



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

The Automatic CD Vending Machine

ชื่อนักศึกษา	1. นางสาวกาญจนา ม่วงมี	รหัสประจำตัว	44035233
	2. นายชวีช เกิดศรีสุข	รหัสประจำตัว	44035244
	3. นายนิคม เฒ่าทอง	รหัสประจำตัว	44035248
	4. นายพรณ โรจนพันธ์	รหัสประจำตัว	44035253

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ปิยะ สุภวาราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม	
2. อาจารย์อำพล ทองระอา	
3. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
4. อาจารย์สุระชัย พิมพ์สาตี	
5. อาจารย์ปิยะ สุภวาราสุวัฒน์	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพุธที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2546 เวลา 14:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น กรุณาอย่าเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 15 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2546

ปฏิญญานิพนธ์

เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

THE AUTOMATIC CD VENDING MACHINE



นางสาวกาญจนา

ม่วงมี

นายรัช

เกิดศรีสุข

นายนิยม

เต่าทอง

นายพรรณ

โรจนพันธ์

เลขหม.....
เลขทะเบียน 48364
วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

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

ปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2545
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15/10/05

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

The Automatic CD Vending Machine

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานและการใช้เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบวงจรการทำงานเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
4. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
5. เพื่อนำเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติไปใช้งานจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เรื่องการผลิตเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
2. ได้วงจรเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
3. ได้เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
4. ได้ผลทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
5. สามารถนำเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นางสาวกาญจนา	ม่วงมี
	นายธวัช	เกิดศรีสุข
	นายนิยม	เต่าทอง
	นายพรณ	โรจนพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วิสุทธิ์	อชิพรธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ปิยะ	ศุภวาราสวัสดิ์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2545	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนของภาคตรวจสอบเหรียญ ซึ่งจะใช้การตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ในส่วนที่สองเป็นส่วนของการจ่ายแผ่นซีดีและทดลองฟังเพลง ในส่วนการจ่ายแผ่นซีดีจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวดันแผ่นซีดีให้ออกมาจากช่องเก็บแผ่นซีดี และในส่วนของการทำงานทดลองฟังเพลง จะใช้เครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีในการเลือกเล่นแผ่นซีดี โดยใช้การแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II

Thesis Title	The Automatic CD Vending Machine	
Students	Miss.Kanjana	Mungmee
	Mr.Thawat	Kaudsrisuk
	Mr.Niyom	Thaotong
	Mr.Phant	Rojanaphant
Advisor	Assist.Prof.Wisuit	Atipornatum
Co-Advisor	Mr.Piya	Supavarasuwat
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2002	

ABSTRACT

This thesis present the project of Automatic CD Vending Machine. The project can be divided into two parts ; coin validation.The coin validation use diameter validation. And second part is rejected CD and listen to music experiment. The reject CD was reject from the CD boxes which push by DC-motor. The lisen to music experiment will play and select by CD changer. All operations and display was controlled by microcontroller MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม และ อ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานและให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งยังให้คำแนะนำแนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ปัญหาในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ และขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จี๊ดความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	3
2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.2.2 การจัดหาลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	5
2.3 อุปกรณ์ตรวจจับ	6
2.3.1 ไฟโต้ทรานซิสเตอร์	7
2.3.2 แหล่งกำเนิดแสง	7
2.3.3 แอลซีอาร์	8
2.3.4 ออปโตไอโซเลเตอร์	9
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.4.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.4.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน	11
2.4.3 การทำงานของวงจรถายแบบการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์	11
2.4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	12
2.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์	13
2.5.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.2 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	14
2.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	15
2.6.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบเฟลช	15
2.6.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ใช้ในการอินทิเกรต	16
2.6.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ใช้วงจรนับ	20
2.6.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบการสุ่มและการคงค่า	21
2.7 เครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี	21
2.7.1 คุณสมบัติการทำงาน	21
2.7.2 ข้อมูลจำเพาะ	22
2.7.3 การใส่แผ่นซีดี	22
2.7.4 การบำรุงรักษาแมกกาซีนแผ่นซีดี	24
2.7.5 ลักษณะการติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี	24
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	26
3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	26
3.2 การออกแบบวงจร	27
3.2.1 ภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท	27
3.2.2 ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี	28
3.2.3 ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	29
3.2.4 ภาคขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	29
3.2.5 ภาคแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน	30
3.2.6 ภาคประมวลผลกลาง	30
3.3 การออกแบบระบบกลไก	32
3.3.1 การออกแบบชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญ	32
3.3.2 การออกแบบชุดจ่ายแผ่นซีดี	34
3.3.3 การออกแบบโครงสร้างของเครื่อง	36

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	37
-------------------------------	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 กล่าวนำ

37

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2 การทดลองภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท	37
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	37
4.2.2 สรุปผลการทดลอง	38
4.3 การทดลองภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	38
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง	38
4.3.2 สรุปผลการทดลอง	42
4.4 การทดลองเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	42
4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง	42
4.4.2 สรุปผลการทดลอง	43
บทที่ 5 บทสรุป	44
5.1 สรุป	44
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	44
5.3 แนวทางการพัฒนา	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	47
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	54
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	64
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	70
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	94
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	99
ประวัติผู้แต่ง	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	4
2.2 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแบบขนาน	16
2.3 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี	22
4.1 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท	37
4.1 (ต่อ) เอาต์พุตของภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท	38
4.2 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 1	39
4.3 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 2	39
4.4 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 3	40
4.5 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 4	40
4.6 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 5	40
4.7 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 6	40
4.8 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 7	41
4.9 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 8	41
4.10 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 9	41
4.11 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 10	41
4.12 ผลการทดลองการทดลองเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	43
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและวงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ	65
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี	66
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	66
ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	67
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	67
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน	68
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรประมวลผลกลาง	68
ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรประมวลผลกลาง	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	5
2.2 วงจรสมมูลและสัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	7
2.3 สัญลักษณ์ของแอลดีอาร์	8
2.4 สัญลักษณ์ของออปโตไอโซเลเตอร์	9
2.5 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	10
2.6 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	10
2.7 ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร	10
2.8 วงจรพื้นฐานของวงจรถายแบบการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์	12
2.9 วงจรเปรียบเทียบแบบขนาน	15
2.10 แผนผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบ สโโลปเดี่ยว	17
2.11 แผนผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบ สโโลปคู่	18
2.12 แรงดันขาออกของวงจรอินทิเกรเตอร์เทียบกับเวลา	19
2.13 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบเดลต้า-ซิกมา	20
2.14 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลที่ใช้วงจรรนับ	21
2.15 การตรวจสอบก่อนทำการใส่แผ่นซีดี	23
2.16 การปลดล๊อคฝาเปิด	23
2.17 การถอดและบรรจุแมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดี	23
2.18 ปิดฝาเครื่องให้สนิทก่อนการใช้	24
2.19 การติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีตามแนวอน	24
2.20 การติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีตามแนวตั้ง	25
3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	26
3.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	28
3.3 วงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ	28
3.4 วงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี	29
3.5 วงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	30
3.7 วงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน	31
3.8 วงจรประมวลผลกลาง	31
3.9 ชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญเมื่อมองจากด้านบน	32
3.10 ชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญเมื่อมองจากด้านข้าง	33
3.11 ชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญเมื่อมองจากแนวตั้งด้านข้าง	33
3.12 ส่วนประกอบของชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญ	33
3.13 ช่องรับเหรียญ 10 บาท	34
3.14 ชุดสายพานลำเลียงเมื่อมองจากด้านหน้า	34
3.15 ชุดสายพานลำเลียงเมื่อมองจากด้านหลัง	35
3.16 ชุดจ่ายแผ่นซีดี	35
3.17 โครงสร้างค้ำนอกของตัวเครื่อง	36
ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	48
ก.2 ภาพด้านข้างของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	48
ก.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและวงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ	49
ก.4 วงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี	49
ก.5 วงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	50
ก.6 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	50
ก.7 วงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน	51
ก.8 วงจรประมวลผลกลาง	51
ก.9 ชุดเก็บและคืนเหรียญ	52
ก.10 ชุดจ่ายแผ่นซีดี	52
ก.11 ชุดจ่ายไฟ	53
ก.12 ชุดทดลองฟังเพลง	53
ข.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ข.2 วงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.3 วงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี	55
ข.4 วงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	56
ข.5 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	56
ข.6 วงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน	56
ข.7 วงจรประมวลผลกลาง	57
ข.8 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและ วงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ	57
ข.9 การวางอุปกรณ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและ วงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ	58
ข.10 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี	58
ข.11 การวางอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี	59
ข.12 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	59
ข.13 การวางอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี	60
ข.14 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	60
ข.15 การวางอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	61
ข.16 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน	61
ข.17 การวางอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน	62
ข.18 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรประมวลผลกลาง	62
ข.19 การวางอุปกรณ์ของวงจรประมวลผลกลาง	63
ง.1 ฟังงาน โปรแกรมเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	71
ง.1 (ต่อ) ฟังงาน โปรแกรมเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	72
ง.1 (ต่อ) ฟังงาน โปรแกรมเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	73
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการฟังเพลงโดยใช้แผ่นซีดี (Compact Disc) ได้เข้ามาแทนที่การใช้เทปแถบแม่เหล็ก เนื่องจากแผ่นซีดีนั้นมีข้อดีกว่าเทปแถบแม่เหล็กมาก ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพเสียงที่ดีกว่าหรือแม้กระทั่งการเก็บรักษาที่สามารถทำได้ง่ายกว่า ประกอบกับเครื่องเล่นซีดีมีราคาถูกลงกว่าเดิมมาก ทำให้การฟังเพลงโดยใช้แผ่นซีดีเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย จึงมีร้านจำหน่ายแผ่นซีดีเพลงเกิดขึ้นอย่างมาก ซึ่งส่วนมากร้านที่จำหน่ายแผ่นซีดีนั้นจะต้องใช้พื้นที่พอสมควร เพื่อตั้งเป็นแผงสำหรับให้ลูกค้าได้เลือกซื้อซีดีเพลงตามต้องการทำให้ในบางครั้งลูกค้าอาจจะต้องใช้เวลาในการเลือกซื้อสินค้านานพอสมควร เนื่องจากไม่แน่ใจว่าเพลงที่ต้องการซื้อนั้นอยู่ในอัลบั้ม (Album) ใด เพราะว่าจะไม่สามารถทดลองฟังเพลงก่อนการซื้อได้

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาต่างๆ นักศึกษาจึงได้ดำเนินการสร้างโครงงานขึ้นนี้ขึ้นมาทำให้สร้างความสะดวกสบายในการจำหน่าย เพราะนอกจากไม่ต้องมีการจ้างคนขายแล้ว ยังใช้พื้นที่น้อยซึ่งใช้พื้นที่เพียง 1 ตารางเมตรเท่านั้น นอกจากนี้ยังสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกเหมาะสำหรับนำไปตั้งเพื่อจำหน่ายไว้ตามพื้นที่ต่างๆ ตามกลุ่มเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นตามห้างสรรพสินค้า โรงงาน ร้านค้า และมหาวิทยาลัย เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถให้ลูกค้าได้เลือกทดลองฟังเพลงก่อนทำการซื้อเพื่อสร้างความแน่ใจให้กับลูกค้าก่อนทำการซื้อสินค้าอีกด้วย

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

- 1) ขนาดพื้นที่โครงงาน 1 ตารางเมตร
- 2) สามารถทดลองฟังเพลงจากซีดีเพลงก่อนที่จะซื้อได้
- 3) สามารถจำหน่ายซีดีเพลงได้อัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง
- 4) สามารถใช้เหรียญ 10 บาท ซื้อซีดีเพลงได้
- 5) สามารถคืนเงินให้แก่ผู้ซื้อ เมื่อต้องการยกเลิกการซื้อได้
- 6) มีช่องใส่ซีดีทั้งหมด 10 ช่อง ใส่ได้ช่องละ 10 แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยทฤษฎีเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ตระกูล MCS-51 อุปกรณ์ตรวจจับ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นการออกแบบวงจร ได้แก่ ภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท ภาคสวิทช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี ภาคสวิทช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ภาคขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ภาคแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน (Seven-Segment) ภาคประมวลผลกลาง ในส่วนที่สองเป็นการออกแบบระบบกลไก ได้แก่ การออกแบบชุดเก็บและคืนเหรียญ, การออกแบบชุดจ่ายแผ่นซีดี และการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

บทที่ 5 บทสรุป เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นและได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหารวมทั้งแนวทางการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก ภาพเครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง ผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาปริญญาโทฉบับนี้ เป็นทฤษฎีและหลักการทำงานที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงการ โดยประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51, อุปกรณ์ตรวจจับ, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, สเต็ปเปอร์มอเตอร์, การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ได้ถูกคิดค้น พัฒนา และผลิตออกสู่ตลาด โดยบริษัทอินเทล (Intel) เพื่อใช้ในงานควบคุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานควบคุมขนาดกลาง จนถึงงานควบคุมขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนพอสมควร เช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป เป็นต้น เนื่องจากข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการนำเอาวงจรพื้นฐานต่างๆ มารวมไว้ในชิป (Chip) ตัวเดียวกัน

2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

- 1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- 2) หน่วยความจำโปรแกรมภายใน มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับเบอร์ไอซี มีทั้งแบบรอม (ROM), อีพรอม (EPROM), และแบบแฟลช (Flash)
- 3) หน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม (RAM) ในบางเบอร์มีหน่วยความจำอีอีพรอม (EEPROM) เพิ่มเติม
- 4) อีแอมตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
- 5) อีแอมตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
- 6) หน่วยความจำของโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล จะทำงานแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- 7) มีพอร์ตรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิตหรือใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิต รวมทั้งหมด 32 บิต ทำงานแยกกันอย่างอิสระ
- 8) มีวงจรนับ / จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) มีพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรมรับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน สามารถเลือกรูปแบบได้ 4 รูปแบบ

10) รับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ (Interrupt) ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง

11) มีวงจรกำเนิดสัญญาณพิกายู่ภายใน

12) ประมวลผลข้อมูลได้ทั้งแบบ 1 บิต และ 8 บิต

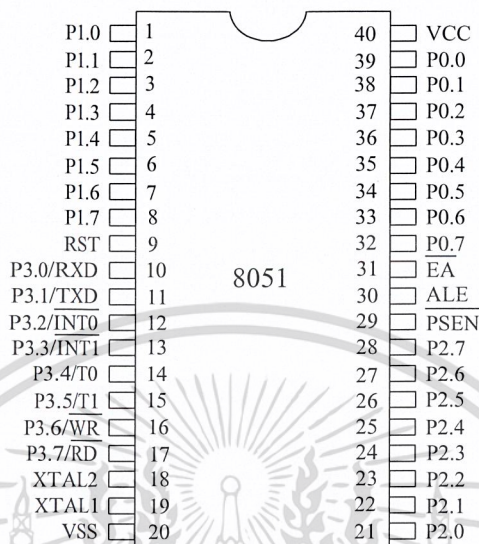
ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้มีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมายในการใช้งานสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสม ในตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติบางประการของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัทอินเทลและบริษัทแอ็ดเมลล์ (Atmel) รุ่นต่างๆ ที่นิยมใช้ที่นิยมใช้กัน ซึ่งมีส่วนที่แตกต่างกันบางส่วน คือ ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายใน หน่วยความจำโปรแกรมภายใน และจำนวนของวงจรรีบ/จับเวลา

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติบางประการของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมภายใน	หน่วยความจำข้อมูลภายใน	วงจรรีบ/จับเวลา 16 บิต
8031	ไม่มี	128 ไบต์ (RAM)	2
8032	ไม่มี	256 ไบต์ (RAM)	3
8051	4 กิโลไบต์ (ROM)	128 ไบต์ (RAM)	2
8052	8 กิโลไบต์ (ROM)	256 ไบต์ (RAM)	3
8751	4 กิโลไบต์ (EPROM)	128 ไบต์ (RAM)	2
8752	8 กิโลไบต์ (EPROM)	256 ไบต์ (RAM)	3
AT89C1051	1 กิโลไบต์ (FLASH)	64 ไบต์ (RAM)	1
AT89C2051	2 กิโลไบต์ (FLASH)	128 ไบต์ (RAM)	2
AT89C51	4 กิโลไบต์ (FLASH)	128 ไบต์ (RAM)	2
AT89C52	8 กิโลไบต์ (FLASH)	256 ไบต์ (RAM)	3
AT89C55	20 กิโลไบต์ (FLASH)	256 ไบต์ (RAM)	3
AT89S8252	8 กิโลไบต์ (FLASH)	256 ไบต์ (RAM) 2 กิโลไบต์ (RAM)	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การจัดหาลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 2.1 ลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในรูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มี 40 ขา ซึ่งมีการจัดการทำงานดังนี้

- 1) VCC ขา 40 ต่อไฟเลี้ยง +5V โวลต์
- 2) VSS ขา 20 ต่อดังกราวด์
- 3) พอร์ต 0 ขา 32 – 39 มีทั้งหมด 8 บิต คือ P0.0 – P0.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป ใช้เก็บค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ (A0 – A7) และรับส่งข้อมูล (D0 – D7) จากหน่วยความจำภายนอก
- 4) พอร์ต 1 ขา 1 – 8 มีทั้งหมด 8 บิต คือ P1.0 – P1.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป
- 5) พอร์ต 2 ขา 21 – 28 มีทั้งหมด 8 บิต คือ P2.0 – P2.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไปและใช้เป็นที่ใช้เก็บค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูง เพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
- 6) พอร์ต 3 มีทั้งหมด 8 บิต คือ P3.0 – P3.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไปและใช้งานในหน้าที่พิเศษดังนี้

6.1) P3.0/RXD ใ้รับข้อมูลแบบอนุกรม

6.2) P3.1/TXD ใ้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 6.3) P3.2/INT0 ใ้เป็นอินพุต เพื่อรับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอกประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6.4) P3.3/INT1 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
- 6.5) P3.4/T0 ใช้เป็นอินพุตให้วงจรมนับ/จับเวลา ชุดที่ 0
- 6.6) P3.5/T1 ใช้เป็นอินพุตให้วงจรมนับ/จับเวลา ชุดที่ 1
- 6.7) P3.6/WR ขาคควบคุมการเขียนข้อมูลไปยัง หน่วยความจำภายนอก
- 6.8) P3.7/RD ขาคควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก

7) RST (Reset) ใช้สำหรับรีเซ็ตวงจรทุกอย่างภายในชิปเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ในกรณีรีเซ็ตต้องป้อนลอจิก 1 นานอย่างน้อย 2 รอบการทำงานของคำสั่ง ALE (Address Latch Enable) เป็นคำสั่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการคงสถานะเดิมของค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำจากพอร์ต 0

8) $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Strobe Enable) เป็นคำสั่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเมื่อขาอินแอคทีฟ (Active) มีลอจิกเป็น 0 จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ถ้าเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายในขาอินแอคทีฟ

9) $\overline{\text{EA}}$ (External Access) เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกว่าให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิป เมื่อขาอินแอคทีฟมีลอจิกเป็น 0 จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

10) XTAL1 ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรมกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

11) XTAL2 ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

2.3 อุปกรณ์ตรวจจับ

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนนำสัญญาณเข้าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับความรู้สึกต่างๆ เรียกว่า ตัวตรวจจับ ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้ จากนั้นส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมาย และนำผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับพื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี เช่น สวิตช์กลไก, สวิตช์แม่เหล็ก, โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor), เซลล์รับแสง, ออปโตคัปเปอ์ (Opto Coupler), ตัวตรวจจับตำแหน่ง, ตัวตรวจจับแรงดัน, ตัวตรวจจับอุณหภูมิ และตัวตรวจจับเสียง เป็นต้น

ตัวตรวจจับต่างๆ เหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 โฟโอดีทรานซิสเตอร์

โดยสภาวะปกติสารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสง เมื่อทำการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโอดีทรานซิสเตอร์ โฟตอน (Photon) ของแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นเป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ ดังนั้น โฟโอดีทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำ และมีรอยต่อพี-เอ็น (P-N) ระหว่างสารสองชนิดของโฟโอดีทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อพี-เอ็นของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไป ความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์โดยทั่วไป คือ ที่ตัวถังด้านบนของโฟโอดีทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับรับแสงเพื่อส่งไปยังรอยต่อ พี-เอ็น โดยช่องรับแสงนี้จะมีวัสดุเคลือบไมก้า (Clear Mica) หรือควอตเลนซ์ (Quartz Lens) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

1) วงจรสมมูลและการทำงาน

วงจรสมมูลของโฟโอดีทรานซิสเตอร์ดังในรูปที่ 2.2 คือ การนำทรานซิสเตอร์มาต่อร่วมกับโฟโอดีไดโอด จะเป็นตัวควบคุมการจ่ายแรงดันให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เมื่อเกิดแสงมากระทบที่ตัวโฟโอดีไดโอด ทำให้เกิดแรงดันไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ก่อให้เกิดกระแสเบสขึ้นส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในที่สุด



รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลและสัญลักษณ์ของโฟโอดีทรานซิสเตอร์

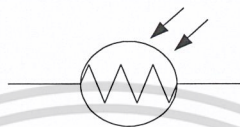
2.3.2 แหล่งกำเนิดแสง

อินฟราเรดแอลอีดี (Infrared LED) ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟราเรดได้ในช่วง 2 ความยาวคลื่น คือ อินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide : แอกสาร GaAs) ทำให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารอีกชนิดคือไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งที่เรียกว่า แกลเลียมอลูมิเนียมอาร์เซไนด์ (Gallium Aluminum Arsenide : GaAlAs) ซึ่งจะกำเนิดแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร (nm)

2.3.3 แอลดีอาร์

แอลดีอาร์ (LDR : Light Dependent Resistor) คือ ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้ตามแสงมีโครงสร้าง และลักษณะดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ของแอลดีอาร์

โครงสร้างทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cdse) ฉายบนแผ่นเซรามิก ส่วนที่เป็นขดลวดเล็กๆ ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง ซึ่งจะถูกระบายโดยแนวเส้นตัวนำไฟฟ้า โดยขดลวดตัวต้านทานไวแสงนี้จะแยกแนวเส้นตัวนำไฟฟ้าออกเป็นสองส่วน แนวเส้นตัวนำไฟฟ้านี้ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง ซึ่งเป็นที่ต่อขาอิเล็กทรอนิกส์ (Electrode) ออกมาใช้งาน

1) คุณสมบัติทางแสง

แอลดีอาร์มีคุณสมบัติตอบสนองต่อแสงที่ตกกระทบผิวหน้าตัวมัน คือ ถ้ามีแสงมาตกกระทบผิวหน้ามากความต้านทานจะลดน้อยลง ถ้าแสงตกกระทบน้อยความต้านทานจะเพิ่มมากขึ้น แคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) มีความไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,250 - 7,500 อังสตรอม (Angstrom) และแอลดีอาร์ที่ทำจากแคดเมียมซีลีไนด์ (Cdse) มีความไวต่อแสงที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 4,000 - 10,000 อังสตรอม แสงที่ทำให้แอลดีอาร์ทำงานมีอยู่ในแสงอาทิตย์แสงจากหลอดไฟ และแสงไฟทุกชนิด โดยสายตาคนเราจะมองเห็นแสงที่มีความยาวคลื่น 4,000 - 7,000 อังสตรอม

2) ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนความต้านทานของแอลดีอาร์ขณะไม่มีแสงกับขณะมีแสงมีตั้งแต่ 100 - 10,000 เท่า โดยทั่วไปความต้านทานขณะไม่มีแสงจะอยู่ในราว 1 - 3 เมกกะโอห์ม ขณะมีแสงจะมีค่าต่ำประมาณ 20 กิโลโอห์มลงมาถึง 2 - 3 หรือ 10 โอห์มก็ได้ ค่าทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 โวลต์ (Volts) ทนกำลังสูงสุดเสียอย่างต่ำ 50 มิลลิวัตต์ (mW)

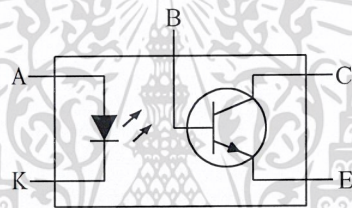
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ออปโตไอโซเลเตอร์

ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตระกูลเดียวกับออปโตคัปเลอร์ (Opto Coupler) คือ จะมีโครงสร้างประกอบด้วยแอลอีดีและโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งใช้โครงสร้างแบบตัวถังดินตะขาบ

การเชื่อมต่อโหนดภายนอกที่เป็นไฟสลับแรงดันสูงกับแรงดันไฟอีกระดับหนึ่ง ซึ่งเป็นสัญญาณระดับต่ำนั้นในลักษณะปกติจะทำได้ยาก จึงได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้ในด้านนี้ได้ดี ซึ่งเรียกว่า ออปโตไอโซเลเตอร์

การใช้แรงเคลื่อนต่ำๆ เป็นวงจรขับโหนด เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า สัญญาณรบกวนจะเข้ามาได้ง่ายและแรงดันไฟสูงทางวงจรโหนดอาจทะลุผ่านวงจรขับเข้ามาสู่เครื่องควบคุมได้ ทำให้เครื่องควบคุมเสียหาย จึงต้องใช้ออปโตไอโซเลเตอร์แยกแรงดันที่แตกต่างออกเพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของออปโตไอโซเลเตอร์

ออปโตไอโซเลเตอร์ใช้แรงเคลื่อนต่ำๆ เป็นวงจรขับโหนด เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์กำลังอื่นๆ สัญญาณรบกวนจะเข้ามาได้ง่าย ซึ่งแรงดันไฟสูงทางวงจรโหนดอาจทะลุผ่านวงจรขับเข้ามาสู่เครื่องควบคุมได้ ทำให้เครื่องควบคุมเสียหาย จึงต้องใช้ออปโตไอโซเลเตอร์เป็นตัวแยกแรงดันที่แตกต่างให้ออกจากกันเพื่อความปลอดภัย คุณสมบัติของออปโตไอโซเลเตอร์สามารถป้องกันการรบกวนที่มาจากทางเอาต์พุตได้เป็นอย่างดี

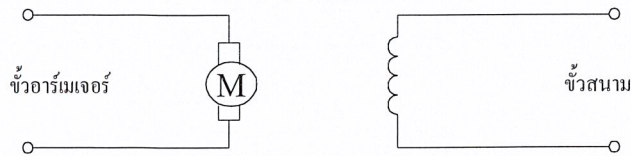
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถจำแนกออกไปได้หลายประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการสร้าง จึงกล่าวรวมๆ ที่รู้จักกันเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน, แบบอนุกรม, แบบผสม และแบบแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน



รูปที่ 2.5 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของอาร์เมเจอร์ (Amature) ทำให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์ชนิดนี้จึงมักใช้ในงานระบบควบคุมการเคลื่อนที่ที่ต้องการแรงบิดสูง

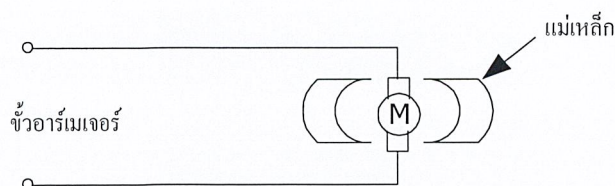
2) ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม



รูปที่ 2.6 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแส ดังนั้น เส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ ซึ่งเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดไม่เป็นเชิงเส้น จึงเหมาะที่จะนำไปใช้งานในสภาวะเฉพาะ คือ เมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำและแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่น ระบบการขับเคลื่อนของรถลาก เป็นต้น

3) ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.7 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์แบบนี้จะใช้การกระตุ้นฟิลด์สนามของมอเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งต่างจากที่กล่าวมาข้างต้นที่ใช้ขดลวด ซึ่งในแบบนี้จะให้เส้นแรงของฟิลด์ (Field) มีค่าคงที่ ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ด้วย ซึ่งมีข้อดี คือ ไม่มีกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในฟิลด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่า และมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์แบบใช้ขดลวดในการกระตุ้นที่มีขนาดกำลังม้าเท่ากัน จึงเหมาะกับการต้องการแรงบิดของโหลดสูง

2.4.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน

ตัวควบคุมเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณควบคุม เพื่อนำไปบังคับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและโหลด ซึ่งอาจจะเป็นแอนะล็อกหรือดิจิทัลก็ได้

ตัวขยายกำลัง ทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณให้เหมาะสม ก่อนที่จะป้อนไปขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งอาจแบ่งแยกเป็นวงจรขยายกำลังเชิงเส้น วงจรการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์

1) วงจรขยายกำลังเชิงเส้น

เป็นการควบคุมมอเตอร์แบบต่อเนื่อง แต่จะมีความสูญเสียทางกำลังงานสูง เนื่องจากกำลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก เพราะในขณะที่มอเตอร์ไม่ทำงานทรานซิสเตอร์ส่วนนี้ก็ต้องแบกภาระ เนื่องจากมีกระแสไหลผ่านตัวมัน

2) วงจรมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์เป็นวงจรขยายสลับสัญญาณ

วงจรมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์เป็นวงจรขยายสลับสัญญาณ คือ การควบคุมแรงดันของมอเตอร์ โดยการปรับวัฏจักรของแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ และให้มันทำงานทุกๆ ภาวะอิมตัว (ON) หรือภาวะไม่นำกระแส (OFF) ด้วยเหตุนี้กำลังสูญเสียน้อย เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส โวลต์เตจตกคร่อมตัวมันจะน้อยจนตัดทิ้งได้ และเมื่อหยุดนำกระแสแรงดันตกคร่อมจะประมาณเท่ากับแรงดันจากแหล่งกำเนิด ดังนั้น กระแสไหลผ่านจึงน้อยมากประมาณศูนย์ แต่จะใช้กับความถี่สูงได้ไม่ดี และความถี่ต้องคงที่ ถ้าไม่เช่นนั้นอาจเกิดการออสซิลเลต (Oscillate) ขึ้นได้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและโหลด คือ ระบบที่ถูกควบคุมหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล

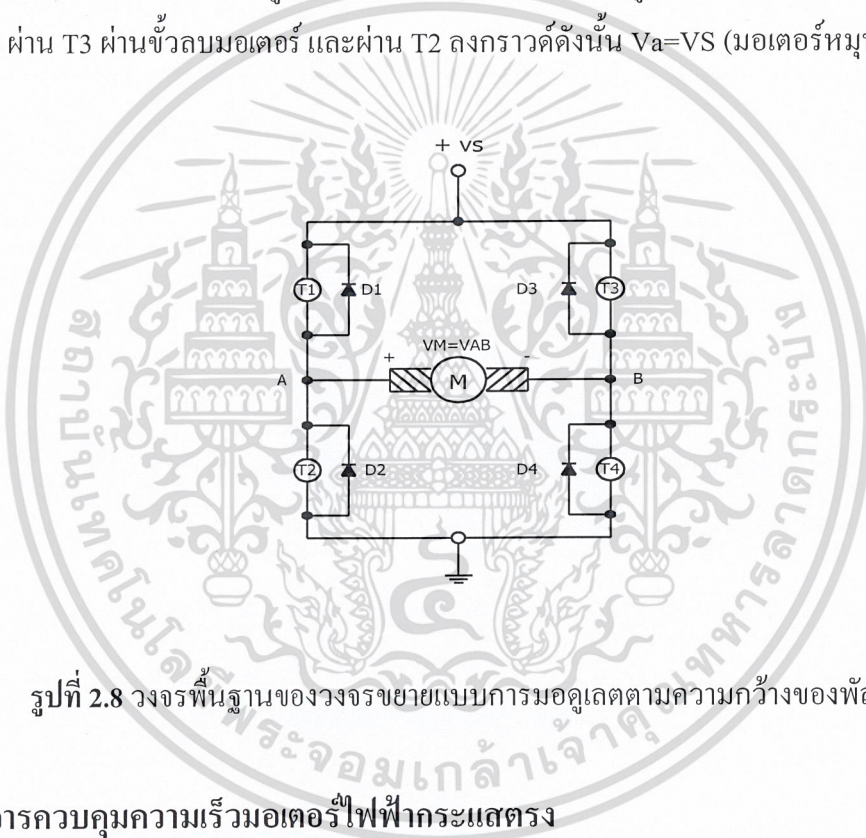
การเข้ารหัสหรือตัวแปลงป้อนกลับ ใช้ตรวจจับสัญญาณที่ต้องการโดยไม่มีผลของการโหลดคือสัญญาณที่ตรวจจับได้นี้ จะป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงเพื่อควบคุมมอเตอร์อีกที ตัวแปลงป้อนกลับแบ่งได้เป็นแบบแอนะล็อกและแบบดิจิทัล

2.4.3 การทำงานของวงจรขยายแบบการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์

วงจรขยายแบบการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงาน คือ ไบโพลาร์ (Bipolar) ยูนิโพลาร์ (Unipolar) และลิมิตยูนิโพลาร์ (Limit Unipolar) ซึ่งวงจรพื้นฐานจะเป็นดังรูปที่ 2.8

ซึ่งทั้ง 3 ชนิดสามารถอธิบายด้วยวงจรพื้นฐานนี้ได้ โดยทั้ง 3 ชนิดต่างกันตรงการควบคุมสถานะปิดเปิดของทรานซิสเตอร์ ซึ่งในที่นี้เราจะกล่าวเฉพาะแบบไบโพลาร์ เพราะเป็นแบบที่ใช้ควบคุมและเข้าใจได้ง่าย คือ เมื่อให้มอเตอร์อยู่ในเฟสออน (Phase ON) ก็ให้ T1 กับ T4 อยู่ในสถานะปิด และ T2 กับ T3 อยู่ในสถานะเปิด ดังนั้นกระแสไหลจาก VS ผ่าน T1 ผ่านมอเตอร์ และผ่าน T4 ลงกราวด์ เพราะฉะนั้น $V_M=V_S$ (มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา) เมื่อให้มอเตอร์อยู่ในเฟสออฟ (Phase OFF) ก็ให้ T2 กับ T3 อยู่ในสถานะปิด และ T1 กับ T4 อยู่ในสถานะเปิด ดังนั้นกระแสไหลจาก VS ผ่าน T3 ผ่านขั้วลบมอเตอร์ และผ่าน T2 ลงกราวด์ ดังนั้น $V_a=V_S$ (มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา)



รูปที่ 2.8 วงจรพื้นฐานของวงจรขยายแบบการมอดูเลตตามความกว้างของพัลส์

2.4.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำได้ 2 วิธี คือ

1) การควบคุมแรงดันไฟตรงของอาร์เมเจอร์

เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะแปรผันตรงกับแรงดันที่ป้อนให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังนั้น จึงสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ วิธีการนี้จะใช้ในช่วงความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วที่กำหนดหรือการควบคุมแบบนี้ จะทำให้แรงบิดสูงสุด ส่วนกำลังออกของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเป็นเส้นตรง โดยจะมีกำลังออก

สูงสุดตามความเร็วที่กำหนด การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั่วไปจะใช้วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
นี่เพราะให้แรงบิดสูง

ไม่ว่ากรณีใดๆ หวังสน อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ในย่านความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่ถูกกำหนดขึ้น จะทำได้โดยการควบคุมกระแสของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ เมื่อเราต้องการเพิ่มความเร็ว เราจะต้องลดขนาดของกระแสของขดลวดลง การลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ จะมีผลทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์มีค่าลดลง ขณะที่กำลังออกสูงสุดของมอเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลง วิธีนี้จะใช้กับโหลดที่ต้องการความเร็วสูง โดยที่แรงบิดของโหลดจะต้องลดลง เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น เพราะถ้าไม่เช่นนั้นก็จะเกิดการโอเวอร์โหลดมอเตอร์ (Overload Motor)

2.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะเคลื่อนที่เป็นขั้น ซึ่งอาจเป็นขั้นละ 1.8, 5 และ 7.5 องศา ขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์ ส่วนใหญ่สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะนำไปใช้ในงานควบคุมระบบดิจิทัล เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องพล็อตเตอร์ และเครื่องขับคิส์ก์ ตลอดจนอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

- 1) โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่หมุนได้จะเป็นแม่เหล็กถาวร และอื่นๆ
- 2) สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่อยู่กับที่จะเป็นขดลวดหลายๆ ขด

2.5.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เราสามารถแบ่งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามโครงสร้างพื้นฐานได้ 4 ชนิด คือ

1) ชนิดวาไรเอเบิลรีลัคแตนซ์ (Variable Reluctance : VR)

มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ (Multi-Tooth) จะทราบว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบ คือ สามารถใช้มือหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด เพราะที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก ต่างจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตและชนิดไฮบริด ซึ่งจะมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ขณะหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในความต้องการของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีขั้นตอนในการหมุนสูง

2) ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Permanent Magnet : PM)

มีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแบบเรียบจะไม่มีซี่ลวดแม่เหล็ก ซึ่งบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยการป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ เช่น ถ้าเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สเตเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีขดลวดพันแยกกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกแรงดึงดูดบนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด โรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้น แม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดเหนี่ยวขึ้น ชนิดนี้มีข้อดีในความถูกต้องของตำแหน่ง แม้ความเร็วจะมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

3) ชนิดไฮบริดจ์ (Hybrid)

เป็นชนิดที่นิยมนำมาใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะการนำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โครงสร้างภายในได้จากการรวมเอาโครงสร้างของโรเตอร์วารีเอเบิลลิธกแตนซ์ และเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต มาประกอบเข้าด้วยกัน จึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดเหนี่ยวสูง มีแรงบิดดีและผลกได้ดี ซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดี ถึงแม้ว่าจะมีสเต็ป (Step) ต่อบรรอบในการหมุนสูง

4) ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Rare Earth Permanent Magnet)

เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่ง ปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต มีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแผ่นยึดติดกับเพลลาของมอเตอร์ มีโมเมนต์ (Moment) ความถี่ต่ำ อัตราเร่งสูง แรงบิดดีทั้งทางกลและความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก ความเร็วเริ่มหมุนและหยุดสูงมีการสูญเสียทางพลังงานต่ำ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ดิสก์แมกเน็ตสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Disc Magnet Stepper Motor)

2.5.2 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เคลื่อนไปที่ละขั้น ทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งจะต้องป้อนเป็นแบบซีควเอนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้อง การป้อนพัลส์กระตุ้นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ สามารถทำได้ 3 รูปแบบ คือ

1) แบบเวฟ (Wave)

เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทีละขด ตามลำดับกัน ลักษณะแบบนี้ทำให้แรงบิดน้อย

2) แบบ 2 เฟส (Two Phase)

มีลักษณะคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันเวลาเดียวกันเรียงถัดกันไป เช่นเดียวกับแบบเวฟขึ้นอยู่กับการหมุนการเพิ่มจำนวนขดของขดลวดที่ถูกระตุ้น ทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มที่ด้วยแรงดึงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ข้อเสียของการกระตุ้นแบบนี้ คือ การกระตุ้นแบบนี้ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น

3) แบบครึ่งสเต็ป (Half Step)

เป็นแบบที่ได้จากการผสมระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อบรรอบอีกหนึ่งเท่าตัว แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นเพราะช่วงสเต็ปมีระยะแคบกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

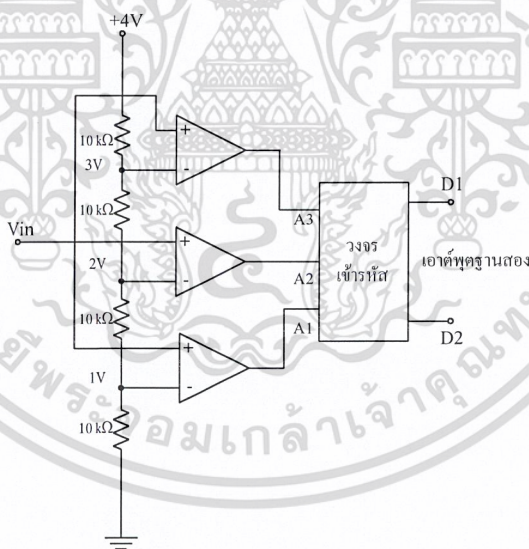
สั้นลง และแต่ละสแต็ปเกิดจากแรงดึงของขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งจึงมีเพิ่มมากขึ้น ที่สำคัญการกระตุ้นแบบนี้จะต้องทำการหมุน 2 สแต็ปจึงเท่ากับ 1 สแต็ปของ 2 แบบแรก ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะใช้เหมือนกันกับแบบ 2 เฟส

2.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล

การทำงานของไอซีตัวเดียว จำเป็นต้องอาศัยสัญญาณดิจิทัลในการควบคุมการทำงานและประมวลผล เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้งานไอซีตัวเดียวร่วมกับสัญญาณแอนะลอก ต้องอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลหรือวงจรดิจิทัลเข้ามาช่วย โดยวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปมีดังต่อไปนี้

2.6.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลแบบแฟลช

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลแบบแฟลช (Flash A/D Converter) ใช้หลักการง่าย ๆ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ทำงานรวดเร็วที่สุด คือ ใช้วงจรเปรียบเทียบต่อขนานกันดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรเปรียบเทียบแบบขนาน

ในรูปที่ 2.9 ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบและตัวต้านทานที่ต่อเอาไว้เพื่อแบ่งแรงดันที่ขาอินพุตแบบกลับเฟสให้มีขนาดต่างๆ กัน โดยจากหลักการของวงจรเปรียบเทียบทั่วๆ ไป เมื่อแรงดันอินพุตที่ขาอินพุตแบบไม่กลับเฟส มีค่าแรงดันสูงกว่าที่ขาอินพุตแบบกลับเฟส เอาต์พุตจะได้ค่าแรงดันสูงสุดดังตารางที่ 2.2 ซึ่งผลในตารางนั้นเป็นการเปรียบเทียบค่าระดับไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้ โดยมีการกำหนดค่าอินพุตให้มีค่าแรงดันคงที่ตามขนาดของค่าอินพุตของ วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบวงจรมานาน

เมื่อต้องการวงจรที่มีความละเอียดสูงขึ้น จำเป็นต้องใช้วงจรเปรียบเทียบเพิ่มขึ้น เช่น ถ้า ต้องการความละเอียด 3 บิต จะต้องใช้วงจรเปรียบเทียบ 7 ตัว ความละเอียด 4 บิตจะต้องใช้วงจร เปรียบเทียบ 15 ตัว (16 ระดับ) โดยหาวงจรเปรียบเทียบได้จาก 2 ถึง 1 เมื่อ N แทนจำนวนบิตหรือ ความละเอียดที่ต้องการ

ตารางที่ 2.2 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแบบขนาน

แรงดันอินพุต Vin (โวลต์)	เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ			เอาต์พุตเลขฐานสอง	
	A1	A2	A3	D1	D2
0-1	0	0	0	0	0
1-2	1	0	0	0	1
2-3	1	1	0	1	0
3-4	1	1	1	1	1

จะเห็นได้ว่าความละเอียด 8 บิต ต้องใช้วงจรจำนวนมากถึง 225 ตัว ซึ่งเป็นข้อเสียของวงจร แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบนี้ ข้อเสียอีกประการหนึ่ง คือ เอาต์พุตที่ไม่ได้เป็นเลขฐาน สองจะต้องมีวงจรเพิ่มเติมไปทำการเข้ารหัส ข้อดีของวงจรเอชดีแบบขนานนี้ คือ มีความเร็วสูงมาก บางครั้งจึงเรียกวจรลักษณะนี้ว่า แฟลช จะทำให้วงจรชนิดนี้ใช้เวลาในการแปลงได้เร็วในระดับนา โนวินาที (ns)

2.6.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ใช้ในการอินทิเกรต

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ใช้เทคนิคการอินทิเกรต (Integrate A/D Converter) มี 4 แบบ คือ

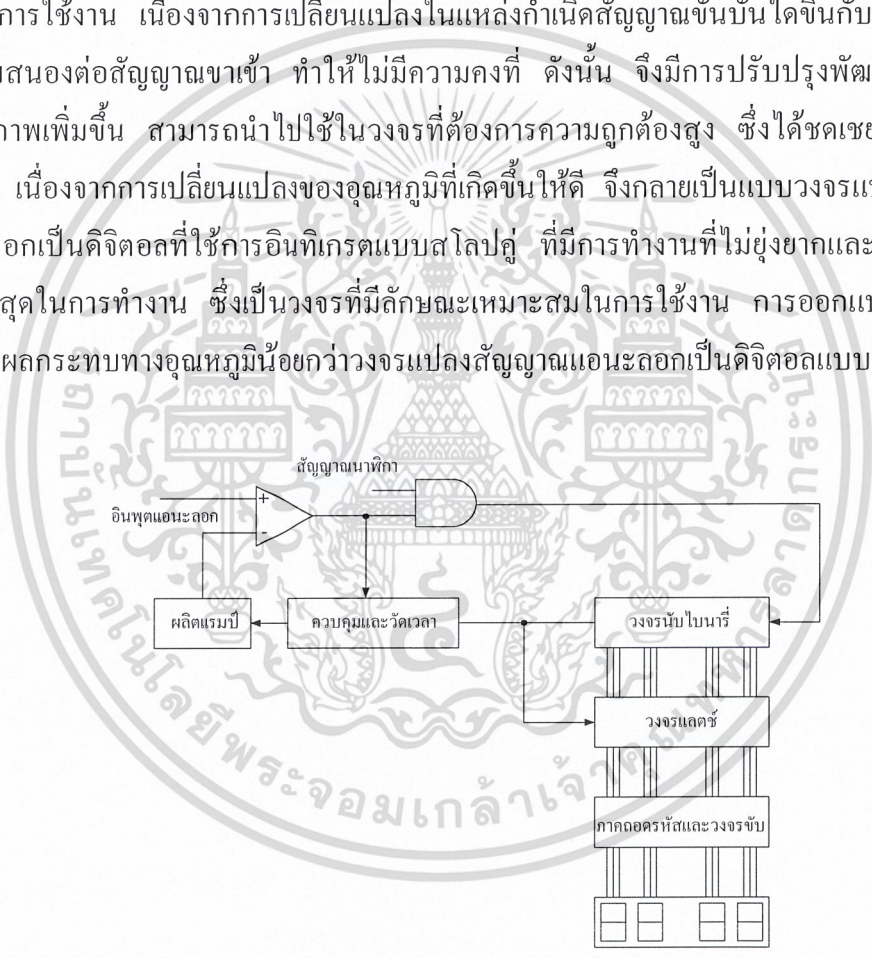
1) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบสโลปเดียว

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบสโลปเดียว (Single Slope A/D Converter) แสดงไว้ดังรูปที่ 2.10 ประกอบด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณขั้นบันได, วงจรเปรียบเทียบ และวงจรมับ เลขฐานสอง

เมื่อเริ่มทำการเปลี่ยนสัญญาณเป็นขั้นบันไดและวงจรมับจะถูกปรับให้มีค่าเป็นศูนย์แรงดัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ทางค้า แอนะล็อกถูกป้อนไปยังวงจรเปรียบเทียบทางขาเข้าแบบ ไมกัลบเฟส และเมื่อแรงดันขาเข้าที่ขาเข้า นี้ไม่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่ง ฟังก์ชัน อีกฟังก์ชันให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นบวกมากกว่าที่แรงดันขาเข้าแบบกลับเฟส วงจรเปรียบเทียบจะให้ระดับขาออกเป็นระดับ 1 ทำให้ไอซีแอนค้เกตปล่อยสัญญาณนาฬิกาไปยังวงจรมับได้และทำให้สัญญาณขึ้นบันไดมีแรงดันบวกมากขึ้นเรื่อยๆ จนมากกว่าแรงดันขาเข้าระดับแรงดันขาออกจากวงจรเปรียบเทียบจะตกเป็นระดับที่ 0 บิต แอนค้เกตไม่มีสัญญาณผ่านมาในวงจรมับ วงจรมับจะหยุดนับและเก็บค่าไว้ที่วงจรมัลติเพล็กซ์ จากนั้นจึงทำการปรับวงจรมับและวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบขึ้นบันได

วงจรมับในลักษณะนี้มักนำไปใช้ในการเปลี่ยนเวลาเป็นขนาดของสัญญาณหรือนำไปใช้ในดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ แต่ไม่ใช่กับงานที่ต้องการความถูกต้องสูงหรือใช้งานที่ต้องการความละเอียดมากในการใช้งาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในแหล่งกำเนิดสัญญาณขึ้นบันไดขึ้นกับอุณหภูมิและผลตอบสนองต่อสัญญาณขาเข้า ทำให้ไม่มีความคงที่ ดังนั้น จึงมีการปรับปรุงพัฒนาให้วงจรมับมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น สามารถนำไปใช้ในวงจรมับที่ต้องการความถูกต้องสูง ซึ่งได้ชดเชยลักษณะการสูญเสีย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นให้ดีขึ้น จึงกลายเป็นแบบวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลที่ใช้การอินทิเกรตแบบสโลปคู่ ที่มีการทำงานที่ไม่ยุ่งยากและให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน ซึ่งเป็นวงจรมับที่มีลักษณะเหมาะสมในการใช้งาน การออกแบบไม่มีความยุ่งยาก ผลกระทบทางอุณหภูมิน้อยกว่าวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบอื่นๆ มาก

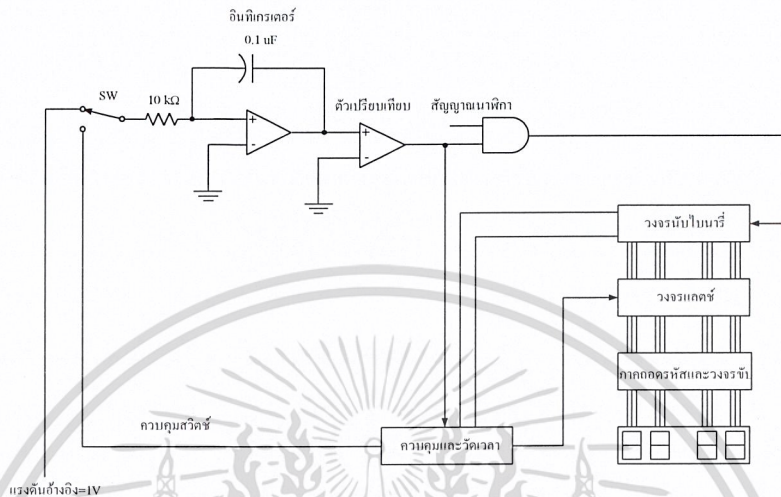


รูปที่ 2.10 แผนผังการทำงานของวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบสโลปคู่เดี่ยว

2) วงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบสโลปคู่

จากรูปที่ 2.11 แสดงผังการทำงานของวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลแบบสโลปคู่ (Dual Slope A/D converter) วงจรมับส่วนใหญ่คล้ายกับแบบสโลปเดี่ยว ซึ่งมีสวิตช์ที่ขาเข้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้เชิงพาณิชย์ในทางอื่นใด ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มเติม เพื่อทำการเลือกระหว่างค่าแรงดันขาเข้ากับแรงดันอ้างอิง ซึ่งวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันขาเข้า กับแรงดันอินพุตกลับเฟสกันกับแบบสโโลปเดี่ยว



รูปที่ 2.11 แผนผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบสโโลปคู่

ส่วนแรกของวงจร คือ วงจรกำเนิดสัญญาณขึ้นบันไดหรือวงจรอินทิเกรต ที่แรงดันระดับขาเข้าแบบกลับของออปแอมป์ที่มีสภาพเป็นกราวด์เสมือน ถ้ามีแรงดันขาเข้ามีค่า 2 โวลต์จะได้กระแสไหลผ่านตัวความต้านทาน 10 กิโลโอห์มเท่ากับ 0.2 มิลลิแอมป์ไปยังจุดรวม เนื่องจากค่าความต้านทานอินพุตของออปแอมป์นั้นมีค่าสูงมาก กระแสที่ไหลจึงเกิดขึ้นผ่านตัวเก็บประจุ

ขณะที่ตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุ แรงดันที่ขาเข้าของออปแอมป์จะยังเป็นลบมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อรักษาระดับกระแสให้คงที่ แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุจึงได้เป็นสัญญาณขึ้นบันไดที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้น

ถ้าแรงดันอินพุตเป็นบวก วงจรอินทิเกรเตอร์จะให้แรงดันขาออกเป็นสัญญาณขึ้นบันไดทางลบ ดังแสดงไว้ในช่วง t_1 ดังรูปที่ 2.12 ถ้าหากแรงดันที่ขาเข้าเป็นลบจะทำให้แรงดันขาออกได้แรมทางบวก

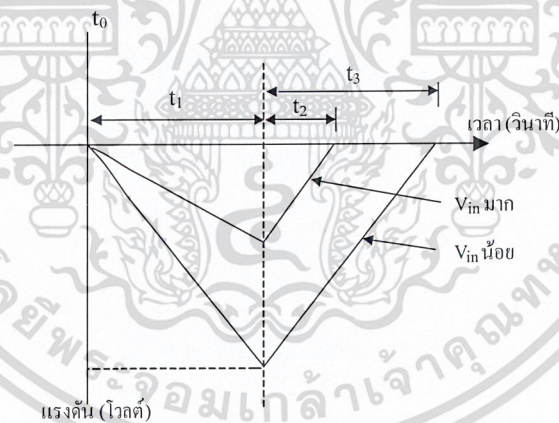
จากรูปที่ 2.12 เมื่อสวิตช์ต่อกับสัญญาณอินพุต จะทำให้มีแรงดันบวกออกจากขาเข้าป้อนสู่ วงจรอินทิเกรเตอร์ได้แรงดันขาออกเป็นสัญญาณขึ้นบันไดทางลบ วงจรเปรียบเทียบจะได้แรงดันทางลบจากวงจรอินทิเกรเตอร์ แล้วทำให้แรงดันออกเป็นบวกทำการเปิดแอนด์เกตให้สัญญาณนาฬิกาเข้าไปสู่วงจรมับ วงจรนับจะนับไปยังค่าที่กำหนดไว้คงที่ t_1 แล้วทำการสวิตช์ต่อเข้ากับแรงดันอ้างอิงในช่วงที่วงจรมับค่าคงที่นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรอินทิเกรตจะให้สัญญาณขึ้นบันไดทางลบ ที่มีค่าได้สูงสุดตามแต่ระดับแรงดันขาเข้า เมื่อทำการสวิตช์ขาเข้าของวงจรอินทิเกรเตอร์ ทำให้ไปที่ค่าแรงดันอ้างอิงค่าลบแรงดันของวงจร จึงได้เป็นสัญญาณขึ้นบันไดทางบวกคือช่วง t_2 ในรูปที่ 2.12 พร้อมๆ กับปรับค่าของวงจรนับลงเป็นศูนย์เพื่อเริ่มนับใหม่

เมื่อแรงดันขาออกของวงจรอินทิเกรเตอร์เพิ่มขึ้นถึงแรงดันศูนย์อีกครั้ง แรงดันขาออกของวงจรเปรียบเทียบกับก็จะเป็นลบหรือเป็นศูนย์ วงจรควบคุมจับการเปลี่ยนแปลงอันนี้ได้ส่งสัญญาณสตrobe (Strobe) ให้วงจรนับเก็บค่าที่ได้ไว้ในวงจรเก็บค่า จากนั้นจึงปรับให้เป็นศูนย์แล้วทำการสวิตช์ให้แก่ค่าอินพุตของวงจรอินทิเกรเตอร์ต่อกับแรงดันอินพุต ซึ่งเป็นการเริ่มเปลี่ยนสัญญาณอีกรอบหนึ่งจำนวนที่นับได้ที่เก็บไว้ที่วงจรเก็บค่าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันขาเข้า V_{in}

ข้อดีของวงจรแปลงสัญญาณแบบสโปลูว์ คือ ความถูกต้องสูง ราคาถูก และเสถียรภาพทางด้านอุณหภูมิ ข้อเสีย คือ ความเร็วต่ำ ในการแปลงสัญญาณ 1 ครั้งอาจใช้เวลาถึง 100 มิลลิวินาที ในขณะที่แบบเฟลชใช้เวลาประมาณ 30 มิลลิวินาที



รูปที่ 2.12 แรงดันขาออกของวงจรอินทิเกรเตอร์เทียบกับเวลา

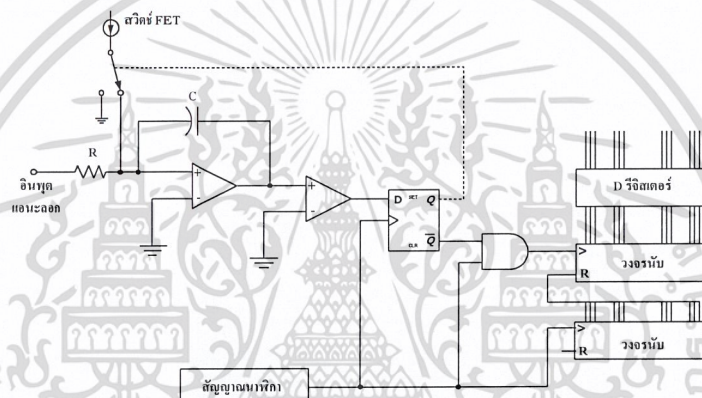
3) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบประจุมวล

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบประจุมวล ใช้วงจรสำคัญคล้ายกับแบบสโปลูว์ แต่ที่จะใช้ขาเข้าสวิตช์ไปมาระหว่างแรงดันที่ไม่รู้ค่ากับแรงดันอ้างอิง จะทำการแทรกพัลส์ของกระแสอ้างอิงมาโดยตรงที่บริเวณจุดรวมของวงจรอินทิเกรเตอร์ในช่วงเวลาที่คงที่ โดยที่จำนวนพัลส์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันอินพุตที่ไม่รู้ค่า ประโยชน์ของเทคนิคนี้ คือ ค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุของวงจรอินทิเกรเตอร์จะมีค่าใกล้เคียงศูนย์โวลต์ ดังนั้น ทำให้ไม่เกิดความไม่เท่าเทียมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาดจากผลของกระแสรั่วไหล วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลชนิดนี้จึงมีความถูกต้องกว่าแบบสโโลปคู่

4) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบเดลต้า-ซิกมา

จากรูปที่ 2.13 แสดงวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบเดลต้า-ซิกมา (Delta-Sigma A/D Converter) เมื่อมีแรงดันอินพุตป้อนเข้ามาที่วงจรอินทิเกรเตอร์ จะให้ค่าแรงดันเอาต์พุตไปเข้าวงจรเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันคงที่จากรูปที่ 2.13 โดยที่พัลส์ของกระแสที่ได้ขึ้นอยู่กับเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ โดยสวิตช์ที่ทำงานจากเฟต (FET) จะควบคุมให้กระแสเข้าไปยังที่จุ่มรวมหรือลงกราวด์ไป ส่วนวงจรนับจำนวนพัลส์ใช้หลักการคล้ายกัน



รูปที่ 2.13 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบเดลต้า-ซิกมา

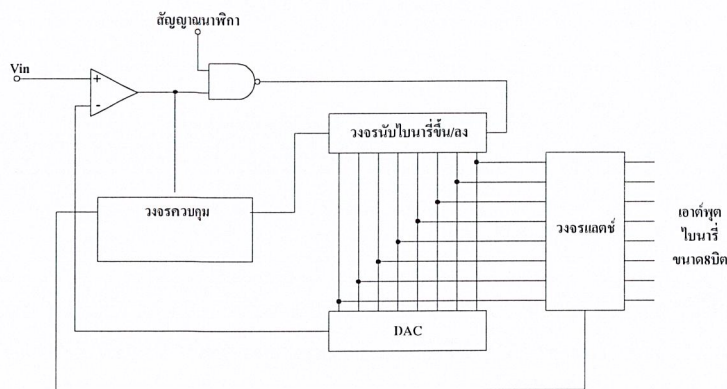
2.6.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ใช้วงจรมับ

1) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบแทรกกิ่ง

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบแทรกกิ่ง (Tracking A/D Converter) การทำงานจะคล้ายกับวงจรมับเดี่ยว แต่การนับจะไม่ได้เริ่มจากศูนย์ แต่จะทำการนับขึ้นหรือนับลงจากค่าสุดท้ายไปยังค่าใหม่แล้วแต่ว่าแรงดันอินพุตในรอบใหม่มีค่าสูงหรือต่ำกว่ารอบที่แล้ว ข้อดีของวงจรเอทูดิแบบแทรกกิ่ง คือ การทำงานได้เร็วขึ้นแสดงดังรูปที่ 2.14

2) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบการปรับค่า

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบการปรับค่านี้ มีข้อได้เปรียบทางด้านรายละเอียดเพราะมีความละเอียดเป็น n บิต สามารถกำหนดได้จากสัญญาณนาฬิกาจำนวน n ลูก เช่น วงจรแปลงขนาด 8 บิต ต้องการพัลส์นาฬิกา 8 ลูก ในขณะที่แบบใช้วงจรมับ ต้องการพัลส์ถึง 256 ลูก วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบประมาณค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ใช้วงจรนับ

2.6.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบการสุ่มและการคงค่า

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบการสุ่มและการคงค่า ต้องการเวลาในการแปลงสัญญาณหรือที่เรียกว่า คอนเวอร์ชันไทม์ (Conversion Time) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่เหมาะสม ถ้าหากว่าสัญญาณแอนะล็อกมีการเปลี่ยนแปลง ในระหว่างช่วงเวลาที่การเปลี่ยนแปลง ค่าเอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอาจเกิดความผิดพลาด จึงต้องมีการป้องกันการสุ่มและคงค่าสัญญาณ เพื่อใช้จับค่าของสัญญาณแอนะล็อกที่จุดเริ่มของการเปลี่ยนสัญญาณแล้วเก็บไว้ด้วยตัวเก็บประจุระหว่างช่วงเวลาที่การเปลี่ยนแปลง หลังจากการเปลี่ยนสัญญาณเสร็จสิ้นจึงจับค่าสัญญาณแอนะล็อกค่าใหม่มาเก็บไว้อีกครั้ง เป็นเช่นนี้ต่อเรื่อยไป

2.7 เครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี

เครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีหรือที่เรียกกันว่า ซีดีเชนจ์เจอร์ (CD Changer) นั้นเป็นอุปกรณ์เครื่องเสียงอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีข้อดีกว่าเครื่องเล่นซีดี คือสามารถบรรจุแผ่นซีดีได้หลายๆ แผ่น ทำให้เกิดความสะดวกสบายในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแผ่นซีดี เพราะว่าเพียงแค่กดเลือกแผ่นซีดีที่ต้องการเท่านั้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแผ่นเข้าออกบ่อยๆ เหมือนเครื่องเล่นซีดีทั่วไป

2.7.1 คุณสมบัติการทำงาน

เครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีมีคุณสมบัติการทำงานดังต่อไปนี้

1) สามารถติดตั้งเครื่องได้ในแนวนอนและแนวตั้ง ทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการใช้งาน

2) ใช้ตัวกรองแบบ 8 Fs Digital Filters

3) ใช้ตัวกรองแบบ 1 big D/A Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี

เครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีมีข้อมูลจำเพาะดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี

ระบบ	ซีดีระบบเสียงดิจิตอล
ขนาด	ประมาณ 262 × 90 × 185 มิลลิเมตร (ไม่รวมส่วนยื่นและปุ่มควบคุม)
คุณสมบัติของเลเซอร์ไดโอด	วัสดุ : แกลเลียมอาร์เซไนด์ ความยาวคลื่น : 780 นาโนเมตร ระยะการเปล่งแสง : ต่อเนื่อง กำลังขับเลเซอร์ : ต่ำกว่า 44.6 ไมโครวัตต์
อุณหภูมิขณะใช้งาน	ตั้งแต่ -10 องศาเซลเซียส ถึง 55 องศาเซลเซียส
กระแสไฟ	800 มิลลิแอมป์ (ขณะเล่นซีดี) 800 มิลลิแอมป์ (ขณะนำแผ่นดิสก์ออก)
ความต้องการกำลังไฟ	+12 โวลต์

2.7.3 การใส่แผ่นซีดี

1) การตรวจสอบก่อนทำการใส่แผ่นซีดี

ก่อนทำการใส่แผ่นซีดีให้สังเกตที่ตำแหน่งลูกศร ซึ่งจะตั้งอยู่ด้านบนของกล่องใส่ซีดี และในขณะที่บรรจุแผ่นซีดีจะต้องให้แผ่นซีดีหงายด้านที่มีฉลากขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.15

2) การปลดล็อกฝาเปิด

ในการปลดล็อกฝาเปิดนั้นในขั้นแรกจะต้องกดลง เพื่อปลดล็อกฝาเปิด จากนั้นจึงเลื่อนเปิดเพื่อเปลี่ยนแผ่นในแมกกาซีน แสดงดังรูปที่ 2.16

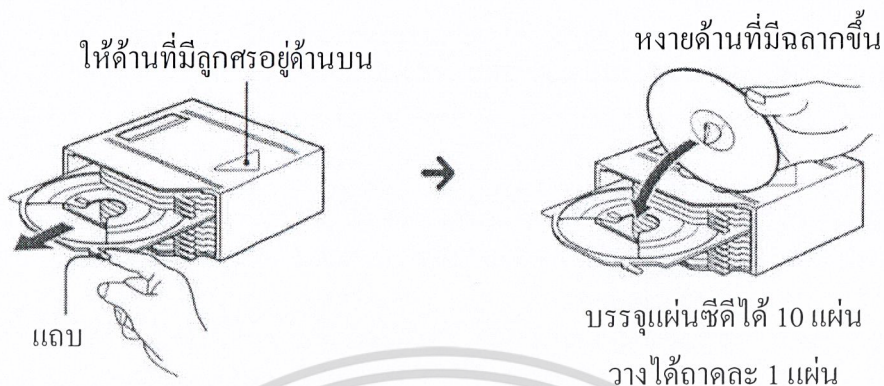
3) การถอดและบรรจุแมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดี

หากไม่สามารถล็อกแมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดีได้อย่างถูกต้อง ให้นำแมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดีออกและหลังจากกดปุ่ม EJECT ให้ใส่กลับเข้าไปอีกครั้ง แสดงดังรูปที่ 2.17

4) ปิดฝาเครื่องให้สนิทก่อนการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้เพื่อเป็นกรณีศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งถ้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจทำให้เลนส์ภายในเครื่องเปลี่ยนแผ่นสกปรก แสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.15 การตรวจสอบก่อนทำการใส่แผ่นซีดี

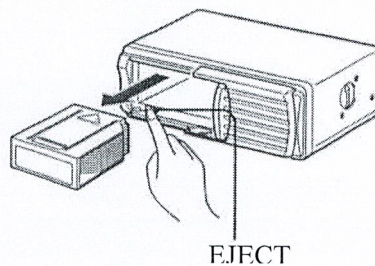
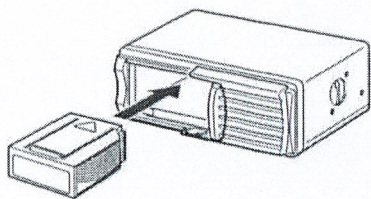
กดลงเพื่อปลดล็อกฝาเปิด

เลื่อนปิด

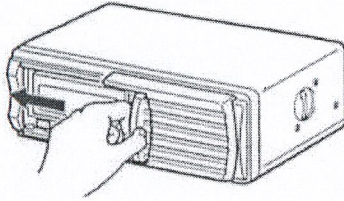
รูปที่ 2.16 การปลดล็อกฝาเปิด

แมกกาซีนบรรจุแผ่น

การนำแมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.17 การถอดและบรรจุแมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดีไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ปิดฝาเครื่องให้สนิทก่อนการใช้

2.7.4 การบำรุงรักษาแมกกาซีนแผ่นซีดี

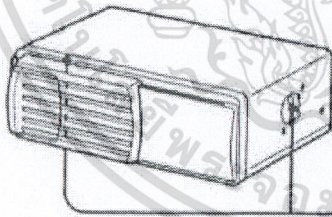
การบำรุงรักษาแมกกาซีนแผ่นซีดีมีดังต่อไปนี้

- 1) อย่าทิ้งแมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง
- 2) อย่าใส่แผ่นซีดีมากกว่า 1 แผ่นใน 1 ถาด ไม่เช่นนั้นอาจทำให้เครื่องชำรุดได้
- 3) อย่าให้แมกกาซีนบรรจุแผ่นซีดีตกหรือถูกแรงกระแทกรุนแรงจากการติดตั้ง

2.7.5 ลักษณะการติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี

การติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีมีลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) การติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีตามแนวนอน

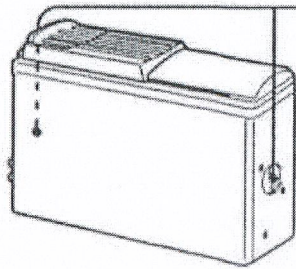


วางให้ตรงกับเครื่องหมาย
จัดตำแหน่ง

รูปที่ 2.19 การติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีตามแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีตามแนวตั้ง



วางให้ตรงกับเครื่องหมาย
จัดตำแหน่ง

รูปที่ 2.20 การติดตั้งเครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดีตามแนวตั้ง

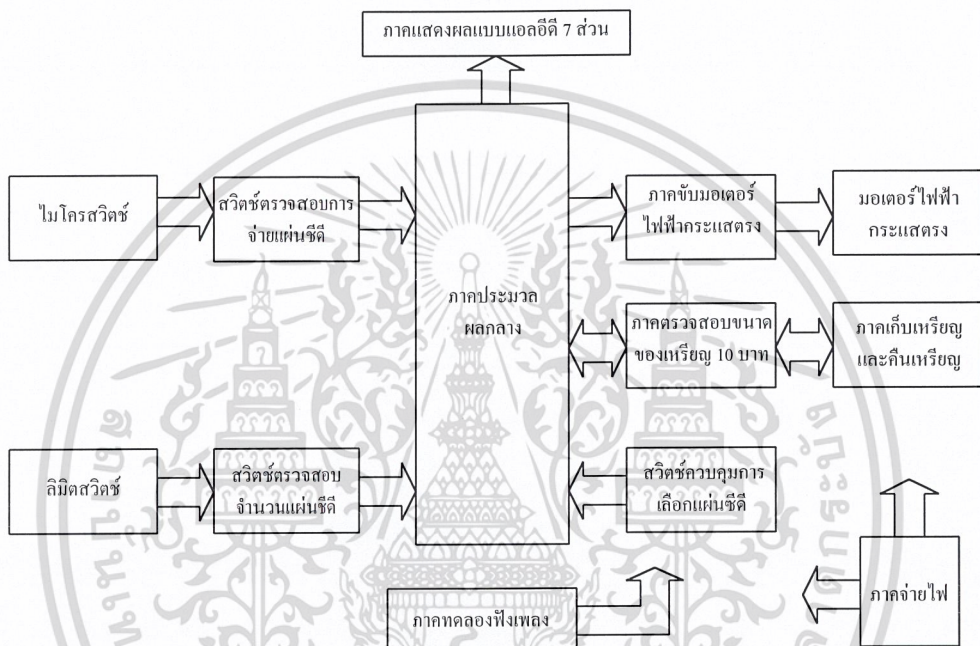


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องจำหน่ายแผ่นซีดีเพลงอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- 1) ภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท ใช้สำหรับตรวจสอบว่าเหรียญที่เข้ามาว่าใช่เหรียญ 10 บาทหรือไม่ โดยใช้หลักการตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ
- 2) ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี ใช้สำหรับเลือกแผ่นซีดีที่ต้องการ โดยสามารถเลือกแผ่นซีดีได้ครั้งละ 1 แผ่น
- 3) ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ใช้ลิ้มิตสวิตช์ (Limit Switch) ติดไว้ที่ช่องเก็บแผ่นซีดีแต่ละช่อง เพื่อทำการตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ถ้าแผ่นซีดีช่องใดช่องหนึ่งหมด ก็จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อแจ้งกับลูกค้าว่าแผ่นซีดีช่องนั้นหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ภาคสวิตช์ตรวจสอบการจ่ายแผ่นซีดี ใช้ไมโครสวิตช์ติดไว้ที่ช่องจ่ายแผ่นซีดีแต่ละช่อง สำหรับตรวจสอบว่ามีกรจ่ายแผ่นซีดีแล้วหรือยัง ถ้ามีการจ่ายแผ่นซีดีแล้ว ก็จะส่งสัญญาณออกไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมให้ทำการหมุนตัวจ่ายแผ่นซีดี

5) ภาคขั้วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทำหน้าที่ตัดต่อการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้ในการจ่ายแผ่นซีดีออกมายังช่องจ่ายซีดีและคืนเหรียญ โดยใช้รีเลย์ในการตัดต่อวงจร

6) ภาคแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วนใช้สำหรับแสดงค่าจำนวนเงิน โดยจะใช้ภาคแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน

7) ภาคประมวลผลกลาง ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ขยายพอร์ต โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8255 เป็นตัวขยายพอร์ต จะประกอบไปด้วย พอร์ตA พอร์ตB และพอร์ตC ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการกำหนดโหมดการทำงานให้แก่แต่ละพอร์ต เพื่อเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต โดยทำการเขียนค่าไปที่พอร์ตควบคุม

8) ภาคจ่ายไฟ ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับส่วนต่างๆ ของเครื่องทั้งหมด ซึ่งภาคจ่ายไฟประกอบด้วย 2 ชุด คือ ชุดจ่ายไฟ +12 โวลต์กับชุดจ่ายไฟ +5 โวลต์

9) ภาคทดลองฟังเพลง ใช้สำหรับให้ลูกค้าทดลองฟังเพลงก่อนทำการซื้อ โดยใช้เครื่องเปลี่ยนแผ่นซีดี เป็นตัวเลือกอัลบั้มเพลง

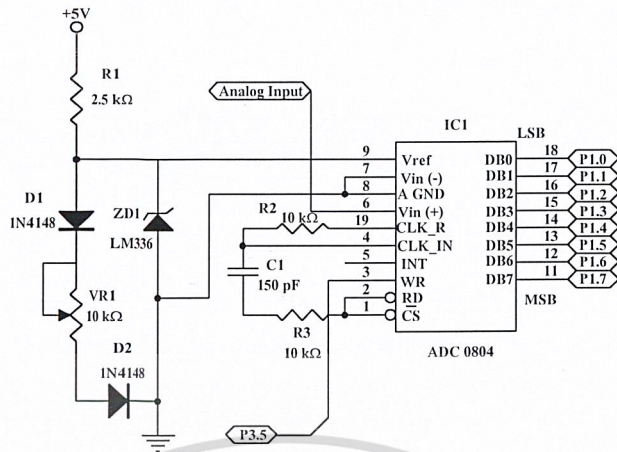
3.2 การออกแบบวงจร

3.2.1 ภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท

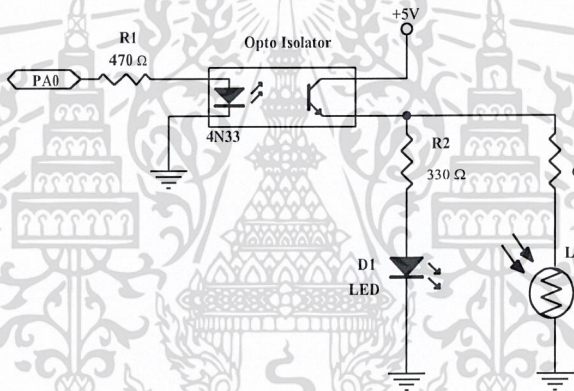
1) วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล อุปกรณ์หลักของวงจรมีคือ ไอซี ADC0804 ซึ่งเป็นไอซีแบบ ADC ขนาด 8 บิต โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมจังหวะการทำงานของไอซี เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลจะมีขนาด 8 บิต โดยจะส่งออกมาจากไอซีแบบขนาน เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ

2) วงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ ทำหน้าที่ตรวจสอบขนาดของเหรียญว่าเป็นขนาดของเหรียญชนิดใด แสดงในรูปแบบที่ 3.3 โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงและตัวแอลดีอาร์เป็นตัวส่งและรับสัญญาณ โดยจะต่อเข้ากับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

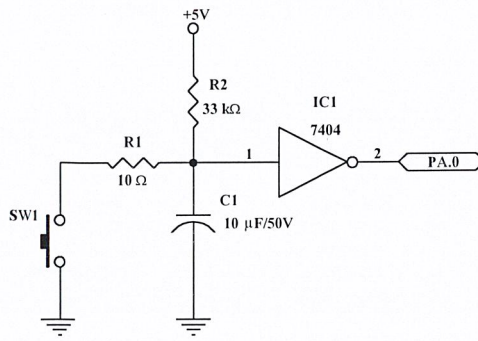


รูปที่ 3.3 วงจรตรวจสอบขนาดของหรีย

3.2.2 ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี

การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.4 เป็นการต่อตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด คร่อมหน้าสัมผัส เพื่อให้แรงดันตกคร่อมหน้าสัมผัสเปลี่ยนแปลงทันทีไม่ได้ เมื่อเปิดสวิตซ์ตัวเก็บประจุจะถูกเก็บประจุผ่านตัวต้านทาน 33 กิโลโอห์ม ทำให้แรงดันที่อินพุตของเกตค่อยๆ เพิ่มขึ้น แม้จะมีการสั้นของหน้าสัมผัสก็ไม่มีผลต่อค่าแรงดันมากนัก เมื่อเลือกแผ่นซีดีที่ต้องการ จะมีแรงดันไฟ +5 โวลต์ ส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขับแผ่นออกมา

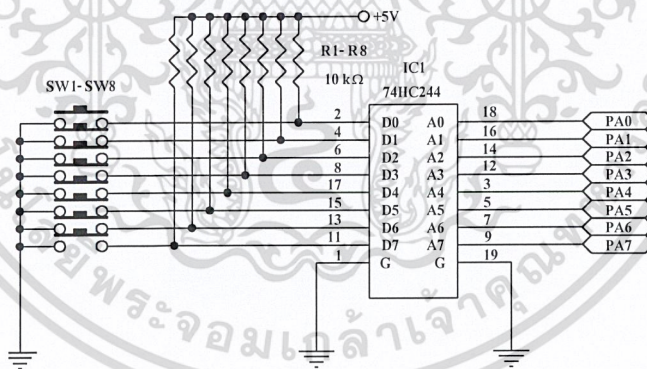
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี

3.2.3 ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ทำหน้าที่ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดีที่มีอยู่ในช่องเก็บแผ่นซีดีแต่ละช่อง โดยจะต่อกับลิมิตสวิตช์ซึ่งติดตั้งไว้ที่ช่องเก็บแผ่นซีดีของแต่ละช่อง ถ้าแผ่นซีดีหมดก็จะเตือนให้ผู้ซื้อรู้ว่าแผ่นซีดีนี้ช่องนี้หมด ซึ่งไมโครสวิตช์จะเป็นตัวตรวจสอบและจะมีแรงดัน +5 โวลต์ ส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์



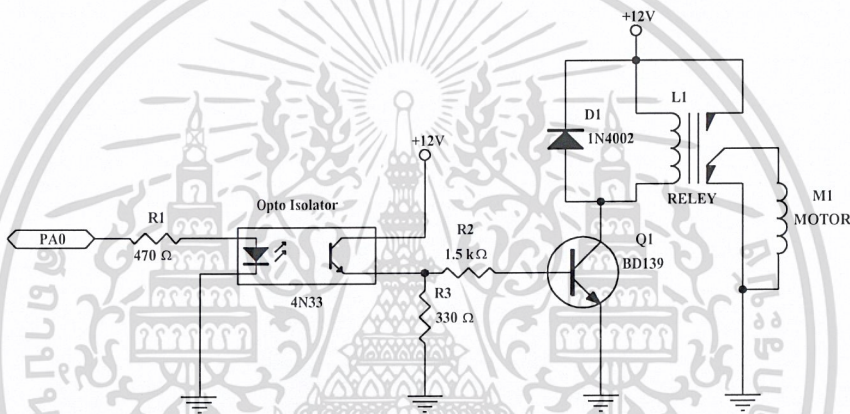
รูปที่ 3.5 วงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

3.2.4 ภาคขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรภาคมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงในรูปที่ 3.6 โดยการทำงานของวงจรจะป้อนลอจิกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับชุดขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หลักการทำงานของวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงอาศัยคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลอจิกที่สามารถทำให้ชุดขับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำงาน คือ ลอจิก “1” เมื่อมีคำสั่งส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีลอจิกเป็นเอกสารฉบับอื่นใดที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“1” แอลอีดีภายในออปโตไดโอดจะนำกระแส โดยมีตัวต้านทานค่า 470 โอห์ม ทำหน้าที่จำกัดกระแส เมื่อทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในออปโตไดโอดนำกระแส ก็จะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านตัวต้านทาน 330 โอห์ม ลงกราวด์ และอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านตัวต้านทาน 1.5 กิโลโอห์ม ไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์เบอร์ BD 139 ซึ่งสามารถขับกระแสได้ 2 แอมป์ เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้กระแสที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟผ่านยังขดลวดมอเตอร์กระแสตรงครบวงจร ส่วนไดโอดเบอร์ 1N4002 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับในขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน สำหรับชุดจ่ายไฟของขดลวดมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรงกับชุดจ่ายไฟของอินพุตจะแยกอิสระจากกัน เพื่อตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนและปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามารบกวนระบบของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.6 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

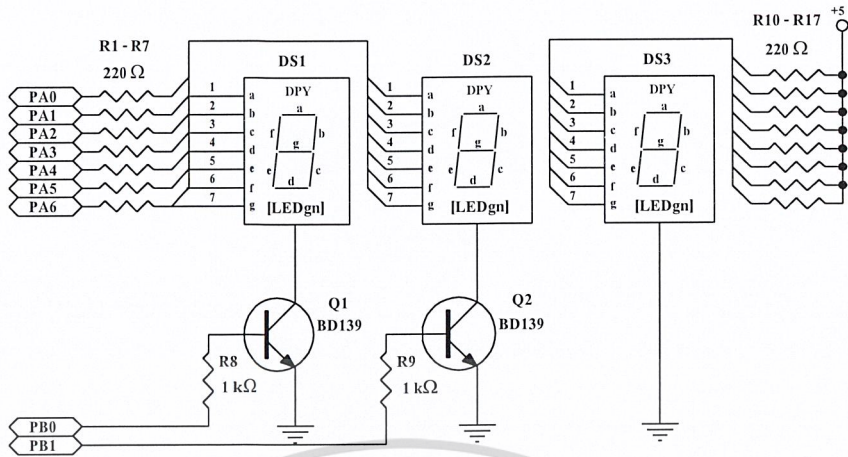
3.2.5 ภาคแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน

ภาคแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน แสดงในรูปที่ 3.7 ใช้สำหรับแสดงค่าจำนวนเงิน รวมทั้งแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

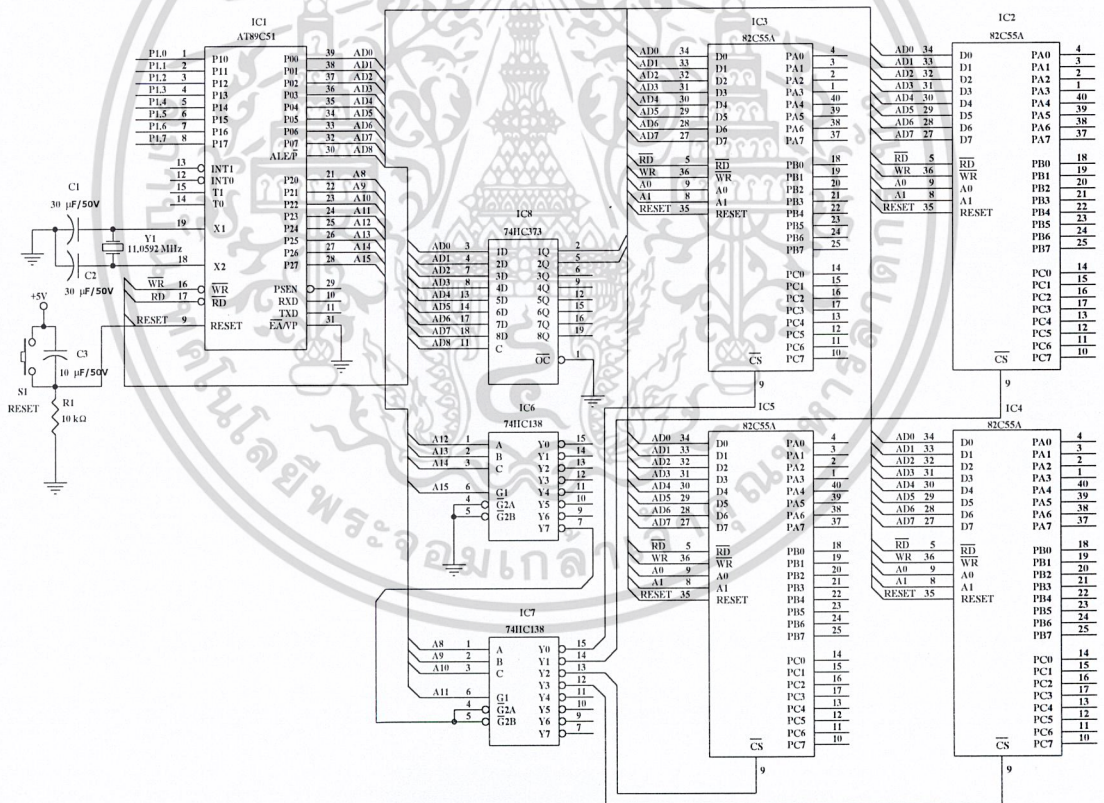
3.2.6 ภาคประมวลผลกลาง

ในส่วนของภาคประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ โดยมีไอซีเบอร์ AT89C51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้ไอซีเบอร์ 82C55 เป็นตัวขยายพอร์ต ใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเป็นโปรแกรมควบคุมขั้นตอนการทำงานของวงจร รูปวงจรแสดงดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน



รูปที่ 3.8 วงจรประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบระบบกลไก

3.3.1 การออกแบบชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญ

ในการออกแบบชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญนั้นจะใช้งานพลาสติกรูปทรงกลม เจาะรูเพื่อนำเอาเหรียญที่ถูกหยอดมาเก็บไว้ที่ช่องรับเหรียญรูปทรงกระบอก จากนั้นเมื่อลูกค้ายื่นยื่นการซื้อเหรียญก็จะถูกเก็บไว้ที่ช่องรับเหรียญ แต่ถ้าลูกค้าต้องการยกเลิกการซื้องานก็จะหมุนเพื่อคืนเหรียญให้กับลูกค้า ซึ่งในช่องรับเหรียญนั้นจะมีไมโครสวิทช์ เพื่อตรวจสอบจำนวนเหรียญ เมื่อจำนวนเหรียญสูงถึงจำนวนที่กำหนด เหรียญส่วนหนึ่งที่ช่องรับเหรียญก็จะถูกจ่ายมาที่งานเพื่อหมุนให้เหรียญมาเก็บไว้ที่กล่องเก็บเหรียญ

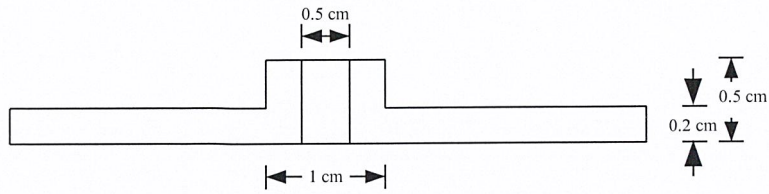
ส่วนต่างๆของชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- 1) งานพลาสติกรูปทรงกลม ทำหน้าที่หมุนเพื่อเก็บเหรียญและคืนเหรียญ
- 2) ช่องรับเหรียญทำหน้าที่เก็บเหรียญไว้สำหรับคืนเหรียญให้กับลูกค้าและเมื่อเหรียญมีปริมาณมากพอก็จะจ่ายเหรียญไปเก็บไว้ที่ช่องเก็บเหรียญ
- 3) ไมโครสวิทช์ ทำหน้าที่ตรวจสอบปริมาณเหรียญที่ช่องรับเหรียญ
- 4) มอเตอร์ ทำหน้าที่หมุนงานเพื่อคืนเหรียญและเก็บเหรียญ

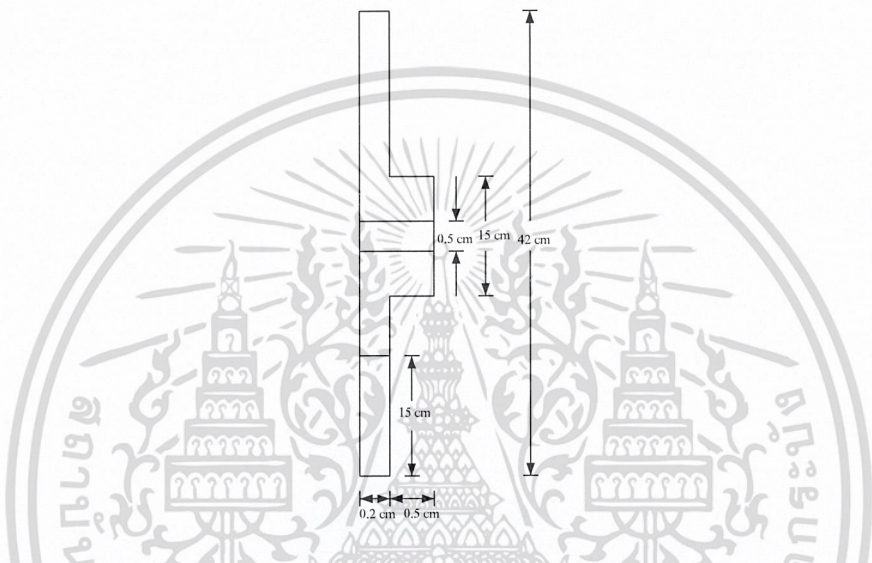


รูปที่ 3.9 ชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญเมื่อมองจากด้านบน

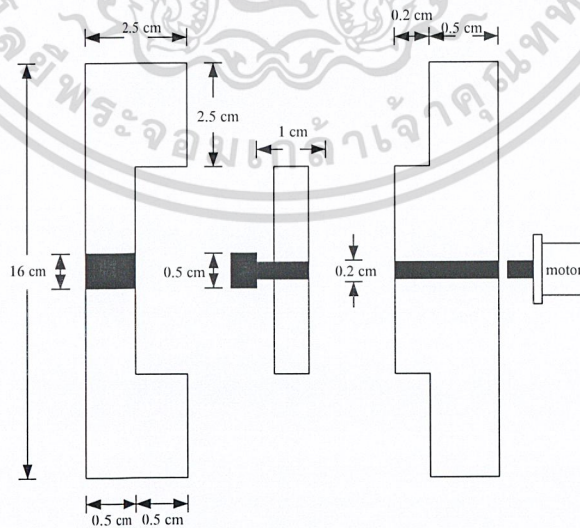
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



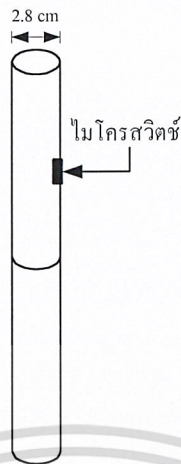
รูปที่ 3.10 ชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญเมื่อมองจากด้านข้าง



รูปที่ 3.11 ชุดเก็บเหรียญและคืนเหรียญเมื่อมองจากแนวตั้งด้านข้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ช่องรับเหรียญ 10 บาท

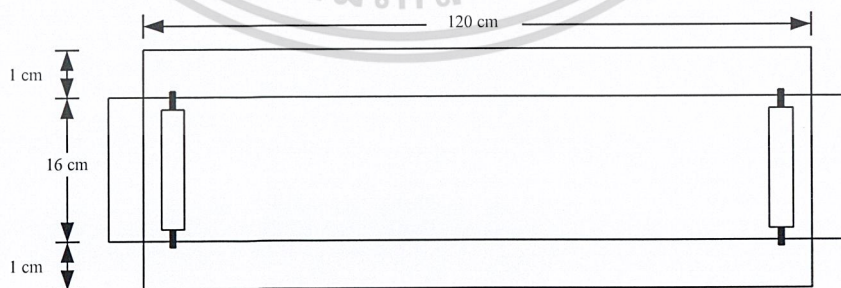
3.3.2 การออกแบบชุดจ่ายแผ่นซีดี

ในการออกแบบชุดจ่ายแผ่นซีดีนั้น จะนำเอากล่องเหล็กสำหรับเก็บแผ่นซีดีและนำเอาเสาอากาศไฟฟ้าของรถยนต์ มาใช้เป็นตัวดันแผ่นซีดี และนำเอาชุดสายพานลำเลียงแผ่นมาเพื่อใช้ในการลำเลียงแผ่นซีดีมาให้ลูกค้า

ชุดจ่ายแผ่นซีดีประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

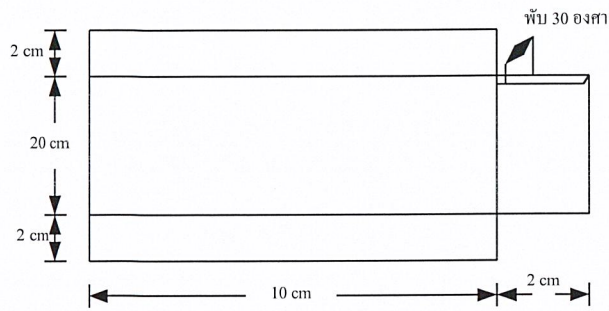
- 1) ช่องเก็บแผ่นซีดีจำนวน 10 ช่อง ทำหน้าที่เก็บแผ่นซีดีช่องละ 10 แผ่น
- 2) ชุดดันแผ่นซีดีจำนวน 10 ชุด ทำหน้าที่ดันแผ่นซีดีให้ออกจากช่องเก็บแผ่น
- 3) ชุดสายพานลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงแผ่น ที่ถูกดันออกมาจากช่องเก็บแผ่นซีดีให้ออกมา

ที่ช่องรับแผ่น

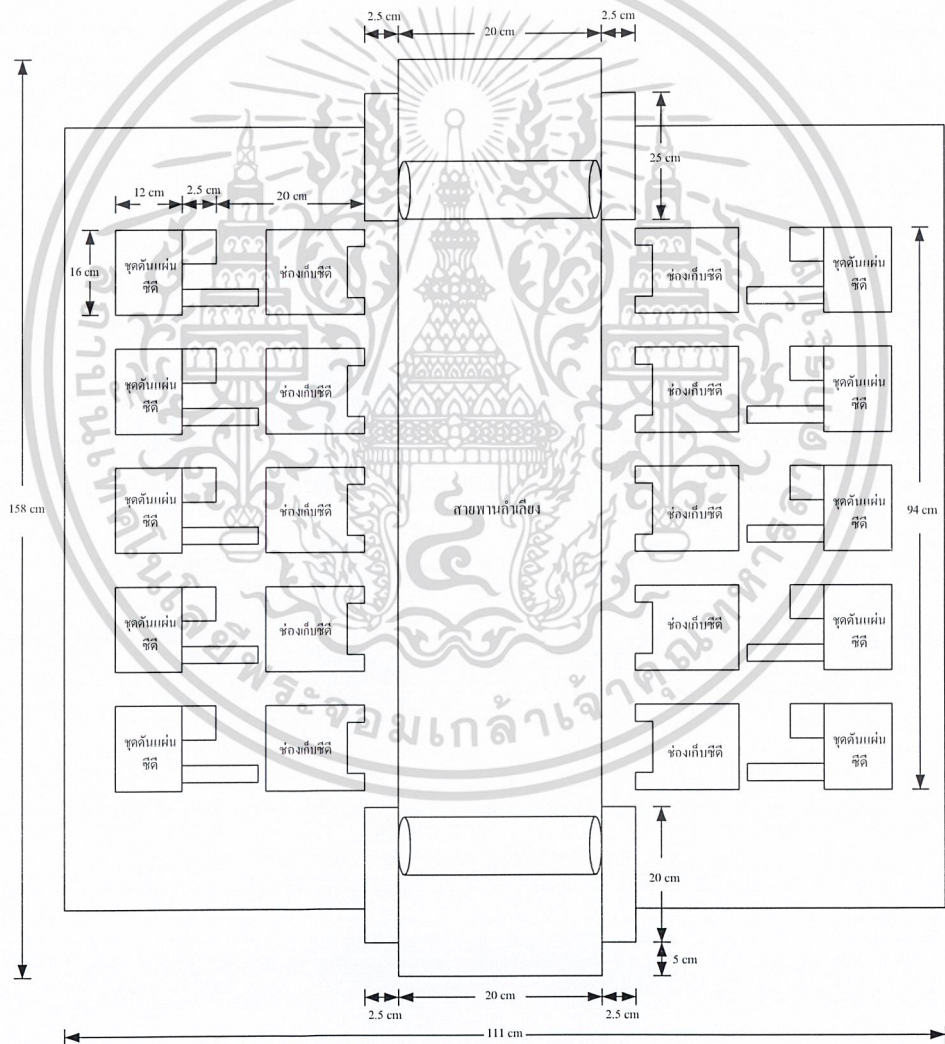


รูปที่ 3.14 ชุดสายพานลำเลียงเมื่อมองจากด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ชุดสายพานลำเลียงเมื่อมองจากด้านหลัง



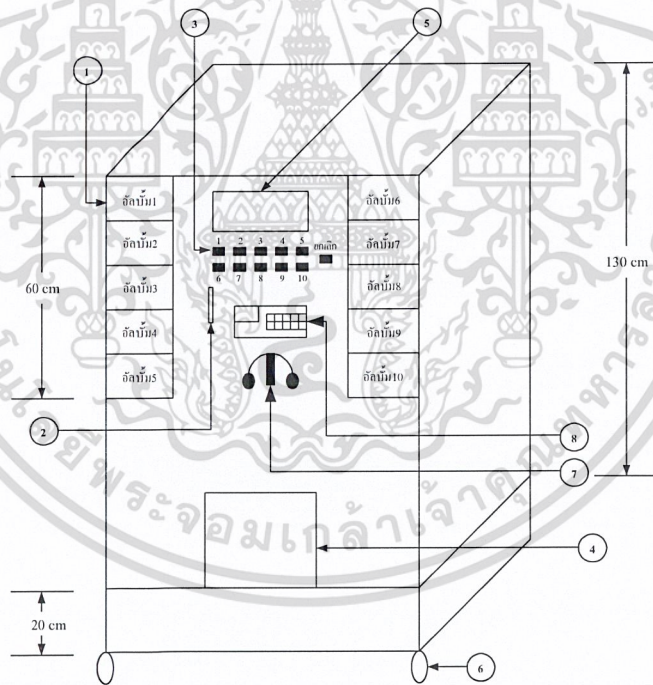
รูปที่ 3.16 ชุดจ่ายแผ่นซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การออกแบบโครงสร้างของเครื่อง

โครงสร้างด้านนอกของตัวเครื่องจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) ช่องสำหรับแสดงอัลบั้ม ข้างละ 5 อัลบั้ม ทำหน้าที่แสดงให้ลูกค้าทราบว่า มีอัลบั้มใดบ้าง
- 2) ช่องสำหรับหยอดเหรียญ 10 บาท ทำหน้าที่สำหรับให้ลูกค้าหยอดเหรียญเพื่อซื้อสินค้า
- 3) สวิตช์สำหรับเลือกอัลบั้ม ทำหน้าที่สำหรับกดเพื่อเลือกอัลบั้มเพลงที่ต้องการซื้อ
- 4) ช่องรับแผ่นซีดี ทำหน้าที่เป็นช่องรับแผ่นซีดีสำหรับผู้ซื้อ
- 5) จอแสดงผล ทำหน้าที่แสดงค่ามูลค่าของจำนวนเงินที่ผู้ซื้อได้ใส่เข้าไปในเครื่อง รวมทั้งแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ
- 6) ล้อสำหรับเข็น ทำหน้าที่ใช้สำหรับเข็นเพื่อเคลื่อนย้ายตัวเครื่อง
- 7) หูฟัง ทำหน้าที่ใช้ทดลองฟังเสียงเพลง
- 8) สวิตช์กดเลือกฟังเพลง ทำหน้าที่กดเพื่อเลือกฟังเพลง



รูปที่ 3.17 โครงสร้างด้านนอกของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของวงจรในส่วนต่างๆ ของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติว่าทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ โดยใช้เครื่องมือทำการตรวจสอบผลการทำงานในส่วนของวงจรที่สร้างขึ้น ได้แก่ การทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ การทดลองภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี และการทดลองเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

4.2 การทดลองภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองบันทึกค่าเอาต์พุตของวงจรภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท เพื่อที่จะนำค่าที่ได้ไปเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำค่าที่ได้บันทึกไว้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ผ่านเข้ามาใหม่ขณะทำการหยอดเหรียญ ถ้าตรงกับค่าที่กำหนดก็แสดงว่าเหรียญนั้นเป็นเหรียญจริง

เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางนั้น คือ เอาต์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบ โดยใช้อปแอมป์ โดยเอาต์พุตนี้จะต่อกับแอลอีดี เพื่อแสดงสถานะทำงาน โดยสามารถดูการทำงานของวงจรได้จาก LED

4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ต่อแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์ ให้กับวงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท
- 2) ต่อแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์ และ 0 โวลต์ ให้กับวงจรเปรียบเทียบ
- 3) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ ผ่านตัวตรวจจับแสงด้วยแอลอีดีอาร์รังเกตแอลอีดีที่ติด และบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบขนาดของเหรียญ 10 บาท

เหรียญที่	LED
1	ติด
2	ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางเหรียญ 10 บาท

เหรียญที่	LED
2	ติด
3	ดับ
4	ดับ
5	ติด
6	ดับ
7	ติด
8	ติด
9	ติด
10	ติด

หมายเหตุ ติด คือ แอลอีดีจะติดเมื่อเหรียญ 10 บาท ผ่านภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางเหรียญแล้วได้เอาต์พุตเป็น “1” แสดงว่าเป็นเหรียญ 10 บาท จริง

ดับ คือ แอลอีดีจะดับเมื่อเหรียญ 10 บาท ผ่านภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางเหรียญแล้วได้เอาต์พุตเป็น “0” แสดงว่าเป็นเหรียญ 10 บาท ปลอม

4.2.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ ผ่านตัวตรวจจับแสงด้วยแอลอีดีอาร์ เพื่อตรวจสอบผ่านศูนย์กลาง ผลปรากฏว่า ค่าเอาต์พุตที่ได้ของวงจรเปรียบเทียบจะได้เอาต์พุตเป็น “1” ในกรณีที่เป็นเหรียญ 10 บาทจริง แต่ในบางครั้งค่าเอาต์พุตที่ได้ก็มีความผิดพลาดเล็กน้อย ซึ่งโดยรวมแล้วภาคตรวจสอบเหรียญสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 การทดลองภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

การทดลองในส่วนนี้เป็นการทดลองบันทึกค่าเอาต์พุตของวงจรภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี โดยจะกำหนดให้ในช่องใส่ซีดีแต่ละช่องมีซีดีบรรจุอยู่และไม่มีซีดีบรรจุอยู่ตามลำดับ

4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ ให้กับวงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) บรรจุแผ่นซีดีลงในช่องใส่แผ่นซีดีทุกช่อง ยกเว้นช่องที่ 1 สังเกตแอลอีดีที่ติด บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2
- 3) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 2 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.3
- 4) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 3 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.4
- 5) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 4 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.5
- 6) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 5 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.6
- 7) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 6 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.7
- 8) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 7 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.8
- 9) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 8 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.9
- 10) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 9 บันทึกผลลงในตารางที่ 4.10
- 11) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็น ไม่ใส่ซีดีในช่องที่ 10 แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.2 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 1

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
เขียว	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด

ตารางที่ 4.3 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 2

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
เขียว	ติด	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด

หมายเหตุ แอลอีดีสีแดงติด คือ ไม่มีแผ่นซีดีบรรจุอยู่ในช่องใส่ซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แอลอีดีสีเขียวติด คือ มีแผ่นซีดีบรรจุอยู่ในช่องใส่ซีดี
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 3

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
เขียว	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด

ตารางที่ 4.5 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 4

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
เขียว	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด

ตารางที่ 4.6 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 5

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
เขียว	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด

ตารางที่ 4.7 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 6

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
เขียว	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 7

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
เขียว	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด	ติด

ตารางที่ 4.9 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 8

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ
เขียว	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ติด

ตารางที่ 4.10 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 9

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ
เขียว	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด

ตารางที่ 4.11 เอาต์พุตของภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี ขณะไม่ใส่แผ่นซีดีในช่องที่ 10

LED	ช่องใส่ซีดี									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
แดง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด
เขียว	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสังเกตได้ว่า ในขณะที่ช่องใส่แผ่นซีดีช่องใดไม่มีแผ่นซีดีบรรจุอยู่ ค่าเอาต์พุตของวงจรตรวจสอบจำนวนแผ่นจะแสดงผล โดยทำให้แอลอีดีหลอดสีแดงติด เพื่อบอกให้ทราบว่าไม่มีซีดีบรรจุอยู่ในช่องใส่แผ่นซีดี แต่ถ้าในช่องใส่ซีดีช่องใดมีแผ่นซีดีบรรจุอยู่แอลอีดีหลอดสีเขียวจะติดเพื่อบอกให้ทราบว่า มีแผ่นซีดีบรรจุอยู่ในช่องใส่ซีดี

4.4 การทดลองเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

การทดลองเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัตินี้ จะทำการทดลองจำหน่ายแผ่นซีดีเพลง โดยใช้เหรียญ 10 บาทจำนวน 10 เหรียญ เนื่องจากแผ่นซีดีแต่ละแผ่นจะตั้งราคาขายไว้แผ่นละ 100 บาท

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบแอลอีดีแสดงจำนวนเงิน 100 บาท
- 2) กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 1 ซึ่งผลการทดลองดังตารางที่ 4.12
- 3) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 2 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12
- 4) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 3 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12
- 5) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 4 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12
- 6) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 5 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12
- 7) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 6 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12
- 8) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 7 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12
- 9) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 8 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12
- 10) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 9 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ กดสวิทช์เลือกแผ่นซีดีอัลบั้มที่ 10 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

จำนวน สวิทช์เลือก	อัลบั้มซีดีเพลง									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เลือกอัลบั้มที่ 1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 7	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 8	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
เลือกอัลบั้มที่ 9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
เลือกอัลบั้มที่ 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

** หมายถึง “1” คือ แผ่นซีดีที่ถูกขับออกมาจำนวน 1 แผ่น

“-” คือ แผ่นซีดีที่ไม่ได้ถูกขับออกมา

4.4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของเครื่องจำหน่ายแผ่นซีดีเพลงอัตโนมัติ เมื่อเราทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จอแสดงผลก็จะแสดงมูลค่าของเงินที่เราหยอดเข้าไป เมื่อมีมูลค่าครบ 100 บาท เราก็จะสามารถกดสวิทช์เลือกอัลบั้มที่เราต้องการซื้อ สังเกตได้ว่าเครื่องจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถจ่ายอัลบั้มออกมาได้ตรงกับที่กดสวิทช์เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุป

เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน มีหลักการการทำงาน คือ เมื่อผู้ใช้บริการหยอดเหรียญเข้าไปในเครื่องเหรียญจะถูกตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลาง ถ้าเป็นเหรียญจริง เหรียญจะผ่านไปยังช่องเก็บเหรียญ พร้อมทั้งแสดงมูลค่า จากนั้นให้ผู้ใช้บริการเลือกแผ่นซีดีเพลงที่ต้องการ โดยสามารถเลือกได้ 1 แผ่นต่อครั้ง เมื่อเลือกแผ่นซีดีที่ต้องการแล้ว โปรแกรมจะทำหน้าที่ส่งให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นตัวขับเคลื่อนให้แผ่นซีดีที่ต้องการออกมายังช่องรับสินค้า

อย่างไรก็ตาม เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางแก้ไข และแนวทางในการพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1) ปัญหา การหมุนของมอเตอร์ซีดีรอมขับแผ่นซีดีออกมาจากถ่วง ไม่สามารถนำแผ่นซีดีออกมาได้ถ้าวงแผ่นซีดีซ้อนกันมากกว่า 6 แผ่น เนื่องจากมอเตอร์ไม่มีแรงพอ

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ที่ใช้ดันสายอากาศรถยนต์แทน ทำให้มีกำลังพอที่จะขับแผ่นซีดีได้ถึง 20 แผ่นขึ้นไป

2) ปัญหา การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะผิดพลาด เนื่องมาจากต่อกราวด์ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แนวทางแก้ไข แยกกราวด์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงออกจากกราวด์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และใช้ภาคจ่ายไฟแยกกัน

3) ปัญหา การทำช่องรับเหรียญและคืนเหรียญบนจานซีดีเหรียญอันเดียวกัน ทำให้มีปัญหาในการทำให้แต่ละช่องหยุดตรงตำแหน่งของรูรับเหรียญและคืนเหรียญ เนื่องจากการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไม่ละเอียดพอ ทำให้ตำแหน่งของช่องบรรจุเหรียญคลาดเคลื่อน

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนช่องบรรจุเหรียญ ให้ช่องมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความลาดเอียง เพราะเมื่อจานซีดีเหรียญหมุนจะทำให้เหรียญไหลลงในช่องได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) **ปัญหา** การที่ใช้สตีปเปอร์มอเตอร์ติดจานตีเหรียญ จะทำให้ตีเหรียญออกมาไม่ได้เมื่อบรรจุเหรียญเต็มช่อง เนื่องจากมีกำลังจับไม่พอ

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทดเพื่อแทนสตีปเปอร์มอเตอร์ ทำให้สามารถตีเหรียญออกมาได้ดี และสามารถหยุดจานตีเหรียญได้ตรงตำแหน่ง

5) **ปัญหา** การจัดทำโครงสร้างของเครื่องทำได้ลำบาก เนื่องจากเครื่องมีขนาดใหญ่

แนวทางแก้ไข ให้ร้านจัดทำให้ เนื่องจากสะดวกและรวดเร็วกว่า

6) **ปัญหา** อินพุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ต่อมาจากตัวตรวจจับแอลดีอาร์ ถูกรบกวนด้วยแสงจากภายนอก ทำให้วงจรแปลงสัญญาณผิดพลาด เนื่องจากอินพุตของวงจรเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนตัวตรวจจับจากแอลดีอาร์เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ เพราะโฟโตทรานซิสเตอร์รับได้เฉพาะแสงอินฟราเรด แสงจากภายนอกจึงรบกวนได้น้อยกว่าแอลดีอาร์

7) **ปัญหา** เครื่องไม่สามารถทราบจำนวนเหรียญที่บรรจุเต็มในช่องบรรจุเหรียญเนื่องจากไม่มีตัวตรวจสอบ

แนวทางแก้ไข ติดตั้งตัวตรวจจับโดยใช้ไมโครสวิตช์เพื่อตรวจสอบจำนวนเหรียญ

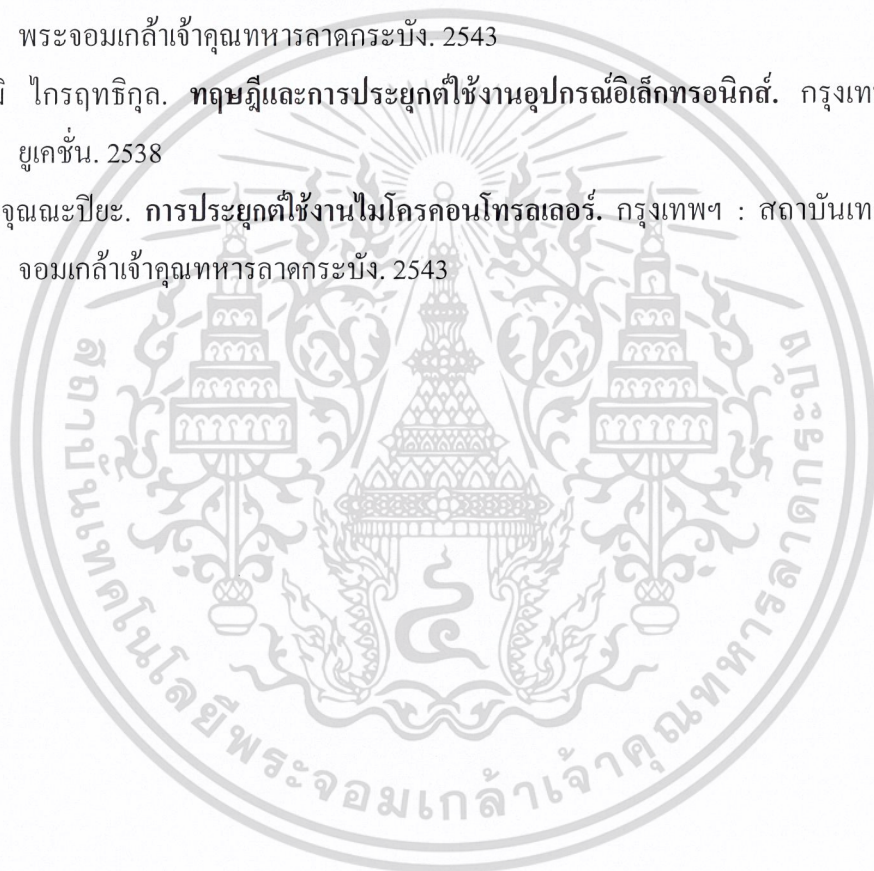
5.3 แนวทางการพัฒนา

- 1) ควรทำให้มอเตอร์ที่ใช้ในการตีเหรียญมีความเร็วมากขึ้น
- 2) ถังบรรจุแผ่นซีดีควรใช้แผ่นพลาสติกเพื่อให้มีความสวยงาม และน้ำหนักเบา
- 3) ตัวกล่องควรทำให้มีความพอดีกับอุปกรณ์ภายใน เพื่อความสวยงาม
- 4) ช่องบรรจุเหรียญควรทำให้มีความลาดเอียง เพื่อให้เหรียญจะได้ไม่ติดค้างภายในหลอด
- 5) ควรทำให้สามารถใช้ธนบัตรและเหรียญชนิดอื่นมาให้บริการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- เปรมจิต แก้วแก่นสาร และคณะ. “เครื่องแลกเปลี่ยนบัตรเป็นเหรียญอัตโนมัติ.” ปรินิพนธ์
 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม,
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2544
- ปรีชา อุปคำ และคณะ. “เครื่องแลกเปลี่ยนบัตรอัตโนมัติ.” ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543
- ชนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล. ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด
 ยูเคชั่น. 2538
- สมยศ จุณณะปิยะ. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระ
 จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

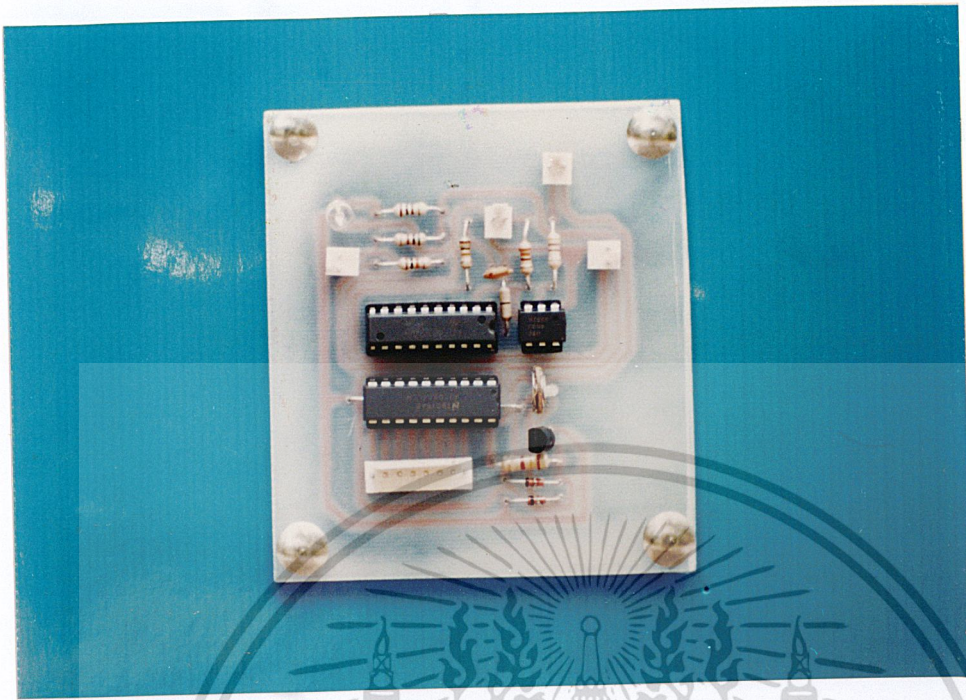


รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

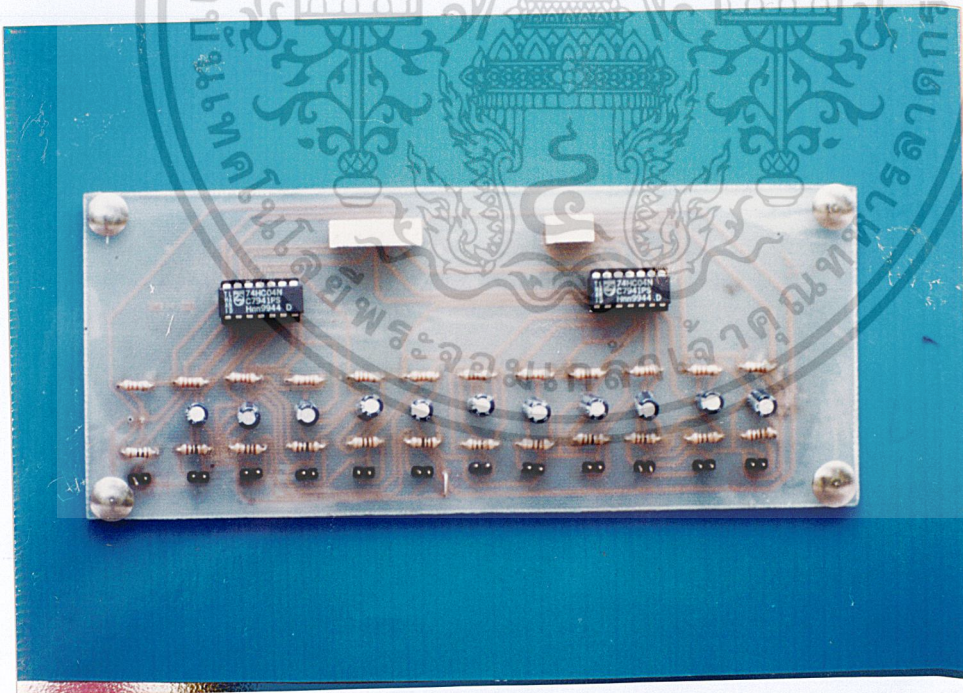


รูปที่ ก.2 ภาพด้านหลังของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

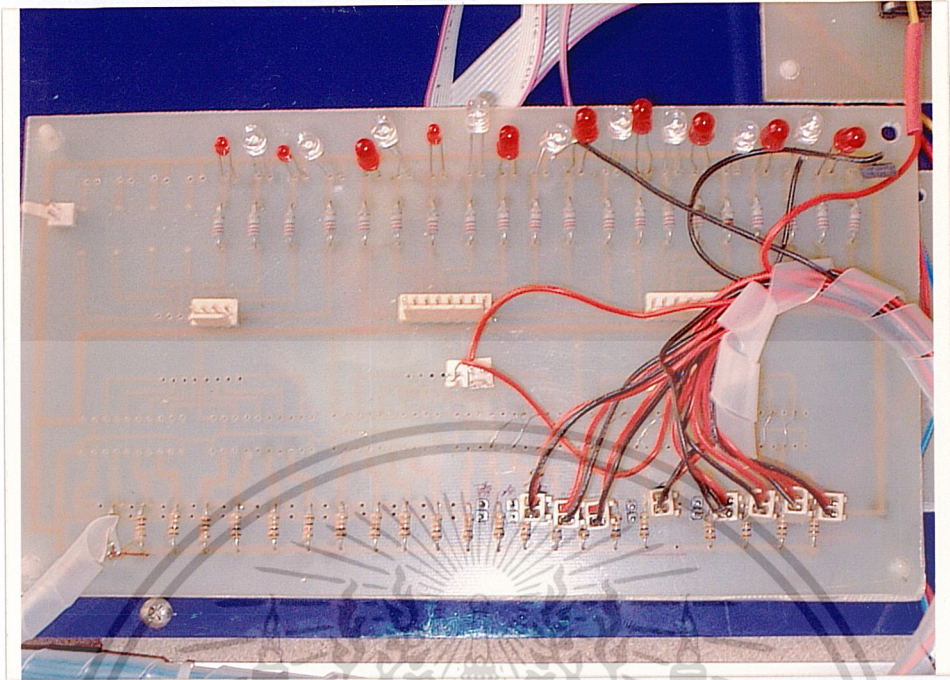


รูปที่ ก.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและวงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ

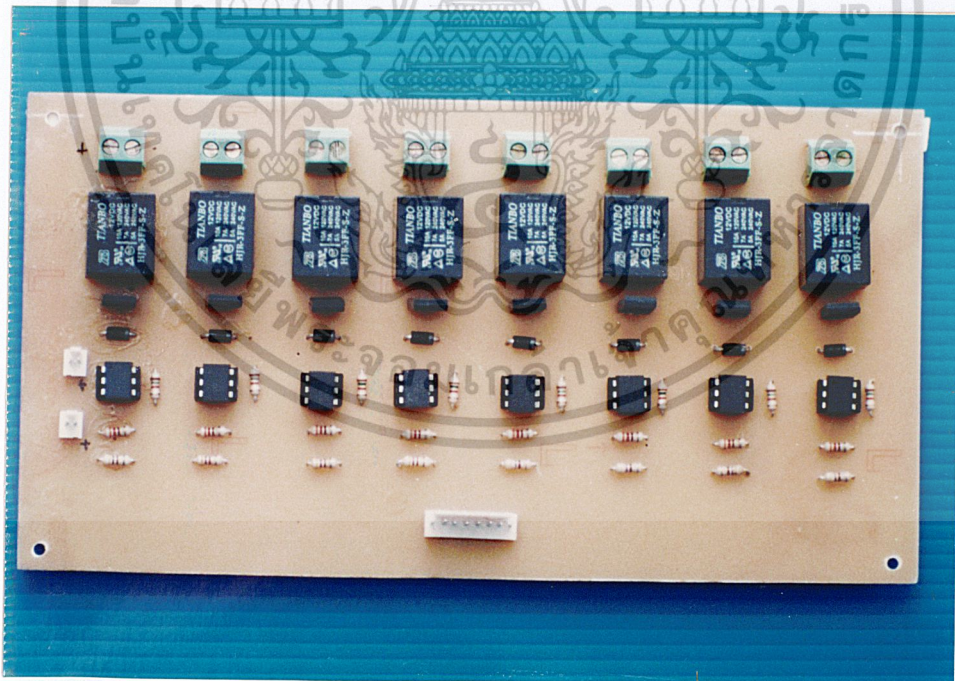


รูปที่ ก.4 วงจรวงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

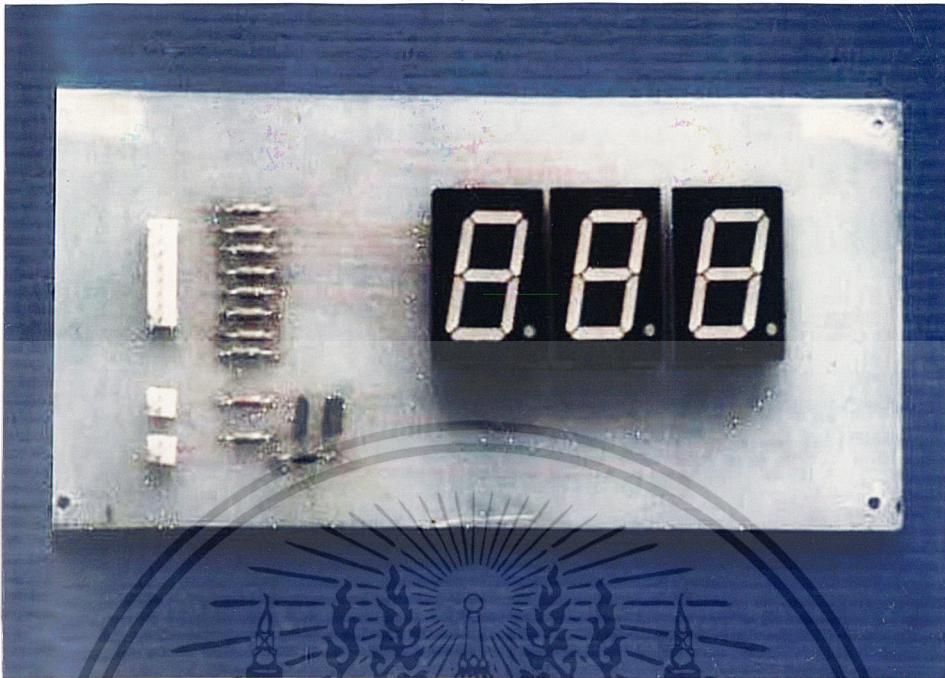


รูปที่ ก.5 วงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

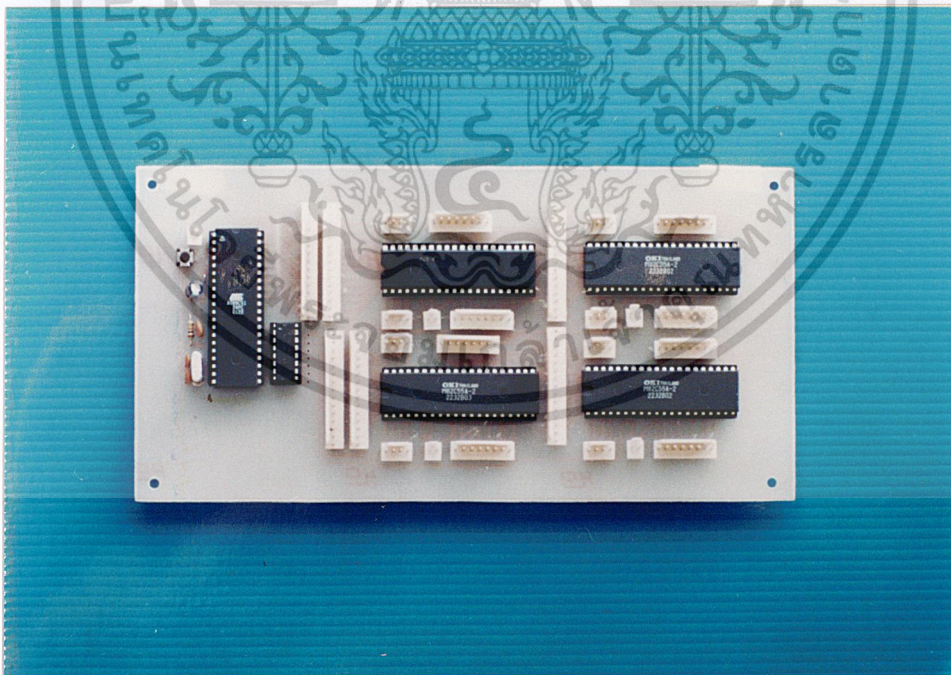


รูปที่ ก.6 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

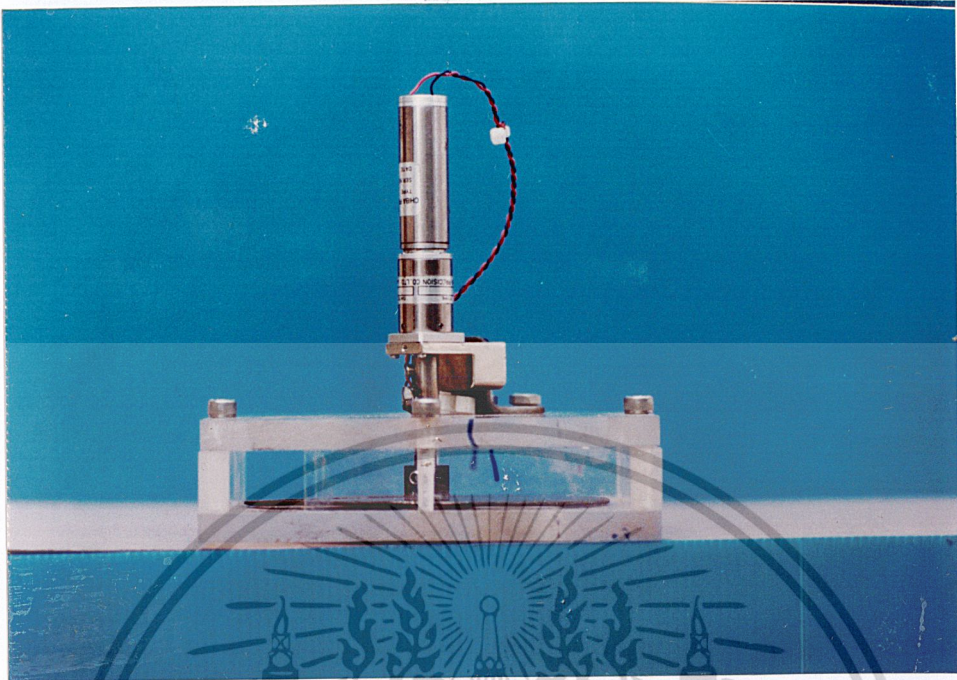


รูปที่ ก.7 วงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน



รูปที่ ก.8 วงจรประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

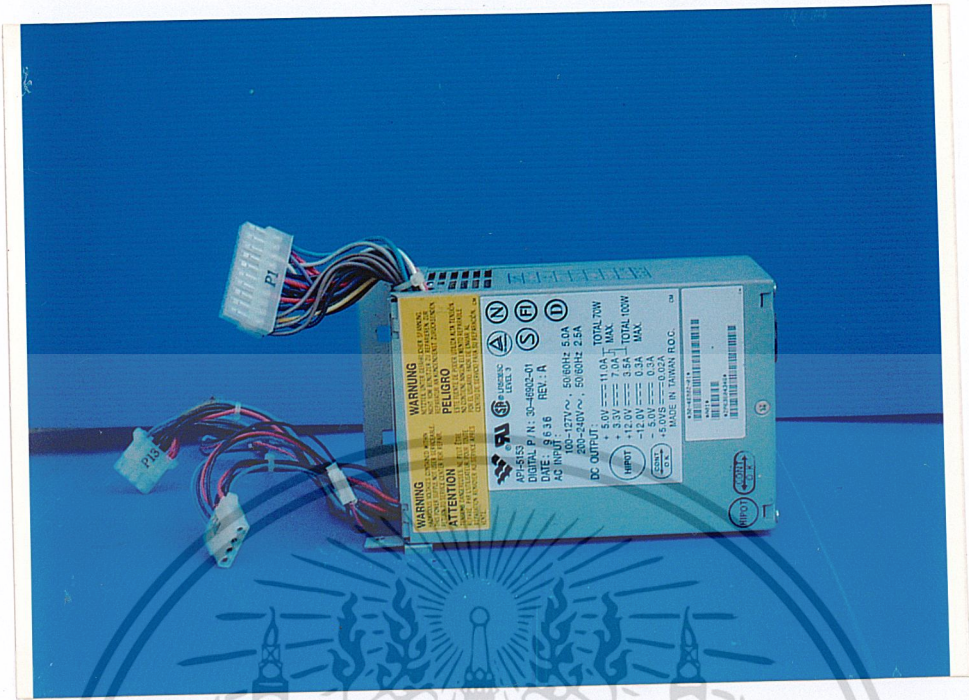


รูปที่ ก.9 ชุดเก็บและคืนเหรียญ



รูปที่ ก.10 ชุดจ่ายแผ่นซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 ชุดจ่ายไฟ

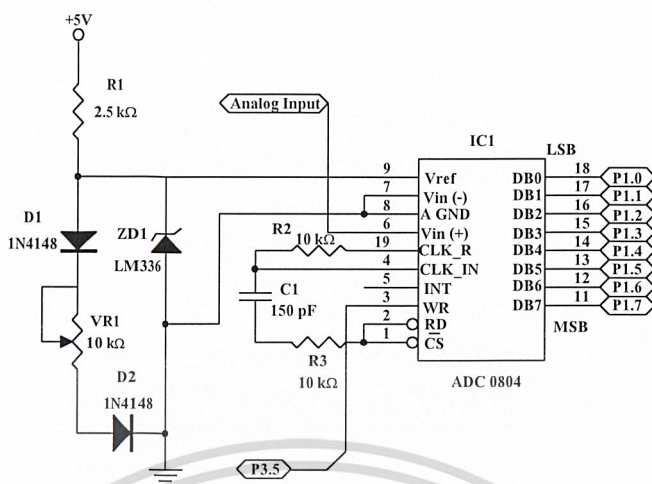


รูปที่ ก.12 ชุดทดลองฟังเพลง

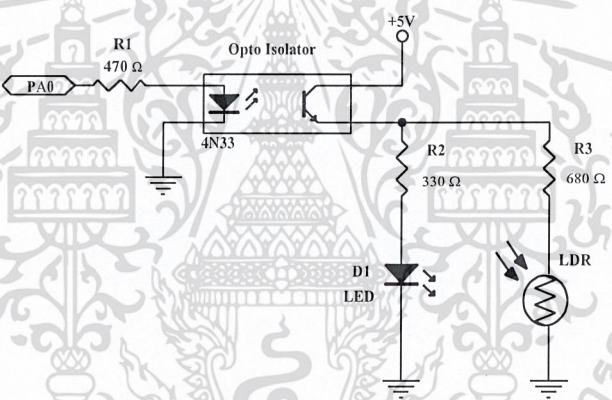
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



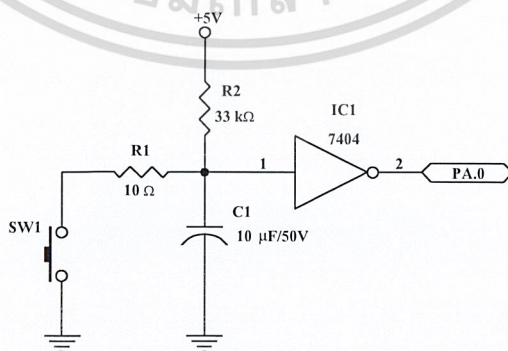
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

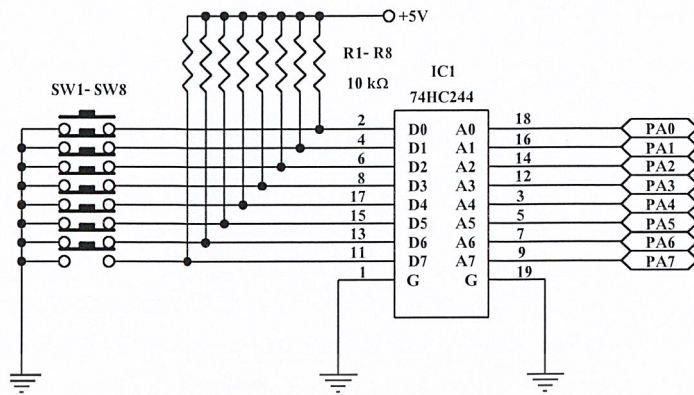


รูปที่ ข.2 วงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ

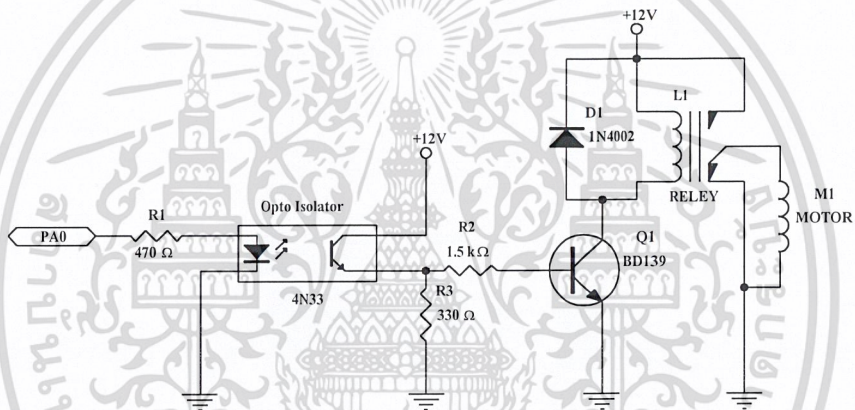


รูปที่ ข.3 วงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี

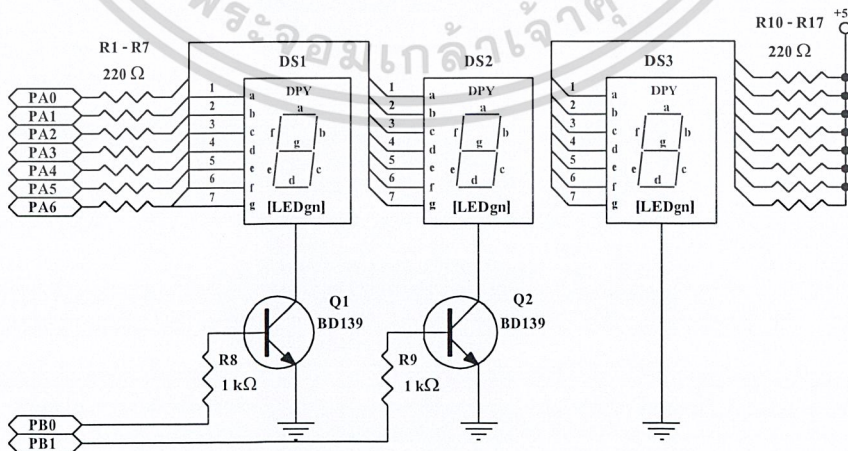
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 วงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

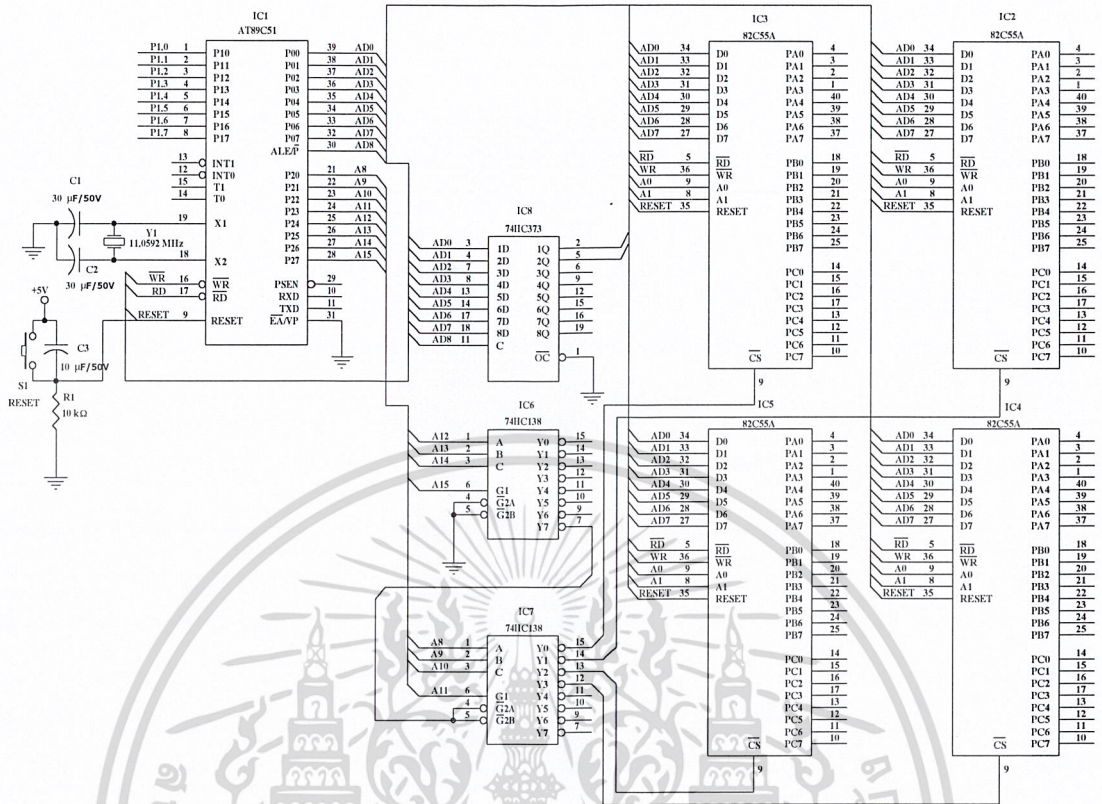


รูปที่ ข.5 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

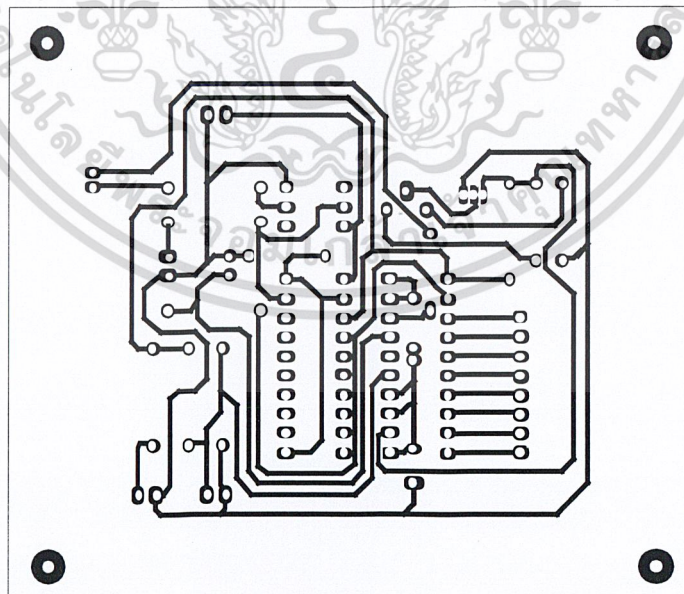


รูปที่ ข.6 แสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน

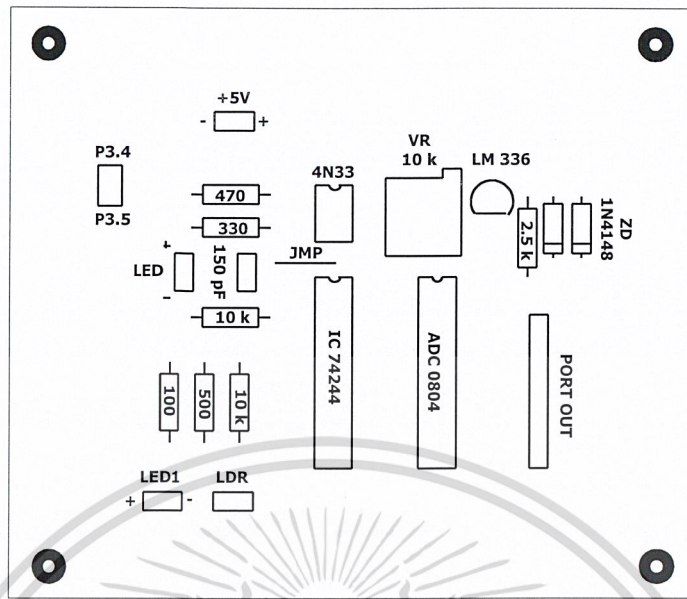
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสงวนเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือไปมาภายใต้เงื่อนไขการใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



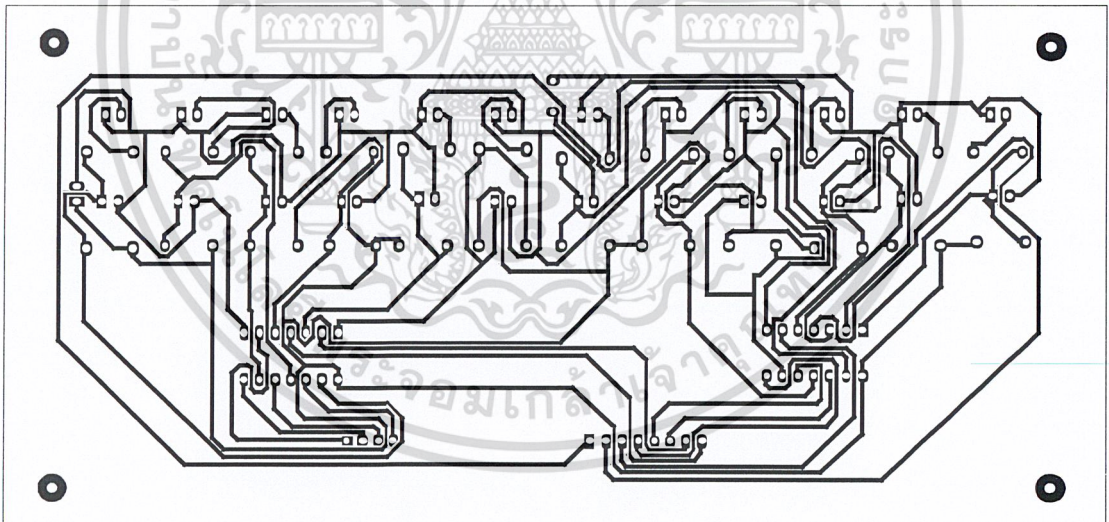
รูปที่ ข.7 วงจรประมวลผลกลาง



รูปที่ ข.8 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและวงจรตรวจสอบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ขนาดของเหรียญ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

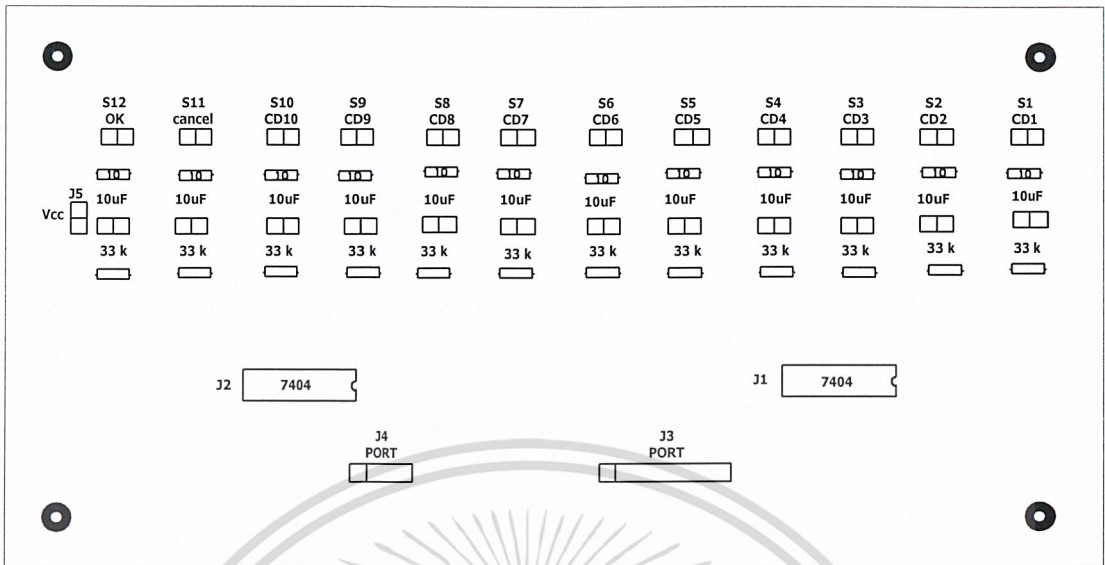


รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและวงจรตรวจสอบขนาดของเหรียญ

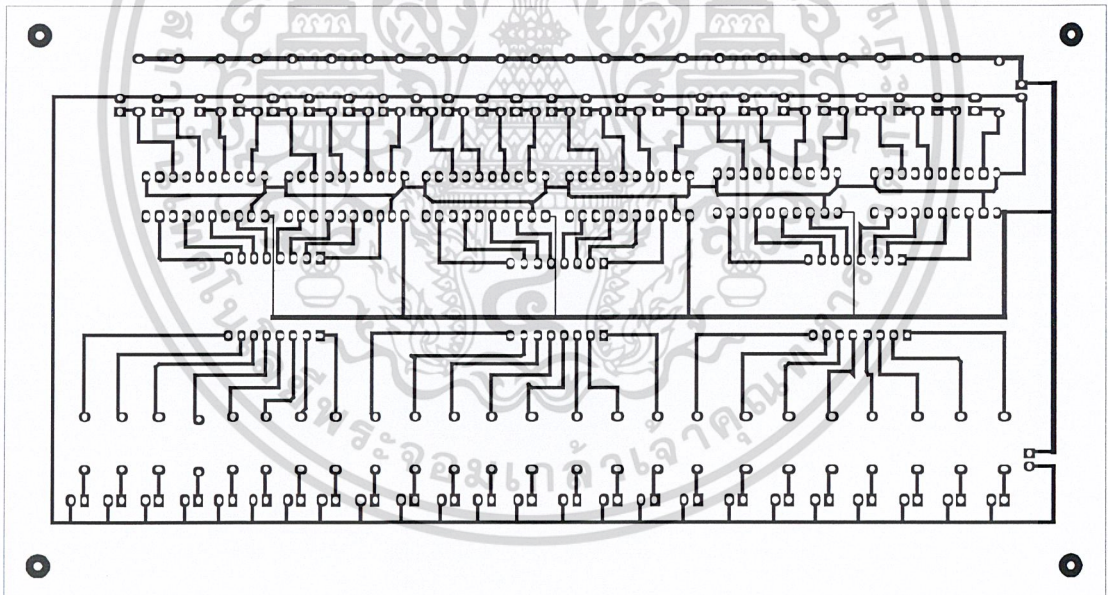


รูปที่ ข.10 ลายวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

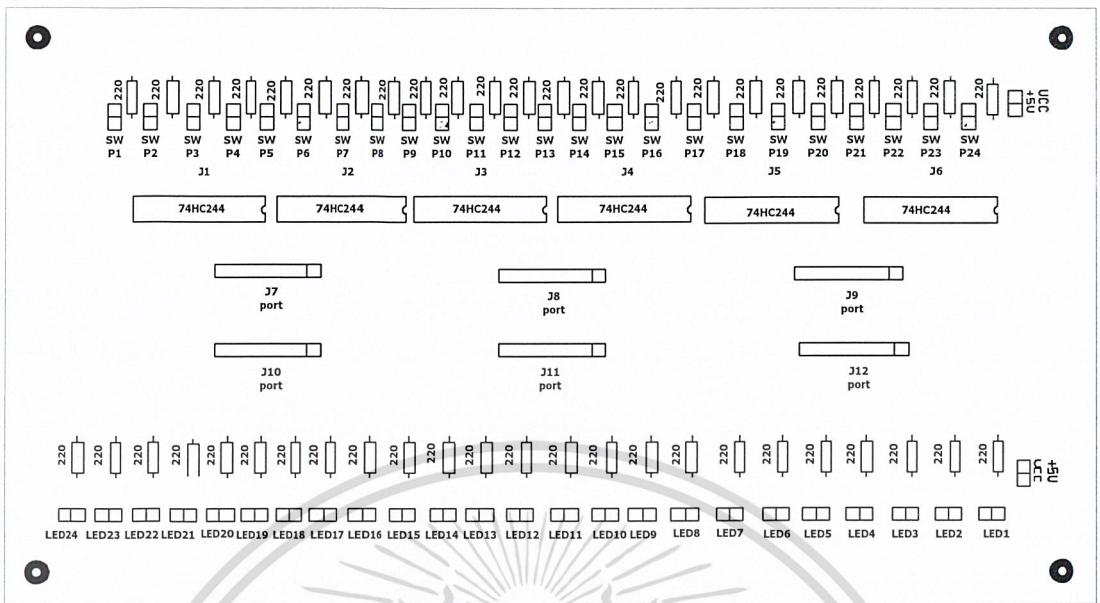


รูปที่ ข.11 การวางอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี

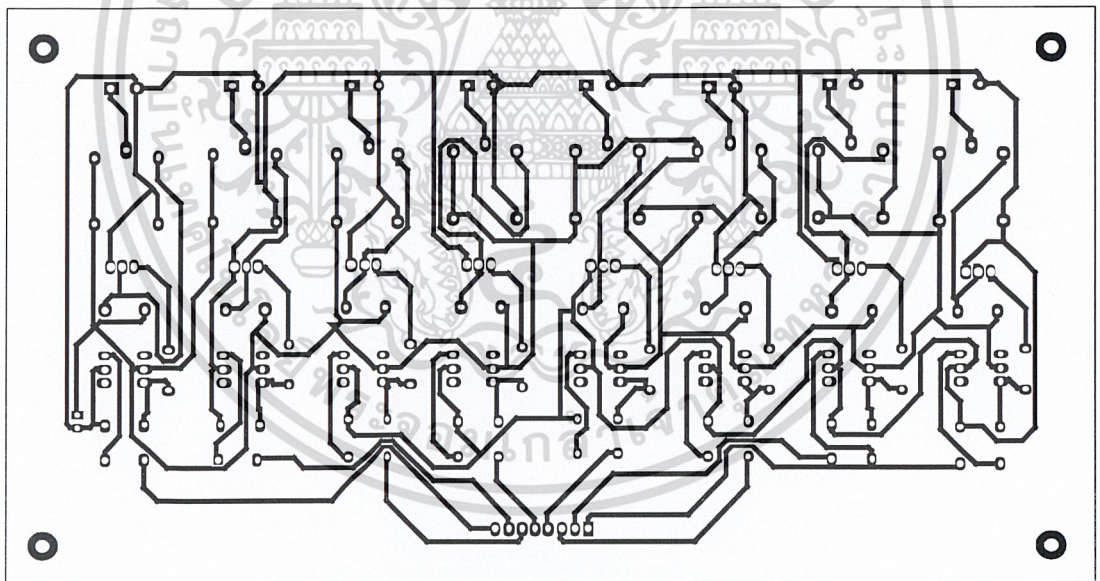


รูปที่ ข.12 ลายวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

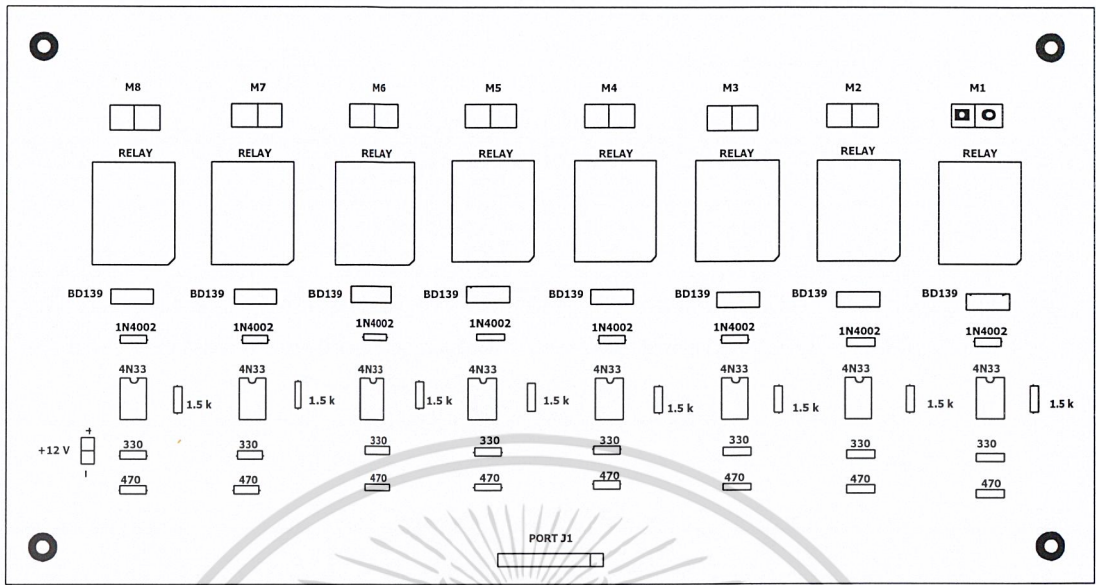


รูปที่ ข.13 การวางอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

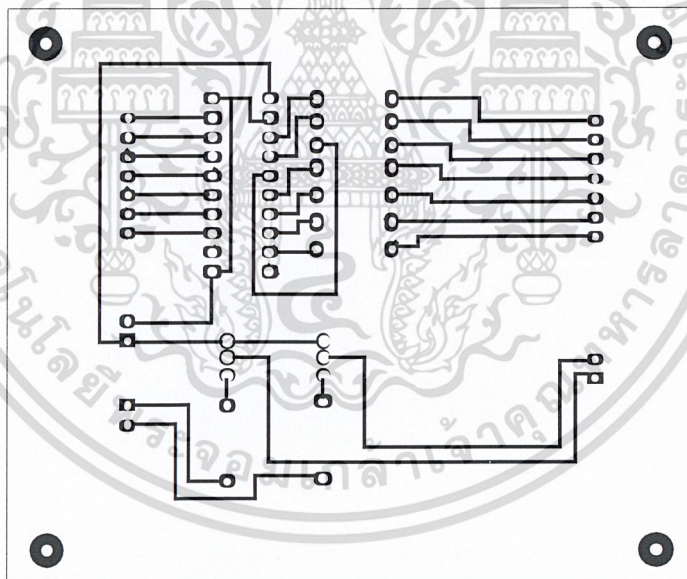


รูปที่ ข.14 ลายวงจรพิมพ์วงจรขั้วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

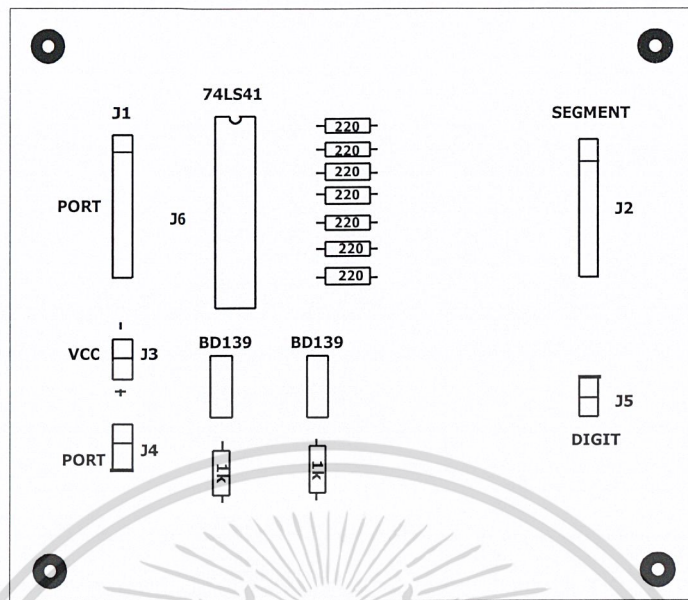


รูปที่ ข.15 การวางอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

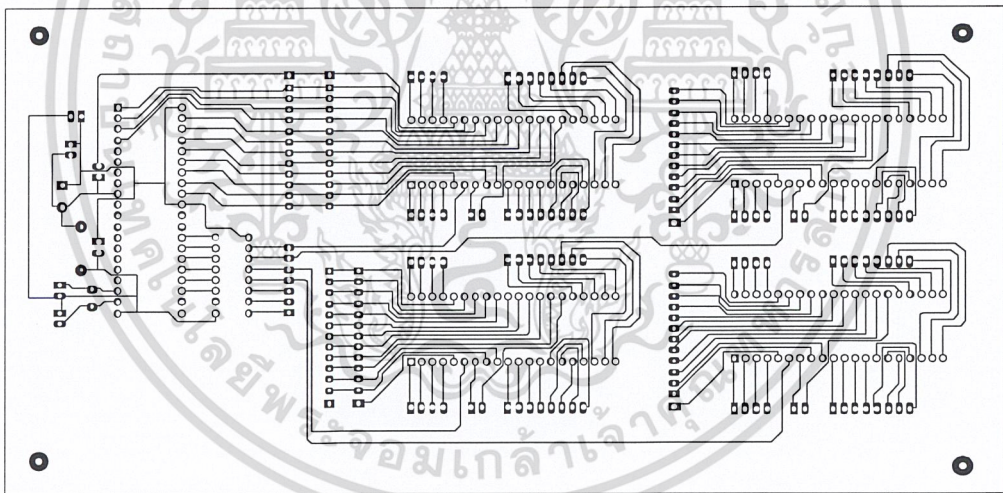


รูปที่ ข.16 ลายวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

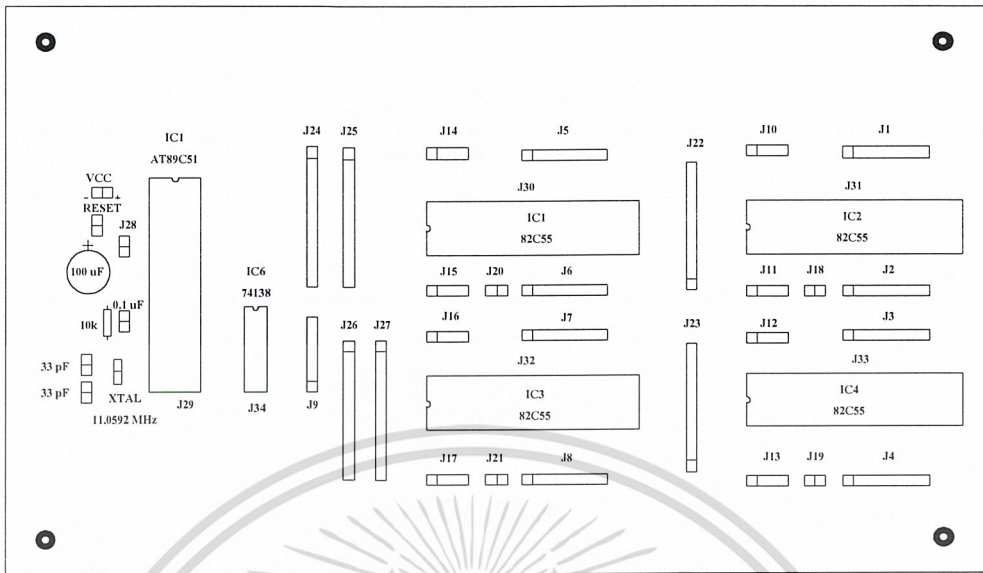


รูปที่ ข.17 การวางอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วน



รูปที่ ข.18 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.19 การวางอุปกรณ์ของวงจรประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและวงจรตรวจสอบ
เหรียญ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	ADC0804	1 ตัว
ออปโตไอโซเลเตอร์	4N33	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1, D2	1N4148	2 ตัว
ZD1	LM336	1 ตัว
LED	สีแดง	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	150 pF เซรามิก	12 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	2.5 k Ω 1/4 W	1 ตัว
R2, R3	10 k Ω 1/4 W	2 ตัว
R4	470 Ω 1/4 W	1 ตัว
R5	330 Ω 1/4 W	1 ตัว
R6	680 Ω 1/4 W	1 ตัว
VR1	10 k Ω Trimpot 20 รอบ	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1, J2	Socket 20 pin	2 ตัว
J3	Socket 6 pin	1 ตัว
J4	IDE Connector 8 pin	6 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ควบคุมการเลือกแผ่นซีดี

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม IC1 – IC2	74HC04	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ C1 – C12	10 μ F/50V	12 ตัว
ตัวความต้านทาน R1 – R12	10 Ω 1/4 W	12 ตัว
R13 – R24	33 k Ω 1/4 W	12 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1 , J2	Socket 14 pin	2 ตัว
J3	IDE Connector 8 pin	1 ตัว
J4	IDE Connector 4 pin	1 ตัว
J5	IDE Connector 2 pin	1 ตัว

ตารางที่ ก.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม IC1 – IC6	74HC244	6 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ LED1 – LED23 (หลอดสีเขียว)	สีเขียว	12 ตัว
LED2 – LED24 (หลอดสีแดง)	สีแดง	12 ตัว
ตัวความต้านทาน R1 – R48	220 Ω 1/4 W	48 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบจำนวนแผ่นซีดี

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
SW1 – SW24	สวิตช์กดติดปลั๊กต่อยึด	24 ตัว
J1 – J6	Socket 20 pin	6 ตัว
J7 – J12	IDE Connector 8 pin	6 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
ออปโตไอโซเลเตอร์	4N33	16 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1 – Q16	BD139	16 ตัว
D1 – D16	1N4002	16 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1 – R8, R25 – R32	470 Ω 1/4 W	16 ตัว
R9 – R16, R33 – R40	330 Ω 1/4 W	16 ตัว
R17 – R24, R41 – R48	1.5 k Ω 1/4 W	16 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T1 – T16	รีเลย์ 12 V 5A	16 ตัว
J1 – J16	Socket 6 pin	16 ตัว
J17 – J32	IDE Connector 2 pin	16 ตัว
J33, J34	IDE Connector 8 pin	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ LED1 – LED3 Q1 – Q2	7 segment สีแดง แคะโทดร่วม ขนาด 1 นิ้ว BD139	3 ตัว 2 ตัว
ตัวความต้านทาน R1 – R7, R10 – R17 R8, R9	220 Ω 1/4 W 1 k Ω 1/4 W	14 ตัว 2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ J1, J2 J3 – J5 J6	IDE Connector 8 pin IDE Connector 2 pin IDE Connector 20 pin	2 ตัว 3 ตัว 1 ตัว

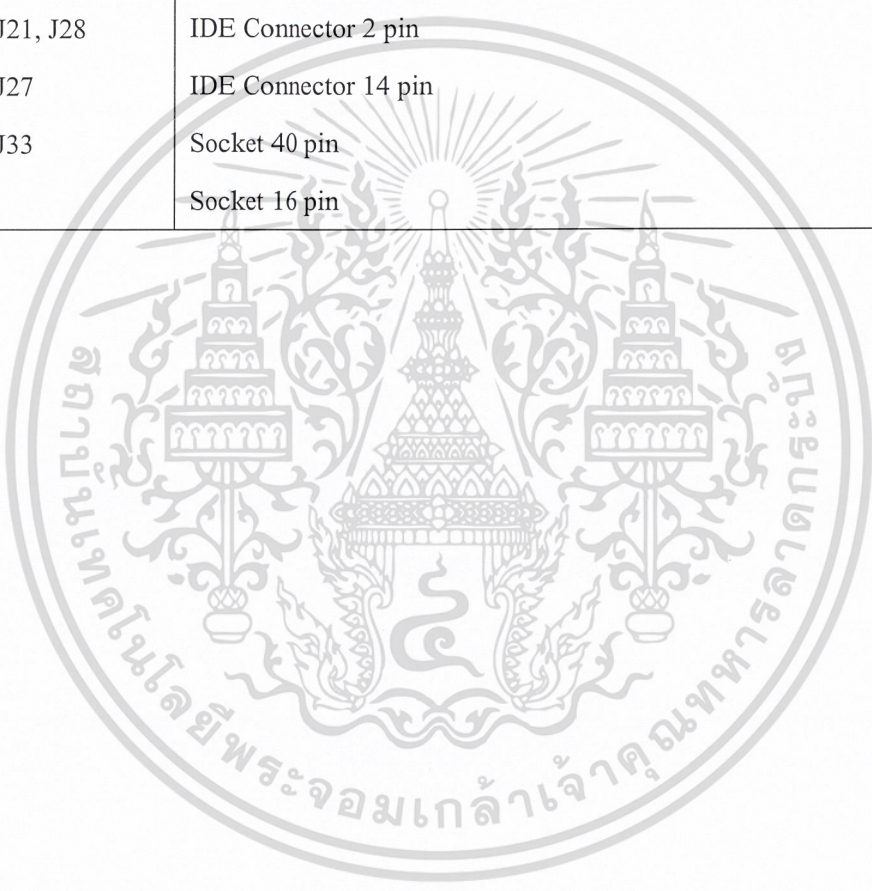
ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรประมวลผลกลาง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม IC1 IC2 – IC5 IC6	AT89C51 82C55 74HC138	1 ตัว 4 ตัว 2 ตัว
ตัวเก็บประจุ C1, C2 C3 C4	30 μ F/50V 10 μ F/50V 0.1 μ F เซรามิก	2 ตัว 1 ตัว 1 ตัว
ตัวความต้านทาน R1	10 k Ω 1/4 W	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรประมวลผลกลาง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
คริสตอล	11.0592 MHz	1 ตัว
J1 – J9	IDE Connector 8 pin	9 ตัว
J10 – J17	IDE Connector 4 pin	7 ตัว
J18 – J21, J28	IDE Connector 2 pin	5 ตัว
J22 – J27	IDE Connector 14 pin	6 ตัว
J29 – J33	Socket 40 pin	5 ตัว
J34	Socket 16 pin	1 ตัว

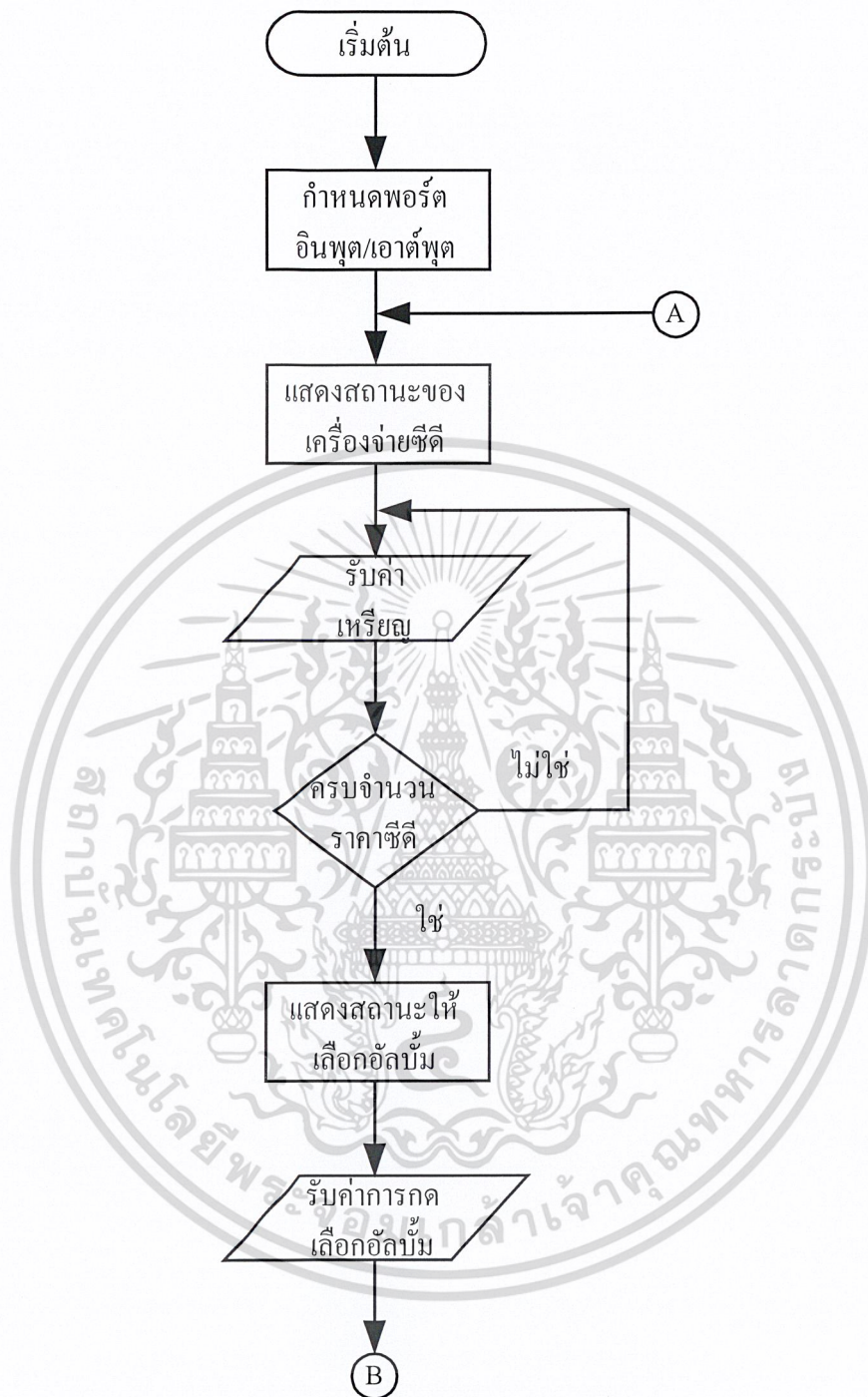


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



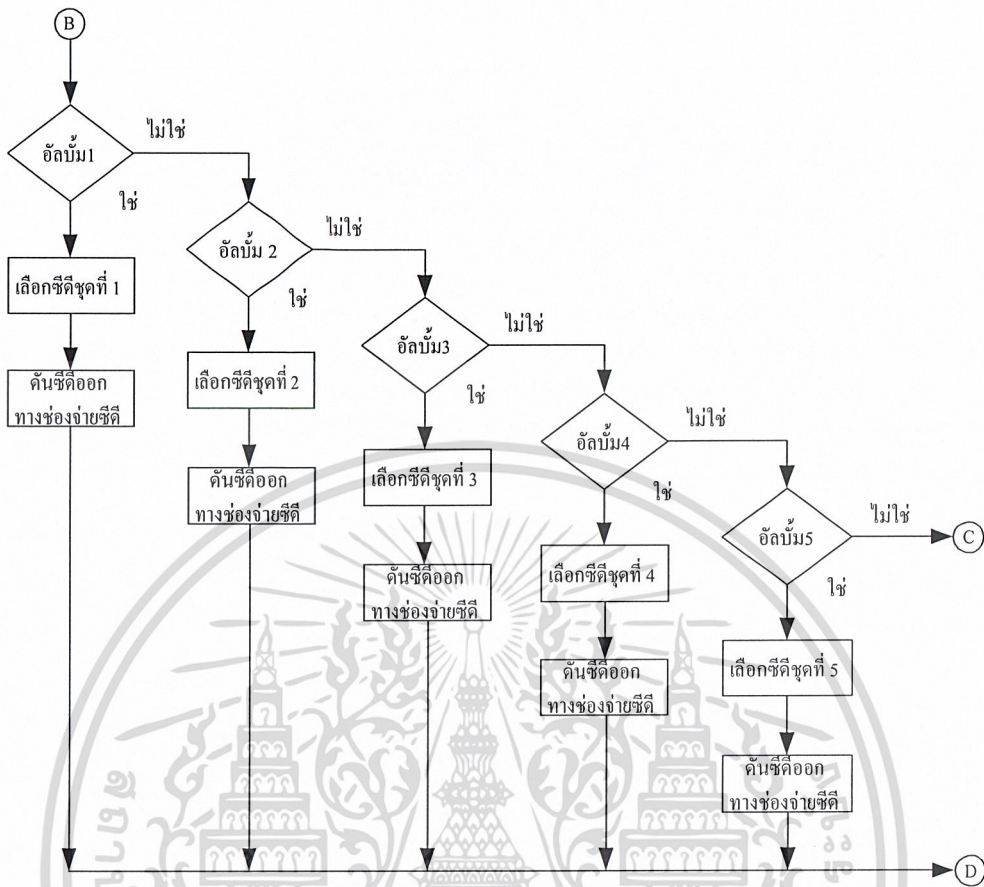
ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



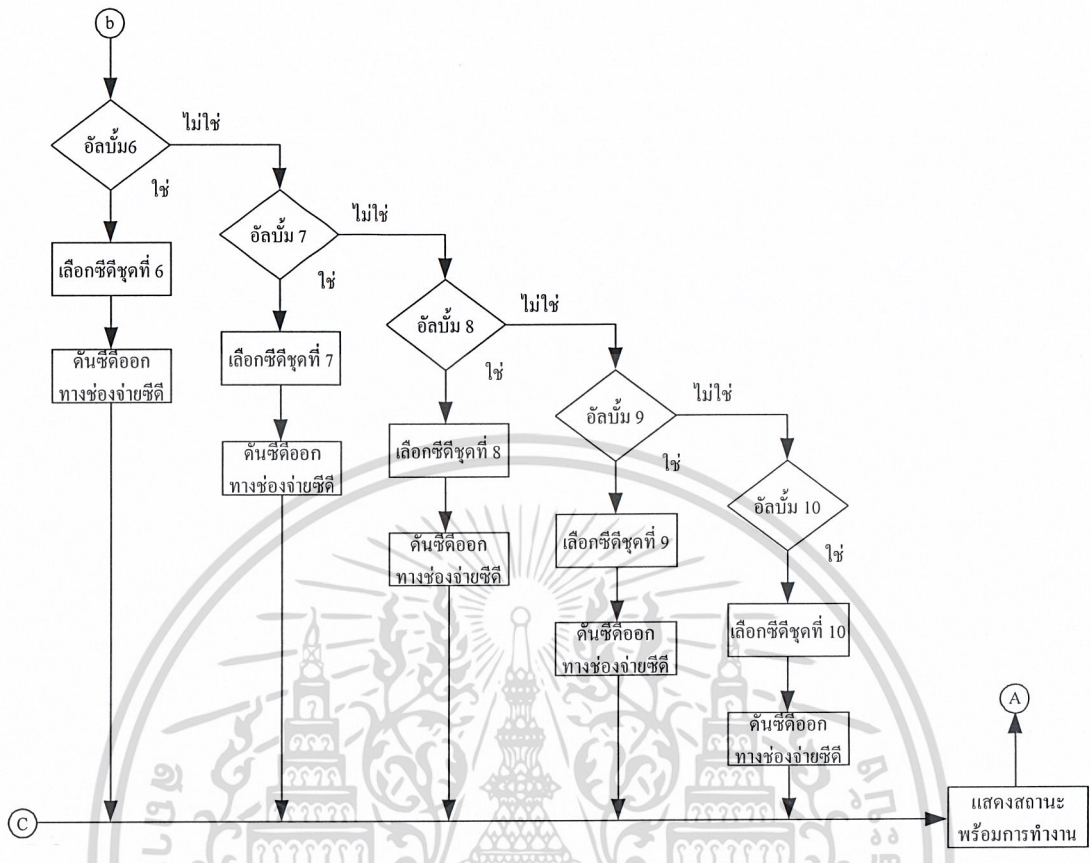
รูปที่ ง.1 ผลงาน โปรแกรมเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังงาน โปรแกรมเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังงานโปรแกรมเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

```

;      Microprocessor Type : MCS*51
;      Part Number : 89C52
;      Design By :
;
;***** DEFINE CONSTANT *****
;
;***** DEFINE BYTE *****
KEY_ALL      EQU      20H
DATA551A    EQU      21H
DATA551B    EQU      22H
DATA551C    EQU      23H
DATA552A    EQU      24H
DATA552B    EQU      25H
DATA552C    EQU      26H
DATA553A    EQU      27H
DATA553B    EQU      28H
DATA553C    EQU      29H
DATA554A    EQU      2AH
DATA554B    EQU      2BH
DATA554C    EQU      2CH
DISBUFF1    EQU      2DH

TEMP        EQU      2FH
ATOD        EQU      30H
DISBUFF2    EQU      32H
CONTROLWORD EQU      33H
DELD1       EQU      42H
DELD2       EQU      43H
DELD3       EQU      44H

LOOP_DATA   EQU      45H
DELDSS2     EQU      46H

DELD30S1    EQU      48H
DELD30S2    EQU      49H
DELD30S3    EQU      4AH

CONTROL     EQU      4BH

;***** DEFINE BIT & PORT *****
;***** Direct Port *****
DATAPORT8255 EQU      P0
SELECT55_1   BIT      P2.7
SELECT55_2   BIT      P2.6
SELECT55_3   BIT      P2.5
SELECT55_4   BIT      P2.4

ADDR550     BIT      P1.2
ADDR551     BIT      P1.3
WR55_BIT    BIT      P1.0
RD55_BIT    BIT      P1.1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*****	Temp	Port	*****
COIN_OK	BIT	TEMP.0	
SEGMENT1	BIT	DATA551A.0	
SEGMENT2	BIT	DATA551A.1	
RELAY1	BIT	DATA553C.0	
RELAY2	BIT	DATA553C.1	
RELAY3	BIT	DATA553C.2	
RELAY4	BIT	DATA553C.3	
RELAY5	BIT	DATA553C.4	
RELAY6	BIT	DATA553C.5	
RELAY7	BIT	DATA553C.6	
RELAY8	BIT	DATA553C.7	
RELAY9	BIT	DATA553B.0	
RELAY10	BIT	DATA553B.1	
RELAY11	BIT	DATA553B.2	
RELAY12	BIT	DATA553B.3	
RELAY13	BIT	DATA553B.4	
RELAY14	BIT	DATA553B.5	
RELAY15	BIT	DATA553B.6	
RELAY16	BIT	DATA553B.7	
LIMIT1	BIT	DATA554A.6	
LIMIT2	BIT	DATA554A.7	
LIMIT3	BIT	DATA552C.0	
LIMIT4	BIT	DATA552C.1	
LIMIT5	BIT	DATA552C.2	
LIMIT6	BIT	DATA552C.3	
LIMIT7	BIT	DATA552C.4	
LIMIT8	BIT	DATA552C.5	
LIMIT9	BIT	DATA552C.6	
LIMIT10	BIT	DATA552C.7	
SW1	BIT	P3.0	
SW2	BIT	P3.1	
SW3	BIT	P3.2	
SW4	BIT	P3.3	
SW5	BIT	P3.4	
SW6	BIT	P3.5	
SW7	BIT	P3.6	
SW8	BIT	P3.7	
SW9	BIT	P2.0	
SW10	BIT	P2.1	
SW11	BIT	P2.2	
SW12	BIT	P2.3	
LEDEM1	BIT	DATA551B.6	
LEDEM2	BIT	DATA551B.4	
LEDEM3	BIT	DATA551B.2	
LEDEM4	BIT	DATA551B.0	
LEDEM5	BIT	DATA554B.6	
LEDEM6	BIT	DATA554B.4	
LEDEM7	BIT	DATA554B.2	
LEDEM8	BIT	DATA554B.0	
LEDEM9	BIT	DATA551A.6	
LEDEM10	BIT	DATA551A.4	
LEDRE1	BIT	DATA551B.7	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LEDRE2          BIT          DATA551B.5
LEDRE3          BIT          DATA551B.3
LEDRE4          BIT          DATA551B.1
LEDRE5          BIT          DATA554B.7
LEDRE6          BIT          DATA554B.5
LEDRE7          BIT          DATA554B.3
LEDRE8          BIT          DATA554B.1
LEDRE9          BIT          DATA551A.7
LEDRE10         BIT          DATA551A.5

;***** MAIN PROGRAM *****
ORG             0000H
ACALL          DELSSS
ACALL          DELSSS
ACALL          DELSSS
ACALL          DELSSS

MOV           P0,#0FFH
MOV           P1,#0FFH
MOV           P2,#0FFH
MOV           P3,#0FFH

ACALL        INIT
ACALL        INIT55

MOV          DATA551A,#00H
MOV          DATA551B,#00H
MOV          DATA551C,#00H
MOV          DATA553B,#00H
MOV          DATA553C,#00H
MOV          DATA554B,#00H

ACALL        WR551A
ACALL        WR551B
ACALL        WR551C
ACALL        WR553B
ACALL        WR553C
ACALL        WR554B

MOV          DISBUFF1,#00H
MOV          DISBUFF2,#00H

;          ACALL        LED_ON
;          ACALL        DELAY3SEC
;          ACALL        LED_OFF

;TEST:
;          JB           SW1,$+5
;          ACALL        MOTOR_LEFT
;          JB           SW2,$+5
;          ACALL        MOTOR_RIGHT
;          AJMP        TEST

MAIN:
;          ACALL        TESTRELAY
;          ACALL        SCAN_DIS

```

```

ACALL    SCAN_COIN
JNB      SW11,CANCLE
JB       DISBUFF1.0,DO_OK
AJMP     MAIN

CANCLE:
ACALL    DO_CANCLE
AJMP     MAIN

DO_OK:
ACALL    LED_ON
ACALL    SCAN_KEY
ACALL    LED_OFF

ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
ACALL    MOTOR_LEFT
AJMP     MAIN

;*****
MOTOR_RIGHT:
SETB     RELAY12
CLR      RELAY13
ACALL    WR553B
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

RIG:    NOP
JNB      SW12,RIG
CLR      RELAY12
CLR      RELAY13
ACALL    WR553B
RET

MOTOR_LEFT:
CLR      RELAY12
SETB     RELAY13
ACALL    WR553B
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

LEF:    NOP
JNB      SW12,LEF
CLR      RELAY12
CLR      RELAY13

```


DOKEY1:

```

PUSH      ACC
ACALL     CD_OUT_ON
MOV       DISBUFF1,#00H
MOV       DISBUFF2,#00H
SETB     RELAY1
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C

```

```

ACALL     DELAY30SEC
ACALL     DELAY30SEC
ACALL     DELAY30SEC

```

```

CLR       RELAY1
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C
ACALL    CD_OUT

```

```

POP       ACC
RET

```

```

;*****
DOKEY2:

```

```

PUSH      ACC
ACALL     CD_OUT_ON
MOV       DISBUFF1,#00H
MOV       DISBUFF2,#00H
SETB     RELAY2
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C

```

```

ACALL     DELAY30SEC
ACALL     DELAY30SEC
ACALL     DELAY30SEC

```

```

CLR       RELAY2
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C
ACALL    CD_OUT

```

```

POP       ACC
RET

```

```

;*****
DOKEY3:

```

```

PUSH      ACC
ACALL     CD_OUT_ON

```

```

MOV       DISBUFF1,#00H
MOV       DISBUFF2,#00H
SETB     RELAY3
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C

```

```

ACALL     DELAY30SEC
ACALL     DELAY30SEC
ACALL     DELAY30SEC

```

```

ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

CLR      RELAY3
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C
ACALL    CD_OUT

POP      ACC
RET

```

```

;*****
DOKEY4:

```

```

PUSH     ACC
ACALL    CD_OUT_ON

MOV      DISBUFF1,#00H
MOV      DISBUFF2,#00H
SETB     RELAY4
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C

ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

CLR      RELAY4
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C
ACALL    CD_OUT

POP      ACC
RET

```

```

;*****
DOKEY5:

```

```

PUSH     ACC
ACALL    CD_OUT_ON
MOV      DISBUFF1,#00H
MOV      DISBUFF2,#00H
SETB     RELAY5
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C

ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
CLR      RELAY5
```

```
ACALL    WR553B
```

```
ACALL    WR553C
```

```
ACALL    CD_OUT
```

```
POP      ACC
```

```
RET
```

```
;*****
```

```
DOKEY6:
```

```
PUSH     ACC
```

```
ACALL    CD_OUT_ON
```

```
MOV      DISBUFF1,#00H
```

```
MOV      DISBUFF2,#00H
```

```
SETB    RELAY6
```

```
ACALL    WR553B
```

```
ACALL    WR553C
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
CLR      RELAY6
```

```
ACALL    WR553B
```

```
ACALL    WR553C
```

```
ACALL    CD_OUT
```

```
POP      ACC
```

```
RET
```

```
;*****
```

```
DOKEY7:
```

```
PUSH     ACC
```

```
ACALL    CD_OUT_ON
```

```
MOV      DISBUFF1,#00H
```

```
MOV      DISBUFF2,#00H
```

```
SETB    RELAY7
```

```
ACALL    WR553B
```

```
ACALL    WR553C
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

```
ACALL    DELAY30SEC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

CLR      RELAY7
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C
ACALL    CD_OUT

POP      ACC
RET

```

```

;*****
DOKEY8:

```

```

PUSH     ACC
ACALL    CD_OUT_ON

MOV      DISBUFF1,#00H
MOV      DISBUFF2,#00H
SETB     RELAY8
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C

ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

CLR      RELAY8
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C
ACALL    CD_OUT

POP      ACC
RET

```

```

;*****
DOKEY9:

```

```

PUSH     ACC
ACALL    CD_OUT_ON

MOV      DISBUFF1,#00H
MOV      DISBUFF2,#00H
SETB     RELAY9
ACALL    WR553B
ACALL    WR553C

ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC
ACALL    DELAY30SEC

```

```

CLR      RELAY9
ACALL   WR553B
ACALL   WR553C
ACALL   CD_OUT

POP     ACC
RET

;*****
DOKEY10:
PUSH    ACC
ACALL   CD_OUT_ON

MOV     DISBUFF1,#00H
MOV     DISBUFF2,#00H
SETB    RELAY10
ACALL   WR553B
ACALL   WR553C

ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC
ACALL   DELAY30SEC

CLR     RELAY10
ACALL   WR553B
ACALL   WR553C
ACALL   CD_OUT

POP     ACC
RET

;*****
DO_CANCEL:
PUSH    ACC

ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT
ACALL   MOTOR_LEFT

POP     ACC
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SCAN_KEY:
    JB      SW1,$+7
    ACALL   DOKEY1
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW2,$+7
    ACALL   DOKEY2
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW3,$+7
    ACALL   DOKEY3
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW4,$+7
    ACALL   DOKEY4
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW5,$+7
    ACALL   DOKEY5
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW6,$+7
    ACALL   DOKEY6
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW7,$+7
    ACALL   DOKEY7
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW8,$+7
    ACALL   DOKEY8
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW9,$+7
    ACALL   DOKEY9
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW10,$+7
    ACALL   DOKEY10
    AJMP    SCAN_EXIT

    JB      SW11,$+7
    ACALL   DO_CANCEL
    AJMP    SCAN_EXIT
    ACALL   SCAN_DIS
    AJMP    SCAN_KEY

SCAN_EXIT:
    RET

;*****
INIT:    MOV     DISBUFF1,#00H
         MOV     DISBUFF2,#00H

         SETB    RD55_BIT
         SETB    WR55_BIT
         SETB    SELECT55_1
         SETB    SELECT55_2
         SETB    SELECT55_3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB     ADDR550
SETB     ADDR551

RET

;*****
INIT55:
MOV      DISBUFF1,#02H
MOV      DISBUFF2,#03H
ACALL    SELECT551
ACALL    SELECT_PORT_CONTROL
MOV      CONTROLWORD,#1000000B
MOV      TEMP,CONTROLWORD
ACALL    WR55

ACALL    SELECT552
ACALL    SELECT_PORT_CONTROL
MOV      CONTROLWORD,#10011011B
MOV      TEMP,CONTROLWORD
ACALL    WR55

ACALL    SELECT553
ACALL    SELECT_PORT_CONTROL
MOV      CONTROLWORD,#1000000B
MOV      TEMP,CONTROLWORD
ACALL    WR55

ACALL    SELECT554
ACALL    SELECT_PORT_CONTROL
MOV      CONTROLWORD,#10010000B
MOV      TEMP,CONTROLWORD
ACALL    WR55

RET

;*****
;      8255     FUNCTION SUB PROGRAM
;      SELECT   PORT
;      INPUT   :   NONE
;      OUTPUT  :   NONE
;*****

SELECT_PORT_A:
CLR      ADDR550
CLR      ADDR551
RET

SELECT_PORT_B:
SETB     ADDR550
CLR      ADDR551
RET

SELECT_PORT_C:
CLR      ADDR550
SETB     ADDR551
RET

SELECT_PORT_CONTROL:

```

```

        SETB     ADDR550
        SETB     ADDR551
        RET

;*****
;           8255     FUNCTION SUB PROGRAM
;           SELECT   NUMBER OF 8255
;           INPUT    : NONE
;           OUTPUT   : NONE
;*****

SELECT551:
        CLR      SELECT55_1
        SETB     SELECT55_2
        SETB     SELECT55_3
        SETB     SELECT55_4
        RET

SELECT552:
        SETB     SELECT55_1
        CLR      SELECT55_2
        SETB     SELECT55_3
        SETB     SELECT55_4
        RET

SELECT553:
        SETB     SELECT55_1
        SETB     SELECT55_2
        CLR      SELECT55_3
        SETB     SELECT55_4
        RET

SELECT554:
        SETB     SELECT55_1
        SETB     SELECT55_2
        SETB     SELECT55_3
        CLR      SELECT55_4
        RET

SELECT55_OFF:
        SETB     SELECT55_1
        SETB     SELECT55_2
        SETB     SELECT55_3
        SETB     SELECT55_4
        RET

;*****
;           8255     FUNCTION SUB PROGRAM
;           READ DATA FROM 8255
;           INPUT    : NONE
;           OUTPUT   : TEMP (DATA OF PORT2)
;           WARNING  : SELECT NUMBER OF 8255 AND SET PORT A,B,C BEFORE
;                   USES THIS SUB.
;*****

RD55:   CLR      RD55_BIT
        SETB     WR55_BIT
        ACALL    DELSSSS

```

```

MOV      TEMP,P0
SETB    RD55_BIT
SETB    WR55_BIT
RET

;*****
;      8255      FUNCTION SUB PROGRAM
;      WRITE DATA TO 8255
;      INPUT   :  TEMP (DATA TO P2)
;      OUTPUT  :  NONE
;      WARNING :  SELECT NUMBER OF 8255 AND SET PORT A,B,C BEFORE
;      USES THIS SUB.
;*****

WR55:    MOV      P0,TEMP
SETB    RD55_BIT
CLR     WR55_BIT
ACALL   DELSSSS
SETB    RD55_BIT
SETB    WR55_BIT
RET

;*****
;      OUT ECT PORT OF ECT 8255
;*****

WR551A:  ACALL   SELECT551
ACALL   SELECT_PORT_A
MOV     TEMP,DATA551A
ACALL   WR55
ACALL   SELECT55_OFF
RET

;*****
WR551B:  ACALL   SELECT551
ACALL   SELECT_PORT_B
MOV     TEMP,DATA551B
ACALL   WR55
ACALL   SELECT55_OFF
RET

;*****
WR551C:  ACALL   SELECT551
ACALL   SELECT_PORT_C
MOV     TEMP,DATA551C
ACALL   WR55
ACALL   SELECT55_OFF
RET

;*****
WR553A:  ACALL   SELECT553
ACALL   SELECT_PORT_A
MOV     TEMP,DATA553A
ACALL   WR55
ACALL   SELECT55_OFF
RET

```

```

WR553B:   ACALL   SELECT553
          ACALL   SELECT_PORT_B
          MOV     TEMP, DATA553B
          ACALL   WR55
          ACALL   SELECT55_OFF
          RET

;*****
WR553C:   ACALL   SELECT553
          ACALL   SELECT_PORT_C
          MOV     TEMP, DATA553C
          ACALL   WR55
          ACALL   SELECT55_OFF
          RET

;*****
WR554B:   ACALL   SELECT554
          ACALL   SELECT_PORT_B
          MOV     TEMP, DATA554B
          ACALL   WR55
          ACALL   SELECT55_OFF
          RET

;*****
WR554C:   ACALL   SELECT554
          ACALL   SELECT_PORT_C
          MOV     TEMP, DATA554C
          ACALL   WR55
          ACALL   SELECT55_OFF
          RET

;*****
;          READ ECT PORT OF ECT 8255
;*****

RD552A:   ACALL   SELECT552
          ACALL   SELECT_PORT_A
          ACALL   RD55
          MOV     DATA552A, TEMP
          ACALL   SELECT55_OFF
          RET

RD552B:   ACALL   SELECT552
          ACALL   SELECT_PORT_B
          ACALL   RD55
          MOV     DATA552B, TEMP
          ACALL   SELECT55_OFF
          RET

RD552C:   ACALL   SELECT552
          ACALL   SELECT_PORT_C
          ACALL   RD55
          MOV     DATA552C, TEMP
          ACALL   SELECT55_OFF
          RET

RD554A:   ACALL   SELECT554
          ACALL   SELECT_PORT_A

```

เอกสารนี้ที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ACALL    RD55
        MOV     DATA554A,TEMP
        ACALL    SELECT55_OFF
        RET

;*****
;
;      ON LED
;*****

LED_ON:
        SETB   LEDRE1
        SETB   LEDRE2
        SETB   LEDRE3
        SETB   LEDRE4
        SETB   LEDRE5
        SETB   LEDRE6
        SETB   LEDRE7
        SETB   LEDRE8
        SETB   LEDRE9
        SETB   LEDRE10
        ACALL  WR554B
        ACALL  WR551A
        ACALL  WR551B
        RET

;*****
;
;      OFF LED
;*****

LED_OFF:
        CLR    LEDRE1
        CLR    LEDRE2
        CLR    LEDRE3
        CLR    LEDRE4
        CLR    LEDRE5
        CLR    LEDRE6
        CLR    LEDRE7
        CLR    LEDRE8
        CLR    LEDRE9
        CLR    LEDRE10
        ACALL  WR554B
        ACALL  WR551A
        ACALL  WR551B
        RET

;*****
;
;      INC DISPLAY UP 1
;*****

INCONE:  PUSH   ACC

        INC    DISBUFF2
        MOV   A,DISBUFF2
        CJNE A,#0AH,INCONE_EXIT
        MOV   DISBUFF2,#00H

        INC    DISBUFF1
        MOV   A,DISBUFF1

```

```

        CJNE     A,#0AH, INCONE_EXIT
        MOV     DISBUFF1,#00H

INCONE_EXIT:

        POP     ACC
        RET

;*****
;          SCAN DISPLAY
;*****

SCAN_DIS:

        PUSH    ACC

        MOV     A,DISBUFF1
        ACALL   CON_DATA

        ACALL   RD552B
        ACALL   RD552A
        MOV     DATA551C,A
        SETB    SEGMENT1
        CLR     SEGMENT2
        ACALL   WR551A
        ACALL   WR551C
        ACALL   DELSSS

        MOV     A,DISBUFF2
        ACALL   CON_DATA
        MOV     DATA551C,A

        CLR     SEGMENT1
        SETB    SEGMENT2
        ACALL   WR551C
        ACALL   WR551A
        ACALL   DELSSS

        POP     ACC
        RET

;*****
;          CONVERT DATA FROM BCD TO 7 SEGMENT BY OPEN TABLE
;*****

CON_DATA:    ; convert decimal to 7*Segment code
        MOV     DPTR,#SEG_TAB ; segment tabal
        MOVC   A,@A+DPTR
        RET

;*****
;          DELAY SUB FUNCTION
;*****

DELSSSS:

        PUSH    ACC
        MOV     DELDSS2,#20
        DELSSSS1:
        NOP

```

```

        DJNZ     DELDSS2, DELSSSS1
        POP     ACC
        RET

;*****
DELS33:  PUSH   ACC
        MOV    DELD1, #025H
DELS1:   MOV    DELD2, #025H
DELS2:   NOP
        DJNZ   DELD2, DELS2
        DJNZ   DELD1, DELS1
        POP   ACC
        RET

;*****
DELAY30SEC:
        PUSH   ACC
        MOV    DELD30S1, #2
DELS301: MOV    DELD30S2, #5
DELS302: MOV    DELD30S3, #2
DELS303: ACALL  SCAN_DIS
        DJNZ   DELD30S3, DELS303
        DJNZ   DELD30S2, DELS302
        DJNZ   DELD30S1, DELS301
        POP   ACC
        RET

;*****
DELAY3SEC:
        PUSH   ACC
        MOV    DELD30S1, #255
DELS32:  MOV    DELD30S3, #255
DELS33:  ;ACALL  SCAN_DIS
        NOP
        DJNZ   DELD30S3, DELS33
        DJNZ   DELD30S2, DELS32
        POP   ACC

;*****
;       SEVEN SEGMENT TABLE
;*****
SEG_TAB:
        DB 11111100B ;0
        DB 01100000B ;1
        DB 11011010B ;2
        DB 11110010B ;3
        DB 01100110B ;4
        DB 10110110B ;5
        DB 10111110B ;6
        DB 11100000B ;7
        DB 11111110B ;8
        DB 11110110B ;9
        DB 00000000B ;A
        DB 00000000B ;B
        DB 00000000B ;C
        DB 00000000B ;D
        DB 00000000B ;E

```

```

DB 0000000B ;F
DB 0000000B ;10
DB 0000001B ;11
DB 00000010B ;12
DB 00000100B ;13
DB 00001000B ;14
DB 00010000B ;15
DB 00100000B ;16
DB 01000000B ;17
DB 10000000B ;18
DB 00000000B ;**
DB 00000000B ;12
DB 00000000B ;13
DB 00000000B ;10
DB 00000000B ;11
DB 00000000B ;12
DB 00000000B ;13
;*****
; TEST PROGRAM
;*****
TESTRELAY:
MOV A,DISBUFF1
MOV B,#10
MUL AB
ADD A,DISBUFF2
CJNE A,#1,$+9
MOV DATA553B,#00000001B
MOV DATA553C,#00000000B
CJNE A,#2,$+9
MOV DATA553B,#00000010B
MOV DATA553C,#00000000B
CJNE A,#3,$+9
MOV DATA553B,#00000100B
MOV DATA553C,#00000000B
CJNE A,#4,$+9
MOV DATA553B,#00001000B
MOV DATA553C,#00000000B
CJNE A,#5,$+9
MOV DATA553B,#00010000B
MOV DATA553C,#00000000B
CJNE A,#6,$+9
MOV DATA553B,#00100000B
MOV DATA553C,#00000000B
CJNE A,#7,$+9
MOV DATA553B,#01000000B
MOV DATA553C,#00000000B
CJNE A,#8,$+9
MOV DATA553B,#10000000B

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับภาควิชาการศึกษานานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      DATA553C, #00000000B

CJNE    A, #9, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #00000001B

CJNE    A, #10, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #00000010B

CJNE    A, #11, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #00000100B

CJNE    A, #12, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #00001000B

CJNE    A, #13, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #00010000B

CJNE    A, #14, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #00100000B

CJNE    A, #15, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #01000000B

CJNE    A, #16, $+9
MOV     DATA553B, #00000000B
MOV     DATA553C, #10000000B

ACALL   WR553C
ACALL   WR553B

TEST_EXIT:
RET

```

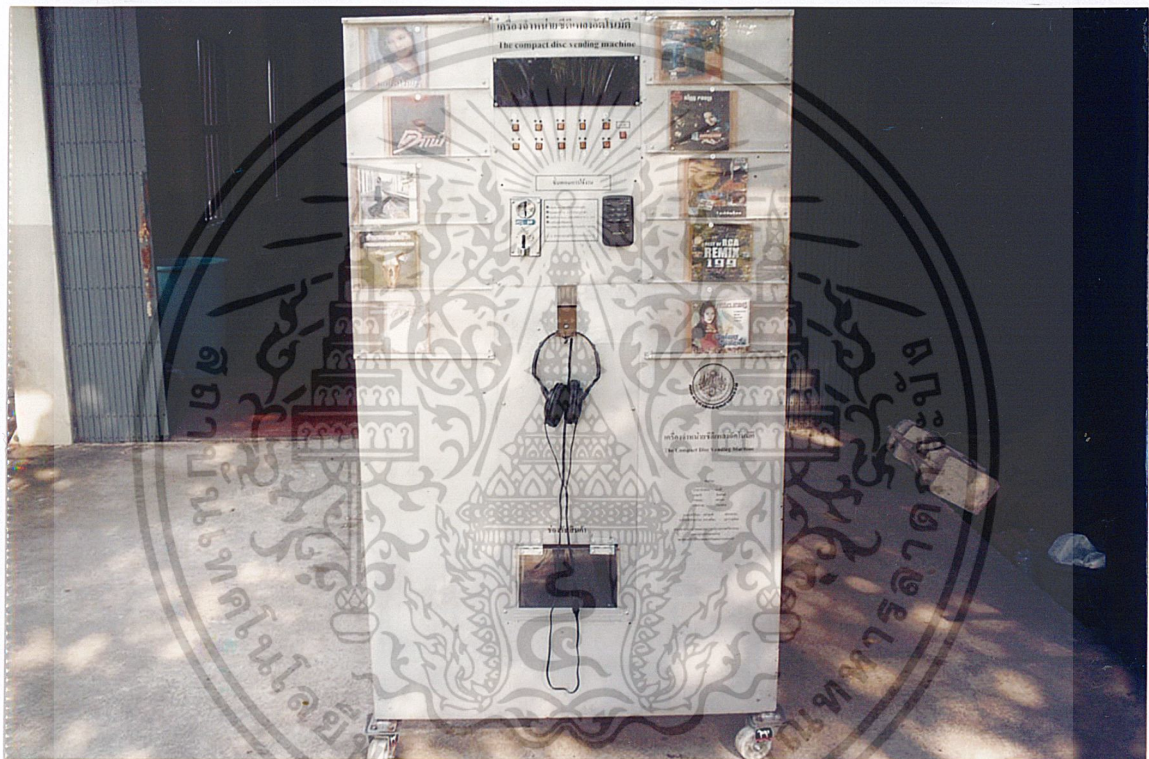
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน เครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ



สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

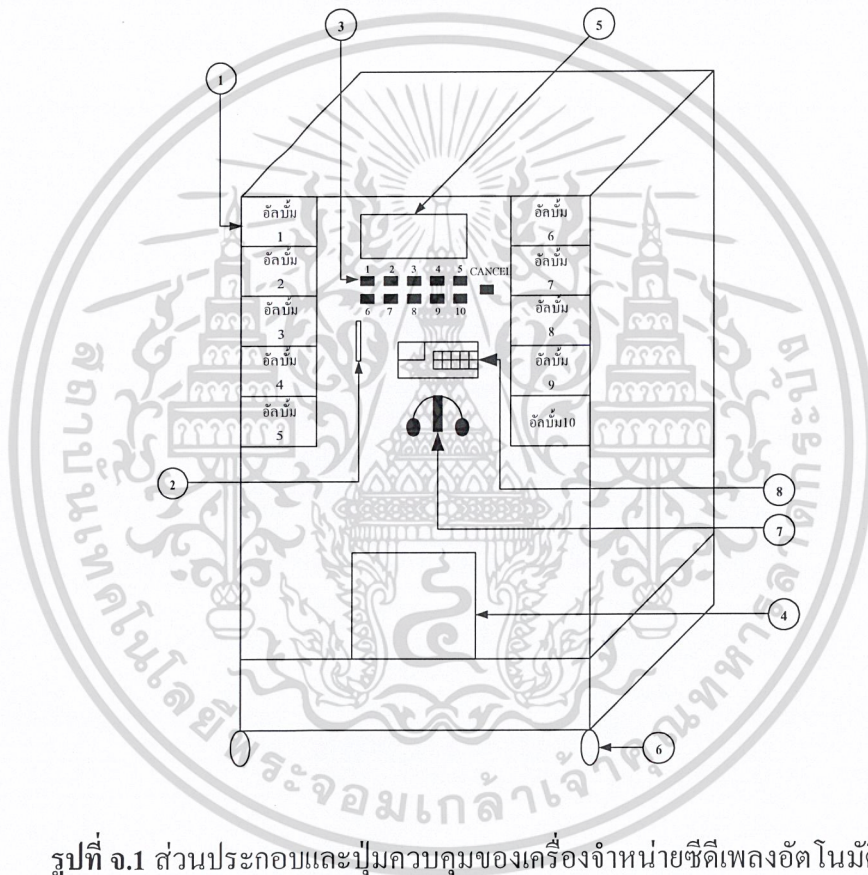
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือใช้งานเครื่องจำหน่ายซีดีอัตโนมัติ ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจ เพื่อสามารถใช้งานได้ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจำหน่ายซีดีอัตโนมัติ

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

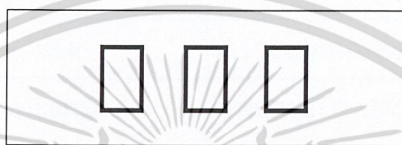
- ① ช่องสำหรับแสดงอัลบั้ม
- ② ช่องสำหรับหยอดเหรียญ 10 บาท
- ③ สวิทช์สำหรับเลือกอัลบั้ม
- ④ ช่องรับแผ่นซีดี
- ⑤ จอแสดงผล
- ⑥ ช่องสำหรับคืนเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

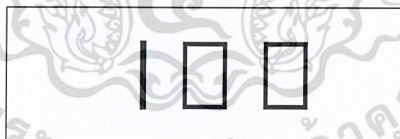
- ⑦ หูฟัง
- ⑧ สวิตช์กดเลือกฟังเพลง

3. การติดตั้งและใช้งาน

- 3.1 เสียบปลั๊กไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- 3.2 เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟของเครื่อง
- 3.3 เมื่อเครื่องพร้อมใช้งาน จอแสดงผลแบบแอลอีดีเจ็ดส่วนจะแสดง



- 3.4 เมื่อผู้ใช้บริการต้องการทดลองฟังเพลงทำได้โดยการยกหูฟังขึ้นเครื่องจะทำการเล่นเพลงแรกทันที เมื่อต้องการฟังเพลงถัดไปให้กดเลือกไปที่ปุ่ม Track
- 3.5 เมื่อผู้ใช้บริการต้องการฟังเพลงอัลบั้มอื่นทำได้โดยกดปุ่ม Manu disc เครื่องจะทำการเล่นเพลงแรกของอัลบั้มที่ผู้ใช้บริการเลือก เมื่อต้องการฟังเพลงถัดไปให้กดปุ่ม Track
- 3.6 เมื่อผู้ใช้บริการต้องการซื้อสินค้า ให้หยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ จอแสดงผลแบบแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดง



- 3.7 เมื่อผู้ใช้บริการทำการหยอดเหรียญครบตามราคาของอัลบั้มซีดีที่ตั้งราคาไว้ ผู้ใช้บริการสามารถกดเลือกอัลบั้มซีดีที่ต้องการได้
- 3.8 เมื่อผู้ใช้บริการกดเลือกอัลบั้มที่ต้องการแล้ว เครื่องจะทำการจ่ายอัลบั้มที่ถูกเลือกออกมาที่ช่องรับสินค้า
- 3.9 รับแผ่นซีดีที่ช่องรับสินค้า
- 3.10 ในกรณีที่ผู้ใช้บริการหยอดเหรียญแล้ว แต่ไม่ต้องการซื้อซีดีเพลง ให้กดสวิตช์ CANCEL เครื่องจะทำการคืนเหรียญกลับคืนให้ลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 ในกรณีที่มิ้อัลบั้มใดอัลบั้มหนึ่งหมด เครื่องจะแสดงสถานะด้วยแอลอีดีสีแดง เพื่อบอกให้ผู้ให้บริการทราบว่าอัลบั้มนั้นหมด

4. การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องจำหน่ายซีดีเพลงอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
จอแสดงผลแบบแอลอีดีเจ็ดส่วนไม่ติด	ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง, ฟิวส์
กดเลือกอัลบั้ม แล้วอัลบั้มที่ซื้อไม่ออกมา	ให้กดปุ่ม CANCEL เพื่อยกเลิกการซื้อ และรับเหรียญคืน จากนั้นทำตามขั้นตอนการซื้ออีกครั้ง

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- เช็ดทำความสะอาดตัวเครื่องด้วยผ้านุ่ม อย่าใช้สารใดๆ ที่เป็นตัวทำละลายเพราะอาจทำให้ตัวเครื่องเป็นรอยเสียหาย

5.2 ข้อควรระวัง

- หลังจากทดลองฟังเพลงเสร็จแล้ว ควรวางหูฟังไว้ตำแหน่งเดิมเพราะที่ตำแหน่งวางหูฟังนั้นจะมีเซนเซอร์ตรวจจับการวางหูฟัง

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ส่วนแสดงผล	จอแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50-60 เฮิร์ตซ์
การรับค่าเหรียญ	รับเหรียญ 10 บาท
ราคาที่จำหน่าย	อัลบั้มละ 100 บาท
จำนวนสินค้าที่ซื้อ	ซื้อได้ครั้งละ 1 อัลบั้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to ($V_{CC} + 0.3V$)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0801/02LJ, ADC0802LJ/883	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$
ADC0801/02/03/04LCJ	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0801/02/03/05LCN	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0804LCN	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
ADC0802/03/04LCV	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
ADC0802/03/04LCWM	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
Range of V_{CC}	$4.5 V_{DC}$ to $6.3 V_{DC}$

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC} = 5 V_{DC}$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK} = 640$ kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/4$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			± 1	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			± 1	LSB
$V_{REF}/2$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		k Ω k Ω
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC} + 0.05$	V_{DC}
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC} = 5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC} = 5 V_{DC}$ and $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T_C	Conversion Time	$f_{CLK} = 640$ kHz (Note 6)	103		114	μs
T_C	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
f_{CLK}	Clock Frequency Clock Duty Cycle	$V_{CC} = 5V$, (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTR tied to WR with $CS = 0 V_{DC}$, $f_{CLK} = 640$ kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(WR)L}$	Width of WR Input (Start Pulse Width)	$CS = 0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid)	$C_L = 100$ pF		135	200	ns
t_{1H} , t_{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of RD to Hi-Z State)	$C_L = 10$ pF, $R_L = 10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
t_{WI} , t_{RI}	Delay from Falling Edge of WR or RD to Reset of INTR			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF

CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 5.25 V_{DC}$	2.0		15	V_{DC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for $V_{CC} = 5V_{DC}$ and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.8	V_{DC}
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 5 V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 0 V_{DC}$	-1	-0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_{T+}	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_{T-}	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O = 360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND INTR						
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT} = 1.6 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$ $I_{OUT} = 1.0 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	V_{DC} V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -10 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT} = 0 V_{DC}$ $V_{OUT} = 5 V_{DC}$	-3		3	μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, $T_A = 25^\circ C$	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC} , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current) ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCV/LCWM	$f_{CLK} = 640 kHz$, $V_{REF/2} = NC, T_A = 25^\circ C$ and $CS = 5V$			1.1 1.9	1.8 2.5 mA mA

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to Gnd and has a typical breakdown voltage of $7 V_{DC}$.

Note 4: For $V_{IN}(-) \geq V_{IN}(+)$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to $5 V_{DC}$ input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of $4.950 V_{DC}$ over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at $f_{CLK} = 640 kHz$. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see *Figure 2* and section 2.0.

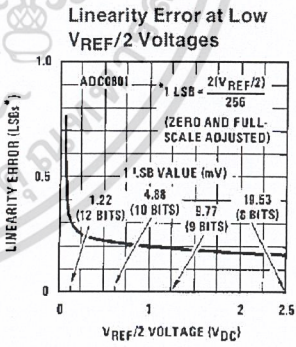
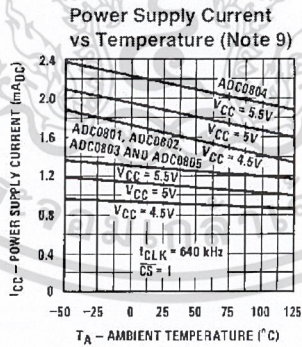
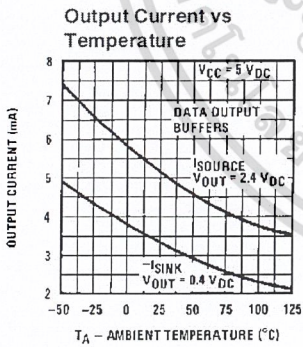
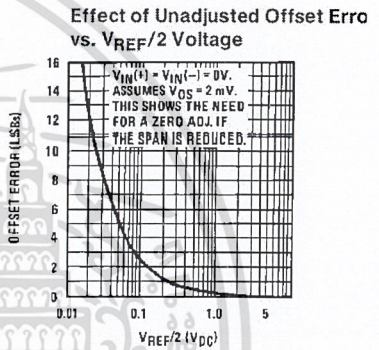
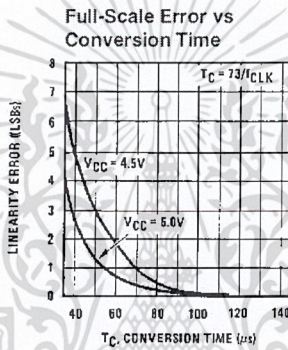
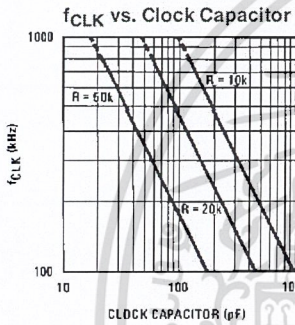
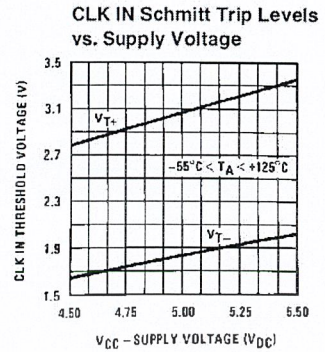
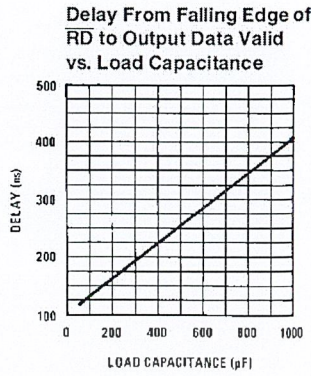
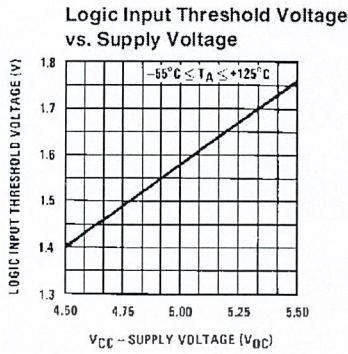
Note 7: The CS input is assumed to bracket the WR strobe input and therefore timing is dependent on the WR pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the WR pulse (see timing diagrams).

Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and *Figure 5*.

Note 9: The $V_{REF/2}$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 k Ω . In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 k Ω .

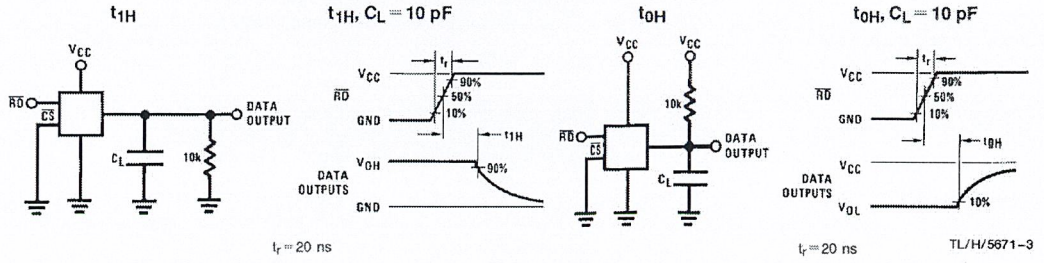
Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

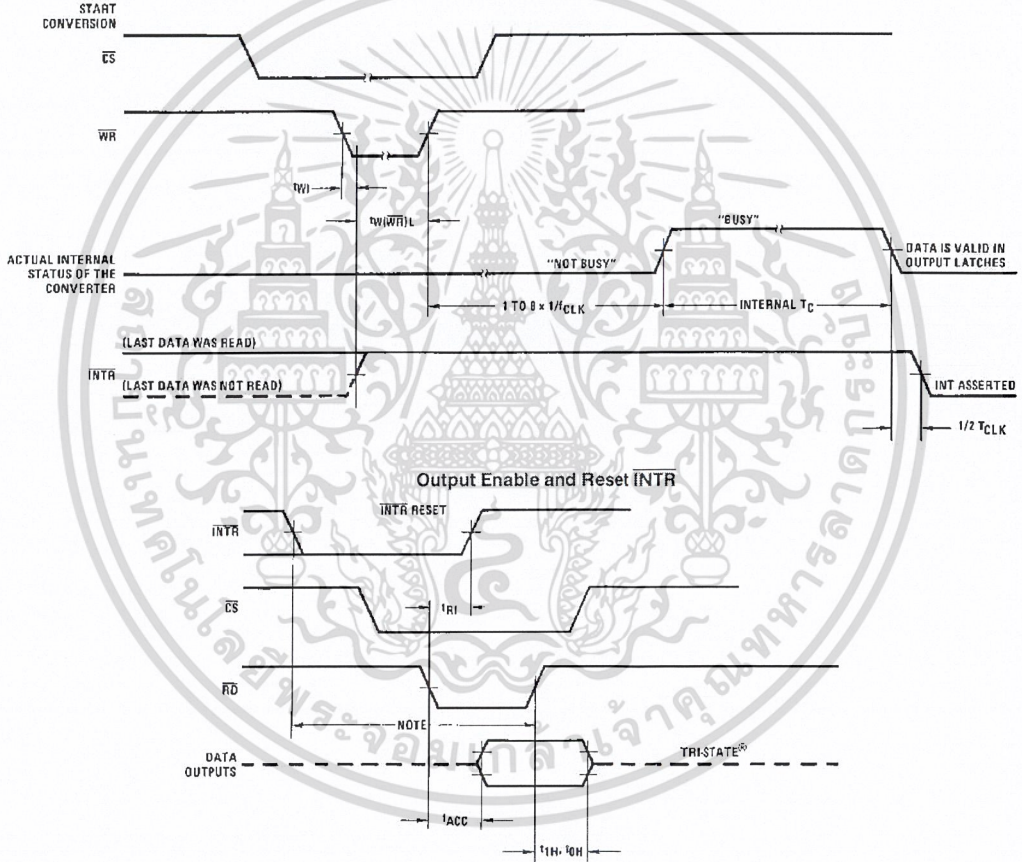


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points)



Note: Read strobe must occur 8 clock periods ($8/f_{CLK}$) after assertion of interrupt to guarantee reset of \overline{INTR} .

TL/H/5671-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4 Kbytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

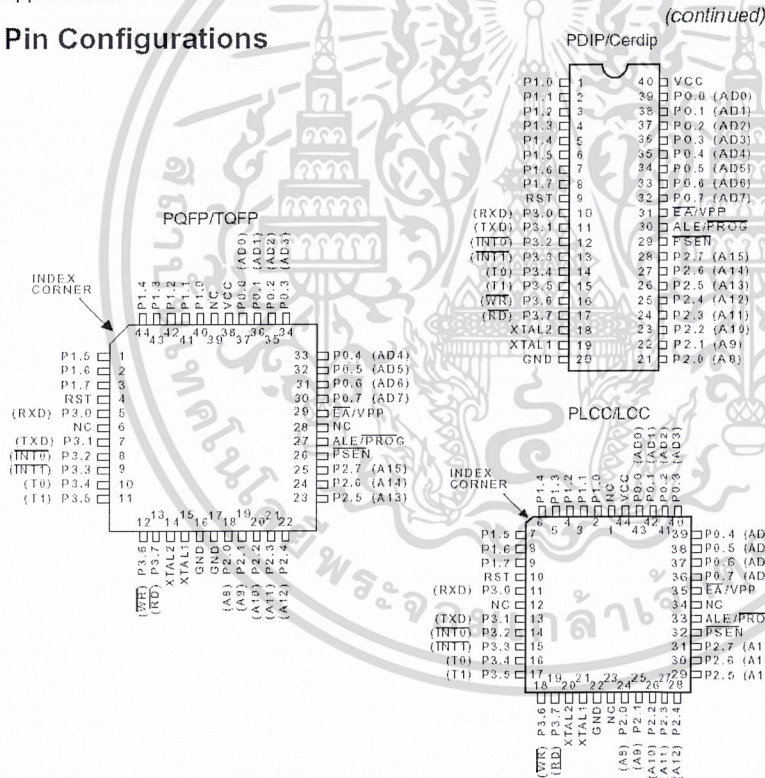
Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4 Kbytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

**8-Bit
Microcontroller
with 4 Kbytes
Flash**

AT89C51

Pin Configurations



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0 V to +7.0 V
Maximum Operating Voltage	6.6 V
DC Output Current.....	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

D.C. Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0 V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V _{IL}	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	0.2 V _{CC} -0.1	V
V _{IL1}	Input Low Voltage (EA)		-0.5	0.2 V _{CC} -0.3	V
V _{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V _{CC} +0.9	V _{CC} +0.5	V
V _{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V _{CC}	V _{CC} +0.5	V
V _{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	I _{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V _{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	I _{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V _{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	I _{OH} = -60 μA, V _{CC} = 5 V ± 10%	2.4		V
		I _{OH} = -25 μA	0.75 V _{CC}		V
		I _{OH} = -10 μA	0.9 V _{CC}		V
V _{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I _{OH} = -800 μA, V _{CC} = 5 V ± 10%	2.4		V
		I _{OH} = -300 μA	0.75 V _{CC}		V
		I _{OH} = -80 μA	0.9 V _{CC}		V
I _{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V _{IN} = 0.45 V		-50	μA
I _{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V _{IN} = 2 V		-650	μA
I _{LI}	Input Leakage Current (Port 0, EA)	0.45 < V _{IN} < V _{CC}		±10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C _{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T _A = 25°C		10	pF
I _{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode ⁽²⁾	V _{CC} = 6 V		100	μA
		V _{CC} = 3 V		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port:
Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายรัช เกิดศรีสุข
วัน เดือน ปีเกิด	24 กันยายน 2516
ภูมิลำเนา	46/4 ถนนศรีโสธร ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000 โทรศัพท์ 0-3882-1606
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านบางแก้ว จังหวัดฉะเชิงเทรา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	สู้ต่อไป ถ้าหัวใจยังมีเธอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายนิยม เต่าทอง
วัน เดือน ปีเกิด	24 สิงหาคม พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	118 หมู่ 12 ตำบลบ้านยาง อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ 31130 โทรศัพท์ 0-4461-8244
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองกระทุ่ม จังหวัดบุรีรัมย์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านยางคูราษฎร์รังสรรค์ จังหวัดบุรีรัมย์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. తోထဲမိုဝ်းထွေး
คติพจน์	తోထဲမိုဝ်းထွေး

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล นายพรณ โรจนพันธ์
วัน เดือน ปีเกิด 13 ตุลาคม พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา 12/1 หมู่ 4 ตำบลเทพราช อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา
 24140 โทรศัพท์ 0-3852-5330
ประวัติการศึกษา
 ประถมศึกษา โรงเรียนวัดคลองสวน จังหวัดฉะเชิงเทรา
 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา
 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
 ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
 ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์ ถ้าเวลายังไม่หมดเรายังมีโอกาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้