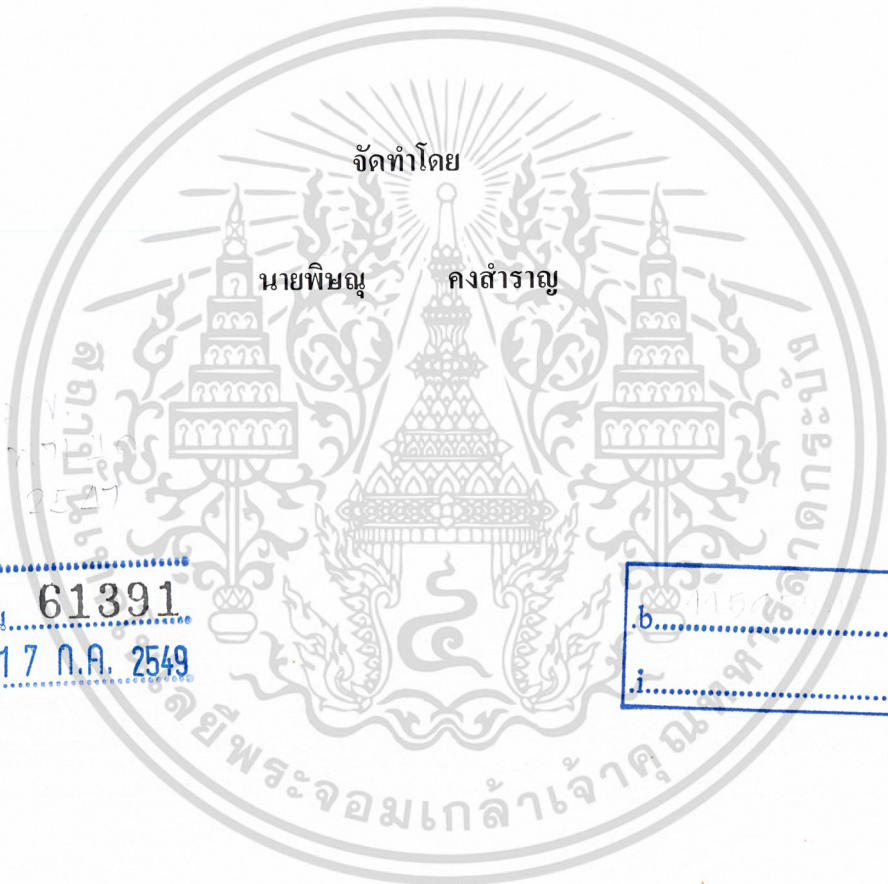


**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

**AUTOMATIC VENDING MACHINE USING MCS-8051**



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....**61391**  
วัน,เดือน,ปี **17 ก.ค. 2549**

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ  
AUTOMATIC VENDING MACHINE USING MCS-8051



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 257

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นายพิชญ์ คงสำราญ

รหัส 45015202



ลงชื่อ ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ดร. กสิน วิเชียรชม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

นายพิษณุ คงสำราญ รหัส 45015202  
ดร.กสิน วิเชียรชม(อาจารย์ที่ปรึกษา)  
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานหลัก ในส่วนของการรับเงินได้นำเอาเครื่องรับเหรียญสำเร็จรูป โซลินอยด์และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาประยุกต์ใช้ในการใช้งาน โครงการนี้มุ่งเน้นการศึกษาการทำงานของชุดรับเหรียญและชุดทอน เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค จากการทดลองการใช้งานเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AUTOMATIC VENDING MACHINE USING MCS-8051

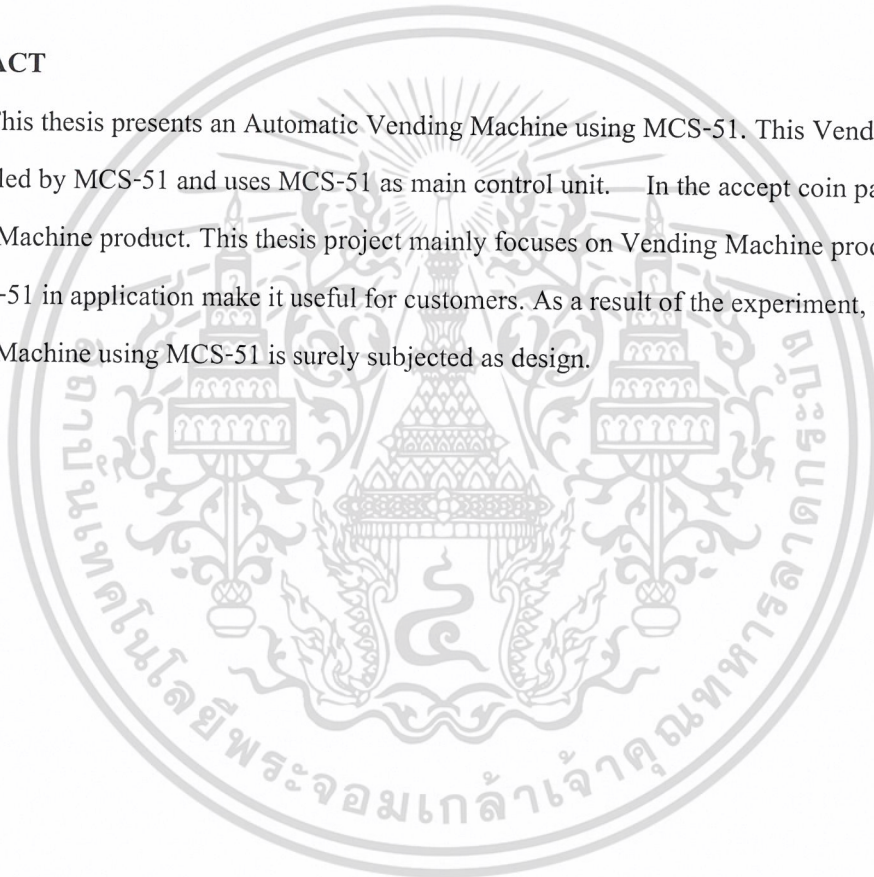
Phitsanu Khongsamran

Dr. Kasin Vichienchom(ADVISOR)

2st Semester Education Year 2004

### ABSTRACT

This thesis presents an Automatic Vending Machine using MCS-51. This Vending Machine is controlled by MCS-51 and uses MCS-51 as main control unit. In the accept coin part, it uses a Vending Machine product. This thesis project mainly focuses on Vending Machine product solinoil and MCS-51 in application make it useful for customers. As a result of the experiment, the Automatic Vending Machine using MCS-51 is surely subjected as design.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. กสิน วิเชียรชม อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน ที่ให้การอุปการะ ในการให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับโครงการในครั้งนี้ และให้ยืมใช้เครื่องมืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการทดลองและสั่งสอนให้ความรู้จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในการทำโครงการครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่ได้มอบทุกสิ่งทุกอย่างทั้งในด้านกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์มาโดยตลอด ตลอดจนเพื่อนๆ ที่ได้ให้กำลังใจและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์เสมอมาจนสามารถทำให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงาน	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	2
1.5 ขอบเขตการวิจัยของโครงการ	2
1.6 ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่จะได้รับ	3
1.7 เนื้อหาโดยสังเขป	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎี</b>	
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	4
2.1.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	4
2.1.2 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	6
2.1.3 หน่วยความจำโปรแกรม	6
2.1.4 หน่วยความจำข้อมูล	8
2.1.5 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	10
2.1.6 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.7 แอควิวูเลเตอร์ (ACCUMULATOR)	11
2.1.8 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	11
2.2 การตรวจจับวัตถุแบบต่างๆ	15
2.2.1 ชนิดของตัวตรวจจับวัตถุ	16
2.2.2 การนำตัวตรวจจับวัตถุไปใช้งาน	17
2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์และการควบคุม	19
2.3.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	20
2.3.2 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	22
2.3.3 วิธีขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	25
2.4 โซลินอยด์ (SOLINOID)	25
<b>บทที่ 3 การออกแบบ</b>	
3.1 กล่าวนำ	27
3.2 แผนผังการทำงานของตู้จำหน่ายเครื่องเขียนอัตโนมัติ	27
3.3 การทำงานของชุดรับเหรียญ	29
3.4 การทำงานของชุดทอนเหรียญ	33
3.5 การแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	33
3.6 การออกแบบโครงสร้างตัวเครื่อง	34
3.6.1 การออกแบบด้านหน้า	35
3.6.2 การออกแบบกล่องเก็บเหรียญ	36
3.6.3 การออกแบบส่วนทอนเหรียญ	37
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง</b>	
4.1 กล่าวนำ	38
4.2 เครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ	38
4.2.1 การทดลองภาครับและตรวจสอบเหรียญ	38
4.2.2 การทดลองใช้เครื่องโดยรวม	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 5 บทสรุป</b>	
5.1 สรุป	41
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	41
5.3 แนวทางการพัฒนา	42
<b>บรรณานุกรม</b>	43
ภาคผนวก ก แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	44
ภาคผนวก ข วงจรเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ	74
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งาน	83
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	89



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การติดตั้งและใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง	18
ตารางที่ 2.2 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบเวฟ	22
ตารางที่ 2.3 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบ 2 เฟส	23
ตารางที่ 2.4 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบครึ่งสเต็ป	24
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองของภาคตรวจสอบเหรียญ	39
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการใช้เครื่องโดยรวม ของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	5
รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	6
รูปที่ 2.3 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม	7
รูปที่ 2.4 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก	7
รูปที่ 2.5 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	8
รูปที่ 2.6 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล	9
รูปที่ 2.7 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี	10
รูปที่ 2.8 แผนผังการทำงานของตัวตรวจจับวัตถุแบบเหนี่ยวนำ	15
รูปที่ 2.9 ตำแหน่งสวิตช์ขั้ว	16
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในสเต็ปเปอร์มอเตอร์	20
รูปที่ 2.11 การควบคุมระบบสเต็ปเปอร์มอเตอร์	24
รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของโซลินอยด์	26
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ	27
รูปที่ 3.2 วงจรส่วนรับเหรียญ	29
รูปที่ 3.3 วงจรส่วนรับเหรียญชุดสำเร็จ	30
รูปที่ 3.4 ลักษณะขาที่ต่อใช้งานของชุดรับเหรียญ	30
รูปที่ 3.5 ลักษณะพัลส์ของเหรียญ	32
รูปที่ 3.6 ลักษณะการทอนของโซลินอยด์	33
รูปที่ 3.7 วงจรภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	34
รูปที่ 3.8 เครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ	35
รูปที่ 3.9 ลักษณะของกล่องเก็บเหรียญ	36
รูปที่ 3.10 โครงสร้างส่วนทอนเหรียญ	37
รูปที่ ก.1 ผังการทำงานขั้นต้น	45
รูปที่ ก.2 ผังการทำงานของจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน	46
รูปที่ ก.3 ผังการทำงานการเปรียบเทียบจำนวนเงินกับราคาสินค้า	47
รูปที่ ก.4 ผังการแสดงผลจำนวนสินค้า	49
รูปที่ ก.5 ผังการเลือกซื้อสินค้า	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบัน การดำเนินชีวิตของมนุษย์มีความเร่งรีบเป็นอย่างมาก เพราะต้องทำงานแข่งกับเวลา จนกล่าวได้ว่า การดำเนินวิถีชีวิตนั้นต้องอาศัยความสะดวกสบายเป็นปัจจัยหลักในการประกอบอาชีพ ในอนาคต มนุษย์จึงให้ความสำคัญกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ให้ความสะดวกเป็นอย่างมาก อุปกรณ์ที่เป็นอัตโนมัติจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพในการดำเนินชีวิต ในบางสถานที่ที่มีร้านจำหน่ายอุปกรณ์ หรือสินค้าบางประเภทไม่เพียงพอกับผู้บริโภคและความสะดวกในการหาซื้อค่อนข้างมีน้อย เมื่อมีความต้องการอย่างเร่งด่วนประกอบกับไม่มีเวลาในการเลือกซื้อ บางคนมีจึงหันมาให้ความสนใจในอุปกรณ์ที่ให้ความรวดเร็วทันใจ

ในสถานการณ์อย่างนี้เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการและความสะดวกในการซื้อสินค้า แต่ในการตั้งร้านค้าแต่ละร้าน จะทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่มาก แต่ละร้านค้าจะต้องมีพนักงานประจำ คอยให้บริการและเปิดปิดเป็นเวลาจึงไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทุกครั้ง

ในปฏิญญาฉบับนี้ ผู้จัดทำต้องการนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้ประดิษฐ์เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติขึ้น เพื่อให้มีประโยชน์และเกิดประสิทธิภาพต่อผู้บริโภค

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และการควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ในการจ่ายสินค้า
2. เพื่อออกแบบ โครงสร้างและวงจรการควบคุมการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างและทดลองการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ
4. เพื่อจำลองเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติก่อนนำไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 สมมุติฐานของโครงการงาน

เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกให้กับผู้บริโภค เนื่องจาก สามารถจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปได้หลายชนิด ประหยัดเนื้อที่ ทั้งยังให้บริการได้ตลอด 24 ชั่วโมง เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติจึงเหมาะในการนำมาอำนวยความสะดวกแก่ผู้ที่ต้องการสินค้าสำเร็จรูปได้เป็นอย่างดี

### 1.4 ซึ่ดความสามารถของโครงการงาน

โครงการงานนี้มีซึ่ดความสามารถดังนี้

1. สามารถจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูป 5 ชนิด
2. สามารถหยอดเหรียญสิบบาท เหรียญห้าบาท และเหรียญหนึ่งบาทได้
3. สามารถตรวจสอบรายการสินค้าที่สามารถซื้อได้โดยแสดงผลออกทางแอลอีดี
4. สามารถแสดงมูลค่าของเหรียญที่หยอดได้
5. สามารถทำการยืนยันและยกเลิกในการเลือกสินค้าได้ หากยกเลิกจะคืนเหรียญทั้งหมด
6. สามารถทอนเงินเป็น เหรียญสิบบาท เหรียญห้าบาทและเหรียญหนึ่งบาทได้
7. สามารถตรวจสอบยอดขายและจำนวนสินค้าที่เหลือได้

การประดิษฐ์เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติจึงเป็นการนำเอาแนวคิดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและประโยชน์ของผู้จำหน่ายสินค้าต่างๆ แบบอัตโนมัติมาเป็นแนวทางในการประดิษฐ์เพื่อให้ได้ความต้องการของผู้บริโภค โดยมีกรนำเอาระบบควบคุมและกลไกในด้านต่างๆ มาประยุกต์เข้าด้วยกัน

### 1.5 ขอบเขตการวิจัยของโครงการงาน

งานวิจัยนี้ เป็นการประดิษฐ์สิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยอาศัยแนวคิดเหมือนกับตู้จำหน่ายสินค้าทั่วไป เช่นตู้จำหน่ายน้ำดื่ม กระจายชำระ ฯลฯ มาเป็นการจำหน่ายสินค้าประเภทสินค้าสำเร็จรูปโดยนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในส่วนของการควบคุมการทำงานหลัก และนำโซลินอยด์กับสตีปมอเตอร์มาช่วยการทอนเหรียญ

เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติสามารถจำหน่ายสินค้าได้ 5 ชนิด ผู้ซื้อสามารถหยอดเหรียญสิบบาท ห้าบาท และหนึ่งบาทได้ สามารถตรวจสอบรายการสินค้าที่สามารถเลือกซื้อได้โดยแสดงผลออกทางแอลอีดี หากผู้ซื้อหยอดเงินเกินราคา ก็สามารถเลือกซื้อสินค้าได้และเมื่อเหลือเศษเงินที่เหลือ เครื่องจะทำการทอนเงินเป็นเหรียญห้าบาท เหรียญหนึ่งบาท หรือเหรียญสิบบาท ซึ่งผู้ซื้อสามารถยืนยันในการเลือกซื้อสินค้าแต่ละชนิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่จะได้รับ

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย ในปัจจุบันการสร้างวงจรโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปประยุกต์ให้เข้ากับวงจรไฟฟ้าต่างๆ ได้อีกมากมาย

สามารถนำเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้นไปใช้งานเป็นต้นแบบ ในการออกแบบเครื่องจำหน่ายสินค้าในระดับที่ซับซ้อนมากขึ้นได้

นอกจากนี้จากการที่เราได้ทำโครงการนี้ ทำให้เราได้เพิ่มประสบการณ์ในการทำงาน ทำให้ได้ความรู้จากการศึกษาวงจรอย่างละเอียด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในอนาคตต่อไป

## 1.7 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ แบ่งออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ผู้ที่สนใจมีความสะดวก แก่ การศึกษาและทำความเข้าใจ โดยแบ่งออกเป็นบทต่างๆ ตามลำดับดังนี้

**บทที่ 1** กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ สมมติฐาน ในการสร้างโครงการ ตลอดจนทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการสร้างโครงการ รวมทั้งขอบเขตของโครงการและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

**บทที่ 2** ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับโครงสร้าง องค์ประกอบต่างๆ หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โซลินอยด์ การตรวจจับวัตถุ และสเต็ปมอเตอร์

**บทที่ 3** กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับแผนผังการทำงานของโครงการ ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรควบคุมการทำงานของชุดทอน โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ

**บทที่ 4** ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรการทำงานของชุดตรวจสอบเหรียญ วงจรภาคขับชุดทอนเหรียญ และการทดลองการใช้เครื่องโดยรวม

**บทที่ 5** เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนา

## บทที่ 2 ทฤษฎี

### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

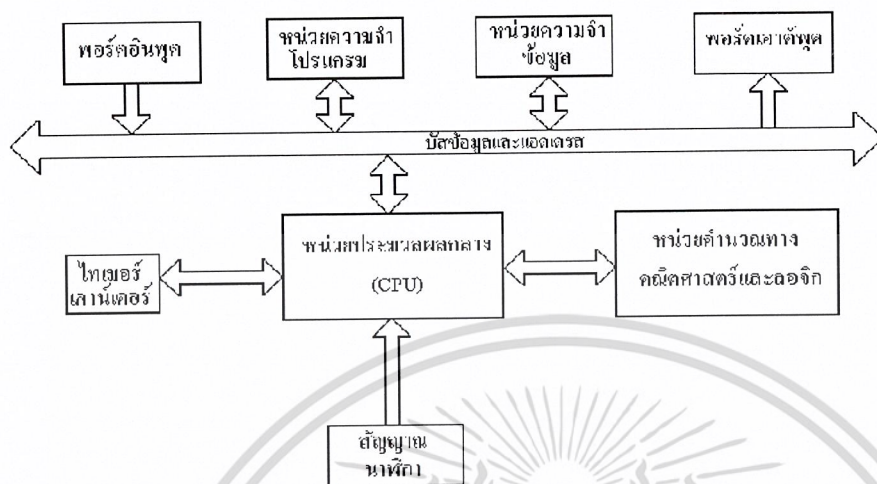
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับ ตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

#### 2.1.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (BOOLEAN PROCESSOR)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ อีพรอม (เบอร์ 8451)
- หน่วยความจำแบบ แรม ภายในจำนวน 128 ไบต์
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
- วงจรมับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบดูเพล็กซ์(FULL DUPLEX)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนด ลำดับ
- วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งโครงสร้างการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะอาศัยหลักการการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักการการทำงานที่เป็นไป ตามโครงสร้างเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



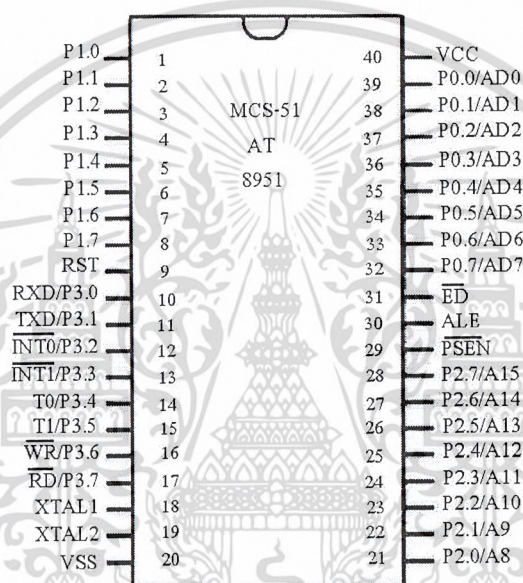
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบขนาด 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อ ที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะทำหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า ALTERNATE FUNCTION ในรูปที่ 2.2) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุตตามปกติ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆ ภายในไอซีMCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละบัสล็อกซึ่งเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (REGISTER) หรือหน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่า บัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่งหน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการทำงานร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์ และลอจิก หรือเรียกว่า ARITHMETIC AND LOGIC UNIT :ALU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. 1.2 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) และหน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) หน่วยความจำทั้งสองนี้มีหน้าที่แตกต่างกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน

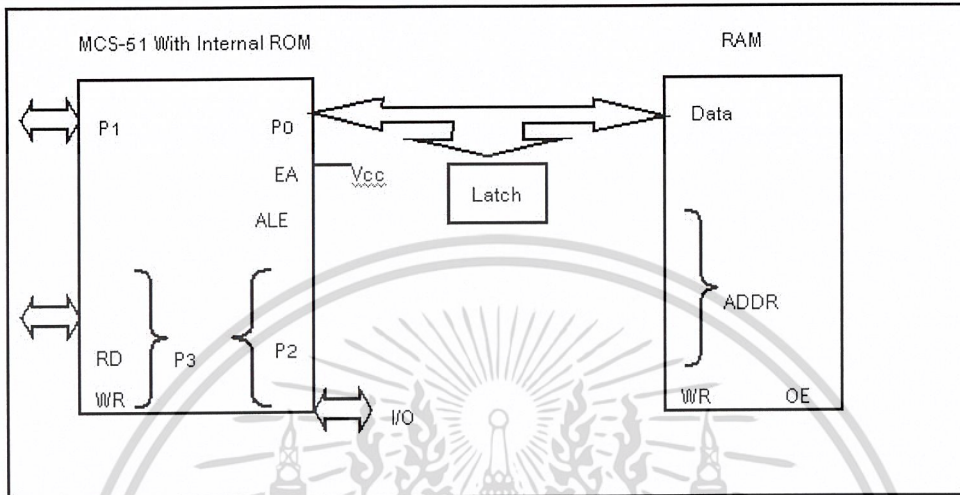


รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

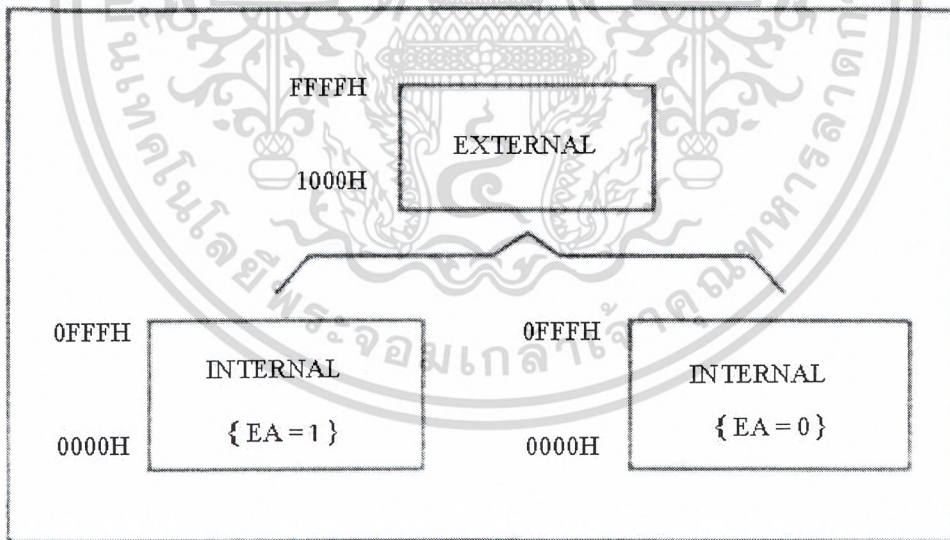
### 2.1.3 หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหาย โครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำ ประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (READ ONLY MEMORY) หรือ อีพรอม (ERASABLE PROGRAMABLE READ ONLY MEMORY) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (INTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นหน่วยความจำรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซี

ของไมโคร-คอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (EXTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ



รูปที่ 2.3 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

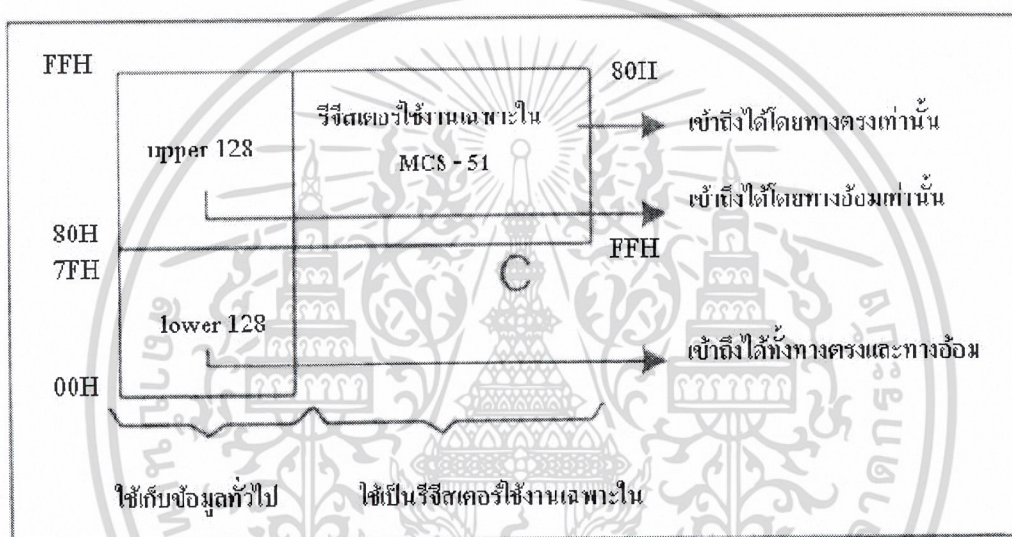


รูปที่ 2.4 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 นี้สามารถขยายให้ใช้งาน ในหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้นจะต้องทำการควบคุมระดับลอจิกของสัญญาณในขณะนั้นด้วยขนาดหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ต่างๆ ภายในตระกูล 8051 จะแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ลักษณะต่างๆ เช่น

- 8051 และ 8052 มีหน่วยความจำแบบรวม 4 และ 8 กิโลไบต์
- 8751 มีหน่วยความจำแบบ อีพรอม ขนาด 4 กิโลไบต์ ข้อมูลที่จัดเก็บภายในนี้ ซึ่งสามารถใช้แสงอุลตราไวโอเลตลบและนำกลับไปบรรจุโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้งหนึ่ง
- 8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ในตัวไอซี ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องอาศัยหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเสมอ

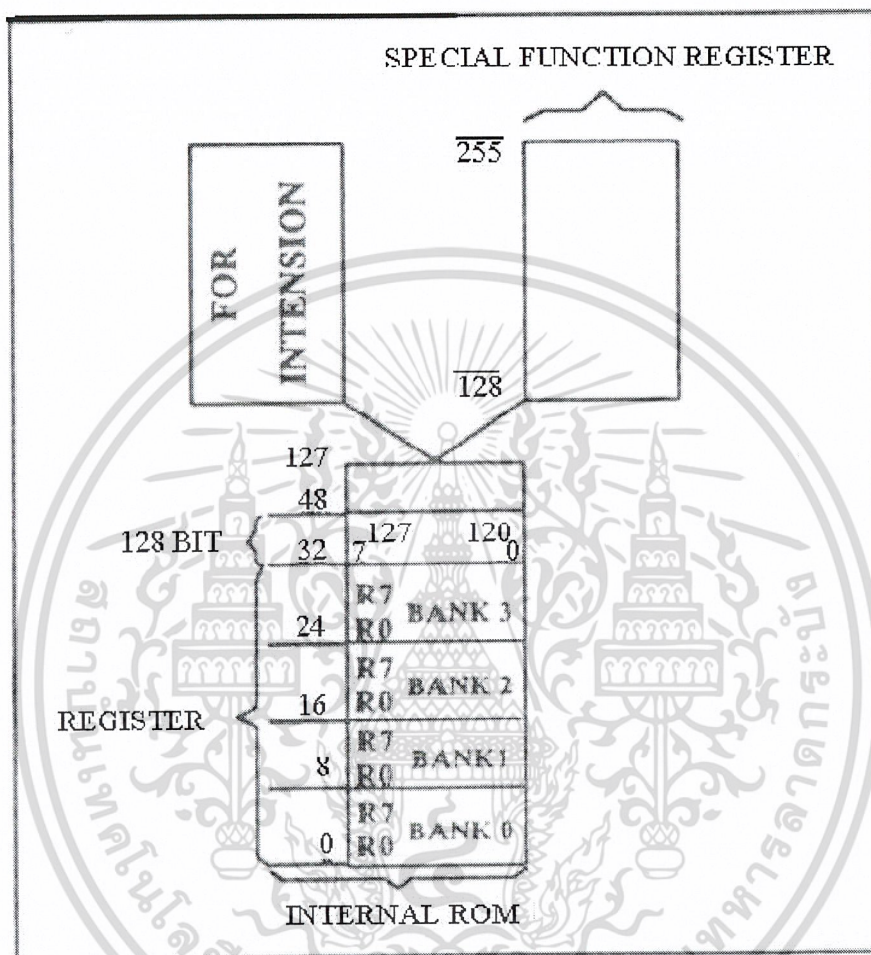


รูปที่ 2.5 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 2.1.4 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรม สามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (READ OR WRITE MEMORY) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติกดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในหน่วยความจำนี้สูญไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการ

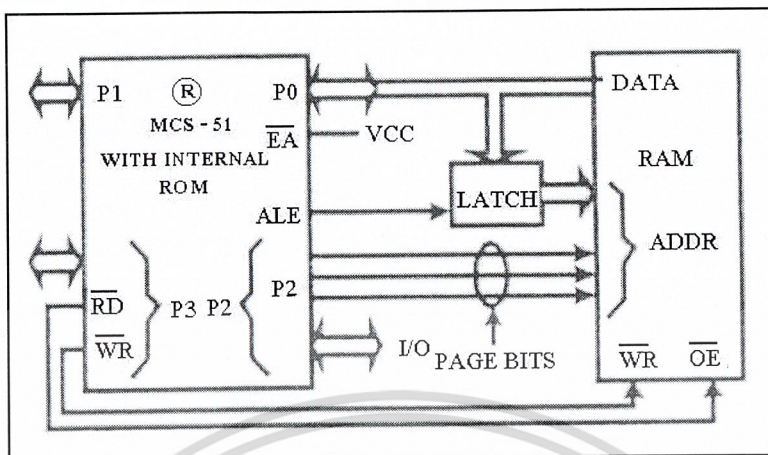
ใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับ การนำไอซีอีพรอมมาใช้งาน เป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง



รูปที่ 2.6 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล

โดยที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไอซี และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกๆ เบอร์จะมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลทุกๆ ไปภายในไอซีอย่างน้อยคือ 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ ขึ้นกับเบอร์ของไอซี หน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายในไอซีในบริเวณ 128 ไบต์เรียกว่า LOWER 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลัง ที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า UPPER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี

### 2.1.5 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16บิตที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญโดยค่าที่อยู่ภายในแอดเดรสนี้จะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ รีจิสเตอร์ที่จัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (GENERAL-PURPOSE REGISTERS) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการสนับสนุนในการประมวลผล การทำงานจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลให้เร็วที่สุด นอกจากนี้โปรแกรมที่ไม่ได้ใช้คำสั่งเหล่านี้ก็ยังใช้เป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรภายในโปรแกรม จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อว่า R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่า ต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใดๆ ซึ่งการกำหนดเลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในแฟล็ก (PSW) เท่านั้นอย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำแรม

### 2.1.6 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ

เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่ และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะจัดอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H - FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบุชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรส ที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่มีจำนวนเป็นทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H 88H 90H A0H A8H B0H B8H D0H E0H และ F0H)

### 2.1.7 แอควิวมูลเตอร์ (ACCUMULATOR)

หรือ ACC เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในหน่วยประมวลผลกลาง และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานเท่านั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอควิวมูลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานในโปรแกรมซึ่งใช้เรียกเป็น รีจิสเตอร์ A

### 2.1.8 ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยคำสั่งทั้งหมดจำนวนมาก ซึ่งสามารถจะจัดกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ตามลักษณะและหน้าที่การทำงานที่คล้ายคลึงกัน เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา ทำความเข้าใจและใช้งาน ดังนี้

1. **กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล** คือ กลุ่มคำสั่งในการโอนย้ายข้อมูล ทำหน้าที่ในโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำภายในแรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ ชุดคำสั่งในการถ่ายเทแรมภายในนั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในหนึ่งคำสั่งนั้น จะเป็นเวลาเมื่อขณะที่ความถี่ในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง ที่ความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ และรายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้

**MOV** : จะทำงานในลักษณะเป็นการถ่ายเทข้อมูลที่มีขนาดเป็นไบต์ หรือ บิตก็ได้ จากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิลด์โอเปอร์เรนด์

**PUSH**: จะทำงานโดยเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP ก่อนแล้วจึงทำการถ่ายเทข้อมูล 1 ไบต์จากแหล่งกำเนิดไปบริเวณสแต็กตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด POP: การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์จากบริเวณตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์เรนด์ กำหนดและหลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลง

**XCH**: คำสั่งแลกเปลี่ยนไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิด โอเปอร์เรนด์กับรีจิสเตอร์ AXCHD คำสั่งในการแลกเปลี่ยนขนาดนิบิลิตทางอันดับต่ำของแหล่งกำเนิด โอเปอร์เรนด์กับนิบิลิตอันดับต่ำของแอควิวมูลเตอร์ ตัวอย่างเช่นทำการเลื่อนข้อมูลไป 2 ไบต์ทางขวามือซึ่งจะมี 2 วิธีคือใช้คำสั่ง MOV หรือใช้คำสั่ง XCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์** เช่น การบวก ลบ คูณ และหารข้อมูลภายในตัว รีจิสเตอร์ต่างๆ ช่วงเวลาการทำงาน ของแต่ละคำสั่งนั้นจะกำหนดที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ms ยกเว้นคำสั่ง INC DPTR ซึ่งใช้เวลา 2 ms โดยที่คำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ms โดยมีรายละเอียดการใช้คำสั่งมีดังนี้

**INC:** เป็นการบวกหนึ่งกับโอเพอร์แรนด์และใส่ค่าใหม่กลับเข้าที่ตัวโอเพอร์แรนด์นั้นๆ

**DEC:** เป็นการลบออกจากตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิด โอเพอร์แรนด์ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเก็บไว้ที่ตัวโอเพอร์แรนด์นั้น

**ADD:** เป็นการบวกในแอกคิวมูเลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเพอร์แรนด์

**ADDC:** เป็นการบวกค่าต่างๆ ในแอกคิวมูเลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเพอร์แรนด์ และบวกกับบิตทดด้วย

**SUBB:** เป็นการนำเลขที่แหล่งกำเนิดโอเพอร์แรนด์ ลบออกจากตัวเลขใน A และนำค่าบิตตัวทศมาลบออกอีกและผลลัพธ์ที่ได้นำมาใส่ลงในแอกคิวมูเลเตอร์ A

**MUL:** เป็นการคูณแบบไม่คิดตัวเครื่องหมายของตัวเลขที่อยู่ใน แอกคิวมูเลเตอร์กับเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วได้ผลลัพธ์ 2 ไบต์ นำมาเก็บไว้ที่ AB โดย A จะรับอันดับต่ำส่วน B จะรับอันดับสูง

**DIV:** เป็นคำสั่งในการหารแบบไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ในแอกคิวมูเลเตอร์แล้วหารตัวเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บในแอกคิวมูเลเตอร์และเศษของการหารตัวเลข จะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B

**DA:** สำหรับการบวกกันทางตัวเลข BCD เป็นการปรับค่ารวม ซึ่งเป็นผลมาจากการบวกกันทางไบนารีของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลักสองจำนวน การปรับค่าตัวเลขผลรวมด้วยการใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์กลับมาที่แอกคิวมูเลเตอร์

**3. กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์หรือ แบบลอจิก** ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลแบบ ลอจิกต่างๆ เช่น การ AND OR หรือ EX-OR ระหว่างข้อมูลในรีจิสเตอร์ A นั้นเอง โดยมีการใช้คำสั่งดังนี้

**CPL:** เป็นการใช้คำสั่งกลับค่าหรือคอมพลิเมนต์ ข้อมูลในแอกคิวมูเลเตอร์จะไม่มีผลใดๆ ต่อค่าของแฟลก หรือการอ้างถึงตำแหน่งแอดเดรสนั้นตามบิตนั้นๆ

**RL, RLC, RR, RRC, SWAP:** ทั้ง 5 คำสั่งนี้เป็นคำสั่งในการทำงานการวนบิตบนตัวของแอกคิวมูเลเตอร์ซึ่ง RL เป็นการวนบิตทางขวา, RLC เป็นการทำการวนทางซ้ายผ่านบิตทด, RRC เป็นการวนขวาผ่านบิตทด และ SWAP เป็นการวนซ้ายสี่ครั้ง

**ANL:** เป็นการ ADD กันทางตรรกศาสตร์ ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเพอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานในรูปแบบของตรรกศาสตร์ทางข้อมูลขนาดเป็น ไบต์หรือบิต กลุ่มคำสั่งแบบบูลีนหรือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบิต ซึ่งเป็นความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่จะดำเนินการประมวลผลแบบบิต แทนที่จะเป็นข้อมูลทั้งไบต์เช่นปกติ โดยมีชุดคำสั่งที่จัดการโดยตรง ทุกคำสั่งจะเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต โดยมีการบิตแอดเดรสได้ตั้งแต่ 00H - 7FH ในพื้นที่ 128 บิต หน่วยความจำข้อมูลภายในและบิตแอดเดรส 80H - FFH ในบริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR)

4. กลุ่มคำสั่งในการกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆภายในโปรแกรม ซึ่งจะเปลี่ยนลำดับของการประมวลผลภายในโปรแกรมไปยังส่วนต่างๆแทนที่จะดำเนินการไปเป็นลำดับ ต่อเนื่องโดยที่คำสั่ง JMP จะแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ SJMP, LJMP, AJMP ซึ่งในแต่ละคำสั่ง จะมีข้อแตกต่างของการกระโดดไปยังแอดเดรสไกลสุดที่ต่างกัน คำสั่ง JMP ซึ่งเป็นแบบโมนิซิก ที่สามารถจะใช้ได้โดยมีรายละเอียดการใช้งานของคำสั่งดังต่อไปนี้

**SJMP:** เป็นการกระโดดแบบการย้ายอันดับตำแหน่งของแอดเดรสตำแหน่งเดิมซึ่งจะสามารถกระโดดได้ -128 ถึง +127 ไบต์

**AJMP:** ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 2 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด

**LJMP:** ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 64 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 3 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด

**JMP @A+DPTR:**เป็นการควบคุมการกระโดดไปยังโปรแกรมที่ต้องการเฉพาะภายในส่วนต่างๆ

## 5. โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างระบบอินเทอร์รัปต์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเทอร์รัปต์ MCS-51 นั้นเกิดขึ้นได้ 5 ลักษณะ โดยจะเห็นได้ว่าจะสามารถที่จะกำหนดเลือกเพื่อยินยอม (หรืออีน่าเบิ้ล : ENABLE) และห้าม (หรือดิสเอเบิ้ล : DISABLE) ไม่ให้มีการอินเทอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ โดยการกำหนดบิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON นอกจากนี้ยังมีตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ IE (INTERRUPT ENABLE REGISTER) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับเป็นสวิตช์หลักที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ทั้งหมด หากว่ากำหนดไม่ให้เกิดการอินเทอร์รัปต์แล้วการกำหนดบิตเพื่อห้ามหรือยินยอมของแต่ละอินเทอร์รัปต์ก็จะมีผลใดๆเกิดขึ้น ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเทอร์รัปต์แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (PRIORITY) ของการอินเทอร์รัปต์ได้สองลักษณะ คือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (HIGH OR LOW PRIORITY) กล่าวคือขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมย่อยบริการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่า แต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว ก็ต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ ดำเนินการอยู่ก่อน

## 6. ไทเมอร์/ เคาท์เตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไทเมอร์ / เคาท์เตอร์ เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการเก็บ และตรวจสอบค่าของเวลาและจำนวนสัญญาณนาฬิกาอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสร้างฐานเวลา สร้างสัญญาณพัลส์ เปรียบเทียบค่าเวลา หรือ ค่าการนับ รวมไปถึงการกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมด้วย

ในการใช้งานไทเมอร์ / เคาท์เตอร์นั้น จะต้องมีการกำหนดหรือควบคุมการทำงานของไทเมอร์ / เคาท์เตอร์ โดยใช้รีจิสเตอร์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ

**TCON ( Timer / Counter Control Register )** : มีแอดเดรสอยู่ที่ 88H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเปิด / ปิดไทเมอร์แต่ละตัว , และแสดงถึงการเกิดโอเวอร์โฟลวที่เกิดจากไทเมอร์ / เคาท์เตอร์ อีกทั้งเป็นตัวกำหนดลักษณะการเกิดอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณภายนอกด้วย

**TMOD ( Timer / Counter Mode Control Register )** : มีแอดเดรสอยู่ที่ 89H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานว่าเป็นไทเมอร์ หรือ เคาท์เตอร์ อีกทั้งเป็นตัวกำหนดโหมดการทำงานของไทเมอร์ / เคาท์เตอร์ ซึ่งมีอยู่ 4 โหมดด้วยกัน คือ

โหมด 0 : ไทเมอร์ / เคาท์เตอร์ 13 บิต

โหมด 1 : ไทเมอร์ / เคาท์เตอร์ 16 บิต

โหมด 2 : ไทเมอร์ / เคาท์เตอร์ 8 บิต แบบตั้งค่าอัตโนมัติ

โหมด 3 : ไทเมอร์ / เคาท์เตอร์แยกส่วน

## 7. พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟลูตเพล็กซ์ 1 ชุด โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือ ขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51 เป็นแบบอะซิงโครนัส ปกติแล้ว พอร์ตอนุกรมจะใช้ติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 แต่ในปัจจุบัน สามารถติดต่อกับ RS-422 หรือ RS-485 ได้แล้ว โดยใช้ IC พิเศษ ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณการสื่อสาร

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51 ได้แก่ SBUF (Serial data buffer register) ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์สำหรับ ส่งข้อมูล และรับข้อมูล และรีจิสเตอร์อีกตัวที่สำคัญคือ SCON (Serial Port Control) ซึ่งใช้ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม ซึ่งมี 4 โหมดด้วยกัน คือ

1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะซีพรีจิสเตอร์
2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้ UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตรา บอร์ดได้
3. โหมด 2 UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตรา บอร์ดได้
4. โหมด 3 เป็นตัวกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้

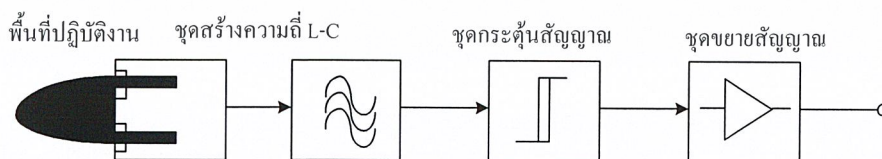
## 2.2 การตรวจจับวัตถุแบบต่างๆ

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนที่นำสัญญาณเข้าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับความรู้สึกต่างๆ เรียกว่า “ตัวตรวจจับ” ตัวตรวจจับจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งอาจเป็นแรงดันหรือกระแส จากนั้นจึงส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมายและนำผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับพื้นฐานที่นิยมใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์มีมากมายอาทิ เช่น สวิตช์กลไก สวิตช์แม่เหล็ก โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ตัวตรวจจับตำแหน่ง ตัวตรวจจับแรงดัน ตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวตรวจจับเสียง และตัวตรวจจับวัตถุ เป็นต้น

ตัวตรวจจับต่างๆ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานภาพทางกายภาพให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

โดยพื้นฐานแล้วตัวตรวจจับวัตถุแบบความเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) จะประกอบด้วย ชุดสร้างความถี่ L-C (L-C Oscillator) ชุดกระตุ้นสัญญาณ และชุดขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 2.8



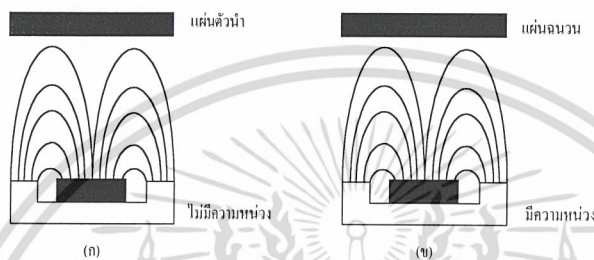
รูปที่ 2.8 แผนผังการทำงานของตัวตรวจจับวัตถุแบบเหนี่ยวนำ

ชุดสร้างความถี่จะถูกกำหนดให้ชี้ไปยังตำแหน่งที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก เมื่อมีวัตถุปรากฏขึ้นในพื้นที่ปฏิบัติงาน (Active Area) วัตถุที่ตรวจจับจะทำให้ขั้วของแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่วัตถุเป็นเหล็ก (Ferrous Metal) หรือเกิดกระแสไหลวน (Eddy Current) กรณีที่วัตถุเป็นเหล็กหรือไม่เป็นเหล็ก ดังนั้นวัตถุที่ปรากฏในสนามแม่เหล็กจึงทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ายขดลวดทุกขุมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ลักษณะเช่นนี้ทำให้พลังงานของชุดสร้างความถี่ลดลง คือชุดสร้างความถี่มีการลดทอน

การลดทอนจะทำให้กระแสของชุดสร้างความถี่ลดลง ซึ่งทำให้ชุดประมวลผลสัญญาณ ตรวจผลได้และเปลี่ยนสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณสำหรับการตัดต่อ (Switching Signal) สัญญาณ สำหรับการตัดต่อ 2 ชนิดของตัวตรวจจับวัตถุแบบความเหนี่ยวนำจึงเป็นแบบ “มีความหน่วง” (Damped) และ “ไม่มีความหน่วง” (Undamped) ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งสวิตซ์ซึ่ง

### 2.2.1 ชนิดของตัวตรวจจับวัตถุ

#### 1) พร็อกซิมีตีส์วิตซ์ (Proximity Switches)

เป็นสวิตซ์แบบไม่สัมผัสกับวัตถุซึ่งนำมาใช้ตรวจจับวัตถุต่างๆ ที่เข้ามาในที่ระยะตรวจจับ พร็อกซิมีตีส์วิตซ์แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1) อินดักทีฟ พร็อกซิมีตี (Inductive Proximity) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุที่เป็น โลหะเท่านั้น เช่น เหล็ก สแตนเลส และอลูมิเนียม เป็นต้น โดยอินดักทีฟพร็อกซิมีตีสามารถที่จะ ตรวจจับโลหะที่มีคาร์บอนน้อยได้ดี

1.2) คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตี (Capacitive Proximity) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็น แก้ว น้ำ ไม้ พลาสติก และกระดาษ เป็นต้น คาปาซิทีฟพร็อกซิมีตีสามารถตรวจจับวัตถุ ที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมากๆ ได้ดี

#### 2) อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสง (Photo Switch)

อุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสง คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้ในการตรวจจับการปรากฏตัวของวัตถุ สิ่งของ โดยอุปกรณ์ตัดต่อด้วยแสงประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวส่งแสงกับตัวรับแสง

ทำงานโดยอาศัยหลักการสะท้อน การหักเห หรือการบังแสงที่ส่งออกมาจากตัวส่งแสง ทำให้ตัวรับแสงได้รับแสงหรือไม่ได้รับแสงที่ส่งมาเป็นเหตุให้เอาต์พุตของการรับแสงเปลี่ยนสถานะไป

### 3) อุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง (photo Electric Sensor)

อุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงจะฉายลำแสง (ทั้งที่มองเห็นได้และแสงอินฟราเรด) ออกจากองค์ประกอบการฉายแสงของอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงชนิดสะท้อนกลับใช้ในการตรวจหาลำแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุเป้าหมายตัดผ่านแกนของแสง

#### 2.2.2 การนำตัวตรวจจับวัตถุไปใช้งาน

##### 1) ความไวในการตรวจจับและขนาด

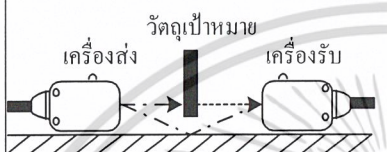

เส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวดจะเป็นตัวกำหนดความไวในการตรวจจับ ความกว้างของสนามแม่เหล็กที่กระจายออกไปจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด ชุดสร้าง ความถี่ แต่ละชุดจะได้รับการปรับแต่งเป็นอย่างดีให้ความถี่คงที่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางและความไวในการตรวจจับความสัมพันธ์เชิงเส้น

เมื่อขดลวด โตขึ้นสนามแม่เหล็กจะกว้างขึ้น ขนาดของวัสดุตรวจจับจะใหญ่ขึ้นเพื่อที่จะให้สนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงพอที่จะกระตุ้นการทำงานของสวิทช์ให้ตรวจจับ ในระยะที่ห่างออกไปจะทำได้ดีเมื่อวัสดุที่ต้องการตรวจจับมีขนาดใหญ่ขนาดความยาวของขดลวด จะไม่มีผลกับความไวในการตรวจจับ แต่อย่างไรก็ตามระยะห่างระหว่างขดลวดและแกนกลางที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กจะมีผลกับความไวในการตรวจจับ

การลดทอนของชุดสร้างความถี่ คือ การลดลงของขนาดกระแสไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างตามแนวแกนเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับระยะรัศมีระหว่างตัวตรวจจับและวัตถุที่ต้องการตรวจจับด้วยระยะห่างตามแนวด้านข้าง (Lateral) จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กมาก การลดทอนจะเกิดขึ้นค่อนข้างน้อยถ้าวัสดุตรวจจับเคลื่อนเข้าหาตัวตรวจจับทางด้านแนวด้านข้างส่งผลให้ระยะการตรวจจับลดลง บริเวณที่สามารถตรวจจับวัตถุได้เรียกว่า “พื้นที่ปฏิบัติการ” (Reaction Zone)

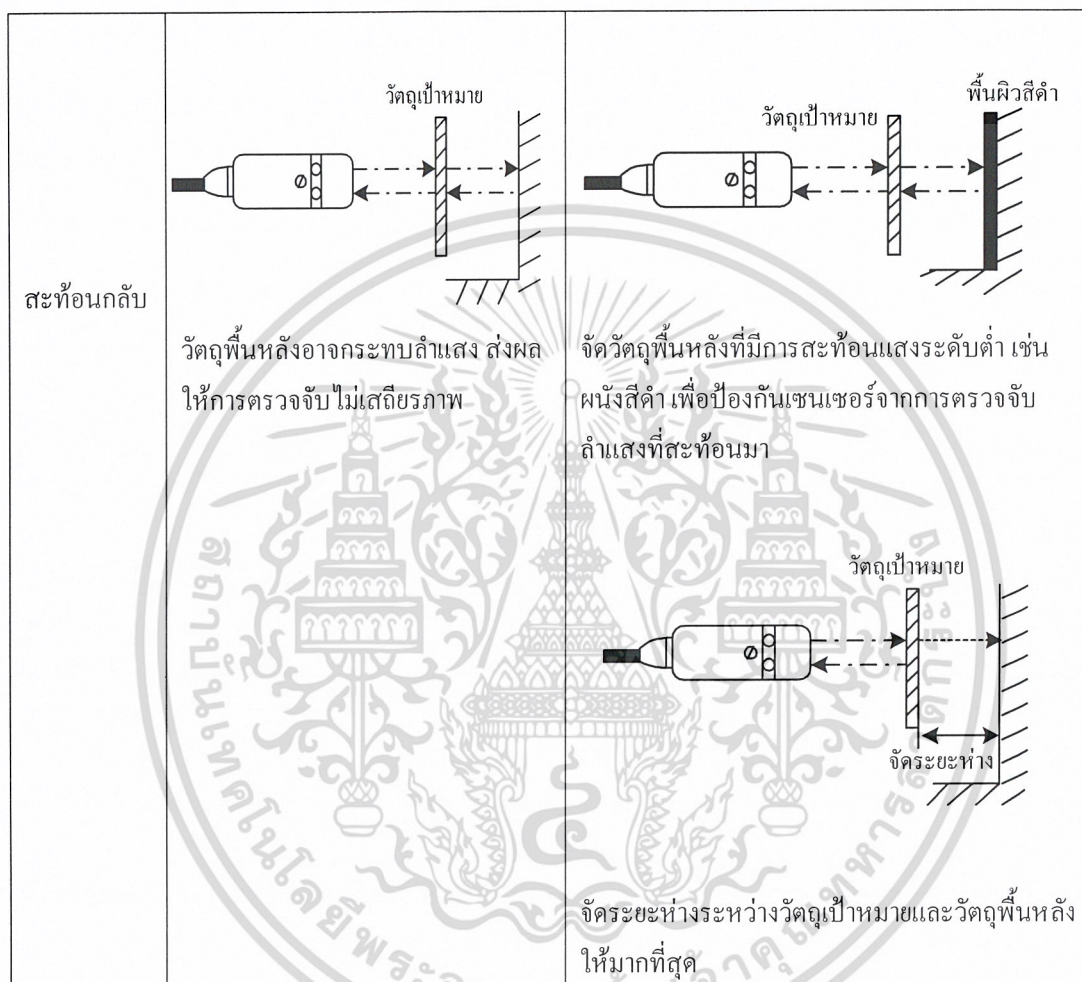
## 2) การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง

ตารางที่ 2.1 การติดตั้งและใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง

ชนิด	การรบกวนจากภายนอก	ทางแก้ไข
วัตถุเคลื่อนผ่านลำแสง	 <p>เครื่องรับอาจตรวจจับลำแสงที่สะท้อนจากพื้น</p>	 <p>จัดตำแหน่งของฉนวนกันแสง เพื่อให้เครื่องรับไม่ตรวจจับลำแสงที่เดินทางต่ำกว่าวัตถุเป้าหมาย</p> <p>ยกตำแหน่งของการติดตั้งหรือมุมเซนเซอร์ให้สูงขึ้น</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) การติดตั้งและใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสง



### 2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์และการควบคุม

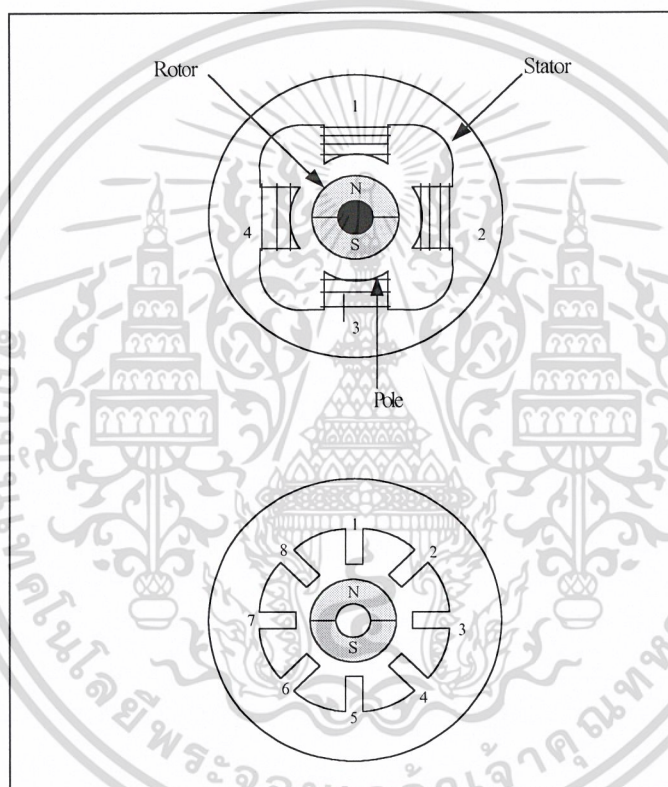
สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะเคลื่อนที่เป็นขั้นซึ่งอาจเป็นขั้นละ 1.8, 5 และ 7.5 องศา ขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์ ส่วนใหญ่สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะใช้ในงานควบคุมระบบดิจิทัล เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องพล็อตเตอร์ เครื่องขับแผ่นดิสก์ ตลอดจนอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม เครื่องมือวัด และระบบควบคุมอื่นๆ ส่วนประกอบของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ส่วนใหญ่มาจากชิ้นส่วนที่มีความเที่ยงตรงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญและระบบควบคุมอื่นๆ

1. โรเตอร์ เป็นส่วนที่หมุนได้จะเป็นแม่เหล็กถาวร
2. สเตเตอร์ เป็นส่วนที่อยู่กับที่จะเป็นขดลวดหลายๆ ขด

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาจะประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละชั้นนั้นจะมีขดลวดพันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในสเต็ปเปอร์มอเตอร์

### 2.3.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถแบ่งตามโครงสร้างพื้นฐานได้ 4 ชนิด คือ

#### 1) ชนิดแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet: PM)

มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์จะมีโรเตอร์ที่พันขดลวดไว้หลายๆ ขั้ว โดยที่โรเตอร์เป็นรูปทรงกระบอกที่เคลือบและโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวรเพื่อป้อนไฟกระแสตรงให้กับขดสเตเตอร์จะทำให้เกิดแรงผลักดันต่อโรเตอร์ด้วยแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงจูงยึดให้โรเตอร์หยุดกับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวด การควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวด เช่น ถ้าเป็นมอเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีขดลวดพันแยกจากกันขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด โรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้น ถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไปทำให้เกิดเป็นแรงยึดเหนี่ยว สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในความถูกต้องของตำแหน่งถึงแม้ความเร็วจะมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

## 2) ชนิดแปรค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Variable Reluctance: VR)

ซึ่งมีโครงสร้างของโรเตอร์แบบหลายเฟือง (Multi-Tooth) ทำจากเหล็กอ่อนจะทราบว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่าย คือใช้มือหมุนเพลลาของมอเตอร์และสังเกตเห็นว่าหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด เพราะที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กต่างจากชนิดแม่เหล็กถาวรและชนิดไฮบริดจ์ ซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ขณะหมุนจะรู้สึกขั้วๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีชิ้นในการหมุนสูงจะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระแม้ไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์จะทำจากสารเฟอร์โรแมเนติกขนาดกำลังอ่อนและมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยรูปทรงกระบอกโดยที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนขั้วในสเตเตอร์ จึงทำหน้าที่กำหนดมุมที่หมุนไปในแต่ละครั้งเพื่อป้อนไฟเข้าไปในขดลวด สเตเตอร์แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปทำให้โรเตอร์หมุนในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่าความต้านทานแม่เหล็กต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุด ดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างกันไปก็ทำให้มอเตอร์หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กันของมอเตอร์ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

## 3) ชนิดผสมหรือไฮบริดจ์ (Hybrid)

จะเป็นการผสมของ VR กับ PM เป็นชนิดที่นิยมนำมาใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้กับอุปกรณ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยโครงสร้างภายในได้จากการนำเอาโครงสร้างของโรเตอร์ชนิดแปรค่าความต้านทานแม่เหล็กและชนิดแม่เหล็กถาวรประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดเหนี่ยวสูงมีแรงบิดดีและแรงผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูงโดยไฮบริดจ์จะมีสถานะคล้ายกับที่ใช้ใน VR สำหรับโรเตอร์มีหมวกหุ้มปลาย ซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุมการหมุนแต่ละครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดี คือให้แรงบิดสูง มีขนาดกะทัดรัด ให้แรงจุดยึด และให้แรงจุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4) ชนิดแม่เหล็กถาวรที่มีส่วนประกอบของออกไซด์ (Rare Earth Permanent Magnet)

เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่งปรับปรุงมาจากชนิดแม่เหล็กถาวรมีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแผ่นยึดติดกับเพลามอเตอร์ มีโมเมนต์ความเฉื่อยต่ำ อัตราเร่งสูงแรงบิดดึงทางกลและความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก ความเร็วเริ่มหมุนและหยุดสูง สูญเสียพลังงานต่ำ ชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่าดิสก์แมกเน็ตสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Disc Magnet Motor)

### 2.3.2 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ทำงานไปที่สเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวดในแต่ละขดบนสเต็ป โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่าซีควเอนเชียลในลูปที่ถูกต้องออกไป ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

#### 1) แบบเวฟ

เป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำให้การกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆ เรียงกันไป ตัวอย่างเช่นขดที่ 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 เป็นลำดับหรือขด 1, 4, 3, 2, 1, 4, 3, 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า ดังในรูปของวงจรการจ่ายไฟที่อยู่ด้านบนนั้นสามารถเขียนลำดับการกระตุ้นขดลวดของเฟสต่างๆ ได้ดังตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบเวฟ

ลำดับที่	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	ทำงาน
5	ทำงาน	-	-	-
6	-	ทำงาน	-	-

#### 2) แบบ 2 เฟส

แบบ 2 เฟสจะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่จะมีการกระตุ้นครั้งละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบเดียวกับแบบเวฟ ตัวอย่างการกระตุ้นขดลวดในลักษณะลำดับดังนี้ 12, 23, 34, 41, 12, 23, 34, 41 หรือจะเป็น 14, 43, 32, 21, 14, 43, 32, 21 เรียงกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข้อดีข้อเสียของการกระตุ้นมอเตอร์แบบ 2 เฟส มีดังนี้

ข้อดี การที่จะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้แรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟซึ่งมอเตอร์จะหมุนด้วยแรงดึงแบบเต็มๆ แรงจากทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน

ข้อเสีย แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟสามารถเขียนลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส ได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบ 2 เฟส

ลำดับที่	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน
5	ทำงาน	ทำงาน	-	-
6	-	ทำงาน	ทำงาน	-

### 3) แบบครึ่งสเต็ป

แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่างแบบเวฟกับแบบ 2 เฟส เพื่อให้จำนวนรอบของสเต็ปให้มากขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งในระบบนี้จะทำการกระตุ้นส่วนของขดลวดเรียงกันไปเรื่อยๆ เป็นลำดับ เช่น 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 เป็นลำดับ ถ้าจะกลับทิศทางการหมุนก็จะได้เป็นดังนี้ 1, 41, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1, 41, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1 เป็นลำดับ

### ข้อดีและข้อเสียของการกระตุ้นมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

ข้อดี การกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปที่มีระยะสั้นลงอีกประการหนึ่งแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย

ข้อเสีย เช่นเดียวกับแบบ 2 เฟส ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่าของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2 เฟส นั้นเอง ดังนั้นสามารถนำลำดับการทำงานของแบบครึ่งเฟส ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การกระตุ้นให้มอเตอร์ทำงานแบบครึ่งสเต็ป

ลำดับที่	เฟส 1	เฟส 2	เฟส 3	เฟส 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน
9	ทำงาน	-	-	-
10	ทำงาน	ทำงาน	-	-

ลักษณะการนำไปใช้งานสเต็ปเปอร์มอเตอร์ใช้งานลักษณะ ระบบเปิด “Open Loop System” คือสเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (Feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอน จะต้องป้อนกลับไปยังระบบและตัวออก ตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดพลาด ดังเช่นวิธีที่ใช้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์คือ นำอุปกรณ์ตัดต่อสำหรับ ตรวจจับระดับติดตามตำแหน่งที่จะตรวจจับ



รูปที่ 2.11 การควบคุมระบบสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เมื่อสเต็ปเปอร์มอเตอร์เริ่มหมุนแล้วหมุนไปจนถึงตำแหน่งของสวิทช์ตรวจจับสัญญาณ สวิทช์ทำงานก็จะป้อนกลับไปสู่ระบบจะทำให้รู้การทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ตลอดจนวงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะมีจุดอ้างอิงไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้อง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแนวทางสตีปเปอร์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีกลุ่มของไบนารีแรงดันเป็นอินพุตและการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมเป็นเอาต์พุตหรือว่าหมุนทีละสเต็ปอยู่ระหว่าง 0.1-30 องศาอยู่ที่โครงสร้างของสตีปเปอร์มอเตอร์ โดยตามสัญญาณพัลส์ที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์เกิดแรงผลักดันของโรเตอร์ทำให้การหมุนสตีปเปอร์มอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่นี้เรียกว่าเฟส ลักษณะของไบนารีซึ่งจะต้องไปผ่านวงจรขับแรงดันก็จะทำให้ส่วนของโรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่องเรียกว่า “การควบคุมสตีปเปอร์มอเตอร์”

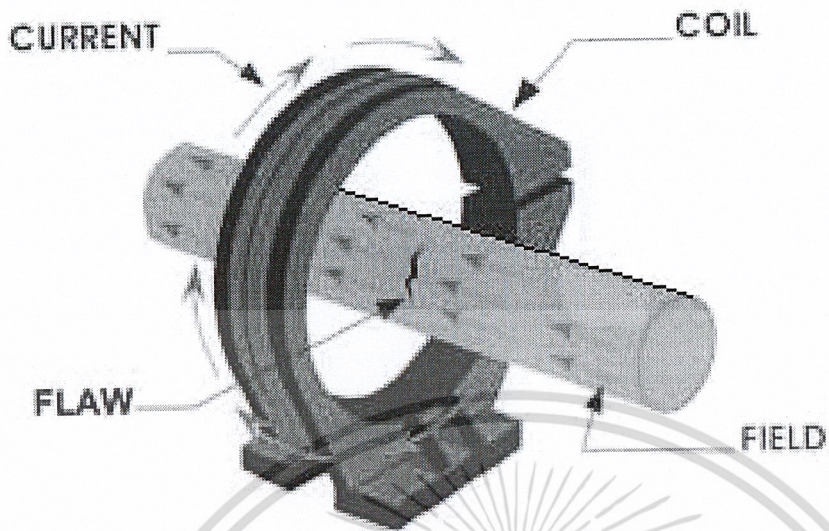
### 2.3.3 วิธีขับสตีปเปอร์มอเตอร์

จากลักษณะของมุมโรเตอร์หมุนกับกระแสไฟที่ป้อนแก่เฟสต่างๆ สามารถสั่งงานให้สตีปเปอร์มอเตอร์หมุนได้ 3 แบบคือ

- 1) แบบจ่ายกระแสไฟให้เฟสเดียววนกันไปเรียกว่าการกระตุ้นแบบเฟสเดียว (One Excitation) หรือฮาร์ฟไดรฟ์(Half Drive) คือ  $f_1, f_2, f_3, f_4$  การออกจากการกระตุ้นแบบนี้แรงบิดจะน้อย
- 2) แบบจ่ายกระแสไฟให้พร้อมกันทีละ 2 เฟส เรียกว่าการกระตุ้นแบบสองเฟส (Two Excitation) หรือฟูลสเต็ป (Full Step) คือ  $f_1f_2, f_2f_3, f_3f_4, f_4f_1$  หมุนเวียนกันไป ในแบบนี้จะมีแรงบิดมาก
- 3) แบบจ่ายกระแสไฟให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส เรียกว่าการกระตุ้นแบบสลับเฟส (One-Two Excitation) หรือฮาร์ฟสเต็ป (Half Step) เหมือนรูปแสดงของมุมโรเตอร์ ในแบบนี้จำนวนสเต็ปทวนเข็มนาฬิกาจะตรงกันข้าม

### 2.4 โซลินอยด์ (SOLINOID)

โซลินอยด์ ที่ใช้จะเป็นแกนเหล็กหนึ่งแกนที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไหลเข้าไป จะเหนี่ยวนำแกนเหล็กให้สามารถเคลื่อนที่ได้ เราจึงนำหลักการนี้ไปใช้เป็นส่วนทอนเทรียล เมื่อทำการเลือกซื้อสินค้าเป็นที่เรียบร้อยแล้ว การที่มีสัญญาณไฟฟ้าเข้ามาก็จะทำให้แกนเหล็กเคลื่อนที่ออก ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของโซลินอยด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

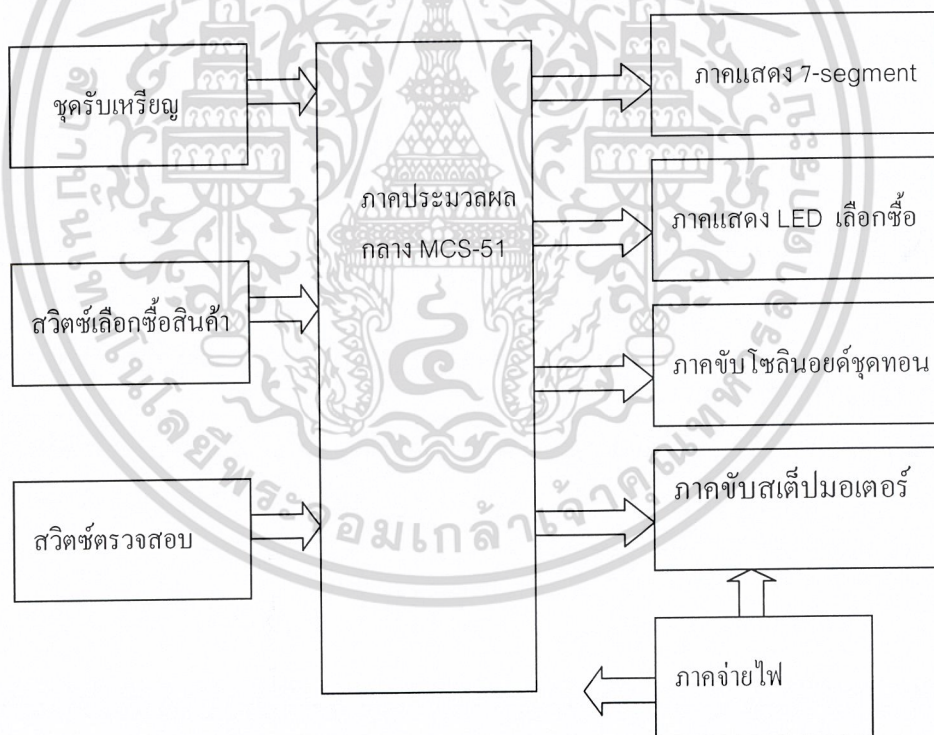
## บทที่ 3

### การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

#### 3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบและสร้างเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ ประกอบด้วยส่วนของโครงสร้างและการออกแบบได้แก่ ชุดขับโซลินอยด์ ชุดรับเหรียญ ชุดทอนเหรียญ และการออกแบบโครงสร้างต่างๆ ในส่วนของวงจร ได้แก่ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรในส่วนรับเหรียญ วงจรในส่วนทอนเหรียญ

#### 3.2 แผนผังการทำงานของเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติโดยประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ดังนี้

1) **ชุดตรวจสอบเหรียญ** เป็นชุดกลไกที่ทำหน้าที่ตรวจสอบขนาดของเหรียญ เพื่อใช้แยกเหรียญชนิดหนึ่งบาท ห้าบาท และสิบบาท ซึ่งชุดตรวจสอบเหรียญจะประกอบด้วย ช่องรับเหรียญ และชุดตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

1.1) ช่องรับเหรียญ เป็นช่องสำหรับรับเหรียญเข้ามาเพื่อลดความเร็วของเหรียญลง เพราะจะทำให้เกิดความแม่นยำในการตรวจสอบก่อนที่จะเข้าสู่ชุดตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

1.2) ภาคตรวจสอบชนิดของโลหะที่ใช้ทำเหรียญ โดยใช้หลักการการเหนี่ยวนำในขดลวด เมื่อเหรียญผ่านเข้ามายังตัวตรวจจับ จะทำการส่งสัญญาณไปยังวงจรอปแอมป์ ให้ทำการนับสัญญาณไปจนกว่าเหรียญจะวิ่งผ่านตัวตรวจจับ ไปจึงจะหยุดทำการนับสัญญาณแล้วจึงนำสัญญาณที่นับได้ไปยังภาคประมวลผลกลาง MCS-51 เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ

2) **ชุดเลือกซื้อสินค้า** หลังจากทำการหยอดเหรียญเข้าไปในเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติจนมีมูลค่าเท่ากับราคาสินค้าของแต่ละชนิดหรือมากกว่า ผู้ซื้อสามารถกดปุ่มเลือกซื้อเครื่องเขียนได้ตามความต้องการ

3) **ภาคประมวลผลกลาง** ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน

4) **ภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน** ทำหน้าที่แสดงค่าจำนวนเงินที่หยอดเหรียญเข้าไป โดยใช้อุปกรณ์แสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนจำนวน 2 หลัก สามารถแสดงจำนวนเงินได้ตั้งแต่ 1 บาท จนถึง 99 บาท ซึ่งใช้ 7 segment แบบ COMMON CATHODE

5) **ภาคแสดงผล** เมื่อทำการหยอดเหรียญเข้าไปในเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ เครื่องจะทำการแสดงผลออกทางแอลอีดีแต่ละตัว โดยแอลอีดีแต่ละตัวจะแสดงสถานะ “ติด” เมื่อมีจำนวนเงินที่สามารถเลือกซื้อสินค้าชนิดนั้นๆ ได้

6) **ภาคควบคุมการทอน-คืนเหรียญ**

ทำหน้าที่เป็นตัวจับสวิทช์ให้โซลินอยด์ทำงานและขับเหรียญออกมายังช่องคืนเหรียญ ในกรณีที่ผู้ซื้อหยอดเหรียญเกินราคาสินค้าที่ซื้อ หรือเครื่องจะทำการคืนเหรียญเมื่อผู้ซื้อต้องการยกเลิกรายการซื้อสินค้านั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

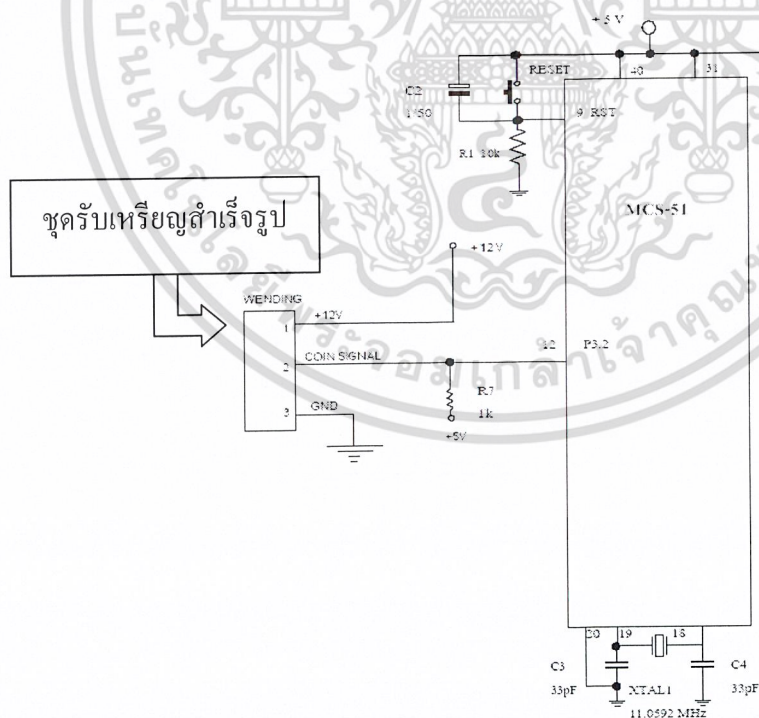
ทำหน้าที่ขับสตีปมอเตอร์ในกรณีที่เมื่อผู้ซื้อสินค้าหยอดเหรียญเข้าไปแล้วไม่ต้องการซื้อ จะกดสวิทช์ยกเลิกสตีปมอเตอร์จะทำการหมุนแกนที่รับเหรียญมายังส่วนทอนเหรียญเพื่อเป็นการลดปัญหาในกรณีที่ผู้ซื้อสินค้ายกเลิก แล้วต้องทอนเหรียญจากการจับ โซลินอยด์ที่ต้องสำรองเหรียญไว้มากๆ จนเกินแรงขับของโซลินอยด์

7) ภาจ่ายไฟ ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับส่วนต่างๆ ของเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ จะใช้กับวงจรควบคุมการทำงานทั้งหมดรวมทั้งภาคขับโซลินอยด์และส่วนที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 70 โวลต์ ใช้ในการจ่ายไฟให้ภาคทอนเหรียญทำงาน

8) สวิทช์ตรวจสอบ ทำหน้าที่สำหรับผู้ติดตั้งไว้ตรวจสอบยอดขายสินค้า และจำนวนสินค้าที่เหลือ ยืนยันและยกเลิกการซื้อสินค้า

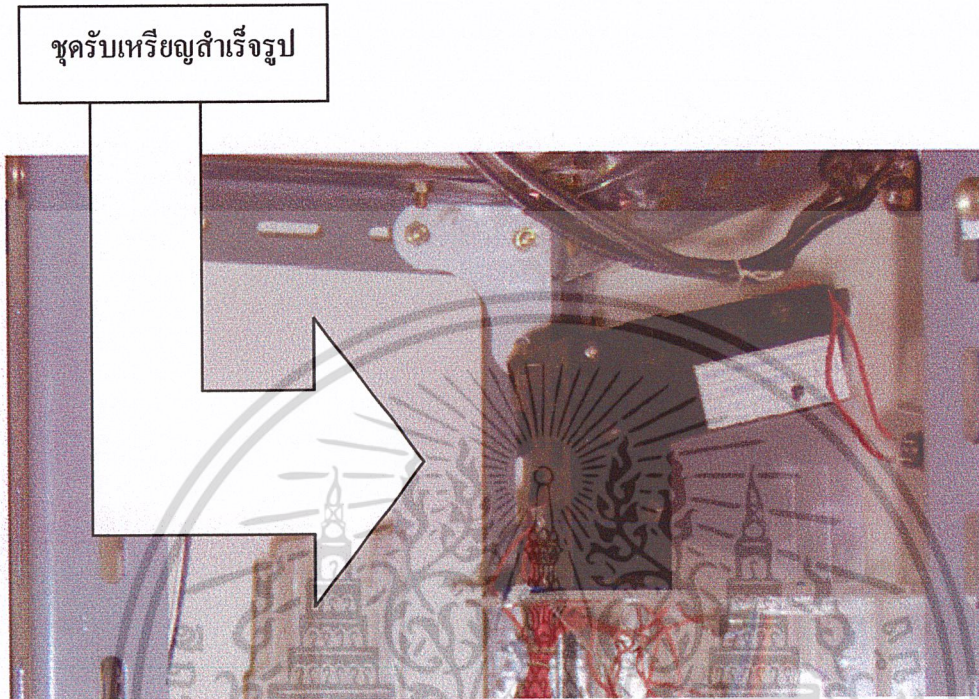
### 3.3 การทำงานของชุดรับเหรียญ

#### 3.3.1 การออกแบบและการสร้าง



รูปที่ 3.2 วงจรส่วนรับเหรียญ

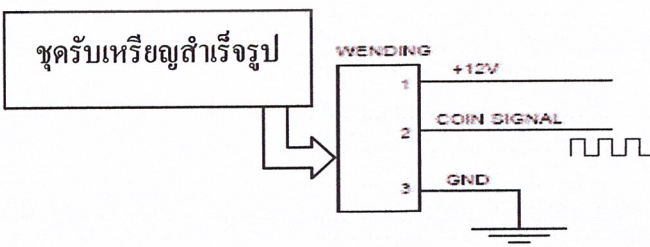
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรส่วนรับเหรียญชุดสำเร็จ

3.3.2 การทำงาน

การทำงานของชุดรับเหรียญจะใช้หลักการตรวจจับความเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ซึ่งการออกแบบวงจรจะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวส่งและรับสัญญาณ โดยมีหลักการทำงานคือ ในขณะที่ไม่มีเหรียญผ่านเข้ามาเอาต์พุตที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโตทรานซิสเตอร์จะมีสถานะเป็น “1” จนกว่าจะมีเหรียญผ่านเข้ามาจึงจะเปลี่ยนสถานะเป็น “0” ชุดหยอดเหรียญที่ใช้งานจะมีขาต่อใช้งาน 3 ขา ดังรูปที่ 3.4



- การต่อขาชุดรับเหรียญสำเร็จรูป
- ขา 1 ป้อนไฟ 12 V
- ขา 2 นำสัญญาณ ไปใช้
- ขา 3 ลงกราวด์

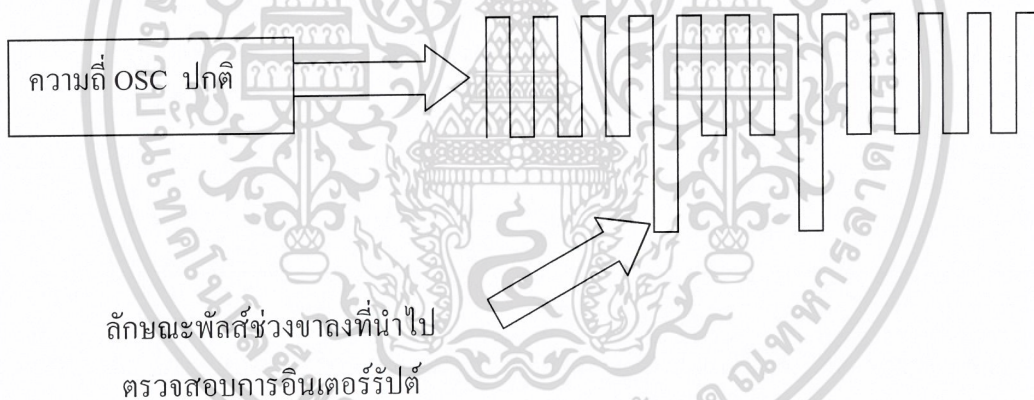
รูปที่ 3.4 ลักษณะขาที่ต่อใช้งานของชุดรับเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณพัลส์ออกมาทางเอาต์พุต เมื่อเครื่องหยุดหรือรับเหรียญที่หยอด โดยเหรียญแต่ละเหรียญจะมีสัญญาณพัลส์ที่แตกต่างกัน ในการใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้

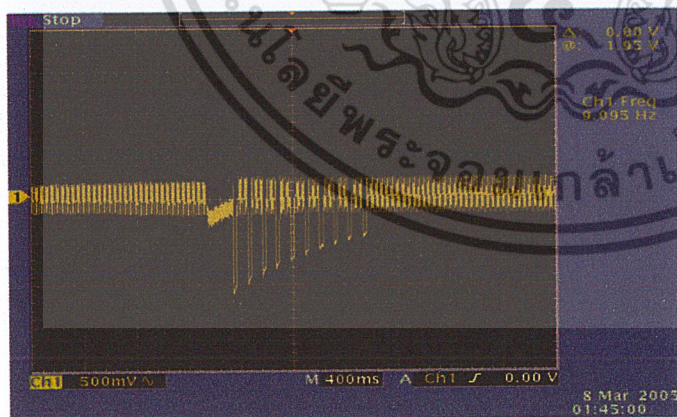
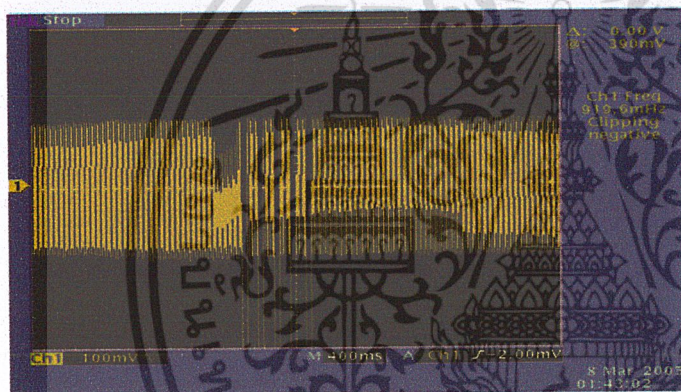
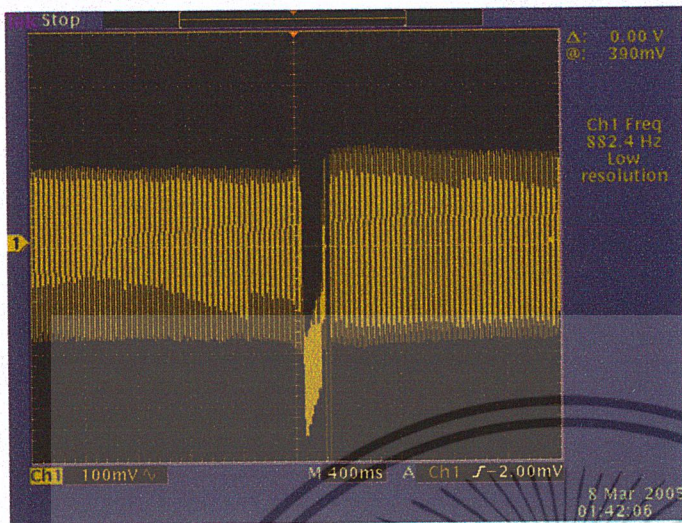
การเลือกใช้งานคือเรียงการหยอดเหรียญตามลำดับเพื่อให้ได้ลูกคลื่นพัลส์ตามขนาดเหรียญที่หยอดเช่น 1 บาท จะมี 1 พัลส์ 5 บาท จะมี 5 พัลส์ และ 10 บาทจะมี 10 พัลส์

การเลือกช่วงเวลาที่ปล่อยสัญญาณเลือกได้ 3 ช่วงด้วยกัน คือ FAST MEDIUM และ SLOW ในการนำมาใช้งานกับเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัตินี้ใช้งานแบบ ที่ช่วงเวลา SLOW เพื่อให้วงจรนับสามารถจับช่วงเวลาที่กว้างกว่าเพื่อความเสถียรภาพของสัญญาณที่ป้อนให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากเมื่อใช้ช่วงเวลา FAST MEDIUM วงจรนับจะมีช่วงที่สัญญาณพัลส์ผิดพลาด



ก) รูปพัลส์จากวงจรตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข) รูปพัลส์จากวงจรตรวจสอบเหรียญจากชุดรับเหรียญสำเร็จรูป

### รูปที่ 3.5 ลักษณะพัลส์ของเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การทำงานของชุดทอนเหรียญ

เมื่อผู้ใช้บริการกดเลือกซื้อสินค้าและทำการรับสินค้าเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติจะทำการทอนเหรียญในกรณีที่จำนวนเงินที่หยอดในช่องรับเหรียญมีมูลค่าเกินจากราคาสินค้าที่เลือกซื้อและจะทำการคืนเหรียญเมื่อผู้ใช้บริการเลือกที่จะยกเลิกการใช้บริการ โดยเครื่องจะทำการสั่งให้รีเลย์ทำงาน เพื่อส่งกำลังไปให้โซลินอยด์ทำหน้าที่ขับเหรียญออกมา



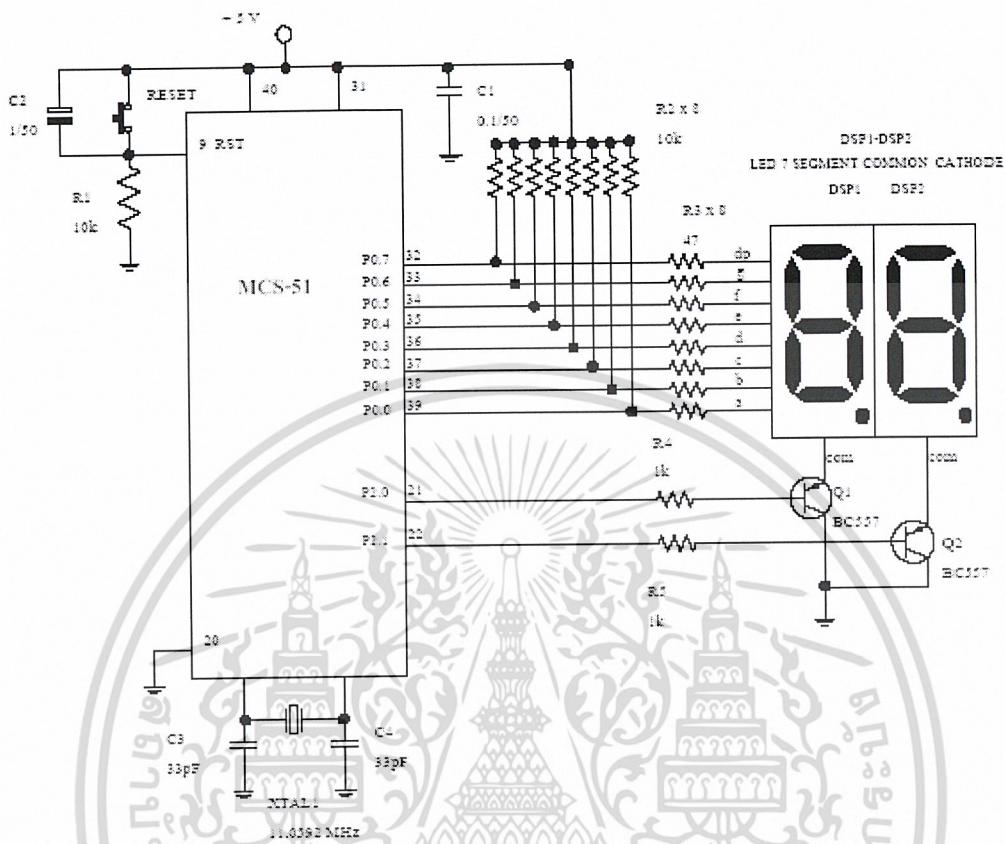
รูปที่ 3.6 ลักษณะการทอนของโซลินอยด์

สเต็ปมอเตอร์จะทำงานในกรณีที่เมื่อผู้ซื้อสินค้าหยอดเหรียญเข้าไปแล้วไม่ต้องการซื้อ จะกดสวิทช์ยกเลิกสเต็ปมอเตอร์จะทำการหมุนแกนที่รับเหรียญบางส่วนทอนเหรียญเพื่อเป็นการลดปัญหาในกรณีที่ผู้ซื้อสินค้ายกเลิก แล้วต้องทอนเหรียญจากการขับ โซลินอยด์ที่ต้องสำรองเหรียญไว้มากๆ จนเกินแรงขับของโซลินอยด์

### 3.5 การแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

ภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนใช้สำหรับแสดงค่าจำนวนเงินที่หยอดเหรียญ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 จะมีพอร์ตต่อกับภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนได้โดยตรง โดยที่ภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนจะมีจำนวน 2 หลัก คือ หลักหน่วยและหลักสิบ เพื่อทำการแสดงผลมูลค่าของจำนวนเงินตั้งแต่ 0 ถึง 99 บาท ตำแหน่งของหลักหน่วยและหลักสิบอินพุตที่ได้จะนำค่ามาจากพอร์ต P0.0 - P0.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ตัดต่อแต่ละหลักทำงานให้คนละเวลากันดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



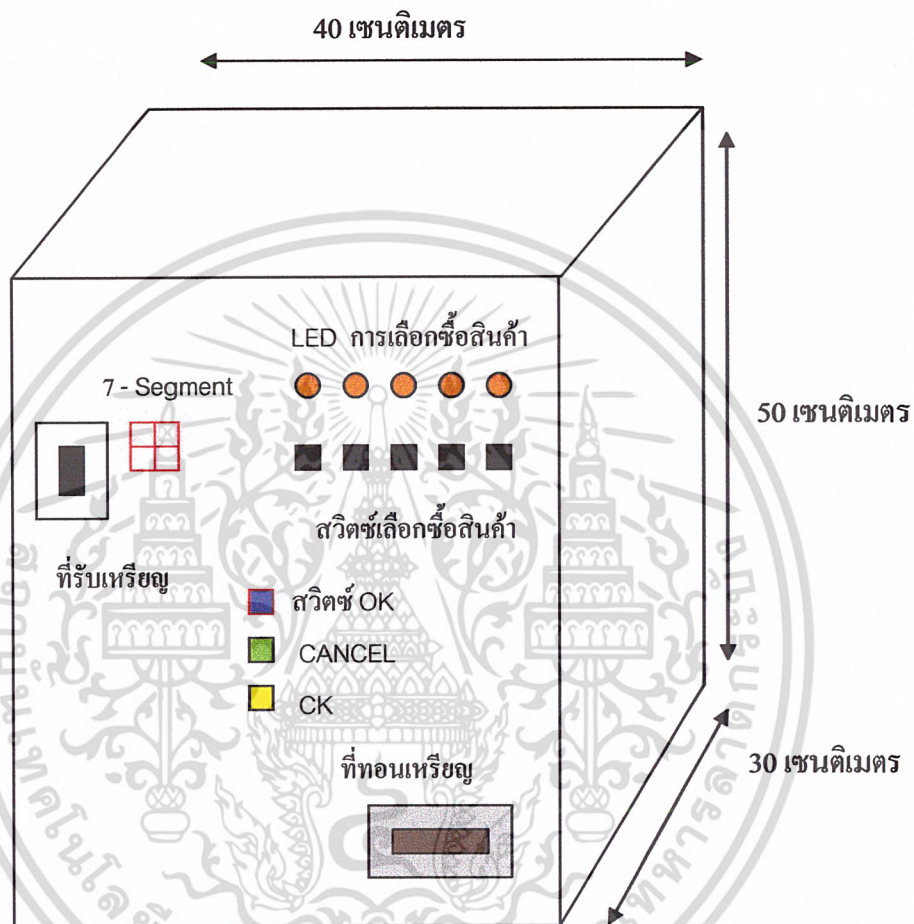
รูปที่ 3.7 วงจรภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

### 3.6 การออกแบบโครงสร้างตัวเครื่อง

การออกแบบโครงสร้างของเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติจะมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 40 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 50 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.8 เครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนโครงสร้างภายในและโครงสร้างภายนอก โครงสร้างภายนอกทางด้านหน้าประกอบด้วย แผงแสดงสินค้า ช่องหยอดเหรียญ ช่องรับเงินทอน สวิตซ์กดเลือกสินค้า สวิตซ์กดยืนยันและยกเลิกการซื้อสินค้า และแอลอีดีแสดงรายการสินค้าที่สามารถเลือกซื้อได้ โครงสร้างภายในประกอบด้วย ภาครับเหรียญ ภาทอนเหรียญ และภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.1 การออกแบบโครงสร้างค้ำหน้าเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

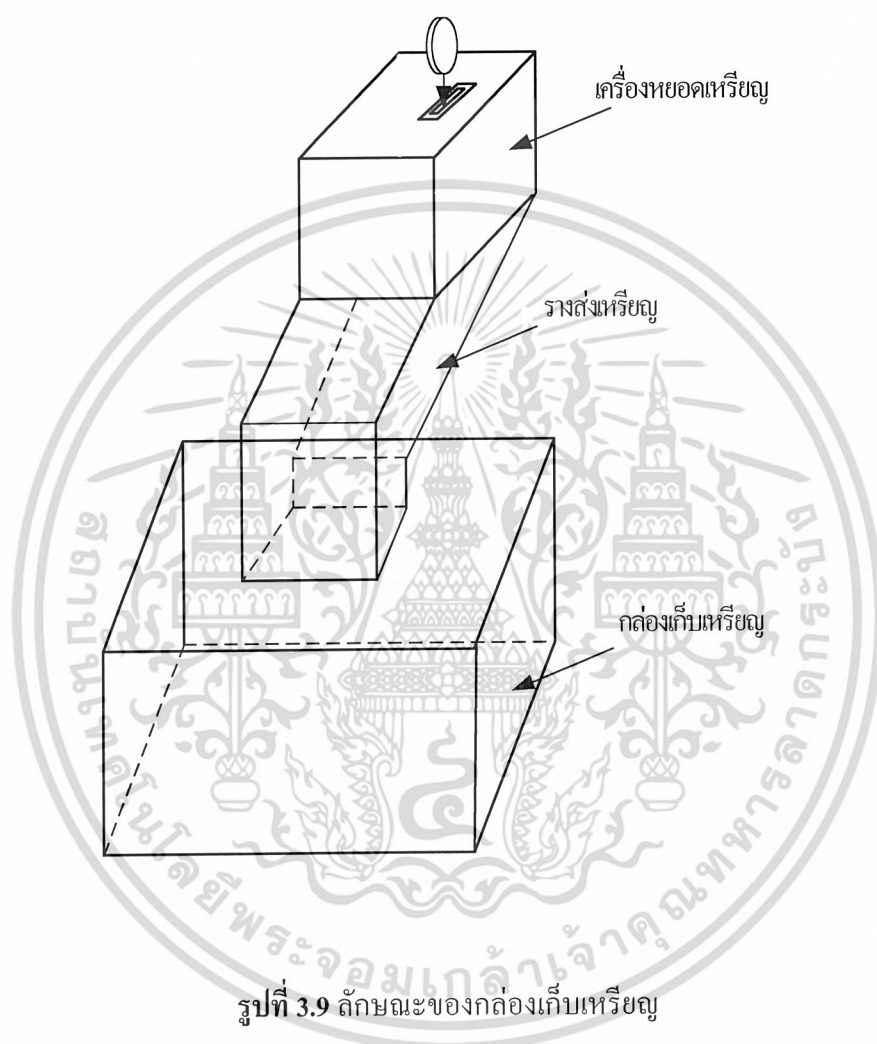


รูปที่ 3.8 เครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 การออกแบบกล่องเก็บเหรียญ

เมื่อเหรียญผ่านการตรวจสอบแล้วจะทำให้เหรียญตกลงมายังกล่องเก็บเหรียญ โดยทั้งเหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท จะอยู่ในกล่องเดียวกัน ดังรูปที่ 3.9



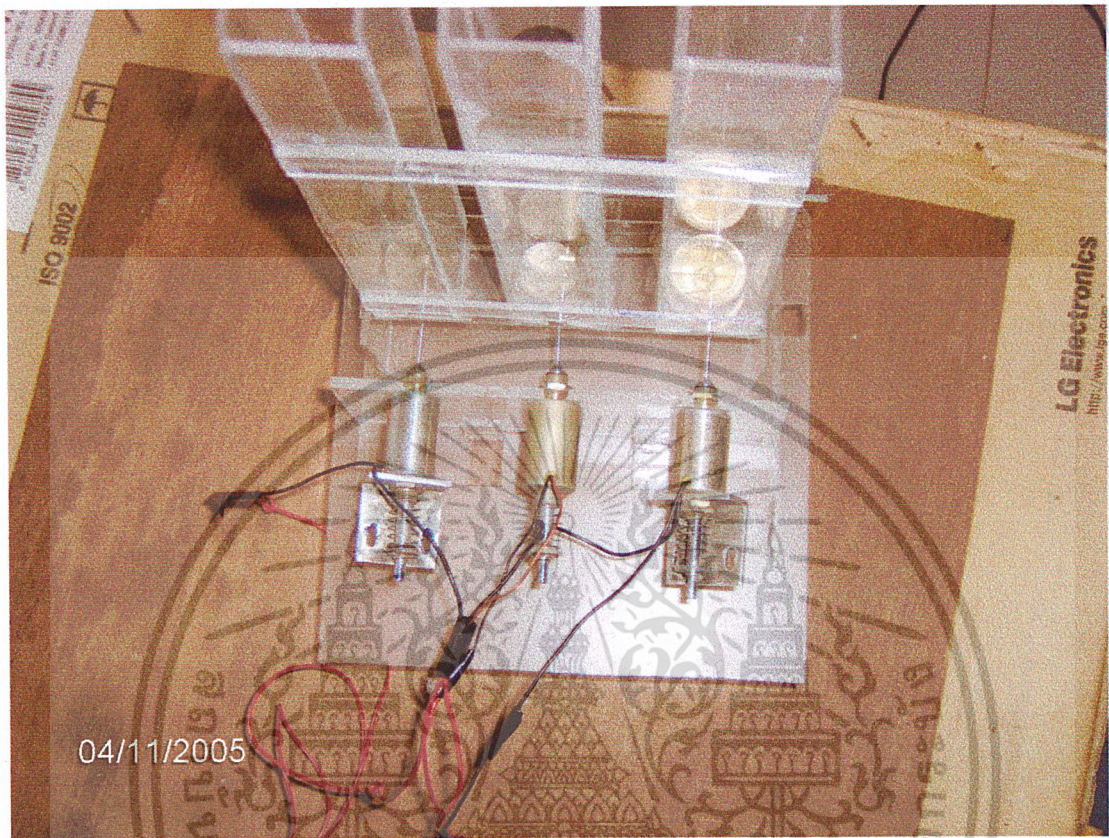
รูปที่ 3.9 ลักษณะของกล่องเก็บเหรียญ

### 3.6.3 การออกแบบส่วนทอนเหรียญ

ส่วนทอนเหรียญจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- 1) ช่องเก็บเหรียญ ช่องเก็บเหรียญแบ่งเป็น 3 ช่อง แต่ละช่องจะมีขนาดไม่เท่ากัน ช่องแรกเก็บเหรียญ 1 บาทและช่องที่ 2 เก็บเหรียญ 5 บาท ช่องที่ 3 เก็บเหรียญ 10 บาท ซึ่งแต่ละช่องจะเก็บได้ตามความต้องการ
- 2) โซลินอยด์ เป็นตัวดันให้เหรียญที่อยู่ในช่องเก็บเหรียญออกมาทีละเหรียญ เมื่อได้รับคำสั่งจากส่วนทอนเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โครงสร้างส่วนทอนเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติในส่วนต่างๆ โดยใช้เครื่องมือทำการตรวจสอบผลการทำงานใน แต่ละส่วนของวงจรที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย ภาครับและตรวจสอบเหรียญ และการทำงานโดยรวม

#### 4.2 เครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

##### 4.2.1 การทดลองภาครับและตรวจสอบเหรียญ

##### 1) ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองการทำงานของภาครับและตรวจสอบมูลค่าของเหรียญทั้งสามชนิด คือ เหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท จำนวนชนิดละ 100 เหรียญ เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องสามารถตรวจสอบเหรียญและแสดงผลมูลค่าของเหรียญออกทางภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนได้อย่างถูกต้องหรือไม่ เป็นชนิดละเท่าใด โดยกำหนดเงื่อนไข คือ เมื่อมีการหยอดเหรียญลงไปที่ยอมรับเหรียญ ภาครับและตรวจสอบเหรียญทำการตรวจสอบเหรียญและส่งผลไปที่ภาคแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนได้อย่างถูกต้อง

##### 2) สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง การทำงานในส่วนภาครับและตรวจสอบเหรียญของเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ ทดลองโดยการหยอดเหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท จำนวน 50 เหรียญ ผลปรากฏว่าเครื่องสามารถทำการตรวจสอบเหรียญผ่านเกินร้อยละ 80 ขึ้นไปในแต่ละชนิดของเหรียญดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองของภาคตรวจสอบเหรียญ

ชนิดของเหรียญ	จำนวนเหรียญที่ผ่าน	จำนวนเหรียญที่ไม่ผ่าน	เปอร์เซ็นต์
เหรียญ 1 บาท	80	20	80
เหรียญ 5 บาท	89	11	89
เหรียญ 10 บาท	91	9	91

#### 4.2.2 การทดลองการใช้เครื่องโดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

##### 1) ลำดับการทดลอง

การทดลองการทำงานของเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ โดยตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานในส่วนการแสดงผลของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน การแสดงผลของแอลอีดีเมื่อทำการหยอดเหรียญ การยืนยันหรือยกเลิกรายการ การจ่ายสินค้า และการทอนเหรียญ โดยทำการทดลองในการเลือกซื้อสินค้าทุกชนิดที่บรรจุอยู่ในเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติจำนวน 100 ครั้ง ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. หยอดเหรียญที่มีมูลค่าเท่ากับหรือมากกว่าของราคาสินค้าที่ต้องการ
2. ตรวจสอบการแสดงผลของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนว่าตรงตามจำนวนเงินที่หยอดหรือไม่
3. ตรวจสอบแอลอีดีว่าสว่างหรือไม่ เมื่อมีการหยอดเหรียญที่มีมูลค่ามากกว่าหรือเท่ากับราคาสินค้าที่ต้องการ
4. เมื่อทำการยืนยันเครื่องจะทำการจ่ายสินค้า ถ้ายกเลิกเครื่องจะทำการคืนเหรียญ
5. ตรวจสอบการจ่ายสินค้า ว่าสินค้าออกมาตามที่เลือกไว้หรือไม่
6. เมื่อหยอดเหรียญที่มีมูลค่ามากกว่าราคาสินค้าที่ต้องการจะซื้อ เครื่องจะทำการทอนเงินที่เหลือออกมายังช่องรับเงินทอน

##### เงื่อนไขการทดลอง

จากขั้นตอนการทดลอง เมื่อเครื่องทำงานตามที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอนให้ถือว่าผ่าน หากไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือเกิดความผิดพลาดถือว่าไม่ผ่าน

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการใช้เครื่องโดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

รายการ	ผ่าน/ครั้ง	ไม่ผ่าน/ครั้ง	ร้อยละ
การแสดงผลของจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน	100	0	100
การแสดงผลของแอลอีดี	100	0	100
การจ่ายสินค้า	100	0	100
การทอนเงิน	80	20	80
การตรวจสอบยอด	100	0	100

## 2) สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการใช้เครื่องโดยรวมของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติเมื่อทำการทดลองตามขั้นตอนการทดลอง ผลปรากฏว่าการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติสามารถทำงานในทุกส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความผิดพลาดในส่วนการทอนเงินไม่เกินร้อยละ 20 ของการทำงานทั้งหมด จะเห็นได้ว่าในส่วนที่เป็นการคำนวณจากโปรแกรมที่ใช้ ซึ่งแสดงออกมาทาง 7 segment แอลอีดี หรือ โชนิออยด์ ไม่เกิดความผิดพลาดแต่อย่างใด

ซึ่งจากการทดลองนั้นความผิดพลาดเกิดจากส่วนทอนเงินที่เป็นการหมุนจากสเต็ปมอเตอร์ที่หมุนมาไม่ตรงยังจูดรับเหรียญจากชุดหยอดเหรียญสำเร็จรูป อันเกิดจากการหยอดเหรียญไม่ตรงกับที่รับเหรียญจากการหยอดเพิ่มในการซื้อสินค้าชิ้นที่ 2 เป็นต้นไป ซึ่งกดยกเลิกทันทีเมื่อหยอดเหรียญเพิ่มแล้ว ทางผู้ออกแบบได้ใช้ประโยชน์จากเหรียญที่หยอดนั้นมาช่วยในการทอนเงินให้แก่ผู้ซื้อสินค้าที่เมื่อหยอดเหรียญเข้าไปแล้วไม่ต้องการซื้อสินค้าแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุป

ปฏิญานิพนธ์ เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน ซึ่งมีหลักการการทำงานคือ เมื่อผู้ใช้บริการเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ ทำการหยอดเหรียญ ภาครับเหรียญจะทำการตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางและวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ ภาครตรวจสอบเหรียญจะส่งผลไปยังจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน เพื่อแสดงมูลค่าของเงิน เมื่อจำนวนเหรียญที่หยอดไปมีมูลค่าเท่ากับหรือมากกว่าราคาสินค้าที่กำหนดไว้บนแผงแสดงสินค้า แอลอีดี ที่ตำแหน่งของสินค้าที่สามารถเลือกซื้อได้จะติด ในกรณีที่ผู้ซื้อหยอดเหรียญเกินหรือเท่ากับราคาสินค้า จากนั้นให้ผู้ซื้อเลือกชนิดสินค้าที่ต้องการ เมื่อเลือกชนิดสินค้า ภาครทอนเหรียญจะทำการทอนเงินเป็นเหรียญห้าบาทและเหรียญหนึ่งบาทตามมูลค่าของเงินที่เหลือ อีกทั้งยังมีสวิทช์ยืนยันและยกเลิกเพื่อความยืดหยุ่นความต้องการในการเลือกซื้อสินค้าซึ่งยังมีสวิทช์ตรวจสอบยอดขายและจำนวนสินค้าที่เหลืออีกด้วยและมีความพิเศษของภาครทอนตรงที่มีการทำงานของสเต็ปมอเตอร์และโซลินอยด์ร่วมกันเพื่อป้องกันการสำรองเหรียญที่ต้องใช้จำนวนมากๆ จนเกินกำลังขับเหรียญของโซลินอยด์อีกด้วย

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบ โครงการพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1. ปัญหา สินค้าสามารถบรรจุได้และราคาของสินค้า ต้องทำการใส่ค่าจากการเขียน

โปรแกรม

**แนวทางแก้ไข** ออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับอุปกรณ์หน่วยความจำเพื่อ

จะสามารถใส่จำนวนและสินค้าได้

2. ปัญหา การรับเหรียญไม่มีความเที่ยงตรงนัก

**แนวทางแก้ไข** กลไกในการรับเหรียญขึ้นอยู่กับการวางของชุดรับเหรียญ ดังนั้นควรจะ

จัดให้อยู่ในแนวตั้งที่ดีที่สุด

3. ปัญหา ในการทอนเหรียญ ชุดทอนมีขีดจำกัดด้านพื้นที่และจำนวนเหรียญสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แนวทางแก้ไข** ต้องทำให้มีการถอนเหรียญที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดและสำรองในเหรียญที่คิดว่าจำเป็นต้องถอนไว้ให้มากขึ้น

**4. ปัญหา** ในการถอนเหรียญ ชุดสแตมป์มอเตอร์แกนหมุนไม่มีความแม่นยำ

**แนวทางแก้ไข** ต้องมีการตรวจสอบการหมุนจากเซนเซอร์แทนการวนลูบของโปรแกรม

**5. ปัญหา** อุปกรณ์โซลินอยด์ ที่ต้องการมักหาได้ลักษณะเดียวกันทั้ง 3 ตัว ทำให้ยากต่อการซื้อหา และแต่ละตัวมีราคาแพง

**แนวทางแก้ไข** ก่อนลงมือทำโครงการควรทำการสำรวจเสียก่อนว่าโซลินอยด์ ที่ต้องการที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยมีลักษณะเดียวกันทั้งหมดและราคาไม่สูงมากนัก

**6. ปัญหา** การประกอบโครงการในส่วนของการนำวัสดุอุปกรณ์ส่วนต่างๆประกอบเข้าด้วยกันนั้นเกิดการคลาดเคลื่อนของตำแหน่งการติดตั้งทำให้พื้นที่การใช้งานนั้นผิดพลาดไปด้วย

**แนวทางการแก้ไข** การออกแบบโครงการในส่วนของการก่อสร้างควรทำการออกแบบให้ใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมและการประกอบจริงควรมีการวัดและคำนวณให้แน่นอนก่อนลงมือปฏิบัติ

### 5.3 แนวทางการพัฒนา

เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ นี้สามารถทำงานได้ตามขีดความสามารถในวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ แต่โครงการนี้ยังสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานได้อีก คือ

1. ควรพัฒนาจากจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนเป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลว
2. ควรพัฒนาให้สามารถรับเงินที่เป็นธนบัตรได้
3. ควรพัฒนาให้มีโปรแกรมในการกำหนดและเปลี่ยนแปลงราคาสินค้าได้ตลอดเวลา
4. ออกแบบโครงสร้างภายนอกให้มีขนาดเล็กและสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย
5. ควรพัฒนาให้มีเสียงในการทำรายการแต่ละขั้นตอน
6. เพิ่มชุดจำหน่ายสินค้าตามลักษณะของสินค้าประเภทนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

กิตติ อินทรานนท์. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสำหรับช่างอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพฯ : ยูไนเต็คบุ๊คส์. 2539

ชวลิต ขุนราม. “เครื่องหยอดเหรียญระบบอิเล็กทรอนิกส์.” *เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์*. ฉบับที่

205 : หน้า 167-170. 2543

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรวพจน์ กรแก้ววัฒนกุล. *เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์*

MCS-51. กรุงเทพฯ : อินโนเวทีฟอิเล็กทรอนิกส์. 2534

วิบูลย์ ชื่นแขก. *ไมโครโปรเซสเซอร์ .สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*

พิมพ์ครั้งที่ 2 .2532

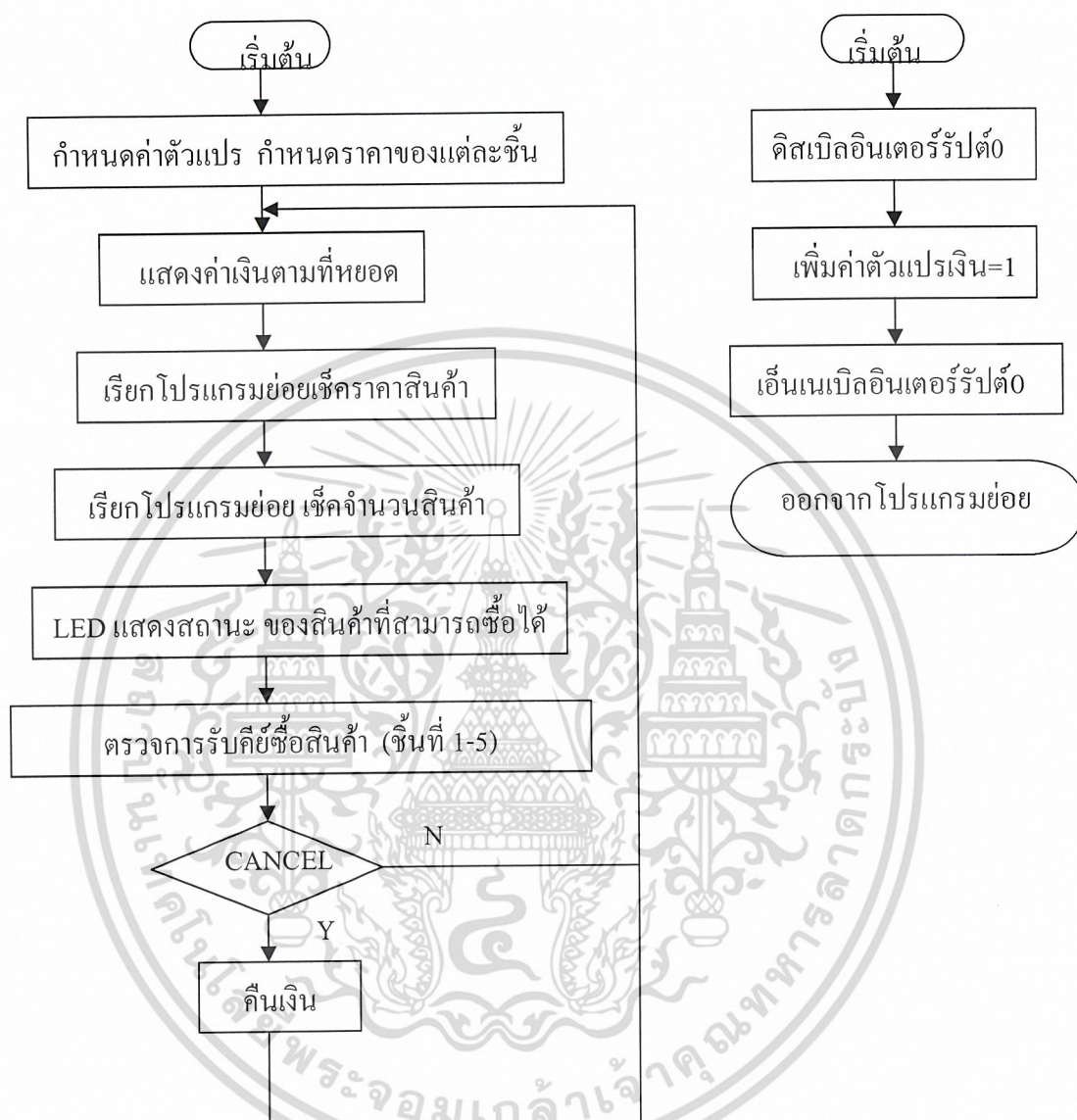


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



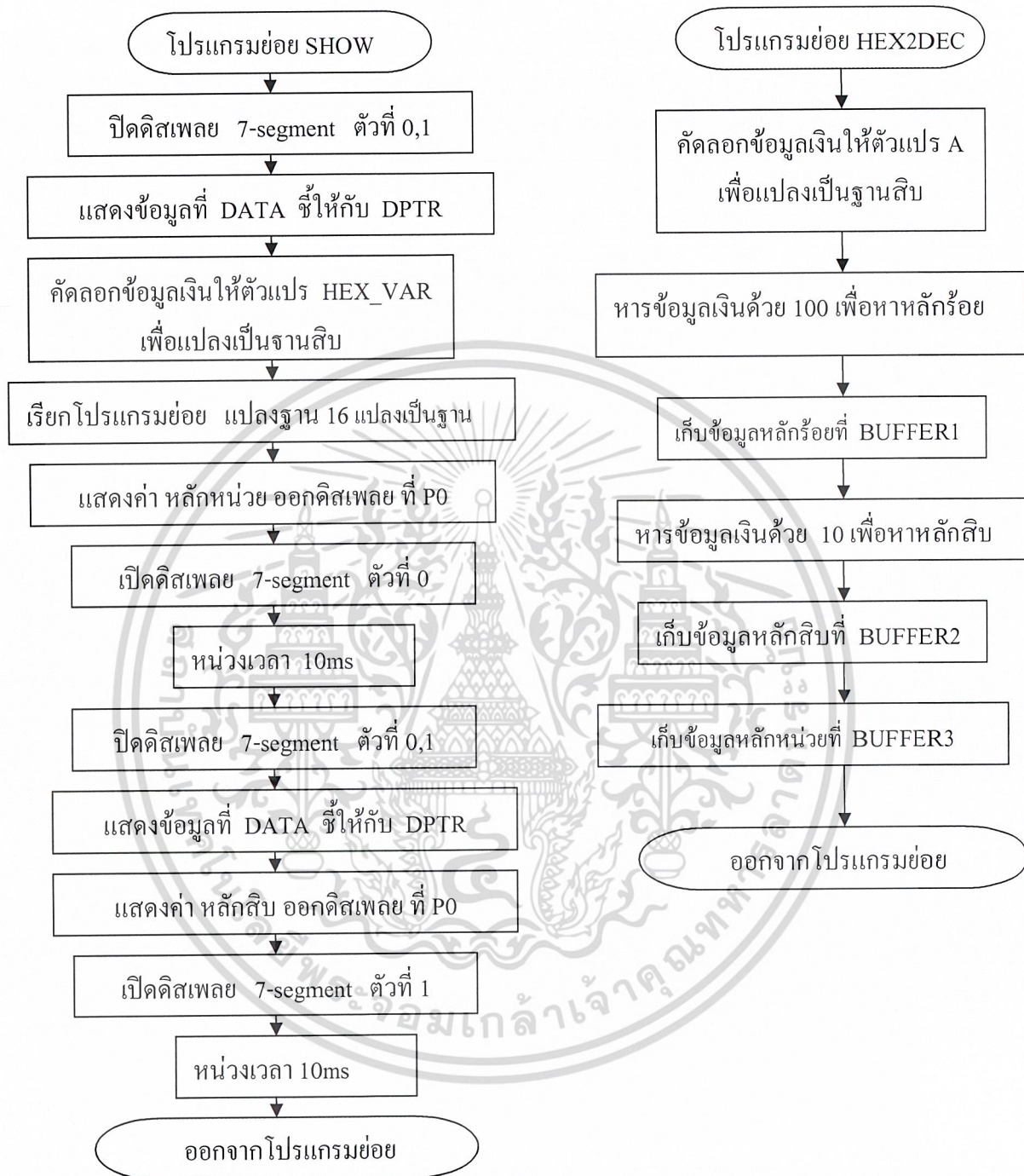
**ภาคผนวก ก**  
**แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



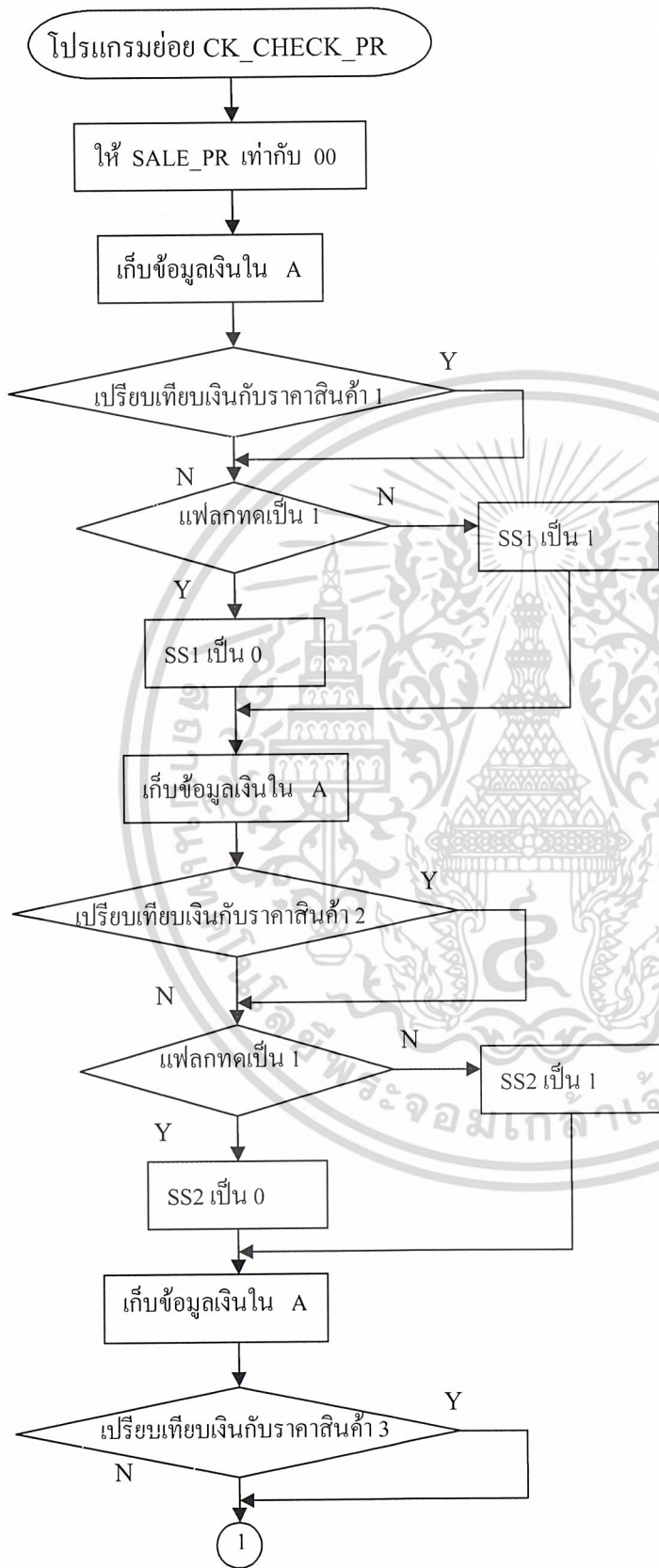
รูปที่ ก.1 ผังการทำงานขั้นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

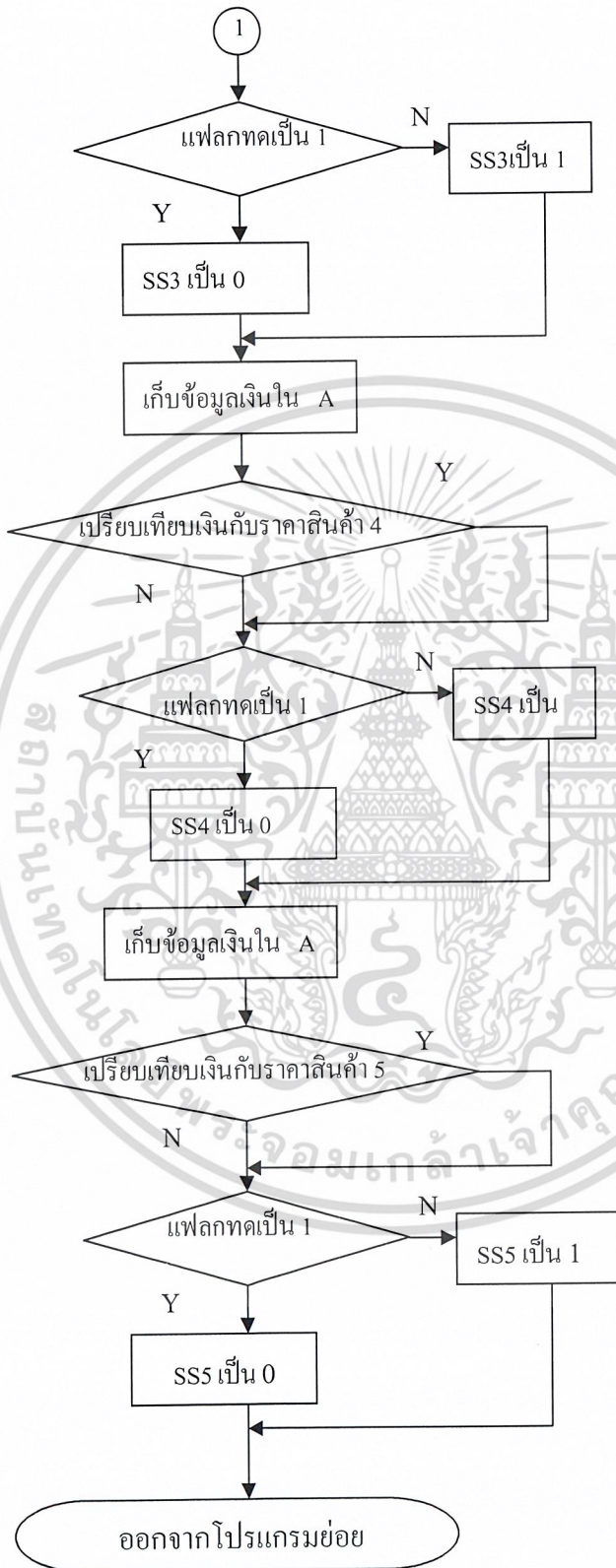


รูปที่ ก.2 ผังการทำงานของจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

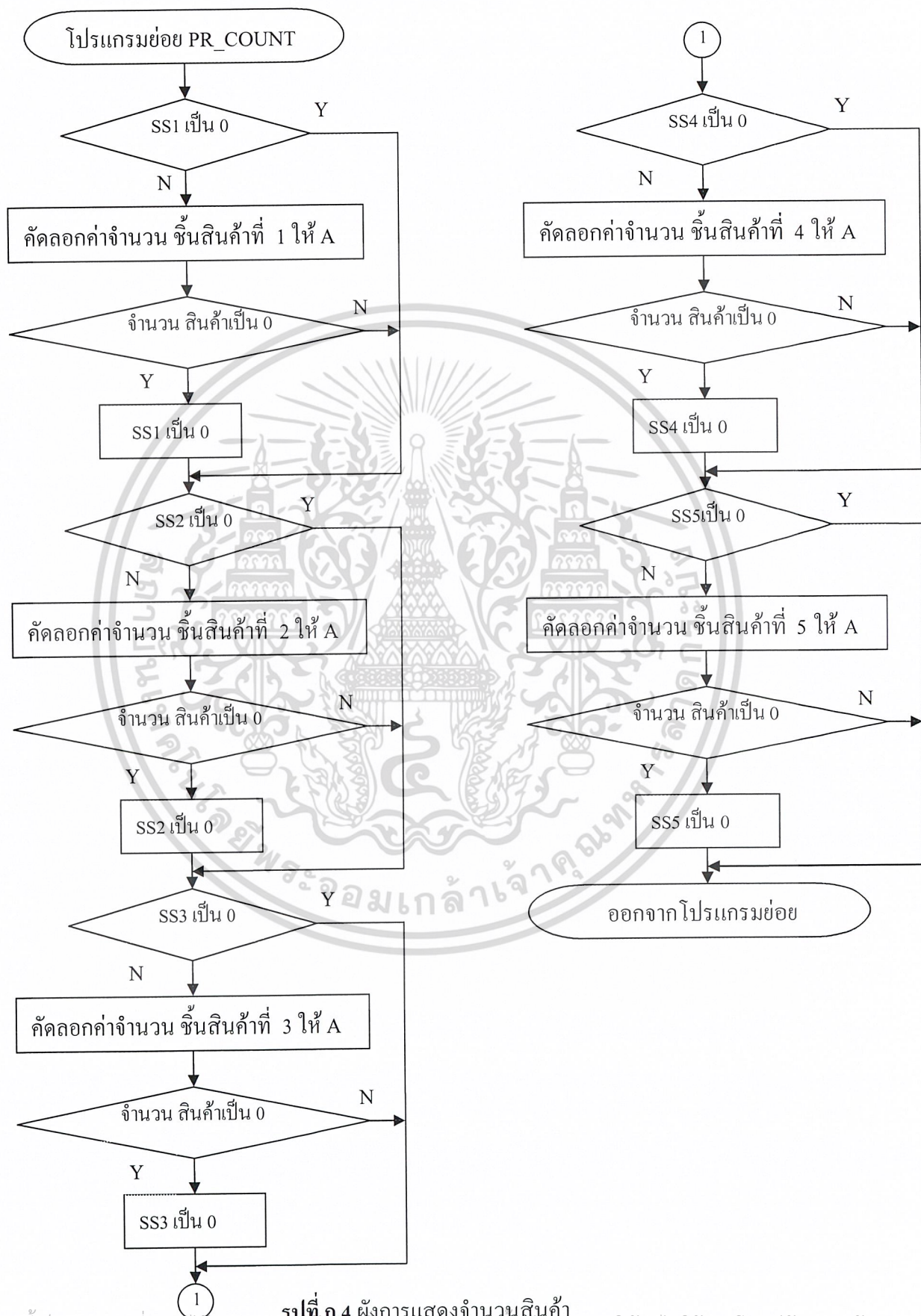


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้ง กระทรวงมหาดไทย  
 รูปที่ ก.3 ผังการทำงานการเปรียบเทียบจำนวนเงินกับราคาสินค้า ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



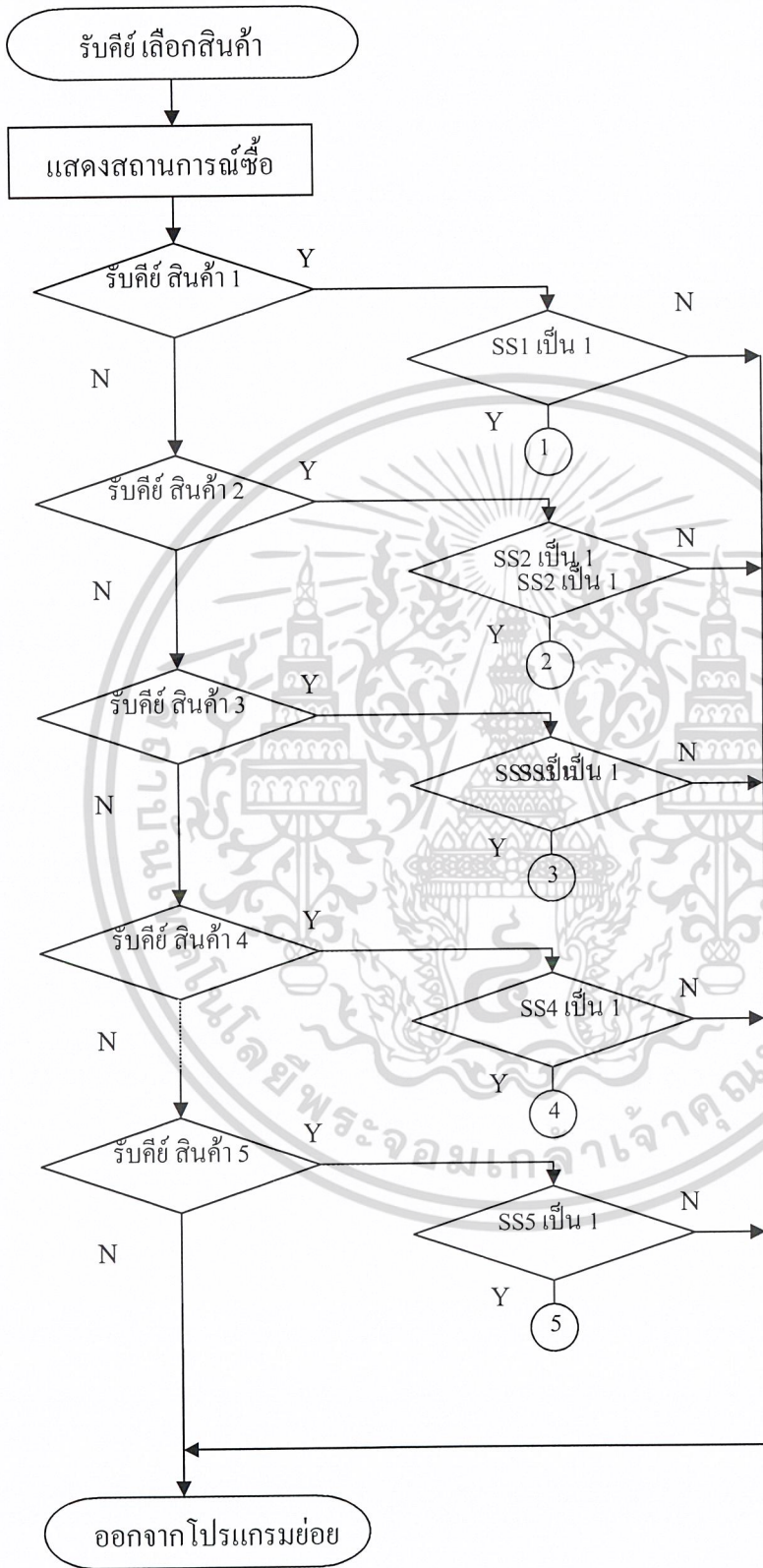
รูปที่ ก.3 (ต่อ) พังการทำงานการเปรียบเทียบจำนวนเงินกับราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



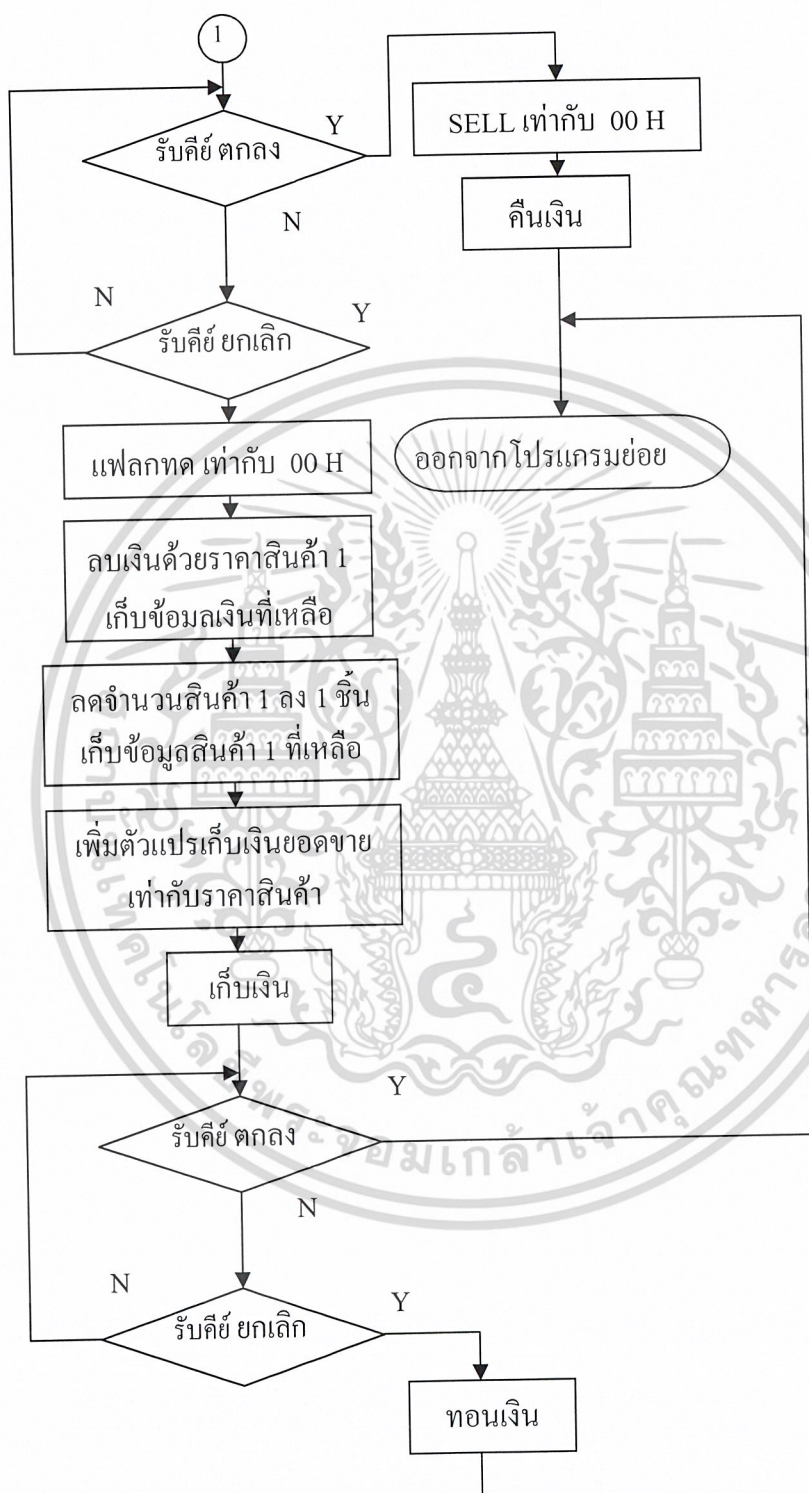
รูปที่ ก.4 ฟังก์ชันแสดงจำนวนสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



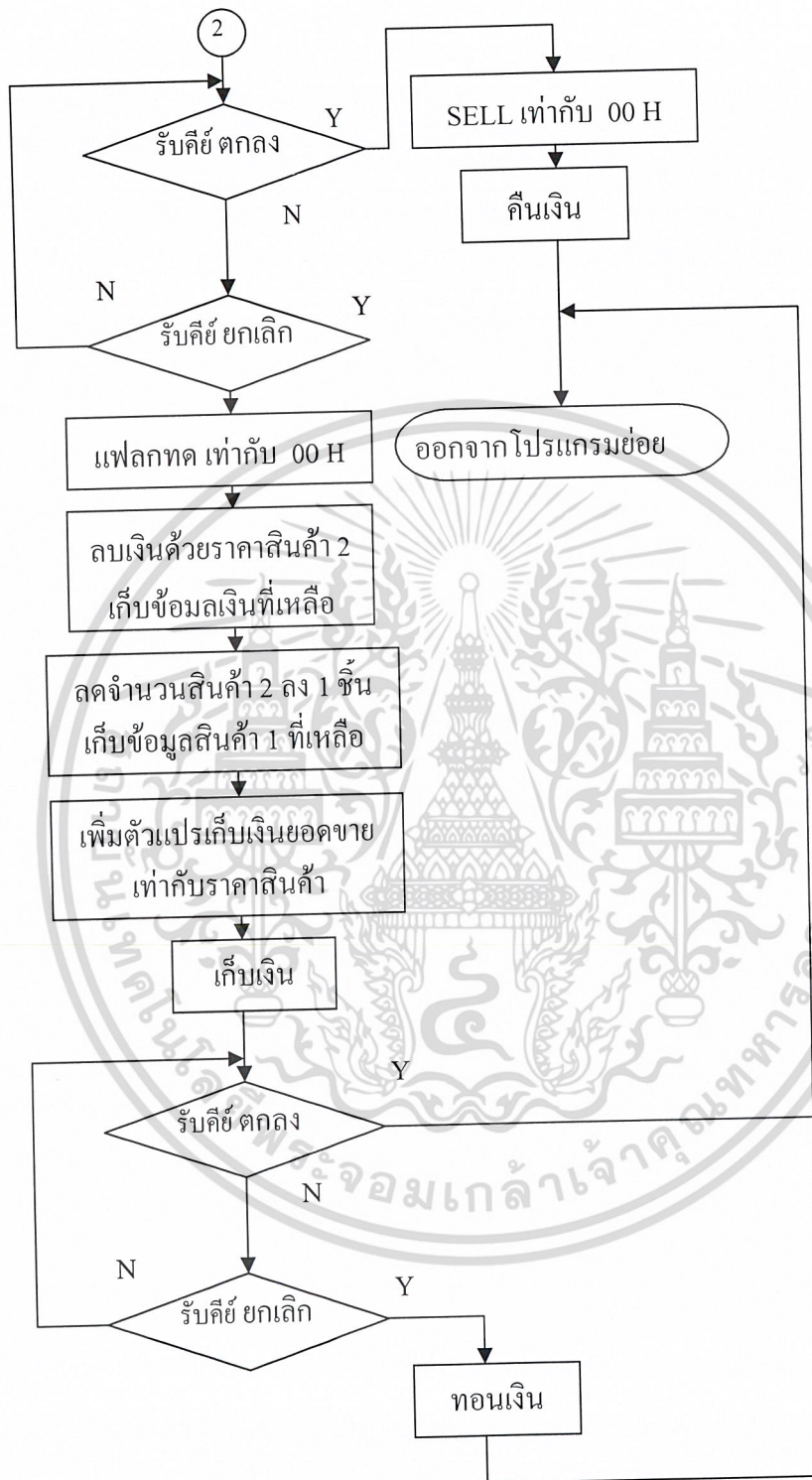
รูปที่ ก.5 ฟังก์ชันเลือกซื้อสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



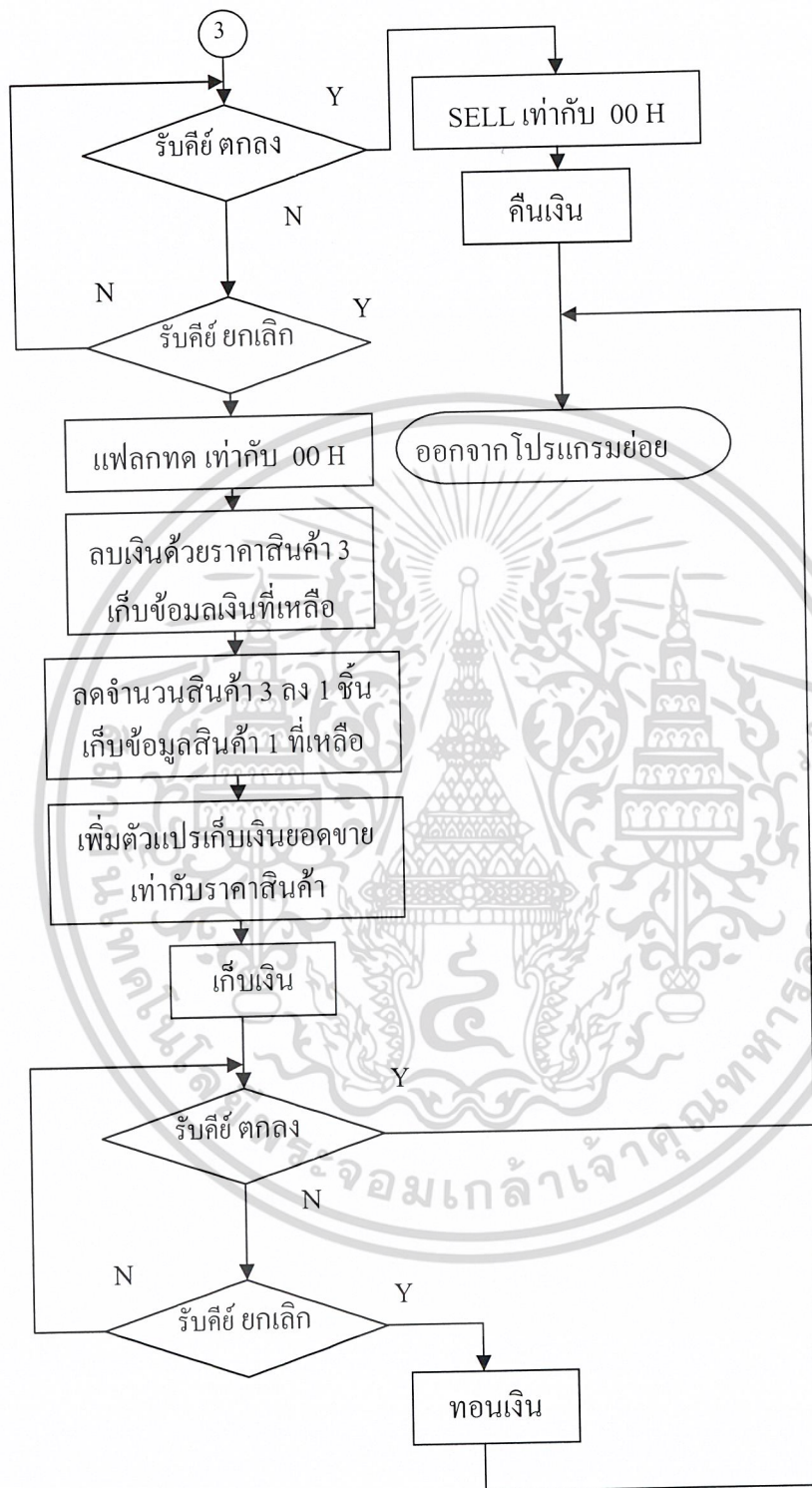
รูปที่ ก.5 (ต่อ) การเลือกซื้อสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



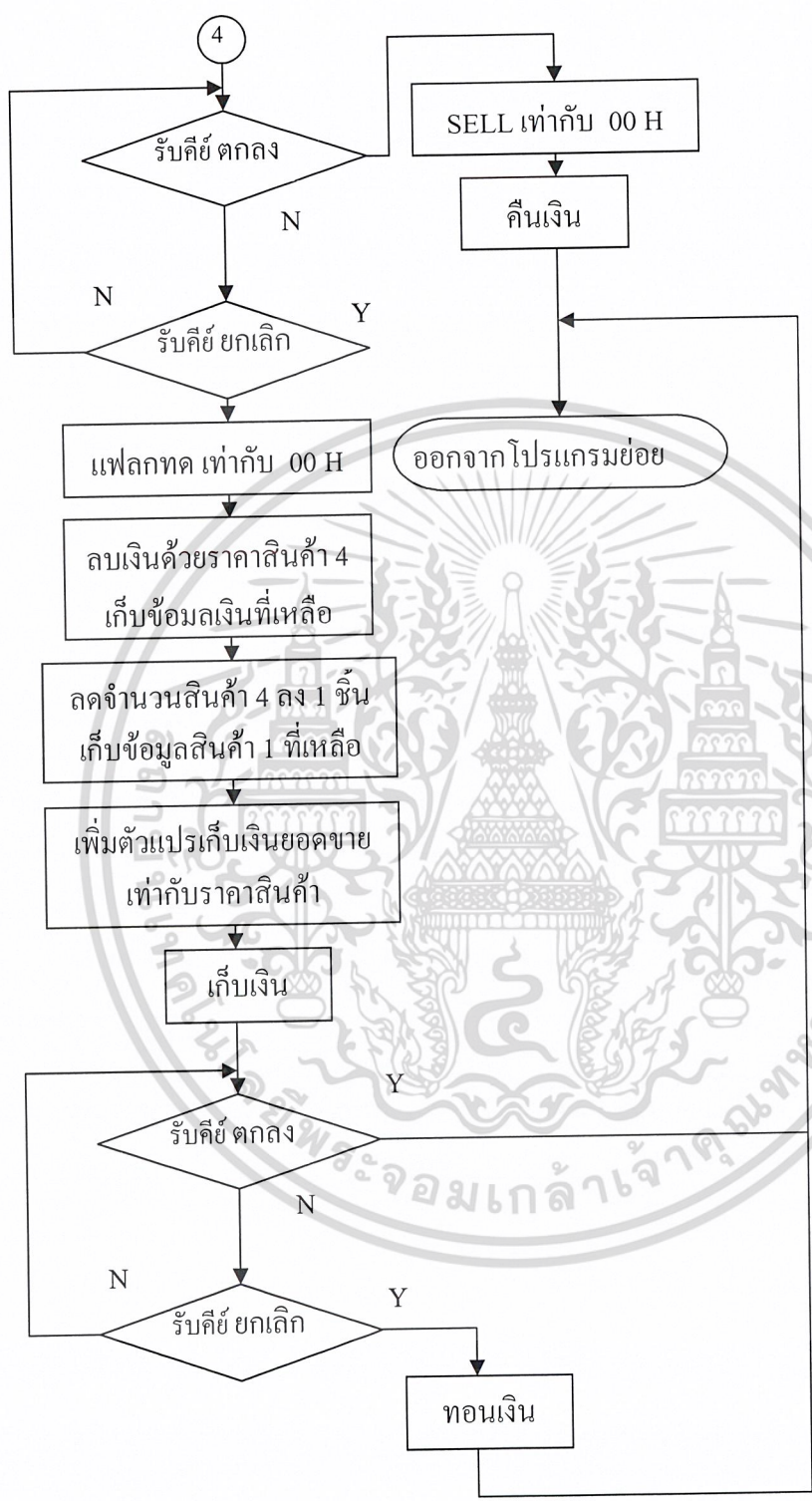
รูปที่ ก.5 (ต่อ) การเลือกซื้อสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



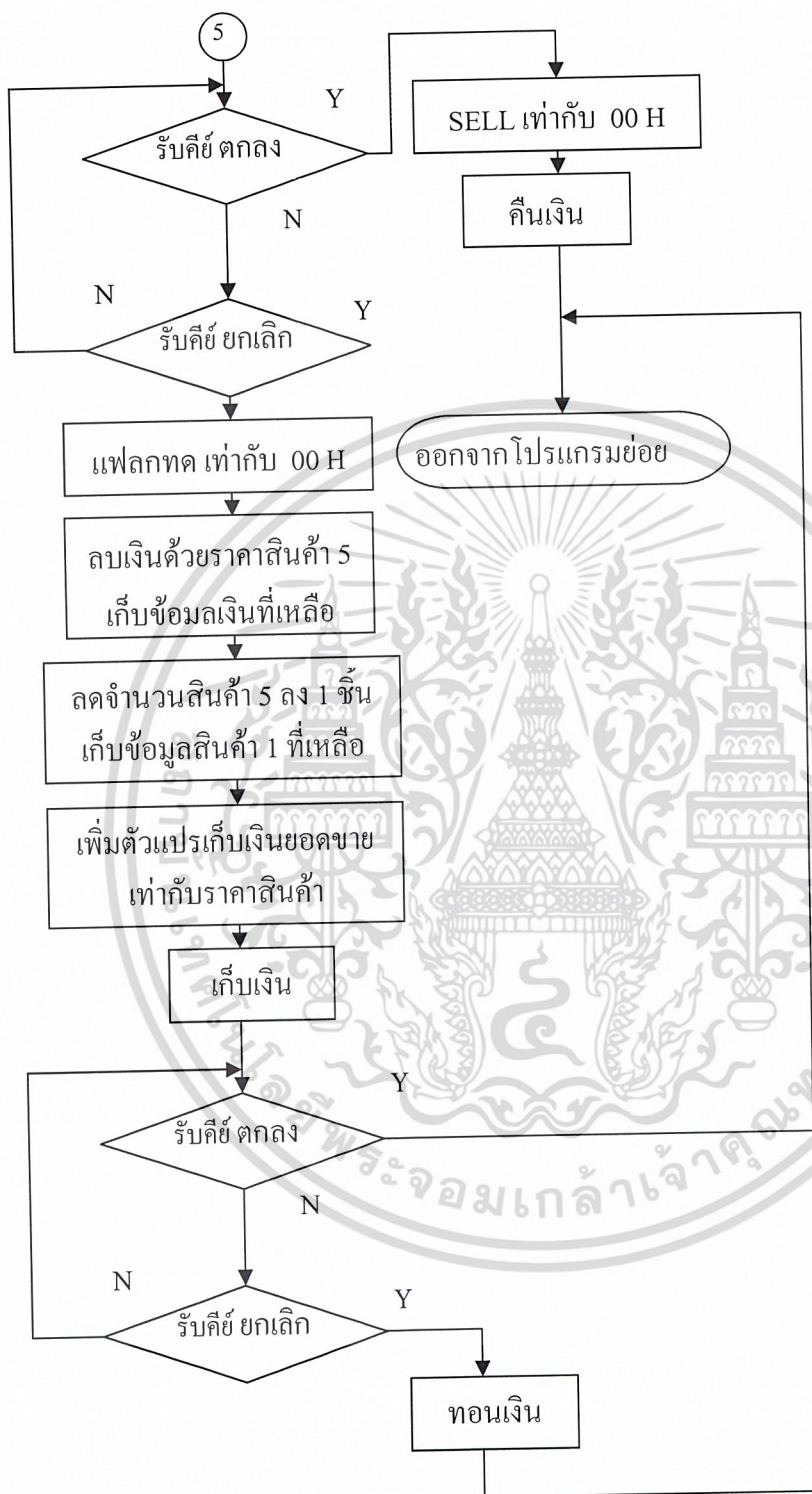
รูปที่ ก.5 (ต่อ) การเลือกซื้อสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



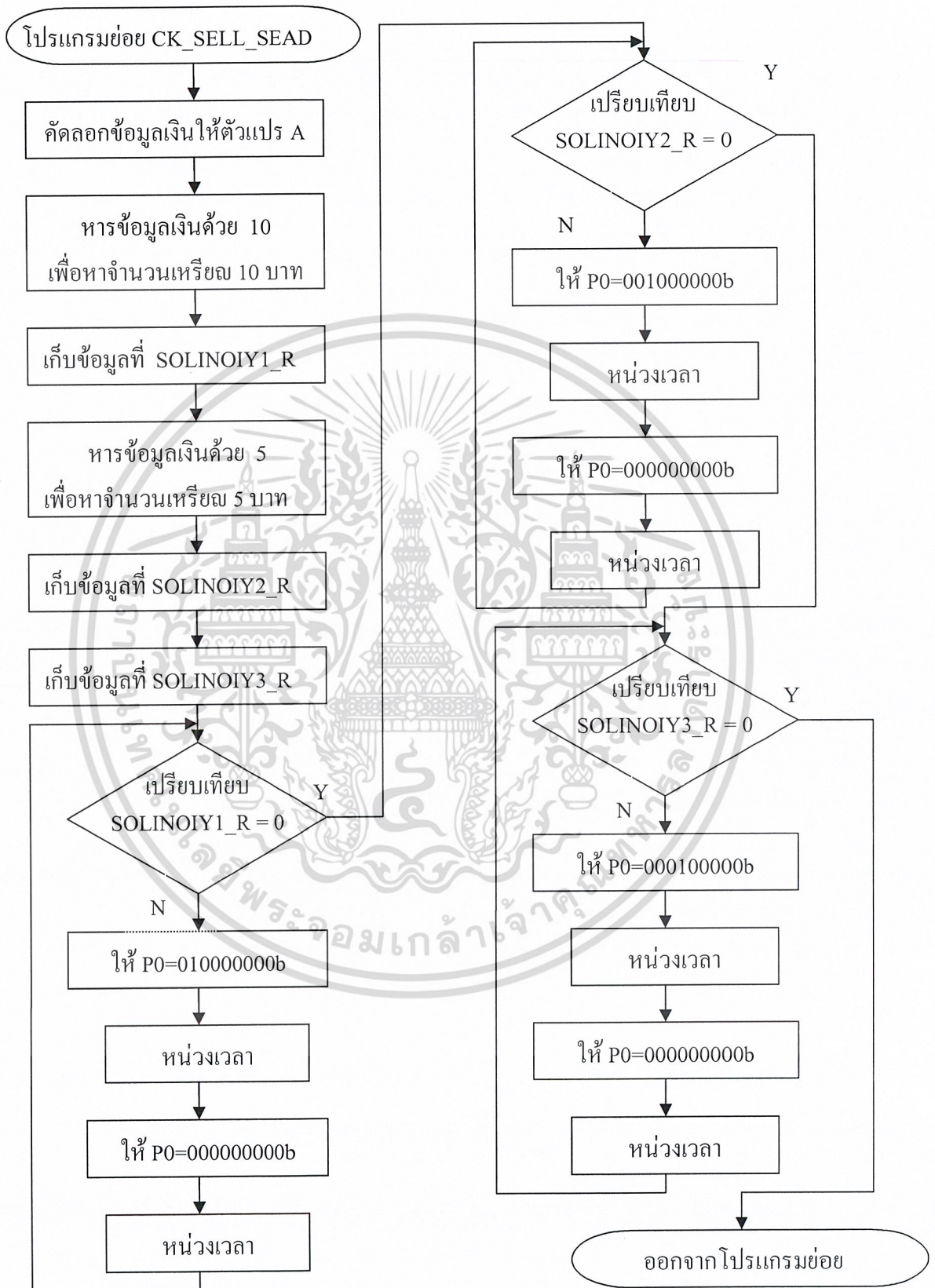
รูปที่ ก.5 (ต่อ) การเลือกซื้อสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



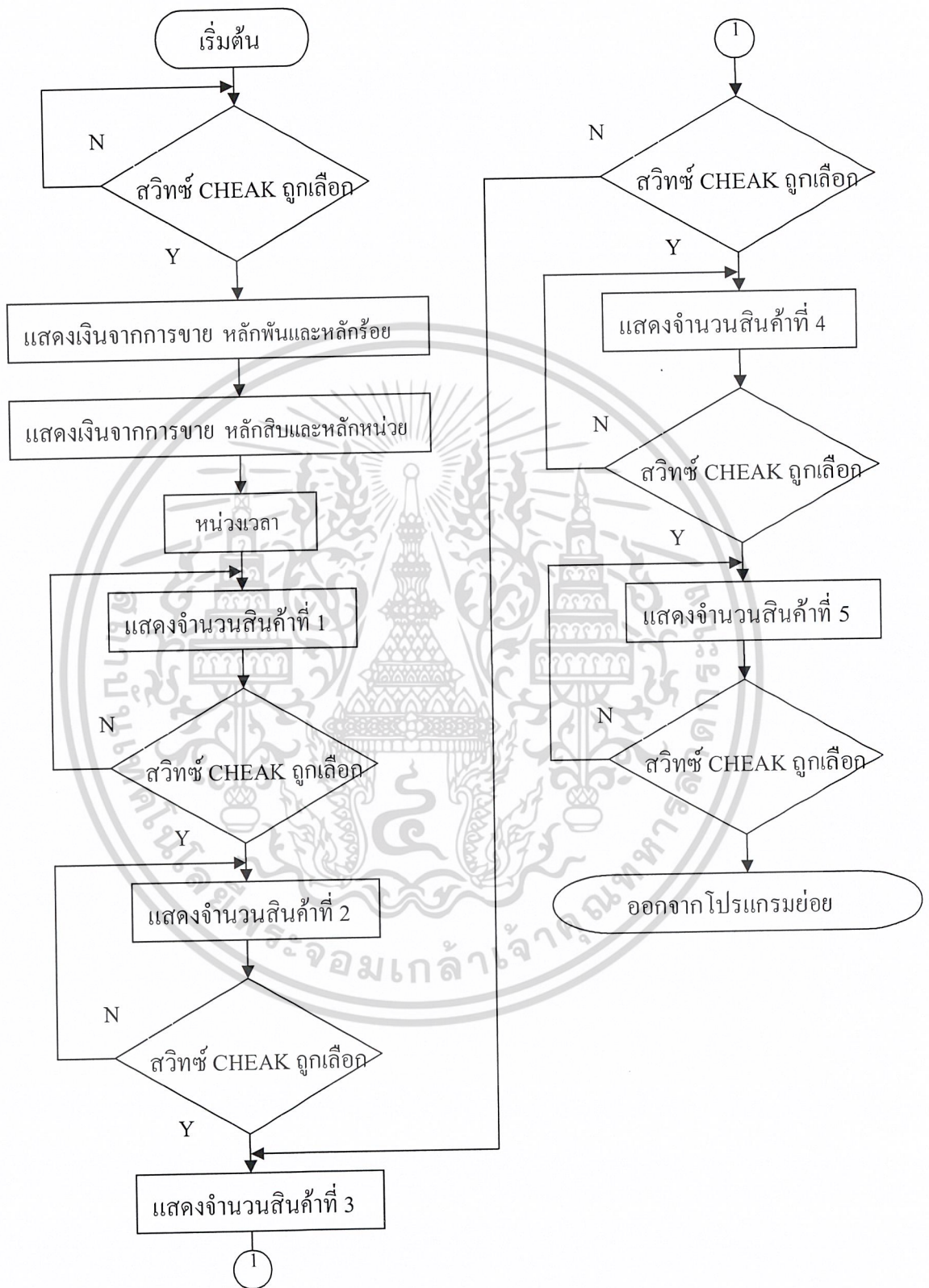
รูปที่ ก.5 (ต่อ) การเลือกซื้อสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 ผังการทอนเงิน(โซลินอย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.7 ผังการเช็คยอดขายและจำนวนของที่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

TEM	EQU	6AH
TEM1	EQU	6BH
MEM1	EQU	75H
MEM2	EQU	74H
MEM3	EQU	73H
MEM4	EQU	72H
MEM5	EQU	71H
MEM6	EQU	70H
STEP	EQU	3AH
KEEP	EQU	3BH
SELL	EQU	50H
HEX_VAR	EQU	20H
BUFFER1	EQU	21H
BUFFER2	EQU	22H
BUFFER3	EQU	23H
O_DISPLAY0	BIT	P2.0
O_DISPLAY1	BIT	P2.1
SELL_PICE1	EQU	30H
SELL_PICE2	EQU	31H
SELL_PICE3	EQU	32H
SELL_PICE4	EQU	33H
SELL_PICE5	EQU	34H
PICE1	EQU	40H
PICE2	EQU	41H
PICE3	EQU	42H
PICE4	EQU	43H
PICE5	EQU	44H
CK_SW	BIT	P2.2
CANCEL	BIT	P2.3
OK	BIT	P2.4
CANCEL_KEY	BIT	P1.0
COPPY_SELL	EQU	5FH
SET_LATCH	BIT	P2.2
SALE_PR	EQU	02EH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SS1          BIT    SALE_PR.3
SS2          BIT    SALE_PR.4
SS3          BIT    SALE_PR.5
SS4          BIT    SALE_PR.6
SS5          BIT    SALE_PR.7
SOLINOIY1_R  EQU    4AH
SOLINOIY2_R  EQU    4BH
SOLINOIY3_R  EQU    4CH
SOLINOIY1    BIT    P2.5
SOLINOIY2    BIT    P2.6
SOLINOIY3    BIT    P2.7

```

LOOP:

```

ORG          0000H
LJMP         LOOP
ORG          0003
LJMP         INT_0
SETB        EA
SETB        EX0
MOV         P0,#00H
MOV         KEEP,#12
MOV         STEP,#00000001B
LCALL       CLR_LE
MOV         MEM1,#00H
MOV         MEM2,#00H
MOV         MEM3,#00H
MOV         MEM4,#00H
MOV         MEM5,#00H
MOV         MEM6,#00H
MOV         SELL,#00
MOV         COPPY_SELL,#00H
MOV         HEX_VAR,#00H
MOV         A,#00H
MOV         PICE1,#05D
MOV         PICE2,#10D
MOV         PICE3,#5D
MOV         PICE4,#1D

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      PICE5,#1D
MOV      SELL_PICE1,#02D
MOV      SELL_PICE2,#05D
MOV      SELL_PICE3,#15D
MOV      SELL_PICE4,#25D
MOV      SELL_PICE5,#40D
MAIN:    LCALL   SHOW
         LCALL   CK_CHECK_PR
         LCALL   PR_COUNT
         MOV     P3,SALE_PR
         JNB    CANCEL,EXX1_1
         JNB    CK_SW,CODE
         JNB    P1.3,CHK_SW1
         JNB    P1.4,CHK_SW2
         JNB    P1.5,CHK_SW3_1
         JNB    P1.6,CHK_SW4_1
         JNB    P1.7,CHK_SW5_1
         AJMP   MAIN
CHK_SW3_1: LJMP   CHK_SW3
CHK_SW4_1: LJMP   CHK_SW4
CHK_SW5_1: LJMP   CHK_SW5
EXX1_1:   LJMP   EXX1
CODE:    LJMP   INC_SELL_SW

;*****
;
;CHECK SW SALE
;*****
CHK_SW1:  JNB    SS1,CHK_EXC
LOOP_S1:  JNB    OK,SALE1      ; CONFIRM IN SELL
         JNB    CANCEL,EXX1
         MOV    A,SELL_PICE1
         LCALL  DIS_PICE      ; SOW SELL_PICE1 ON SELL
         AJMP  LOOP_S1
SALE1:    MOV    A,SELL
         CLR    C
         SUBB   A,SELL_PICE1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      SELL,A
DEC      PICE1
MOV      R0,SELL_PICE1
LCALL   CK_INC_SELL
LCALL   ROTATE_R
LCALL   DELAY_1s
LCALL   LOOP_ON_BY
MOV      COPPY_SELL,SELL
CHK_EXC: LJMP      MAIN
;*****
CHK_SW2: JNB      SS2,CHK_EXC
LOOP_S2: JNB      OK,SALE2      ; CONFIRM IN SELL
          JNB      CANCEL,EXX1
          MOV      A,SELL_PICE2
          LCALL   DIS_PICE      ; SOW SELL_PICE2 ON SELL
          AJMP    LOOP_S2
SALE2:   MOV      A,SELL
          CLR     C
          SUBB   A,SELL_PICE2
          MOV    SELL,A
          DEC   PICE2
          MOV   R0,SELL_PICE2
          LCALL CK_INC_SELL
          LCALL ROTATE_R
          LCALL DELAY_1s
          LCALL LOOP_ON_BY
          MOV   COPPY_SELL,SELL
          LJMP  MAIN

EXX1:    SETB    O_DISPLAY0
          SETB    O_DISPLAY1
          MOV    SELL,#00H
          MOV    A,#00H
          LCALL  CK_SELL_SEAD
          LCALL  ROTATE_L
          LJMP  MAIN
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHK_SW3:  JNB      SS3,CHK_EXC
LOOP_S3:  JNB      OK,SALE3      ; CONFIRM IN SELL
          JNB      CANCEL,EXX1
          MOV      A,SELL_PICE3
          LCALL   DIS_PICE      ; SOW SELL_PICE3 ON SELL
          AJMP    LOOP_S3
SALE3:    MOV      A,SELL
          CLR      C
          SUBB    A,SELL_PICE3
          MOV      SELL,A
          DEC     PICE3
          MOV     R0,SELL_PICE3
          LCALL   CK_INC_SELL
          LCALL   ROTATE_R
          LCALL   DELAY_1s
          LCALL   LOOP_ON_BY
          MOV     COPPY_SELL,SELL
          LJMP   MAIN
;*****
CHK_SW4:  JNB      SS4,CHK_EX
LOOP_S4:  JNB      OK,SALE4      ; CONFIRM IN SELL
          JNB      CANCEL,EXX1
          MOV      A,SELL_PICE4
          LCALL   DIS_PICE      ; SOW SELL_PICE4 ON SELL
          AJMP    LOOP_S4
SALE4:    MOV      A,SELL
          CLR      C
          SUBB    A,SELL_PICE4
          MOV      SELL,A
          DEC     PICE4
          MOV     R0,SELL_PICE4
          LCALL   CK_INC_SELL
          LCALL   ROTATE_R
          LCALL   DELAY_1s
          MOV     COPPY_SELL,SELL
          LCALL   LOOP_ON_BY
          LJMP   MAIN
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHK_SW5:  JNB      SS5,CHK_EX
LOOP_S5:  JNB      OK,SALE5      ; CONFIRM IN SELL
          JNB      CANCEL,EXX1
          MOV      A,SELL_PICE5
          LCALL   DIS_PICE      ; SOW SELL_PICE5 ON SELL
          AJMP    LOOP_S5
SALE5:    MOV      A,SELL
          CLR      C
          SUBB    A,SELL_PICE5
          MOV      SELL,A
          DEC     PICE5
          MOV     R0,SELL_PICE5
          LCALL   CK_INC_SELL
          LCALL   ROTATE_R
          LCALL   DELAY_1s
          LCALL   LOOP_ON_BY
          MOV     COPPY_SELL,SELL
CHK_EX:   LJMP    MAIN
;*****
LOOP_ON_BY:LCALL   SHOW      ; SHOW ON CONFIRM
          JNB     OK,OK_KY    ; CONFIRM TO BUY AGAIN
          JNB     CANCEL,NO_BY
          LCALL   CK_CHECK_PR
          LCALL   PR_COUNT
          MOV     P3,SALE_PR
          AJMP    LOOP_ON_BY
;*****
NO_BY:    LCALL    CK_SELL_SEAD
          LCALL    DELAY_1s
OK_KY:    LJMP    MAIN
          RET
;*****
;Check PRICE
;*****
CK_CHECK_PR:MOV    SALE_PR,#00H
CHECK_PR1:  MOV    A,SELL
            CJNE   A,SELL_PICE1,CHK1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHK1:      JC          CLR1
           SETB       SS1
           LJMP      CHECK_PR2
CLR1:      CLR        SS1
           LJMP      CHECK_PR2
;*****
CHECK_PR2: MOV        A,SELL
           CJNE      A,SELL_PICE2,CHK2
CHK2:      JC          CLR2
           SETB       SS2
           LJMP      CHECK_PR3
CLR2:      CLR        SS2
           LJMP      CHECK_PR3
;*****
CHECK_PR3: MOV        A,SELL
           CJNE      A,SELL_PICE3,CHK3
CHK3:      JC          CLR3
           SETB       SS3
           LJMP      CHECK_PR4
CLR3:      CLR        SS3
           LJMP      CHECK_PR4
;*****
CHECK_PR4: MOV        A,SELL
           CJNE      A,SELL_PICE4,CHK4
CHK4:      JC          CLR4
           SETB       SS4
           LJMP      CHECK_PR5
CLR4:      CLR        SS4
           LJMP      CHECK_PR5
;*****
CHECK_PR5: MOV        A,SELL
           CJNE      A,SELL_PICE5,CHK5
CHK5:      JC          CLR5
           SETB       SS5
           LJMP      EXIT_CHECK_PR
CLR5:      CLR        SS5
           LJMP      EXIT_CHECK_PR
EXIT_CHECK_PR: RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
;
;CHECK PRODUCT
;*****
PR_COUNT:
PR1:      JNB      SS1,PR2
          MOV      A,PICE1
          CJNE     A,#00H,PR2
          CLR      SS1
PR2:      JNB      SS2,PR3
          MOV      A,PICE2
          CJNE     A,#00H,PR3
          CLR      SS2
PR3:      JNB      SS3,PR4
          MOV      A,PICE3
          CJNE     A,#00H,PR4
          CLR      SS3
PR4:      JNB      SS4,PR5
          MOV      A,PICE4
          CJNE     A,#00H,PR5
          CLR      SS4
PR5:      JNB      SS5,PR_EXT
          MOV      A,PICE5
          CJNE     A,#00H,PR_EXT
          CLR      SS5
PR_EXT:   RET
;*****
;SHOW
;*****
SHOW:     SETB     O_DISPLAY0
          SETB     O_DISPLAY1
          MOV      DPTR,#DATA
          MOV      HEX_VAR,SELL
          LCALL   HEX2DEC
          MOV      A,BUFFER3
          MOVC    A,@A+DPTR
          MOV      P0,A
          CLR      O_DISPLAY0
          ACALL   DELAY_10ms

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB      O_DISPLAY0
SETB      O_DISPLAY1
MOV       DPTR,#DATA
MOV       A,BUFFER2
MOVC     A,@A+DPTR
MOV       P0,A
CLR       O_DISPLAY1
ACALL    DELAY_10ms
RET

;*****
;HEX2DEC
;*****
HEX2DEC:  MOV       A,HEX_VAR
          MOV       B,#100
          DIV      AB
          MOV      BUFFER1,A
          MOV      A,B
          MOV      B,#10
          DIV      AB
          MOV      BUFFER2,A
          MOV      BUFFER3,B
          MOV      A,#0H
          MOV      HEX_VAR,#00H
          RET

;*****
;INTERRUPT COUNTER
;*****
INT_0:   CLR       EA
          CLR       EX0
          MOV      A,SELL
          INC      A
          MOV      SELL,A
          JNB     P3.2,$
          SETB    EA
          SETB    EX0
          RETI

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
CK_SELL_SEAD:SETB      O_DISPLAY0
                    SETB      O_DISPLAY1
                    MOV        A,COPPY_SELL
                    MOV        B,#10      ;10
                    DIV        AB
                    MOV        SOLINOIY1_R,A
                    MOV        A,B
                    MOV        B,#5
                    DIV        AB
                    MOV        SOLINOIY2_R,A ;5
                    MOV        SOLINOIY3_R,B ;1
                    MOV        A,#0H
                    LCALL      CLR_LE
                    MOV        A,SOLINOIY1_R
SEAD1:              CJNE      A,#00H,SEAD1_1
                    MOV        A,SOLINOIY2_R
                    AJMP      SEAD2
SEAD1_1:           DEC        A
                    MOV        P0,#0100000B
                    LCALL      DRIVE_LE
                    ACALL      DELAY_100ms
                    LCALL      CLR_LE
                    ACALL      DELAY_1s
                    ACALL      DELAY_1s
                    AJMP      SEAD1
SEAD2:            CJNE      A,#00H,SEAD2_2
                    MOV        A,SOLINOIY3_R
                    AJMP      SEAD3
SEAD2_2:          DEC        A
                    MOV        P0,#00100000B
                    LCALL      DRIVE_LE
                    ACALL      DELAY_100ms
                    LCALL      CLR_LE
                    ACALL      DELAY_1s
                    ACALL      DELAY_1s
                    AJMP      SEAD2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SEAD3:      CJNE      A,#00H,SEAD3_3
            AJMP     SEAD_EX
SEAD3_3:    DEC       A
            MOV      PO,#00010000B
            LCALL    DRIVE_LE
            ACALL    DELAY_100ms
            LCALL    CLR_LE
            ACALL    DELAY_1s
            ACALL    DELAY_1s
            AJMP     SEAD3
SEAD_EX:    MOV      SELL,#00H
            RET

;*****
; INC MONEY BY SELL
;*****
CK_INC_SELL: CLR      C
            MOV      A,MEM1
            ADD      A,R0
            MOV      B,#10
            DIV      AB
            MOV      TEM,MEM2
            MOV      MEM2,A
            MOV      MEM1,B          ;1
            ADDC     A,TEM          ;10
            MOV      B,#10
            DIV      AB
            MOV      TEM,MEM3
            MOV      MEM3,A
            MOV      MEM2,B
            ADDC     A,TEM          ;100
            MOV      B,#10
            DIV      AB
            MOV      TEM,MEM4
            MOV      MEM4,A
            MOV      MEM3,B
            ADDC     A,TEM          ;1000
            MOV      B,#10
            DIV      AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      TEM,MEM5
MOV      MEM5,A
MOV      MEM4,B
ADDC    A,TEM      ;10000
MOV      B,#10
DIV     AB
MOV      TEM,MEM5
MOV      MEM6,A
MOV      MEM5,B
MOV      R0,#00h
RET

;*****
INC_SELL_SW:SETB  O_DISPLAY0
SETB    O_DISPLAY1
ACALL   DELAY_1s
MOV     DPTR,#DATA
AA:     MOV     R0,#0AH
SETB    O_DISPLAY0 ; SHOW  LATER  NO CALL R0
SETB    O_DISPLAY1
MOV     BUFFER2,72H ; 1
MOV     BUFFER3,73H ; 10
MOV     A,72H
MOVC   A,@A+DPTR
MOV     P0,A
CLR     O_DISPLAY1
ACALL   DELAY_10ms
SETB    O_DISPLAY0
SETB    O_DISPLAY1
MOV     DPTR,#DATA
MOV     A,73H
MOVC   A,@A+DPTR
MOV     P0,A
CLR     O_DISPLAY0
ACALL   DELAY_10ms
DJNZ   R0,AA
MOV     R0,#0AH
SETB    O_DISPLAY0
SETB    O_DISPLAY1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BB:      ACALL      DELAY_1s
        SETB      O_DISPLAY0
        SETB      O_DISPLAY1
        MOV       DPTR,#DATA
        MOV       BUFFER2,74H   ; 100
        MOV       BUFFER3,75H   ; 1000
        MOV       A,74H
        MOVC      A,@A+DPTR
        MOV       P0,A
        CLR       O_DISPLAY1
        ACALL     DELAY_10ms
        SETB      O_DISPLAY0
        SETB      O_DISPLAY1
        MOV       DPTR,#DATA
        MOV       A,75H
        MOVC      A,@A+DPTR
        MOV       P0,A
        CLR       O_DISPLAY0
        ACALL     DELAY_10ms
        DJNZ     R0,BB
        MOV       R0,#08H
        SETB      O_DISPLAY0
        SETB      O_DISPLAY1
        ACALL     DELAY_1s

pice1:   MOV       A,PICE1
        LCALL     DIS_PICE
        JNB      CK_SW,pice2
        AJMP     pice1

pice2:   ACALL     DELAY_1s
pice2_1: MOV       A,PICE2
        LCALL     DIS_PICE
        JNB      CK_SW,pice3
        AJMP     pice2_1

pice3:   ACALL     DELAY_1s
pice3_1: MOV       A,PICE3
        LCALL     DIS_PICE
        JNB      CK_SW,pice4

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                AJMP      pice3_1
pice4:          ACALL     DELAY_1s
pice4_1:        MOV       A,PICE4
                LCALL     DIS_PICE
                JNB       CK_SW,pice5
                AJMP      pice4_1
pice5:          ACALL     DELAY_1s
pice5_1:        MOV       A,PICE5
                LCALL     DIS_PICE
                JNB       CK_SW,pice_EX
                AJMP      pice5_1
pice_EX:        ACALL     DELAY_1s
                LJMP      MAIN
;*****
DIS_PICE:       MOV       B,#10
                DIV       AB
                MOV       BUFFER2,A      ; 10
                MOV       BUFFER3,B      ; 1
                MOV       DPTR,#DATA
                SETB      O_DISPLAY0     ; SHOW pice 1
                SETB      O_DISPLAY1
                MOV       A,BUFFER2
                MOVC      A,@A+DPTR
                MOV       P0,A
                CLR       O_DISPLAY1
                ACALL     DELAY_10ms
                SETB      O_DISPLAY0
                SETB      O_DISPLAY1
                MOV       DPTR,#DATA
                MOV       A,BUFFER3
                MOVC      A,@A+DPTR
                MOV       P0,A
                CLR       O_DISPLAY0
                ACALL     DELAY_10ms
                SETB      O_DISPLAY0
                SETB      O_DISPLAY1
                RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
;
; RETURN COIN CANCEL
;*****
ROTATE_L:  MOV      R0,KEEP
           MOV      STEP,#00000001B

ROTATE_L_1:
           MOV      A,STEP
           SWAP     A
           CLR      C
           RLC      A
           JNC      NEXT_L
           MOV      STEP,#10000000B
           DJNZ     R0,ROTATE_L_1
           LCALL    CLR_LE
           RET

NEXT_L:    SWAP     A
           MOV      STEP,A
           MOV      P0,A
           LCALL    DRIVE_LE
           LCALL    DELAY_100ms
           AJMP     ROTATE_L_1

;*****
;
; KEEP COIN      OK
;*****
ROTATE_R:  MOV      R0,KEEP
ROTATE_R_1:
           MOV      A,STEP
           CLR      C
           RRC      A
           JNC      NEXT_R
           MOV      STEP,#00010000B
           DJNZ     R0,ROTATE_R_1
           RET

NEXT_R:    MOV      STEP,A
           MOV      P0,A
           LCALL    DRIVE_LE
           LCALL    DELAY_100ms
           AJMP     ROTATE_R_1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR_LE:    MOV        P0,#00H
DRIVE_LE:  SETB       SET_LATCH
           NOP
           CLR        SET_LATCH
           NOP
           RET

```

```

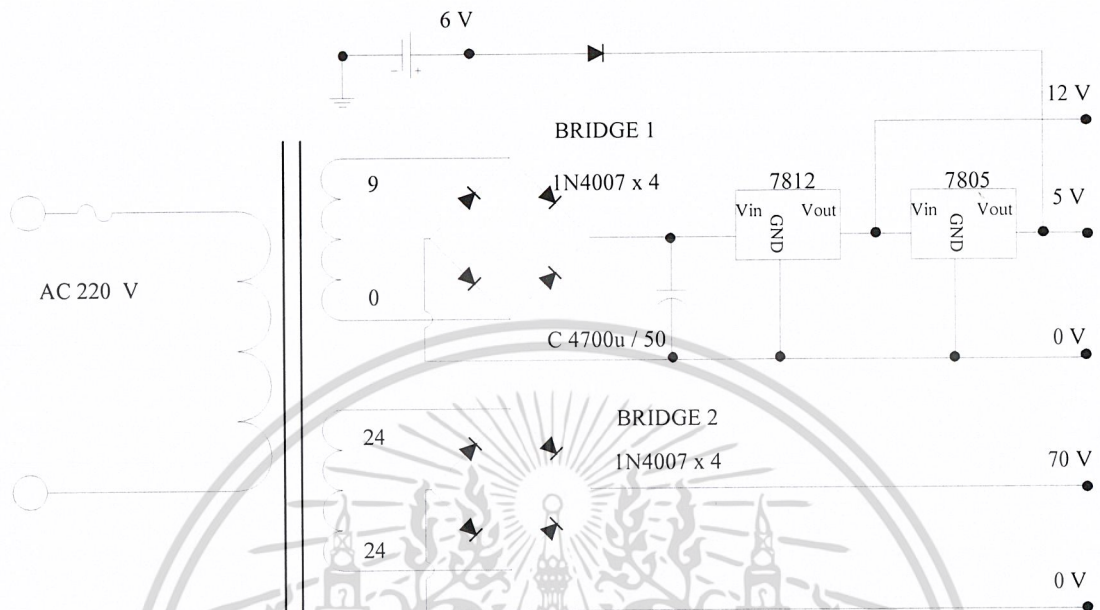
;*****
; Dummy Delay time I2C_DELAY, LCD_DELAY, 10m, 100m, 1s
;*****
DELAY_100ms:  MOV        R7,#100        ; Do 100 times
DELAY_100ms_1: MOV        R6,#0E6H      ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2: NOP
           NOP
           DJNZ       R6,DELAY_100ms_2
           DJNZ       R7,DELAY_100ms_1
           RET
DELAY_10ms:   MOV        R7,#10         ; Do 100 times
DELAY_10ms_1: MOV        R6,#0E6H      ; Each loop = 1 ms
DELAY_10ms_2: NOP
           NOP
           DJNZ       R6,DELAY_10ms_2
           DJNZ       R7,DELAY_10ms_1
           RET
DELAY_1s:    MOV        R5,#100         ; Do 100 times
DELAY_1s_1:  ACALL      DELAY_10ms
           DJNZ       R5,DELAY_1s_1
           RET
;*****
DATA:  DB    3FH,06H,5BH,4FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH
END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

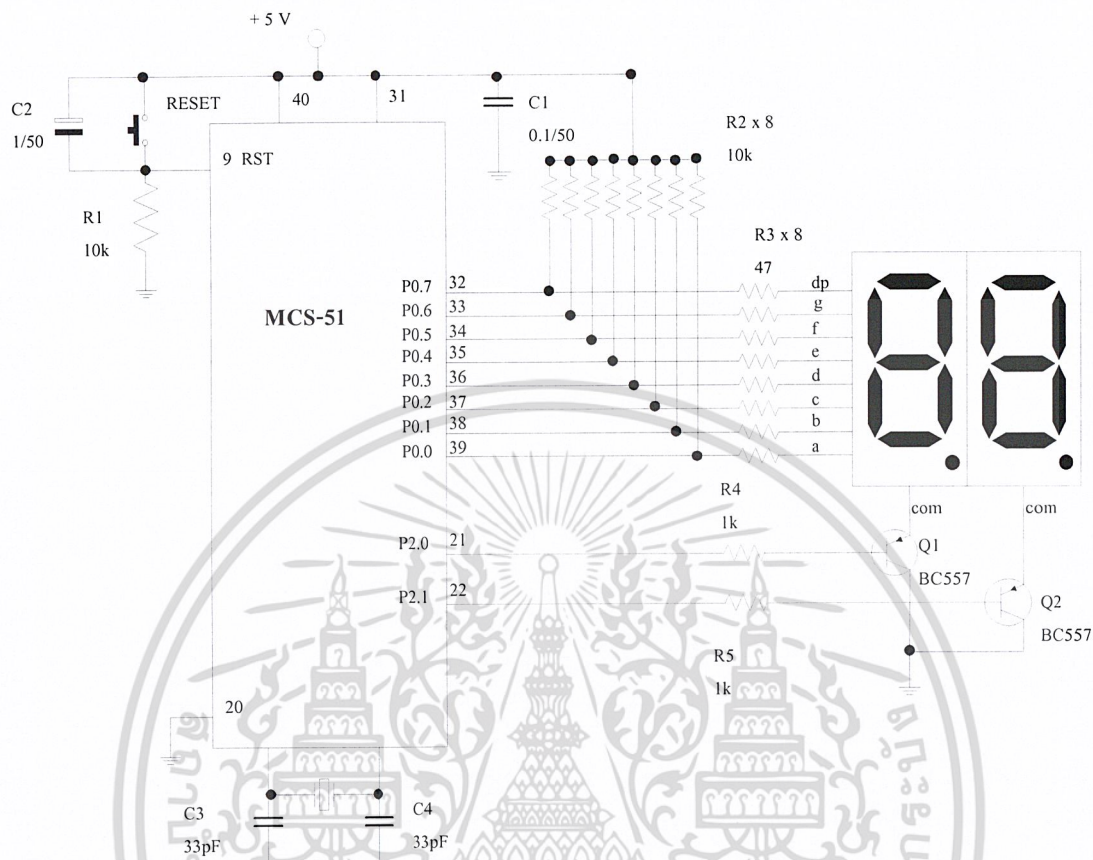


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



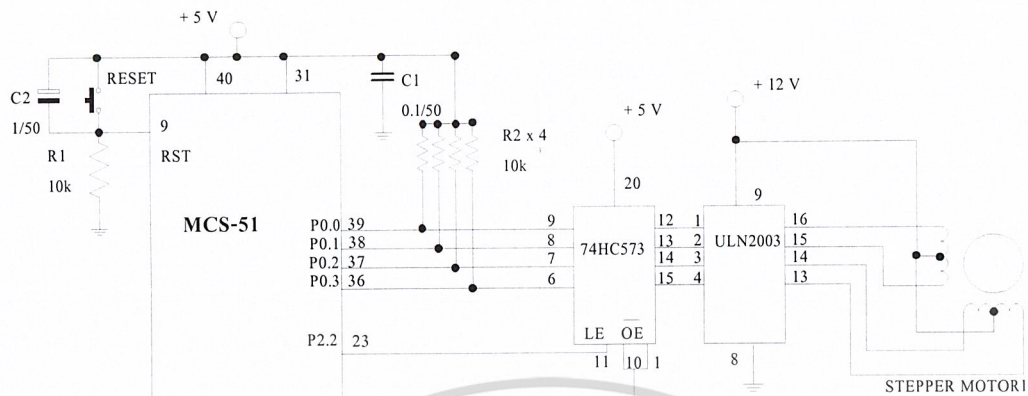
รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



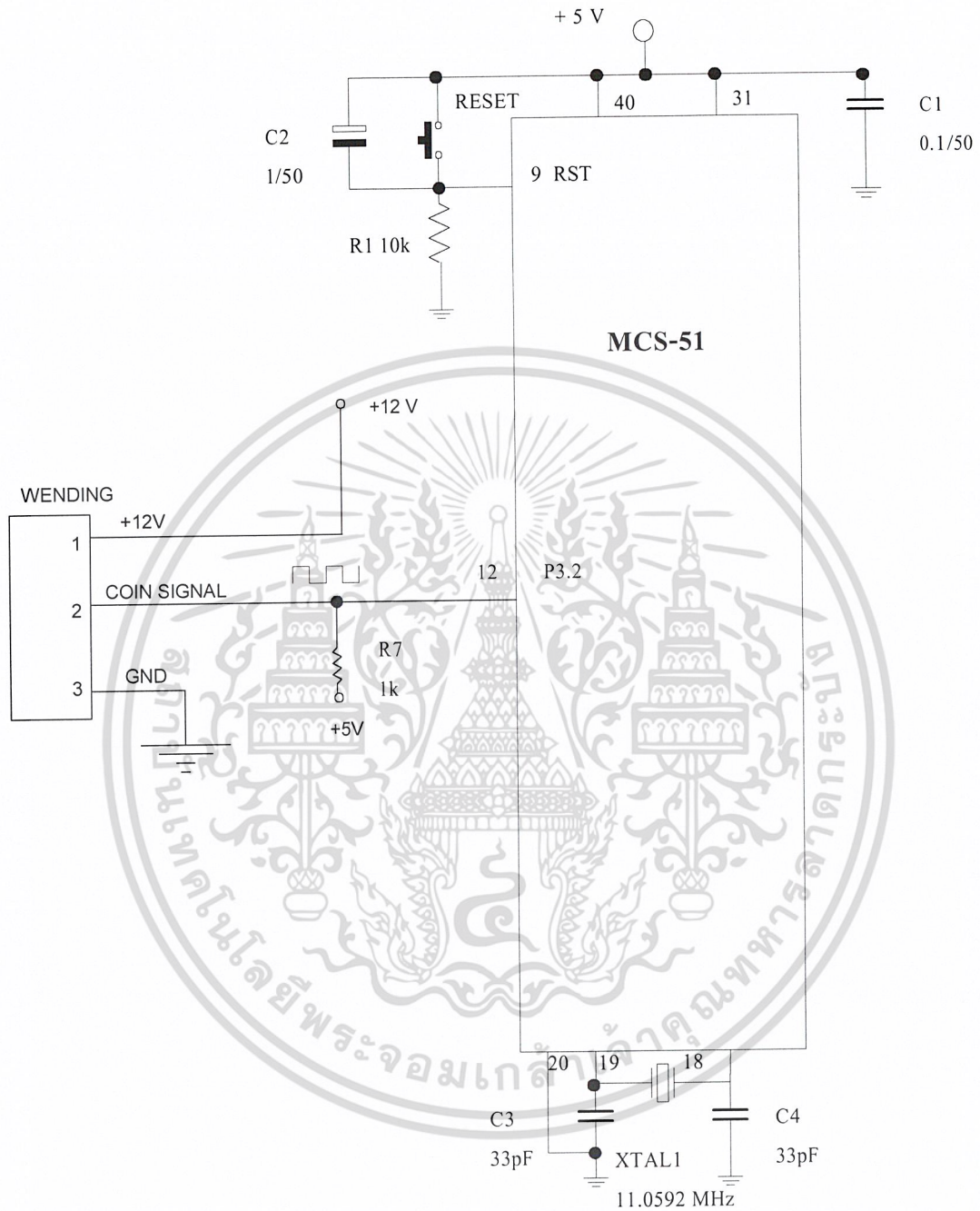
รูปที่ ข.2 วงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



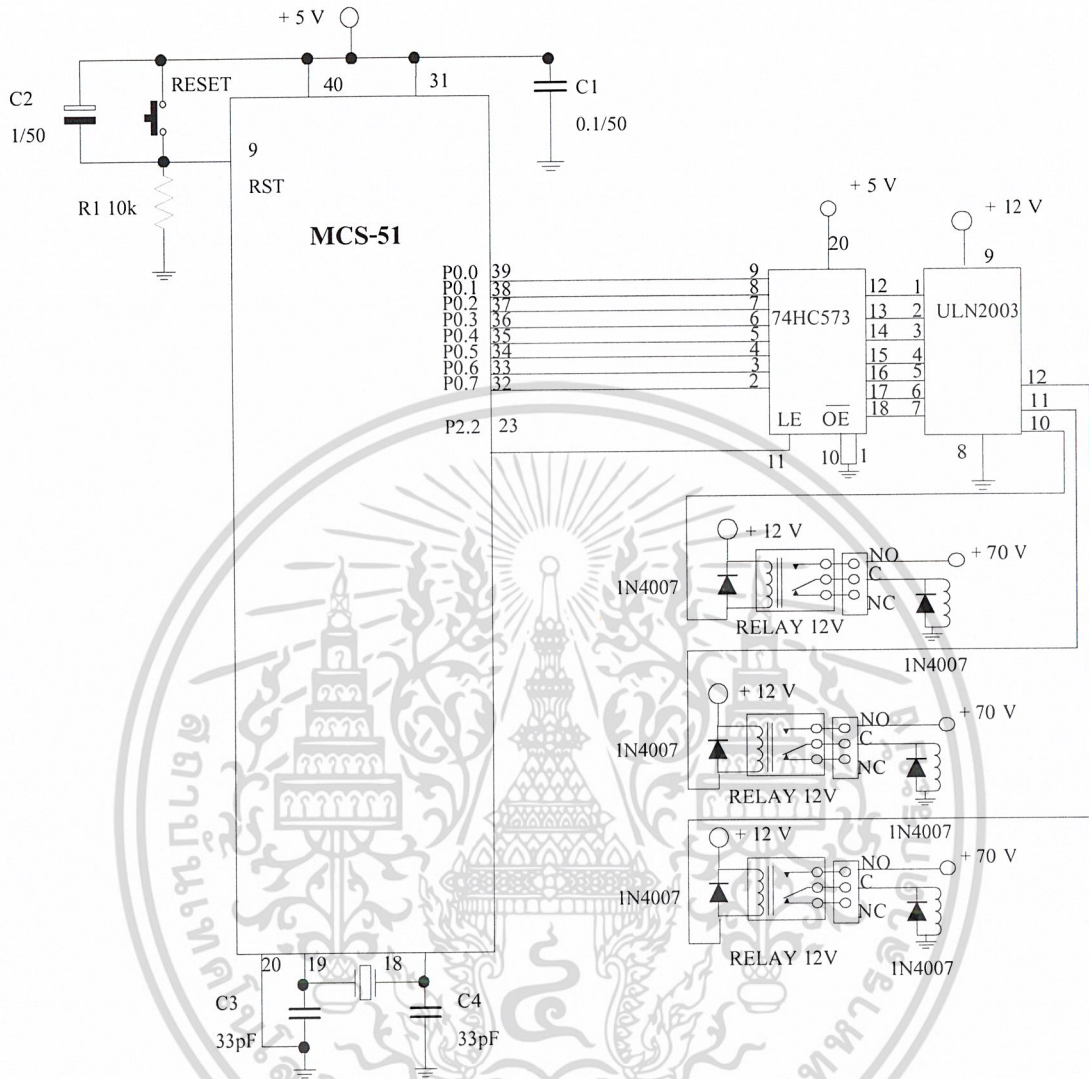
รูปที่ ข.3 วงจรภาคขับสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



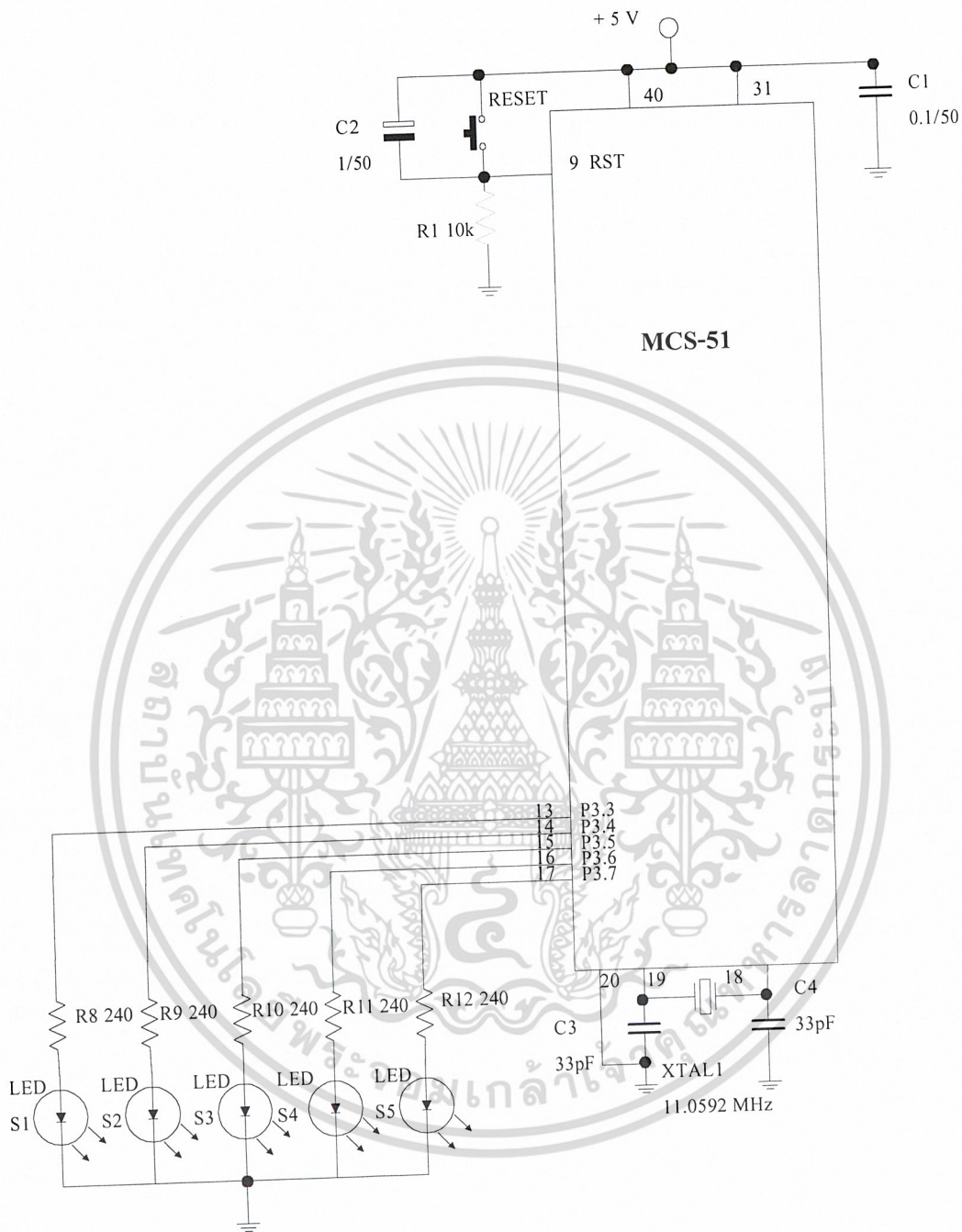
รูปที่ ข.4 วงจรตัวนับเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



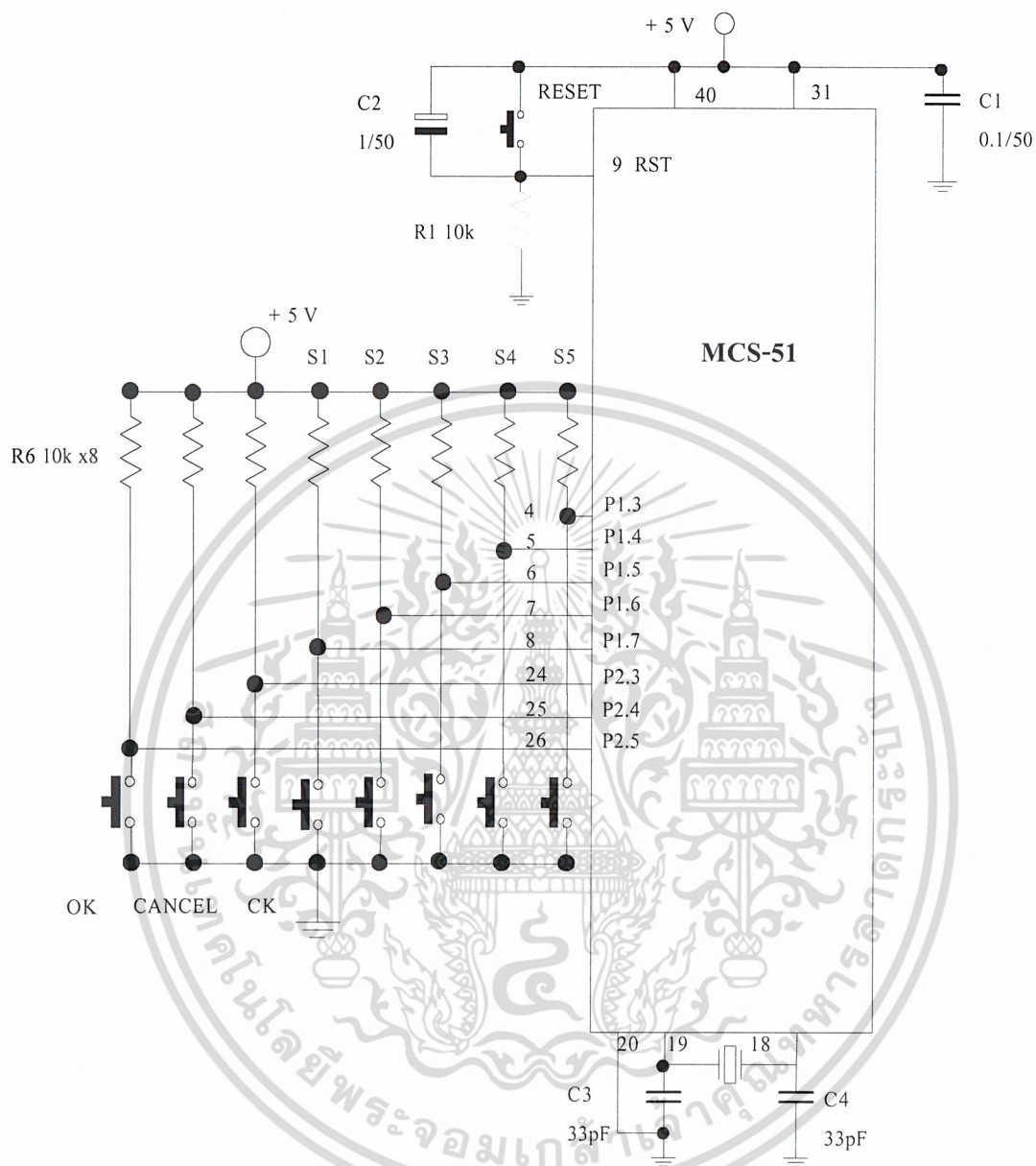
รูปที่ ข.5 วงจรส่วนทอนเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



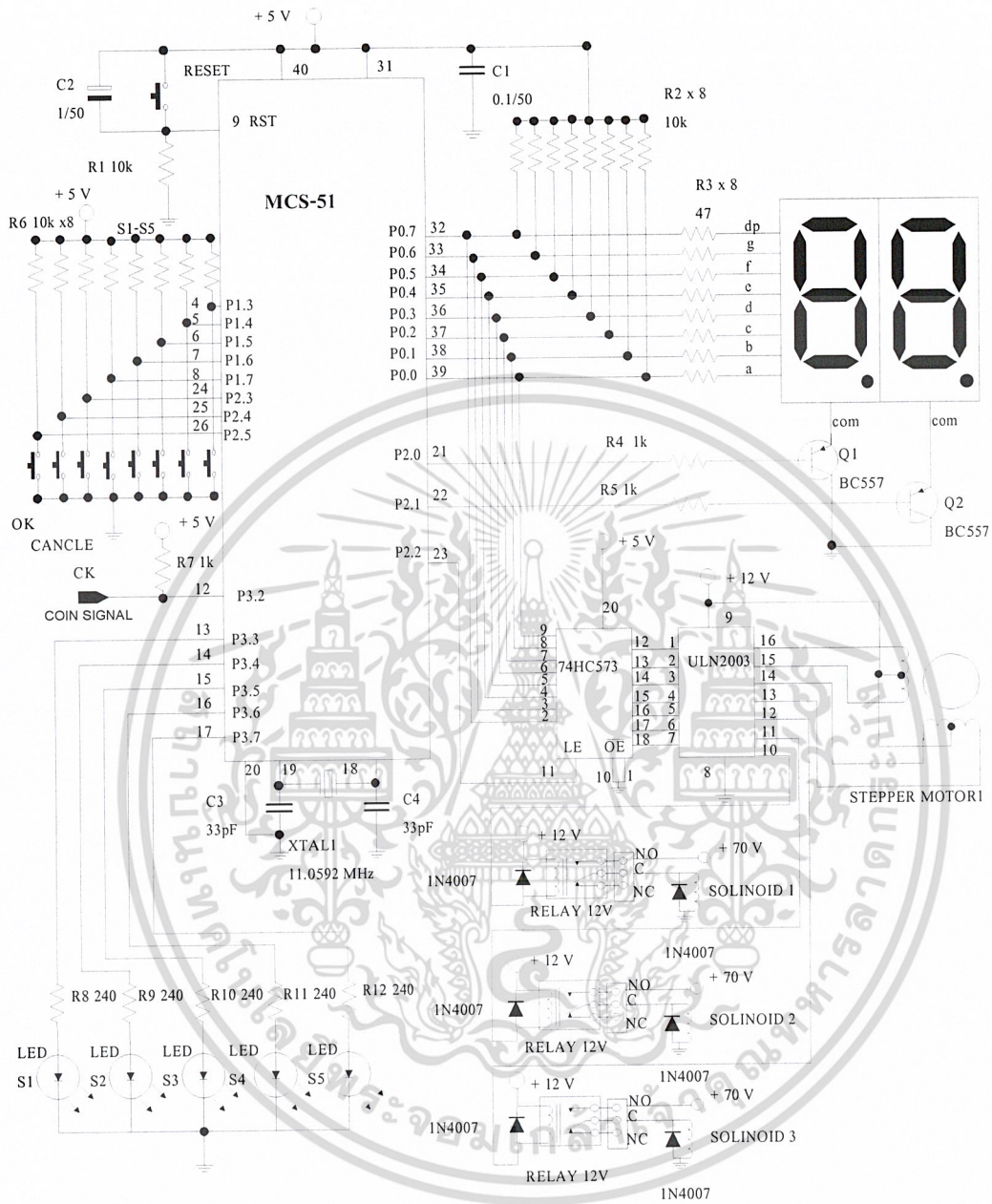
รูปที่ ข.6 วงจรแสดงสถานะสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 วงจรสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.8 วงจรเครื่องขายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก  
คู่มือการใช้งาน



คู่มือการใช้งาน  
เครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

**AUTOMATIC VENDING MACHINE USING MCS-8051**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



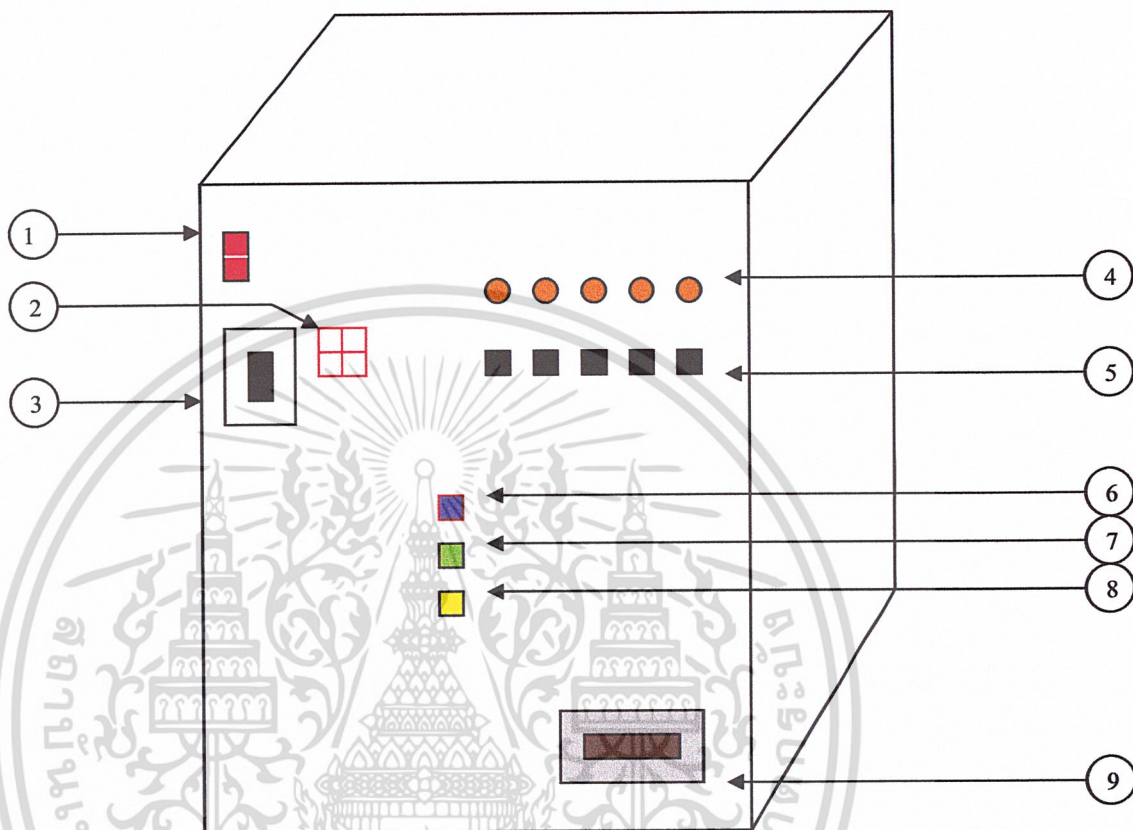
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2547

## 1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะใช้งานเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัตินี้ ควรทำการศึกษารูปร่างจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อผลการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

## 2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ก.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

- ① สวิตช์ ON / OFF
- ② จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน
- ③ ช่องหยอดเหรียญ
- ④ แอลอีดีแสดงรายการสินค้าที่ซื้อได้
- ⑤ สวิตช์เลือกสินค้า
- ⑥ สวิตช์ยืนยัน
- ⑦ สวิตช์ยกเลิกสินค้า
- ⑧ สวิตช์เช็คยอดขายและจำนวนสินค้า
- ⑨ ช่องรับเงินทอน

### 3. ขั้นตอนการติดตั้ง

- 3.1 ทำการติดตั้งเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติ เสียบปลั๊กไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์
- 3.2 กดสวิตช์เปิดเครื่อง ไฟที่จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนจะติดเป็นเลข 00
- 3.3 เติมเงินทอนในช่องบรรจุเงินทอน
- 3.4 ตั้งตำแหน่งที่ทอนเหรียญของสแตมป์มอเตอร์
- 3.5 เครื่องพร้อมทำงาน

### 4. ขั้นตอนการใช้งาน

- หยอดเหรียญ 1 บาท 5 บาท หรือ 10 บาท ให้ครบตามจำนวนหรือมากกว่าราคาสินค้าที่ต้องการ (เมื่อทำการหยอดเหรียญตามมูลค่าสินค้าหรือมากกว่า ไฟจะติดที่สินค้าที่สามารถซื้อได้)
- กดเลือกชนิดสินค้าที่ต้องการ
- กดยืนยันหรือยกเลิกการทำงาน
- รับเงินทอนที่ช่องรับเงินทอนกรณีที่หยอดเหรียญเกินราคาสินค้า
- กดสวิตช์ตรวจสอบ (สำหรับผู้ติดตั้ง) เพื่อดูยอดขายและจำนวนของที่เหลือ
- กดรีเซ็ต (สำหรับผู้ติดตั้ง) เพื่อเริ่มการติดตั้งใหม่

### 5. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานของเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติสามารถตรวจสอบแนวทางแก้ไขปัญหามือต้นจากตารางดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
จอแสดงผลไม่ติด, ไฟแสดงผลไม่ติด	ตรวจแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง, ปลั๊กหลวม, ไม่ได้เปิดสวิตช์
ไม่ได้รับเงินทอน	เงินทอนหมดหรือเหรียญค้างที่ช่อง ทอน
ไม่สามารถเลือกสินค้าได้	สินค้าหมดหรือชุดจ่ายสินค้าไม่ทำงาน
ภาคแสดงผลไม่แจ้งสถานะการทำงาน	ไดโอดเปล่งแสงหรือตัวแสดงผลแบบ ตัวเลขเจ็ดส่วนอาจเสียหรืออาจเกิดไฟฟ้า สถิตย์ที่ภาคประมวลผล

## 6. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

### 6.1 การดูแลรักษา

- ตรวจสอบปริมาณจำนวนของสินค้าบนเก็ลยวแขวนสินค้าอยู่เสมอ
- ตรวจสอบปริมาณของเหรียญในช่องรับเหรียญและช่องทอนเหรียญอยู่เสมอ
- ไม่ควรติดตั้งเครื่องจำหน่ายสินค้าสำเร็จรูปแบบอัตโนมัติใกล้บริเวณที่เปียกชื้น

### 6.2 ข้อควรระวัง

- ก่อนการซ่อมบำรุงทุกครั้งต้องถอดปลั๊กออกก่อนเสมอ
- หากพบความผิดปกติใดๆ ของเครื่องที่อยู่ยากเกินกว่าข้อมูลการซ่อมบำรุงเบื้องต้น ควรจะแจ้งให้ช่างผู้ชำนาญการทราบเพื่อแก้ไขต่อไป
- ควรติดตั้งตัวเครื่องไว้ในบริเวณที่ปลอดภัยและห่างจากความชื้น

## 7. ข้อมูลจำเพาะ

- แหล่งจ่ายพลังงาน - ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์ 3 แอมป์
- ชนิดเหรียญที่ใช้ได้ - สามารถรับเหรียญ 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท
- เหรียญที่ทอนได้ - สามารถทอนเหรียญ 1 บาท 5 บาท และ 10 บาท
- มีระบบการทอน 2 ส่วน คือ จากสเต็มมอเตอร์ที่ทำงานเมื่อหยอดเหรียญ แล้วกดยกเลิกการซื้อ และจากการเลือกซื้อแล้วต้องการยกเลิกการซื้อสินค้าต่อจะได้จากโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความจุของเครื่อง - ตามความต้องการ (ใส่ตอนเขียนโปรแกรม) ในที่นี้ มี 5 ชนิด
- ราคาสินค้า - ตามความต้องการ (ใส่ตอนเขียนโปรแกรม) ในที่นี้มีราคา  
2,5,10,15,25 และ 40 บาท
- การเลือกซื้อ - สามารถจำหน่ายสินค้าได้ที่ละหนึ่งชนิดเท่านั้นต่อการสั่งซื้อหนึ่งครั้ง
- การตรวจสอบ - มีสวิทช์เช็คยอดขายและจำนวนสินค้า



รูป ก.2 ตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง  
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



September 1983  
Revised May 2000

# MM74HC573

## 3-STATE Octal D-Type Latch

### General Description

The MM74HC573 high speed octal D-type latches utilize advanced silicon-gate P-well CMOS technology. They possess the high noise immunity and low power consumption of standard CMOS integrated circuits, as well as the ability to drive 15 LS-TTL loads. Due to the large output drive capability and the 3-STATE feature, these devices are ideally suited for interfacing with bus lines in a bus organized system.

When the LATCH ENABLE(LE) input is HIGH, the Q outputs will follow the D inputs. When the LATCH ENABLE goes LOW, data at the D inputs will be retained at the outputs until LATCH ENABLE returns HIGH again. When a HIGH logic level is applied to the OUTPUT CONTROL OC input, all outputs go to a HIGH impedance state, regardless

of what signals are present at the other inputs and the state of the storage elements.

The 74HC logic family is speed, function and pinout compatible with the standard 74LS logic family. All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diode clamps to  $V_{CC}$  and ground.

### Features

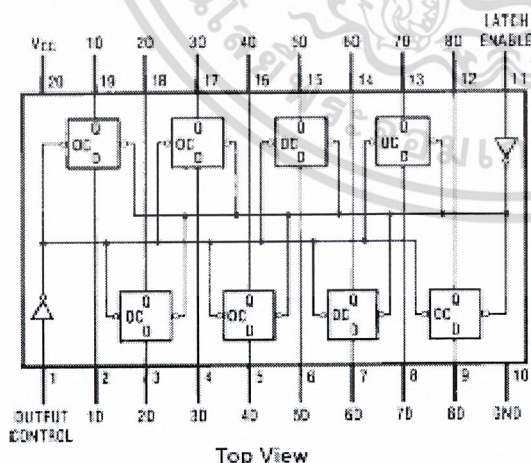
- Typical propagation delay: 18 ns
- Wide operating voltage range: 2 to 6 volts
- Low input current: 1  $\mu$ A maximum
- Low quiescent current: 80  $\mu$ A maximum (74HC Series)
- Compatible with bus-oriented systems
- Output drive capability: 15 LS-TTL loads

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC573WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300 Wide
MM74HC573SJ	M20D	20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC573MTC	MT020	20-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC573N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

### Connection Diagram



### Truth Table

Output Control	Latch Enable	Data	Output
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	$Q_C$
H	X	X	Z

H = HIGH Level  
L = LOW Level  
 $Q_C$  = Level of output before steady-state input conditions were established.  
Z = High Impedance  
X = Don't Care

**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

(Note 2)

Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	-0.5 to +7.0V
DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-1.5 to $V_{CC}$ +1.5V
DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )	-0.5 to $V_{CC}$ +0.5V
Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )	$\pm 20$ mA
DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )	$\pm 35$ mA
DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ )	$\pm 70$ mA
Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )	-65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ )	
(Note 3)	600 mW
S.O. Package only	500 mW
Lead Temperature ( $T_L$ )	
(Soldering 10 seconds)	260°C

**Recommended Operating Conditions**

	Min	Max	Units
Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	2	6	V
DC Input or Output Voltage ( $V_{IN}, V_{OUT}$ )	0	$V_{CC}$	V
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	-40	+85	°C
Input Rise or Fall Times ( $t_r, t_f$ )			
$V_{CC} = 2.0V$		1000	ns
$V_{CC} = 4.5V$		500	ns
$V_{CC} = 6.0V$		400	ns

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.

Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: — 12 mW/°C from 55°C to 85°C.

**DC Electrical Characteristics** (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$			Units	
				Typ	Guaranteed Limits			
$V_{IH}$	Minimum HIGH Level Input Voltage		2.0V	1.5	1.5	1.5	V	
			4.5V	3.15	3.15	3.15	V	
			6.0V	4.2	4.2	4.2	V	
$V_{IL}$	Maximum LOW Level Input Voltage		2.0V	0.5	0.6	0.5	V	
			4.5V	1.35	1.35	1.35	V	
			6.0V	1.8	1.8	1.8	V	
$V_{OH}$	Minimum HIGH Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $I_{OUT} \leq 20 \mu\text{A}$	2.0V	2.0	1.9	1.9	V	
			4.5V	4.5	4.4	4.4	V	
			6.0V	6.0	5.9	5.9	V	
		$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $I_{OUT} \leq 6.0 \text{ mA}$ $I_{OUT} \leq 7.8 \text{ mA}$	4.5V	4.2	3.98	3.84	3.7	V
			6.0V	5.7	5.48	5.34	5.2	V
$V_{OL}$	Maximum LOW Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $I_{OUT} \leq 20 \mu\text{A}$	2.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5V	0	0.1	0.1	0.1	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
		$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $I_{OUT} \leq 6.0 \text{ mA}$ $I_{OUT} \leq 7.8 \text{ mA}$	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
			6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
$I_{IN}$	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND	6.0V		$\pm 0.1$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$	$\mu\text{A}$
$I_{OZ}$	Maximum 3-STATE Output Leakage Current	$V_{OUT} = V_{CC}$ or GND $V_{CC} = V_{IH}$	6.0V		$\pm 0.5$	$\pm 5.0$	$\pm 10$	$\mu\text{A}$
$I_{CC}$	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu\text{A}$	6.0V		8.0	80	160	$\mu\text{A}$
$\Delta I_{CC}$	Quiescent Supply Current per Input Pin	$V_{CC} = 5.5V$ $V_{IN} = 2.4V$ or 0.4V (Note 4)	OE	1.0	1.5	1.8	2.0	nA
			LE	0.6	0.8	1.0	1.1	nA
			DATA	0.4	0.5	0.6	0.7	nA

Note 4: For a power supply of 5V  $\pm 10\%$  the worst-case output voltages ( $V_{OH}$  and  $V_{OL}$ ) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst-case  $V_{IH}$  and  $V_{IL}$  occur at  $V_{CC} = 5.5V$  and 4.5V respectively. (The  $V_{IH}$  value at 5.5V is 3.95V.) The worst-case leakage current ( $I_{IK}$ ,  $I_{OK}$ , and  $I_{CC}$ ) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## PNP general purpose transistors

BC556; BC557

## FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 65 V).

## APPLICATIONS

- General purpose switching and amplification.

## DESCRIPTION

PNP transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.  
NPN complements: BC546 and BC547.

## PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector

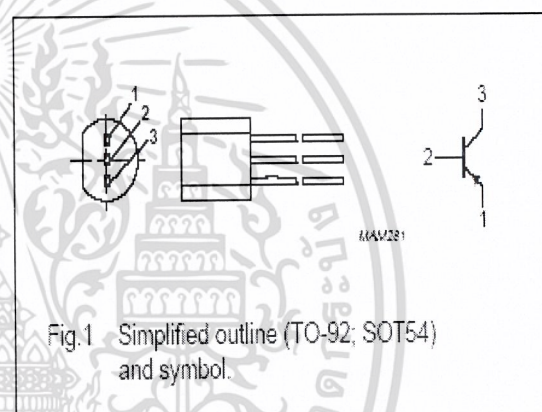


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

## LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CB0}$	collector-base voltage	open emitter			
	BC556		–	–80	V
	BC557		–	–50	V
$V_{CE0}$	collector-emitter voltage	open base			
	BC556		–	–65	V
	BC557		–	–45	V
$V_{EB0}$	emitter-base voltage	open collector	–	–5	V
$I_C$	collector current (DC)		–	–100	mA
$I_{CM}$	peak collector current		–	–200	mA
$I_{BM}$	peak base current		–	–200	mA
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	–	500	mW
$T_{stg}$	storage temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$
$T_j$	junction temperature		–	150	$^\circ\text{C}$
$T_{amb}$	operating ambient temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PNP general purpose transistors

BC556; BC557

## THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

## Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

## CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$I_{CBO}$	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = -30\text{ V}$	–	–1	–15	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = -30\text{ V}; T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	–4	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = -5\text{ V}$	–	–	–100	nA
$h_{FE}$	DC current gain BC556 BC557 BC556A BC556B; BC557B BC557C	$I_C = -2\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4	125	–	475	
			125	–	800	
			125	–	250	
			220	–	475	
			420	–	800	
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -0.5\text{ mA}$	–	–60	–300	mV
		$I_C = -100\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$	–	–180	–650	mV
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -0.5\text{ mA};$ note 1	–	–750	–	mV
		$I_C = -100\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA};$ note 1	–	–930	–	mV
$V_{BE}$	base-emitter voltage	$I_C = -2\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V};$ note 2	–600	–650	–750	mV
		$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V};$ note 2	–	–	–820	mV
$C_c$	collector capacitance	$I_E = I_C = 0; V_{CB} = -10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	3	–	pF
$C_e$	emitter capacitance	$I_C = I_E = 0; V_{EB} = -0.5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	10	–	pF
$f_T$	transition frequency	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz
F	noise figure	$I_C = -200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = -5\text{ V}; R_S = 2\text{ k}\Omega;$ $f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	–	2	10	dB

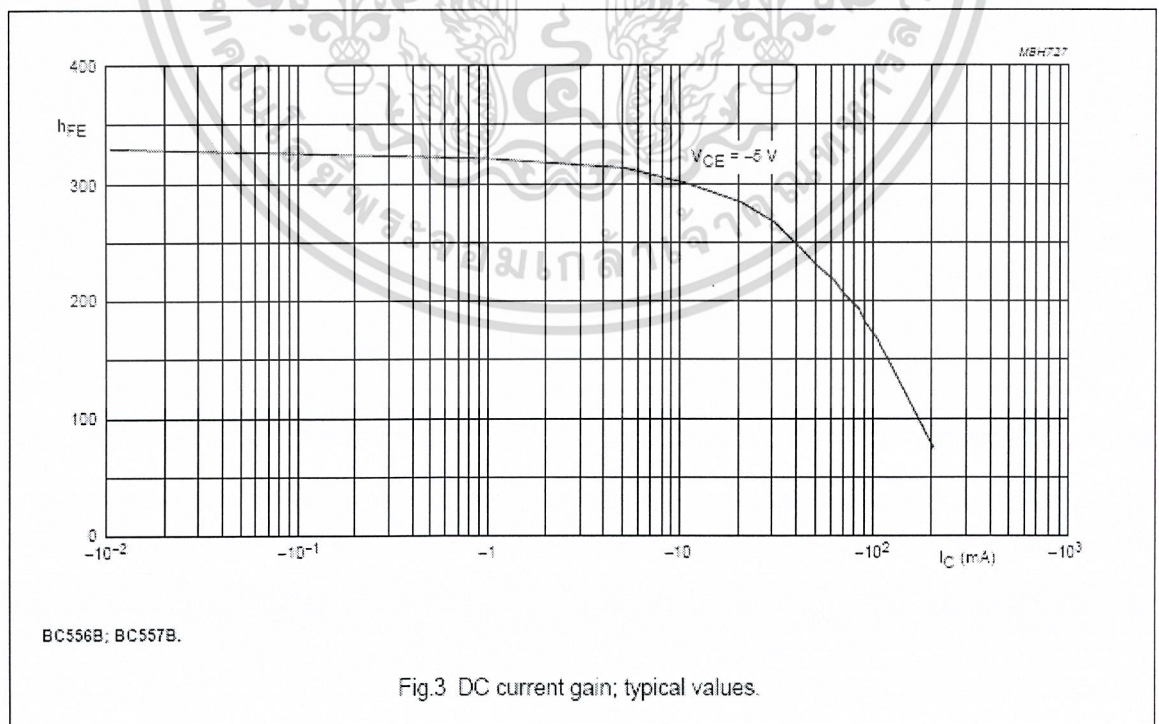
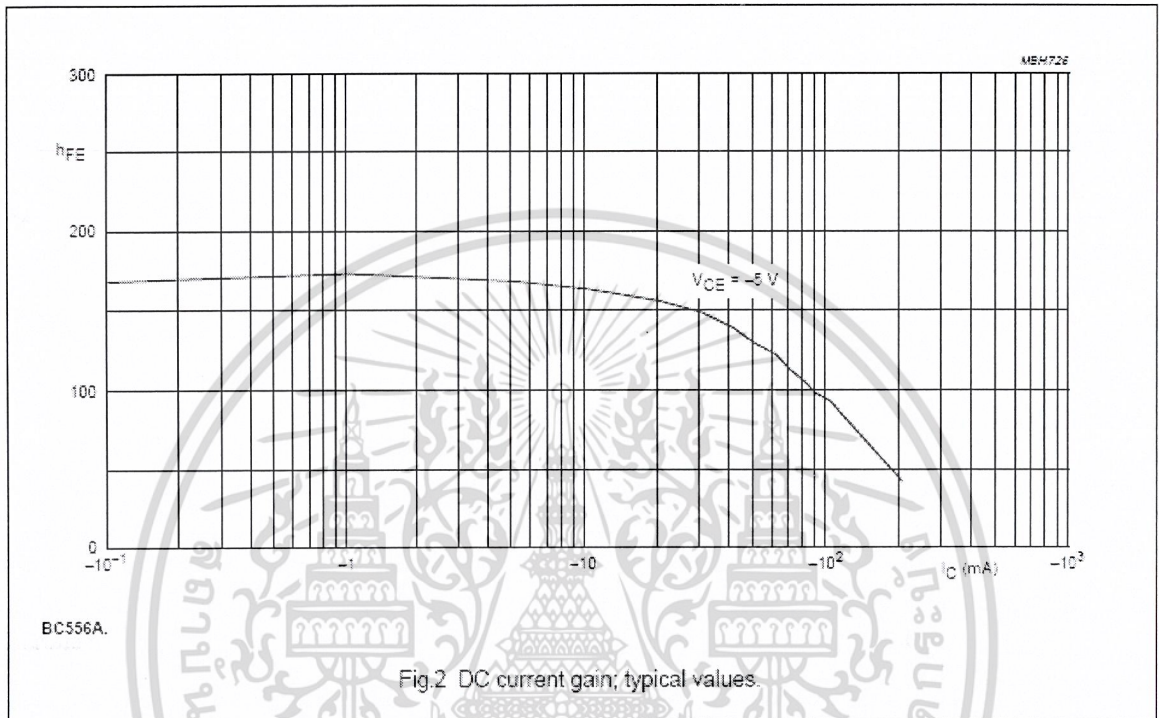
## Notes

1.  $V_{BEsat}$  decreases by about  $-1.7\text{ mV/K}$  with increasing temperature.
2.  $V_{BE}$  decreases by about  $-2\text{ mV/K}$  with increasing temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PNP general purpose transistors

BC556; BC557



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

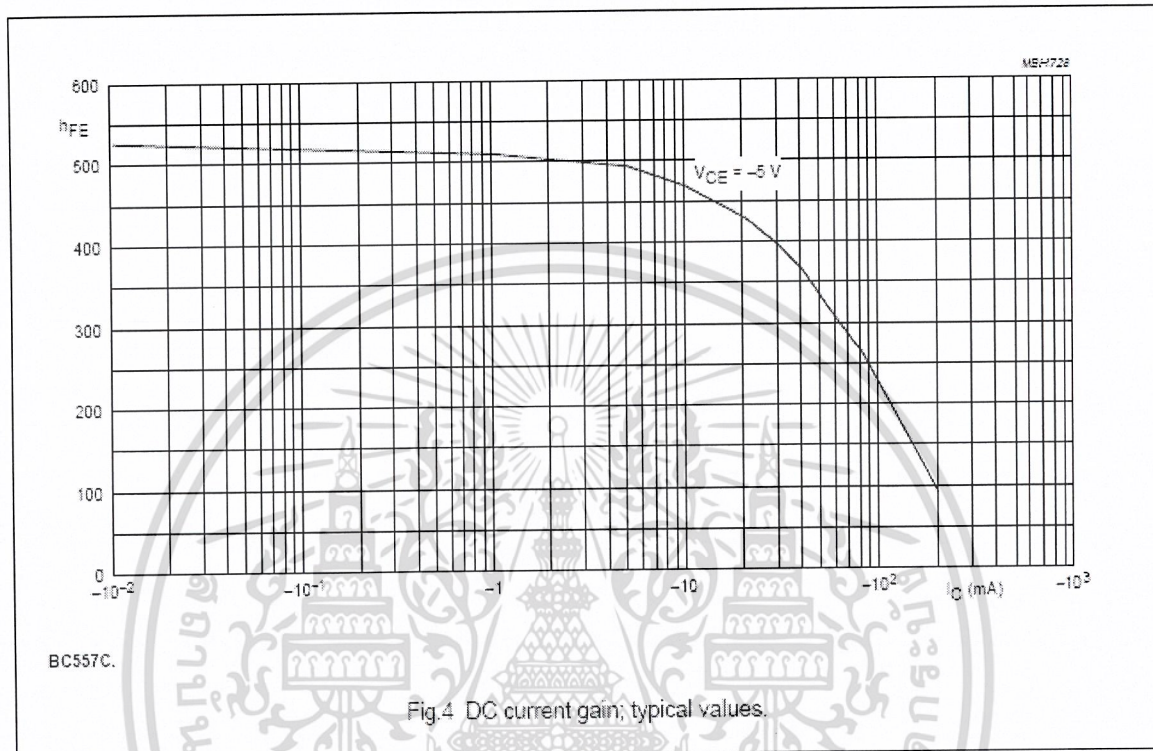


Fig.4 DC current gain; typical values.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

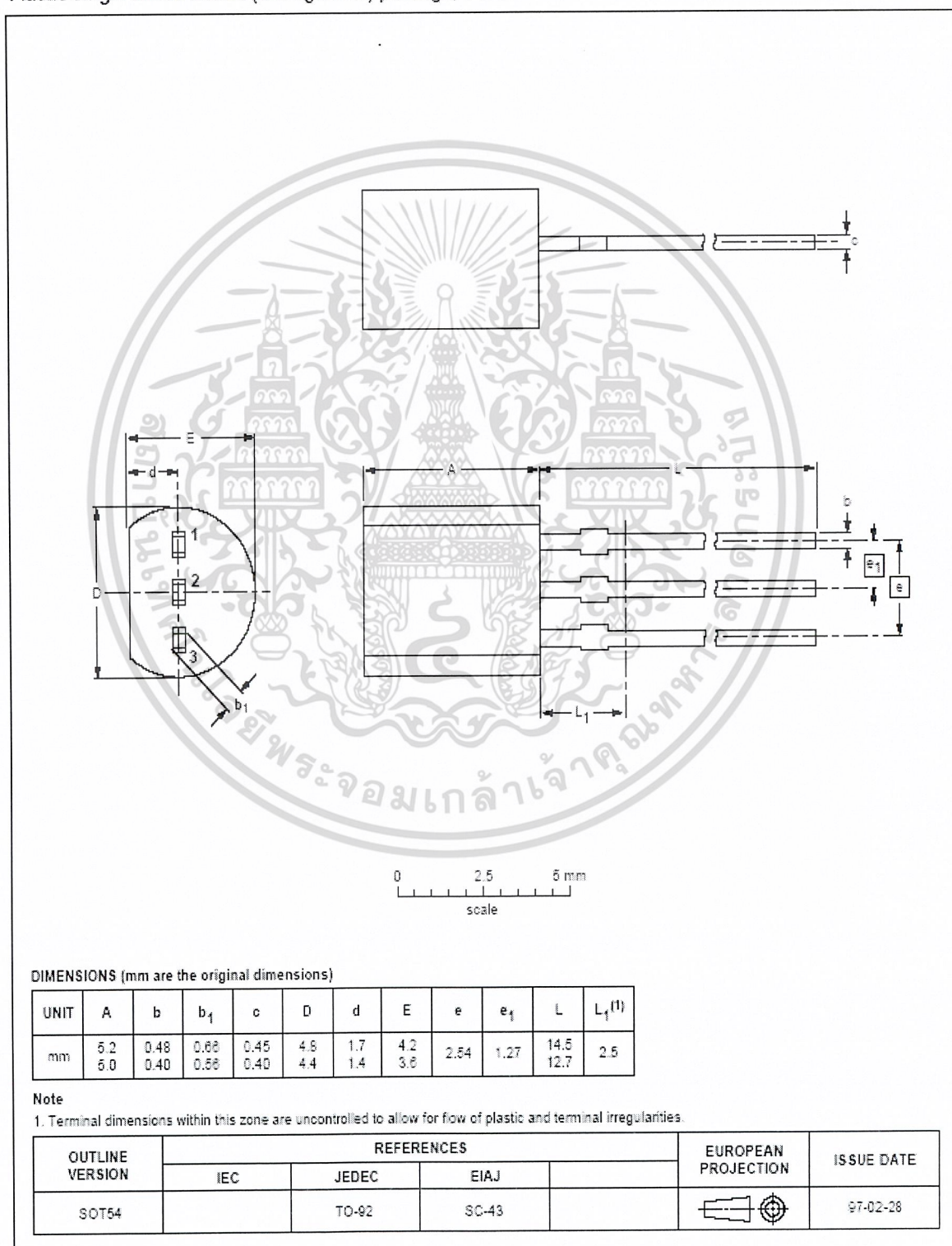
## PNP general purpose transistors

BC556; BC557

## PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

---

**PNP general purpose transistors**
**BC556; BC557**


---

**DEFINITIONS**

<b>Data sheet status</b>	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
<b>Limiting values</b>	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
<b>Application information</b>	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

**LIFE SUPPORT APPLICATIONS**

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

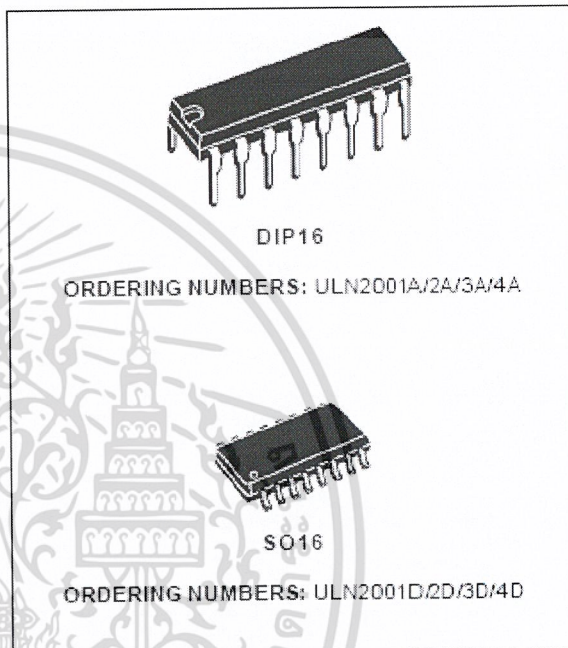
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

## SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



### DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

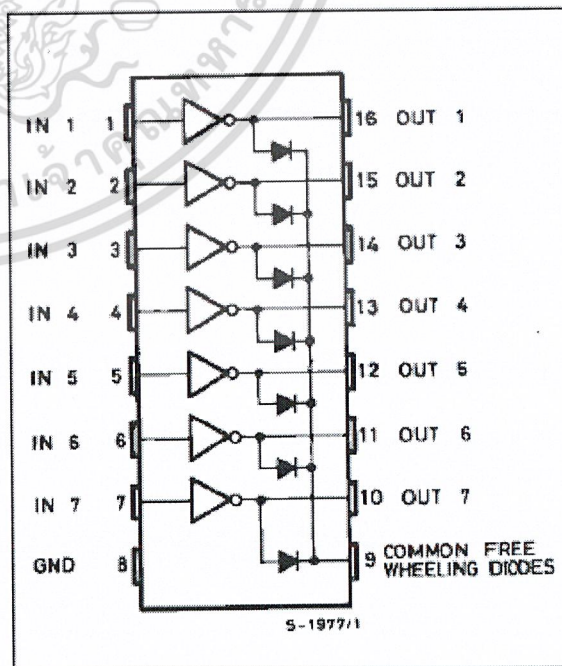
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

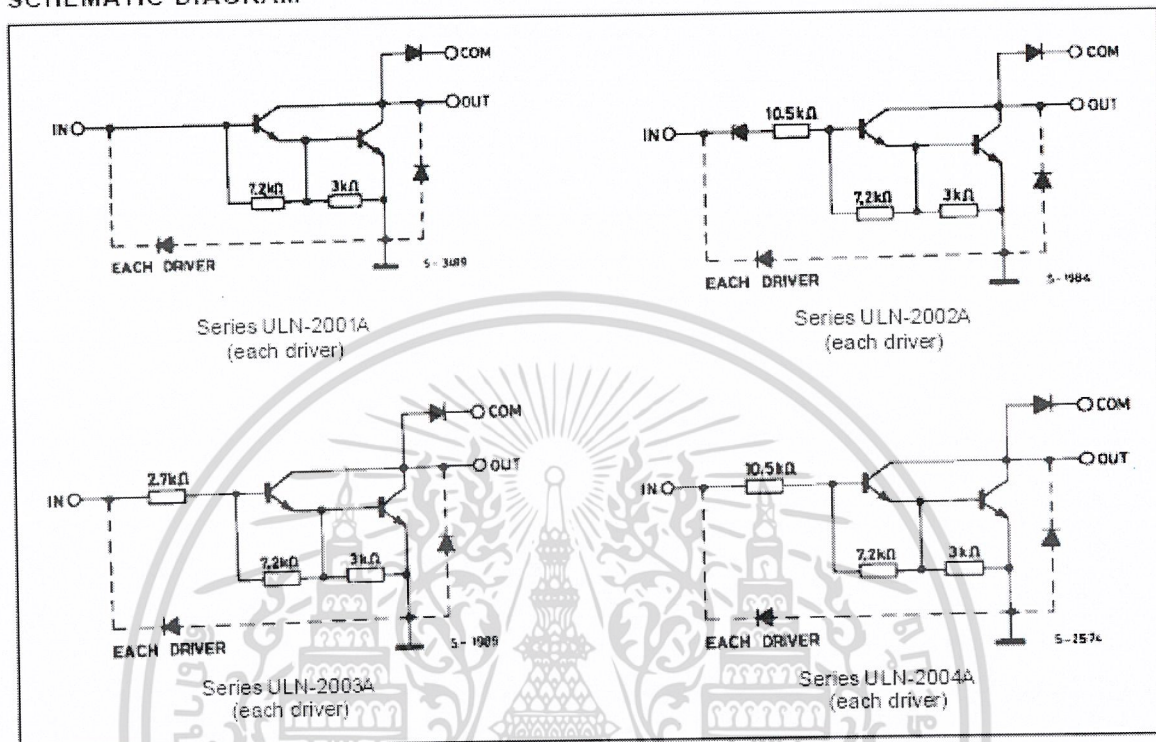
The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

### PIN CONNECTION



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_o$	Output Voltage	50	V
$V_{in}$	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
$I_c$	Continuous Collector Current	500	mA
$I_b$	Continuous Base Current	25	mA
$T_{amb}$	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
$T_j$	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 70	100	°C/W

## ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
$I_{CEX}$	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, V_{CE} = 50\text{V}$			50 100	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	1a 1a
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ for ULN2002A $V_{CE} = 50\text{V}, V_I = 6\text{V}$			500	$\mu\text{A}$	1b
		for ULN2004A $V_{CE} = 50\text{V}, V_I = 1\text{V}$			500	$\mu\text{A}$	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V	2
		$I_C = 200\text{mA}, I_B = 350\mu\text{A}$		1.1	1.3	V	2
		$I_C = 350\text{mA}, I_B = 500\mu\text{A}$		1.3	1.6	V	2
$I_{(on)}$	Input Current	for ULN2002A, $V_I = 17\text{V}$		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2003A, $V_I = 3.85\text{V}$		0.93	1.35	mA	3
		for ULN2004A, $V_I = 5\text{V}$		0.35	0.5	mA	3
		$V_I = 12\text{V}$		1	1.45	mA	3
$I_{(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, I_C = 500\mu\text{A}$	50	65		$\mu\text{A}$	4
$V_{I(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ for ULN2002A $I_C = 300\text{mA}$			13		
		for ULN2003A $I_C = 200\text{mA}$			2.4		
		$I_C = 250\text{mA}$			2.7		
		$I_C = 300\text{mA}$			3		
		for ULN2004A $I_C = 125\text{mA}$			5		
		$I_C = 200\text{mA}$			6		
		$I_C = 275\text{mA}$			7		
		$I_C = 350\text{mA}$			8		
$h_{FE}$	DC Forward Current Gain	for ULN2001A $V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 350\text{mA}$	1000				2
$C_i$	Input Capacitance			15	25	pF	
$t_{PLH}$	Turn-on Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$		0.25	1	$\mu\text{s}$	
$t_{PHL}$	Turn-off Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$		0.25	1	$\mu\text{s}$	
$I_R$	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50\text{V}$			50	$\mu\text{A}$	6
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}, V_R = 50\text{V}$			100	$\mu\text{A}$	6
$V_F$	Clamp Diode Forward Voltage	$I_s = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

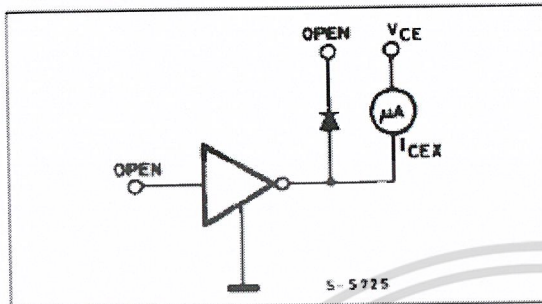


Figure 1b.

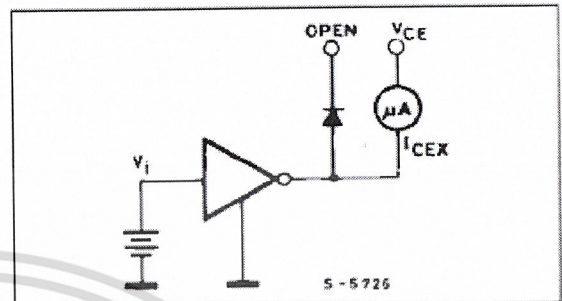


Figure 2.

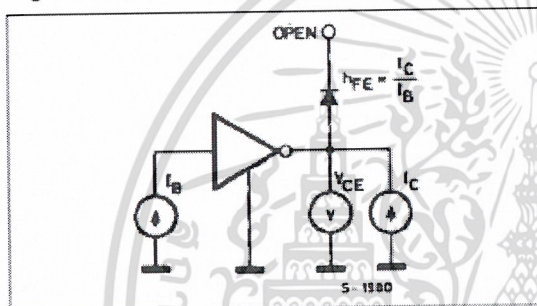


Figure 3.

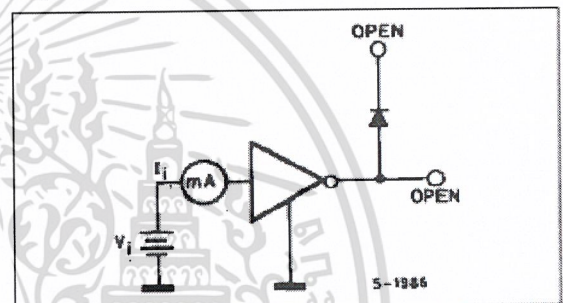


Figure 4.

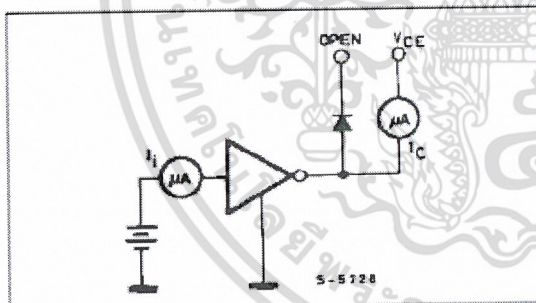


Figure 5.

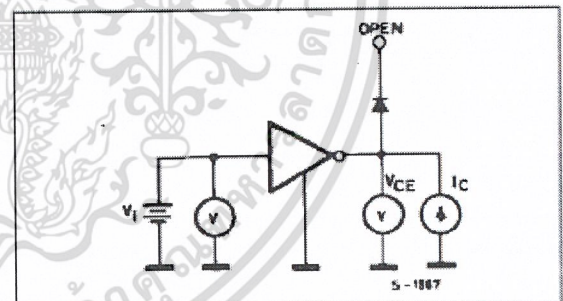


Figure 6.

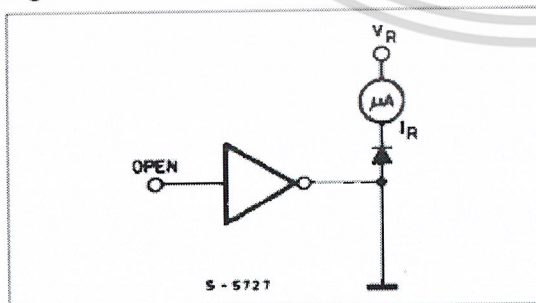
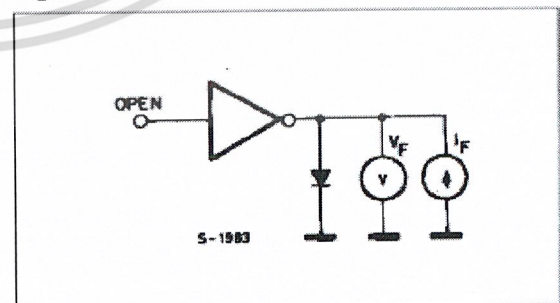


Figure 7.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

Figure 8: Collector Current versus Input Current

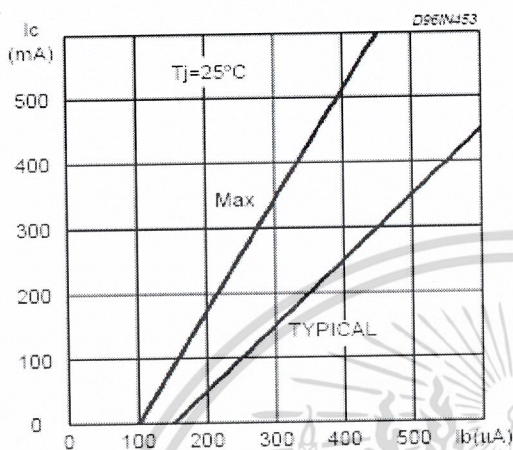


Figure 9: Collector Current versus Saturation Voltage

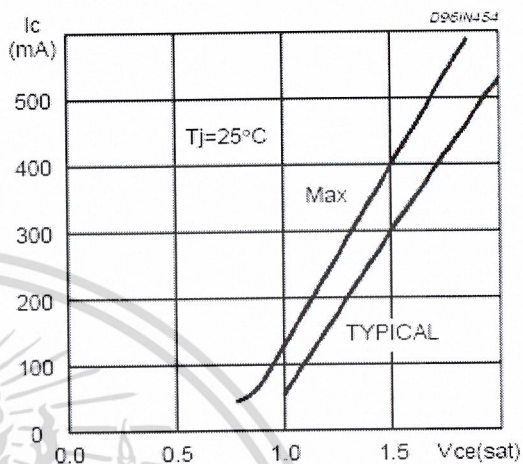


Figure 10: Peak Collector Current versus Duty Cycle

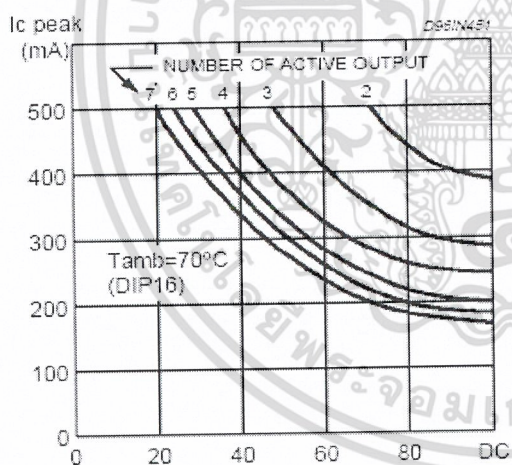
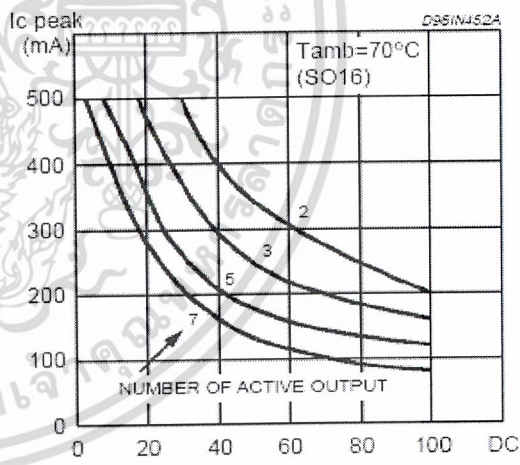


Figure 11: Peak Collector Current versus Duty Cycle

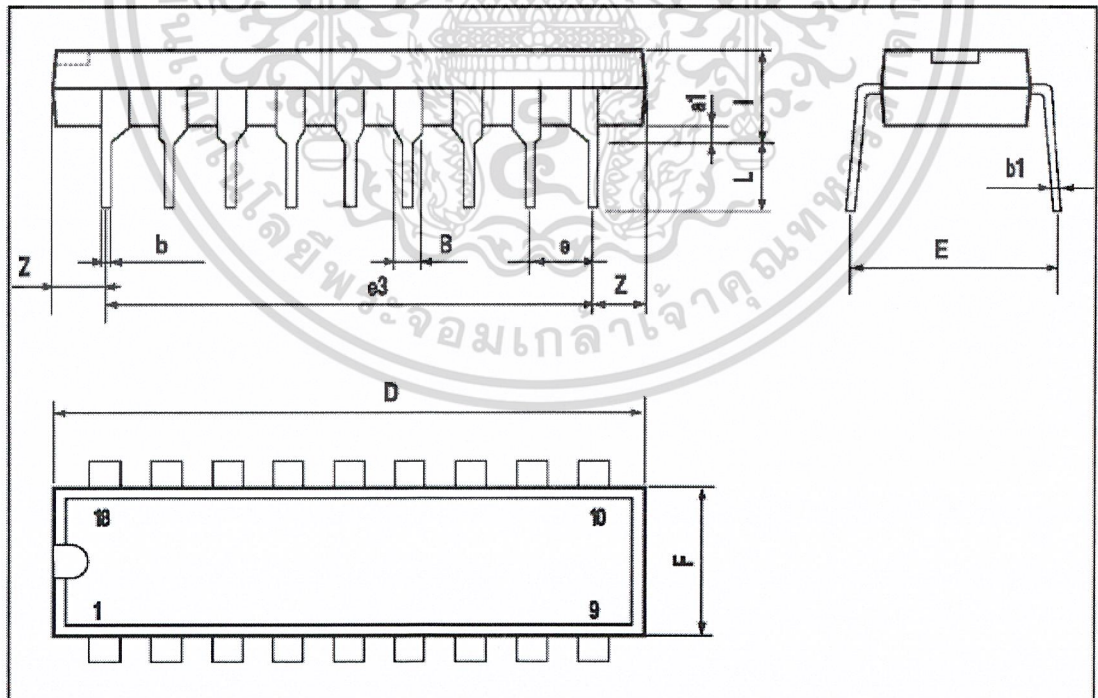


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

## DIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.77		1.65	0.030		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.1			0.280
I			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z			1.27			0.050



6/8

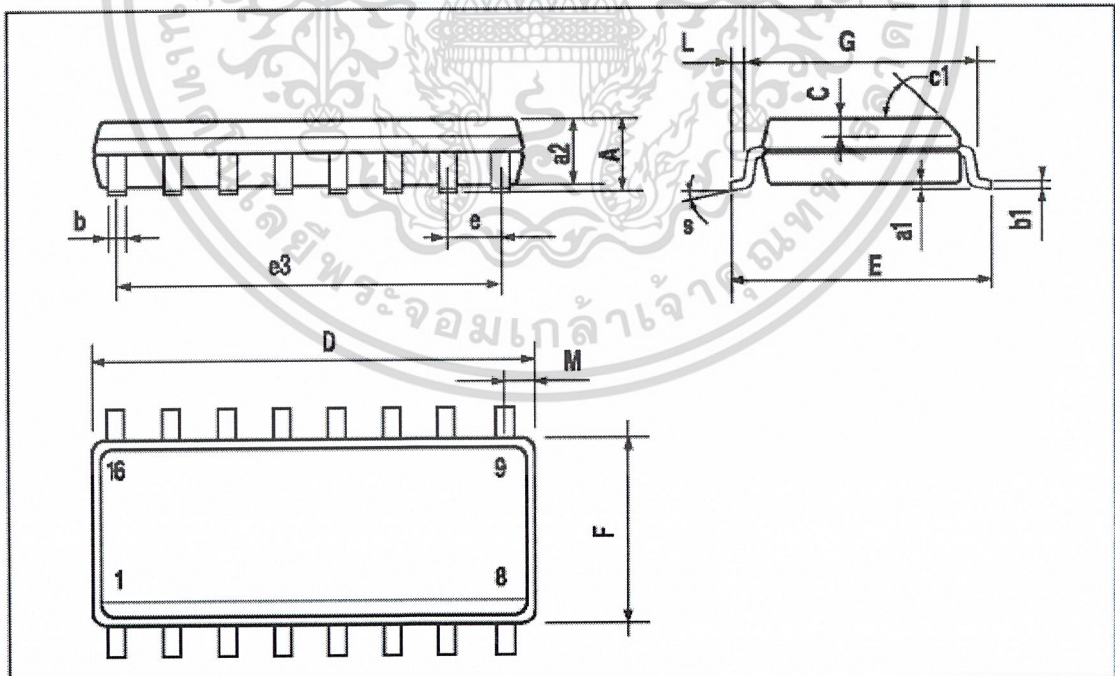


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

## SO16 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.009
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45 (typ.)					
D	9.8		10	0.386		0.394
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		8.89			0.350	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.62			0.024
S	8 (max.)					



7/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้