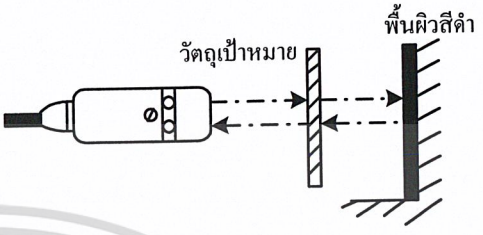
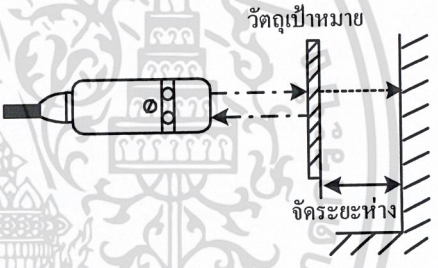
3) การติดตั้งโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

ตารางที่ 2.6 การติดตั้งและใช้งานโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

ชนิด	การรบกวนจากภายนอก	ทางแก้ไข
ทรูบีม	 เครื่องรับอาจตรวจจับลำแสงที่สะท้อนจากพื้น	 จัดตำแหน่งของฉนวนกันแสง เพื่อให้เครื่องรับไม่ตรวจจับลำแสงที่เดินทางต่ำกว่าวัตถุเป้าหมาย  ยกตำแหน่งของการติดตั้งหรือมุมเซนเซอร์ให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) การติดตั้งและใช้งานโฟโต้อิเล็กทริคเซนเซอร์

ชนิด	การรบกวนจากภายนอก	ทางแก้ไข
รีเฟล็กทีฟ	 วัตถุพื้นหลังอาจกระทบลำแสง ส่งผลให้การตรวจจับไม่เสถียรภาพ	 จัดวัตถุพื้นหลังที่มีการสะท้อนแสงระดับต่ำ เช่น ผนังสีดำ เพื่อป้องกันเซนเซอร์จากการตรวจจับลำแสงที่สะท้อนมา  จัดระยะห่างระหว่างวัตถุเป้าหมายและวัตถุพื้นหลังให้มากที่สุด

2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตทางอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ ลักษณะการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะเคลื่อนที่เป็นขั้นซึ่งอาจเป็นขั้นละ 1.8, 5 และ 7.5 องศา ขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์ ส่วนใหญ่สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะใช้ในงานควบคุมระบบดิจิตอล เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องพล็อตเตอร์ เครื่องขับแผ่นดิสก์ ตลอดจนอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมหรือเครื่องมือวัดและระบบควบคุมอื่นๆ ส่วนประกอบของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ส่วนใหญ่มาจากชิ้นส่วนที่มีความเที่ยงตรงสูง

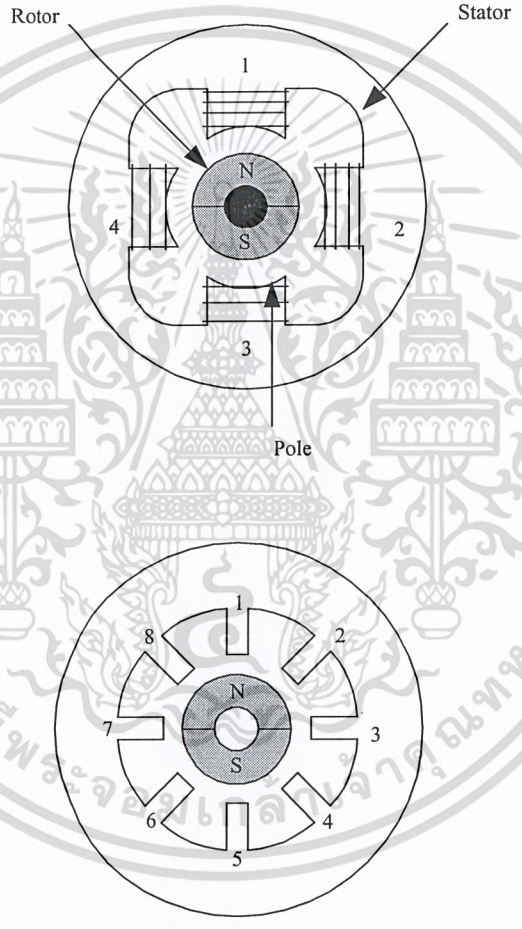
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญและระบบควบคุมอื่น

1. โรเตอร์ เป็นส่วนที่หมุนได้จะเป็นแม่เหล็กถาวรและอื่น

2. สเตเตอร์ เป็นส่วนที่อยู่กับที่จะเป็นขดลวดหลาย ๆ ขด

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาจะประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละซี่นั้นจะมีคอยล์ (ขดลวด) พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่ เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถแบ่งตามโครงสร้างพื้นฐานได้ 4 ชนิด คือ

1) ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Permanent Magnet: PM) มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์จะมีโรเตอร์ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยที่โรเตอร์เป็นรูปทรงกระบอกฟันเลื่อยและโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวรเพื่อป้อนไฟดีซี ให้กับขดสเตเตอร์จะทำให้เกิดแรงผลักต่อโรเตอร์ด้วยอิเลกโตรแมกเนติกฟอร์สจะทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงฉุดยึดให้โรเตอร์หยุดกับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด การควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวด เช่น ถ้าเป็นมอเตอร์ แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันแยกจากกันขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้น ถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไปทำให้เกิดเป็นแรงยึดเหนี่ยว สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในความถูกต้องของตำแหน่งแม้ความเร็วจะมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

2) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance: VR) ซึ่งมีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ (Multi-Tooth) ทำจากเหล็กอ่อน จะทราบว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดลองได้ง่ายมาก คือใช้มือหมุนเพลาของมอเตอร์และสังเกตเห็นว่าหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด เพราะที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากการณ์ทางแม่เหล็กต่างจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตและชนิดไฮบริดจ์ซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ขณะหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีขั้นในการหมุนสูงจะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้ไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ของมันจะทำจากสารเฟอร์โรแมเนติกขนาดกำลังอ่อนและมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยรูปทรงกระบอกโดยที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์และจึงทำหน้าที่กำหนดมุมที่หมุนไปในแต่ละครั้ง เพื่อป้อนไฟเข้าไปในขดลวดสเตเตอร์แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปทำให้หมุนโรเตอร์หมุนในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุด ดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างขดกันไปก็ทำให้มอเตอร์หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กันมอเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

3) ชนิดไฮบริดจ์ (Stepping Motor แบบ Hybrid) จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM เป็นชนิดที่นิยมนำมาใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้กับอุปกรณ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยโครงสร้างภายในได้จากการเอาโครงสร้างของโรเตอร์วาริเอเบิลรีลักแตนซ์และชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกัน จึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดหน่วงสูงมีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดี ถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูงโดยไฮบริดจ์จะมีสเตเตอร์

เอกสารทุกหน้าทุกบรรทัดมีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายกับที่ใช้ใน VR สำหรับโรเตอร์มีหมวกหุ้มปลาย ซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุมการหมุนแต่ละครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดี คือ ให้แรงบิดสูงและมีขนาดกระทัดรัดและให้แรงจุดยึดและให้แรงจุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ

4) ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาแนนต์แมกเน็ต (Rare Earth Permanent Magnet) เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่งปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแผ่นยึดติดกับเพลามอเตอร์มีโมเมนต์ความเฉื่อยต่ำ อัตราเร่งสูงแรงบิดดึงทางกลและความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก ความเร็วเริ่มหมุนและหยุดสูงสูญเสียพลังงานต่ำ ชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ดิสก์แมกเน็ตสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Disc Magnet Motor)

2.3.2 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ทำงานไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวดในแต่ละขดบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่าซีเควนเวียลในลูปที่ถูกต้องออกไป ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1) แบบเวฟ จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆ เรียงกันไป ตัวอย่างเช่นขดที่ 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 เป็นลำดับอย่างนี้ หรือขด 1, 4, 3, 2, 1, 4, 3, 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า ดังในรูปของวงจรการจ่ายไฟที่อยู่ด้านบนนั้นเราสามารถเขียนขั้นตอนการทำงานเป็นตารางออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.7 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบเวฟ

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	-	-	-
2	-	ON	-	-
3	-	-	ON	-
4	-	-	-	ON
5	ON	-	-	-
6	-	ON	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แบบ 2 เฟส จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่แบบนี้จะกระตุ้นทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันและจะเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบเดียวกับแบบเวฟ ตัวอย่างการกระตุ้นขดลวดในลักษณะ ซีเควนดังนี้ 12, 23, 34, 41, 12, 23, 34, 41 เรียงลำดับกันไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14, 43, 32, 21, 14, 43, 32, 21 เรียงกันไปเรื่อยๆ เช่นกัน ข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส แล้วมีดังนี้

ข้อดีการที่จะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่า แบบเวฟซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรง ดึงแบบเต็มๆ แรงจากทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน

ข้อเสียแบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ สามารถเขียนลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส ได้ดังในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.8 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบ 2 เฟส

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	ON	-	-
2	-	ON	ON	-
3	-	-	ON	ON
4	ON	-	-	ON
5	ON	ON	-	-
6	-	ON	ON	-

3) แบบครึ่งสเต็ป จะเป็นแบบรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่างแบบเวฟกับ 2 เฟส เพื่อให้จำนวนรอบของสเต็ปให้มากขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งในระบบนี้จะทำการกระตุ้นส่วนของขดลวดเรียงกันไปเรื่อยๆเป็นลำดับ ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้ 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 เป็นลำดับอยู่อย่างนี้เรื่อยๆ ถ้าจะกลับทิศทางการหมุนก็จะได้เป็นดังนี้ 1, 41, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1, 41, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1 เป็นลำดับ ข้อดีและข้อเสียของการกระตุ้นแบบครึ่ง สเต็ป

ข้อดี การกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลงอีกประการหนึ่งแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย

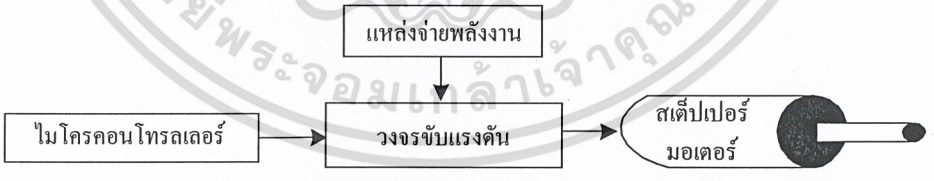
ข้อเสีย เช่นเดียวกับแบบ 2 เฟส ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่าของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2 เฟส นั้นเอง ดังนั้นเราสามารถนำลำดับการทำงานของ แบบครึ่งเฟส ในรูปของตารางได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบครึ่งสเต็ป

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	-	-	-
2	ON	ON	-	-
3	-	ON	-	-
4	-	ON	ON	-
5	-	-	ON	-
6	-	-	ON	ON
7	-	-	-	ON
8	ON	-	-	ON
9	ON	-	-	-
10	ON	ON	-	-

ลักษณะการนำไปใช้งานสเต็ปเปอร์มอเตอร์ใช้งานลักษณะ ระบบเปิด "Open Loop System" คือ สเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (Feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอน จะต้องป้อนกลับไปยังระบบและตัวบอกตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดพลาด ดังเช่นวิธีที่ใช้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ คือ นำอุปกรณ์ตัดต่อสำหรับตรวจจับระดับติดตามตำแหน่งที่จะตรวจจับ



รูปที่ 2.17 การควบคุมระบบสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เมื่อสเต็ปเปอร์มอเตอร์เริ่มหมุนแล้วหมุนไปจนถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณสวิตช์ทำงานก็จะป้อนกลับไปสู่ระบบ ซึ่งก็จะทำให้รู้การทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตลอดวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะมีจุดอ้างอิงไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้อง โดยแนวทางสเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีกรุ๊ปของไบนารี่โวลต์เตจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอินพุตและการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมเป็นเอาต์พุตหรือว่าหมุนทีละสเต็ปอยู่ระหว่าง 0.1-30 องศา อยู่ที่โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ โดยตามสัญญาณพัลส์ที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์เกิดแรงผลักส่วนของโรเตอร์ทำให้หมุนสเต็ปเปอร์มอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่นี้เราเรียกว่าเฟส ดังนั้นสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่อง ลักษณะของไบนารี่ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจรขับแรงดันก็จะทำให้ส่วนของโรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า การควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

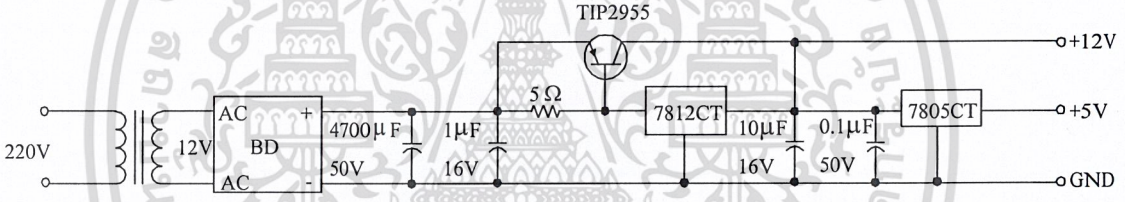
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

3.1.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นโดยใช้บริดจ์ไดโอดเบอร์ FI202 ใช้ตัวเก็บประจุกรองกระแสให้เรียบ เพื่อให้ได้ระดับแรงดันที่แน่นอน แล้วทำการขยายกระแสโดยใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเบอร์ TIP2955 ขยายกระแส จากนั้นผ่านไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7812 เพื่อให้ได้แรงดัน 12 โวลต์ และใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 ต่อเพื่อให้ได้แรงดัน 5 โวลต์



รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

3.2.2 การทำงาน

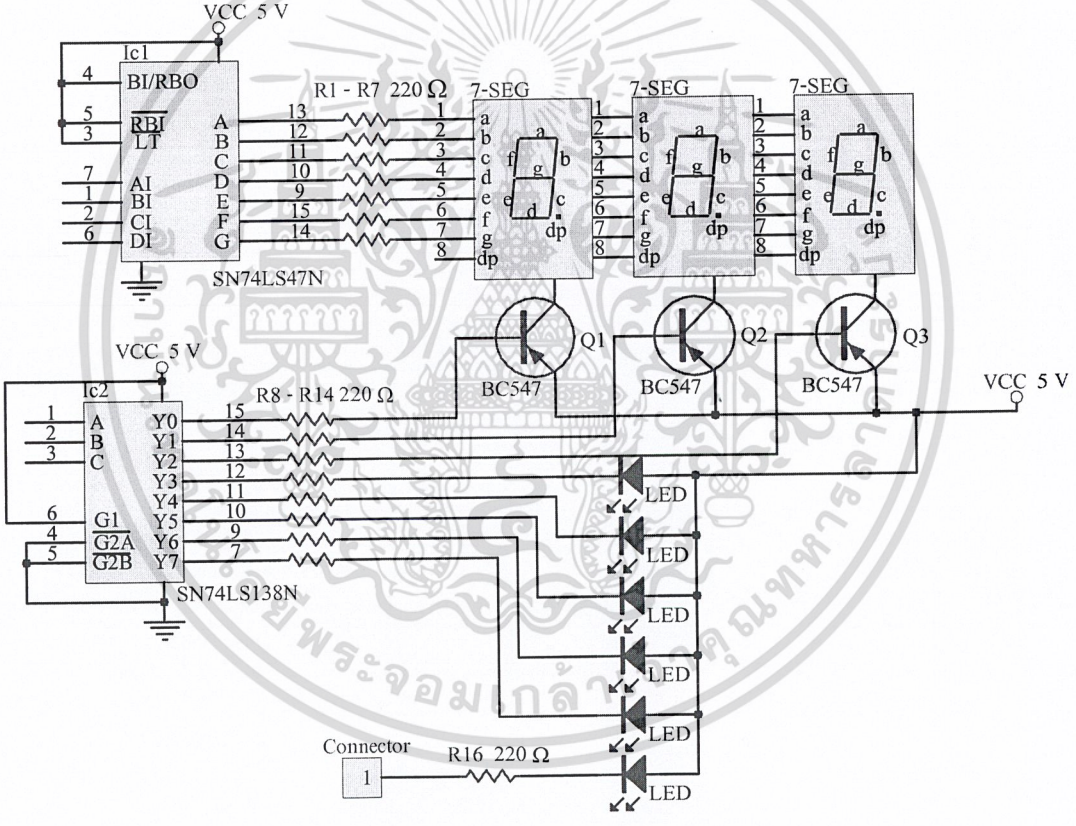
หลักการทำงานของวงจร คือ เมื่อมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้ามาทางด้านขดปฐมภูมิหม้อแปลงจะเกิดการเหนี่ยวนำ ทำให้มีแรงดันออกทางขดทุติยภูมิของหม้อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับค่า 12-0โวลต์ เมื่อผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7812 จะได้แรงดันไฟตรงค่า +12 โวลต์ ซึ่งให้กระแสสูงสุด 1 แอมป์ สามารถทำการขยายให้มีกระแสสูงขึ้นได้ โดยทำการต่อทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP2955 เพื่อขยายกระแสและวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แรงดันไฟตรง +12 โวลต์ และอีกสวนหนึ่งจะผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 ซึ่งจะทำให้ได้แรงดันไฟตรงค่า +5 โวลต์ เพื่อป้อนให้กับส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

3.2.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบใช้ไอซีทีทีแอลเบอร์ 74LS47 เป็นตัวขับตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนทั้งสามหลักและใช้ไอซีเบอร์ 74LS138 เป็นตัวเลือกหลักการทำงานของตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนแต่ละหลัก ตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนแต่ละตัวจะใช้คอมมอนแอโนดและในการเลือกหลักการทำงานของตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC547B เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เพื่อจ่ายกระแสให้กับตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน เนื่องจากเอาต์พุตที่ออกมาจากตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนจะเป็นลอจิก“0”



รูปที่ 3.2 วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

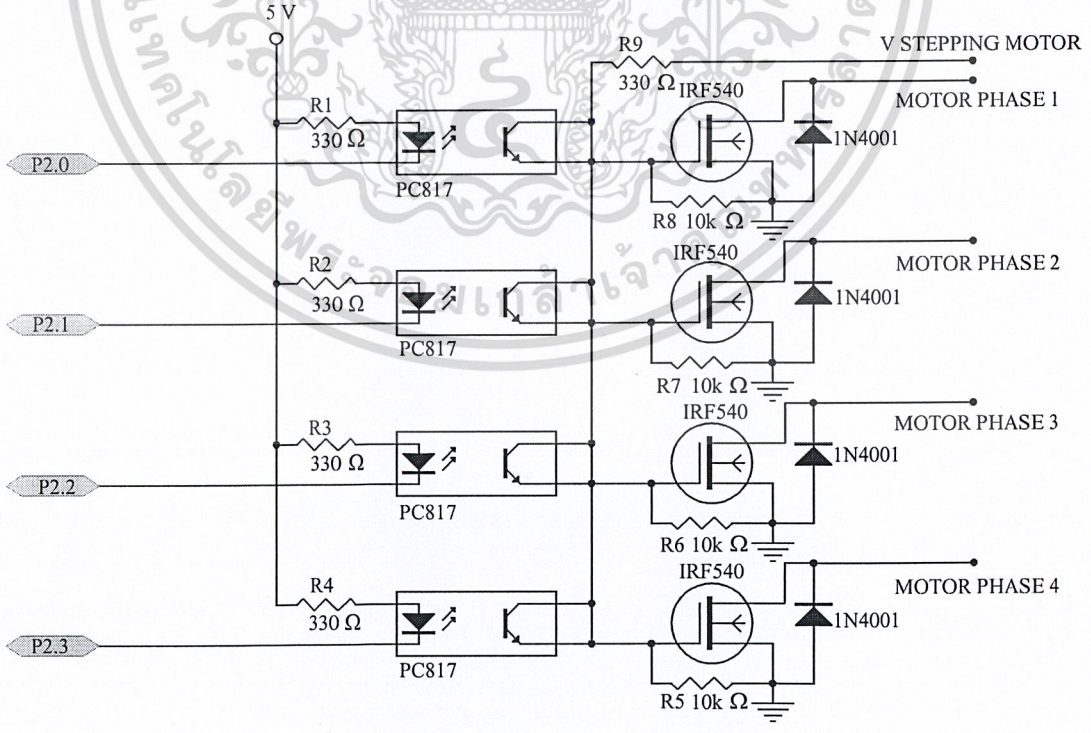
3.2.2 การทำงาน

จากวงจรในรูปที่ 3.2 เมื่อป้อนสัญญาณให้ไอซีเบอร์ 74LS47 จะทำการถอดรหัส BCD เป็นรหัสที่ป้อนให้กับตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็น 0000 สัญญาณที่เอาต์พุตจะออกเป็นเลขศูนย์ที่ตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน หรือจะมีสัญญาณเป็นลอจิก“0” ที่ขา a, b, c, d, e และ f ส่วนที่ g จะเป็นลอจิก“1” ในการเลือกหลักใช้งานโดยไอซีเบอร์ 74LS138 โดยเมื่อป้อนรหัส 000 เอาต์พุตจะเป็นลอจิก“0”ที่ขา Y1 แต่เนื่องจากตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนเป็นแบบคอมมอนแอโนด ดังนั้นจึงใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC547B มาเพื่อใช้รับค่าลอจิก“0” ที่ไอซี 74LS138 และจ่ายไฟบวกให้กับตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน โดยแต่ละหลักจะใช้หลักการเดียวกัน เพื่อให้ตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนทำงานได้

3.3 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

3.3.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะใช้สัญญาณจากหน่วยประมวลผลกลางเพื่อมากระตุ้นตัวเชื่อมโยงทางแสงเบอร์ PC817 เพื่อให้อีกส่วนของตัวเชื่อมโยงทางแสงนำกระแสเพื่อจ่ายให้กับเสต็ปเปอร์มอเตอร์ โดยการนำมอสเฟตเบอร์ IRF540 มาต่อเพื่อควบคุมการไหลของกระแส



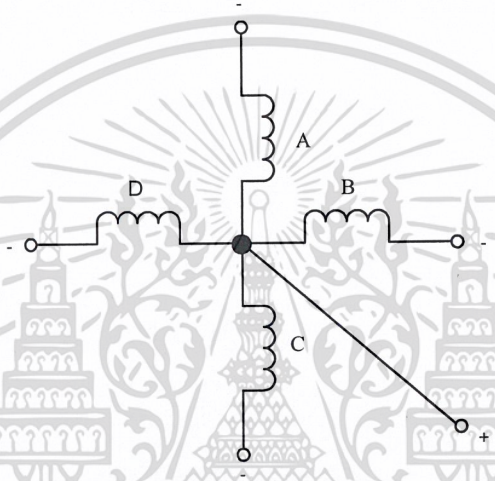
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

จากรูปที่ 3.3 เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตหลังจากตัวเชื่อมโยงทางแสงทำงาน จะทำให้ส่วนของเอาต์พุตนำกระแสผ่านมอสเฟตเบอร์ IRF540 นำกระแส จ่ายให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ทำงาน แต่ละเฟสโดยสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 1 ตัวจะใช้วงจรขับกระแสจำนวน 4 วงจร

3.3.2 การทำงาน

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบยูนิโพลาร์ โดยการทำงานของวงจรจะรับลอจิกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์



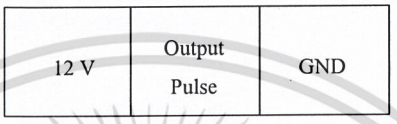
รูปที่ 3.4 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

หลักการทำงานของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ สามารถทำได้โดยอาศัยคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลอจิกที่สามารถทำให้ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทำงานคือ ลอจิก“1”เมื่อมีคำสั่งส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีลอจิกเป็น“1”ไดโอดเปล่งแสงภายในตัวเชื่อมโยงทางแสง PC817 จะนำกระแส โดยมีตัวต้านทานค่า 220 โอห์ม ทำหน้าที่จำกัดกระแส เมื่อทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวเชื่อมโยงทางแสง PC817 นำกระแส จะมีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน 330 โอห์มลงกราวด์และอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านตัวต้านทาน 1.5 กิโลโอห์ม ไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์เบอร์ BD139 ซึ่งสามารถขับกระแสได้ 2 แอมป์ เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้กระแสที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟผ่านยังขดลวดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ครบวงจร ส่วนไดโอด 1N4001 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับในขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะมีทั้งหมด 4 ชุด แต่ละชุดนำไปขับขดลวดแต่ละขด สำหรับชุดจ่ายไฟของขดลวดสเต็ปเปอร์มอเตอร์กับชุดจ่ายไฟของอินพุตจะแยกอิสระต่างกัน เพื่อตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนและปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามารบกวนส่วนระบบควบคุมวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทำงานของชุดรับเหรียญ

การทำงานของชุดรับเหรียญจะใช้หลักการตรวจจับความเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ซึ่งการออกแบบวงจรจะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวส่งและรับสัญญาณ โดยมีหลักการทำงานคือ ในขณะที่ไม่มีเหรียญผ่านเข้ามาเอาต์พุตที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีสถานะเป็น“1”จนกว่าจะมีเหรียญผ่านเข้ามาจึงจะเปลี่ยนสถานะเป็น“0”ซึ่งมีทรานซิสเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของกระแส โดยชุดหยอดเหรียญที่ใช้งานจะมีขาต่อใช้งาน 3 ขา ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลักษณะขาที่ต่อใช้งานของชุดรับเหรียญ

โดยจะมีสัญญาณพัลส์ออกมาทางเอาต์พุตเมื่อเครื่องหยอดเหรียญรับเหรียญที่หยอด โดยเหรียญแต่ละเหรียญจะมีสัญญาณพัลส์ที่แตกต่างกัน ในการใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ 2 แบบ คือ แบบ A และแบบ B

การเลือกใช้งานแบบ A นั้นจะสามารถรับได้ทั้ง 3 เหรียญ คือ เหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท สัญญาณที่เอาต์พุตของเหรียญ 1 บาท จะมีพัลส์สองลูกคลื่นส่วนเหรียญ 5 บาท จะมีสัญญาณพัลส์แปดลูกคลื่นและเหรียญ 10 บาท จะมีสัญญาณพัลส์สิบแปดลูกคลื่นตามลำดับ

การเลือกใช้งานแบบ B สามารถรับเหรียญได้ 2 เหรียญ คือ เหรียญ 5 บาทและเหรียญ 10 บาท โดยจะมีสัญญาณพัลส์ออกที่เอาต์พุตซึ่งเหรียญ 5 บาท จะมีสัญญาณพัลส์สองลูกคลื่นและเหรียญ 10 บาท จะมีสัญญาณพัลส์แปดลูกคลื่น

การเลือกช่วงเวลาที่ปล่อยสัญญาณเลือกได้ 3 ช่วงด้วยกัน คือ 25 มิลลิวินาที 50 มิลลิวินาที และ 80 มิลลิวินาที ในการนำมาใช้งานกับเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้ใช้งานแบบ B ที่ช่วงเวลา 80 มิลลิวินาที เมื่อให้วงจรนับสามารถจับช่วงเวลาที่กว้างกว่าเพื่อความเสถียรภาพของสัญญาณที่ป้อนให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากเมื่อใช้ช่วงเวลาที่ 25 มิลลิวินาทีหรือ 50 มิลลิวินาที วงจรนับจะมีช่วงที่สัญญาณพัลส์ผิดพลาด เพื่อที่ความเร็วในการปล่อยสัญญาณพัลส์แต่ละช่วงมากกว่าหรือใช้เวลาน้อยในการปล่อยสัญญาณพัลส์นั้นเอง

3.5 การทำงานของชุดทอนเหรียญ

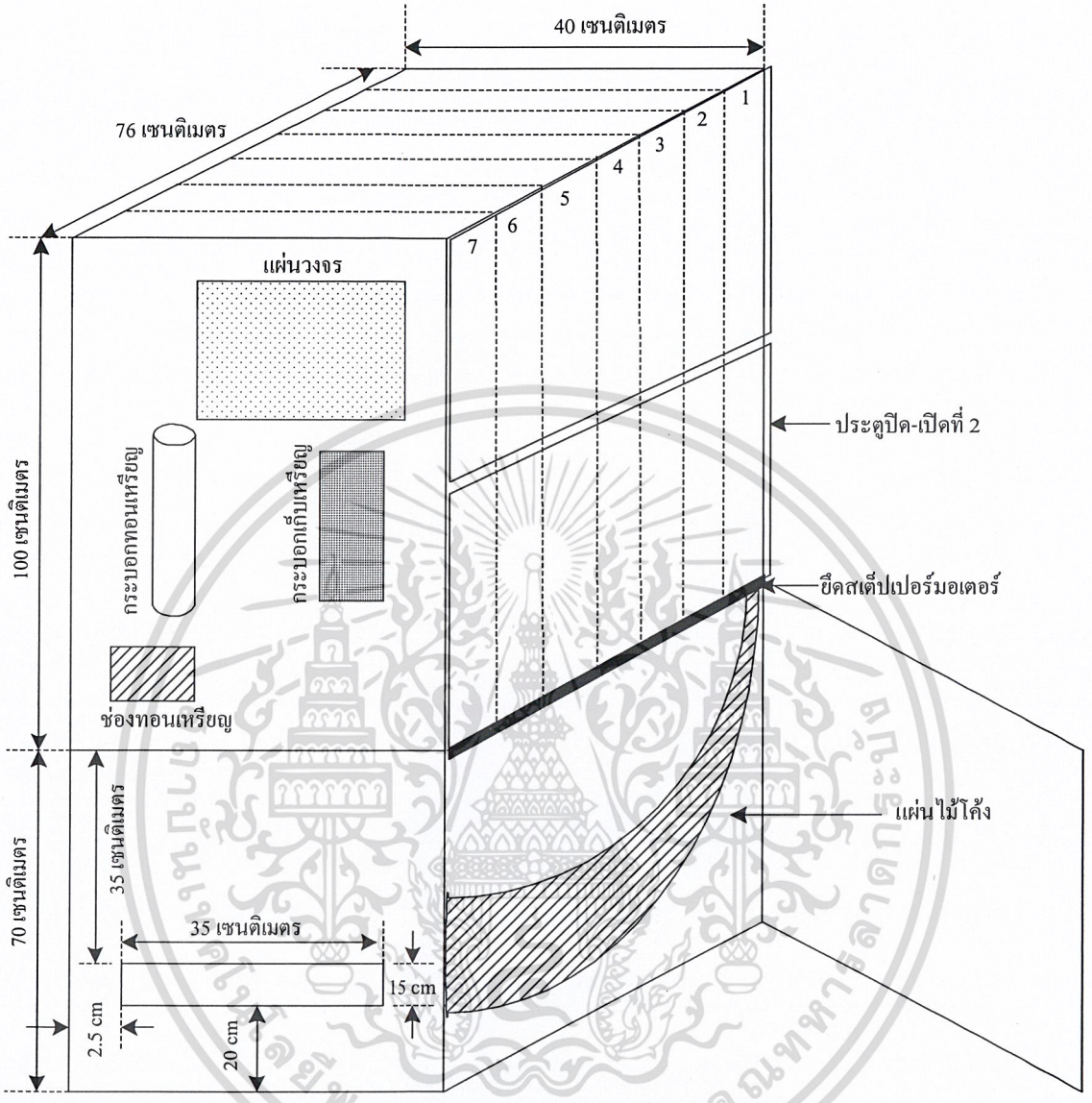
การทำงานของชุดทอนเหรียญจะใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนกลไกลให้ขับเหรียญออกมายังช่องทอนเหรียญ โดยจะมีวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นส่วนควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้ทำงานตามจำนวนเหรียญที่ทอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

การออกแบบโครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติจะมีความกว้างของเครื่องเท่ากับ 40 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 76 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 1 เมตร 70 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติจะแบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนที่บรรจุกล่องธูปและกล่องเทียนในการเก็บจะแบ่งออกเป็นช่องมีจำนวน 13 ช่องด้วยกัน โดยแบ่งช่องสำหรับบรรจุกล่องธูปจำนวน 4 ช่อง คือ ช่องที่ 2, 4, 6 และช่องที่ 8 ส่วนช่องสำหรับบรรจุกล่องเทียนจำนวน 2 ช่อง คือ ช่องที่ 10 และช่องที่ 12 ส่วนช่องที่ 13 มีไว้สำหรับติดตั้งแผงวงจร ส่วนช่องที่ไม่ได้กล่าวถึงหมายถึงช่องว่างมีไว้สำหรับติดตั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์และใบพัดจ่ายวัสดุ ตัวเครื่องสามารถแยกชิ้นส่วนได้ ส่วนที่หนึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านบนและส่วนที่สองติดตั้งอยู่ด้านล่าง ส่วนที่ติดตั้งอยู่ด้านบนจะมีสองด้าน ด้านในจะมีส่วนที่ยึดแผ่นวงจรพิมพ์ภาคต่างๆ ของการทำงานของเครื่อง กระบอกเก็บเหรียญ กระบอกทอนเหรียญ และด้านหน้าเครื่องจะมีส่วนที่แสดงผลเจ็ดส่วน คีย์สวิตช์ ช่องสำหรับหยอดเหรียญ และช่องคืนเหรียญ ส่วนด้านล่างจะเป็นช่องรับสินค้า คือ กล่องธูปและกล่องเทียน โดยกล่องธูปจะมีขนาดเท่ากับความกว้างเท่ากับ 3.5 เซนติเมตร ความเท่ากับ 22 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร ส่วนกล่องเทียนมีขนาดความกว้างเท่ากับ 4.3 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 28 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 1.8 เซนติเมตร ความสามารถในการบรรจุจำนวนกล่องธูปและกล่องเทียนในแต่ละช่องนั้น สามารถบรรจุได้สูงสุดจำนวน 50 กล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

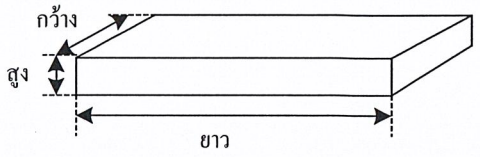


รูปที่ 3.6 โครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

3.6.1 การออกแบบช่องบรรจุกล่องธูปและกล่องเทียน

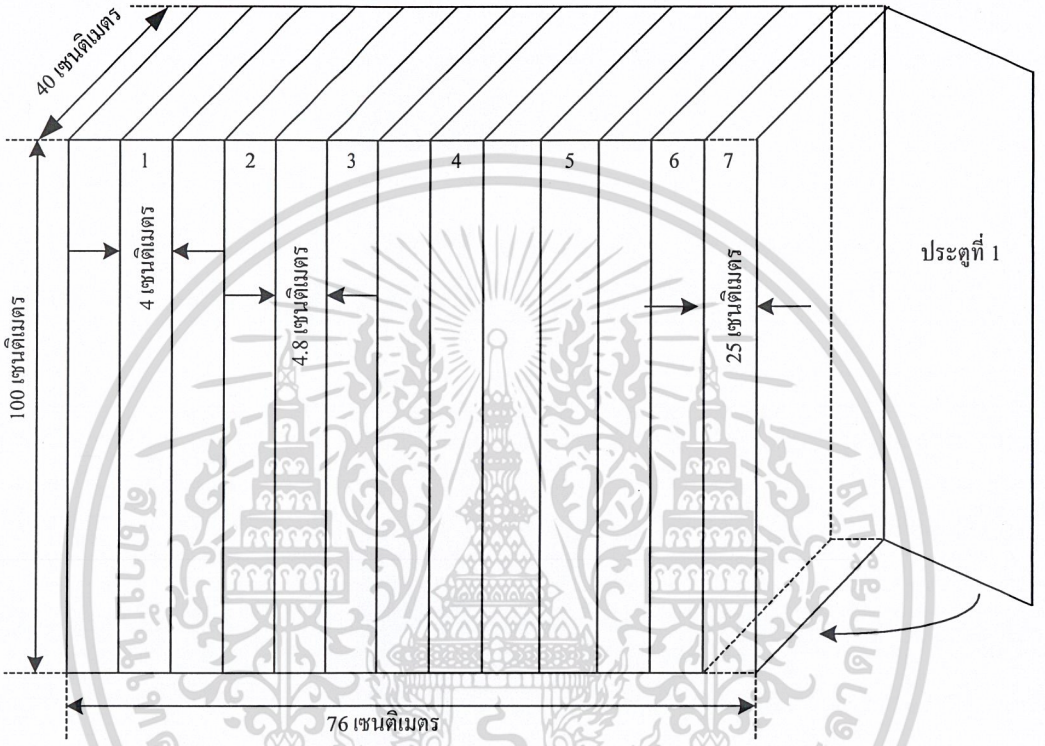
ในการออกแบบและการสร้างโครงสร้างของช่องที่ใช้สำหรับบรรจุกล่องธูปและกล่องเทียนจะมีจำนวน 13 ช่อง ซึ่งใช้ไม้อัดที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร ในการจัดทำมากั้นเป็นช่องๆ โดยโครงสร้างดังกล่าวนี้จะมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 76 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 100 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กล่องธูป : กว้าง x ยาว x สูง = 3.5 x 22 x 1.5 เซนติเมตร

กล่องเทียน : กว้าง x ยาว x สูง = 4.3 x 28 x 1.8 เซนติเมตร



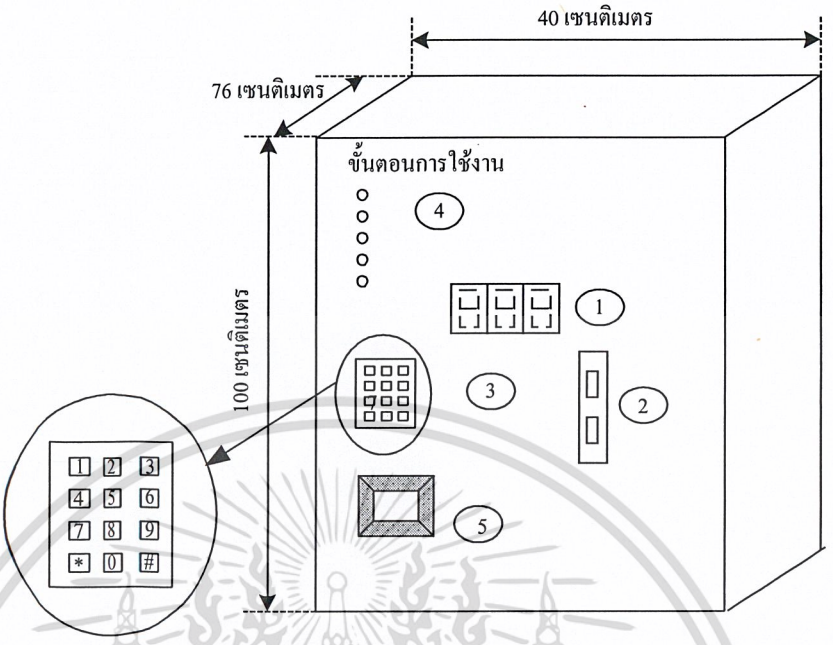
ช่องที่ 1-4 สำหรับบรรจุธูป ช่องละ 50 กล่อง
ช่องที่ 5-6 สำหรับบรรจุเทียน ช่องละ 50 กล่อง
ช่องที่ 7 เสริมขึ้นมาเพื่อใส่แผ่นวงจร

รูปที่ 3.7 โครงสร้างของช่องสำหรับบรรจุกล่องธูปและกล่องเทียน

3.6.2 การออกแบบด้านหน้าของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

การออกแบบส่วนด้านบนของเครื่องจะสร้างจากอะลูมิเนียม ซึ่งมีความกว้างเท่ากับ 40 เซนติเมตร ความยาวของเครื่องเท่ากับ 76 เซนติเมตร และความสูง 100 เซนติเมตร ซึ่งบริเวณทางด้านหน้าของเครื่องจะประกอบด้วย คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 รูปด้านหน้าของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

ส่วนที่ 1 เป็นจอแสดงผลเพื่อบอกจำนวนกล่องสินค้าที่จ่ายออกยังช่องรับสินค้า

ส่วนที่ 2 ชุดรับเหรียญสามารถรับเหรียญทั้งเหรียญ 5 บาทและเหรียญ 10 บาท

ส่วนที่ 3 คีย์สวิตช์กดเพื่อระบุจำนวนสินค้าที่ต้องการ ซึ่งในแต่ละครั้งจะสามารถจ่ายสินค้าได้สูงสุด 9 กล่องด้วยกัน

ส่วนที่ 4 ไดโอดเปล่งแสง ใช้แสดงขั้นตอนการใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้ทราบลำดับขั้นตอนการทำงาน

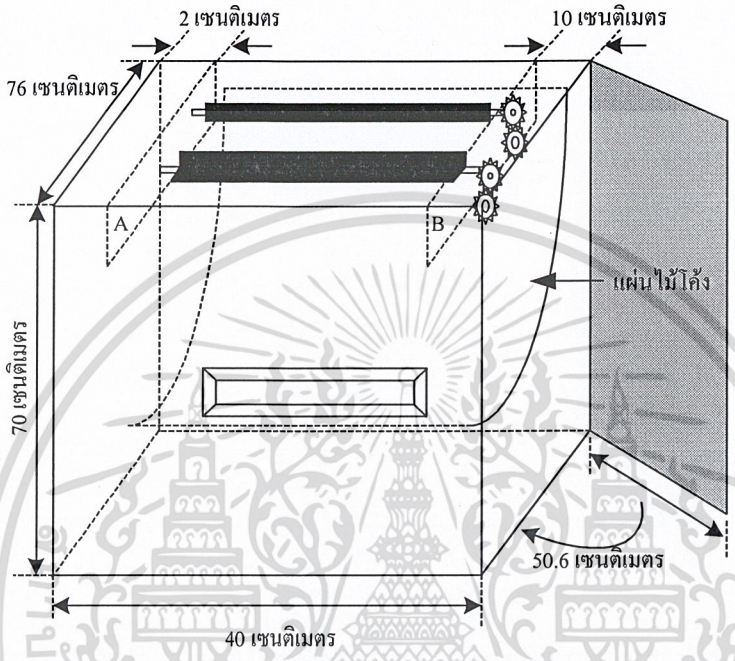
ส่วนที่ 5 ช่องทอนเหรียญ

3.6.3 การออกแบบชุดรับสินค้า

ซึ่งการออกแบบโครงสร้างของชุดรับสินค้าจะกว้าง 76 เซนติเมตร ยาวเท่ากับ 40 เซนติเมตร และสูงเท่ากับ 70 เซนติเมตร จะมีแผ่นสำหรับยึดใบพัด (A) และแผ่นยึดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (B) ซึ่งในการยึดแกนของใบพัดจะต้องมีพื้นที่เป็นช่องว่างไว้สำหรับให้แกนของใบพัดทำงาน

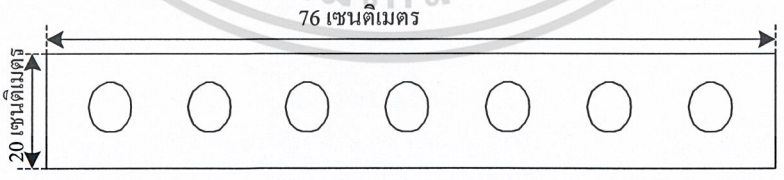
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องว่างในส่วน A จะมีพื้นที่เท่ากับ 2 เซนติเมตร และช่องว่าง B จะมีพื้นที่มากกว่าเพื่อใช้ในการติดตั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วย ซึ่งจะมีพื้นที่เท่ากับ 10 เซนติเมตร บริเวณด้านล่างของช่องจะเป็นแผ่นไม้โค้งเพื่อที่ให้กล่องธูปและกล่องเทียนไหลลงมายังช่องรับสินค้า



รูปที่ 3.9 โครงสร้างชุดรับสินค้า

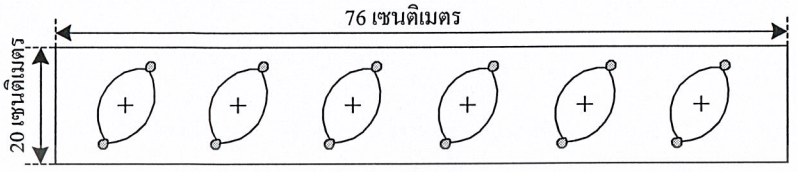
ส่วนการออกแบบแผ่นยึดแกนของใบพัดแผ่น A จะมีความกว้างเท่ากับ 20 เซนติเมตร และความยาวเท่ากับ 76 เซนติเมตร ดังรูป ที่ 3.10



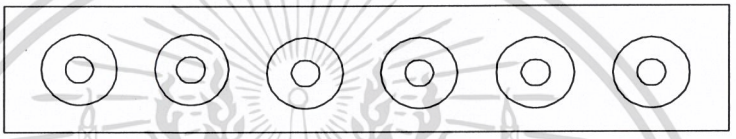
รูปที่ 3.10 แผ่นยึดแกนของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

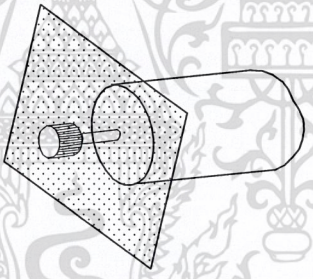
การออกแบบส่วนที่ใช้ยึดแกนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะมีลักษณะคล้ายแผ่น A ซึ่งสามารถทำการยึดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ได้ทั้งหมด 6 ตัว ดังรูปที่ 3.11 (ก) ภาพการติดตั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะยึดติดกับแผ่นอะลูมิเนียมเมื่อมองภาพจากด้านหลัง



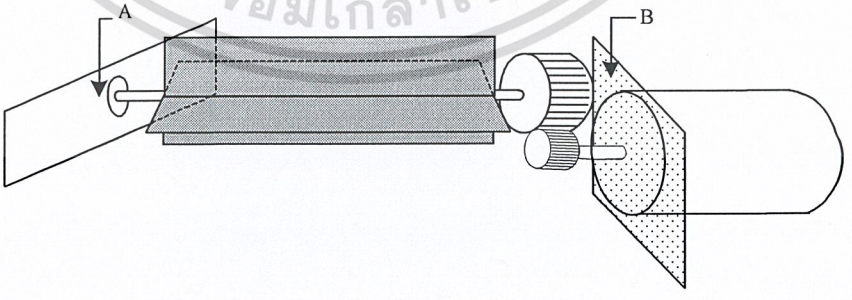
(ก) ภาพด้านหลัง



(ข) ภาพด้านหน้า



(ค) ภาพด้านข้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

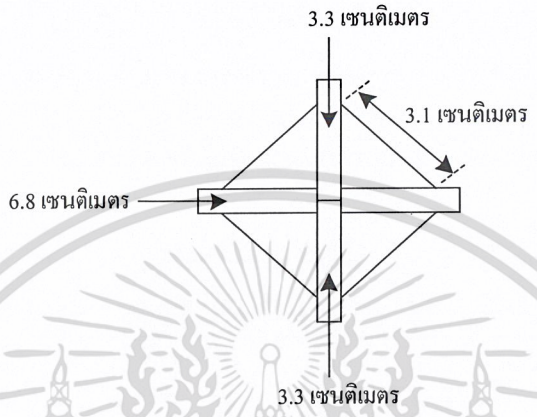


(ง) การติดตั้งใบพัดและสเต็ปเปอร์มอเตอร์

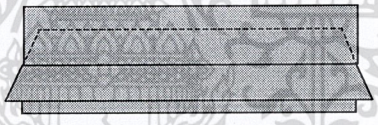
รูปที่ 3.11 โครงสร้างแผ่นยึดแกนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบใบพัดสำหรับจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียนนั้นใช้แผ่นพลาสติกแข็งที่มีความหนาขนาด 2 มิลลิเมตร โดยมีรายละเอียดดังนี้ใบพัดที่ใช้สำหรับจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียนจะมีขนาดแต่ละส่วนคือ ส่วนที่ 1 ยาว 6.8 เซนติเมตร ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 ยาวเท่ากัน คือ 3.3 เซนติเมตร และส่วนที่ 4 ยาวเท่ากับ 3.1 เซนติเมตร ดังรูป



(ก) ภาพด้านหน้าของใบพัด

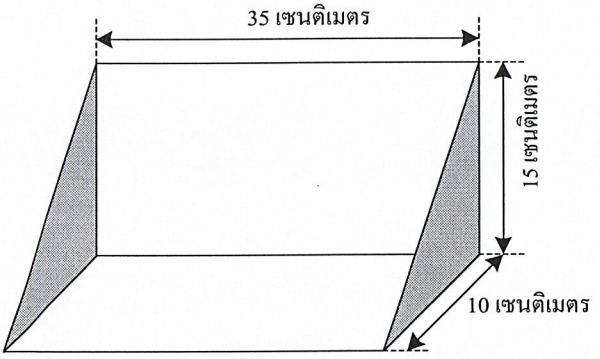


(ข) ภาพด้านข้างของใบพัด

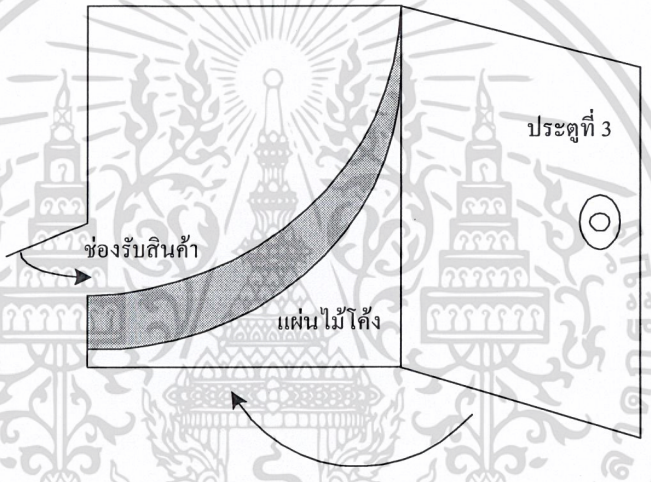
รูปที่ 3.12 ลักษณะของใบพัดจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียน

ในการออกแบบช่องรับสินค้าจะมีความกว้างเท่ากับ 10 เซนติเมตร ความยาว 35 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 15 เซนติเมตร เมื่อมองด้านหน้าจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.13 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพด้านหน้าของช่องรับสินค้า



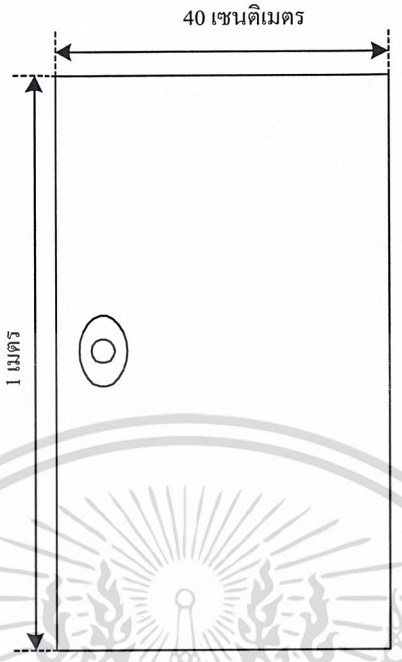
(ข) ภาพเมื่อมองด้านข้าง

รูปที่ 3.13 โครงสร้างช่องรับสินค้า

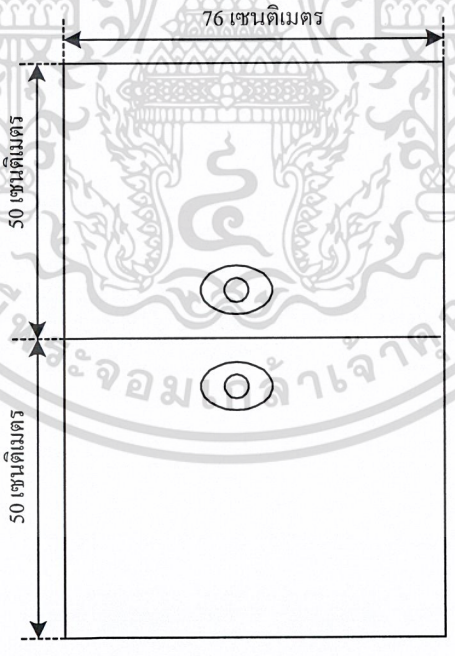
3.6.4 การออกแบบประตูเปิด-ปิด

ประตูเปิด-ปิดออกแบบให้สามารถใช้งานเพื่อการตรวจสอบหรือแก้ไขเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติเมื่อมีปัญหาได้สะดวก ประตูจะมีด้วยกัน 3 ประตู ได้แก่ ประตูที่ 1 มีไว้เพื่อติดตั้งแผ่นวงจรพิมพ์รวมทั้งง่ายต่อการตรวจสอบ และซ่อมบำรุง ประตูที่ 2 มีไว้เพื่อสามารถบรรจุกล่องธูปและกล่องเทียนเมื่อสินค้าหมด และประตูที่ 3 มีไว้เพื่อซ่อมบำรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



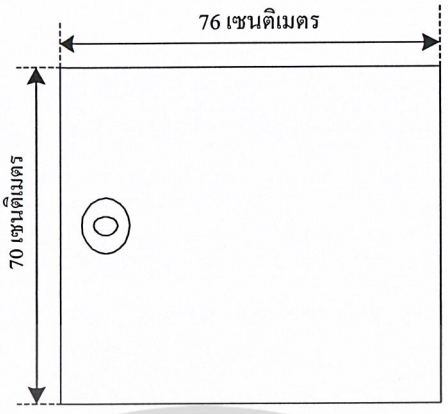
(ก) ขนาดประตูที่ 1



(ข) ขนาดประตูที่ 2

รูปที่ 3.14 ขนาดประตูเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

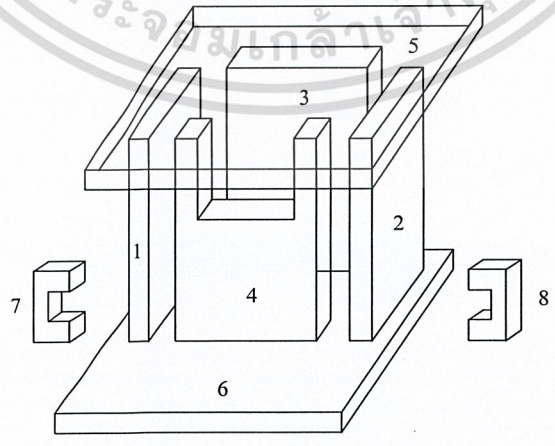


(ค) ขนาดประตูที่ 3

รูปที่ 3.14 (ต่อ) ขนาดประตูเปิด-ปิด

3.6.5 การออกแบบกล่องเก็บเหรียญ

การออกแบบกล่องเก็บเหรียญจะมี 4 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 จะมีขนาดเท่ากับส่วนที่ 2 ขนาด 30 เซนติเมตรคูณ 15 เซนติเมตร ส่วนที่ 3 จะมีขนาดเท่ากับส่วนที่ 4 จะมีขนาดเท่ากับ 10 เซนติเมตรคูณ 30 เซนติเมตร ส่วนที่ 5 และส่วนที่ 6 มีขนาดเท่ากับ 10 เซนติเมตรคูณ 15 เซนติเมตร และส่วนที่ 7 และส่วนที่ 8 มีขนาดความกว้าง 13 มิลลิเมตร ความสูง 1.5 เซนติเมตร และความหนา 2 มิลลิเมตร ในการออกแบบต้องเว้นช่องกลางกล่องไว้สำหรับเก็บเหรียญ โดยส่วนที่ 6 สามารถเลื่อนเข้า-ออกได้เพื่อสะดวกในการนำเหรียญออกเมื่อเหรียญเต็ม



รูปที่ 3.15 โครงสร้างกล่องเก็บเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.6 การออกแบบส่วนทอนเหรียญ

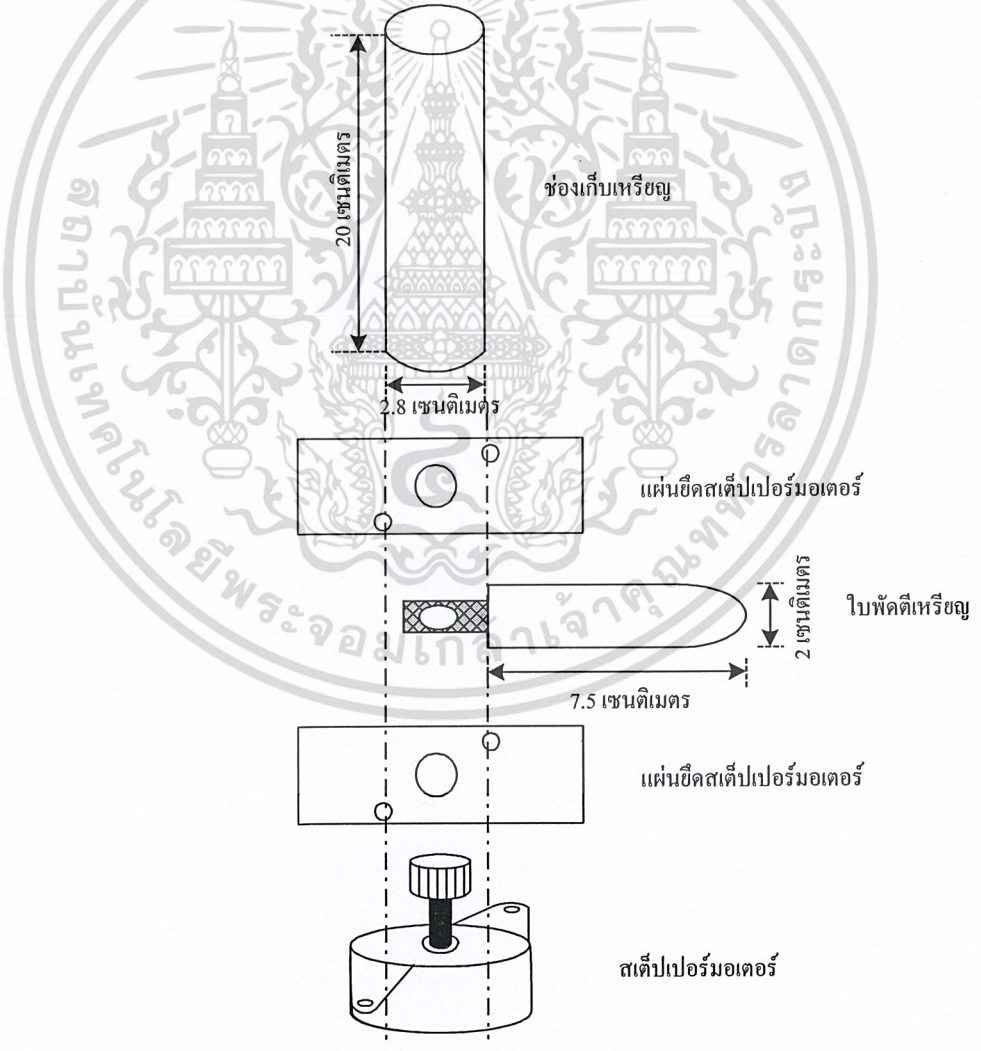
การออกแบบส่วนทอนเหรียญจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ช่องเก็บเหรียญเก็บเหรียญ 5 บาท สร้างจากท่อพีวีซีซึ่งมีความสูงเท่ากับ 20 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 เซนติเมตร

2) ใบพัดสำหรับตีเหรียญจะมีขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตรเมตร ความยาว 7.5 เซนติเมตร สร้างจากแผ่นพลาสติกมีความหนา 2 มิลลิเมตร

3) แผ่นยึดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทำหน้าที่ยึดตัวสเต็ปเปอร์มอเตอร์ซึ่งทำจากอะลูมิเนียมหนา 1.5 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์เท่ากับ 3 เซนติเมตร

4) สเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนให้ใบพัดทำการตีเหรียญ



รูปที่ 3.16 โครงสร้างส่วนทอนเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

4.1.1 การทดลอง

ภาควงจรจ่ายพลังงานจะสามารถทดลองการทำงานของวงจรได้โดย เริ่มจากป้อนไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ เข้าที่ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงและทำการวัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสค่าของแรงดันจะต้องได้ประมาณหนึ่งจุดสี่เท่าของแรงดันขดลวดด้านทุติยภูมิและเมื่อวัดแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรจำกัดแรงดันที่ใช้ไอซีเบอร์ 7812 จะได้แรงดันไม่เกิน 12 โวลต์ แต่ไม่ต่ำกว่า 11.3 โวลต์ จะถือว่าวงจรทำงานเป็นปกติ ในส่วนของวงจรจำกัดแรงดันที่ใช้ไอซีเบอร์ 7805 จะได้แรงดันไม่เกิน 5โวลต์ แต่ไม่ต่ำกว่า 4.3 โวลต์ จะถือว่าวงจรทำงานเป็นปกติ

ลำดับขั้นการทดลอง

1. จ่ายไฟ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์
2. ใช้โวลต์มิเตอร์ย่านดีซีวัดแรงดันเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส บันทึกค่าในตารางที่ 4.1
3. ใช้โวลต์มิเตอร์ย่านดีซีวัดแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรจำกัดแรงดันขนาด 12 โวลต์ บันทึกค่าในตารางที่ 4.1
4. ใช้โวลต์มิเตอร์ย่านดีซีวัดแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรจำกัดแรงดันขนาด 5 โวลต์ บันทึกค่าในตารางที่ 4.1

4.1.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

จุดวัด	ค่าแรงดัน
เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส	15 โวลต์
เอาต์พุตของวงจรจำกัดแรงดัน 12 โวลต์	12 โวลต์
เอาต์พุตของวงจรจำกัดแรงดัน 5 โวลต์	5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการวัดแรงดันที่จุดเอาต์พุตต่างๆ ของวงจรตามลำดับขั้นการทดลอง จะได้ผลดังตารางที่ 4.1 คือ ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสจะมีค่าประมาณหนึ่งจุดสี่เท่าของแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงและจะได้แรงดันเอาต์พุตของวงจรจำกัดแรงดันขนาด 12 โวลต์ แต่ไม่เกิน 12 โวลต์ ในขณะที่แรงดันด้านอินพุตของวงจรจำกัดแรงดันสูงกว่า 12 โวลต์ แสดงว่าวงจรจำกัดแรงดันขนาด 12 โวลต์ทำงานตามปกติ แม้ว่าค่าแรงดันอินพุตของวงจรจะสูงขึ้น

4.2 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

4.2.1 การทดลอง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์
2. จ่ายแรงดัน 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ ให้กับวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์
3. จ่ายสัญญาณให้กับอินพุตของวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามตารางที่ 4.2
4. สังเกตผลที่ได้บันทึกลงในตารางที่ 4.3
5. สังเกตที่สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะหมุนตามสัญญาณที่จ่ายมาทางด้านอินพุต
6. นำโวลต์มิเตอร์วัดที่ขั้วมอเตอร์ทั้ง 4 เฟส และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.4
7. นำแอมป์มิเตอร์ต่อระหว่างวงจรขับกระแสและขั้วมอเตอร์บันทึกผลลงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 ลักษณะสัญญาณเอาต์พุตของวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ช่วงเวลา	ขั้วเอาต์พุต A	ขั้วเอาต์พุต B	ขั้วเอาต์พุต C	ขั้วเอาต์พุต D
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองจะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3 โดยสัญญาณไฟที่ออกตามขั้ว A B C และ D จะได้ตารางที่ 4.3 กล่าวคือ ณ ช่วงเวลาที่ 1 มีการจ่ายสัญญาณควบคุมให้ขั้ว A ผลการทดลองที่ได้ไดโอด เปล่งแสงของขั้ว A จะติดสว่าง เมื่อสังเกตแกนของมอเตอร์ แกนของมอเตอร์จะมีการขยับเล็กน้อย ณ ช่วงเวลาที่ 2 มีการจ่ายสัญญาณควบคุมให้ขั้ว B ผลการทดลองที่ได้ไดโอดเปล่งแสงของขั้ว B จะติดสว่าง เมื่อสังเกตแกนของมอเตอร์ แกนของมอเตอร์จะมีการขยับเล็กน้อย ณ ช่วงเวลาที่ 3 มีการจ่ายสัญญาณควบคุมให้ขั้ว C ผลการทดลองที่ได้ไดโอดเปล่งแสงของขั้ว C จะติดสว่าง เมื่อสังเกตแกนของมอเตอร์ แกนของมอเตอร์จะมีการขยับเพิ่มจากเดิมเล็กน้อย และช่วงเวลาที่ 4 มีการจ่ายสัญญาณควบคุมให้ขั้ว D ผลการทดลองที่ได้ไดโอดเปล่งแสงของขั้ว D จะติดสว่าง เมื่อสังเกตแกนของมอเตอร์ แกนของมอเตอร์จะมีการขยับเพิ่มขึ้น เมื่อจ่ายสัญญาณควบคุมครบทั้ง 4 ช่วงเวลาต่อเนื่องกันจะทำให้แกนมอเตอร์หมุนตามสัญญาณควบคุมที่ต้องการ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ช่วงเวลา	ขั้วเอาต์พุต A	ขั้วเอาต์พุต B	ขั้วเอาต์พุต C	ขั้วเอาต์พุต D
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการวัดแรงดันขณะมอเตอร์ทำงาน

จุดวัดแรงดัน	ค่าของแรงดันที่ทำการวัด (โวลต์)
เฟส 1	9.7
เฟส 2	9.7
เฟส 3	9.6
เฟส 4	9.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองวัดแรงดันที่ขั้วของมอเตอร์จะได้ค่าแรงดันตามผลการทดลองในตารางที่ 4.4 จากผลทดลองในตารางบันทึกผลค่าแรงดันจะได้ประมาณ 9.7 โวลต์ แต่การจ่ายแรงดันให้กับวงจรขับกระแส คือ 12 โวลต์ เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากช่วงเวลาที่จ่ายกระแสให้กับขั้วมอเตอร์แต่ละเฟสจะมีค่าเวลาที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ถ้าช่วงเวลาที่จ่ายกระแสให้กับมอเตอร์มีค่ามากแรงดันที่ตกคร่อมแต่ละเฟสจะมีค่าแรงดันประมาณแหล่งจ่ายที่จ่ายให้วงจร คือ 12 โวลต์ แต่เนื่องจากวงจรควบคุมมอเตอร์จ่ายสัญญาณควบคุมในช่วงเวลาที่สั้น จึงทำให้มีแรงดันตกคร่อมดังผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการวัดกระแสขณะมอเตอร์ทำงาน

จุดวัดแรงดัน	ค่าของกระแสที่ทำการวัด (มิลลิแอมป์)
เฟส 1	430
เฟส 2	430
เฟส 3	428
เฟส 4	428

จากการทดลองการวัดกระแสขณะมอเตอร์ทำงานจะได้ค่ากระแสตามตารางที่ 4.5 กล่าวคือ ข้อจำกัดของตัวมอเตอร์ มอเตอร์จะใช้กระแสประมาณ 480 มิลลิแอมป์ แต่จากการวัดจะได้ไม่ถึงข้อจำกัดของมอเตอร์ เนื่องจากช่วงเวลาที่จ่ายสัญญาณควบคุมให้กับวงจรมีค่าไม่มาก จึงทำให้มอเตอร์ใช้กระแสได้ไม่เต็มที่และกำลังของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่มอเตอร์ใช้ ถ้ามอเตอร์ทำงานขณะที่มีภาระมากมอเตอร์จะใช้กระแสสูงขึ้น

4.3 โครงสร้างของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

4.3.1 การทดลองภาครับและตรวจสอบเหรียญ

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองการทำงานของภาครับและตรวจสอบมูลค่าของเหรียญทั้งสองชนิด คือ เหรียญมูลค่า 5 บาท และเหรียญมูลค่า 10 บาท จำนวนชนิดละ 100 เหรียญ เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องสามารถตรวจสอบเหรียญและแสดงผลมูลค่าของเหรียญทางภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนได้อย่างถูกต้องเป็นชนิดละเท่าใดโดยกำหนดเงื่อนไข คือ เมื่อมีการหยอดเหรียญลงไปที่ช่องรับเหรียญภาครับและตรวจสอบเหรียญทำการตรวจสอบเหรียญและส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปที่ภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนได้อย่างถูกต้อง ก็จะถือว่าผลการทดลองในส่วนนั้นผ่าน ถ้านอกเหนือเงื่อนไขนี้ถือเป็นไม่ผ่าน

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ

เหรียญที่	เหรียญ 5 บาท	เหรียญ 10 บาท
1	ผ่าน	ผ่าน
2	ผ่าน	ผ่าน
3	ผ่าน	ผ่าน
4	ผ่าน	ผ่าน
5	ผ่าน	ผ่าน
6	ผ่าน	ผ่าน
7	ผ่าน	ผ่าน
8	ผ่าน	ผ่าน
9	ผ่าน	ผ่าน
10	ผ่าน	ผ่าน
11	ผ่าน	ผ่าน
12	ไม่ผ่าน	ผ่าน
13	ผ่าน	ผ่าน
14	ผ่าน	ไม่ผ่าน
15	ผ่าน	ผ่าน
16	ผ่าน	ผ่าน
17	ผ่าน	ผ่าน
18	ผ่าน	ผ่าน
19	ผ่าน	ผ่าน
20	ผ่าน	ผ่าน
21	ผ่าน	ไม่ผ่าน
22	ผ่าน	ผ่าน
23	ผ่าน	ผ่าน
24	ผ่าน	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ

เหรียญที่	เหรียญ 5 บาท	เหรียญ 10 บาท
25	ผ่าน	ผ่าน
26	ผ่าน	ผ่าน
27	ผ่าน	ผ่าน
28	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
29	ผ่าน	ผ่าน
30	ผ่าน	ผ่าน
31	ผ่าน	ผ่าน
32	ผ่าน	ผ่าน
33	ผ่าน	ผ่าน
34	ผ่าน	ผ่าน
35	ผ่าน	ผ่าน
36	ผ่าน	ผ่าน
37	ผ่าน	ผ่าน
38	ผ่าน	ผ่าน
39	ผ่าน	ผ่าน
40	ผ่าน	ผ่าน
41	ผ่าน	ผ่าน
42	ผ่าน	ไม่ผ่าน
43	ผ่าน	ผ่าน
44	ผ่าน	ผ่าน
45	ไม่ผ่าน	ผ่าน
46	ผ่าน	ผ่าน
47	ผ่าน	ผ่าน
48	ผ่าน	ผ่าน
49	ผ่าน	ผ่าน
50	ผ่าน	ผ่าน
รวม	93 เปอร์เซ็นต์	92 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ ส่วนของภาครับและตรวจสอบเหรียญนั้น ทดลองโดยทำการหยอดเหรียญมูลค่า 5 บาท และ 10 บาท จำนวนชนิดละ 100 เหรียญ โดยสังเกตผลที่แสดงที่ตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนจะปรากฏว่า เครื่องสามารถทำการตรวจสอบมูลค่าของเหรียญผ่านเกิน 92 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปในแต่ละชนิดของเหรียญ

4.3.2 การทดลองภาคกลไกในการจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียน

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองในส่วนนี้เป็นการทดลองการทำงานของภาคกลไกในการจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียน โดยในการทดลองได้ทำการบรรจุกล่องธูปและกล่องเทียนเป็นจำนวนอย่างละ 50 กล่อง ลงในช่องสำหรับบรรจุสินค้า จากนั้นได้ทดลองโดยการสั่งให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ซึ่งต่ออยู่กับใบพัดหมุนไปครั้งละ 90 องศา เพื่อปัดให้กล่องธูปและกล่องเทียนตกลงไปในรางรับสินค้า โดยได้มีการแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วงดังนี้คือ

1. ทดลองจ่ายกล่องธูป โดยหมุนใบพัดครั้งละ 90 องศา เป็นจำนวน 50 ครั้งโดยในแต่ละครั้งต้องมีกล่องธูปตกลงมาครั้งละ 1 กล่อง

2. ทดลองจ่ายกล่องเทียน โดยหมุนใบพัดครั้งละ 90 องศา เป็นจำนวน 50 ครั้งโดยในแต่ละครั้งต้องมีกล่องเทียนตกลงมาครั้งละ 1 กล่อง

หมายเหตุ

โดยมีเงื่อนไข คือ เมื่อสเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนไป 90 องศาเป็นจำนวน 1 ครั้งต้องมีกล่องธูปหรือกล่องเทียนตกลงมาในรางรับสินค้าเป็นจำนวน 1 กล่อง ถือว่าผ่าน นอกเหนือจากเงื่อนไขนี้ให้ถือว่าไม่ผ่าน

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองเมื่อสั่งจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียนจำนวน 50 กล่อง

หมุนครั้งที่	กล่องธูป	กล่องเทียน
1	ผ่าน	ไม่ผ่าน
2	ผ่าน	ไม่ผ่าน
3	ผ่าน	ไม่ผ่าน
4	ผ่าน	ไม่ผ่าน
5	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
6	ผ่าน	ไม่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ผลการทดลองเมื่อสั่งจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียนจำนวน 50 กล่อง

7	ผ่าน	ไม่ผ่าน
8	ผ่าน	ไม่ผ่าน
9	ผ่าน	ไม่ผ่าน
10	ผ่าน	ไม่ผ่าน
11	ผ่าน	ไม่ผ่าน
12	ผ่าน	ไม่ผ่าน
13	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
14	ผ่าน	ไม่ผ่าน
15	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
16	ผ่าน	ไม่ผ่าน
17	ผ่าน	ไม่ผ่าน
18	ผ่าน	ไม่ผ่าน
19	ผ่าน	ไม่ผ่าน
20	ผ่าน	ไม่ผ่าน
21	ผ่าน	ไม่ผ่าน
22	ผ่าน	ไม่ผ่าน
23	ผ่าน	ไม่ผ่าน
24	ผ่าน	ไม่ผ่าน
25	ผ่าน	ไม่ผ่าน
26	ผ่าน	ไม่ผ่าน
27	ผ่าน	ไม่ผ่าน
28	ผ่าน	ไม่ผ่าน
29	ผ่าน	ไม่ผ่าน
30	ผ่าน	ไม่ผ่าน
31	ผ่าน	ไม่ผ่าน
32	ผ่าน	ไม่ผ่าน
33	ผ่าน	ไม่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ผลการทดลองเมื่อสั่งจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียนจำนวน 50 กล่อง

หมุนครั้งที่	กล่องธูป	กล่องเทียน
34	ผ่าน	ไม่ผ่าน
35	ผ่าน	ไม่ผ่าน
36	ผ่าน	ไม่ผ่าน
37	ผ่าน	ไม่ผ่าน
38	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
39	ผ่าน	ไม่ผ่าน
40	ผ่าน	ไม่ผ่าน
41	ผ่าน	ไม่ผ่าน
42	ผ่าน	ไม่ผ่าน
43	ผ่าน	ไม่ผ่าน
44	ผ่าน	ไม่ผ่าน
45	ผ่าน	ไม่ผ่าน
46	ผ่าน	ไม่ผ่าน
47	ผ่าน	ไม่ผ่าน
48	ผ่าน	ไม่ผ่าน
49	ผ่าน	ไม่ผ่าน
50	ผ่าน	ไม่ผ่าน
รวม	92 เปอร์เซ็นต์	0 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ ส่วนของภาคกลไกในการจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียน เมื่อทำการทดลองตามเงื่อนไขที่ได้วางไว้ในขั้นต้น ผลปรากฏว่าที่ภาคกลไกในการจ่ายกล่องธูปผ่านคิดเป็น 92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเทียนสาเหตุที่เทียนเป็น 0 เปอร์เซ็นต์ก็เพราะว่ากล่องเทียนนั้นจะมีน้ำหนักมากทำให้กล่องเทียนแบนไม่สามารถเคลื่อนกล่องออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองอีกครั้ง โดยลดปริมาณกล่องเทียนจากเดิม 50 กล่อง เหลือ 25 กล่อง ซึ่งทำการทดลองดังนี้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

ทดลองจ่ายกล่องเทียนโดยหมุนใบพัดครั้งละ 90 องศา เป็นจำนวน 25 ครั้งโดยในแต่ละครั้งต้องมีกล่องเทียนตกลงมาครั้งละ 1 กล่อง

หมายเหตุ

โดยมีเงื่อนไข คือเมื่อสเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนไป 90 องศาเป็นจำนวน 1 ครั้งต้องมีกล่องเทียนตกลงมาในรางรับสินค้าเป็นจำนวน 1 กล่อง ถือว่าผ่าน นอกเหนือจากเงื่อนไขนี้ให้ถือว่าไม่ผ่าน

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองเมื่อสั่งจ่ายกล่องเทียนจำนวน 25 กล่อง

หมุนครั้งที่	กล่องเทียน
1	ผ่าน
2	ผ่าน
3	ผ่าน
4	ผ่าน
5	ผ่าน
6	ผ่าน
7	ผ่าน
8	ผ่าน
9	ผ่าน
10	ผ่าน
11	ไม่ผ่าน
12	ผ่าน
13	ผ่าน
14	ผ่าน
15	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) ผลการทดลองเมื่อสั่งจ่ายกล่องเทียนจำนวน 25 กล่อง

หมุนครั้งที่	กล่องเทียน
16	ผ่าน
17	ผ่าน
18	ไม่ผ่าน
19	ผ่าน
20	ผ่าน
21	ผ่าน
22	ผ่าน
23	ผ่าน
24	ผ่าน
25	ผ่าน
รวม	98 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ ส่วนของภาคกลไกในการจ่ายกล่องธูปและกล่องเทียน เมื่อทำการทดลองตามเงื่อนไขที่ได้วางไว้ในขั้นต้น ผลปรากฏว่าที่ภาคกลไกในการจ่ายกล่องเทียนผ่านคิดเป็น 98 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากน้ำหนักของกล่องเทียนมีประมาณไม่มากนักจึงทำให้ใบพัดสามารถเคลื่อนจ่ายสินค้าออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ปริญญานิพนธ์เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครลคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ เมื่อผู้ใช้บริการหยอดเหรียญ เหรียญจะถูกตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ โดยถ้าเป็นเหรียญจริงโซลินอยล์ก็จะเปิดประตูให้เหรียญผ่านไปยังช่องเก็บเหรียญพร้อมทั้งแสดงจำนวนเงิน จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกชนิดของสินค้าที่ต้องการ คือ สินค้าที่เป็นธูปและสินค้าที่เป็นเทียน เมื่อเลือกชนิดของสินค้าแล้วโปรแกรมจะทำหน้าที่สั่งให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้ทำการจ่ายสินค้าที่ต้องการออกมายังช่องรับสินค้า

อย่างไรก็ตามเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางแก้ไข และแนวทางในการพัฒนา โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1.ปัญหา วงจรนับเลขสัญญาณพัลส์จากชุดหยอดเหรียญต้องการสัญญาณลอจิก“0”ค้างไว้ตลอด เพื่อป้องกันการนับผิดพลาด ดังนั้นหากมีการทำผิดขั้นตอน คือ หยอดเหรียญก่อนจะไม่สามารถยกเลิกและคืนเหรียญได้ เพราะไม่มีการนับค่าสัญญาณพัลส์จากวงจรนับสัญญาณพัลส์ที่มาจากชุดหยอดเหรียญ

แนวทางแก้ไข สามารถต่อสายสัญญาณจากไมโครคอนโทรเลอร์ไปยังส่วนวงจรนับเลขและทำการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมให้มีการรีเซตนับเลขทุกครั้งที่มีการยกเลิก

2.ปัญหา ช่องสำหรับบรรจุสินค้ากับชุดใบพัดจ่ายสินค้าอยู่ในตำแหน่งไม่ตรงกัน ทำให้บางครั้งกล่องสินค้าจะตกลงมาไม่ตรงกับชุดใบพัดจ่ายสินค้า ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาสินค้าติดขัดในขั้นตอนการจ่ายสินค้า เนื่องจากกล่องสินค้ากับช่องจ่ายสินค้ามีขนาดไม่เท่ากัน เกิดจากการที่กล่องไม่อยู่พอดีกับใบพัดจ่ายสินค้า

แนวทางแก้ไข สร้างช่องบรรจุสินค้าให้ตรงกับชุดใบพัดจ่ายสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ปัญหา เมื่อทำการบรรจุสินค้าชนิดเทียนจำนวนมาก จะทำมีนำหนักสะสมมากขึ้น ทำให้กล่องเทียนกล่องล่างสุดผิดรูปทรงจากเดิม เนื่องจากเทียนมีนำหนักมาก จะทำให้ใบพัดจ่ายสินค้าไม่สามารถจ่ายสินค้าชนิดเทียนได้

แนวทางแก้ไข ลดปริมาณสินค้าในช่องบรรจุให้น้อยลงหรือเปลี่ยนวิธีการจ่ายสินค้า

4.ปัญหา เมื่อมีสินค้าในช่องบรรจุกล่องเทียนมีจำนวนมากจะทำให้ชุดจ่ายสินค้าชนิดเทียนรับน้ำหนักมากขึ้น ส่งผลให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไม่สามารถขับเคลื่อนได้ เนื่องจากมีแรงขับไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถจ่ายสินค้าชนิดเทียนได้

แนวทางแก้ไข ใช้เฟืองมาต่อสเต็ปเปอร์มอเตอร์เพื่อเป็นการลดภาระให้มอเตอร์สามารถขับใบพัดได้หรือเปลี่ยนสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีแรงขับเคลื่อนมากขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนา

เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้สามารถทำงานได้ตามขีดความสามารถในวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ แต่โครงงานนี้ยังสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานได้อีก คือ

1.ควรพัฒนาจากจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนเป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแทน

2.ควรพัฒนาให้สามารถรับเงินที่เป็นเหรียญมูลค่า 1 บาท และธนบัตรแต่ละราคาได้

3.ควรพัฒนาให้มีระบบเตือนอัตโนมัติไปยังผู้ดูแลเครื่องเมื่อสินค้าเหลือน้อยกว่าจำนวนที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กาญจนสิทธิ์ โภคพูลและทิศาพล เชยกลิ่น. **เครื่องจำหน่ายบุหรีอัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540

ทินกร แซ่ฮ่อ และคณะ. **การศึกษาและออกแบบเครื่องรับรู้เหรียญ.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539

ชวลิต ขุนราม. **เครื่องหยอดเหรียญระบบอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด. 2539

ปรีชาและคณะ. **เครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างขวาของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

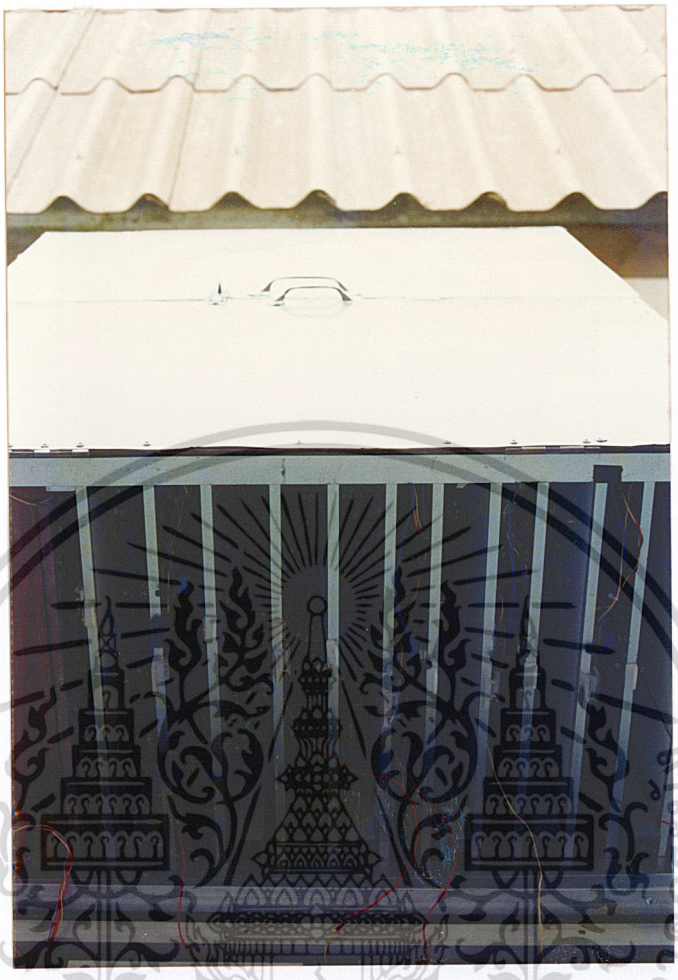
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ภาพด้านข้างซ้ายของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

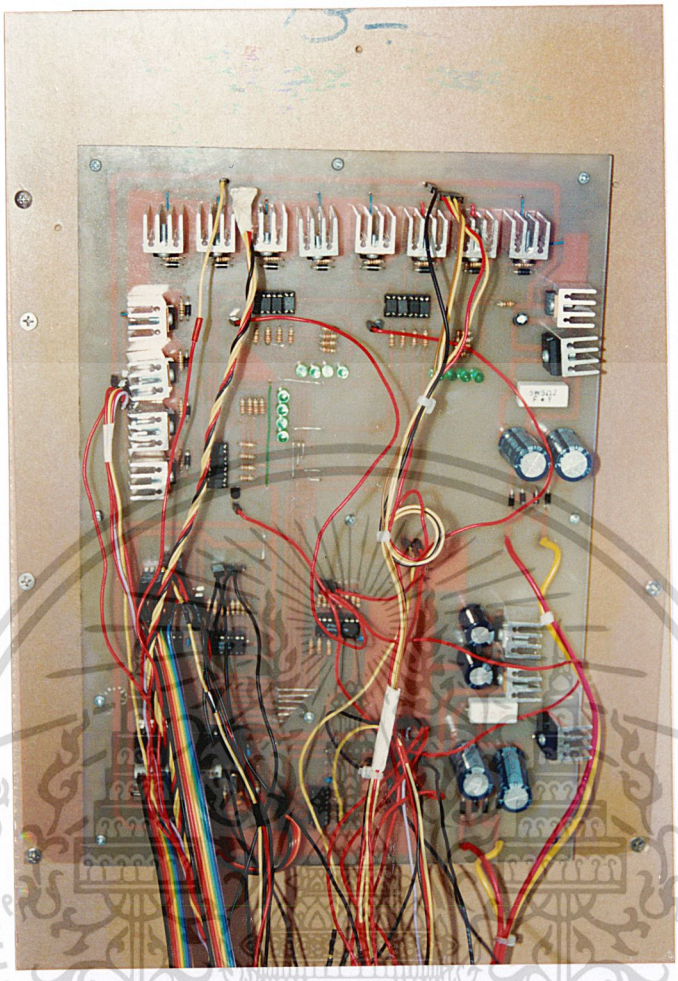
รูปที่ ก.4 ภาพใบพัดสำหรับหมุนกล่องธูปและกล่องเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



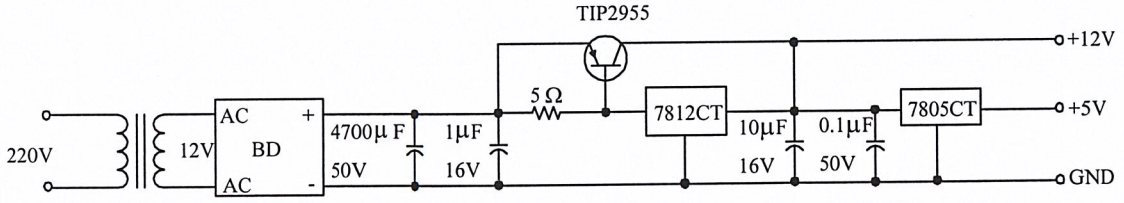
รูปที่ ก.6 ภาพวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

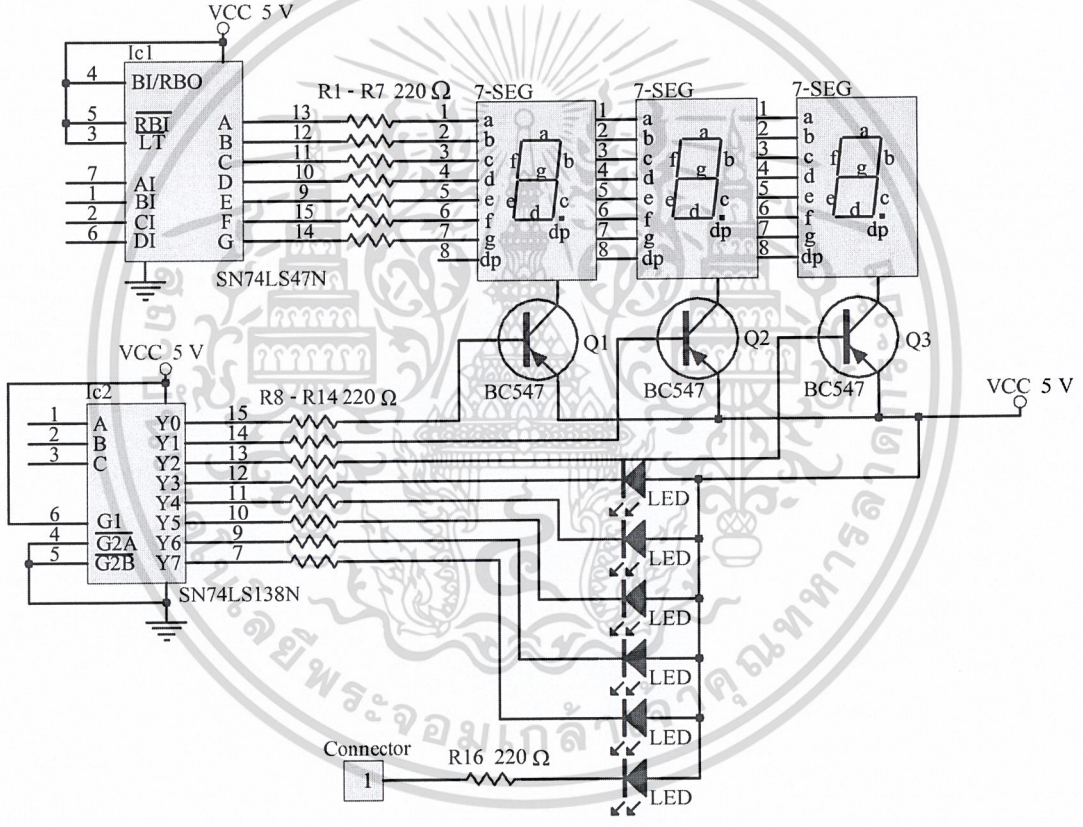
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

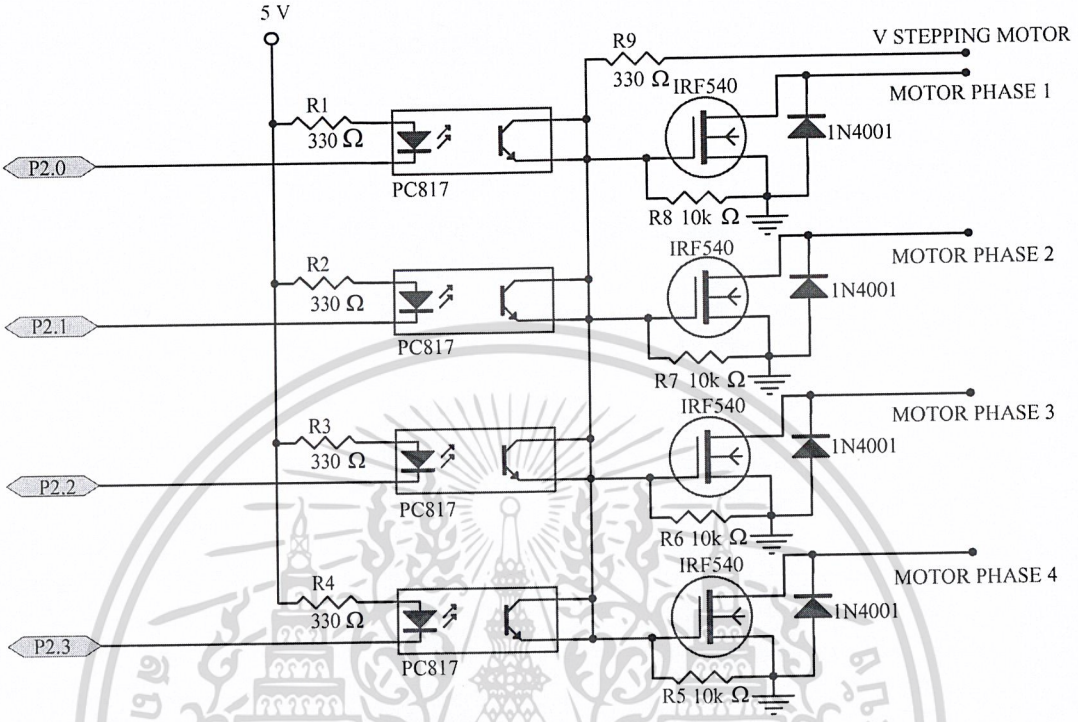


รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

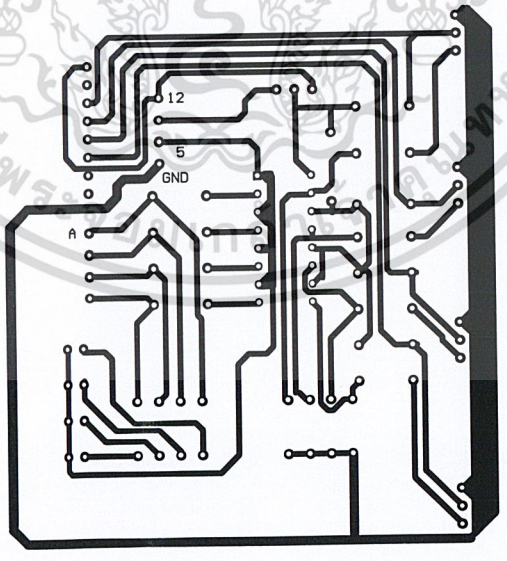


รูปที่ ข.2 วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

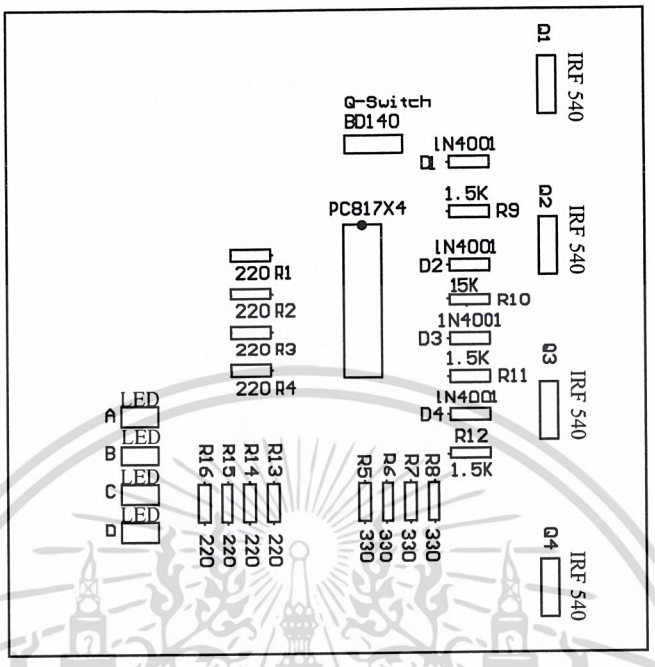


รูปที่ ข.3 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

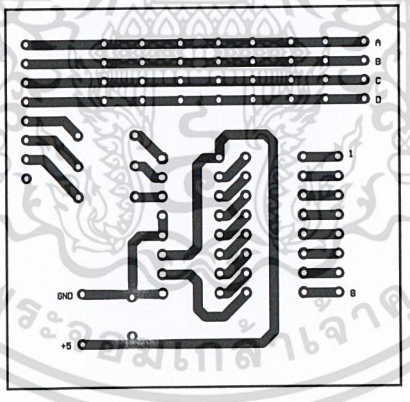


รูปที่ ข.4 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

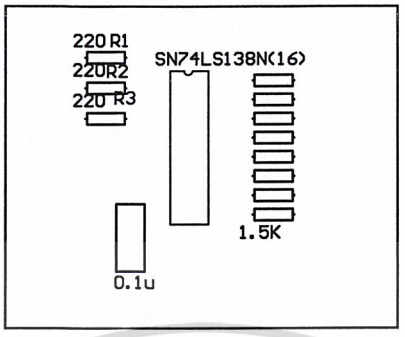


รูปที่ ข.5 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์



รูปที่ ข.6 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	7812CT	1 ตัว
IC2	7405CT	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	TIP2955	1 ตัว
D1-D4	1N5401	4 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	4700μF 50V	1 ตัว
C2,C3	1μF 16V	2 ตัว
C4	0.1μF 50V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	5 Ω ¼ W	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T1	หม้อแปลง 220/ 9-0-9 2A	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	SN74LS47N	1 ตัว
IC2	SN74LS138N	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1, Q2, Q3	BC547	3 ตัว
LED1-LED6	ไดโอดแปล่งแสง สีแดง	6 ตัว
7-SEG	ตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน แอโนดร่วม	3 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1-R16	220 Ω ¼ W	16 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1-J4	Socket 16 PIN	4 ตัว
J5-J8	IDE connector 10 PIN	4 ตัว
W1	สายแพชนิด 10 เส้น	1 เมตร

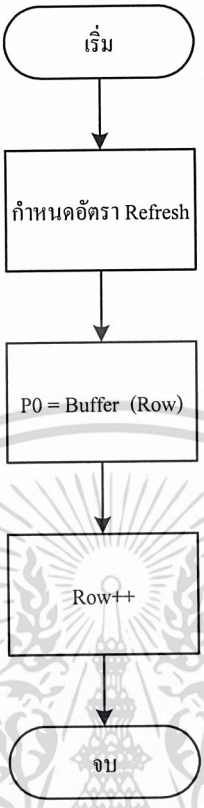
ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	BD139	1 ตัว
PC	PC817	1 ตัว
D1	1N4001	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	220 Ω ¼ W	1 ตัว
R2	330 Ω ¼ W	1 ตัว
R3	1.5 kΩ ¼ W	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

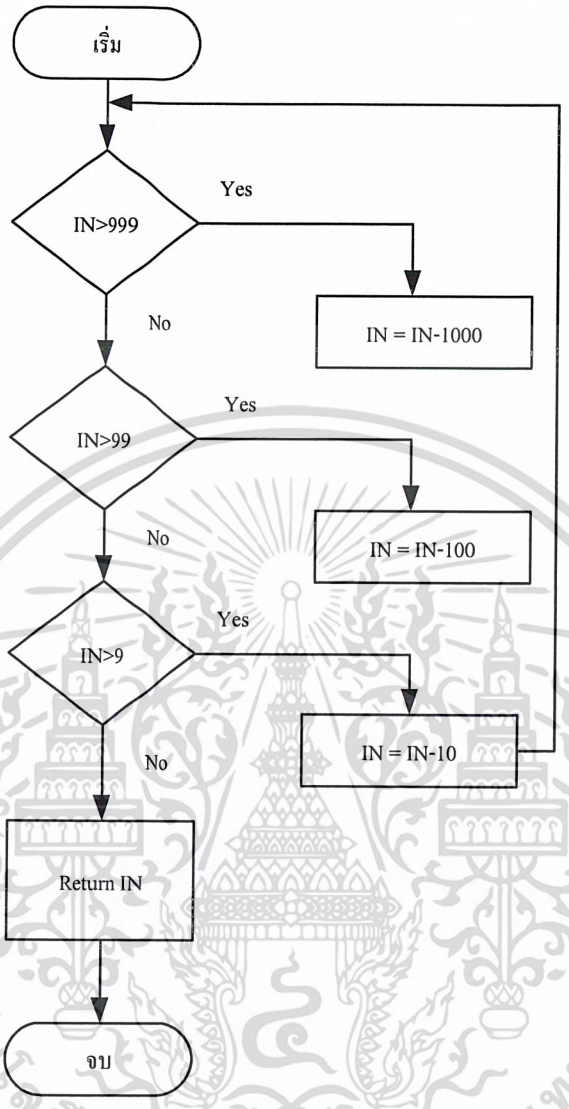
ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานของโปรแกรมและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



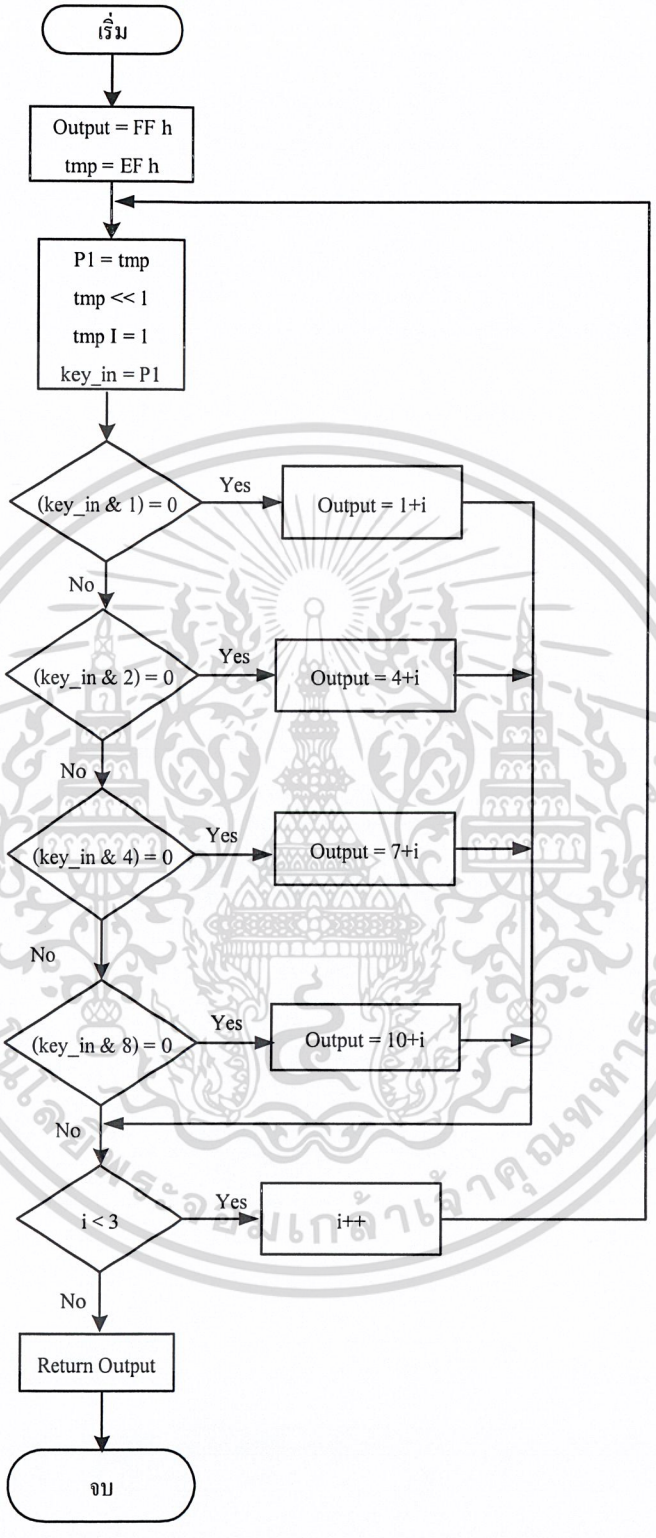
รูปที่ ง.1 ฟังก์ชั่นจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



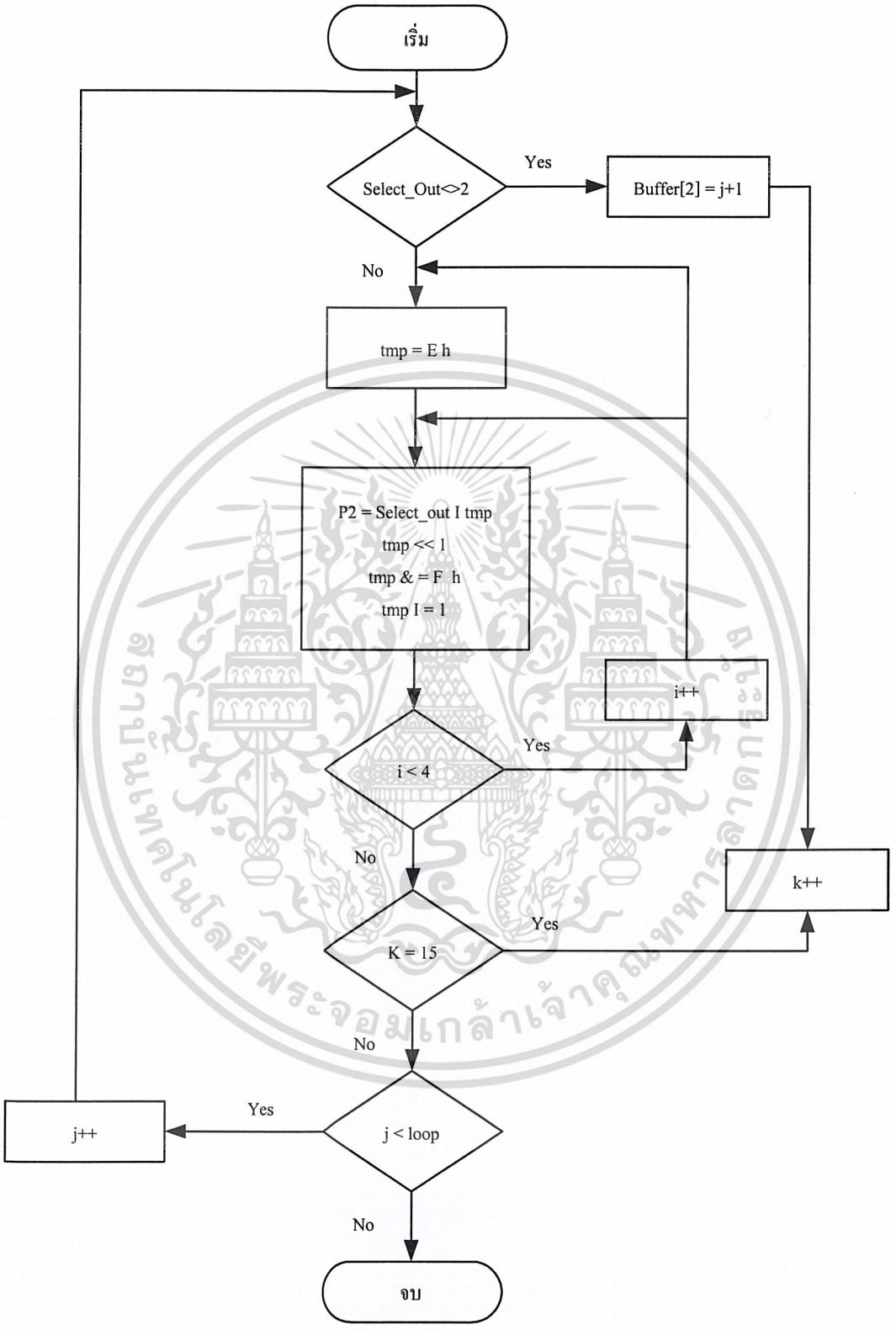
รูปที่ ง.2 ฟังก์ชั่นหารเลขฐานสิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



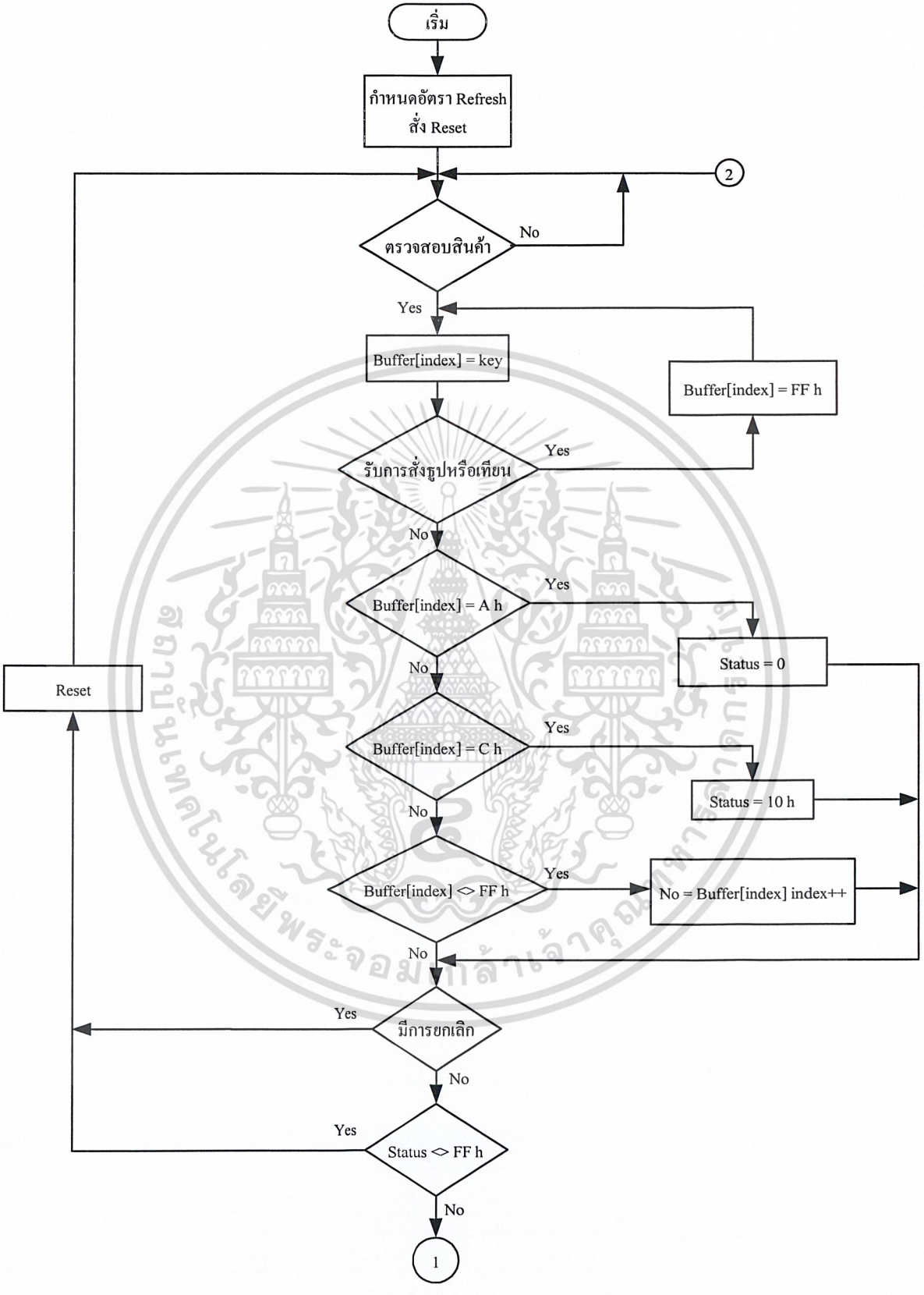
รูปที่ ง.3 ฟังก์ชั่นรับค่าของปุ่มกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



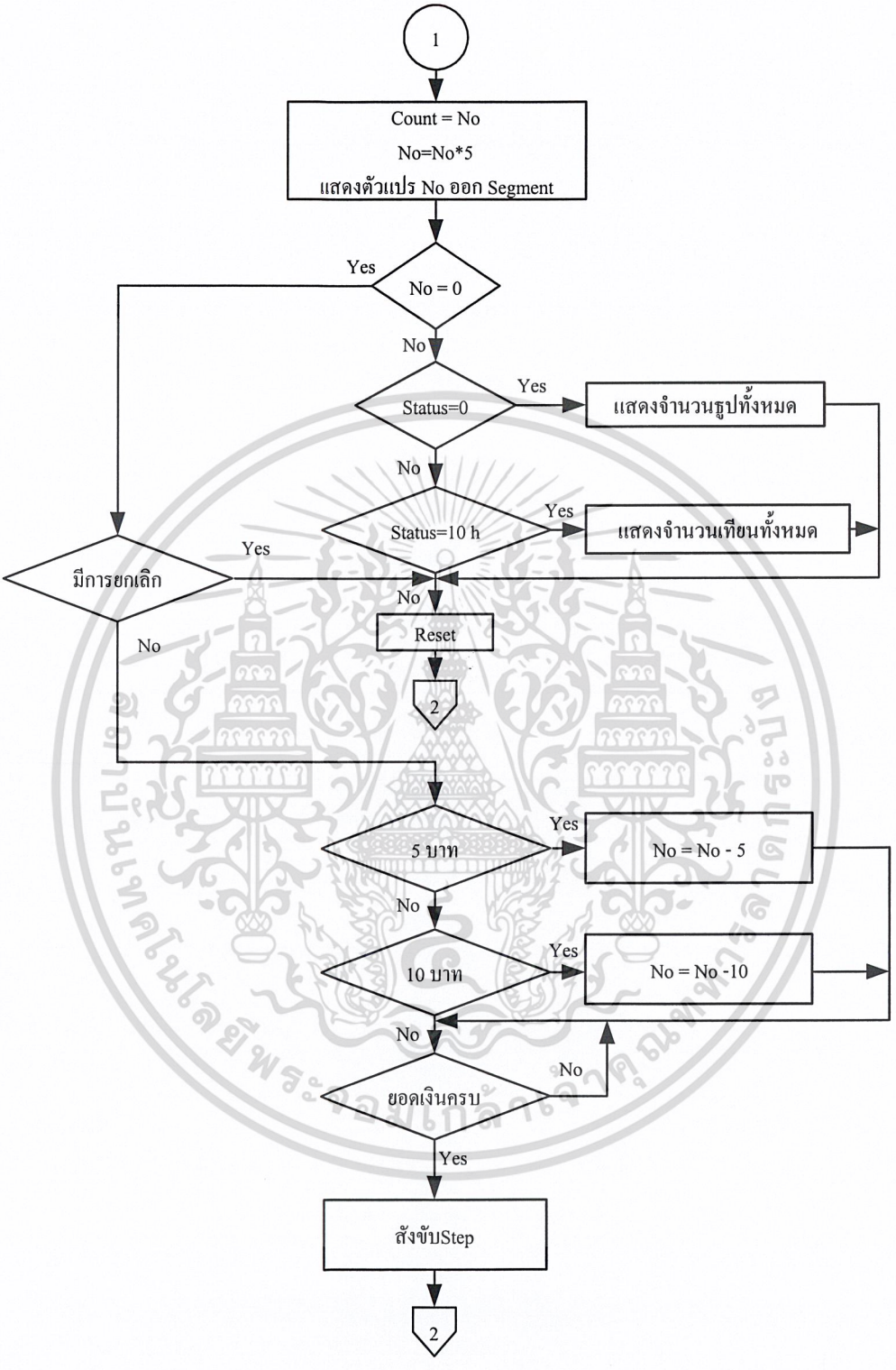
รูปที่ ง.4 ฟังก์ชั่นขับเสต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.5 ฟังก์ชั่นหลัก



รูปที่ ง.5 (ต่อ) ฟังก์ชั่นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

```
#include <reg52.h>

/********** I/O PORT **********/

sbit        M5     = P3^1;
sbit        M10    = P3^2;
sbit        TON    = P3^0;
sbit        EMP    = P3^3;
sbit        CmdCan= P3^4;


/********** INT-RAM WORKING AREA **********/

unsigned char DISBUF[4],count,tope,tean;
unsigned char status,index,row;

void dmsec (unsigned int count) {     // mSec Delay 11.0592 Mhz
    unsigned int i;                   // Keil v5.2
    while (count) {
        i = 115; while (i>0) i--;
        count--;
    }
}


void time_over(void) interrupt 1
{
      unsigned char tmp;
      EA=0;
      TR0=0;
      TH0=0xf0;
      TL0=0x00;
      tmp=row<<4;
      P0=DISBUF[row]|tmp;
      row++;
      if(row>2) row=0;
      TR0=1;
      EA=1;
}

unsigned char key(void)
{
      unsigned char key_in,i,output,tmp;
      output=0xff;
      tmp=0xef;
      for(i=0;i<3;i++)
   {
      P1=tmp;
      tmp=tmp<<1;
      tmp|=1;
      dmsec(1);
      key_in=P1;
      if((key_in&0x01)==0) output=1+i;
            else if((key_in&0x02)==0) output=4+i;
            else if((key_in&0x04)==0) output=7+i;
            else if((key_in&0x08)==0) output=10+i;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    return output;
}

unsigned char mod10(unsigned long temp)
{
       unsigned char i;
       i=temp;
       for(;;)
    {
       if(i>999)
              i=i-1000;
       else if(i>99)
              i=i-100;
       else if(i>9)
              i=i-10;
       else
              break;
    }
    return (i);
}

void reset(void)
{
       DISBUF[0]=0xff;
       DISBUF[1]=0xff;
       DISBUF[2]=0xff;
       DISBUF[3]=0xff;
       status=0xff;
       index=0;
}

void out(unsigned char select,loop)
{
       unsigned char i,tmp,j,k;
       for(j=0;j<loop;j++)
    {
              if(select!=2) DISBUF[2]=j+1;
                     for(k=0;k<15;k++)
       {
                     tmp=0x0e;
                     for(i=0;i<4;i++)
              {
                     P2=select|tmp;
                     dmsec(250);
                     tmp=tmp<<1;
                     tmp&=0x0f;
                     tmp|=1;
              }
       }
    }
}

void main(void)
{
       char no;
       TH0=0xf0;
       TL0=0x00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      TMOD=0x01;
      IE=0x82;
      EA=1;
      TR0=1;              //start timer 0
      row=0;
      no=0;
      reset();
      tope=0;
      tean=0;
      while(1)
   {
      TON=0;
      EMP=1;
      P2=0xff;
      if ((index<2)&&(EMP==0)) DISBUF[index]=key();
      if(index==1) if((DISBUF[1]!=0x0a) && (DISBUF[1]!=0x0c)) DISBUF
[1]=0xff;
      if (DISBUF[index]==0x0b) DISBUF[index]=0;
      if (DISBUF[index]==0x0a) status=0;
      else if (DISBUF[index]==0X0c) status=0x10;
      else if (DISBUF[index]!=0xff)
      {
            no=DISBUF[index];
            index++;
            dmsec(200);
      }
      CmdCan=1;
      if(CmdCan==0) reset();
      if(status!=0xff)
      {
            dmsec(500);
            count=no;
            no*=5;
            DISBUF[2]=mod10(no);
            DISBUF[1]=mod10(no/10);
            DISBUF[0]=0xff;
      if(no==0)
      {
            if(status==0)
            {
                  DISBUF[2]=mod10(tope);
                  DISBUF[1]=mod10(tope/10);
                  DISBUF[0]=mod10(tope/100);
            }
            else if(status==0x10)
            {
                  DISBUF[2]=mod10(tean);
                  DISBUF[1]=mod10(tean/10);
                  DISBUF[0]=mod10(tean/100);
            }
            dmsec(1000);
            reset();
      }
            TON=1;
            dmsec(50);
            TON=0;
            while(1)
            {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

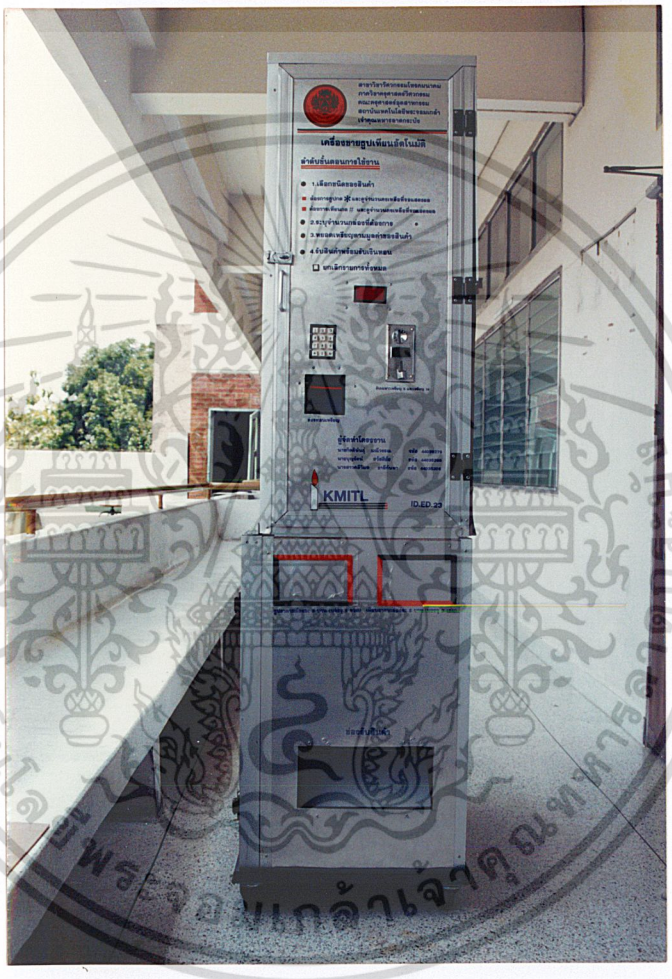
```
            CmdCan=1;
            if(CmdCan==0) reset();
                        M5=1;M10=1;
                        if((M5==1)||(M10==1))
            {
                  dmsec(150);
                  if(M5==1)
                              {
                              no-=5;
                              TON=1;
                              }
                              else if(M10==1)
                              {
                              no-=10;
                              TON=1;
                              }
            }
            DISBUF[2]=mod10(no);
                  DISBUF[1]=mod10(no/10);
                        dmsec(20);
                        TON=0;
                        if(no<0)
                        {
                              status|=0x20;
                              break;
                        }
                        if(no==0) break;
            }
            DISBUF[0]=0xff;
            DISBUF[1]=0xff;
            DISBUF[2]=0xff;
            if(status==0)
      {
            out(0x00,count);
            tope+=count;
      }
            if(status==0x10)
      {
            out(0x10,count);
            tean+=count;
      }
            if(status==0x20)
            {
            out(0x00,count);
                  out(0x20,1);
            tope+=count;
            }
            if(status==0x30)
            {
                  out(0x10,count);
                  out(0x20,1);
            tean+=count;
            }
            reset();
      }
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ



สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

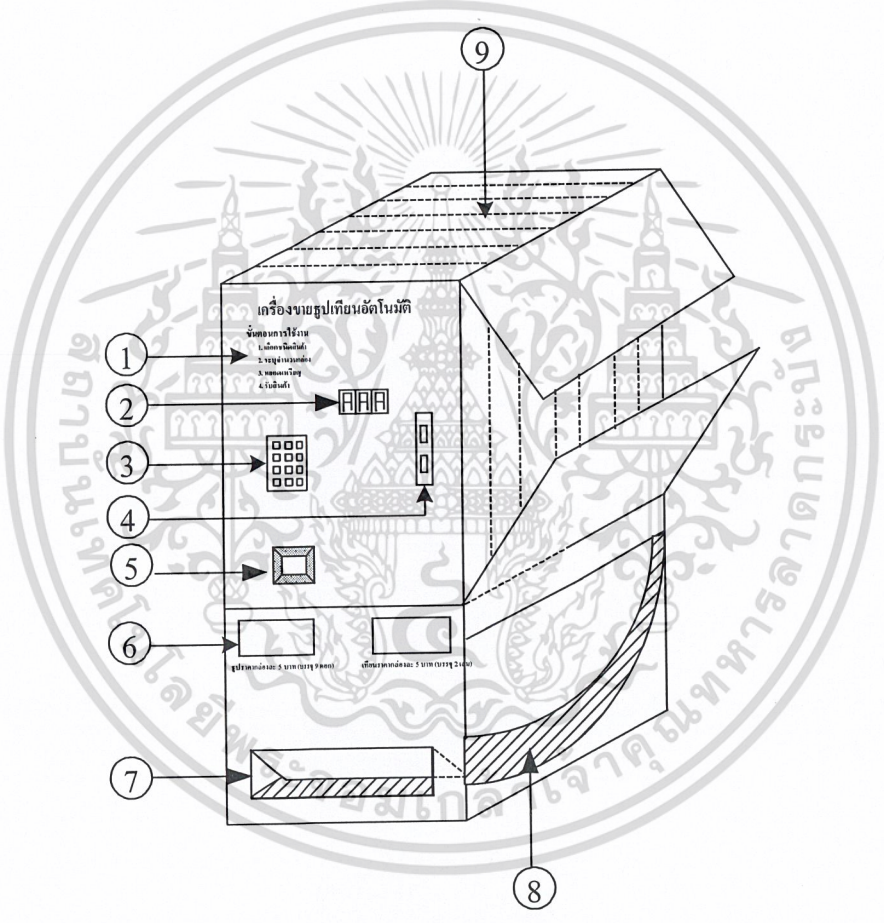
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะใช้งานเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้ ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อผลการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ฉ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ฉ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

① ไดโอดเปล่งแสงแสดงขั้นตอนการใช้งาน

② จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

③ คีย์สวิตช์เลือกจำนวนสินค้า

④ ชุดหยอดเหรียญ

⑤ ช่องทอนเหรียญ

⑥ รูปภาพของสินค้า

⑦ ช่องรับสินค้า

⑧ ถาดรับสินค้า

⑨ ช่องสำหรับบรรจุกล่องธูปกล่องเทียน

3. การติดตั้งและใช้งาน

3.1 การติดตั้ง

1) เสียบปลั๊กไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์

2) กดสวิตช์เปิดด้านหลังเครื่อง ไฟแสดงผลที่หน้าปัดจะติดเป็นเลข 000

3) ระบุจำนวนกล่องสินค้า

- กดจำนวนกล่องของธูป แล้วตามด้วยเครื่องหมาย *
- กดจำนวนกล่องของเทียน แล้วตามด้วยเครื่องหมาย #

4) ทำตามลำดับขั้นตอนการใช้งานที่แสดงบนหน้าปัดเครื่อง

3.2 การใช้งานสำหรับผู้ใช้บริการทั่วไป

1) เลือกชนิดของสินค้า

- ถ้าต้องการธูปให้กดปุ่ม * และดูจำนวนคงเหลือที่จอแสดงผล
- ถ้าต้องการเทียนให้กดปุ่ม # และดูจำนวนคงเหลือที่จอแสดงผล

2) ระบุจำนวนกล่องที่ต้องการ

3) หยอดเหรียญตามมูลค่าสินค้า

4) รับสินค้าและเงินทอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

- ถ้าหยอดเหรียญแล้ว จะไม่สามารถยกเลิกรายการได้
- ถ้าหยอดเหรียญผิดลำดับขั้นตอน เครื่องจะไม่สามารถคืนเหรียญที่หยอดได้
- การบรรจุสินค้า จำเป็นต้องบรรจุสินค้าเกินจำนวนความเป็นจริง 1 กล่องทุกๆ ช่อง

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องขายธูปเทียนอัตโนมัตินี้สามารถตรวจสอบแนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้นจากตารางด้านล่างนี้

อาการ	สาเหตุ	การแก้ไข
เครื่องไม่ทำงาน	ไม่ได้เสียบปลั๊ก ปลั๊กหลวมหรือไม่ได้กดปุ่มเปิดเครื่อง	เสียบปลั๊กให้แน่นกดปุ่มเปิดเครื่อง
เครื่องไม่ยอมรับเหรียญหรือไม่ยอมทอนเหรียญ	เหรียญอาจเต็มหรือมีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปติดภายในช่องรับเหรียญหรือช่องทอนเหรียญ	ปิดสวิตช์การทำงานของเครื่องและนำส่วนรับเหรียญหรือช่องทอนเหรียญมาตรวจสอบดูอาการและแก้ไขต่อไป
ภาคแสดงผลไม่แจ้งสถานะการทำงาน	ไดโอดเปล่งแสงหรือตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนอาจเสียหรืออาจเกิดไฟฟ้าสถิตย์ที่ภาคประมวลผล	นำไดโอดเปล่งแสงหรือตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนมาตรวจว่าต่อกลับขั้วหรือไม่
เครื่องทำงานตามปกติแต่ไม่ยอมจ่ายสินค้า	สินค้าอาจจะหมดหรือมีสิ่งแปลกปลอมไปติดขัดในกลไกจ่ายสินค้า	เปิดประตูเครื่องทั้งด้านล่างและด้านบนเพื่อตรวจเช็คสินค้า

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- คอยตรวจสอบปริมาณจำนวนกล่องธูปและกล่องเทียนในช่องเก็บสินค้าอยู่เสมอ
- คอยดูปริมาณของเหรียญในช่องรับเหรียญและช่องทอนเหรียญอยู่เสมอถ้าหากว่าเหรียญเต็มก็ให้นำเหรียญออกจากช่องเก็บเหรียญโดยเปิดบานพับที่ 1 ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หากพบว่าส่วนของการแสดงผลทั้งไดโอดเปล่งแสงและตัวแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนมีปัญหาก็นำมาตรวจสอบแล้วทำการติดตั้วตัวใหม่แทน
- หากพบความผิดปกติเกี่ยวกับระบบกลไกจ่ายธูปเทียนไม่หมุน ให้ตรวจสอบโดยเปิดบานพับที่ 3 ออก จากนั้นก็ตรวจสอบดูที่ สเต็ปมอเตอร์ เฟือง และใบพัดจ่ายของ
- เช็ดทำความสะอาดตัวเครื่องด้วยผ้านุ่ม อย่าใช้สารใดๆ ที่เป็นตัวทำละลายเพราะอาจทำให้ตัวเครื่องและวงจรด้านในเสียหายได้

5.2 ข้อควรระวัง

- ก่อนการซ่อมบำรุงทุกครั้งต้องถอดปลั๊กออกก่อนเสมอ
- หากพบความปรกติใดๆ ของเครื่องที่ยุ่งยากเกินกว่าข้อมูลการซ่อมบำรุงเบื้องต้น ควรจะแจ้งให้ช่างผู้ชำนาญการทราบเพื่อแก้ไขต่อไป ไม่ควรทำการซ่อมเอง
- ควรจะติดตั้งตัวเครื่องไว้ในบริเวณที่ปลอดภัยและห่างจากความชื้น

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้	3 แอมป์
ความจุของเครื่อง	สามารถบรรจุกล่องธูปเพื่อจำหน่ายได้สูงสุด 200 กล่อง สามารถบรรจุกล่องเทียนเพื่อจำหน่ายได้สูงสุด 50 กล่อง
เหรียญที่ใช้กับเครื่องได้	สามารถรับเหรียญมูลค่า 5 บาทและ 10 บาท
ส่วนแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	สามารถแสดงมูลค่าของเงินที่หยอดและทอนได้ จำนวนของสินค้าที่สั่งและจำนวนของสินค้าที่จำหน่ายได้
ส่วนแสดงผลทางไดโอดเปล่งแสง	สามารถแสดงสถานะการใช้งานทีละขั้นตอนได้และแจ้งเตือนเมื่อสินค้าหมดได้
การใช้งานของเครื่อง	สามารถจำหน่ายสินค้าได้ทีละหนึ่งชนิดเท่านั้นต่อการสั่งซื้อหนึ่งครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

✣ Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (**PC817I/PC817P**)
✣✣ TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

■ Features

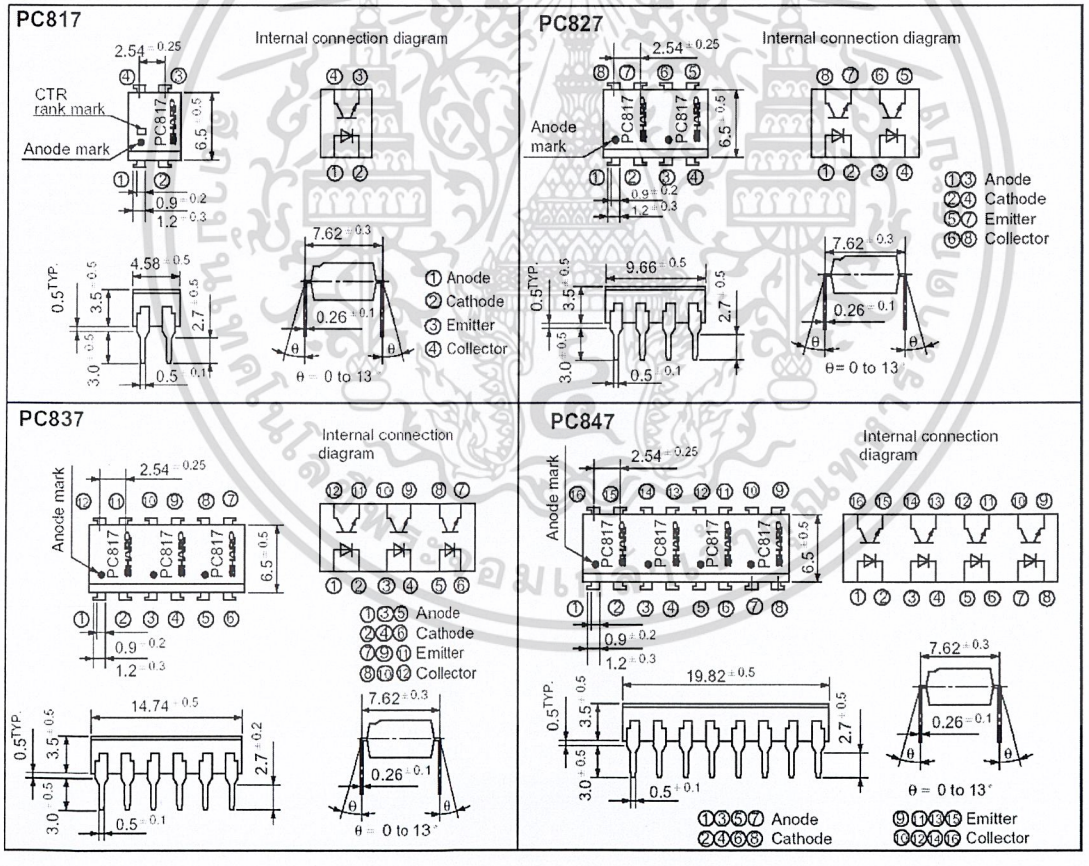
1. Current transfer ratio
   (CTR: MIN. 50% at I_F = 5mA, V_{CE}=5V)
2. High isolation voltage between input and output (V_{iso}: 5 000V_{rms})
3. Compact dual-in-line package
   PC817: 1-channel type
   PC827: 2-channel type
   PC837: 3-channel type
   PC847: 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Outline Dimensions

(Unit: mm)



" In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50	mA
	*1Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector current	I_C	50	mA
	Collector power dissipation	P_C	150	mW
Total power dissipation		P_{tot}	200	mW
*2Isolation voltage		V_{iso}	5 000	V_{rms}
Operating temperature		T_{opr}	- 30 to + 100	°C
Storage temperature		T_{stg}	- 55 to + 125	°C
*3Soldering temperature		T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width <= 100μs, Duty ratio : 0.001
*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute
*3 For 10 seconds

■ Electro-optical Characteristics (Ta= 25°C)

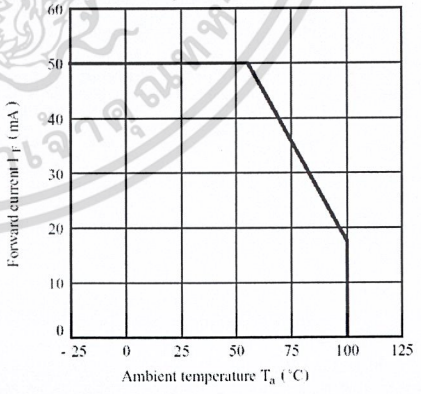
Parameter			Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage		V_F	I_F = 20mA	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage		V_{FM}	I_{FM} = 0.5A	-	-	3.0	V
	Reverse current		I_R	V_R = 4V	-	-	10	μA
	Terminal capacitance		C_t	V = 0, f = 1kHz	-	30	250	pF
Output	Collector dark current		I_{CEO}	V_{CE} = 20V	-	-	10^{-7}	A
Transfer characteristics	*4Current transfer ratio		CTR	I_F = 5mA, V_{CE} = 5V	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage		$V_{CE(sat)}$	I_F = 20mA, I_C = 1mA	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance		R_{ISO}	DC500V, 40 to 60% RH	5×10^{10}	10^{11}	-	Ω
	Floating capacitance		C_f	V = 0, f = 1MHz	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency		f_c	V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100Ω, - 3dB	-	80	-	kHz
	Response time	Rise time	t_r	V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100Ω	-	4	18	μs
		Fall time	t_f		-	3	18	μs

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8❊7AB	A or B	80 to 260
PC8❊7BC	B or C	130 to 400
PC8❊7CD	C or D	200 to 600
PC8❊7AC	A, B or C	80 to 400
PC8❊7BD	B, C or D	130 to 600
PC8❊7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8❊7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

❊ : 1 or 2 or 3 or 4

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

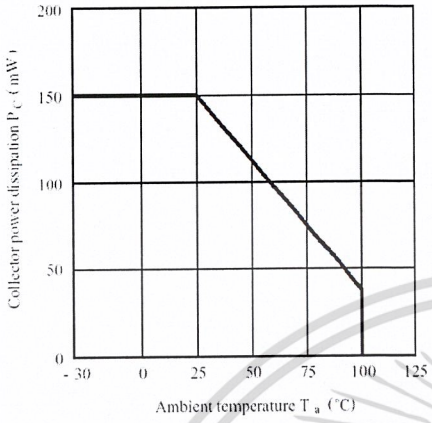


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

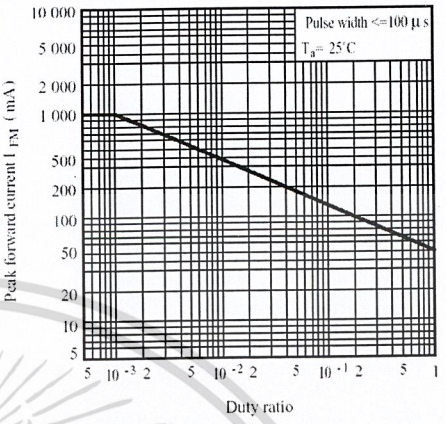


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

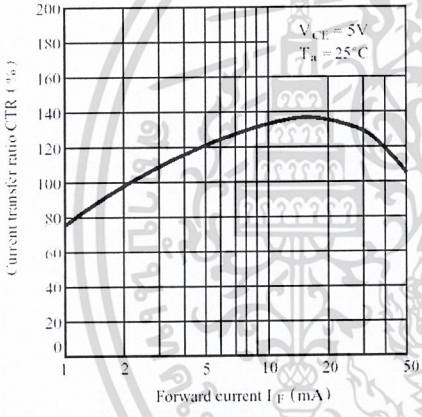


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

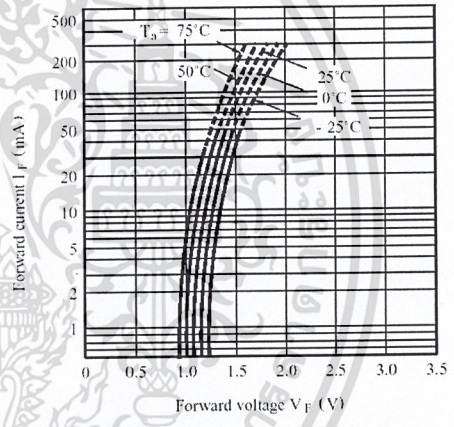


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

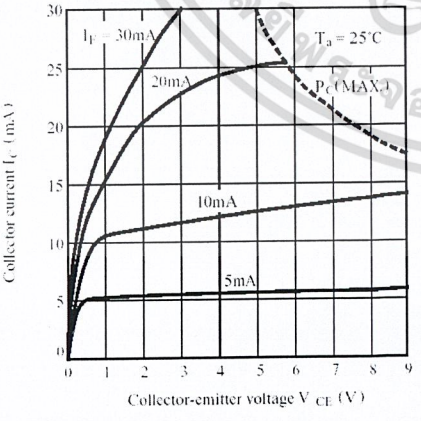
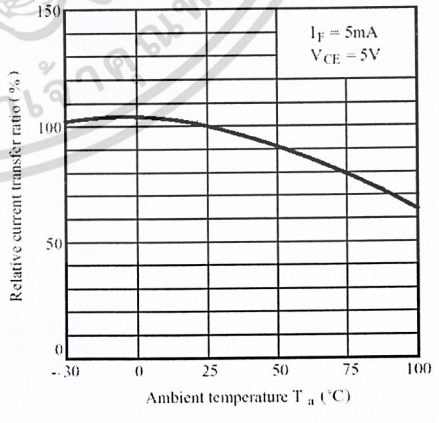


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

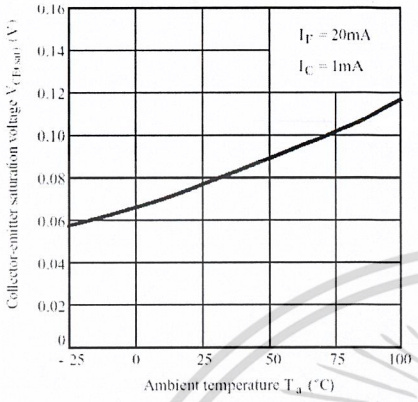


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

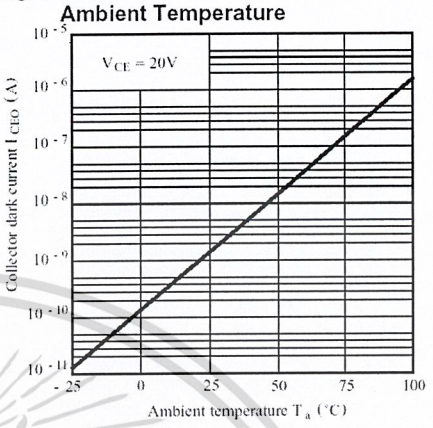


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

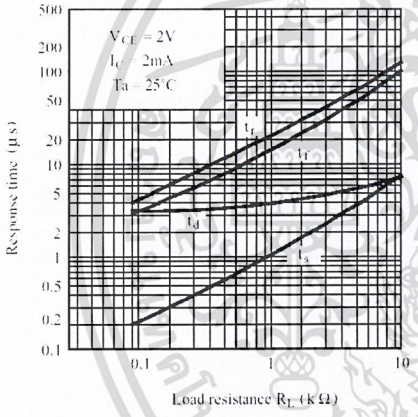
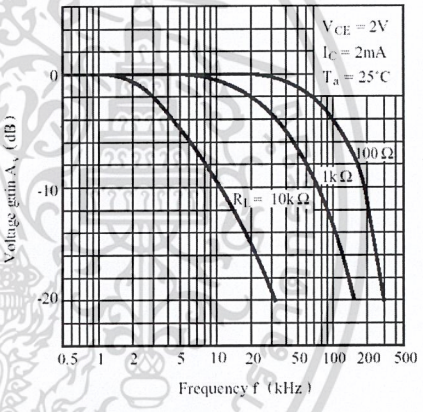


Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time

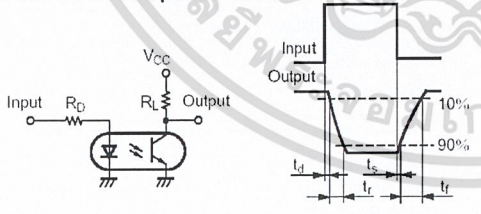
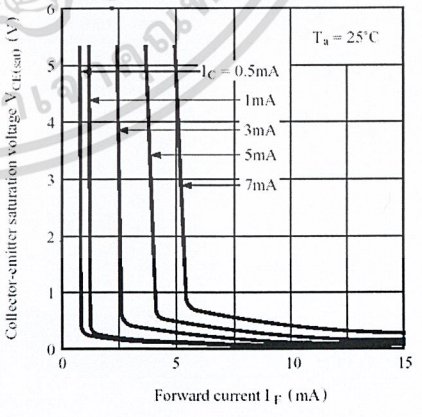
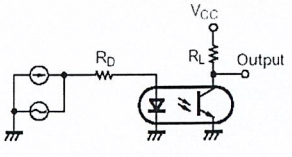


Fig.12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



Test Circuit for Frepuency Response



● Please refer to the chapter "Precautions for Use"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^oC$, Unless Otherwise Specified

		IRF540, RF1S540SM	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage (Note 1)	V_{DS}	100	V
Drain to Gate Voltage (R_{GS} = 20kΩ) (Note 1)	V_{DGR}	100	V
Continuous Drain Current	I_D	28	A
$T_C = 100^oC$	I_D	20	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	I_{DM}	110	A
Gate to Source Voltage	V_{GS}	±20	V
Maximum Power Dissipation	P_D	120	W
Dissipation Derating Factor		0.8	W/^{o}C
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	E_{AS}	230	mJ
Operating and Storage Temperature	T_J, T_{STG}	-55 to 175	^{o}C
Maximum Temperature for Soldering			
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	T_L	300	^{o}C
Package Body for 10s, See Techbrief 334	T_{pkg}	260	^{o}C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

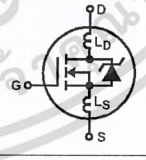
NOTE:

1. $T_J = 25^oC$ to $T_J = 150^oC$.

Electrical Specifications $T_C = 25^oC$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	I_D = 250μA, V_{GS} = 0V (Figure 10)	100	-	-	V
Gate to Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}$, I_D = 250μA	2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	V_{DS} = 95V, V_{GS} = 0V	-	-	25	μA
		V_{DS} = 0.8 x Rated BV_{DSS}, V_{GS} = 0V, $T_J = 150^oC$	-	-	250	μA
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)\ MAX}$, V_{GS} = 10V (Figure 7)	28	-	-	A
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	V_{GS} = ±20V	-	-	±100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	I_D = 17A, V_{GS} = 10V (Figures 8, 9)	-	0.060	0.077	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} \geq 50V$, I_D = 17A (Figure 12)	8.7	13	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	V_{DD} = 50V, $I_D \approx 28A$, $R_G \approx 9.1Ω$, R_L = 1.7Ω MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	15	23	ns
Rise Time	t_r		-	70	110	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	40	60	ns
Fall Time	t_f		-	50	83	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_{g(TOT)}$	V_{GS} = 10V, I_D = 28A, V_{DS} = 0.8 x Rated BV_{DSS}, $I_{g(REF)}$ = 1.5mA (Figure 14) Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	38	59	nC
Gate to Source Charge	Q_{gs}		-	8	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}		-	21	-	nC
Input Capacitance	C_{ISS}	V_{DS} = 25V, V_{GS} = 0V, f = 1MHz (Figure 11)	-	1450	-	pF
Output Capacitance	C_{OSS}		-	550	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	100	-	pF
Internal Drain Inductance	L_D	Measured From the Contact Screw on Tab To Center of Die	-	3.5	-	nH
		Measured From the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured From the Source Lead, 6mm (0.25in) From Header to Source Bonding Pad	-	7.5	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	1.25	^{o}C/W
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	80	^{o}C/W
	$R_{\theta JA}$	RF1S540SM Mounted on FR-4 Board with Minimum Mounting Pad	-	-	62	^{o}C/W

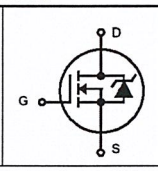
Modified MOSFET Symbol Showing the Internal Devices Inductances



©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Diode 	-	-	28	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	I_{SDM}		-	-	110	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	V_{SD}	$T_J = 25^oC$, $I_{SD} = 27A$, $V_{GS} = 0V$ (Figure 13)	-	-	2.5	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^oC$, $I_{SD} = 28A$, $dI_{SD}/dt = 100A/\mu s$	70	150	300	ns
Reverse Recovery Charge	Q_{RR}	$T_J = 25^oC$, $I_{SD} = 28A$, $dI_{SD}/dt = 100A/\mu s$	0.2	1.0	1.9	µC

NOTES:

2. Pulse test: pulse width ≤ 300µs, duty cycle ≤ 2%.
3. Repetitive rating: pulse width limited by maximum junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
4. $V_{DD} = 25V$, starting $T_J = 25^oC$, $L = 440\mu H$, $R_G = 25\Omega$, peak $I_{AS} = 28A$.

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

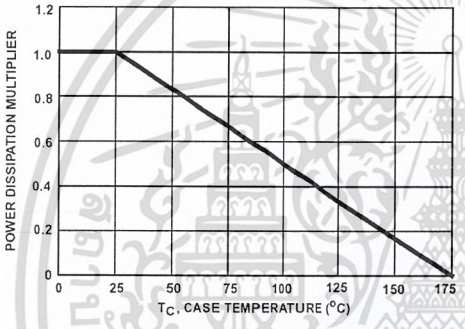


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

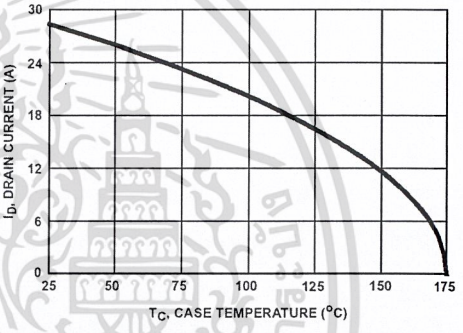


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

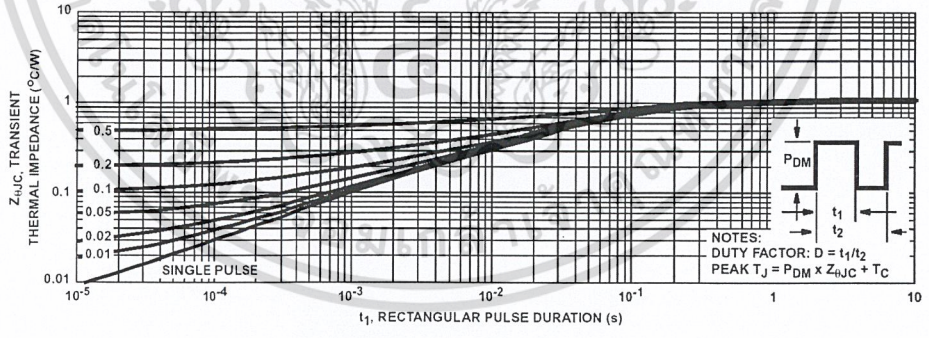


FIGURE 3. MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified **(Continued)**

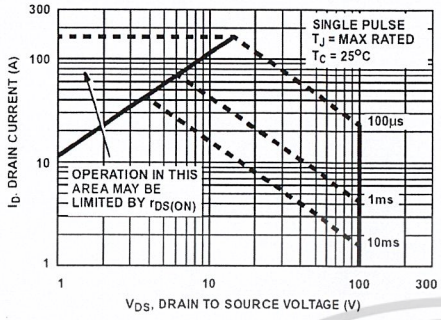


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

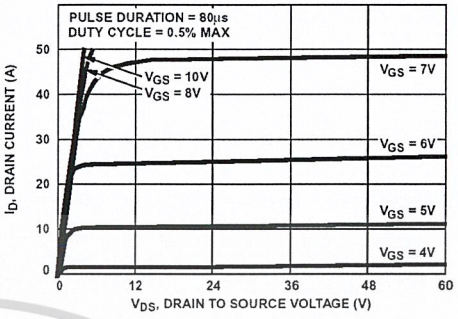


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

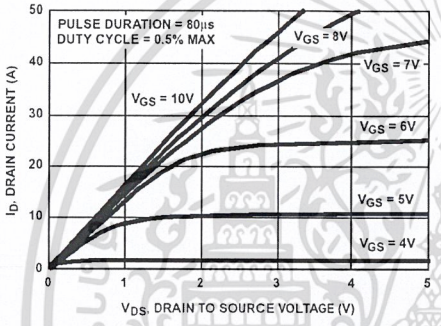


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

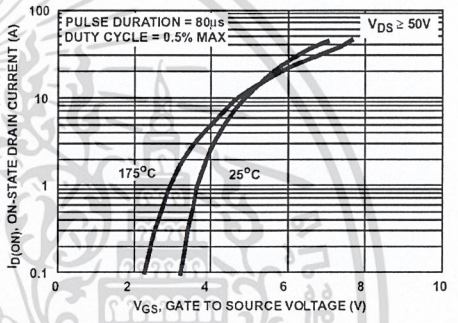


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

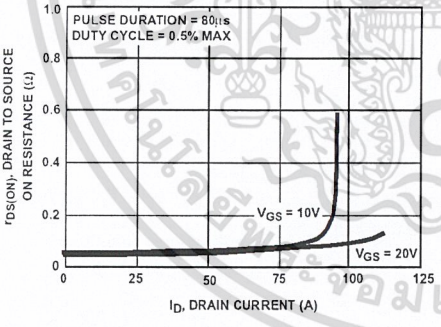


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

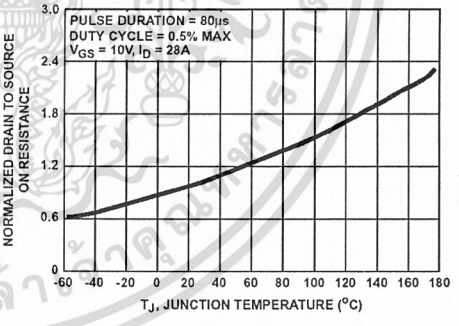


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified **(Continued)**

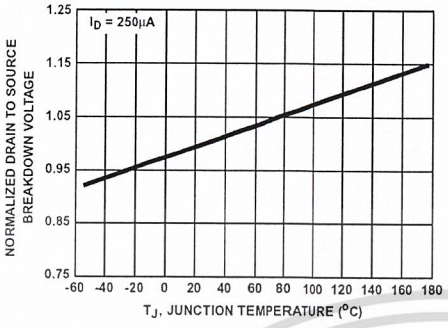


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

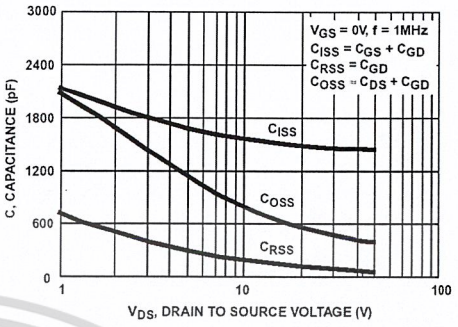


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

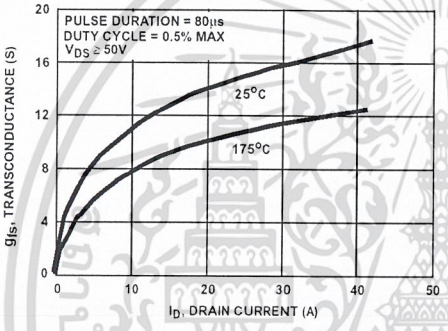


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

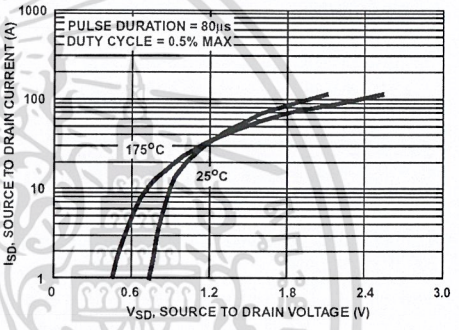


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

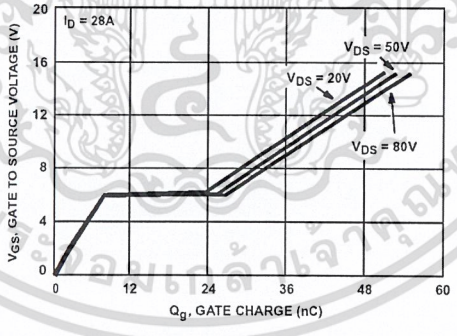


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms

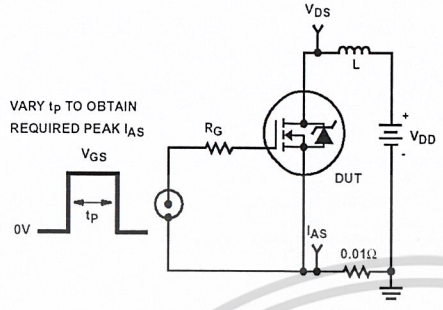


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

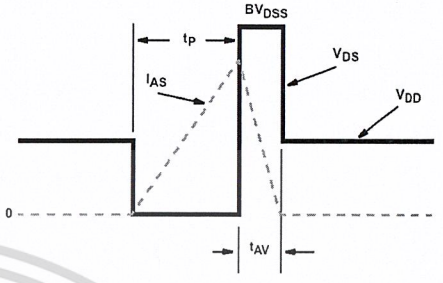


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

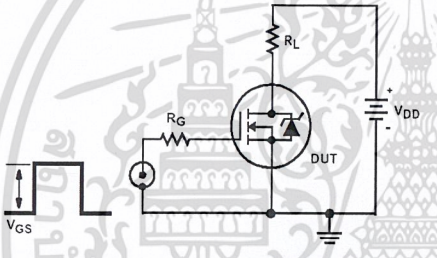


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

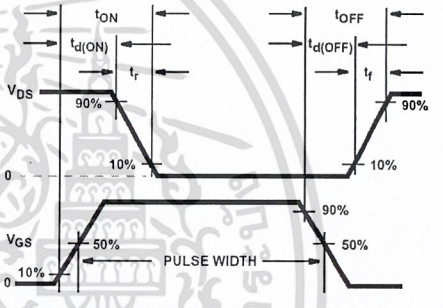


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

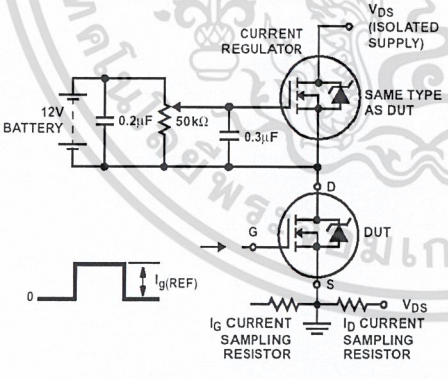


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

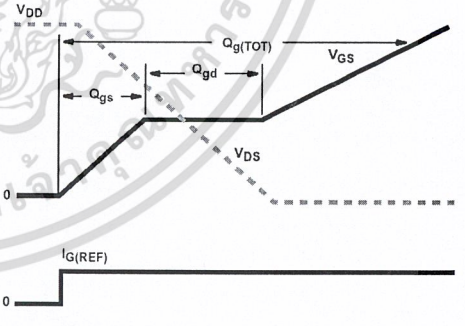


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายกิตติพันธุ์ มณีวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	18 ธันวาคม พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	362 หมู่ 5 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง
	จังหวัดชัยภูมิ 36000
	โทรศัพท์ 0-4482-1647, 0-1503-1708

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนสุนทรวัฒนา จังหวัดชัยภูมิ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนมุกดาหาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ถ้าการเป็นสุภาพบุรุษทำให้ตัวเองเดือดร้อนก็อย่าเป็นมันเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายบุญรัตน์ สวัสดิชัย
วัน เดือน ปีเกิด	26 กรกฎาคม พ.ศ. 2522
ภูมิลำเนา	2/12 ถนนจันทอุดม ตำบลท่าประดู่ อำเภอเมือง
	จังหวัดระยอง 21000
	โทรศัพท์ 0-9797-2656
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลวัดมเหยงคณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคระยอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ชัยชนะตั้งอยู่บนการกระทำในแง่บวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นางสาวศสิวิมล ชาลีกันหา

วัน เดือน ปีเกิด 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2521

ภูมิลำเนา 93 หมู่ 12 ถนนเกาะกลาง ตำบลท่าวังตาล อำเภอสารภี
จังหวัดเชียงใหม่ 50140
โทรศัพท์ 0-5381-7356, 0-6633-1147

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านช่องด่าน จังหวัดกาญจนบุรี

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสวนอนันต์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์ งานหนักไม่เคยฆ่าคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้