สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

Automatic Coin Exchange

ชื่อนักศึกษา

1. นายปรีชา	อูปคำ	รหัสประจำตัว	41031116
2. นายพิพัฒน์	วัฒนกุล	รหัสประจำตัว	41031119
3. นายภักดี	บุญประดิษฐ์	รหัสประจำตัว	41031120

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
2. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
3. อาจารย์พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	.....
4. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....
5. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 เวลา 11.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

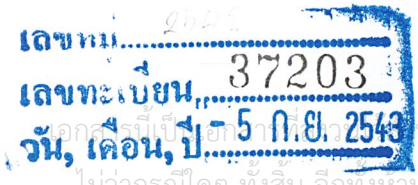
ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

AUTOMATIC COIN EXCHANGE

นายปรีชา อูปคำ
นายพิพัฒน์ วัฒนกุล
นายภักดี บุญประดิษฐ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายปรีชา อูปคำ
	นายพิพัฒน์ วัฒนกุล
	นายภักดี บุญประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนตรวจสอบเหรียญ จะใช้การตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญและวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ ในการตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ใช้หลักการตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด และการตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ ใช้หลักการตรวจจับความซึมซับเส้นแรงแม่เหล็กของเหรียญแต่ละเหรียญ ในส่วนที่สอง เป็นส่วนการจ่ายเหรียญ จะใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้เหรียญออกมาจากช่องเก็บเหรียญ โดยใช้ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Coin Exchange
Students	Mr. Preecha Aupakam
	Mr. Piputh Wattanakul
	Mr. Pakdee Boonpradit
Advisor	Mr. Piya Supavarasuwat
Co-Advisor	Assist. Prof. Wisuit Atipornthum
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	1999

ABSTRACT

The thesis presents the automatic coin exchange. The project can be divided into two parts ; coin validation and coin pay. The coin validation is used diameter validator and material validator. The diameter validator used sensor by infrared light and material validator used sensor by permittivity. Coin pay used by stepper motor is drive coin from coin slot. Liquid Crystal Display is display and working control by microcontroller MCS-51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานและให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาด้วยดีเสมอมา รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกๆ ท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน การใช้สถานที่ เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการจัดทำปริญญานิพนธ์

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษามาโดยตลอด นอกจากนี้ขอขอบคุณ สำนักวิจัยและพัฒนา องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย บริษัท ไอ.ซี.ซี. เวนดิ้ง จำกัด บริษัท คอยล์เทค จำกัด อาจารย์สำรวย ทูโคกกรวด อาจารย์สมจิตร สงค์แก้ว และเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจ รวมทั้งบุคคลอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการแก้ไขปัญหา จัดหาเครื่องมือต่างๆ รวมทั้งให้คำเสนอแนะด้านอื่นๆ จนกระทั่งปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	2
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ	4
2.2.1 หลักการทำงานเบื้องต้น	4
2.2.2 รูปร่างของสนามแม่เหล็ก	5
2.2.3 ความไวในการตรวจจับ และขนาด	7
2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์	8
2.3.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	9
2.3.2 การพันขดลวดบนสเต็ปเปอร์มอเตอร์	10
2.3.3 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	11
2.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	12
2.4.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบแฟลช	12
2.4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้ในการอินทิเกรต	13
2.4.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้วงจรนับ	18
2.4.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบการสุ่ม และการคงค่า	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 อุปกรณ์ตรวจจับ	20
2.5.1 โฟโต้ทรานซิสเตอร์	20
2.5.2 อินฟราเรด แอลอีดี	21
2.6 อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล	21
2.6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	22
2.6.2 เทคโนโลยีของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	22
2.6.3 การจ่ายไฟสำหรับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	23
2.6.4 คอนโทรลเลอร์ และการควบคุม	24
2.6.5 การอ่าน และการเขียน	26
2.6.6 การเชื่อมต่อ	27
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	28
2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	28
2.7.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	29
2.7.3 โครงสร้างชุดควบคุม ANT-3172	31
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	32
3.1 ผังการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ	32
3.2 การออกแบบวงจร	33
3.2.1 ภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ	33
3.2.2 ภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ	35
3.2.3 ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ	38
3.2.4 ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนเหรียญ	38
3.2.5 ภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	39
3.2.6 ภาคขับโซลินอยล์	40
3.2.7 ภาคประมวลผล	41
3.2.8 ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว	41
3.2.9 ภาคจ่ายไฟ	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3 การออกแบบระบบกลไก	42
3.3.1 การออกแบบรางเหรียญ	42
3.3.2 การออกแบบรางคัดแยกเหรียญ	43
3.3.3 การออกแบบส่วนจ่ายเหรียญ	44
3.3.4 การออกแบบช่องเก็บเหรียญ	45
3.3.4 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ	46
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	47
4.1 กล่าวนำ	47
4.2 การทดลองภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ	47
4.3 การทดลองภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ	49
4.3.1 การทดลองวงจรออสซิลเลเตอร์	50
4.3.2 การทดลองวงจรเร็กติไฟร์	52
4.3.3 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	55
4.4 การทดลองการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ	57
4.4.1 การทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ	57
4.4.2 การทดลองทำการแลกเหรียญ	62
4.4.3 การทดลองทำการเติมเหรียญ	66
4.4.4 การทดลองทำการนำเหรียญออก	67
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	68
5.1 บทสรุป	68
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	68
5.3 แนวทางการพัฒนา	69
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	70
ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์	78
ภาคผนวก ค ผังการทำงาน และโปรแกรม	89
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก จ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	137
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	155
บรรณานุกรม	161
ประวัติผู้แต่ง	162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบขนาน	13
ตารางที่ 2.2 ขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	23
ตารางที่ 4.1 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท	48
ตารางที่ 4.2 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท	48
ตารางที่ 4.3 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท	49
ตารางที่ 4.4 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะยังไม่มีเหรียญ	55
ตารางที่ 4.5 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท	56
ตารางที่ 4.6 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท	56
ตารางที่ 4.7 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท	57
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ	58
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 10 บาท	62
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 5 บาท	62
ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 1 บาท	63
ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์	63
ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 10 บาท	63
ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 5 บาท	64
ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 1 บาท	64
ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์	64
ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 10 บาท	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 5 บาท	65
ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 1 บาท	65
ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ	4
รูปที่ 2.2 ตำแหน่งสวิตช์ชิ่ง	5
รูปที่ 2.3 สนามแม่เหล็กของขดลวด	5
รูปที่ 2.4 สนามแม่เหล็กของขดลวดกับ Ferrous Metal Plate	6
รูปที่ 2.5 สนามแม่เหล็กของขดลวดกับ Laminated Core	6
รูปที่ 2.6 สนามแม่เหล็กของขดลวดกับ Laminated Core และ Copper Ring	7
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด และความไว (ระยะสวิตช์ชิ่ง)	8
รูปที่ 2.8 วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทั้ง 2 แบบ	10
รูปที่ 2.9 ลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์	11
รูปที่ 2.10 วงจรเปรียบเทียบแบบขนานหรือแบบเฟส	12
รูปที่ 2.11 แผนผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสโลปเดี่ยว	14
รูปที่ 2.12 ความชันของสัญญาณขั้นบันได	14
รูปที่ 2.13 แผนผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสโลปคู่	15
รูปที่ 2.14 แรงดันขาออกของวงจรอินทิเกรเตอร์เทียบกับเวลา	16
รูปที่ 2.15 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบเดลต้า-ซิกม่า	18
รูปที่ 2.16 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่สร้างขึ้นจากวงจรนับขึ้น/ลง และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก	19
รูปที่ 2.17 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่า	19
รูปที่ 2.18 วงจรสมมูล และสัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	21
รูปที่ 2.19 แผนผังทางเวลาของการอ่าน/เขียนข้อมูลบนโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	26
รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	27
รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	29
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ	32
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด	34
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.4 วงจรนับ	35
รูปที่ 3.5 วงจรออสซิลเลเตอร์ 80 kHz	36
รูปที่ 3.6 วงจรเร็กติไฟร์	37
รูปที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	37
รูปที่ 3.8 วงจรภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ	38
รูปที่ 3.9 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	39
รูปที่ 3.10 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	40
รูปที่ 3.11 วงจรภาคขับโซลินอยล์	40
รูปที่ 3.12 วงจรภาคจ่ายไฟ	42
รูปที่ 3.13 การออกแบบรางเหรียญ	42
รูปที่ 3.14 การออกแบบรางคัดแยกเหรียญ	43
รูปที่ 3.15 การออกแบบส่วนจ่ายเหรียญ	44
รูปที่ 3.16 การออกแบบช่องเก็บเหรียญ	45
รูปที่ 3.17 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ	46
รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะไม่มีเหรียญ	50
รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท	51
รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท	51
รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท	52
รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะไม่มีเหรียญ	53
รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท	53
รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท	54
รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท	54
รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ	71
รูปที่ ก.2 รางเหรียญ และรางคัดแยกเหรียญ	71
รูปที่ ก.3 ส่วนจ่ายเหรียญ และช่องเก็บเหรียญ	72
รูปที่ ก.4 การติดตั้งแผ่นวงจรพิมพ์ต่างๆ	72

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ก.5 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคตรวจสอบเหรียญ	73
รูปที่ ก.6 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ	73
รูปที่ ก.7 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	74
รูปที่ ก. 8 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด และภาคขับโซลินอยล์	74
รูปที่ ก.9 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคจ่ายไฟ	75
รูปที่ ก.10 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ANT-3172	75
รูปที่ ก.11 แผ่นวงจรพิมพ์การต่อพอร์ต User Port 1	76
รูปที่ ก.12 แผ่นวงจรพิมพ์การต่อพอร์ต User Port 2	76
รูปที่ ก.13 แผ่นวงจรพิมพ์การต่อพอร์ต User Port 3	77
รูปที่ ข.1 วงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด	79
รูปที่ ข.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	79
รูปที่ ข.3 วงจรนับ	80
รูปที่ ข.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ 80 กิโลเฮิรตซ์	80
รูปที่ ข.5 วงจรเร็กติไฟร์	81
รูปที่ ข.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล	81
รูปที่ ข.7 วงจรภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ	82
รูปที่ ข.8 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	82
รูปที่ ข.9 วงจรภาคขับโซลินอยล์	83
รูปที่ ข.10 วงจรภาคจ่ายไฟ	83
รูปที่ ข.11 ลายวงจรพิมพ์ของภาคตรวจสอบเหรียญ	84
รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์ของภาคตรวจสอบเหรียญ	84
รูปที่ ข.13 ลายวงจรพิมพ์ของภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ	85
รูปที่ ข.14 การวางอุปกรณ์ของภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ	85
รูปที่ ข.15 ลายวงจรพิมพ์ของภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	86
รูปที่ ข.16 การวางอุปกรณ์ของภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	86
รูปที่ ข.17 ลายวงจรพิมพ์ของภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด และภาคขับโซลินอยล์	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.18 การวางอุปกรณ์ของภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด และภาคขับโซลินอยล์	87
รูปที่ ข.19 ลายวงจรพิมพ์ของภาคจ่ายไฟ	88
รูปที่ ข.20 การวางอุปกรณ์ของภาคจ่ายไฟ	88
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก	90
รูปที่ ค.2 ผังการทำงานของโปรแกรมการเติมเหรียญ	92
รูปที่ ค.3 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 10 บาท	93
รูปที่ ค.4 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 5 บาท	94
รูปที่ ค.5 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 1 บาท	95
รูปที่ ค.6 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 50 สตางค์	96
รูปที่ ค.7 ผังการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบเหรียญ	97
รูปที่ ค.8 โปรแกรมการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ	102
รูปที่ ฉ.1 ด้านหน้าของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ	156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบัน สภาพการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยได้พัฒนาก้าวหน้าขึ้นอย่างรวดเร็ว ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี และการให้บริการต่างๆ ก็เป็นความเจริญก้าวหน้าด้านหนึ่งที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ หรือผู้ใช้บริการที่ต้องการความสะดวกสบาย และความรวดเร็ว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน การดำรงชีวิตของมนุษย์หรือผู้ใช้บริการต่างๆ ล้วนแล้วแต่เป็นการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ทันสมัยเข้ามาใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกให้เกิดในชีวิตประจำวันมากที่สุด เครื่องบริการต่างๆ เหล่านี้ ได้แก่ เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ เครื่องจำหน่ายตั๋วรถไฟฟ้าอัตโนมัติ และที่รู้จักกันเป็นอย่างดีก็คือ เครื่องโทรศัพท์สาธารณะชนิดหยอดเหรียญรุ่นต่างๆ ตลอดจนเครื่องบริการแบบหยอดเหรียญชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และที่จะมีขึ้นในอนาคตอีกมากมาย ซึ่งเครื่องบริการเหล่านี้จะถูกติดตั้งอยู่ตามที่สาธารณะหรือตามชุมชนที่มีผู้ใช้บริการหนาแน่น และตามสถานที่ทั่วไป เนื่องจากสามารถให้บริการได้ตลอด 24 ชั่วโมงโดยที่ไม่ต้องมีพนักงานคอยให้บริการ ซึ่งเป็นการประหยัดกำลังคนได้อีกด้านหนึ่ง อีกทั้งยังประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งด้วย โดยเครื่องอำนวยความสะดวกแบบหยอดเหรียญนี้สามารถใช้ได้กับเหรียญที่มีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้น ผู้ใช้บริการจำเป็นต้องมีเหรียญเพื่อที่จะขอใช้บริการเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ เหล่านี้

และเนื่องจากการใช้บริการเครื่องอำนวยความสะดวกแบบหยอดเหรียญดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องใช้เหรียญจำนวนมากในการใช้บริการแต่ละครั้ง การพกพาเหรียญเป็นจำนวนมาก ทำให้ไม่สะดวกในการเดินทาง เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการใช้งานของเครื่องบริการอำนวยความสะดวกเหล่านั้น โดยที่ผู้ใช้บริการไม่จำเป็นต้องพกพาเหรียญเป็นจำนวนมากครั้งละหลายๆ เหรียญ เป็นการลดความยุ่งยาก และความไม่สะดวกสบาย ดังนั้นทางผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าสิ่งที่กล่าวมาเป็นสิ่งสำคัญ จึงได้มีการสร้างโครงงานชิ้นนี้ขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้บริการให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา และใช้ศึกษาเพื่อสร้างโครงงานชิ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. สามารถรับเหรียญที่เข้ามาได้ 3 ชนิด คือ เหรียญ 1 บาท, 5 บาท และ 10 บาท

2. สามารถจำแนกเหรียญชนิด 1 บาท, 5 บาท และ 10 บาทได้

3. สามารถเลือกชนิดการแลกเหรียญได้ 4 ชนิด คือ เหรียญ 50 สตางค์, 1 บาท, 5 บาท และ 10 บาท

4. แสดงผลโดยใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว

5. ควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ ประกอบด้วยทฤษฎีเกี่ยวกับตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ สเต็ปเปอร์มอเตอร์, การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล, อุปกรณ์ตรวจจับ, อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงการออกแบบ การสร้าง และการทำงานในส่วนของวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการออกแบบวงจร ได้แก่ ภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนเหรียญ ภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ภาคขับโซลินอยล์ ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว ภาคประมวลผล และภาคจ่ายไฟ ในส่วนที่สองเป็นการออกแบบระบบกลไก ได้แก่ การออกแบบรางเหรียญ การออกแบบรางคัดแยกเหรียญ การออกแบบส่วนจ่ายเหรียญ การออกแบบช่องเก็บเหรียญ และการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง ประกอบด้วยการทดลอง และผลการทดลองของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ และการทดลองการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา เป็นการสรุปผลในการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค ผังการทำงาน และโปรแกรม
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์
ภาคผนวก จ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

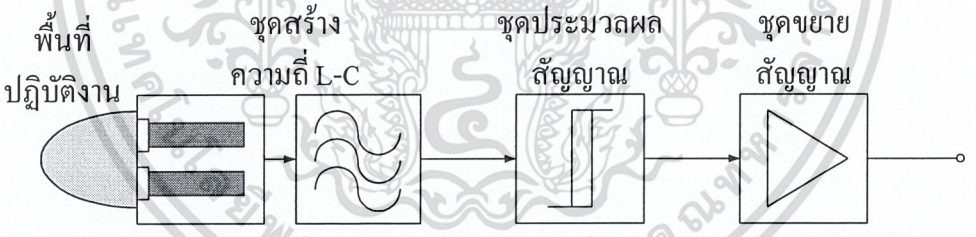
2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้ เป็นทฤษฎี และหลักการทำงานที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน โดยประกอบด้วย ตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ, สเต็ปเปอร์มอเตอร์, การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล, อุปกรณ์ตรวจจับ, อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล, และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

2.2 ตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ

2.2.1 หลักการทำงานเบื้องต้น

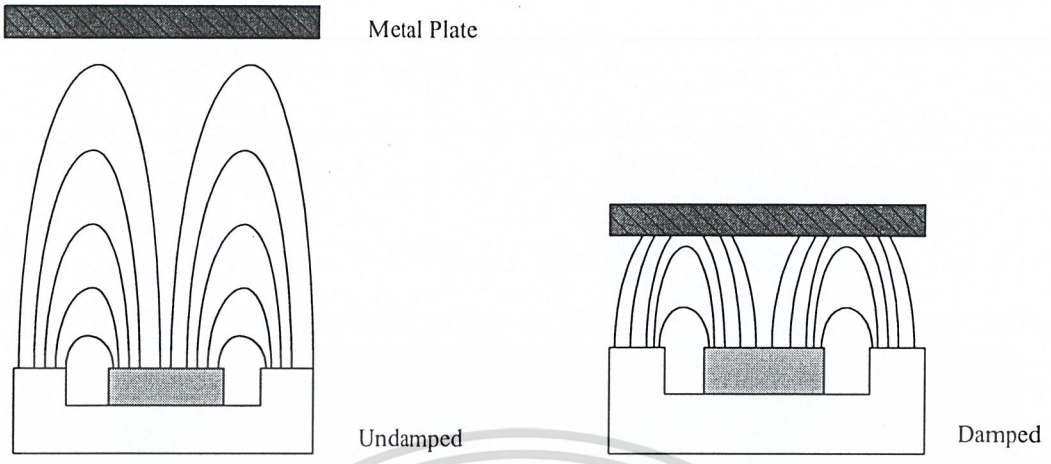
โดยพื้นฐานแล้ว ตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) จะประกอบไปด้วย ชุดสร้างความถี่ L-C (L-C Oscillator) ชุดประมวลผลสัญญาณ และชุดขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ

ชุดสร้างความถี่จะถูกกำหนดให้ชี้ไปยังตำแหน่งที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก เมื่อมีวัตถุปรากฏขึ้นในพื้นที่ปฏิบัติงาน (Active Area) วัตถุที่ตรวจจับ จะทำให้ขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง ในกรณีที่วัตถุเป็นเหล็ก (Ferrous Metal) และ/หรือเกิดกระแสไหลวน (Eddy Current) กรณีที่วัตถุเป็นเหล็กหรือไม่เป็นเหล็ก ดังนั้น วัตถุที่ปรากฏในสนามแม่เหล็กจึงทำหน้าที่คล้ายขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ลักษณะเช่นนี้ทำให้พลังงานของชุดสร้างความถี่ลดลง ซึ่งก็คือ ชุดสร้างความถี่มีการลดทอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

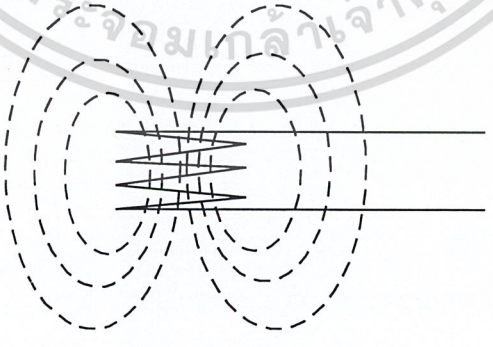


รูปที่ 2.2 ตำแหน่งสวิตช์ชิ่ง

การลดทอนจะทำให้กระแสของชุดสร้างความถี่ลดลง ซึ่งทำให้ชุดประมวลผลสัญญาณตรวจผลได้ และเปลี่ยนสัญญาณกลับมาเป็นสัญญาณสำหรับสวิตช์ (Switching Signal) สัญญาณสำหรับสวิตช์ 2 ชนิดของตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำจึงเป็นแบบ "มีความหน่วง" (Damped) และ "ไม่มีความหน่วง" (Undamped) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

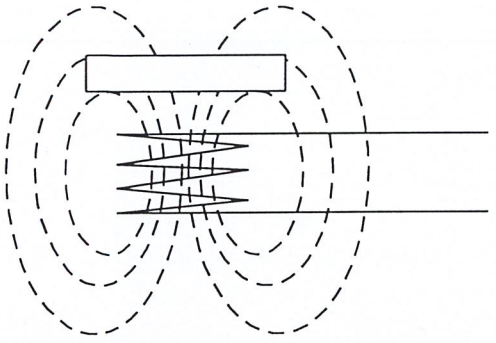
2.2.2 รูปร่างของสนามแม่เหล็ก

เนื่องด้วยการเปลี่ยนตำแหน่งสวิตช์นั้น จะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ลักษณะรูปทรง และโครงสร้างของขดลวด จึงเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ



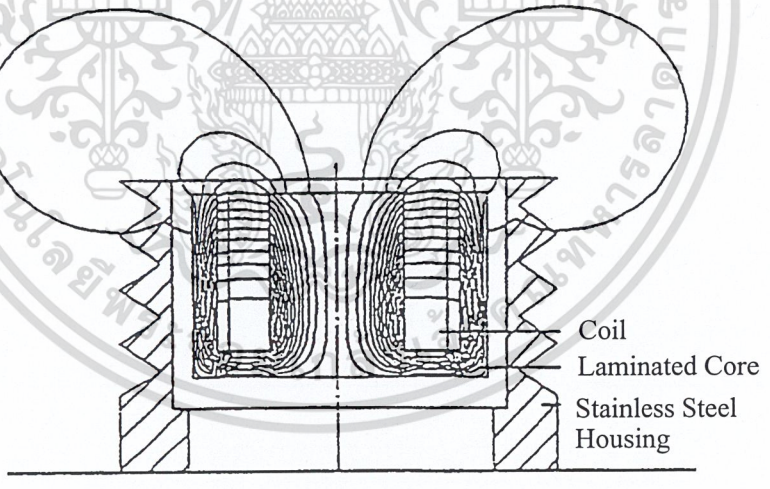
รูปที่ 2.3 สนามแม่เหล็กของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 สนามแม่เหล็กของขดลวดกับ Ferrous Metal Plate

จากรูปที่ 2.4 เมื่อมีชิ้นส่วนของโลหะปรากฏขึ้น จะสามารถทำให้สนามแม่เหล็กมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงได้ แต่สนามแม่เหล็กรั่วไหล (Stray Field) ด้านข้างยังคงมีปริมาณมากเกินไปที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง เพราะอาจจะมีชิ้นส่วนวัตถุที่เป็นโลหะอยู่ในบริเวณนั้นซึ่งอาจจะกระตุ้นตัวตรวจจับโดยที่ไม่ต้องการได้

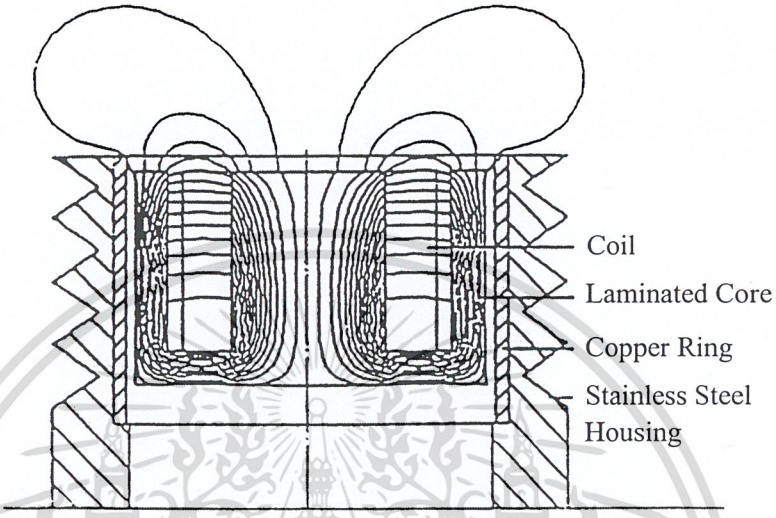


รูปที่ 2.5 สนามแม่เหล็กของขดลวดกับ Laminated Core

แกนแบบแผ่นเหล็กบางซ้อนอัด (Laminated Core) ดังรูปที่ 2.5 จะทำให้สนามแม่เหล็กมีรูปร่างที่แน่นอนในทิศทางหนึ่ง และทำให้มีสนามแม่เหล็กรั่วไหลน้อยมาก ซึ่งทำให้โครงสร้างลักษณะนี้มีความเหมาะสมในการที่จะนำไปใช้งานมาก เพราะสนามแม่เหล็กจะพุ่งออกทางด้านหน้าตามแนวแกน ซึ่งจะไม่มีสนามแม่เหล็กด้านข้างๆ เลย ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ไม่สามารถติดตั้ง

เอกสารนี้ใช้สำหรับการศึกษาเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ตัวตรวจจับแบบฟลัชเมาส์ (Flush-Mounted) เข้าไปในชิ้นส่วนโลหะของเครื่องจักรได้ และทำให้ลดอาการสวิตช์โดยไม่จำเป็นได้เป็นอย่างดี



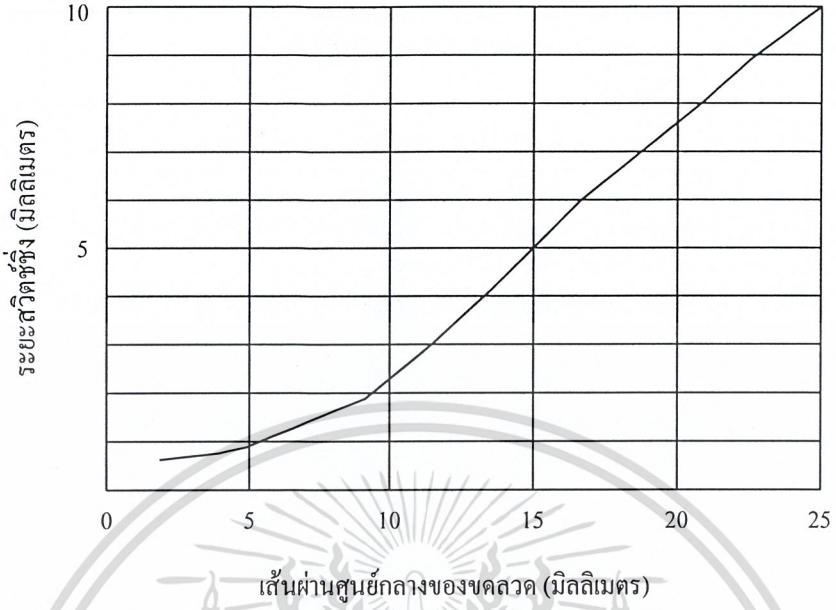
รูปที่ 2.6 สนามแม่เหล็กของขดลวดกับ Laminated Core และ Copper Ring

เมื่อเพิ่มวงแหวนโลหะ ดังรูปที่ 2.6 ครอบรอบแกนเหล็ก จะทำให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กถูกจัดแนวให้พุ่งออกไปทางด้านหน้าของตัวตรวจจับให้ดียิ่งขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพให้ตัวตรวจจับแบบหัวฝังจมในเนื้อโลหะ อย่างไรก็ตาม ลักษณะโครงสร้างแบบนี้จะทำให้ความไวในการตรวจจับลดลงบ้างเล็กน้อย ซึ่งหมายถึงว่าระยะตรวจจับจะลดลงเล็กน้อยเช่นกัน

2.2.3 ความไวในการตรวจจับ และขนาด

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวดจะเป็นตัวกำหนดความไวในการตรวจจับ ตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำยิ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวดโตมากขึ้นเท่าใด ความกว้างของสนามแม่เหล็กที่กระจายออกไปยังที่ว่างยิ่งแผ่ออกไปมากขึ้นเท่านั้น ชุดสร้างความถี่แต่ละชุดจะได้รับการปรับแต่งเป็นอย่างดีให้ความถี่คงที่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามมิได้หมายความว่า ความโตของเส้นผ่าศูนย์กลาง และความไวในการตรวจจับจะเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด และความไว (ระยะสวิตช์ชิ่ง)

เป็นความจริงที่ว่าเมื่อขดลวดโตขึ้น สนามแม่เหล็กจะกว้างขึ้น ขนาดของวัสดุตรวจจับจะใหญ่ขึ้นเช่นกัน เพื่อที่จะทำให้สนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงพอที่จะกระตุ้นการทำงานของสวิตช์ ซึ่งหมายถึง การตรวจจับในระยะที่ห่างออกไป จะทำได้ดีเมื่อวัสดุที่ต้องการตรวจจับมีขนาดใหญ่ขึ้น

ขนาดความยาวของขดลวดจะไม่มีผลกับความไวในการตรวจจับ แต่อย่างไรก็ตามระยะห่างระหว่างขดลวด และแกนกลางที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กจะมีผลกับความไวในการตรวจจับ

การลดทอนของชุดสร้างความถี่ซึ่งคือ การลดลงของขนาดกระแส มิได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างตามแนวแกนเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับระยะรัศมีระหว่างตัวตรวจจับ และวัตถุที่ต้องการตรวจจับด้วย ระยะห่างตามแนวด้านข้าง (Lateral) จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กมากเท่าใดนัก การลดทอนจะเกิดขึ้นค่อนข้างน้อย ถ้าวัตถุตรวจจับเคลื่อนเข้าหาตัวตรวจจับทางด้านแนวด้านข้าง ส่งผลให้ระยะการตรวจจับลดลง บริเวณที่สามารถตรวจจับวัตถุได้เรียกว่า “พื้นที่ปฏิบัติการ” (Reaction Zone)

2.3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตทางอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะเคลื่อนที่เป็นขั้นซึ่งอาจเป็นขั้นละ 1.8,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 และ 7.5 องศา ขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์ ส่วนใหญ่สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะใช้ในงานควบคุมระบบดิจิตอล เช่น เครื่องพิมพ์, เครื่องพล็อตเตอร์, เครื่องขับแผ่นดิสก์ ตลอดจนอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หรือเครื่องมือวัด และระบบควบคุมอื่นๆ

สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. โรเตอร์ เป็นส่วนที่หมุนได้ จะเป็นแม่เหล็กถาวร และอื่นๆ
2. สเตเตอร์ เป็นส่วนที่อยู่กับที่ จะเป็นขดลวดหลายๆ ขด

2.3.1 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เราสามารถแบ่งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามโครงสร้างพื้นฐานได้ 4 ชนิด คือ

1) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance : VR) มีโครงสร้างโรเตอร์แบบมัลติทูธ (Multi – Tooth) ทำจากเหล็กอ่อน จะทราบว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่ายมาก คือ ใช้มือหมุนเพลาของมอเตอร์และสังเกตเห็นว่าหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด เพราะที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กแตกต่างจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต และชนิดไฮบริด ซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ขณะหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีขั้นในการหมุนสูง

2) ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Permanent Magnet : PM) มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็ก บนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ เช่น ถ้าเป็นสเตเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันแยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด โรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดหน่วงขึ้น ชนิดนี้มีข้อดีในความถูกต้องของตำแหน่ง แม้ความเร็วจะมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

3) ชนิดไฮบริด (Hybrid) เป็นชนิดที่นิยมนำมาใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้กับอุปกรณ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โครงสร้างภายในได้จากการรวมเอาโครงสร้างของโรเตอร์วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต มาประกอบเข้าด้วยกัน จึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดหน่วงสูง มีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดี ถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูง

4) ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Rare Earth Permanent Magnet) เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่ง ปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต มีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแผ่นยึดติดกับเพลามอเตอร์ มีโมเมนต์ความเฉื่อยต่ำ อัตราเร่งสูง แรงบิดดึงทางกลและความ

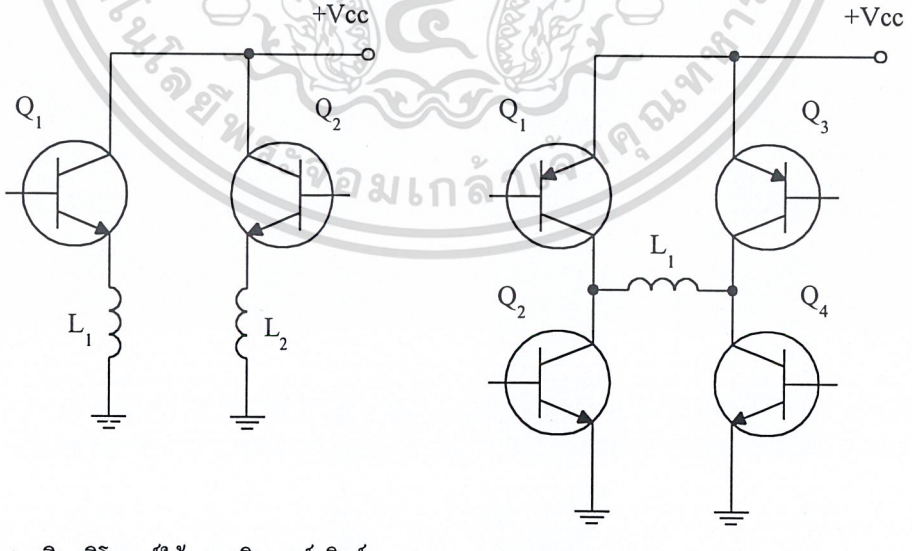
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก ความเร็วเริ่มหมุนและหยุดสูง สูญเสียพลังงานต่ำ ชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ดิสก์แมกเน็ตสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Disc Magnet Stepper Motor)

2.3.2 การพันขดลวดบนสเต็ปเปอร์มอเตอร์

1) แบบไบโพลาร์ (Bipolar) มีการพันขดลวด 1 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้โดยกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งการกำหนดทิศการไหลและการกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิตชิ่งกลับขั้วไฟฟ้า

2) แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิตชิ่งกระแสไฟฟ้าจากขดลวดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าแบบไบโพลาร์ เพราะต้องการเพียงสวิตซ์ธรรมดาในการเปิด และปิดกำลังไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันที รูปที่ 2.8 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวสวิตชิ่งให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้งสองแบบ จะเห็นได้ว่าในแบบของยูนิโพลาร์เป็นวงจรที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อนเลย



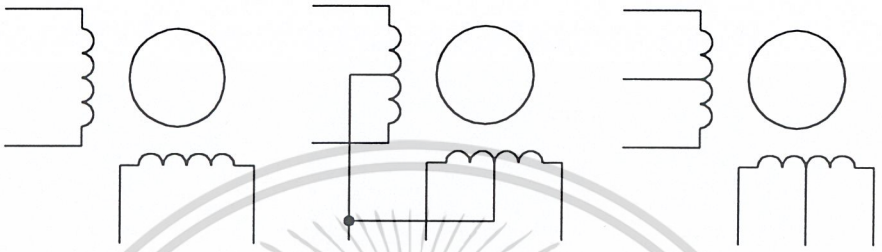
(ก) ชนิดยูนิโพลาร์ใช้ทรานซิสเตอร์สวิตช์ตัวเดียวต่อ 1 ขดลวด

(ข) ชนิดไบโพลาร์ใช้ทรานซิสเตอร์สวิตช์ 4 ตัวต่อ 1 ขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทั้งสองแบบนี้แสดงดังรูปที่ 2.9 การพิจารณาว่าสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตัวใดมีการพันขดลวดแบบใด จะสังเกตได้โดยถ้าเป็นแบบไบโพลาร์จะมีสายไฟต่อออกจากมอเตอร์เพียง 4 สาย และถ้าเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 หรือ 6 สาย หรืออาจอ่านจากป้ายชื่อที่ติดอยู่กับมอเตอร์



รูปที่ 2.9 ลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์

2.3.3 การกระตุ้น และการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เคลื่อนไปทีละขั้น ทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งจะต้องป้อนเป็นแบบซีเควนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้อง การป้อนพัลส์กระตุ้นสเต็ปเปอร์มอเตอร์สามารถทำได้ 3 รูปแบบ คือ

1) แบบเวฟ (Wave) เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทีละขดเรียงลำดับกันได้ ลักษณะการขับแบบนี้จำทำให้แรงบิดน้อย

2) แบบ 2 เฟส (Two Phase) มีลักษณะคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน เรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนขดของขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มที่ด้วยแรงดึงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ข้อเสียของการกระตุ้นแบบนี้ คือการกระตุ้นแบบนี้ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น

3) แบบครึ่งสเต็ป (Half Step) เป็นแบบที่ได้จากการผสมระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟ และแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อรอบอีกหนึ่งเท่าตัว แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลง และแต่ละสเต็ปเกิดจากแรงดึงของขดลวด 2 ขด ที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งจึงมีเพิ่มมากขึ้น ที่สำคัญการกระตุ้นแบบนี้จะต้องทำการหมุน 2 สเต็ปจึงเท่ากับ 1 สเต็ปของ 2 แบบแรก ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้าต้องใช้เหมือนกับแบบ 2 เฟส

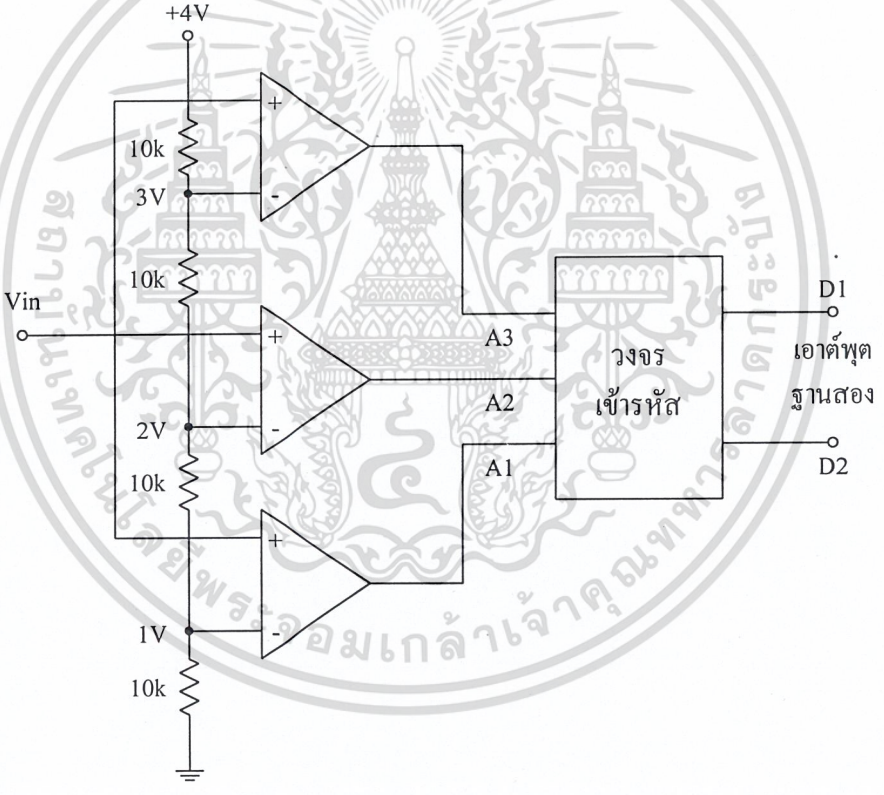
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

การทำงานของไอซีตัวเดียวจำเป็นต้องอาศัยสัญญาณดิจิตอลในการควบคุมการทำงานและประมวลผล เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้งานไอซีตัวเดียวร่วมกับสัญญาณแอนะลอก ต้องอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลหรือวงจรดีทูเอเข้ามาช่วย โดยวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปมีดังต่อไปนี้

2.4.1 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบแฟลช

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบแฟลชนี้ใช้หลักการง่ายๆ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ทำงานรวดเร็วที่สุด คือ ใช้วงจรเปรียบเทียบที่ต่อขนานกัน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 วงจรเปรียบเทียบแบบขนานหรือแบบเฟส

ในรูปที่ 2.10 ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ และตัวความต้านทานที่ต่อเอาไว้เพื่อแบ่งแรงดันที่ขาอินพุตแบบกลับเฟสให้มีขนาดต่างๆ กัน โดยจากหลักการของวงจรเปรียบเทียบทั่วๆ ไป เมื่อแรงดันอินพุตที่ขาอินพุตแบบไม่กลับเฟส มีค่าแรงดันสูงกว่าที่ขาอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบกลับเฟส เอาต์พุตจะได้แรงดันค่าสูงสุดดังตารางที่ 2.1 ซึ่งผลในตารางที่ 2.1 นั้นเป็นการเปรียบเทียบค่าระดับสัญญาณที่ได้โดยมีการกำหนดค่าอินพุตให้มีค่าเป็นแรงดันขนาดคงที่ตามขนาดของค่าอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบวงจรขนาน

ตารางที่ 2.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบขนาน

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

เมื่อต้องการวงจรที่มีความละเอียดสูงขึ้น จำเป็นต้องใช้วงจรเปรียบเทียบเพิ่มขึ้น เช่น ถ้าต้องการความละเอียด 3 บิต ต้องใช้วงจรเปรียบเทียบ 7 ตัว ความละเอียด 4 บิต ต้องใช้วงจรเปรียบเทียบ 15 ตัว (16 ระดับ) โดยหาวงจรเปรียบเทียบได้จาก 2 ถึง 1 เมื่อ N แทนจำนวนบิตหรือความละเอียดที่ต้องการ

จะเห็นได้ว่าที่ความละเอียด 8 บิต ต้องใช้วงจรเปรียบเทียบมากถึง 255 ตัว ซึ่งเป็นข้อเสียของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบนี้ ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ เอาต์พุตที่ไม่ได้เป็นเลขฐานสองต้องมีวงจรเพิ่มเติมไปทำการเข้ารหัส ข้อดีของวงจรเอทูดีแบบขนานนี้คือ ความเร็วสูงมาก บางครั้งจึงเรียกวงจรลักษณะนี้ว่า แฟลช จะทำให้วงจรชนิดนี้ใช้เวลาในการแปลงได้เร็วในระดับนาโนวินาที

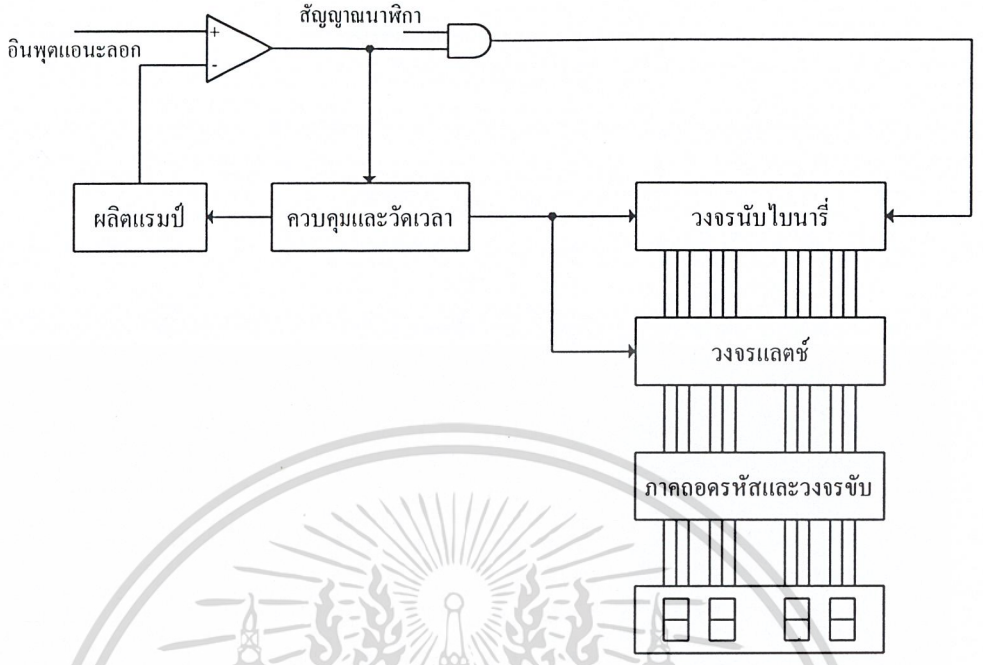
2.4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้ในการอินทิเกรต

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้เทคนิคการอินทิเกรตสัญญาณมี 4 แบบคือ

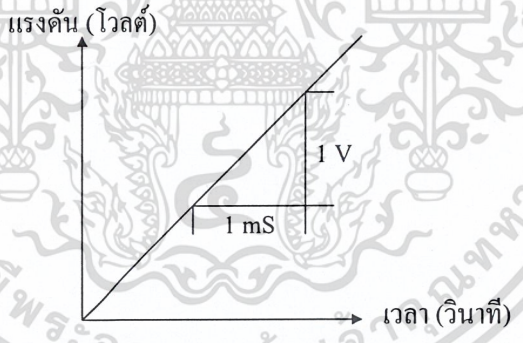
1) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสโลปหรือแบบแรมป์เดี่ยว

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบนี้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.11 ประกอบด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณขั้นบันได, วงจรเปรียบเทียบ, วงจรนับ BCD หรือนับเลขฐานสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แผนผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสโลปเดี่ยว



รูปที่ 2.12 ความชันของสัญญาณขั้นบันได

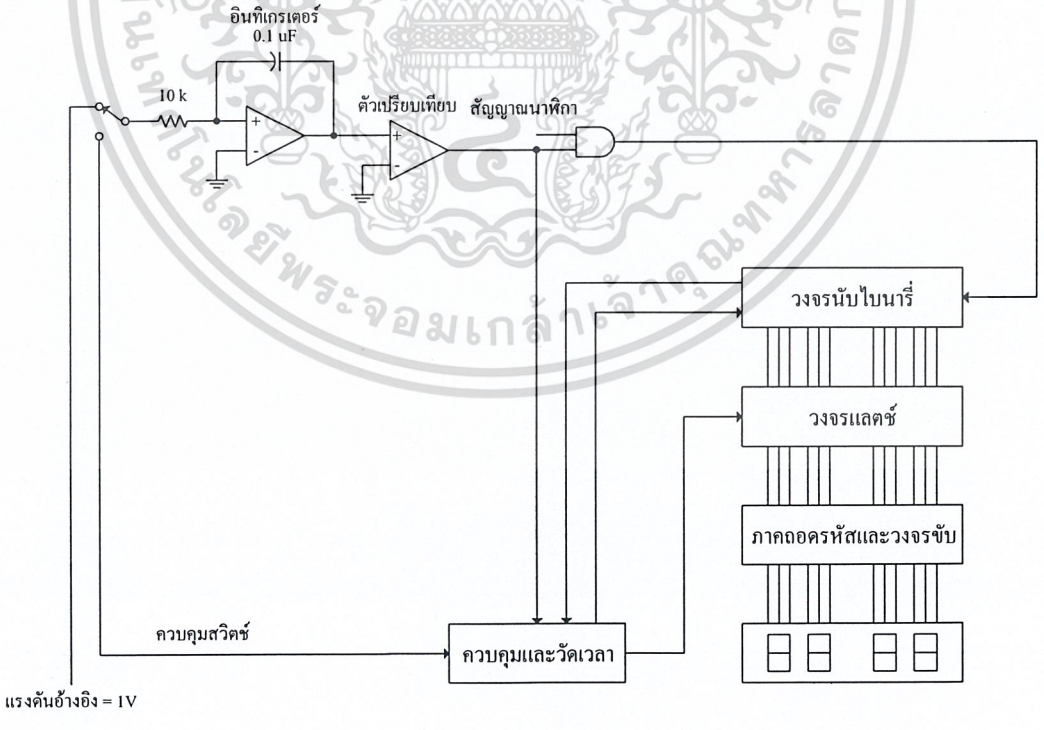
เมื่อเริ่มทำการเปลี่ยนสัญญาณ สัญญาณขั้นบันไดและวงจรนับจะถูกปรับให้เป็นศูนย์ แรงดันแอนะลอกถูกป้อนไปยังวงจรเปรียบเทียบทางเข้าแบบไม่กลับเฟส เมื่อแรงดันขาเข้าที่ขานี้เป็นบวกมากกว่าที่แรงดันขาเข้าแบบกลับเฟส วงจรเปรียบเทียบให้ระดับขาออกเป็นระดับ 1 ทำให้ไอซีแอนด์เกตปล่อยสัญญาณนาฬิกาไปยังวงจรนับได้ และทำให้สัญญาณขั้นบันไดมีแรงดันเป็นบวกมากขึ้นเรื่อยๆ จนมากกว่าระดับแรงดันขาเข้า ระดับแรงดันขาออกจากวงจรเปรียบเทียบจะตกเป็นระดับที่ 0 บิต แอนด์เกตไม่มีสัญญาณผ่านมาในวงจรนับ วงจรนับจะหยุดนับ และเก็บค่าไว้ที่วงจรแลตซ์ จากนั้นจึงทำการปรับวงจรนับและวงจรกำเนิดสัญญาณขั้นบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในลักษณะนี้มักนำไปใช้ในการเปลี่ยนเวลาเป็นขนาดของสัญญาณหรืออาจใช้ในดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ แต่ไม่ใช้กับงานที่ต้องการความถูกต้องสูง หรือการใช้งานที่ต้องการความละเอียดมากในการใช้งาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในแหล่งกำเนิดสัญญาณขั้นบันไดขึ้นกับอุณหภูมิ และผลตอบสนองต่อสัญญาณขาเข้า ทำให้ไม่มีความคงที่ ดังนั้น จึงมีการปรับปรุงพัฒนาให้วงจรมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น สามารถใช้ในวงจรที่ต้องการความถูกต้องสูงได้แสดงชดเชยลักษณะการสูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นให้ดีขึ้นจึงกลายเป็นแบบวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้การอินทิเกรตแบบสโลปคู่ที่มีการทำงานที่ไม่ยุ่งยาก และมีการทำให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน ซึ่งเป็นวงจรที่มีลักษณะเหมาะสมในการใช้งาน การออกแบบไม่มีความยุ่งยาก ผลกระทบทางอุณหภูมิมีน้อยกว่าวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบอื่นๆ มาก

2) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสโลปคู่

รูปที่ 2.13 แสดงผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลสโลปคู่ วงจรส่วนใหญ่คล้ายกับแบบสโลปเดี่ยว ซึ่งมีสวิตช์ที่ขาเข้าเพิ่มเติม เพื่อทำการเลือกระหว่างค่าแรงดันขาเข้ากับแรงดันอ้างอิง ซึ่งวงจรเปรียบเทียบขาเข้ากับอินพุตกลับเฟสกันกับแบบสโลปเดี่ยว



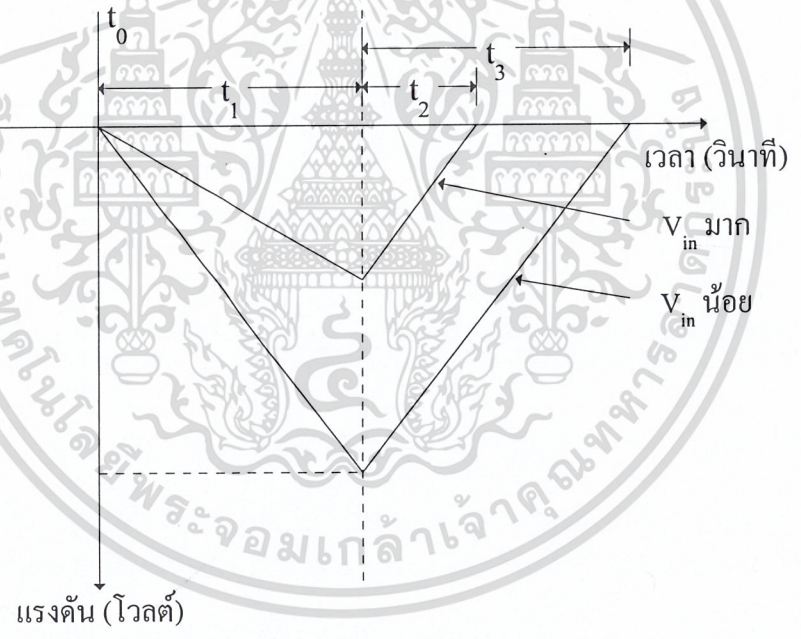
รูปที่ 2.13 แผนผังการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสโลปคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแรกของวงจรคือ วงจรกำเนิดสัญญาณขั้นบันได หรือวงจรอินทิเกรต ที่แรงดันระดับขาเข้าแบบกลับของออปแอมป์ที่มีสภาพเป็นกราวด์เสมือน ถ้ามีแรงดันขาเข้ามีค่า 2 โวลต์ จะได้กระแสไหลผ่านตัวความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม เท่ากับ 0.2 มิลลิแอมป์ ไปยังจุดร่วม เนื่องจากค่าความต้านทานอินพุตของออปแอมป์นั้นสูงมาก กระแสที่ไหลจึงเกิดขึ้นผ่านตัวเก็บประจุ

ขณะที่ตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุ แรงดันที่ขาเข้าของออปแอมป์จะยิ่งเป็นลบมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อรักษาระดับกระแสให้คงที่ แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุจึงได้เป็นสัญญาณขั้นบันไดที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้น

ถ้าแรงดันอินพุตเป็นบวกวงจรอินทิเกรเตอร์จะให้แรงดันขาออกเป็นสัญญาณขั้นบันไดทางลบดังแสดงไว้ในช่วง t_1 ดังรูปที่ 2.14 หากแรงดันขาเข้าเป็นลบ ทำให้แรงดันขาออกได้แรมป์ทางบวก



รูปที่ 2.14 แรงดันขาออกของวงจรอินทิเกรเตอร์เทียบกับเวลา

จากวงจรในรูปที่ 2.13 เมื่อสวิตช์ต่อกับสัญญาณอินพุตจะทำให้มีแรงดันบวกจากขาเข้าป้อนสู่วงจรอินทิเกรเตอร์ ได้แรงดันขาออกเป็นสัญญาณขั้นบันไดทางลบ วงจรเปรียบเทียบจะได้แรงดันทางลบจากวงจรอินทิเกรเตอร์ แล้วให้แรงดันออกเป็นบวก ทำการเปิดแอนด์เกต ให้สัญญาณนาฬิกาเข้าไปสู่วงจรนับ วงจรนับจะนับไปยังค่าที่กำหนดไว้คงที่ t_1 แล้วทำการสวิตช์ต่อเข้ากับแรงดันอ้างอิง ในช่วงที่วงจรนับด้วยค่าคงที่นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรอินทิเกรตจะให้สัญญาณขั้นบันไดทางลบ ที่มีค่าได้สูงสุดตามแต่ระดับแรงดันขาเข้า เมื่อทำการสวิตช์ขาเข้าของวงจรอินทิเกรเตอร์ทำให้ไปที่ค่าแรงดันอ้างอิงค่าลบ แรงดันของวงจรภาคจึงได้เป็นสัญญาณขั้นบันไดทางบวกคือช่วง t_2 ในรูปที่ 2.14 พร้อมๆ กับปรับค่าของวงจรนับลงเป็นศูนย์เพื่อเริ่มนับใหม่

เมื่อแรงดันขาออกของวงจรอินทิเกรเตอร์เพิ่มขึ้นถึงแรงดันศูนย์อีกครั้ง แรงดันขาออกของวงจรเปรียบเทียบก็จะเป็นลบหรือเป็นศูนย์ วงจรควบคุมจับการเปลี่ยนแปลงอันนี้ได้ส่งสัญญาณสโตรบให้วงจรนับเก็บค่าที่ได้ไว้ที่วงจรเก็บค่า จากนั้นจึงปรับให้เป็นศูนย์ แล้วทำการสวิตช์ให้แก่ค่าอินพุตของวงจรอินทิเกรเตอร์ต่อกับแรงดันอินพุต ซึ่งเป็นการเริ่มเปลี่ยนสัญญาณอีกรอบหนึ่ง จำนวนที่นับได้ที่เก็บไว้ที่วงจรเก็บค่าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันขาเข้า Vin

ข้อดีของวงจรแปลงสัญญาณแบบสโลปคู่ คือ ความถูกต้องสูง, ราคาถูก เสถียรภาพทางด้านอุณหภูมิดี ข้อเสีย คือ ความเร็วต่ำ ในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ 1 ครั้ง อาจใช้เวลาถึง 100 มิลลิวินาที ในขณะที่แบบแฟลชใช้เวลาประมาณ 30 มิลลิวินาที

3) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบประจุสมดุลย์

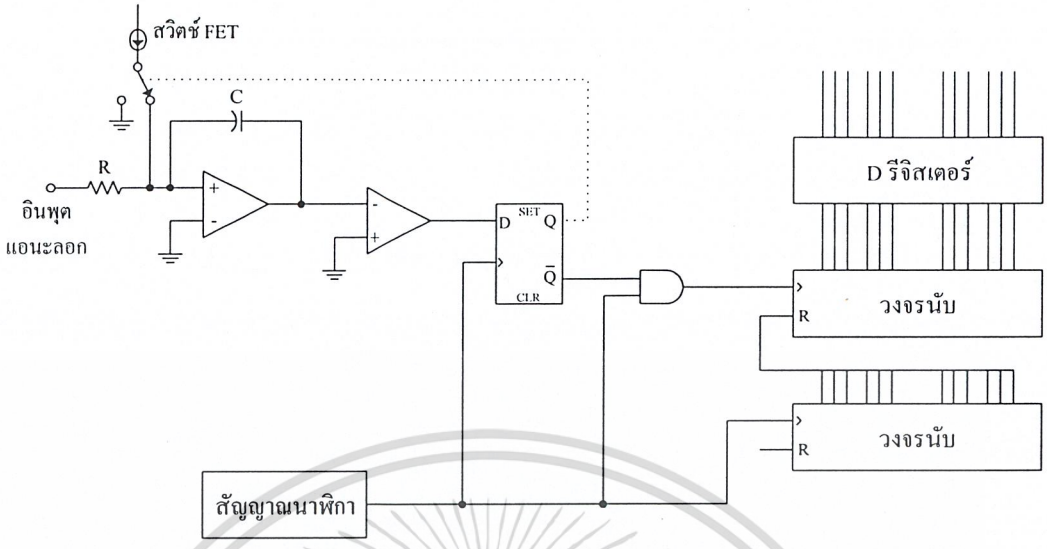
วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบประจุสมดุลย์ ใช้วงจรสำคัญคล้ายกับแบบสโลปคู่ แต่แทนที่จะใช้ขาเข้าสวิตช์ไปมาระหว่างแรงดันที่ไม่รู้ค่ากับแรงดันอ้างอิง จะทำการแทรกพัลส์ของกระแสอ้างอิงงมาโดยตรงที่จุดรวมของวงจรอินทิเกรเตอร์ในช่วงเวลาที่คงที่ โดยที่จำนวนของพัลส์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันอินพุตที่ไม่รู้ค่า ประโยชน์ของเทคนิคนี้ คือ ค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุของวงจรอินทิเกรเตอร์จะมีค่าใกล้เคียงศูนย์โวลต์ ดังนั้น ทำให้ไม่เกิดการผิดพลาดจากผลของกระแสรั่วไหล วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลชนิดนี้จึงมีความถูกต้องกว่าแบบสโลปคู่

4) วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกแบบเดลต้า–ซิกม่า

จากวงจรรูปที่ 2.15 เมื่อมีแรงดันอินพุตป้อนเข้ามาที่วงจรอินทิเกรเตอร์ จะให้ค่าแรงดันเอาต์พุตไปเข้าวงจรเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบกับแรงดันคงที่ จากรูปคือกราวด์ โดยที่พัลส์ของกระแสที่ได้ขึ้นอยู่กับเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ โดยสวิตช์ที่ทำขึ้นจากเฟต (FET) จะควบคุมให้กระแสเข้าไปยังที่จุดร่วม หรือลงกราวด์ไป ส่วนวงจรนับจำนวนพัลส์ด้วยหลักการที่คล้ายกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37203



รูปที่ 2.15 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบเดลต้า–ซิกม่า

2.4.3 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้วงจรนับ

1) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบแทรกกิ้ง

การทำงานจะคล้ายกับใช้วงจรนับเดี่ยว แต่การนับจะไม่ได้เริ่มจากศูนย์ แต่จะทำการนับขึ้นหรือนับลงจากค่าสุดท้ายไปยังค่าใหม่ แล้วแต่ว่าค่าแรงดันอินพุตในรอบใหม่มีค่าสูงหรือต่ำกว่ารอบที่แล้ว ข้อดีของเอทูดีแบบแทรกกิ้ง คือ การทำงานได้เร็วขึ้น

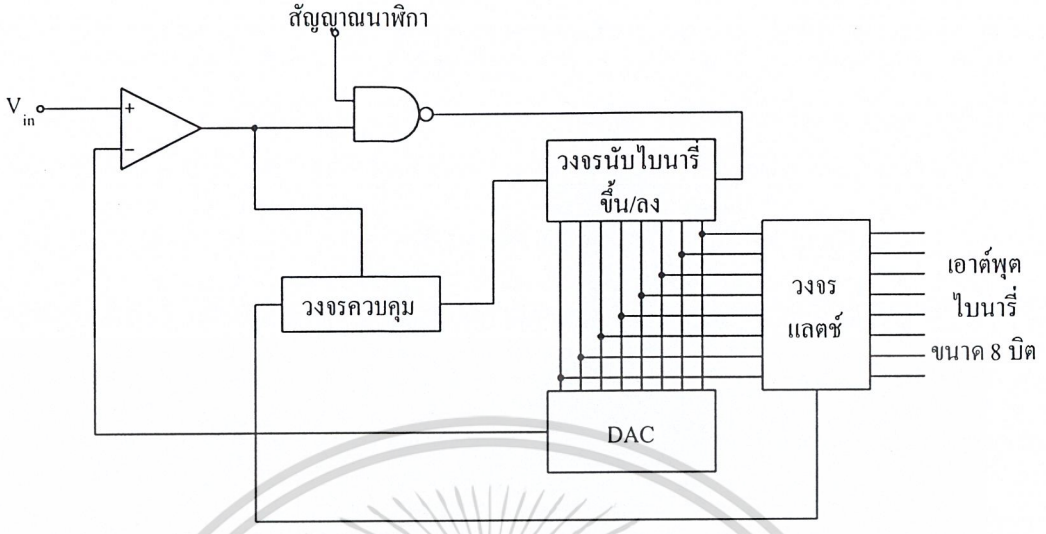
2) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบการปรับค่า

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบนี้ มีข้อได้เปรียบทางด้านความละเอียด เพราะมีความละเอียดเป็น n บิต สามารถกำหนดได้จากสัญญาณนาฬิกา n ลูก เช่น วงจรแปลงขนาด 8 บิต ต้องการพัลส์นาฬิกา 8 ลูก ในขณะที่แบบใช้วงจรนับต้องการพัลส์ถึง 256 ลูก วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่าแสดงดังรูปที่ 2.16

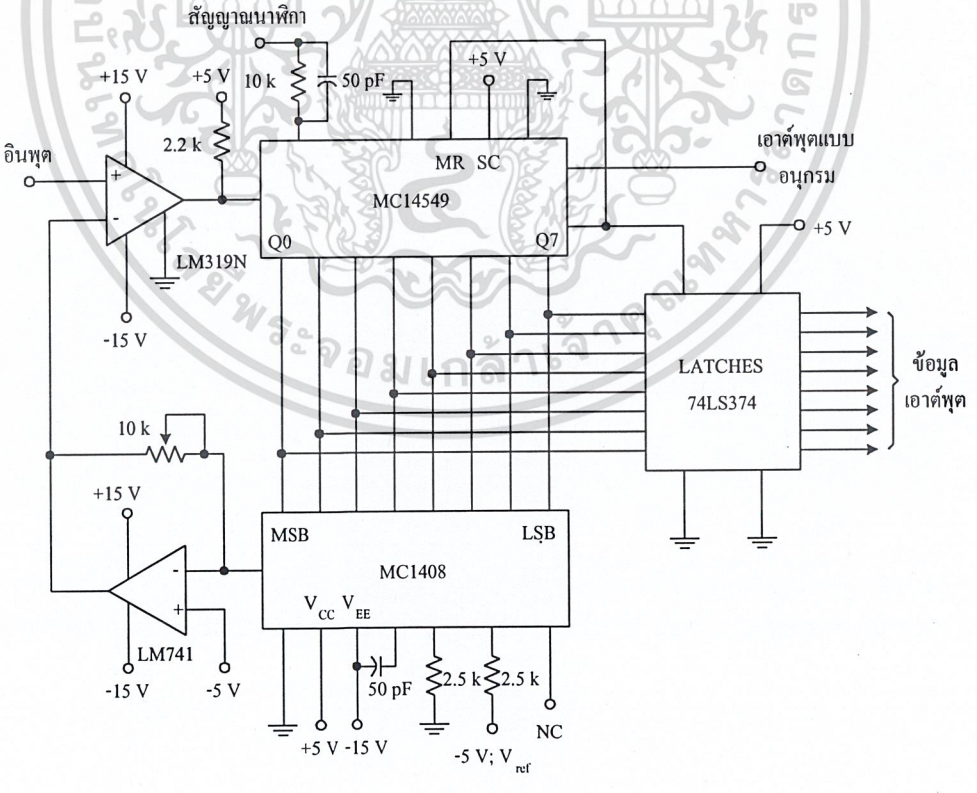
2.4.4 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบการสุ่ม และการคงค่า

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลต้องการเวลาในการแปลงสัญญาณหรือที่เรียกว่า Conversion Time เพื่อเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่เหมาะสม ถ้าสัญญาณแอนะลอกมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วงเวลาการแปลง เอาต์พุตของค่าวงจรเปลี่ยนสัญญาณอาจเกิดความผิดพลาด จึงต้องมีการป้องกันด้วยการสุ่ม และคงค่าสัญญาณ เพื่อใช้จับค่าของสัญญาณแอนะลอกที่จุดเริ่มของการเปลี่ยนสัญญาณแล้วเก็บไว้ด้วยตัวเก็บประจุ ระหว่างช่วงเวลาการแปลงหลังจากการเปลี่ยนสัญญาณเสร็จสิ้นจึงจับค่าสัญญาณแอนะลอกค่าใหม่มาเก็บไว้อีกครั้ง เป็นเช่นนี้ต่อเรื่อยไป

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลที่สร้างขึ้นจากวงจรนับขึ้น/ลง และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก



รูปที่ 2.17 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อุปกรณ์ตรวจจับ

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนนำสัญญาณเข้าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับความรู้สึกต่างๆ เรียกว่า ตัวตรวจจับ ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้ และส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมาย และนำผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับแบบพื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันอย่างดี เช่น สวิตซ์กลไก, สวิตช์แม่เหล็ก, โฟโต้ทรานซิสเตอร์, เซลล์รับแสง, ออปโต้คัปเปลอร์, ตัวตรวจจับตำแหน่ง, ตัวตรวจจับแรงดัน, ตัวตรวจจับอุณหภูมิ, ตัวตรวจจับเสียง เป็นต้น ตัวตรวจจับต่างๆ เหล่านี้ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

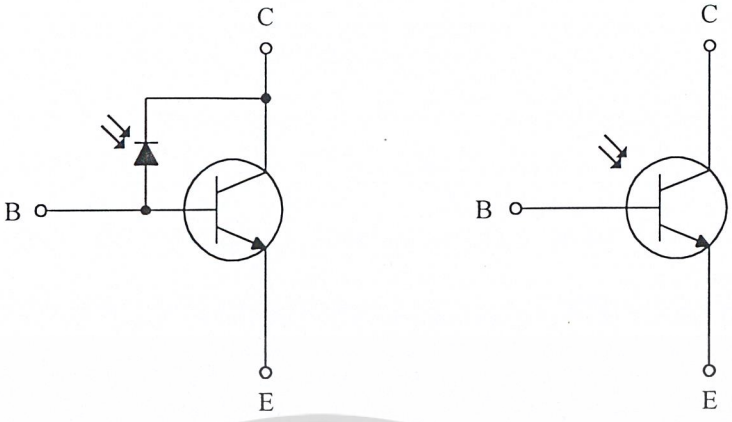
2.5.1 โฟโต้ทรานซิสเตอร์

โดยสภาวะปกติสารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสง เมื่อทำการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โปรตรอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้น โฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำ และมีรอยต่อ P-N ระหว่างสารสองชนิดของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไป ความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไป คือ ที่ตัวถังด้านบนของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับรับแสงเพื่อส่งไปยังรอยต่อ P-N โดยช่องรับแสงนี้จะมีวัสดุเคลียร์ไมก้า (Clear Mica) หรือควอตซ์เลนซ์ (Quartz Lens) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

วงจรสมมูลและการทำงาน

วงจรสมมูลของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ดังในรูปที่ 2.18 ซึ่งก็คือการนำทรานซิสเตอร์มาต่อร่วมกับโฟโต้ไดโอด โดยตัวโฟโต้ไดโอดจะเป็นตัวควบคุมการจัดแรงดันให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เมื่อเกิดแสงมาตกกระทบที่ตัวโฟโต้ไดโอด จะทำให้เกิดแรงดันไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ก่อให้เกิดกระแสเบสขึ้น ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรสมมูล (ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 2.18 วงจรสมมูล และสัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

2.5.2 อินฟราเรด แอลอีดี

อินฟราเรด แอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟราเรด เมื่อตัวมันนำกระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานจากโฟตรอน การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันทีที่มีกระแสไหลผ่าน

อินฟราเรด แอลอีดี สามารถกำเนิดแสงอินฟราเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่นดังนี้ คือ อินฟราเรดอีดี ที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนต์ (Gallium Arsenide : GaAs) จะให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟราเรดอีดีที่สามารถสร้างจากสารอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่าแกลเลี่ยมอลูมินั่มอาเซไนต์ (Gallium Aluminum Arsenide : GaAlAs) ซึ่งจะกำเนิดแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

2.6 อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล

อุปกรณ์ในปัจจุบันมักมีส่วนแสดงผลเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ให้สามารถควบคุมและใช้งานได้สะดวกขึ้น เช่น ใช้บอกสถานะการทำงาน บอกข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน ส่วนแสดงผลอาจจะเป็นไฟบอกสถานะอย่างง่ายๆ หรืออาจเป็นจอแสดงผล แสดงข้อความเป็นตัวอักษรได้ จอแสดงผลแบบหลังมีด้วยกันหลายประเภทขึ้นกับเทคโนโลยีที่ใช้ เช่นใช้ ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED) หรือจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display : LCD) จอแสดงผลประเภทที่กำลังเป็นที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ แบบที่ใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว เนื่องจากใช้พลังงานน้อย และมีความละเอียดสูง สามารถแสดงตัวอักษรและรูปภาพได้หลายแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

จอแสดงผลแบบผลึกเหลว เป็นจอแสดงผลที่สามารถแสดงข้อความที่เป็นตัวเลข, ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งเคยพบการใช้งานอยู่บ้างในเครื่องมือวัด, เครื่องพิมพ์เลเซอร์ และงานด้านอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ สาเหตุที่มีการนำจอแสดงผลแบบผลึกเหลวไปใช้งานกันมาก เนื่องจากความสะดวกความสมบูรณ์ของข้อความ

คอนโทรลเลอร์เบอร์ HD 44780 เป็นคอนโทรลเลอร์แบบยึดติดผิวหน้าขนาด 80 ขา จากฮิตาชิ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆ ให้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก HD 44780 มีสัญญาณติดต่อกับภายนอกเพียง 14 เส้น การใช้งาน HD 44780 หรือไอซีเบอร์อื่นๆ ที่มีการทำงานคล้ายๆ กัน

2.6.2 เทคโนโลยีของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

แผงของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว จะประกอบด้วยเซกเมนต์แสดงผลขนาดเล็กจำนวนมาก ในเซกเมนต์จะบรรจุชั้นของเหลวเป็นแผ่นบางๆ อยู่ระหว่างชั้นของแก้ว ของเหลวนี้เป็นสารประกอบ ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้ามาควบคุมการทำงาน หรือการแสดงผลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเกิดขึ้น เนื่องจากการควบคุมแรงดันที่ตกคร่อมตัวมัน เช่น ถ้าให้แรงดันตกคร่อมเซกเมนต์ จะเกิดสีดำหรือทึบแสง แต่ถ้าเอาแรงดันนั้นออก เซกเมนต์นั้นจะสว่าง หรือโปร่งแสง ด้วยวิธีการจ่ายแรงดัน และงดจ่ายแรงดันนี้ เพียงพอที่จะควบคุมการแสดงตัวเลข, ตัวอักษร และสัญลักษณ์ต่างๆ ได้ และจากสาเหตุที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวใช้แรงดันควบคุม ดังนั้น จึงกินกำลังงานต่ำ และขนาดเล็กแบนราบ

โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว บางรุ่นอาจมี 1 แถว หรือมากกว่า การแสดงผลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะอยู่ในรูปเมตริกซ์ เช่น บางรุ่นแสดงเมตริกซ์ที่มีขนาดกว้าง 5 เซกเมนต์ สูง 8 เซกเมนต์ และสำหรับรุ่น HD 44780 สามารถควบคุมการแสดงผลได้สูงถึง 11 เซกเมนต์ ซึ่งเป็นผลดีกับการแสดงตัวอักษรบางตัว เช่น g, p และ q

ตัวอักษรจะถูกสร้างโดยการปรับตำแหน่งแต่ละเซกเมนต์ให้เหมาะสม เช่น ตัวอักษร L จะสร้างจากแนวตั้ง 1 แถว และแนวนอน 1 แถว

ตารางที่ 2.2 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากว่าการควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ต้องการเวลาเพื่อรอทำงานตามคำสั่ง หรือรอรับสัญญาณ ดังนั้น ถ้าใช้กับคอมพิวเตอร์จะต้องพิจารณาเรื่องเวลาด้วย แต่การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถต่อโดยตรงได้ไม่ต้องมีอุปกรณ์อื่นมาต่อเพิ่ม หรือถ้ามีก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา	สัญลักษณ์	หน้าที่
1	Vss	กราวด์
2	Vdd	+5 โวลต์
3	Vo	ปรับความสว่างด้วยแรงดัน (0-5 โวลต์)
4	RS	เลือกรีจิสเตอร์ (0=รีจิสเตอร์คำสั่ง หรือแฟลกแสดงสถานะการทำงาน และตัวนับแอดเดรส; 1=รีจิสเตอร์ข้อมูล)
5	R/W	เลือกการอ่านหรือเขียน (0=อ่าน; 1=เขียน)
6	E	อีนาเบิลการอ่านหรือเขียน LCD
7	D0	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตน้อยที่สุด
8	D1	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 2
9	D2	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 3
10	D3	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 4
11	D4	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 5
12	D5	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 6
13	D6	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 7
14	D7	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่สูงสุด

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวนั้น มีให้เลือกใช้หลายขนาด แต่ที่นิยมใช้กันมากเป็นแบบ 1×16 (1 แถว 16 ตัวอักษร), 2×16 (2 แถว 16 ตัวอักษร) และ 2×20 (2 แถว 20 ตัวอักษร) ส่วนถ้าเป็นจอแสดงผลขนาดใหญ่สามารถแสดงตัวอักษรได้ถึง 80 ตัวอักษร ซึ่งอาจต้องมีวงจรขับ หรือชิพคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้น เพื่อใช้ร่วมกับ HD 44780 ที่ต่อสายสัญญาณ 14 เส้นได้

2.6.3 การจ่ายไฟสำหรับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ป้อนให้ที่ขา 2 ซึ่งตัวมันกินกระแสเพียงไม่กี่มิลลิแอมป์ ส่วนขา 3 ต่อเพื่อปรับมุมมองการแสดงผลให้เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลของแสงในขณะนั้นด้วย รวมไปถึงตำแหน่งการติดตั้งและอุณหภูมิ

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างไดโอดเปล่งแสง กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว พบว่าในที่ที่มีแสงสว่างค่อนข้างสูง ไดโอดเปล่งแสงเกือบจะมองไม่เห็น ส่วนจอแสดงผลแบบผลึกเหลวสามารถอ่านได้ในที่ที่มีแสงสว่างได้ เนื่องจากว่าการทำงานของไดโอดเปล่งแสงนั้น จะปล่อยพลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานแสงออกมา ส่วนจอแสดงผลแบบผลึกเหลวนั้น จะใช้การหักเหของแสง โดยใช้แสงส่งผ่านตัวมัน ซึ่งบางสภาวะในที่มีแสงสว่างน้อยไม่สามารถอ่านค่าจอแสดงผลแบบผลึกเหลว วิธีการแก้ไขคือการใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวที่มีแบ็กไลต์ (Black Light) จึงเป็นการใช้ฉากอิเล็กโทรลูมายน์ (Elcctrolumine หรือ EL) ซึ่งมีความสามารถในการเรืองแสงได้นำไปติดตั้งไว้ด้านหลัง ทำให้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวมีความสว่าง และทำให้เรามองเห็นได้

การที่จะนำสารเรืองแสงอิเล็กโทรลูมายน์มาใช้งานนั้น ที่ชุดโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวต้องมีแผงอิเล็กโทรลูมายน์ และชุดแปลงแรงดันเป็นสัญญาณไฟสลับแรงดันสูง ซึ่งเป็นอุปกรณ์แรงดันไฟดีซี 5 โวลต์ เป็น 100 โวลต์ ที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ อุปกรณ์แปลงแรงดันที่ต้องใช้กระแสหลายมิลลิแอมป์ในการทำงาน จึงทำให้เป็นข้อเสียเปรียบของอุปกรณ์ตัวนี้

โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว แบ่งออกเป็นแบบสะท้อนกลับ (Reflective) แบบนี้จะไม่ใช้แหล่งกำเนิดแสงทางด้านหลัง ส่วนอีกแบบหนึ่งคือแบบส่งผ่าน (Transmissive) แบบนี้ต้องใช้แหล่งกำเนิดแสงจากด้านหลัง หรือไม่ใช้ก็ได้ โดยสามารถต่อสวิตช์เข้ากับแหล่งกำเนิดแสง เวลาจะใช้แหล่งกำเนิดแสงก็เปิด ถ้าไม่ต้องการใช้ก็ปิดตามต้องการ

2.6.4 คอนโทรลเลอร์ และการควบคุม

การที่จะใช้โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวในงานหนึ่งงานใดนั้น จะต้องทำความเข้าใจกับตัวควบคุมก่อน HD44780 เป็นตัวควบคุมขนาดเล็กที่คล้ายกับคอมพิวเตอร์โดยจะทำงานทั้งหมด 11 เพื่อควบคุมการทำงานต่าง ๆ เช่น เคลียร์หน้าจอแสดงผล, เขียนตัวอักษร, เลือกตำแหน่ง และอ่านข้อมูลจากจอแสดงผล

หน่วยความจำภายใน HD44780 มี 2 ชนิด คือ Character Generator (CG) ROM และ Character-Generator (CG) RAM

CGROM ใช้สำหรับเก็บตัวอักษรเกือบ 200 รูปแบบ เช่น ตัวอักษรภาษาอังกฤษ, ตัวเลข เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์, สัญลักษณ์พิเศษ และอักษรญี่ปุ่น ซึ่งจะกำหนดลงในรอมไว้แล้วไม่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงได้

CGRAM ใช้เก็บตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถออกแบบขึ้นเองได้ เช่น โลโก้, สัญลักษณ์พิเศษ อักษรกราฟฟิกง่ายๆ ที่สามารถออกแบบบนเมตริกซ์ขนาด 5x8 ได้ อักษรที่เขียนขึ้นนี้จะเขียนครั้งละ 5 บิต หลายๆ คำ แต่ละคำจะแทนรูปแบบเซกเมนซ์ 1 แถว แล้วเก็บไว้ใน CGRAM รูปแบบอักษรนี้จะหายไปเมื่อปิดเครื่อง และเมื่อจะใช้งานต้องเรียกข้อมูลมาใหม่หลังจากเปิดเครื่อง

อักษรใน CGROM และ CGRAM เป็นอักษรขนาด 8 บิต (0 ถึง FFH) ซึ่งบางตำแหน่งก็ไม่ได้ใช้ ตำแหน่งแอดเดรสที่ใช้กันมากจากช่วง 21H ถึง 7DH ซึ่งจะตรงกับตำแหน่งรหัสแอสกี้บน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ เช่น “A” จะถูกเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 41H และ “B” จะเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 42H เป็นต้น โดยตำแหน่งแอดเดรสจะถูกเก็บอยู่ในเลขฐาน 16

ไอซี HD44780 มีรีจีสเตอร์ 2 ตัวคือ Instruction Register (IR) ใช้สำหรับเก็บรหัสของคำสั่ง และ Data Register (DR) ซึ่งใช้สำหรับเก็บรหัสตัวอักษรเมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลจากไอซี จะต้องเลือกใช้รีจีสเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อนำไปต่อกับขา 4 ของ จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ตามหน้าที่การทำงานที่เราต้องการ

หน่วยความจำแรมเก็บข้อมูลแสดงผล Display Data (DD) RAM จะเก็บรหัสตัวอักษรขนาด 8 บิตได้มากกว่า 8 ตัวอักษร ไว้ในแอดเดรสแต่ละตำแหน่ง โดยรหัสของตัวอักษรที่เก็บไว้ใน DDRAM จะกำหนดว่าให้แสดงอักษรที่ตำแหน่งไหน

ในกรณีที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลว มี 2 แถว (ถ้าต้องการลบแถวแรก) การทำงานของมันจะทำการเลื่อนตำแหน่งซ้ายสุดของแถวบนซึ่งเป็นตำแน่งแอดเดรสสูงก่อน และตำแหน่งต่อไปก็จะเลื่อนตามมา ตามลำดับจนกว่าจะหมดแถวที่ 1 แล้วแถวที่ 2 จะตามมา เช่น สมมุติว่าแถวที่ 1 มีตำแหน่งแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0-39H พอหมดแถวที่ 1 แล้วแถวที่ 2 จะถูกลบต่อไปเป็น 40H, 41H, 42H, 43H และต่อ ๆ ไปจนครบ

แต่ละครั้งที่ทำการเขียนอักษรลงในแอดเดรสของ DDRAM แต่ละตำแหน่งแอดเดรสจะเพิ่มตำแหน่งขึ้นโดยอัตโนมัติตามลำดับของการเขียนตัวอักษร ยกเว้นกรณีที่ผู้ใช้กำหนดตำแหน่งของแอดเดรสที่จะเขียนข้อมูลเองในบางครั้ง

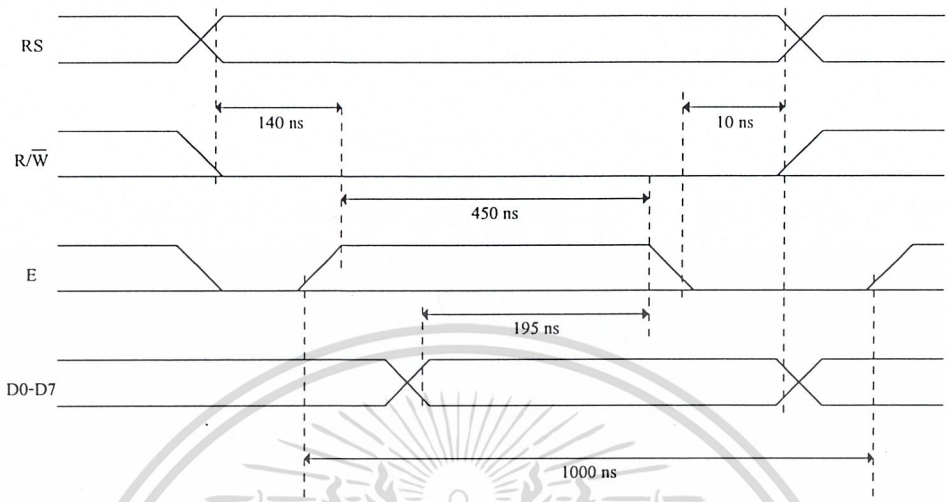
อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าแถวที่สอง เริ่มที่ตำแหน่งแอดเดรส 40H ดังนั้นถ้าหากผู้ใช้ต้องการให้แสดงที่แถวที่สอง จะต้องอ้างตำแหน่งแอดเดรส ให้ถูกต้องด้วย เช่น ถ้าจอแสดงผลมี 16 ตำแหน่ง แถวที่ 1 จะสิ้นสุดที่ตำแหน่ง 0F H และแถวที่ 2 จะเริ่มต้นที่ 40 H ดังนั้นถ้าต้องการย้ายอักษรจากตำแหน่งขวาสุดของแถวที่ 1 ไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของแถวที่ 2 ผู้ใช้จะต้องอ้างตำแหน่งไปที่ 40 H

นอกจากนี้จอแสดงผลบางรุ่นจะมีแถวแสดงอักษรเป็นแบบ ฟิสิคอล 1 แถว และแบบลอจิคอลอีก 2 แถว ในกรณีที่เป็นจอแสดงผลแบบ 2 แถว ในกรณีที่เป็น 16 ตัวอักษร 8 ตัวอักษรแรกจะเริ่มที่แอดเดรส 0 ถึง 7 และ 8 ตัวอักษรหลังจะเริ่มที่แอดเดรส 40H ถึง 47H ดังนั้น ถ้าจะเขียนข้อมูลไปที่ตำแหน่ง 8 ตัวหลังต้องกำหนดตำแหน่งไปที่ 40H

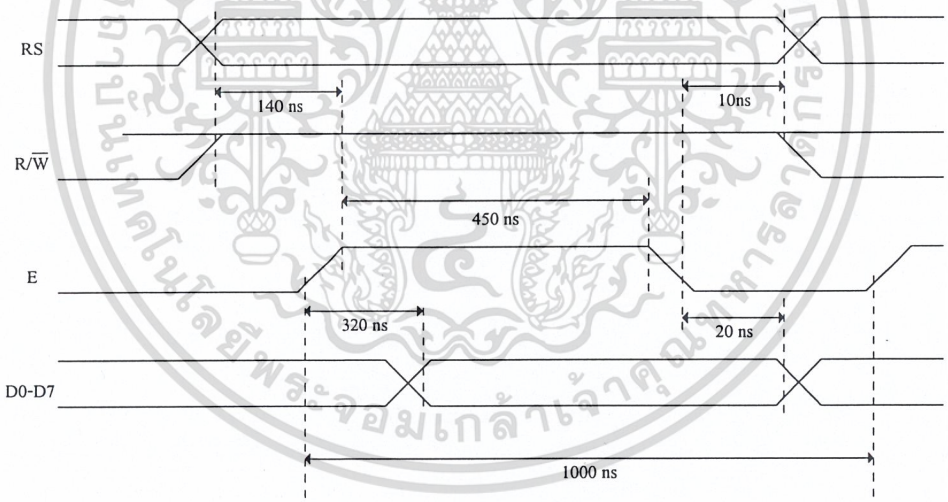
อย่างไรก็ตาม ในจอแสดงผลขนาดเล็กจะไม่มี DDRAM เนื่องจากว่า DDRAM เป็น RAM ที่ใช้สำรองไว้ให้ผู้ใช้เลือกใช้ตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 การอ่าน และการเขียน



(ก) การเขียนข้อมูลลงบนโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว



(ข) การอ่านข้อมูลจากบนโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

รูปที่ 2.19 แผนผังทางเวลาของการอ่าน/เขียนข้อมูลบนโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

รูปที่ 2.19 แสดงผังเวลาของการประมวลผลคำสั่งในการอ่าน และเขียนข้อมูลกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ขั้นตอนของการเขียนเริ่มจากมีสัญญาณรีเซ็ตเข้ามา และให้สัญญาณอ่าน/เขียนมีสถานะเป็นต่ำ หลังจากนั้นประมาณ 140 นาโนวินาที สัญญาณอีนาเบิลจะมีสถานะเป็นสูง และคง

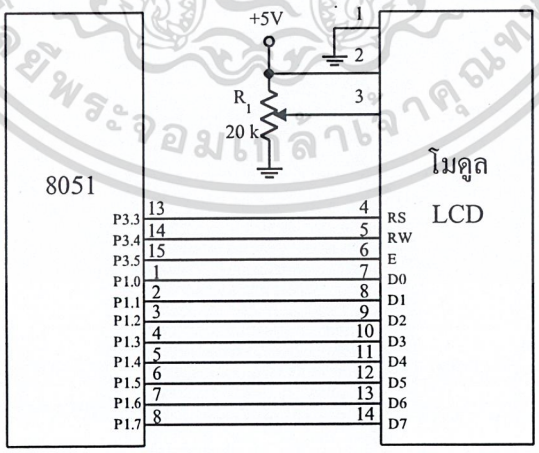
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะอยู่อย่างน้อย 450 นาโมวินาที เพื่อที่จะให้ขาข้อมูล D0-D7 ส่งข้อมูลอย่างน้อย 195 นาโนวินาที ก่อนที่สัญญาณอีนาเบิลจะเป็นต่ำอีกครั้ง

ส่วนขั้นตอนในการอ่านข้อมูลจะคล้ายกับการเขียน แต่สัญญาณอ่าน/เขียนจะเป็นสูง ส่วนสัญญาณข้อมูล D0-D7 จะทำงานหลังจากสัญญาณอีนาเบิลเป็นสูง แล้วประมาณ 320 นาโนวินาที ไอซี HD 44780 จะไม่ทำคำสั่งใหม่ที่เข้ามาจนกว่าจะทำคำสั่งที่ทำงานอยู่ขณะนั้นเสร็จก่อน ซึ่งในกรอบแยกที่ 1 จะแสดงเวลาที่มากที่สุดที่แต่ละคำสั่งใช้ในการประมวลผล แต่ถ้าใช้ภาษาเบสิก หรือภาษาระดับสูงในการโปรแกรม ค่าเวลาเหล่านี้อาจไม่ต้องใส่ใจกับมันมากนัก เพราะว่าตัวโปรแกรมจะเข้าถึงคำสั่งโดยอัตโนมัติอยู่แล้ว ถ้าหากต้องการใช้ชุดโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวรับคำสั่งต่อมา อาจทำได้โดยเขียนโปรแกรมหน่วงเวลา หลังจากทำคำสั่งเหล่านั้น หรืออาจจะอ่านแฟล็ก (Flag) ว่าง (บิต 7 ก็ได้)

2.6.7 การเชื่อมต่อ

โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว สามารถที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลายเบอร์ รูปที่ 2.20 แสดงการเชื่อมต่อโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 โดยมีหน้าที่การทำงานของแต่ละขาดังนี้ คือ ขา 1 ต่อกราวด์ ขา 2 ต่อไฟ +5 โวลต์ ขา 3 ต่อกับตัวความต้านทานปรับค่าได้แบบโพเทนชิโอมิเตอร์ เพื่อปรับความเข้ม และความสว่าง ขา 4, 5 และ 6 ใช้ต่อสัญญาณควบคุม ส่วนบัสข้อมูล (Data Bus) ที่ขา 7 ถึงขา 14 จะต่อกับพอร์ต 1 ของ 8051 เพื่ออ่าน และเขียนข้อมูลลงไปบนโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว



รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อโมดูลในรูปที่ 2.20 ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมเป็นภาษาแอสเซมบลีได้ ซึ่งใช้กับโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวขนาด 16 ตัวอักษร 2 แถว และโปรแกรมจะแสดงข้อความที่จอแสดงผลการทำงานของแต่ละคำสั่ง

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลิตโดยบริษัทอินเทล มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างมากมายในปี ค.ศ. 1980 ต่อมาบริษัท ฟิลลิปส์ และซีเมนต์ ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งจะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดของหน่วยความจำภายใน และหน่วยทำงานภายในที่แตกต่างกัน

2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

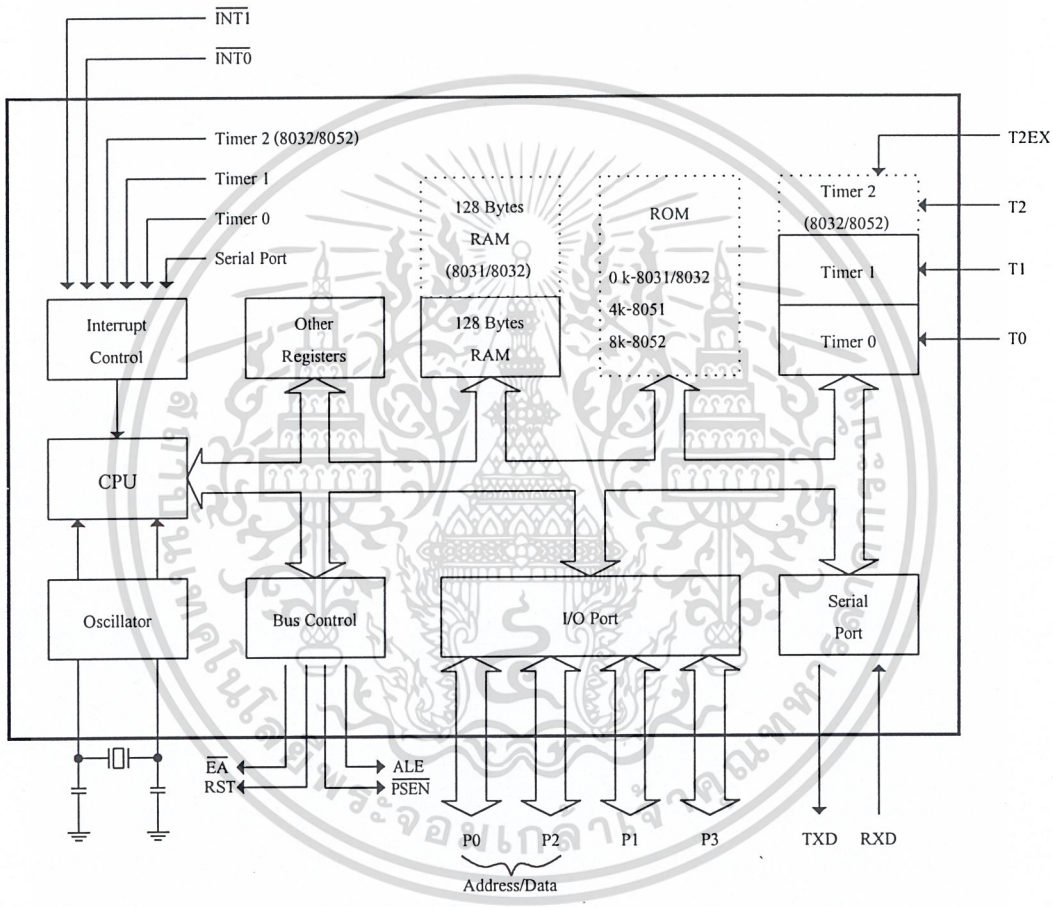
1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
2) หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์
3) หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์
4) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
5) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
6) หน่วยความจำโปรแกรม และข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
7) มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต แบบขนานจำนวน 4 พอร์ต (32 บิต) แยกกันอย่างอิสระ
8) มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด
9) มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART) รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ
10) รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง
11) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน
12) นำข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งเกตเหล่านี้ จะนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

1) หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุม ในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออก ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณจากวงจรควบคุมจากหน่วยประมวลผลกลางนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ทุกๆ ส่วน ทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

ในหน่วยประมวลผลกลางยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การลบ, บวก, คูณ หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2) หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำมีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ จำเป็นต้องรู้ตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำ ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ เรียกว่า การเขียนข้อมูล และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า การอ่านข้อมูล ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 00000000_2 ถึง 11111111_2 หรือ 00H ถึง 0FFH ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 กิโลไบต์) ดังนั้น การอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐานสองทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536)

2.2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

2.3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่งทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device)

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือนำข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่ 4 I/O Port, Timer/Counter 0, Timer/Counter 1, Serial Port

3.1) 4 อินพุต/เอาต์พุตพอร์ต (4 I/O Port) หรือพอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 อย่างก็ได้

3.2) ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 (Timer/Counter 0) และไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 (Timer/Counter 1) เป็นวงจรนับที่สามารถทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยหน่วยประมวลผลกลาง

3.3) พอร์ตอนุกรม (Serial Port) หน่วยประมวลผลกลางจะอ่าน และเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลจะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้หน่วยประมวลผลกลางอ่านไปใช้งานต่อไป

ใน MCS-51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบ ทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การจะนำพอร์ตไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

2.6.3 โครงสร้างชุดควบคุม ANT-3172

ในโครงงานนี้ ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรม เพื่อใช้ในการประมวลผลทั้งหมด จะใช้บอร์ด ANT-3172 ซึ่งจะเป็นบอร์ดคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ภาษาแอสแซมบลี MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานหรือเป็นส่วนประมวลผลของโครงงาน

ส่วนประกอบต่างๆ ของบอร์ด ANT-3172

1) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ใช้เบอร์ 80C31 ของบริษัทอินเทลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2) หน่วยความจำ (ROM) ที่ใช้ในวงจรจะใช้ EPROM เบอร์ 27C256 มีขนาด 32 กิโลไบต์ ซึ่งจะอยู่ที่ตำแหน่ง 0000 ถึง 7FFFH

3) หน่วยความจำ (RAM) ที่ใช้ในวงจรจะใช้ RAM เบอร์ 6264 มีขนาด 8 กิโลไบต์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลอยู่ที่ตำแหน่ง 8000 ถึง F7FFH

4) พอร์ต ประกอบด้วยจำนวนอินพุต/เอาต์พุต ดังนี้ 12 บิต ของพอร์ตหน่วยประมวลผลกลาง และ 72 บิต ของพอร์ต 8255 ทั้ง 3 ตัว พร้อมด้วย LCD พอร์ต ที่สามารถต่อกับ LCD โมดูล ได้โดยตรง

5) วงจรตรวจสอบ และวงจรป้องกัน เพื่อป้องกันบอร์ดเกิดการหยุดชะงัก ในขณะที่ทำงานอยู่ในสภาวะสิ่งแวดล้อมต่างๆ กัน

6) มีไอซี DS1202 ของบริษัทเดลลาสเซมิคอนดักเตอร์ เป็นตัวผลิตฐานเวลา อินเตอร์เฟสกับหน่วยประมวลผลกลางโดยตรง

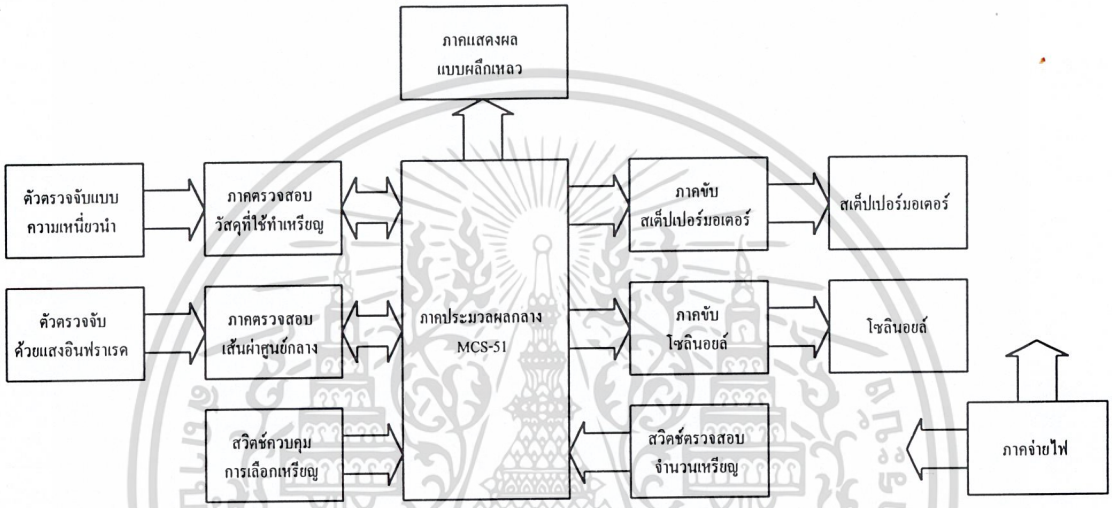
7) การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม และแบบขนานใช้ไอซีเบอร์ DS5000

8) แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ 220 มิลลิแอมป์ จากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ ใช้หลักการของตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ โดยใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ทำการผลิตความถี่ขึ้นมา เมื่อมีเหรียญผ่านเข้ามา จะทำให้ความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนไป จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปแปลงเป็นไฟตรง แล้วทำการแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ใช้หลักการตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด ถ้ามีเหรียญผ่านเข้ามายังตัวตรวจจับ ก็จะส่งสัญญาณไปยังวงจรนับ ให้ทำการนับสัญญาณไปจนกว่าเหรียญจะวิ่งผ่านตัวตรวจจับไป จึงจะหยุดทำการนับสัญญาณ แล้วนำสัญญาณที่นับได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ ใช้สำหรับเลือกชนิดของเหรียญที่ต้องการ สามารถเลือกได้ 4 ชนิด คือ เหรียญ 50 สตางค์, 1 บาท, 5 บาท และ 10 บาท

4. ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนเหรียญ จะใช้ไมโครสวิตช์ติดไว้ที่ช่องเก็บเหรียญแต่ละอัน เพื่อทำการตรวจสอบจำนวนเหรียญ ถ้ามีเหรียญใดเหรียญหนึ่งหมด ก็จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำการจ่ายเหรียญถัดไปออกมาแทน

5. ภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวขับเคลื่อนให้จ่ายเหรียญออกมายังช่องจ่ายเหรียญ เมื่อผู้ใช้บริการทำการเลือกเหรียญที่ต้องการแล้ว

6. ภาคขับโซลินอยล์ ทำหน้าที่ปิดเปิดประตูเพื่อเปลี่ยนเส้นทางเดินของเหรียญ โดยถ้าเป็นเหรียญจริง ประตูโซลินอยล์ก็จะเปิดให้เหรียญวิ่งผ่านไปยังช่องเก็บเหรียญ แต่ถ้าเป็นเหรียญปลอม ประตูโซลินอยล์ก็จะปิด ทำให้เหรียญวิ่งออกมายังช่องจ่ายเหรียญทันที

7. ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว ใช้สำหรับแสดงค่าจำนวนเงิน โดยจะใช้ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลวขนาด16 ตัวอักษร 1 บรรทัด

8. ภาคประมวลผลกลาง ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผล และควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน

9. ภาคจ่ายไฟ ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับส่วนต่างๆ ของเครื่องทั้งหมด

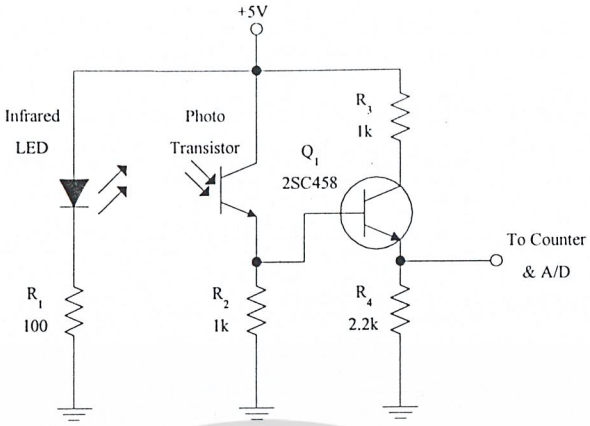
3.2 การออกแบบวงจร

3.2.1 ภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

1) วงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด การออกแบบวงจรจะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดและโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวส่งและรับสัญญาณตามลำดับ โดยมีหลักการทำงานคือ ในขณะที่ไม่มีเหรียญผ่านเข้ามา เอาต์พุตที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ จะมีสถานะเป็น “1” จนกว่าจะมีเหรียญผ่านเข้ามาจึงจะเปลี่ยนสถานะเป็น “0” ซึ่งมีทรานซิสเตอร์ Q_1 เป็นตัวขยายกระแส

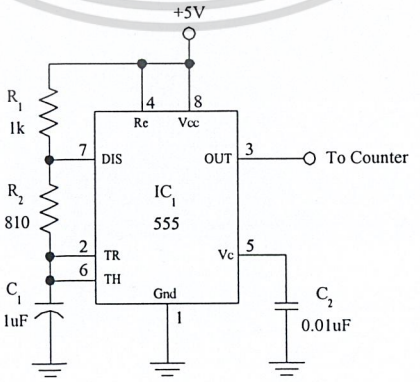
วงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรดจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด โดยชุดแรกจะติดอยู่ที่ด้านบนสุดของรางเหรียญ ใช้สำหรับตรวจสอบว่ามีเหรียญผ่านเข้ามาหรือยัง เพื่อทำการส่งสัญญาณไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลให้เริ่มทำการแปลงสัญญาณ ส่วนอีกชุดจะติดอยู่ที่ด้านล่างของรางเหรียญ เพื่อทำการตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด

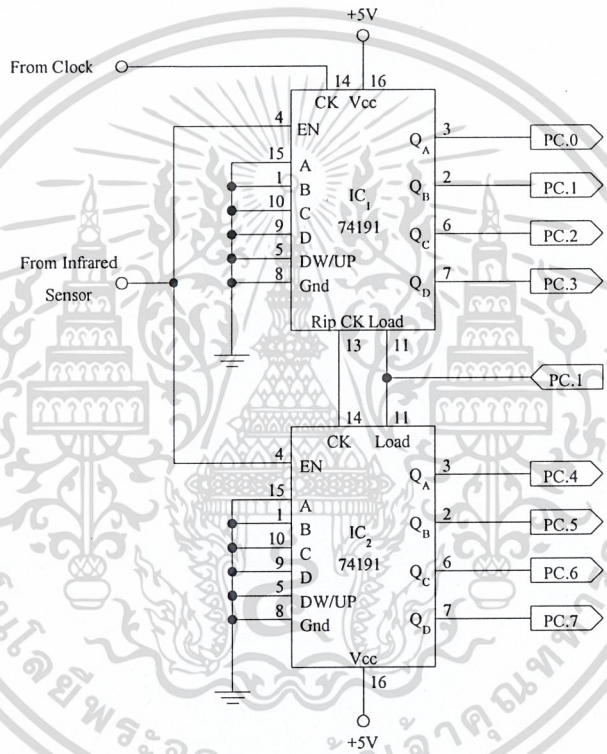
2) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา จากวงจรในรูปที่ 3.3 ใช้ไอซีเบอร์ 555 ทำการกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เพื่อเป็นสัญญาณให้กับวงจรนับ การทำงานของวงจร จะต้องทำการต่อขาอินพุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันทั้ง 2 ชุดร่วมกัน คือ ขา 2 และขา 6 ขณะ C_1 ทำการประจุแรงดันเพิ่มขึ้นถึง 2/3 ของแรงดันแหล่งจ่าย เอาต์พุตที่ขา 3 จะเป็นลอจิก “0” ทำให้ C_1 คายประจุผ่าน R_2 และ Q_{14} ภายในไอซี แรงดันตกคร่อม C_1 จะลดลงมาถึง 1/3 ของแรงดันแหล่งจ่าย วงจรควบคุมจะบังคับให้เอาต์พุตที่ขา 3 เป็นลอจิก “1” ทันที และ C_1 จะเริ่มประจุแรงดันอีกจนถึง 2/3 ของแรงดันแหล่งจ่าย เอาต์พุตก็จะเปลี่ยนเป็น “0” และทำงานสลับกันไปมาอย่างนี้เรื่อยๆ เราสามารถควบคุมให้วงจรทำงานหรือหยุดทำงานได้โดยควบคุมที่ขา 4 (ขารีเซ็ต) ถ้าต่อขา 4 ลงกราวด์ วงจรจะไม่ทำงาน วงจรจะทำงานได้ต้องต่อขา 4 กับแรงดันไฟบวก หรือแรงดันที่มีสถานะเป็นลอจิก “1” เท่านั้น



รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรนับ ในรูปที่ 3.4 แสดงวงจรนับ ในวงจรใช้ไอซีเบอร์ 74191 ซึ่งเป็นวงจรนับแบบเลขฐานสอง การทำงานของวงจร คือ เมื่อขา 4 ได้รับสัญญาณมาจากวงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด เป็นลอจิก "0" วงจรก็จะเริ่มนับสัญญาณไปจนกว่าสัญญาณจะเปลี่ยนเป็นลอจิก "1" ก็จะหยุดนับ และจะส่งสัญญาณที่นับได้นี้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล เอาต์พุตของวงจรนับจะมีขนาด 8 บิต โดยขา 11 ของไอซีจะต่อกับพอร์ต PC.0 เพื่อทำการโหลดข้อมูลจากขา Data Input ให้ส่งไปยังเอาต์พุต โดยใช้พัลส์ลบ ซึ่งจะป้อนลอจิกเป็น "1"



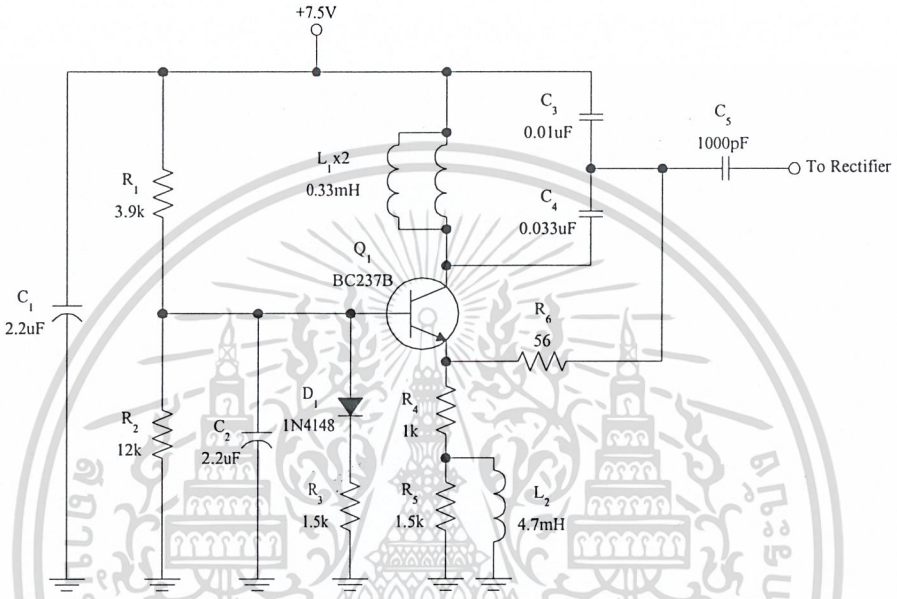
รูปที่ 3.4 วงจรนับ

3.2.2 ภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ

1) วงจรออสซิลเลเตอร์ 80 กิโลเฮิรตซ์ จากวงจรในรูปที่ 3.5 ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะได้รับไบแอสจากวงจรโดยการแบ่งแรงดันจากตัวต้านทาน R_1 และ R_2 เมื่อทรานซิสเตอร์ได้รับการไบแอสก็จะทำให้เกิดกระแสไหลทางขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งกระแสที่ได้นี้จะไหลผ่านวงจรแทงค์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำที่พันอยู่บนแกนบ็อบบิ้น และตัวเก็บประจุ 2 ตัวที่ต่ออนุกรมกันอยู่ ซึ่งถ้าหากส่วนประกอบทั้งสองมีค่า X_L และ X_C เท่ากัน จะทำให้วงจรเกิดสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร โซแนนซ์ขึ้นที่วงจรแทงค์ จากหลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีการป้อนกลับสัญญาณจากเอาต์พุตเข้ามาทางอินพุต เพื่อทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งในวงจรนี้ใช้ตัวต้านทาน R_6 ในการป้อนกลับสัญญาณกลับมาทางอินพุต โดยใช้ตัวเก็บประจุ C_2 ในการดีคับปลิ้งให้ทางอินพุตอีกทีหนึ่ง ซึ่งเมื่อวงจรทำงานตามหลักดังกล่าวแล้วก็ทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์ได้

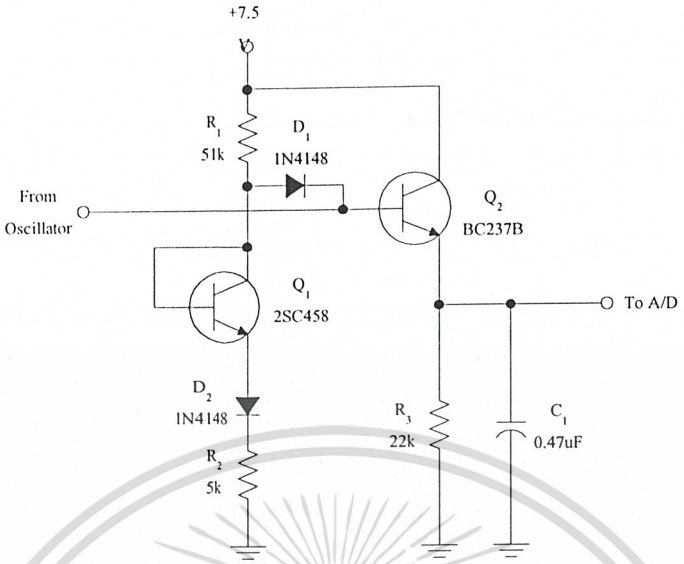


รูปที่ 3.5 วงจรออสซิลเลเตอร์ 80 กิโลเฮิรตซ์

เมื่อมีเหรียญเข้ามาในสนามของตัวตรวจจับ จะทำให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์สูงขึ้น ซึ่งถูกกำหนดโดยอิมพิแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำที่เปลี่ยนแปลงไป เหรียญจะถูกดูดซับพลังงานจากวงจรเร โซแนนซ์ ทำให้เกิดการลดทอนสัญญาณลง และเกิด Reducting Voltage

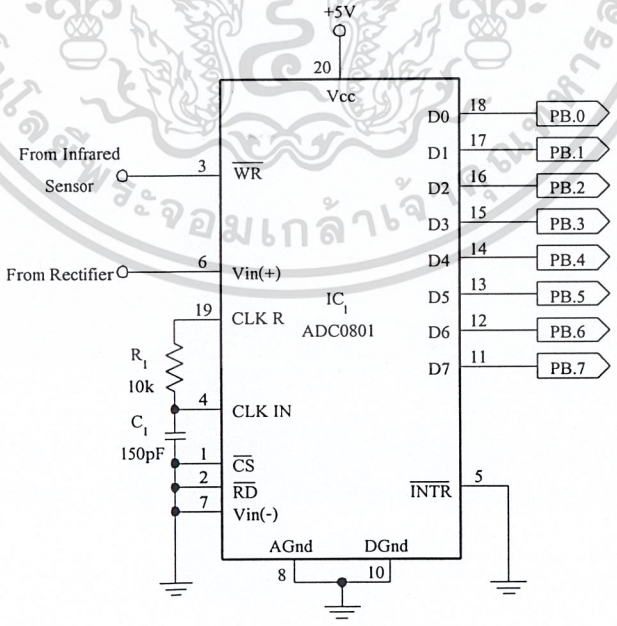
2) วงจรเร็กติไฟร์ จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไซน์เวฟที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ทำการผลิตความถี่ 80 กิโลเฮิรตซ์ ให้เป็นแรงดันไฟตรง เพื่อป้อนเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล วงจรเร็กติไฟร์แสดงดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรเร็กติไฟร์

3) วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) แสดงดังในรูปที่ 3.7



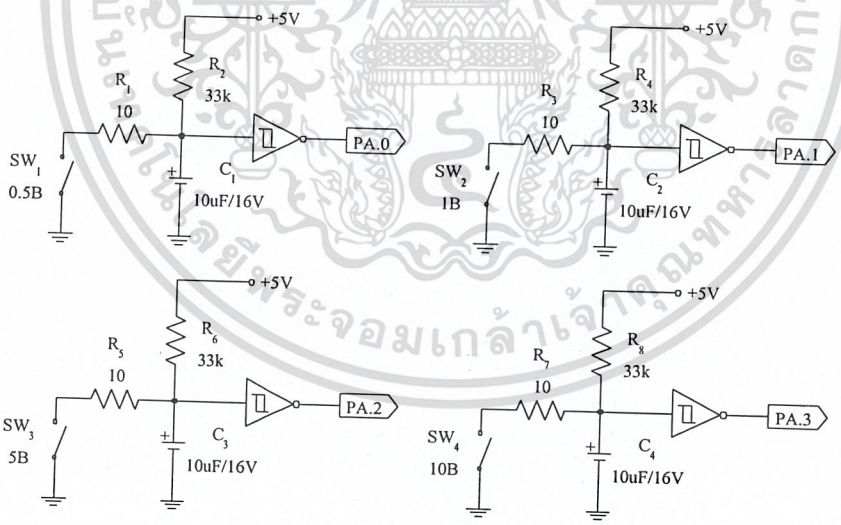
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

อุปกรณ์หลักของวงจรนี้ คือ ไอซี ADC 0801 ซึ่งเป็นไอซีแบบ ADC ขนาด 8 บิต โดยมีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ R_{10} และ C_7 เป็นตัวกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ควบคุมจังหวะการทำงาน ซึ่งมีการกำเนิดจากภายในตัวไอซีเอง แต่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกบางตัว เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลจะมีขนาด 8 บิต เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ

3.2.3 ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ

การทำงานของวงจรในรูปที่ 3.8 เป็นการต่อตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัดคร่อมหน้าสัมผัสเพื่อให้แรงดันคร่อมหน้าสัมผัสเปลี่ยนแปลงทันทีไม่ได้ เมื่อเปิดสวิตช์ตัวเก็บประจุจะถูกเก็บประจุผ่านตัวต้านทาน 33 กิโลโอห์ม ทำให้แรงดันที่อินพุตของเกตค่อยๆ เพิ่มขึ้น แม้จะมีการสั่นของหน้าสัมผัสก็ไม่มีผลต่อแรงดันมากนัก เมื่อปิดสวิตช์ ตัวเก็บประจุจะคายประจุผ่านตัวต้านทาน 10 โอห์มไปที่สวิตช์ทันที แม้จะมีการสั่นของหน้าสัมผัสอีกก็ไม่มีผลทำให้แรงดันเปลี่ยนแปลงอีกเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม แรงดันที่อินพุตของเกตจะเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้าเพราะผลของตัวเก็บประจุ เราจึงนิยมใช้ไอซีที่เป็นสมิตต์ทริกเกอร์ต่อรับสัญญาณเข้าจากสวิตช์



รูปที่ 3.8 วงจรภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ

3.2.4 ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนเหรียญ

ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนเหรียญนี้ทำหน้าที่ตรวจสอบจำนวนเหรียญที่มีอยู่ในช่องเก็บเหรียญแต่ละอัน โดยจะต่อกับไมโครสวิตช์ซึ่งติดไว้ที่ด้านล่างของช่องเก็บเหรียญ ถ้าเหรียญใด

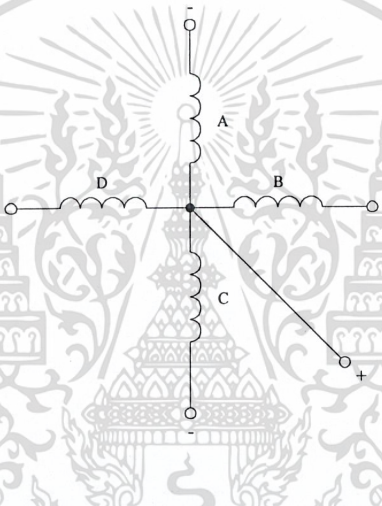
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหรียญหนึ่งหมด ก็จะให้ไปจ่ายเหรียญถัดไปทันที ซึ่งจะใช้วงจรเดียวกับภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ ดังรูปที่ 3.8

3.2.5 ภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะมีอยู่ด้วยกัน 4 วงจร สำหรับใช้จ่ายเหรียญแต่ละชนิด คือ เหรียญ 50 สตางค์, เหรียญ 1 บาท, เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท

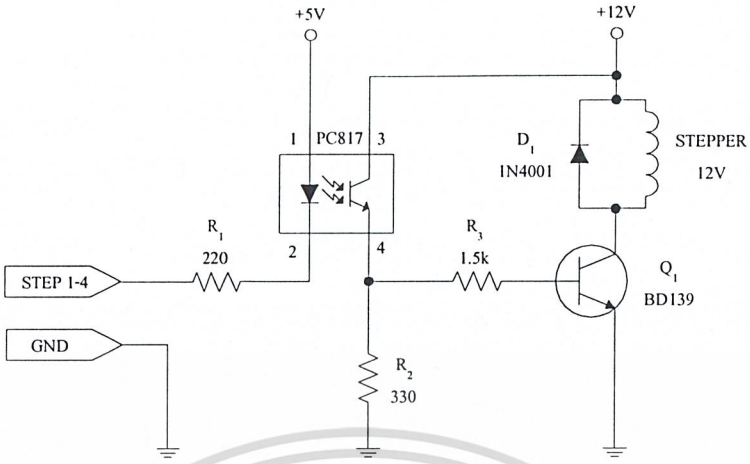
สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบยูนิโพลาร์ โดยการทำงานของวงจรจะป้อนลอจิกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์



รูปที่ 3.9 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

หลักการทำงานของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ อาศัยคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลอจิกที่สามารถทำให้ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทำงานคือ ลอจิก “1” เมื่อมีคำสั่งส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีลอจิกเป็น “1” LED ภายในออปโต้ PC817 จะนำกระแส โดยมีตัวต้านทานค่า 220 โอห์ม ทำหน้าที่จำกัดกระแส เมื่อทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในออปโต้ PC817 นำกระแส จะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านตัวต้านทาน 330 โอห์มลงกราวด์ และอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านตัวต้านทาน 1.5 กิโลโอห์ม ไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์เบอร์ BD139 ซึ่งสามารถขับกระแสได้ 2 แอมป์ เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้กระแสที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟผ่านยังขดลวดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ครบวงจร ส่วนไดโอด 1N4001 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับในขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะมีทั้งหมด 4 ชุด แต่ละชุดนำไปขับขดลวดแต่ละขด สำหรับชุดจ่ายไฟของขดลวดสเต็ปเปอร์มอเตอร์กับชุดจ่ายไฟของอินพุตจะแยกอิสระต่างกัน เพื่อตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนและปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามารบกวนระบบควบคุมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

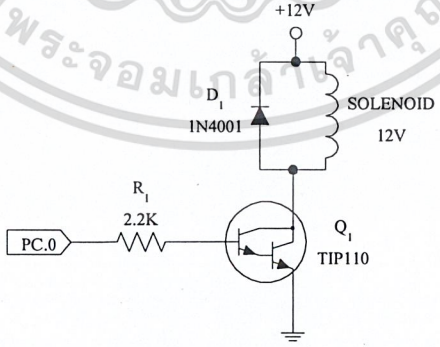
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

3.2.6 ภาคขับโซลินอยล์

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเหรียญที่ผ่านเข้ามาทางช่องรับเหรียญแล้ว เราจะต้องทำการควบคุมการปิดเปิดประตูเส้นทางเดินของเหรียญ โดยถ้าผลของการวิเคราะห์ออกมาว่าเหรียญที่ผ่านตัวตรวจจับเข้ามาเป็นเหรียญ 1 บาท, เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท ให้ประตูเปิดเพื่อให้เหรียญเดินทางผ่านเข้าไปเก็บไว้ในช่องเก็บเหรียญ ถ้าหากผลการวิเคราะห์ออกมาว่าไม่ใช่เหรียญที่กำหนดไว้ หรือเป็นเหรียญปลอมให้ประตูปิดอยู่ตำแหน่งเดิม เพื่อให้เหรียญวิ่งออกมาที่ช่องจ่ายเหรียญ



รูปที่ 3.11 วงจรภาคขับโซลินอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในรูปที่ 3.11 เป็นวงจรภาคขับโซลินอยล์ จะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP110 ซึ่งเป็น Darlington Transistor Buffer เป็นตัวขับกระแสที่จ่ายให้กับโซลินอยล์ นอกจากนี้ยังเป็นบัฟเฟอร์ให้ระหว่างโซลินอยล์กับบอร์ดควบคุมอีกด้วย โซลินอยล์ที่ใช้มีขนาด 12 โวลต์ เนื่องจากมีแรงผลักมากพอและหาซื้อได้ง่าย ส่วนไดโอดเบอร์ 1N4001 ที่ต่อขนานกับโซลินอยล์มีไว้เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์เสียหาย อันเนื่องมากจากกระแสป้อนกลับซึ่งมีค่ามาก ที่เกิดจากสนามแม่เหล็กหดตัวตัดขดลวดเมื่อหยุดจ่ายกระแสให้ กระแสป้อนกลับนี้จะผ่านไดโอดแล้วไปครบวงจรที่ขดลวด ถ้าไม่มีไดโอดตัวนี้ กระแสป้อนกลับซึ่งมีค่ามากนี้จะไหลผ่านทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้

3.2.7 ภาคประมวลผล

ในส่วนของภาคประมวลผลทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ โดยใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงผล ซึ่งใช้บอร์ดคอนโทรลเลอร์ของ SILA รุ่น ANT-3172 เป็นส่วนประมวลผล โดยมีไอซีเบอร์ 80C32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้โปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้ เป็นโปรแกรมควบคุมขั้นตอนการทำงานของวงจร

3.2.8 ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว

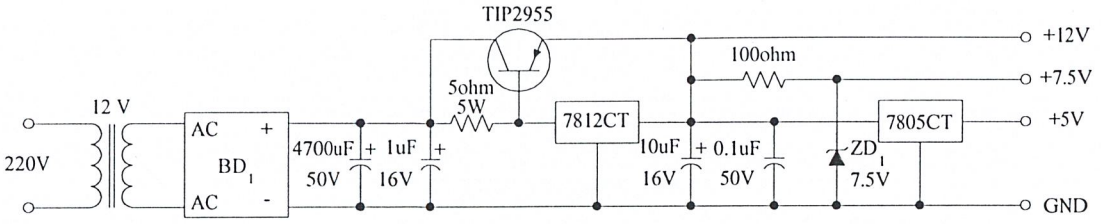
ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลวใช้สำหรับแสดงค่าจำนวนเงิน รวมทั้งแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ของเครื่อง ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ANT-3172 นี้จะมีพอร์ตสำหรับต่อกับภาคแสดงผลแบบผลึกเหลวได้โดยตรง

3.2.9 ภาคจ่ายไฟ

การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ ที่ทำหน้าที่จ่ายแรงดันให้กับวงจรในส่วนต่างๆ ของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ แสดงดังในรูปที่ 3.12 ซึ่งมีการทำงานดังนี้

เมื่อมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เข้ามาทางด้านขดปฐมภูมิ หม้อแปลงจะเกิดการเหนี่ยวนำ ทำให้มีแรงดันออกทางขดทุติยภูมิของหม้อแปลง เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับค่า 12-0 โวลต์ เมื่อผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7812 จะได้แรงดันไฟตรงค่า +12 โวลต์ ซึ่งให้กระแสสูงสุด 1 แอมป์ สามารถทำการขยายให้มีกระแสสูงขึ้นได้ โดยทำการต่อทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP2955 เพื่อขยายกระแส เพื่อป้อนให้กับวงจรขับโซลินอยล์ และวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ แรงดันไฟตรง +12 โวลต์นี้ เมื่อผ่านซีเนอร์ไดโอดค่า 7.5 โวลต์ จะได้แรงดันไฟตรงค่า +7.5 โวลต์เพื่อป้อนให้กับวงจรออสซิลเลเตอร์ และอีกส่วนหนึ่งจะผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 จะได้แรงดันไฟตรงค่า +5 โวลต์ เพื่อป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

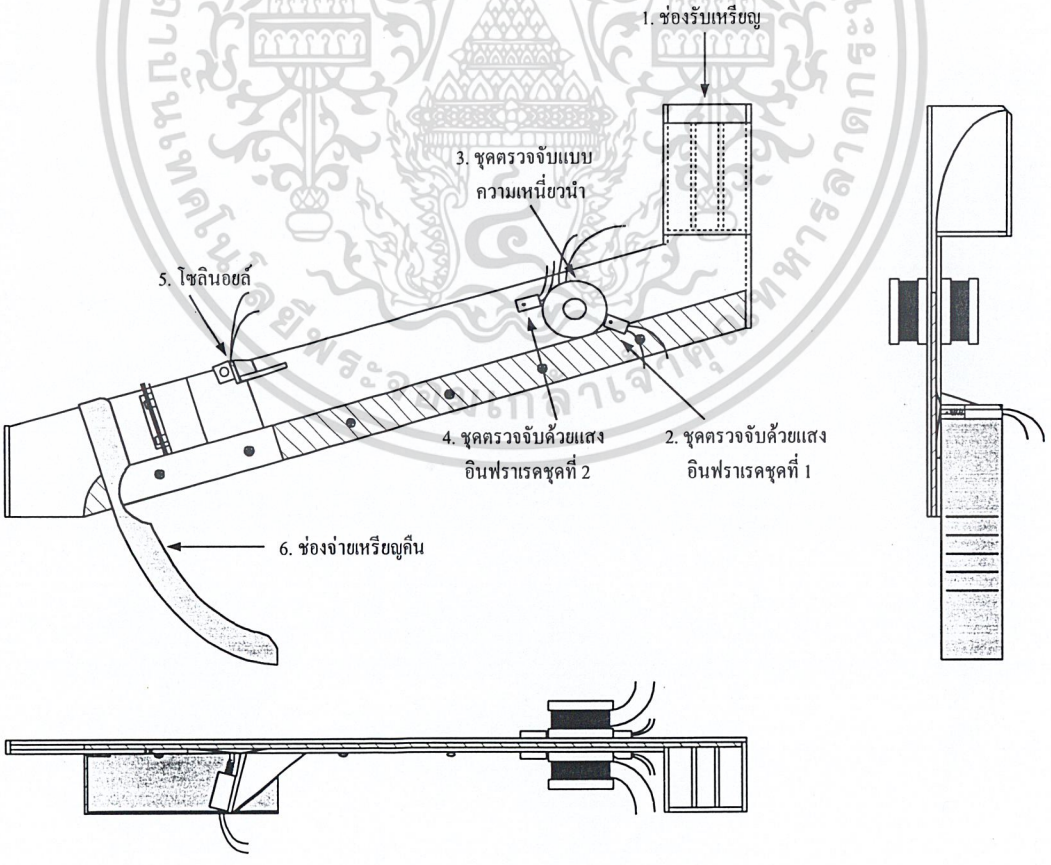


รูปที่ 3.12 วงจรภาคจ่ายไฟ

3.3 การออกแบบระบบกลไก

3.3.1 การออกแบบรางเหรียญ

ในการออกแบบและจัดทำรางเหรียญนั้น เพื่อความสะดวกในการทดลอง จึงได้ใช้พลาสติกใสขนาด 3 มิลลิเมตรในการจัดทำ เพราะสามารถทำให้เห็นการเคลื่อนที่ของเหรียญได้ชัดเจน ซึ่งรางเหรียญที่ได้ทำการออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 การออกแบบรางเหรียญ

ส่วนประกอบของรางเหรียญ และการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนรางเหรียญจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ช่องรับเหรียญ ใช้สำหรับทำการรับเหรียญที่ผู้ใช้บริการหยอดเข้ามา

2) ชุดตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรดชุดที่ 1 จะติดไว้ด้านบนสุดของรางเหรียญ เพื่อตรวจสอบว่าขณะนี้มีเหรียญผ่านเข้ามาหรือยัง

3) ชุดตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ ใช้สำหรับตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ

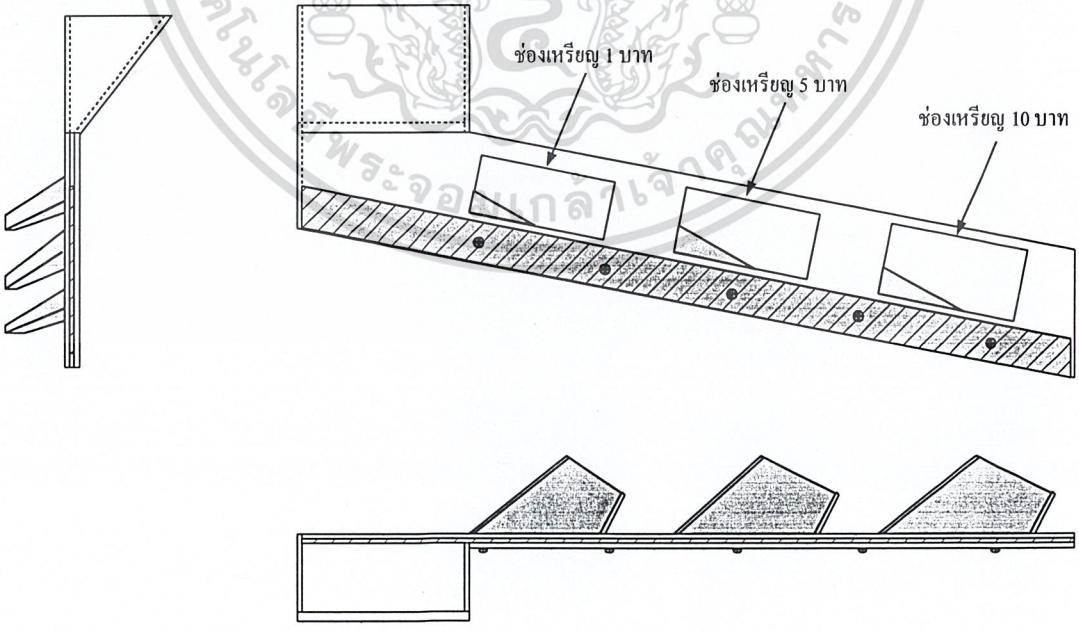
4) ชุดตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรดชุดที่ 2 ใช้สำหรับตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

5) โซลินอยล์ ใช้สำหรับเปิดปิดประตูเพื่อเปลี่ยนเส้นทางเดินของเหรียญ

6) ช่องจ่ายเหรียญคืน เมื่อทำการตรวจสอบแล้วว่าไม่ใช่เหรียญจริง ประตูโซลินอยล์จะปิดทำให้เหรียญวิ่งออกมายังช่องจ่ายเหรียญคืน

3.3.2 การออกแบบรางคัดแยกเหรียญ

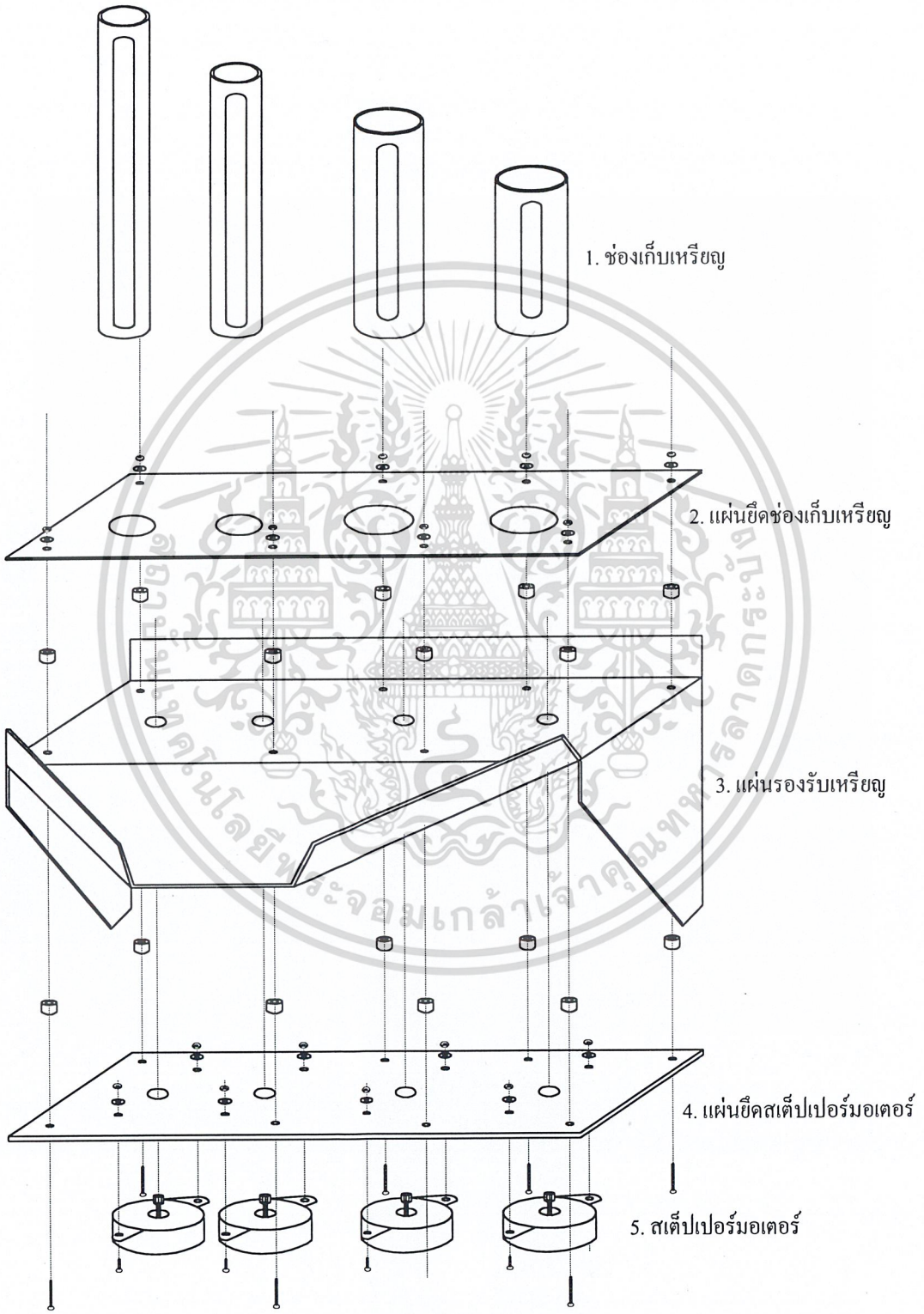
เมื่อเหรียญถูกตรวจสอบว่าเป็นเหรียญจริงแล้ว โซลินอยล์ก็จะทำการเปิดประตูให้เหรียญวิ่งผ่านมายังรางคัดแยกเหรียญ เพื่อทำการคัดแยกเหรียญชนิดต่างๆ ลงในช่องเก็บเหรียญแต่ละชนิด โดยถ้าเป็นเหรียญ 1 บาท ก็จะลงในช่องแรก และถ้าเป็นเหรียญ 5 บาท ก็จะลงในช่องที่ 2 และถ้าเป็นเหรียญ 10 บาท ก็จะลงในช่องที่ 3 รางคัดแยกเหรียญแสดงดังในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การออกแบบรางคัดแยกเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การออกแบบส่วนจ่ายเหรียญ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 การออกแบบส่วนจ่ายเหรียญ

ส่วนประกอบต่างๆ ของส่วนจ่ายเหรียญประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ช่องเก็บเหรียญ มีอยู่ด้วยกัน 4 ขนาด คือ ช่องเก็บเหรียญ 50 สตางค์, 1 บาท, 5 บาท และ 10 บาท ตามลำดับ

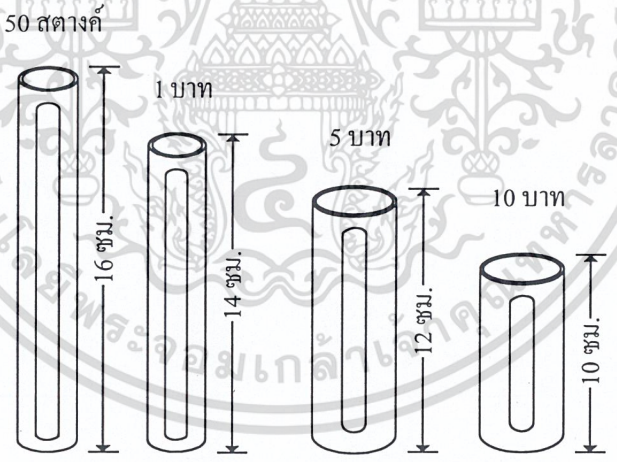
2) แผ่นยึดช่องเก็บเหรียญ ทำหน้าที่ยึดให้ช่องเก็บเหรียญแต่ละอันคงที่ ทำจากพลาสติกใส หนา 2 มิลลิเมตร

3) แผ่นรองรับเหรียญ ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับเหรียญด้านล่างของช่องเก็บเหรียญแต่ละอัน เพื่อให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนทำการจ่ายเหรียญออกมา โดยทำจากอลูมิเนียมหนา 1.5 มิลลิเมตร นำมาพับให้เป็นดังรูปที่ 3.15

4) แผ่นยึดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทำหน้าที่ยึดตัวสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทำจากอลูมิเนียมหนา 1.5 มิลลิเมตร

5) สเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวขับเคลื่อนให้จ่ายเหรียญออกมา โดยมีอยู่ด้วยกัน 4 ตัว เพื่อใช้ขับเคลื่อนให้จ่ายเหรียญ 50 สตางค์, 1 บาท, 5 บาท และ 10 บาท ตามลำดับ

3.3.4 การออกแบบช่องเก็บเหรียญ



รูปที่ 3.16 การออกแบบช่องเก็บเหรียญ

ในการออกแบบช่องเก็บเหรียญดังแสดงในรูปที่ 3.16 จะใช้ท่อพีวีซีในการจัดทำ เพราะสามารถหาซื้อได้ง่าย โดยช่องเก็บเหรียญ 50 สตางค์ และ 1 บาท จะใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร และช่องเก็บเหรียญ 5 บาท และ 10 บาท จะใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ช่องเก็บเหรียญแต่ละช่องสามารถบรรจุเหรียญได้จำนวนดังนี้

1) ช่องเก็บเหรียญ 50 สตางค์ สามารถบรรจุเหรียญได้จำนวน 120 เหรียญ

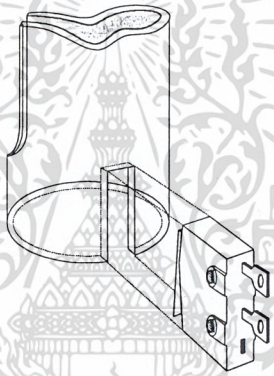
2) ช่องเก็บเหรียญ 1 บาท สามารถบรรจุเหรียญได้จำนวน 95 เหรียญ

3) ช่องเก็บเหรียญ 5 บาท สามารถบรรจุเหรียญได้จำนวน 50 เหรียญ

4) ช่องเก็บเหรียญ 10 บาท สามารถบรรจุเหรียญได้จำนวน 40 เหรียญ

3.3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

ในแต่ละช่องเก็บเหรียญจะมีอุปกรณ์ตรวจจับ คือ ไมโครสวิตช์ ซึ่งจะติดไว้ที่ด้านล่างของช่องเก็บเหรียญแต่ละอัน ดังแสดงในรูปที่ 3.17 โดยจะทำหน้าที่ตรวจสอบจำนวนเหรียญที่มีในช่องเก็บเหรียญ ถ้าเหรียญใดเหรียญหนึ่งหมด ก็จะไปจ่ายเหรียญถัดไปทันที



รูปที่ 3.17 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองของวงจรในส่วนต่างๆ ของโครงงานเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติว่าทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ โดยใช้เครื่องมือทำการตรวจสอบผลการทำงานในแต่ละส่วนของวงจรที่ได้สร้างขึ้น ได้แก่ การทดลองภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ การทดลองภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ รวมทั้งในส่วนของการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

4.2 การทดลองภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

การทดลองในส่วนนี้เป็นการทดลองบันทึกค่าเอาต์พุตขนาด 8 บิต ของวงจรภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ เพื่อที่จะนำค่าที่ได้นี้ไปเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำค่าที่ได้บันทึกไว้นี้ ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ผ่านเข้ามาใหม่ ขณะทำการหยอดเหรียญต่างๆ ถ้าตรงกับค่าหนึ่งค่าใดก็แสดงว่าเหรียญนั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเดียวกัน

เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญนั้น คือ เอาต์พุตที่ได้จากวงจรนับซึ่งมีขนาด 8 บิต ค่าที่ได้นี้จะถูกนำไปเข้าที่พอร์ต PC.0-PC.7 User Port 1 บนบอร์ด ANT-3172 โดยเอาต์พุตนี้จะต่อกับ LED เพื่อแสดงสถานะการทำงาน โดยสามารถดูการทำงานของวงจรได้จาก LED_0-LED_7

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ ให้กับวงจรภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ
2. ทำการต่อขา LOAD ที่ขา 11 ของไอซี 74HC191 เข้ากับไฟ +5 โวลต์
3. ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท ผ่านตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด สังเกตจำนวน LED ที่ติด แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.1
4. ทำการเซ็ตขา LOAD ของไอซี โดยต่อกับกราวด์ แล้วต่อกับไฟ +5 โวลต์ที่เดิม
5. ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 และข้อ 4 จนครบ 10 เหรียญ
6. ทำการเปลี่ยนเหรียญจากเหรียญ 10 บาท เป็นเหรียญ 5 บาท และ 1 บาท จนครบ 10 เหรียญ บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท

เหรียญที่	LED_7	LED_6	LED_5	LED_4	LED_3	LED_2	LED_1	LED_0
1	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
2	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
3	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
4	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ
5	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
6	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ
7	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
8	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
9	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ
10	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ

ตารางที่ 4.2 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท

เหรียญที่	LED_7	LED_6	LED_5	LED_4	LED_3	LED_2	LED_1	LED_0
1	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
2	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
3	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
4	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ
5	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ
6	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ
7	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ
8	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ
9	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ
10	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เอาต์พุตของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท

เหรียญที่	LED_7	LED_6	LED_5	LED_4	LED_3	LED_2	LED_1	LED_0
1	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ
2	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ
3	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ
4	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ
5	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ
6	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ
7	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ
8	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ
9	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ
10	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการหยอดเหรียญ 10 บาท, 5 บาท และ 1 บาท จำนวนชนิดละ 10 เหรียญ ผ่านตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด ผลปรากฏว่า ค่าที่ได้จากการทดลองจะมีค่าแตกต่างกันระหว่างเหรียญต่างชนิดกัน คือ เหรียญ 10 บาท , 5 บาท และ 1 บาท แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันระหว่างเหรียญชนิดเดียวกัน ซึ่งค่าดังกล่าวมีช่วงกว้างไม่ซ้อนทับกัน ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้นี้ไปเขียนโปรแกรมได้

4.3 การทดลองภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองบันทึกค่าเอาต์พุตขนาด 8 บิต ของวงจรภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ เพื่อที่จะนำค่าที่ได้นี้ไปเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำค่าที่ได้บันทึกไว้นี้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ผ่านเข้ามาใหม่ ขณะทำการหยอดเหรียญต่างๆ ถ้าตรงกับค่าหนึ่งค่าใดก็แสดงว่าเหรียญนั้นมีวัสดุที่ใช้ทำเหรียญชนิดเดียวกัน

โดยการทดลองจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การทดลองวงจรออสซิลเลเตอร์ การทดลองวงจรเร็กติไฟร์ และการทดลองวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การทดลองวงจรออสซิลเลเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

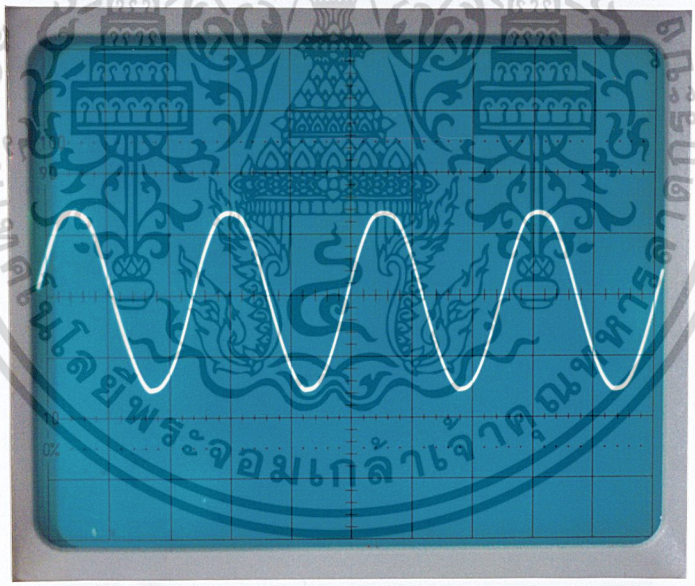
1) ต่อแหล่งจ่ายไฟ +7.5 โวลต์ ให้กับวงจรออสซิลเลเตอร์

2) ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะที่ยังไม่มีเหรียญผ่าน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.1

3) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท ผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.2

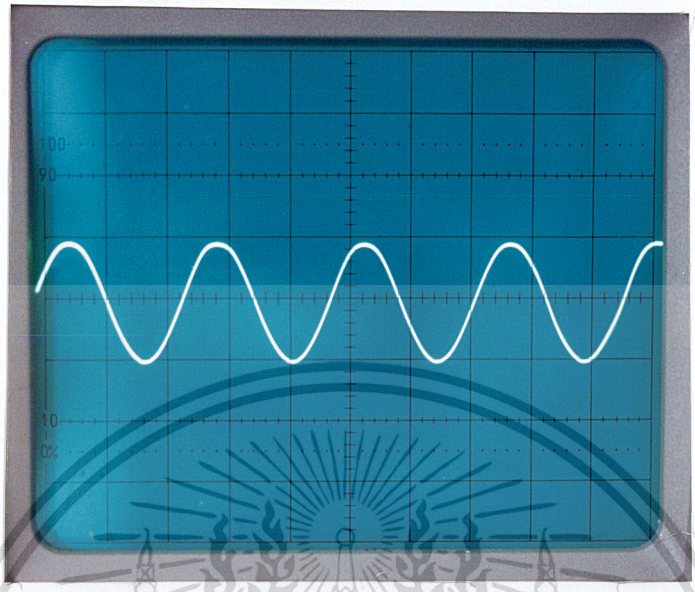
4) ทำการหยอดเหรียญ 5 บาท ผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.3

5) ทำการหยอดเหรียญ 1 บาท ผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.4

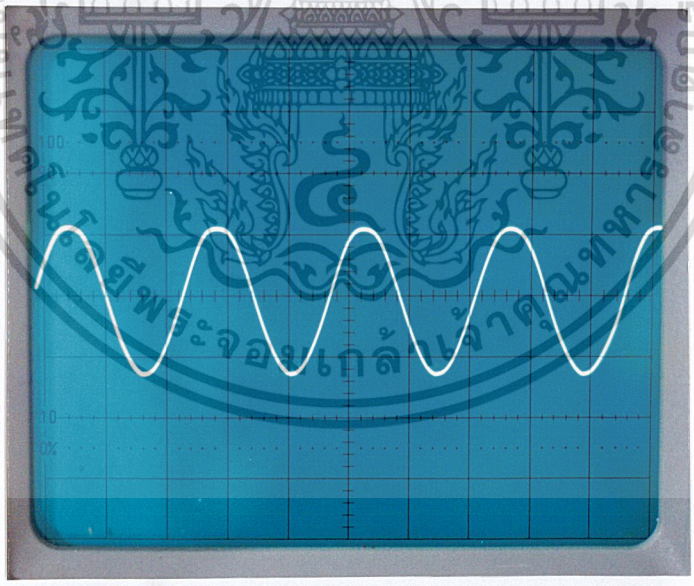


รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะไม่มีเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

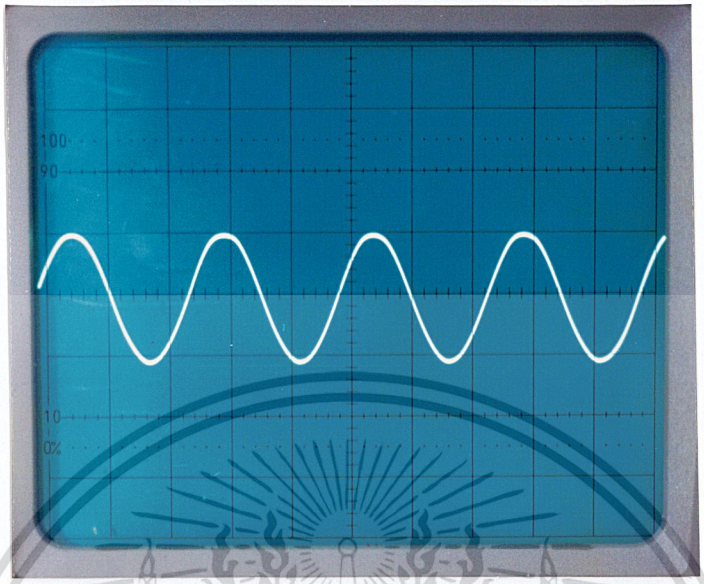


รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท



รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดสัญญาณทางเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ ผลปรากฏว่า ในขณะที่ยังไม่มีเหรียญผ่านเข้ามา วงจรออสซิลเลเตอร์จะทำการผลิตความถี่ 80 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งมีแอมปลิจูดที่คงที่ เมื่อทำการหยอดเหรียญ 10 บาท, 5 บาท และ 1 บาท ผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ จะทำให้ค่าแอมปลิจูดทางเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งค่าที่ได้นี้ก็จะแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของเหรียญ ซึ่งค่านี้จะถูกนำไปแปลงให้เป็นสัญญาณไฟตรงโดยวงจรเร็กติไฟร์

4.3.2 การทดลองวงจรเร็กติไฟร์

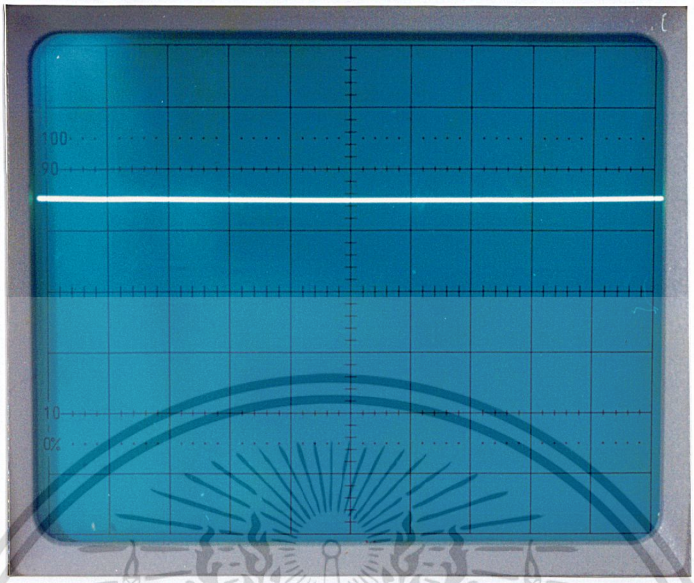
ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อแหล่งจ่ายไฟ + 7.5 โวลต์ให้กับวงจรเร็กติไฟร์

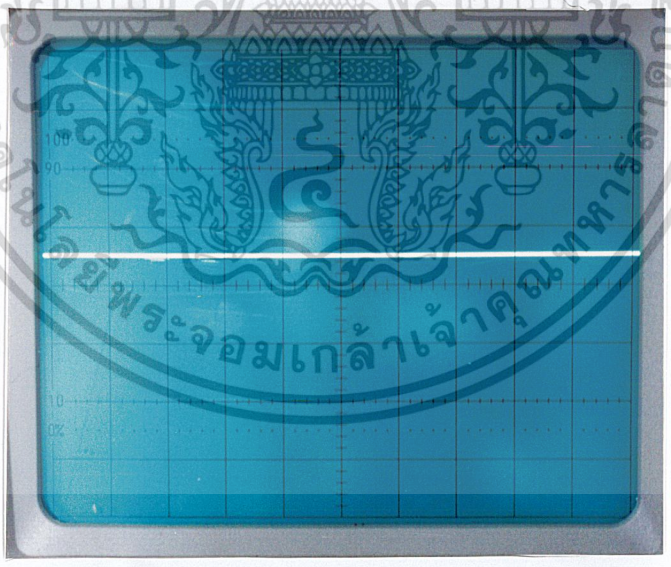
2) ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ในขณะที่ยังไม่มีเหรียญผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ แสดงดังรูปที่ 4.5

3) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท, 5 บาท และ 1 บาท ผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ แสดงดังรูปที่ 4.6, รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

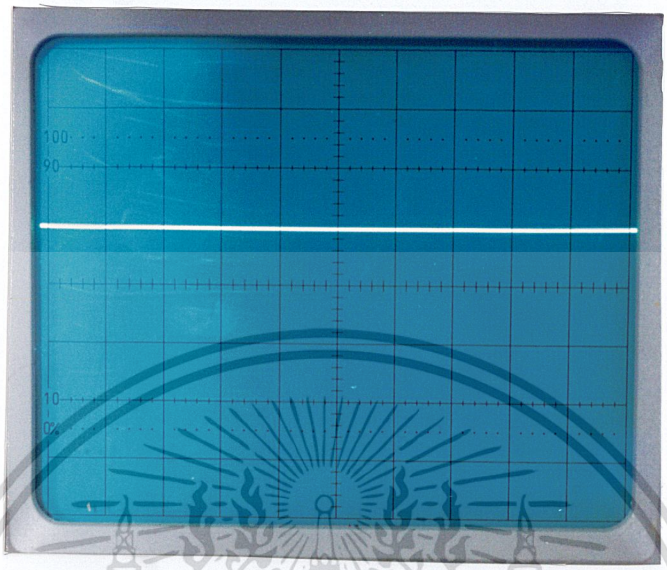


รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะ ไม่มีเหรียญ



รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท

รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเร็กติไฟร์ ผลปรากฏว่า สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้จะเป็นระดับสัญญาณไฟตรงที่ต่างระดับกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดของสัญญาณจากวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยถ้าเป็นเหรียญต่างชนิดกัน ค่าแอมปลิจูดของสัญญาณก็จะต่างกันไป โดยสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเร็กติไฟร์ ซึ่งเป็นระดับไฟตรงนี้จะถูกส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

4.3.3 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอาต์พุตของภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญนั้น คือ เอาต์พุตที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งมีขนาด 8 บิต ค่าที่ได้นี้จะถูกนำไปเข้าที่พอร์ต PB.0-PB.7 User Port 1 บนบอร์ด ANT-3172 โดยจะต่อกับ LED เพื่อแสดงสถานะการทำงาน โดยสามารถดูการทำงานของวงจรได้จาก LED_0-LED_7

ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อแหล่งจ่ายไฟ + 5 โวลต์ ให้กับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

2) สังเกตจำนวน LED ที่ติด ขณะยังไม่มีเหรียญผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ บันทึกผลลงในตารางที่ 4.4

3) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 10 เหรียญ ผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ สังเกตจำนวน LED ที่ติด แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.5

4) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นเหรียญ 5 บาท แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.6

5) ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนเป็นเหรียญ 1 บาท แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.4 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะยังไม่มีเหรียญ

เหรียญที่	LED_7	LED_6	LED_5	LED_4	LED_3	LED_2	LED_1	LED_0
-	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะหยอดเหรียญ 10 บาท

เหรียญที่	LED_7	LED_6	LED_5	LED_4	LED_3	LED_2	LED_1	LED_0
1	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
2	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
3	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
4	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
5	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
6	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
7	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
8	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
9	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
10	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ

ตารางที่ 4.6 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะหยอดเหรียญ 5 บาท

เหรียญที่	LED_7	LED_6	LED_5	LED_4	LED_3	LED_2	LED_1	LED_0
1	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
2	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
3	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
4	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
5	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
6	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
7	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
8	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
9	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
10	ดับ	ติด	ติด	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล ขณะหยอดเหรียญ 1 บาท

เหรียญที่	LED_7	LED_6	LED_5	LED_4	LED_3	LED_2	LED_1	LED_0
1	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
2	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
3	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
4	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
5	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
6	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
7	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
8	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
9	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ
10	ติด	ติด	ติด	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการหยอดเหรียญ 10 บาท, 5 บาท และ 1 บาท จำนวนชนิดละ 10 เหรียญ ผ่านตัวตรวจจับแบบความเหนี่ยวนำ ผลปรากฏว่า ค่าที่ได้จากการทดลองของเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล จะมีค่าแตกต่างกันระหว่างเหรียญต่างชนิดกัน คือ เหรียญ 10 บาท, 5 บาท และ 1 บาท แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันระหว่างเหรียญชนิดเดียวกัน ซึ่งค่าดังกล่าวมีช่วงกว้างไม่ซ้อนทับกัน ซึ่งสามารถนำค่านี้ไปเขียนโปรแกรมได้

4.4 การทดลองการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

4.4.1 การทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองการทำงานของภาคตรวจสอบเหรียญทั้งสองชนิด คือ ภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ และภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ โดยจะทำการหยอดเหรียญ 10 บาท, 5 บาท และ 1 บาท จำนวนชนิดละ 100 เหรียญ เพื่อดูว่าเครื่องสามารถทำการตรวจสอบเหรียญได้ชนิดละกี่เหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ

เหรียญที่	เหรียญ 10 บาท	เหรียญ 5 บาท	เหรียญ 1 บาท
28	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
29	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
30	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
31	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
32	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
33	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
34	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
35	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
36	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
37	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
38	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
39	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
40	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
41	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
42	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
43	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
44	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
45	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
46	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
47	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
48	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
49	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
50	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
51	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
52	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
53	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
54	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ

เหรียญที่	เหรียญ 10 บาท	เหรียญ 5 บาท	เหรียญ 1 บาท
55	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
56	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
57	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
58	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
59	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
60	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
61	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
62	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
63	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
64	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
65	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
66	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
67	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
68	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
69	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
70	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
71	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
72	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
73	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
74	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
75	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
76	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
77	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
78	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
79	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
80	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
81	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) ผลการทดลองภาคตรวจสอบเหรียญ

เหรียญที่	เหรียญ 10 บาท	เหรียญ 5 บาท	เหรียญ 1 บาท
82	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
83	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
84	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
85	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
86	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
87	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
88	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
89	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
90	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
91	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
92	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
93	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
94	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
95	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
96	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
97	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน
98	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
99	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
100	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
รวม	78 เปอร์เซ็นต์	75 เปอร์เซ็นต์	79 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ ส่วนของภาคตรวจสอบเหรียญนั้น ทดลองโดยทำการหยอดเหรียญ 10 บาท, 5 บาท และ 1 บาท จำนวนชนิดละ 100 เหรียญ ผลปรากฏว่า เครื่องสามารถทำการตรวจสอบเหรียญผ่านเกิน 75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปในแต่ละชนิดของเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การทดลองทำการแลกเหรียญ

ในการทดลองทำการแลกเหรียญนี้ จะทำการทดลองแลกเหรียญ 3 กรณี คือ จำนวนเงิน 10 บาท, 12 บาท และ 18 บาท ตามลำดับ

1) ทดลองแลกเหรียญจำนวนเงิน 10 บาท

ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 10 บาท

1.2) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 10 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 10 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	1 เหรียญ	-	-	-

1.3) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 10 บาท

1.4) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 5 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 5 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	2 เหรียญ	-	-

1.5) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 10 บาท

1.6) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 1 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 1 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	-	10 เหรียญ	-

1.7) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 10 บาท

1.8) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 50 สตางค์ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	-	-	20 เหรียญ

2) ทดลองแลกเหรียญจำนวนเงิน 12 บาท

ลำดับขั้นการทดลอง

2.1) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 2 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 12 บาท

2.2) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 10 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 10 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	1 เหรียญ	-	2 เหรียญ	-

2.3) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 2 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 12 บาท

2.4) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 5 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 5 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	2 เหรียญ	2 เหรียญ	-

2.5) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 2 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 12 บาท

2.6) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 1 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 1 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	-	12 เหรียญ	-

2.7) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 2 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 12 บาท

2.8) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 50 สตางค์ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	-	-	24 เหรียญ

3) ทดลองแลกเหรียญจำนวนเงิน 18 บาท

ลำดับขั้นการทดลอง

3.1) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ เหรียญ 5 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 3 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 18 บาท

3.2) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 10 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 10 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	1 เหรียญ	1 เหรียญ	3 เหรียญ	-

3.3) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ เหรียญ 5 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 3 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 18 บาท

3.4) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 5 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 5 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	3 เหรียญ	3 เหรียญ	-

3.5) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ เหรียญ 5 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 3 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 18 บาท

3.6) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 1 บาท ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 1 บาท

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	-	18 เหรียญ	-

3.7) ทำการหยอดเหรียญ 10 บาท จำนวน 1 เหรียญ เหรียญ 5 บาท จำนวน 1 เหรียญ และเหรียญ 1 บาท จำนวน 3 เหรียญ จนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงจำนวนเงิน 18 บาท

3.8) ทำการกดสวิตช์เลือกเหรียญชนิด 50 สตางค์ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองเมื่อทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์

สวิตช์	10 บาท	5 บาท	1 บาท	50 สตางค์
จำนวนเหรียญ	-	-	-	36 เหรียญ

4.4.3 การทดลองทำการเติมเหรียญ

ในการทดลองทำการเติมเหรียญ มีอยู่ด้วยกัน 2 กรณี คือ

1) ในกรณีที่มีเหรียญใดเหรียญหนึ่งหมดพร้อมกัน 2 ชนิดขึ้นไปจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

```
*******Error*******
```

ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์ และ 10 บาท พร้อมกันเป็นเวลา 3 วินาที ประตูโซลินอยล์จะทำการเปิดให้เติมเหรียญ

1.2) ทำการเติมเหรียญชนิดที่หมด

1.3) ทำการกดสวิตช์ 1 บาท และ 5 บาท พร้อมกัน ประตูโซลินอยล์จะทำการปิด เป็นอันสิ้นสุดการเติมเหรียญ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง สามารถทำการเติมเหรียญได้ โดยประตูโซลินอยล์จะทำการเปิดให้เติมเหรียญได้ จนกว่าจะมีการกดปิดการเติมเหรียญ

2) ในกรณีที่เหรียญหมดเพียงเหรียญเดียว หรือยังไม่หมด แต่ต้องการเติมเหรียญ

ลำดับขั้นการทดลอง

2.1) ทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์ และ 10 บาท พร้อมกัน รอจนประตูโซลินอยล์ทำการเปิดให้เติมเหรียญเป็นเวลา 15 วินาที

2.2) ทำการเติมเหรียญชนิดที่ต้องการ

2.3) เมื่อครบเวลา 15 วินาที ประตูโซลินอยล์จะทำการปิดเองอัตโนมัติ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง สามารถทำการเติมเหรียญได้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 การทดลองทำการนำเหรียญออก

ลำดับขั้นการทดลอง

1) กดสวิตช์ 5 บาท และ 10 บาท พร้อมกัน ค้างไว้ 3 วินาที

2) จากนั้น กดสวิตช์ 1 บาท และ 5 บาท พร้อมกัน ค้างไว้ 3 วินาที

3) จากนั้น กดสวิตช์ 50 สตางค์ และ 1 บาท พร้อมกัน ค้างไว้ 3 วินาที

4) เครื่องจะทำการจ่ายเหรียญทั้งหมดออกมาทันที โดยจะจ่ายออกมาทีละชนิดของเหรียญ เริ่มจากเหรียญ 10 บาท, 5 บาท, 1 บาท และ 50 สตางค์ ตามลำดับ จนกว่าไมโครสวิตช์จะทำการตรวจสอบว่าไม่มีเหรียญแล้ว จึงจะหยุดทำการจ่ายเหรียญ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เครื่องสามารถทำการจ่ายเหรียญออกมาได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ เครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน มีหลักการทำงาน คือ เมื่อผู้ใช้บริการหยอดเหรียญ เหรียญจะถูกตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ โดยถ้าเป็นเหรียญจริง โซลินอยล์ก็จะเปิดประตู ให้เหรียญผ่านไปยังช่องเก็บเหรียญ พร้อมทั้งแสดงจำนวนเงิน จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกชนิดของเหรียญที่ต้องการ โดยสามารถเลือกได้ 4 ชนิด คือ เหรียญ 50 สตางค์, 1 บาท, 5 บาท และ 10 บาท เมื่อเลือกชนิดของเหรียญที่ต้องการแล้ว โปรแกรมจะทำหน้าที่สั่งให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้ทำการจ่ายเหรียญที่ต้องการออกมายังช่องจ่ายเหรียญ

อย่างไรก็ตาม เครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางแก้ไข และแนวทางในการพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

1. การทำงานของวงจรภาคตรวจสอบเหรียญขาดเสถียรภาพ เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทำให้ค่าที่นำไปประมวลผลผิดพลาด

แนวทางแก้ไข เขียนโปรแกรมให้สามารถทำการรับค่าได้ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน

2. การติดตั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ไม่สามารถทำการยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมที่รองรับเหรียญโดยตรงได้ เพราะจะทำให้ใบจักรหมุนไปติดกับติดกับน็อตที่ยึดตัวสเต็ปเปอร์มอเตอร์

แนวทางแก้ไข ทำแผ่นอลูมิเนียมยึดติดกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ก่อน 1 ชั้น ที่ด้านล่างของแผ่นอลูมิเนียมที่รองรับเหรียญ

3. การเติมเหรียญทำได้ลำบาก ถ้ามีเหรียญใดเหรียญหนึ่งหมด

แนวทางแก้ไข เขียนโปรแกรมให้สามารถรับเหรียญได้ทันที โดยไม่ต้องทำการตรวจสอบเหรียญก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไมโครสวิตช์ไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ว่ามีเหรียญหมดจริง เนื่องมาจากหน้าสัมผัสของไมโครสวิตช์แข็งเกินไป และเหรียญมีน้ำหนักเบา จึงไม่ดันหน้าสัมผัสของตัวไมโครสวิตช์

แนวทางแก้ไข ตกแต่งไมโครสวิตช์ให้มีหน้าสัมผัสอ่อนลง

5. สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไม่สามารถจ่ายเหรียญได้ในขณะที่มีเหรียญอยู่เต็ม เนื่องจากมีกำลังขับไม่พอ

แนวทางแก้ไข ใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีกำลังขับสูงขึ้น

6. วงจรภาคจ่ายไฟร้อนจัดในขณะที่สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนจ่ายเหรียญ

แนวทางแก้ไข จัดทำภาคจ่ายไฟขึ้นมาใหม่

7. การจัดทำกล่องพลาสติกที่ใส่โครงงานไม่สามารถทำการขึ้นรูปพลาสติกได้ เนื่องจากแบบมีขนาดใหญ่

แนวทางแก้ไข ให้ร้านจัดทำให้ เนื่องจากสะดวก และรวดเร็วกว่า

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ในชุดของภาคตรวจสอบเหรียญ ควรจัดทำวงจรภาคตรวจสอบความหนาของเหรียญด้วย เพื่อประสิทธิภาพในการตรวจสอบเหรียญ

2. ควรออกแบบวงจรให้รวมอยู่ในแผ่นวงจรพิมพ์เดียวกัน เพื่อลดพื้นที่ในการติดตั้ง

3. ควรพัฒนาให้สามารถคืนเหรียญที่ทำการหยอดไปแล้วให้กับผู้ใช้บริการ ในกรณีที่เครื่องเกิดการขัดข้อง

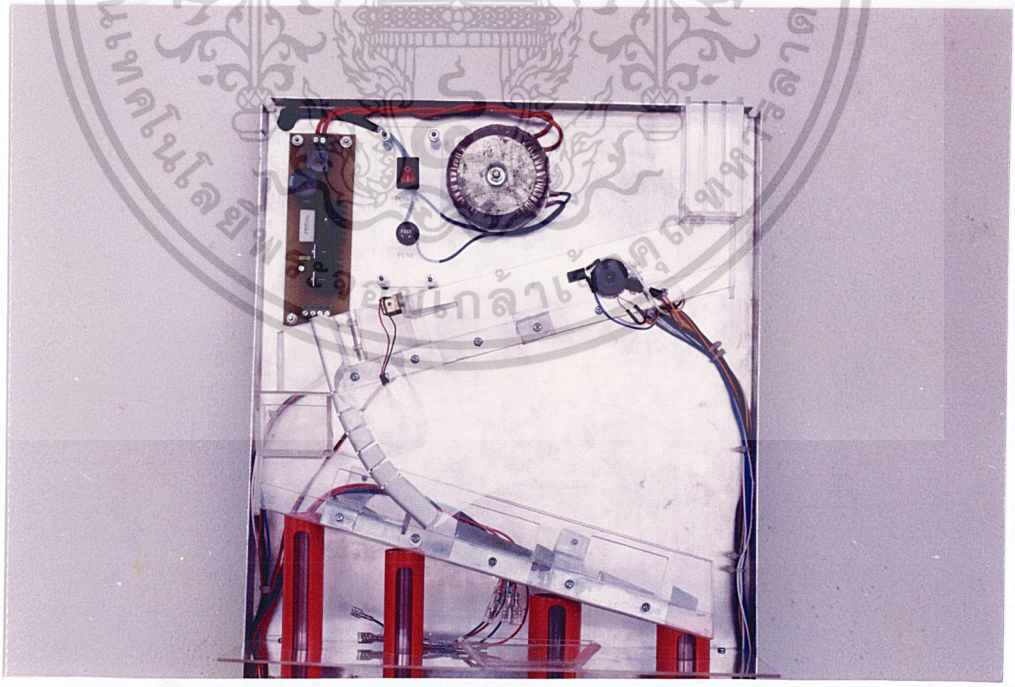
4. ควรพัฒนาให้สามารถเพิ่มจำนวนของเหรียญที่ใช้แลกให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

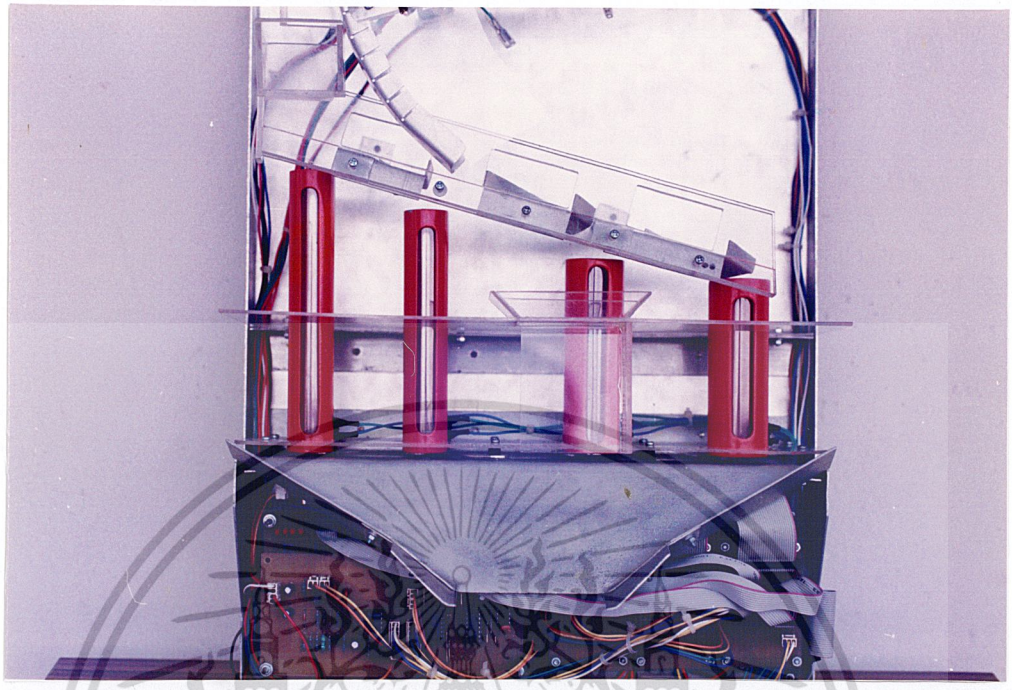
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

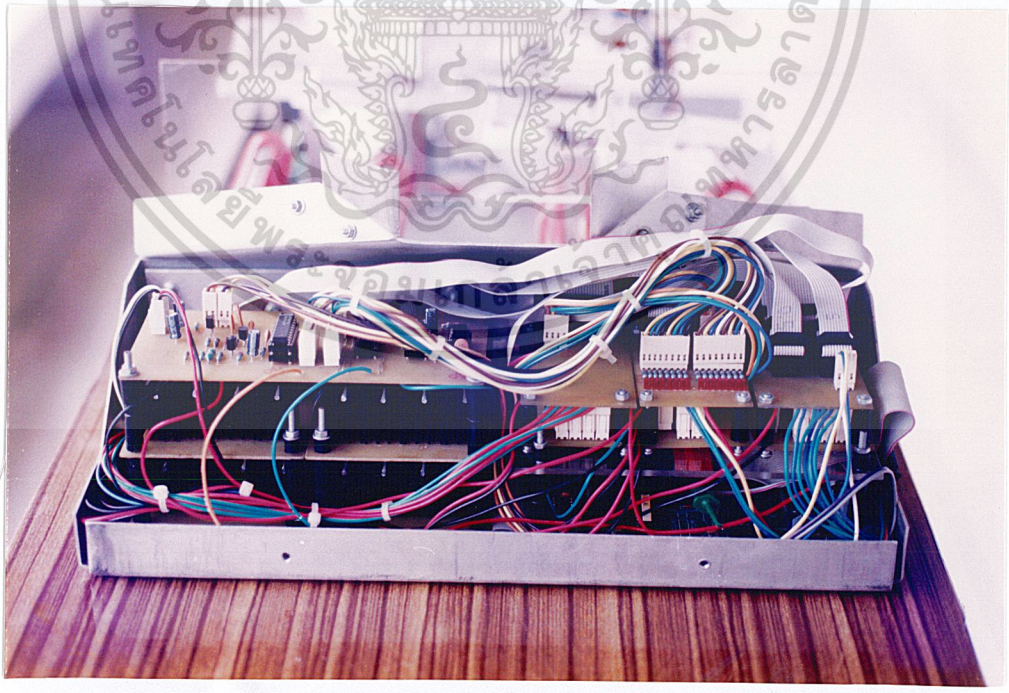


รูปที่ ก.2 รางเหรียญ และรางคัดแยกเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

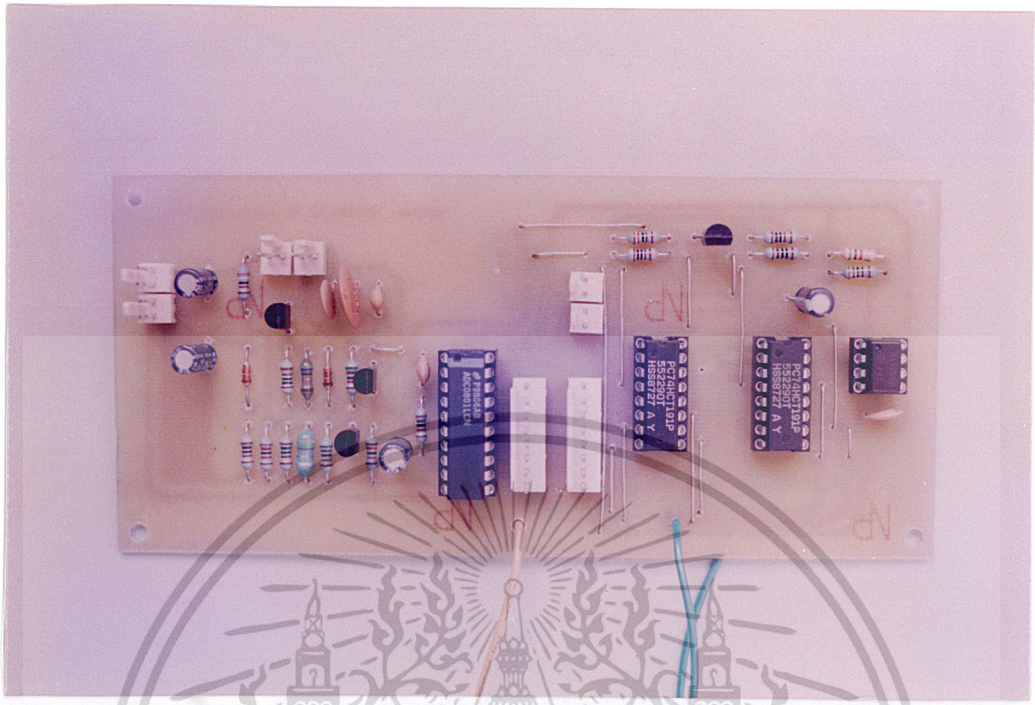


รูปที่ ก.3 ส่วนจ่ายเหรียญ และช่องเก็บเหรียญ

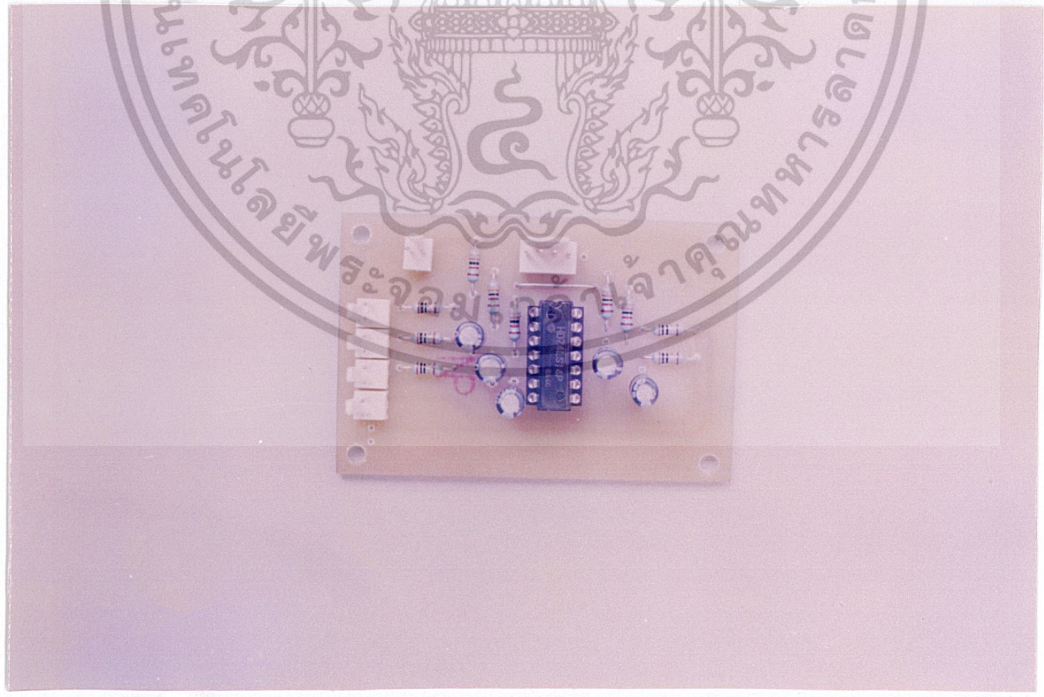


รูปที่ ก.4 การติดตั้งแผ่นวงจรพิมพ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

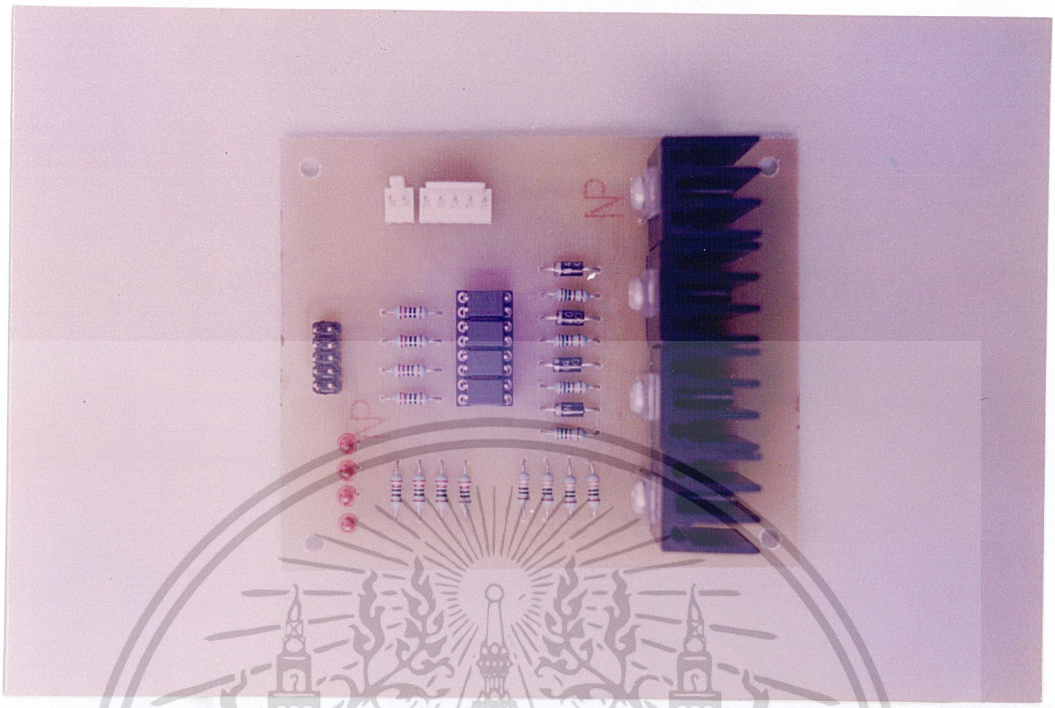


รูปที่ ก.5 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคตรวจสอบเหรียญ

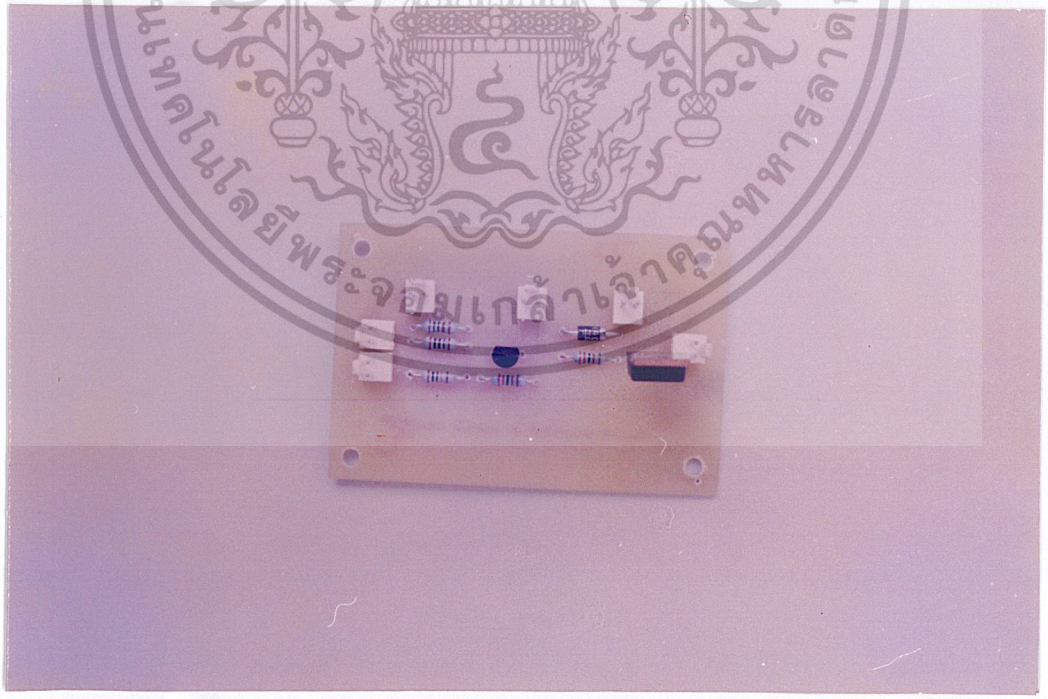


รูปที่ ก.6 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

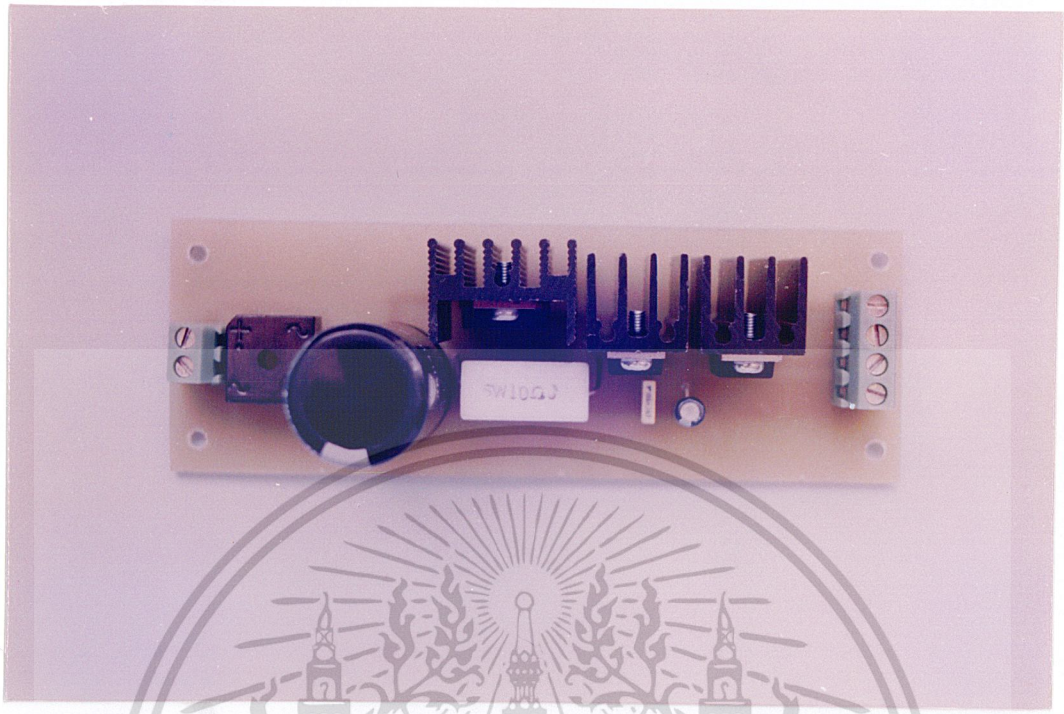


รูปที่ ก.7 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

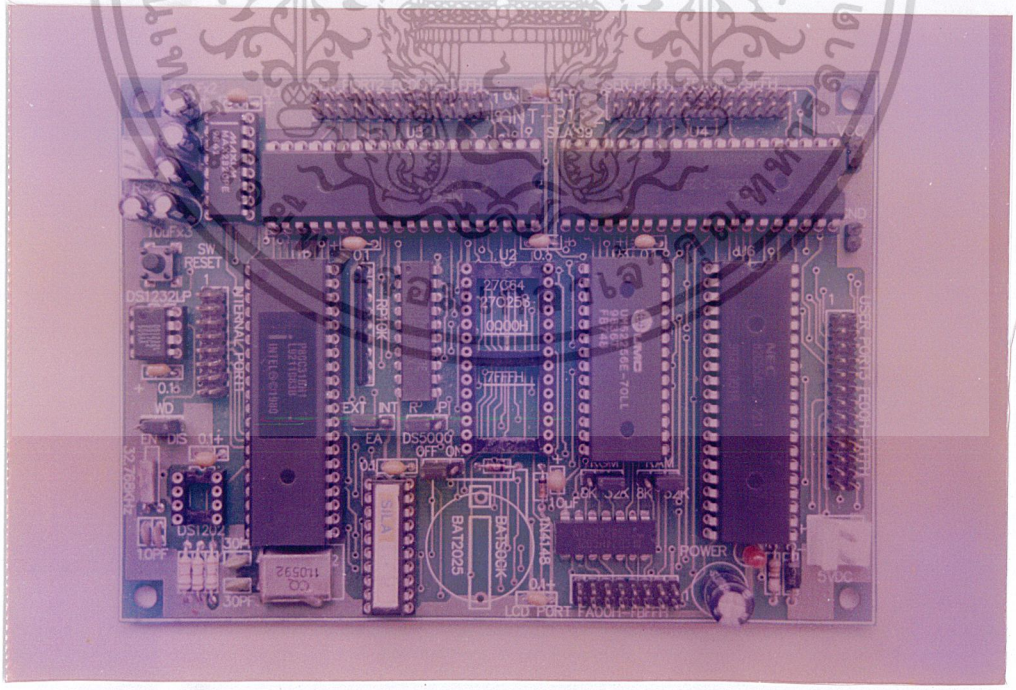


รูปที่ ก.8 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด และภาคขับโซลินอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

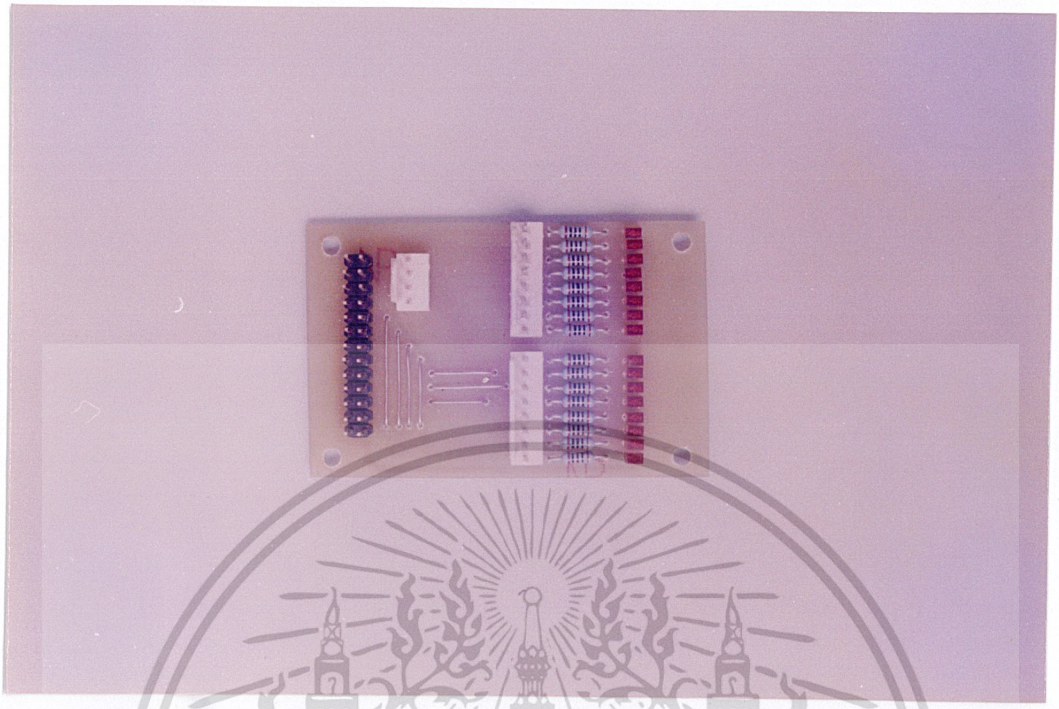


รูปที่ ก.9 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคจ่ายไฟ

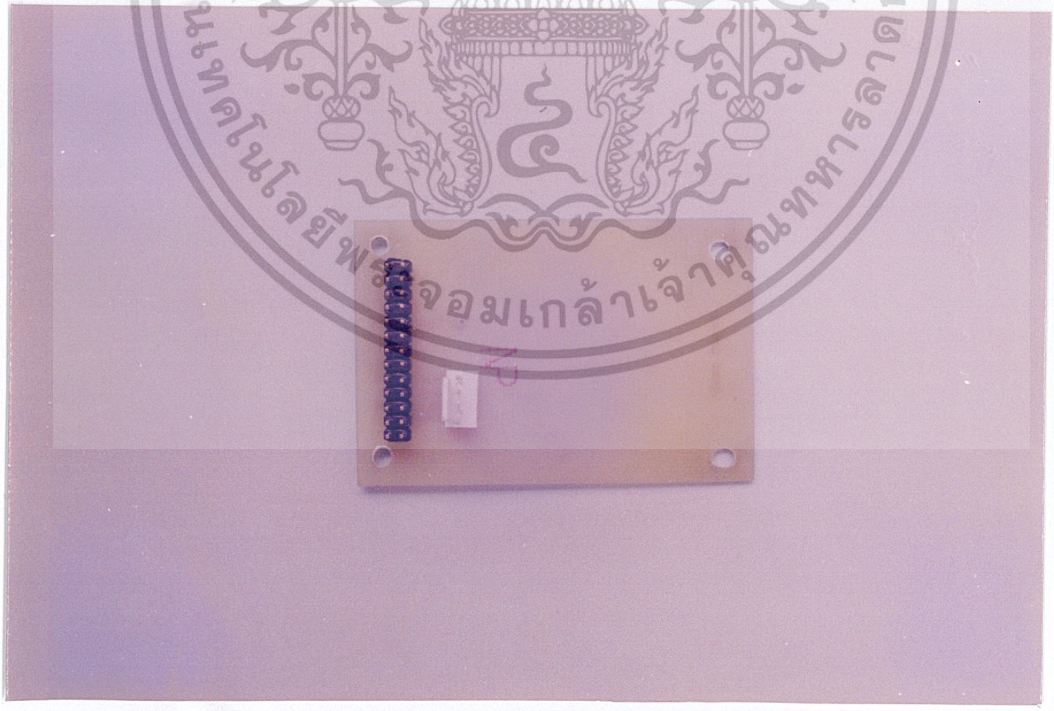


รูปที่ ก.10 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ANT-3172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

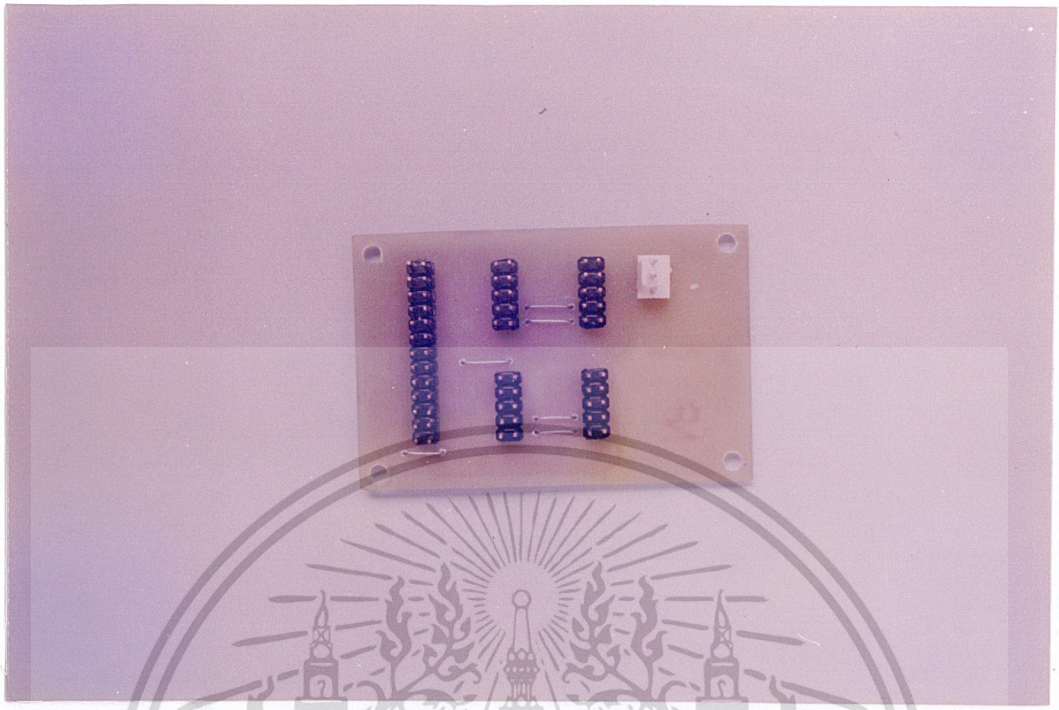


รูปที่ ก.11 แผ่นวงจรพิมพ์การต่อพอร์ต User Port 1



รูปที่ ก.12 แผ่นวงจรพิมพ์การต่อพอร์ต User Port 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



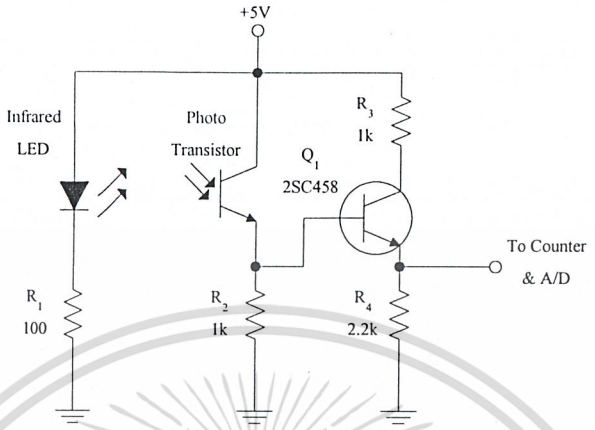
รูปที่ ก.13 แผ่นวงจรพิมพ์การต่อพอร์ต User Port 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

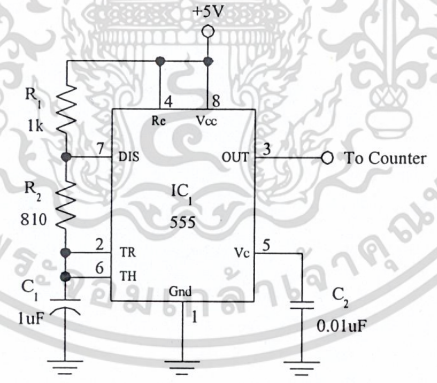
ภาคผนวก ข

วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

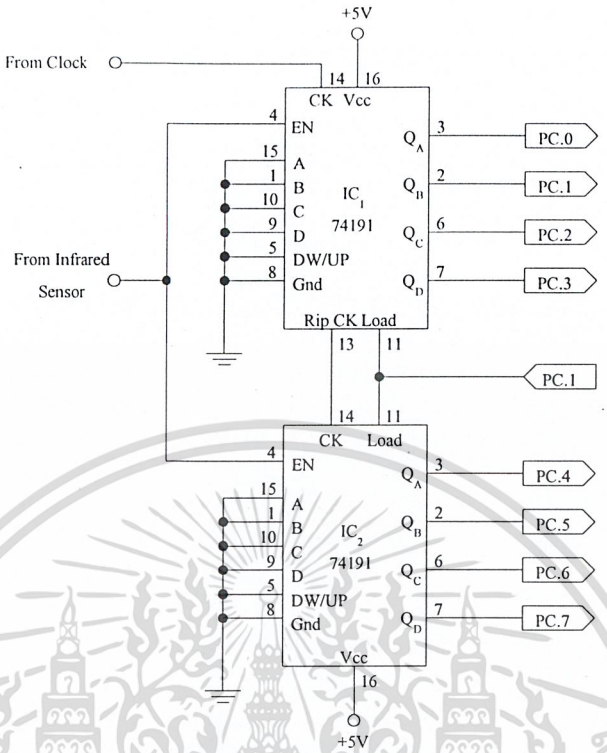


รูปที่ ข.1 วงจรตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด

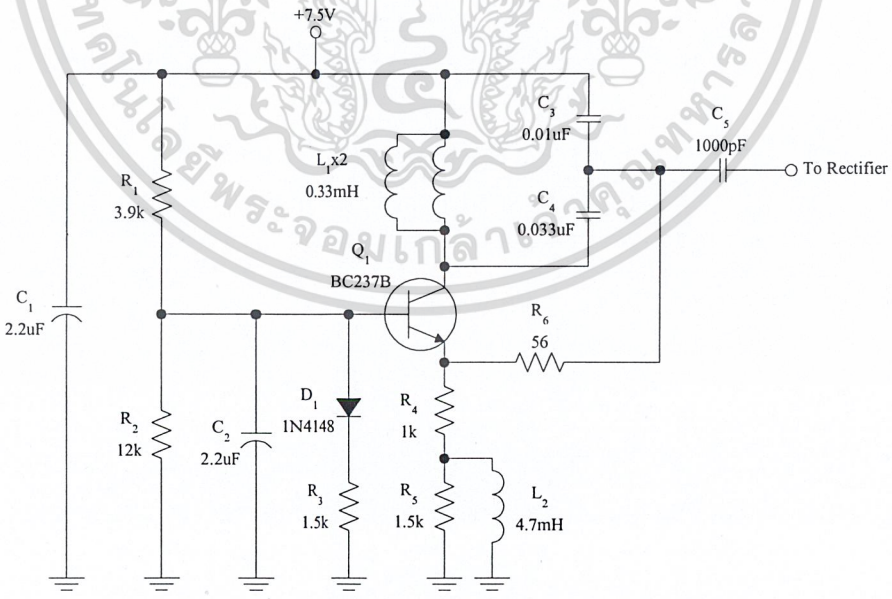


รูปที่ ข.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

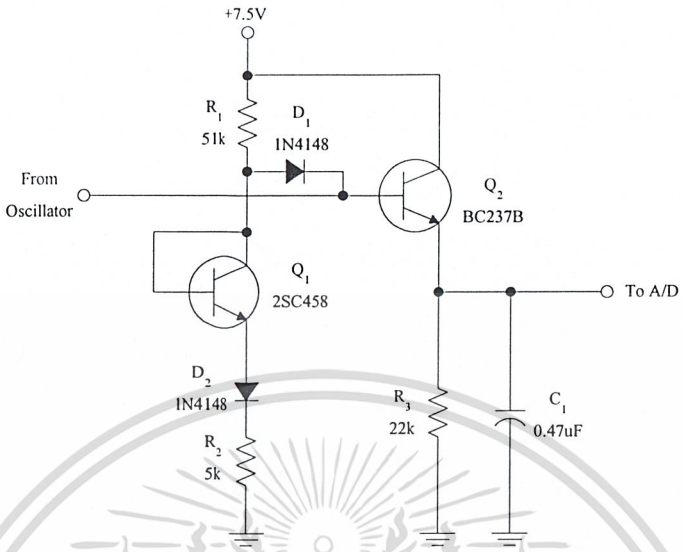


รูปที่ ข.3 วงจรนับ

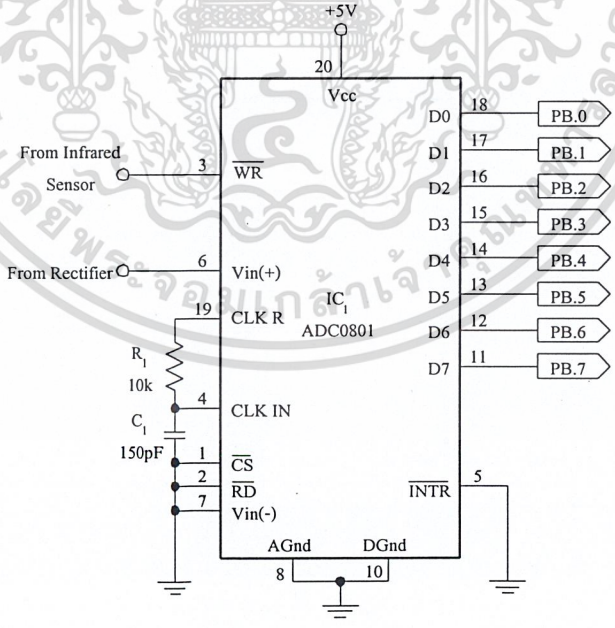


รูปที่ ข.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ 80 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

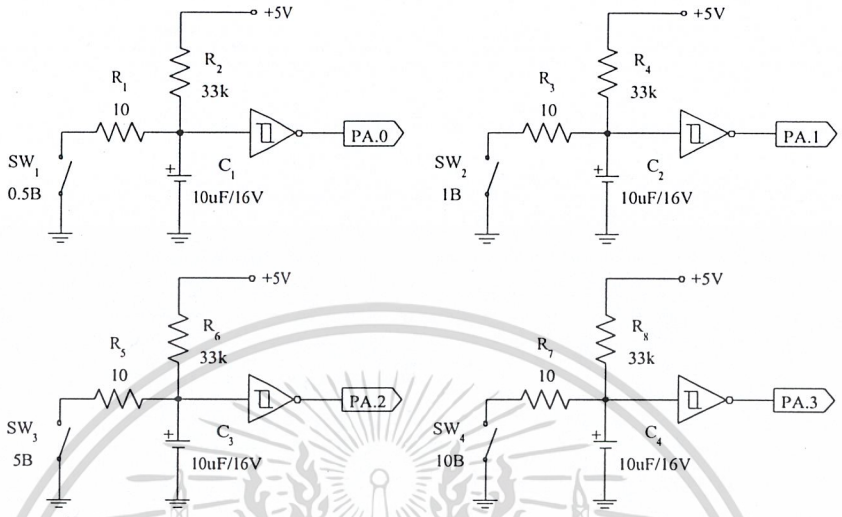


รูปที่ ข.5 วงจรเร็กติไฟร์

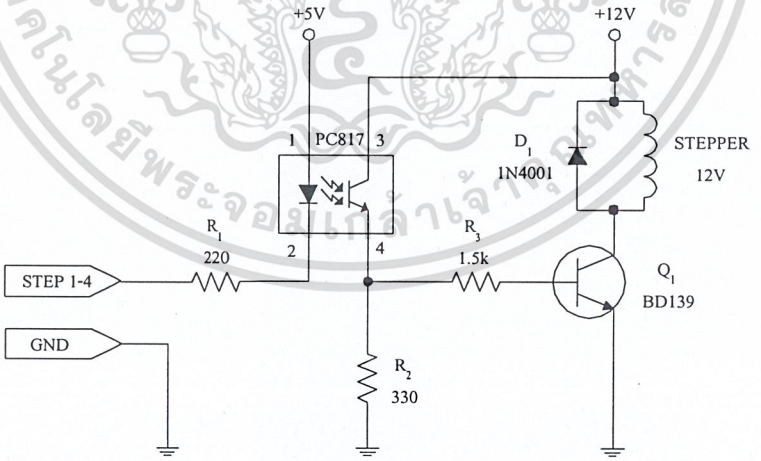


รูปที่ ข.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

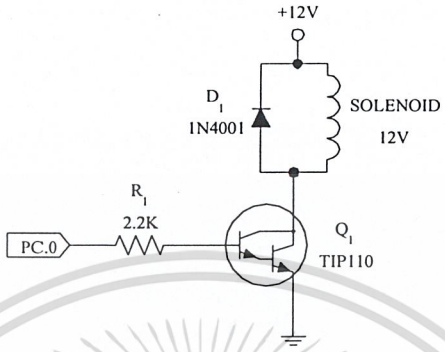


รูปที่ ข.7 วงจรภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ

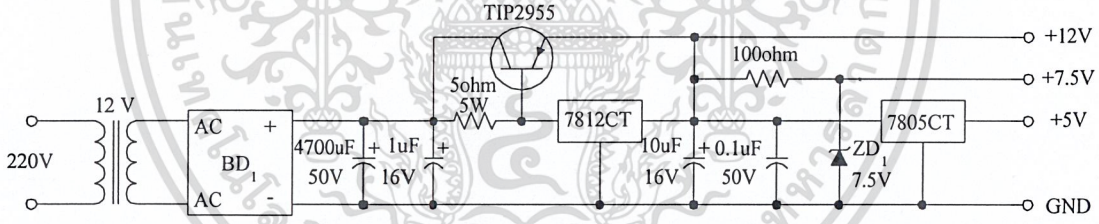


รูปที่ ข.8 วงจรภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

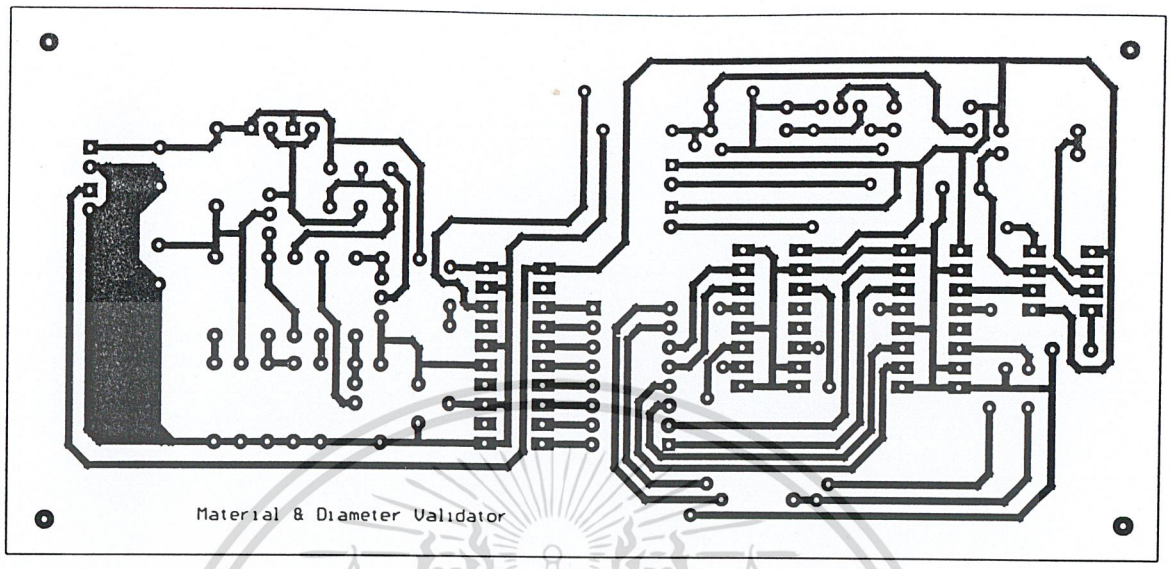


รูปที่ ข.9 วงจรภาคขับโซลินอยล์

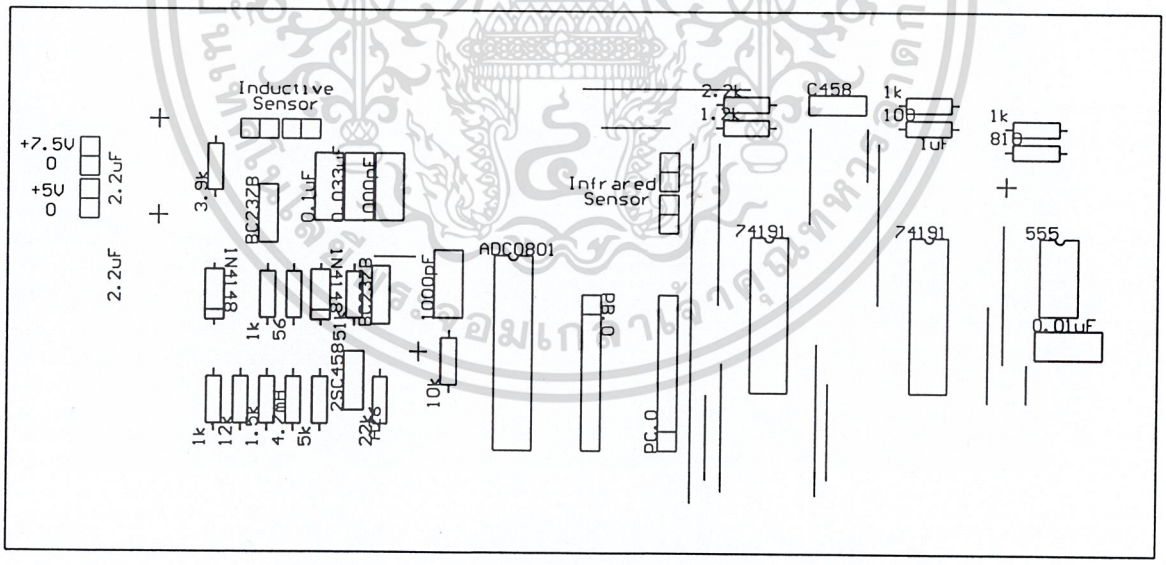


รูปที่ ข.10 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

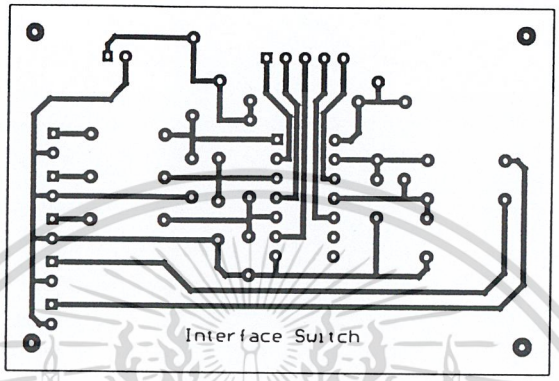


รูปที่ ข.11 ลายวงจรพิมพ์ของภาคตรวจสอบเหรียญ

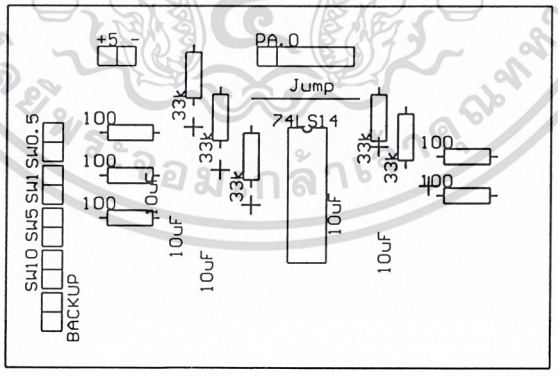


รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์ของภาคตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

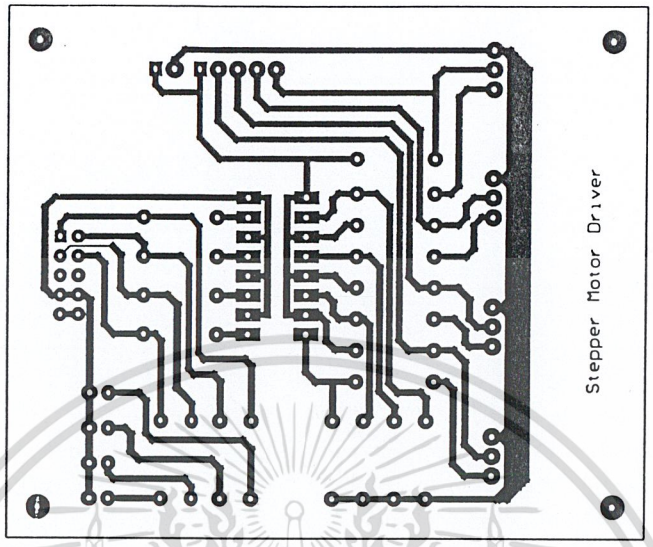


รูปที่ ข.13 ลายวงจรพิมพ์ของภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ

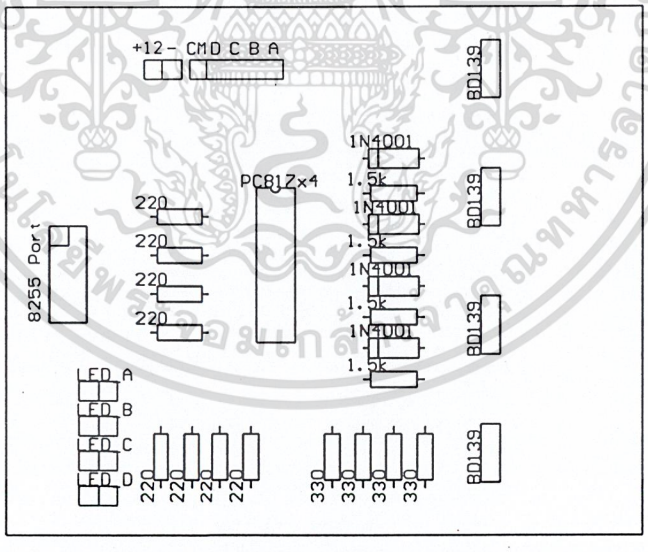


รูปที่ ข.14 การวางอุปกรณ์ของภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

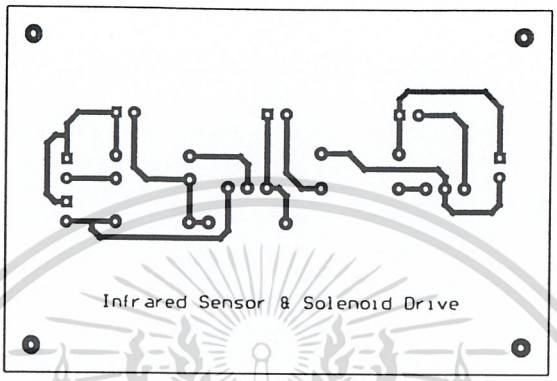


รูปที่ ข.15 ลายวงจรพิมพ์ของภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

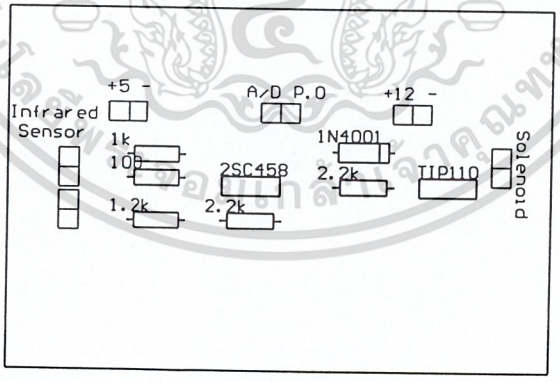


รูปที่ ข.16 การวางอุปกรณ์ของภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

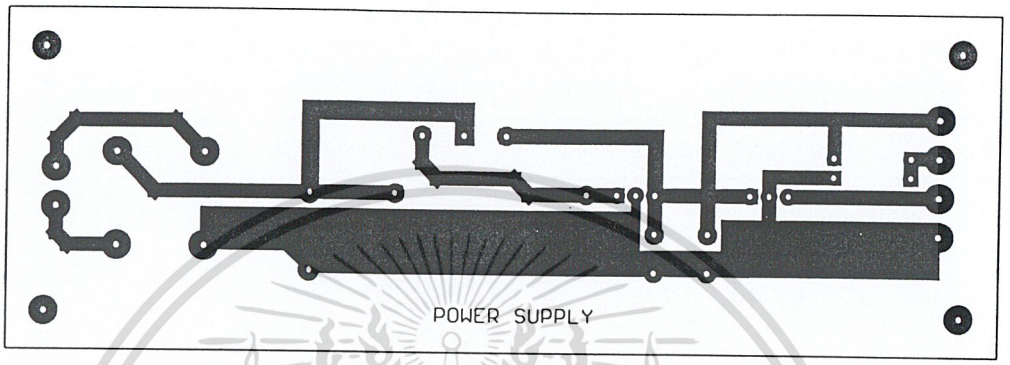


รูปที่ ข.17 ลายวงจรพิมพ์ของภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด และภาคขับโซลินอยล์

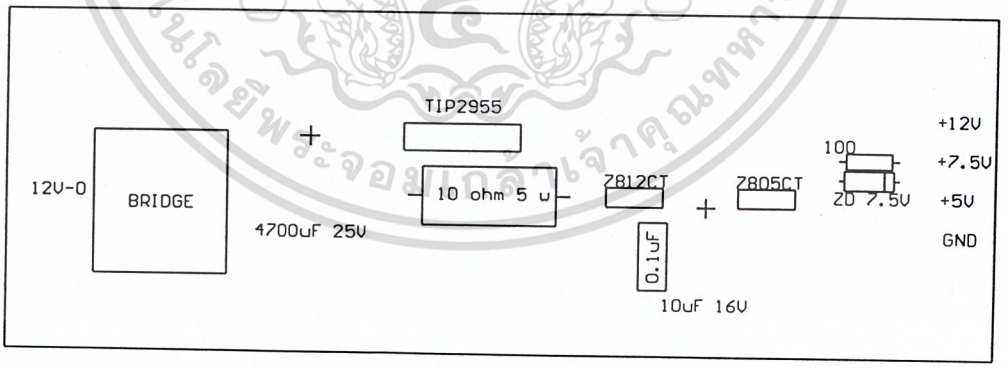


รูปที่ ข.18 การวางอุปกรณ์ของภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรด และภาคขับโซลินอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.19 ลายวงจรพิมพ์ของภาคจ่ายไฟ



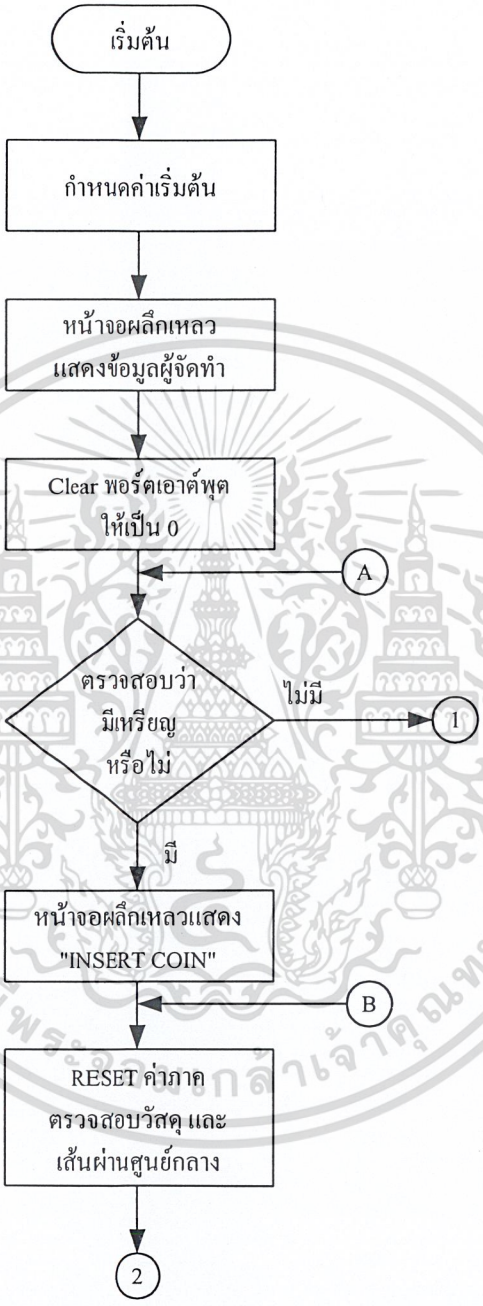
รูปที่ ข.20 การวางอุปกรณ์ของภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

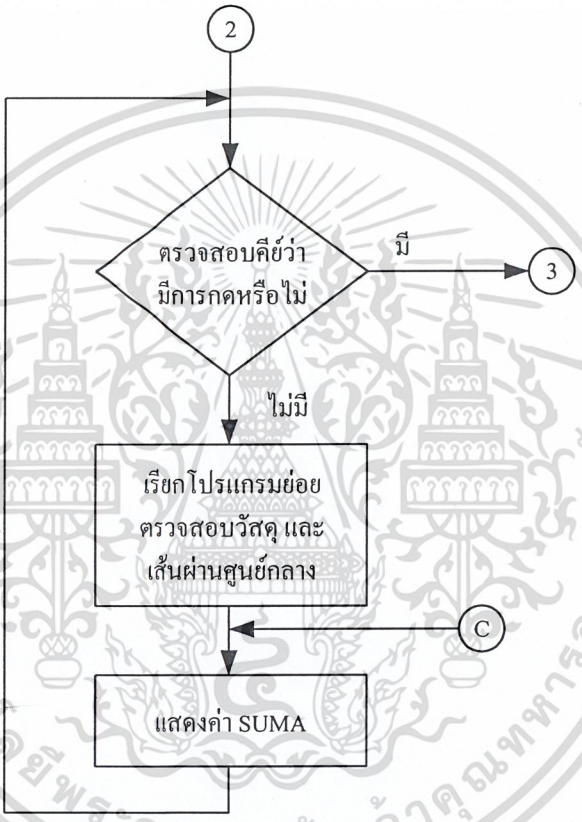
ผังการทำงาน และโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



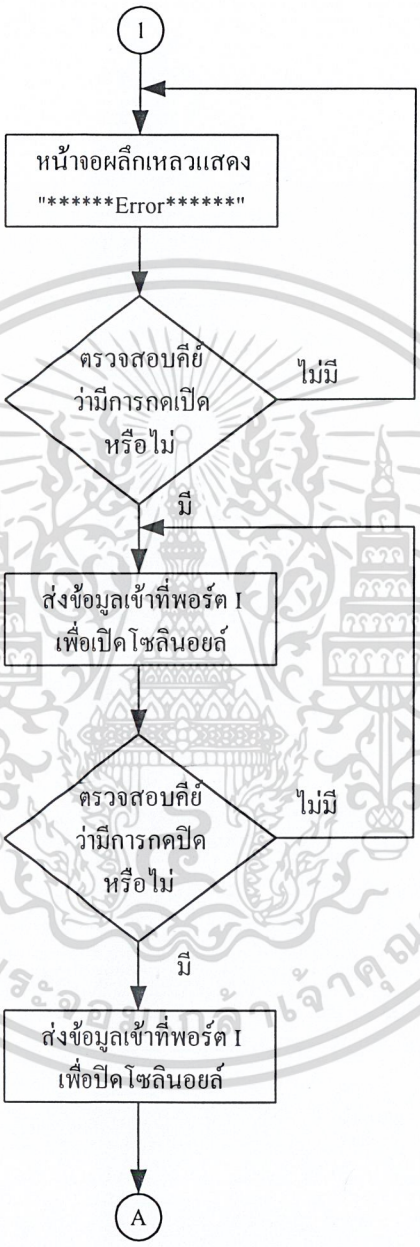
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



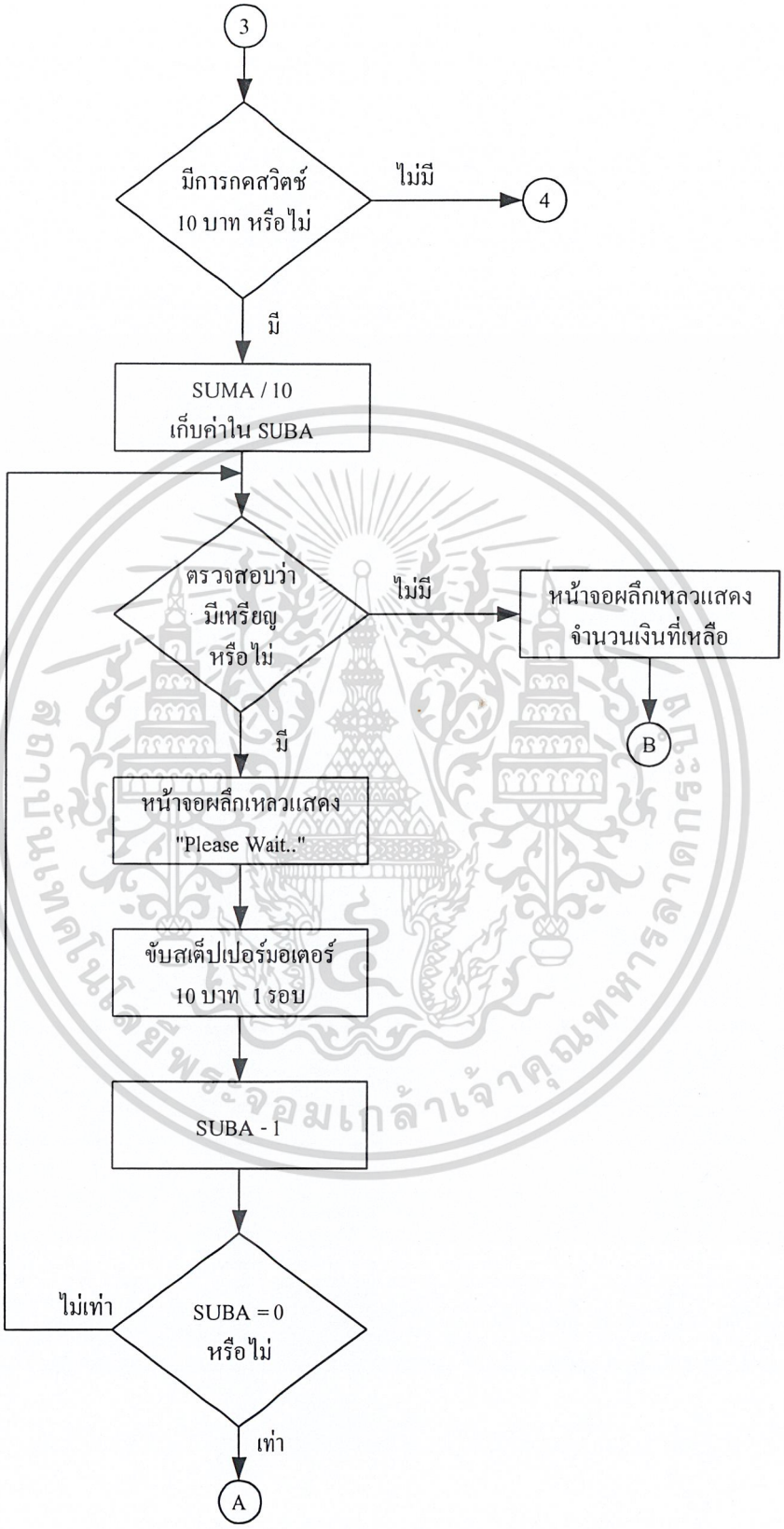
รูปที่ ค.1 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



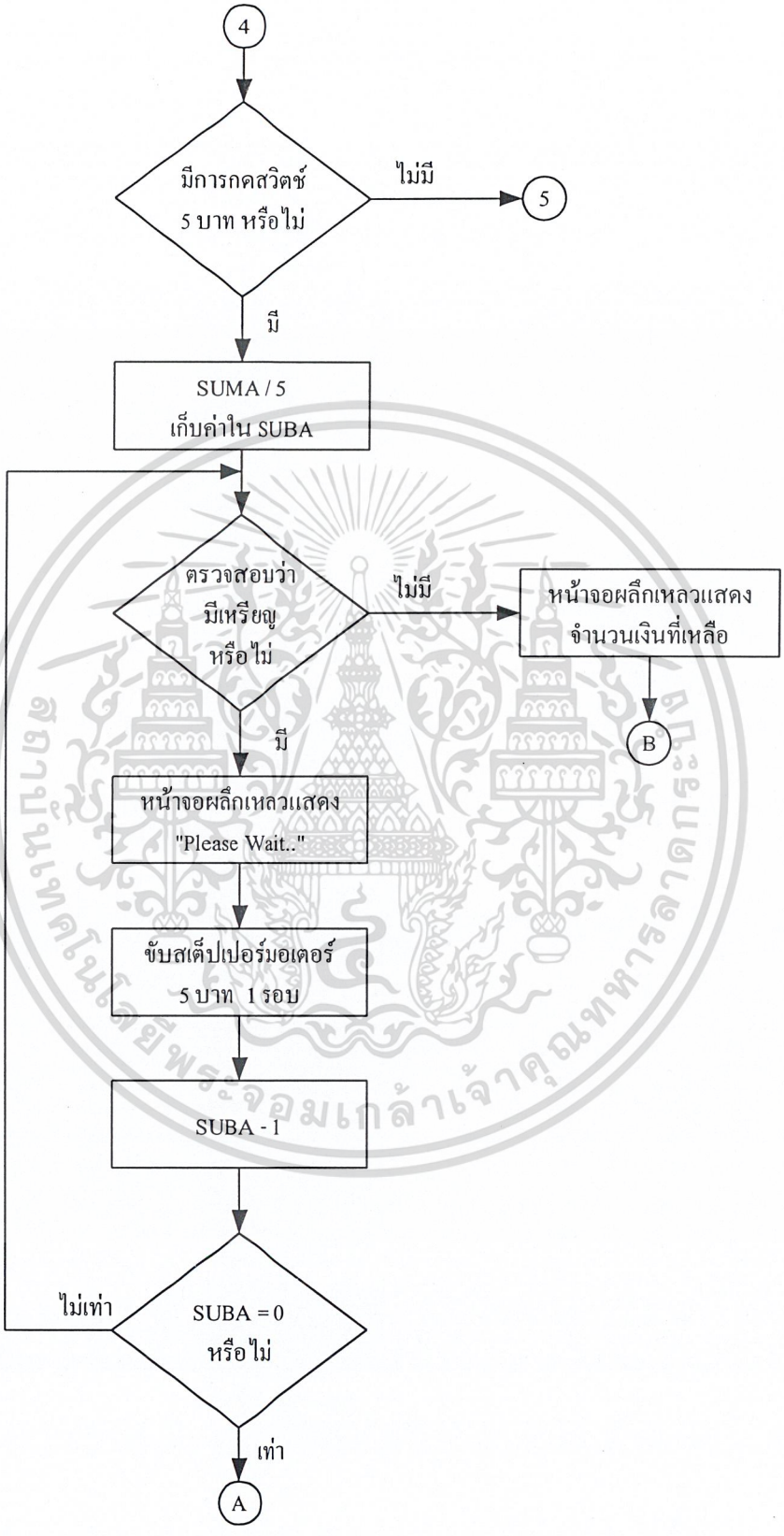
รูปที่ ค.2 ผังการทำงานของโปรแกรมการเติมเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



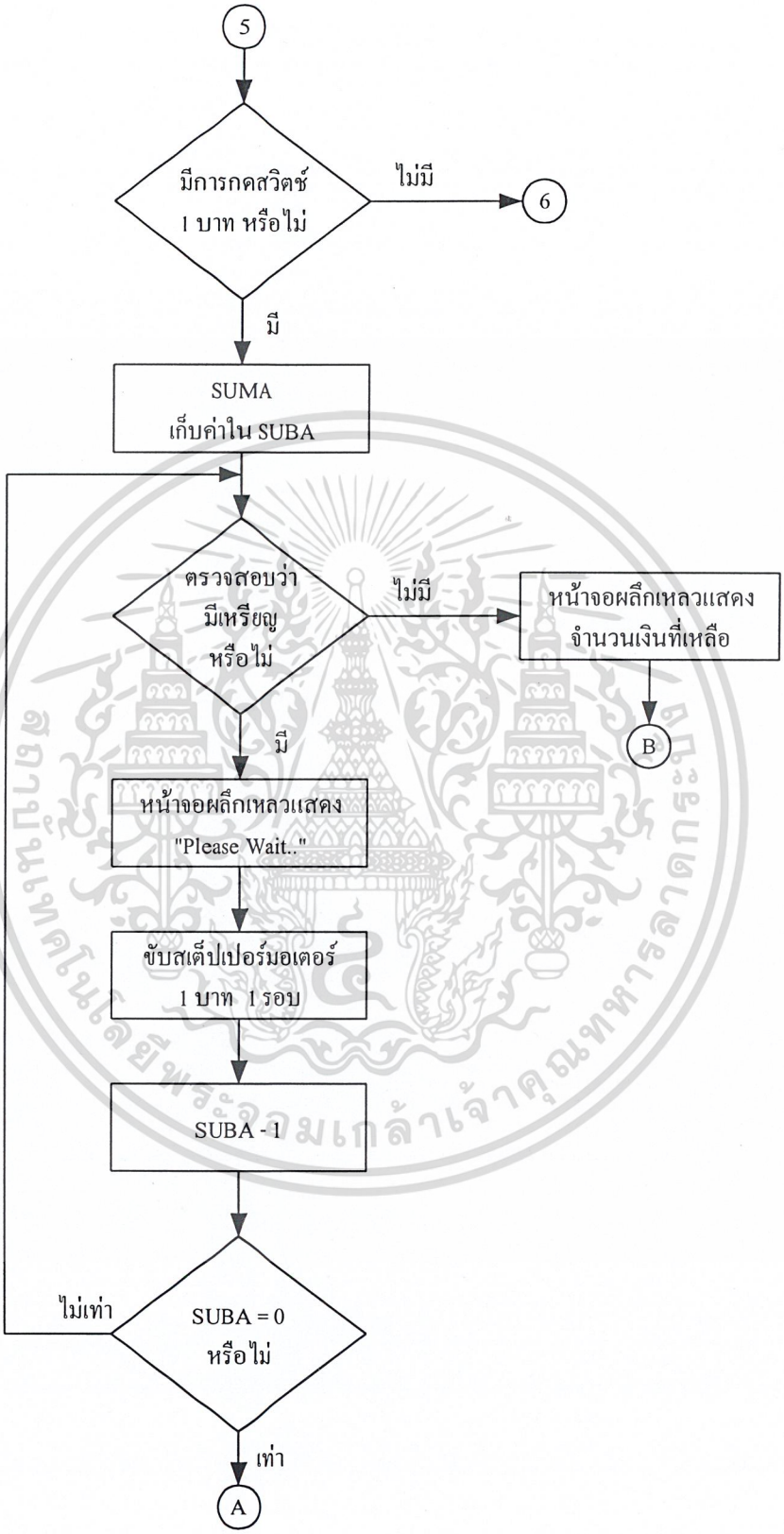
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.3 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 10 บาท



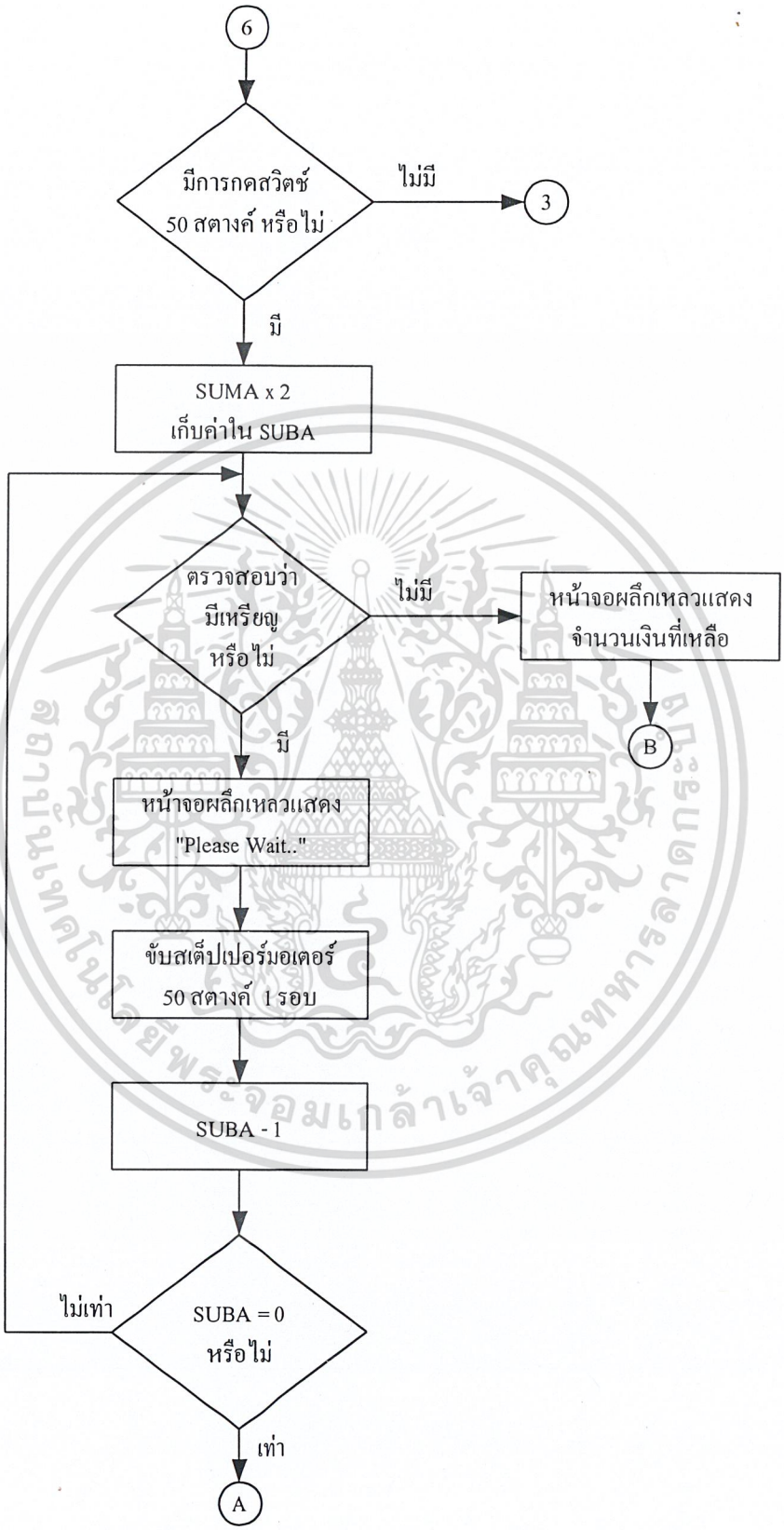
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.4 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 5 บาท



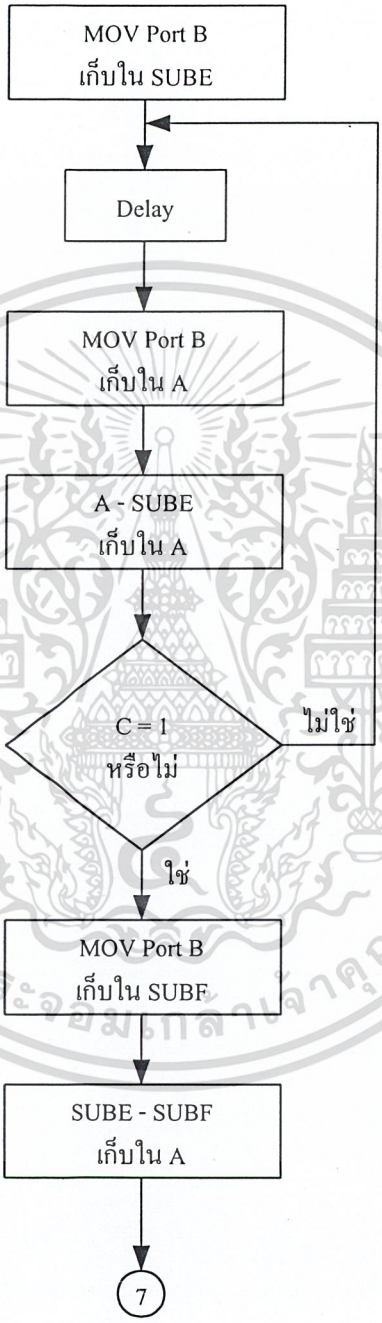
รูปที่ ค.5 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 1 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



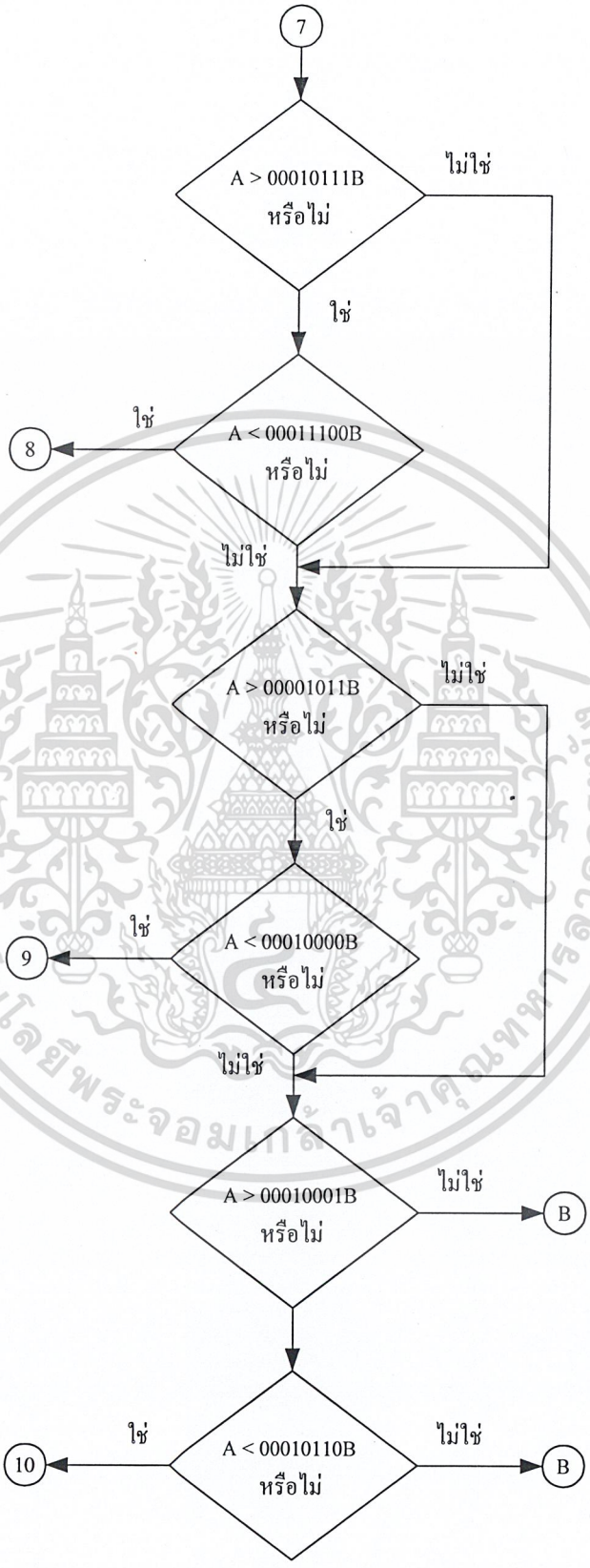
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.6 ผังการทำงานของโปรแกรมการจ่ายเหรียญ 50 สตางค์



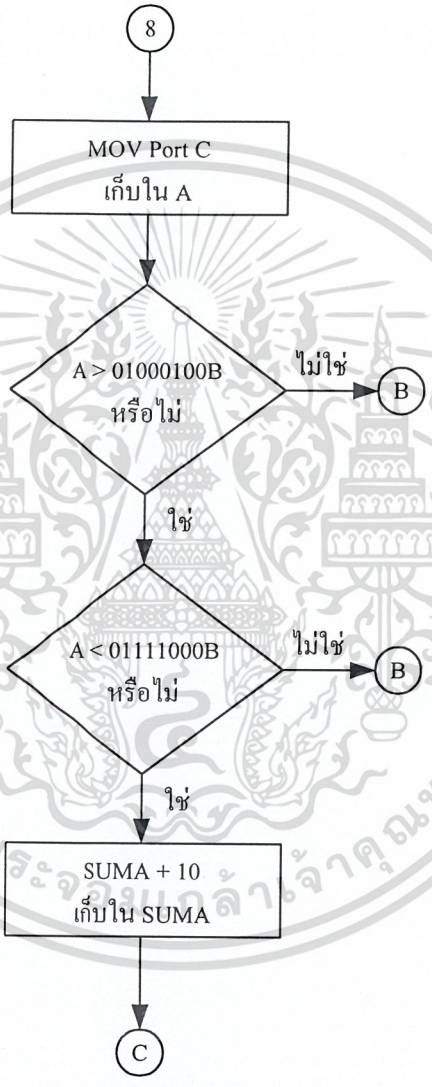
รูปที่ ค.7 ผังการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



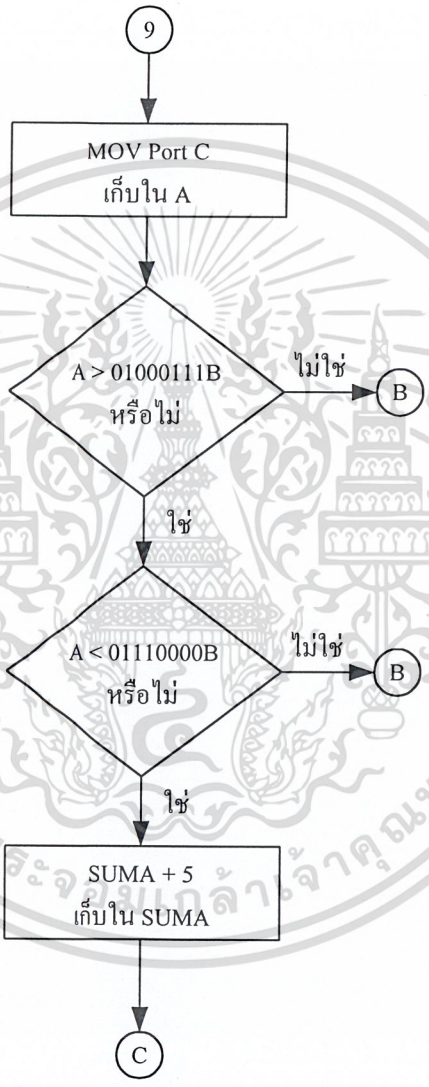
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.7 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบเหรียญ



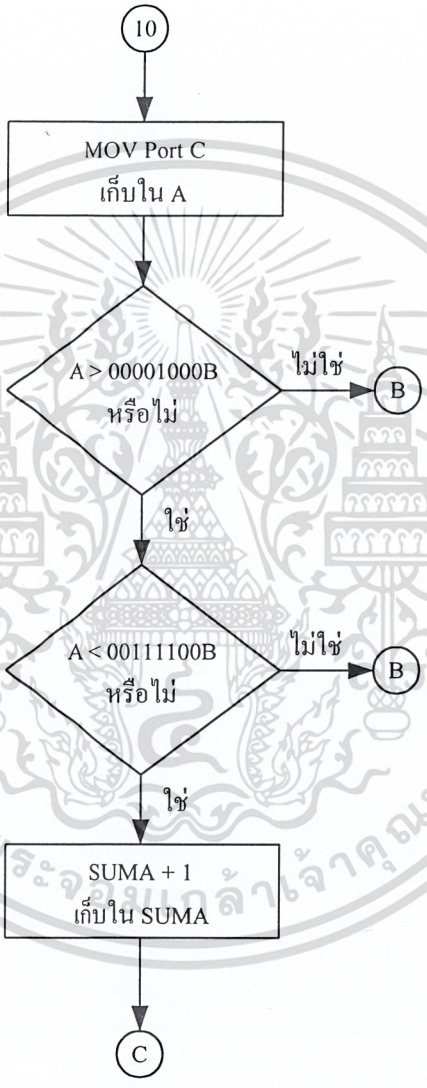
รูปที่ ค.7 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.7 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.7 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************ AUTOMATIC COIN EXCHANGE ************

        ORG     0000H

PORTA       EQU     0F800H
PORTB       EQU     0F801H
PORTC       EQU     0F802H
PORTD       EQU     0FC00H
PORTE       EQU     0FC01H
PORTF       EQU     0FC02H
PORTF0      EQU     P1.0
PORTF1      EQU     P1.1
PORTF2      EQU     P1.2
PORTF3      EQU     P1.3
PORTF4      EQU     P1.4
PORTG       EQU     0FE00H
PORTH       EQU     0FE01H
PORTI       EQU     0FE02H
PORTC1      EQU     0F803H
PORTC2      EQU     0FC03H
PORTC3      EQU     0FE03H
LCDWRC      EQU     0FA00H
LCDRDC      EQU     0FA01H
LCDWRD      EQU     0FA02H
LCDRDD      EQU     0FA03H
LCDBUF      EQU     8800H
SUMA        EQU     0055H
SUMB        EQU     0060H
SUMC        EQU     0070H
SUMD        EQU     0056H
SUBA        EQU     0057H
SUBC        EQU     0059H
SUBD        EQU     0061H
SUBE        EQU     0062H
SUBF        EQU     0063H
SUBI        EQU     0064H
SUBJ        EQU     0065H
SUBL        EQU     0066H

        MOV     DPTR,#PORTC1
        MOV     A,#09BH
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#PORTC2
        MOV     A,#089H

        MOVX    @DPTR,A
        MOV     DPTR,#PORTC3
        MOV     A,#080H
        MOVX    @DPTR,A

;*****************LCD SHOW***************

        START:
        MOV     A,#11111111B
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#11111111B
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A

PAGE1:          ACALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB1
                ACALL   OUTLCD
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   SHIFTL

                ACALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB3
                ACALL   OUTLCD
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   SHIFTL

                ACALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB5
                ACALL   OUTLCD
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   SHIFTL

                ACALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB7
                ACALL   OUTLCD
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   SHIFTL

                ACALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB9
                ACALL   OUTLCD
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   SHIFTL

                ACALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB11
                ACALL   OUTLCD
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   SHIFTL

                ACALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB13
                ACALL   OUTLCD
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   SHIFTL
                LCALL   LCDIN

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SHIL:     LCALL   SHIFTL
          ACALL   DELAY
          LCALL   SHIFTL
          RET

SHIFTL:   MOV     A,#80H
          LCALL   LCDWI
          MOV     R7,#21
MAIN10:   MOV     A,#18H
          LCALL   LCDWI
          MOV     R5,#1
          LCALL   DELAY_O
          DJNZ    R7,MAIN10
          RET

SHIR:     LCALL   SHIFTR
          ACALL   DELAY
          LCALL   SHIFTR
          RET

SHIFTR:   MOV     A,#80H
          LCALL   LCDWI
          MOV     R7,#21
MAIN20:   MOV     A,#1CH
          LCALL   LCDWI
          MOV     R5,#1
          LCALL   DELAY_O
          DJNZ    R7,MAIN20
          RET

LCDWI:    PUSH    DPL
          PUSH    DPH
          MOV     DPTR,#LCDWRC
          MOVX    @DPTR,A
          POP     DPH
          POP     DPL
          RET

OUTLCD:   MOV     R0,#16
          LCALL   ROW1
          MOV     R0,#16
          LCALL   ROW2
          RET

OUTLCD1:  CLR     A
          MOVC    A,@A+DPTR
          ACALL   WRITE
          INC     DPTR
          DJNZ    R0,OUTLCD1
          RET

ROW1:     PUSH    DPH
          PUSH    DPL
          MOV     A,#80H
          MOV     DPTR,#LCDWRC
          MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ACALL   WAITBF
            POP     DPL
            POP     DPH
            ACALL   OUTLCD1
            RET

ROW2:       PUSH    DPH
            PUSH    DPL
            MOV     A,#0C0H
            MOV     DPTR,#LCDWRC
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   WAITBF
            POP     DPL
            POP     DPH
            ACALL   OUTLCD1
            RET

WRITE:      PUSH    ACC
            PUSH    DPL
            PUSH    DPH
            MOV     DPTR,#LCDWRD
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   WAITBF
            POP     DPH
            POP     DPL
            POP     ACC
            RET

WAITBF:     PUSH    DPL
            PUSH    DPH
            MOV     DPTR,#LCDRDC

RDY:        MOVX    A,@DPTR
            JB      ACC.7,RDY
            POP     DPH
            POP     DPL
            RET

INIT:       PUSH    DPL
            PUSH    DPH
            MOV     DPTR,#LCDWRC
            MOV     A,#38H
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   WAITBF
            MOV     A,#0CH
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   WAITBF
            MOV     A,#6
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   WAITBF
            MOV     A,#1
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   WAITBF
            POP     DPH
            POP     DPL
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY:     MOV     R5,#10H
DELAY_O:   MOV     R3,#0
DELAY1:    MOV     R4,#0
           DJNZ    R4,$
           DJNZ    R3,DELAY1
           DJNZ    R5,DELAY_O
           RET

TAB1:      DB " COIN  EXCHANGE "
TAB2:      DB "XCHANGE         "
TAB3:      DB " ED.ENGINEER 20 "
TAB4:      DB "NEER 20         "
TAB5:      DB "     KMIT'L     "
TAB6:      DB "T'L             "
TAB7:      DB "   Product By   "
TAB8:      DB "ct By           "
TAB9:      DB "   P.OUPAKAM    "
TAB10:     DB "AKAM            "
TAB11:     DB "  P.WATANAKUL   "
TAB12:     DB "NAKUL           "
TAB13:     DB "  P.BOONPRADIT  "
TAB14:     DB "PRADIT          "
TAB101:    DB " Can't Survice  "
TAB102:    DB "urvice          "
TAB103:    DB "  Coin 10 Bath  "
TAB104:    DB "0 Bath          "
TAB105:    DB "Please Newselect"
TAB106:    DB "ewselect        "
TAB51:     DB " Can't Survice  "
TAB52:     DB "urvice          "
TAB53:     DB "  Coin 5 Bath   "
TAB54:     DB " Bath           "
TAB55:     DB "Please Newselect"
TAB56:     DB "ewselect        "
TAB011:    DB " Can't Service  "
TAB012:    DB "ervice          "
TAB013:    DB "  Coin 1 Bath   "
TAB014:    DB " Bath           "
TAB015:    DB "Please Newselect"
TAB016:    DB "ewselect        "
TAB501:    DB " Can't Survice  "
TAB502:    DB "urvice          "
TAB503:    DB "  Coin 0.5 Bath "
TAB504:    DB ".5 Bath         "
TAB505:    DB "Please Newselect"
TAB506:    DB "ewselect        "

LCDIN:
           MOV     DPTR,#PORTF
           MOVX    A,@DPTR
           MOVX    A,@DPTR
           MOVX    A,@DPTR
           CJNE    A,#00000000B,CF1
           LJMP    LCDSHOW3
CF1:       CJNE    A,#00001100B,CF2
           LJMP    LCDSHOW3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CF2:      CJNE    A,#00001001B,CF3
          LJMP    LCDSHOW3
CF3:      CJNE    A,#00000011B,CF4
          LJMP    LCDSHOW3
CF4:      CJNE    A,#00000110B,CF5
          LJMP    LCDSHOW3
CF5:      CJNE    A,#00001010B,CF6
          LJMP    LCDSHOW3
CF6:      CJNE    A,#00000101B,CF7
          LJMP    LCDSHOW3
CF7:      CJNE    A,#00000001B,CF8
          LJMP    LCDSHOW3
CF8:      CJNE    A,#00000010B,CF9
          LJMP    LCDSHOW3
CF9:      CJNE    A,#00000100B,CF10
          LJMP    LCDSHOW3
CF10:     CJNE    A,#00001000B,LCDIN1
          LJMP    LCDSHOW3
LCDIN1:   MOV     A,#11111111B
          MOV     DPTR,#PORTG
          MOVX    @DPTR,A
          MOV     A,#11111111B
          MOV     DPTR,#PORTH
          MOVX    @DPTR,A

          LCALL   INIT
          MOV     R1,#4

OFF1:     MOV     50H,#' '
          LCALL   FF
          MOV     50H,#' '
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'I'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'N'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'S'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'E'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'R'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'T'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#' '
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'C'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'O'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'I'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#'N'
          LCALL   FF
          MOV     50H,#' '
          LCALL   FF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                DJNZ    R1,OFF1
                MOV     SUMA,#00
                LJMP    SET00

;***************SCAN SENSER*************

SENSOR:         MOV     SUBE,#00H
                MOV     SUBF,#00H
                MOV     A,#00000100B
                MOV     DPTR,#PORTI
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     A,#00000000B
                MOV     DPTR,#PORTI
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     A,#00000010B
                MOV     DPTR,#PORTI
                MOVX    @DPTR,A

                MOV     DPTR,#PORTB
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     SUBE,A

                MOV     DPTR,#PORTA
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00H,OPJ
                LCALL   DELAYX

                MOV     DPTR,#PORTB
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     SUBF,A
                CLR     C
                SUBB    A,SUBE
                JC      TUM
                LCALL   ADELAY
                LCALL   ADELAY
                LJMP    SENSOR

TUM:            MOV     DPTR,#PORTB
                MOVX    A,@DPTR
                LCALL   ADELAY
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A;@DPTR
                MOV     SUBF,A
                MOV     A,SUBE
                CLR     C
                SUBB    A,SUBF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
JAK:        CJNE    A,#00010111B,A1
            LJMP    SENSOR1
A1:         CJNE    A,#00011000B,A2
            LJMP    SENSOR1
A2:         CJNE    A,#00011001B,A3
            LJMP    SENSOR1
A3:         CJNE    A,#00011010B,A4
            LJMP    SENSOR1
A4:         CJNE    A,#00011011B,A5
            LJMP    SENSOR1
A5:         CJNE    A,#00011100B,BB1
            LJMP    SENSOR1
OPJ:        LJMP    OP

BB1:        CJNE    A,#00001011B,BB2
            LJMP    SENSOR2
BB2:        CJNE    A,#00001100B,BB3
            LJMP    SENSOR2
BB3:        CJNE    A,#00001101B,BB4
            LJMP    SENSOR2
BB4:        CJNE    A,#00001110B,BB5
            LJMP    SENSOR2
BB5:        CJNE    A,#00001111B,BB6
            LJMP    SENSOR2
BB6:        CJNE    A,#00010000B,CC1
            LJMP    SENSOR2

CC1:        CJNE    A,#00010001B,CC2
            LJMP    SENSOR3
CC2:        CJNE    A,#00010010B,CC3
            LJMP    SENSOR3
CC3:        CJNE    A,#00010011B,CC4
            LJMP    SENSOR3
CC4:        CJNE    A,#00010100B,CC5
            LJMP    SENSOR3
CC5:        CJNE    A,#00010101B,CC6
            LJMP    SENSOR3
CC6:        CJNE    A,#00010110B,TUMJ
            LJMP    SENSOR3

TUMJ:       LJMP    SENSOR

SENSOR1:    LCALL   ADELAY
            LCALL   ADELAY
            LCALL   ADELAY
            MOV     DPTR,#PORTC
            MOVX    A,@DPTR
            MOVX    A,@DPTR
            MOVX    A,@DPTR
            MOV     B,A
            MOV     R1,#030H
PP:         MOV     R2,#0FFH
PPP:        DJNZ    R2,PPP
            DJNZ    R1,PP
            MOV     DPTR,#PORTC
            MOVX    A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CLR     C
                SUBB    A,B
                CJNE    A,#00,SENSOR1
                MOV     SUBI,B
                MOV     A,#01000100B
                CLR     C
                SUBB    A,SUBI
                JC      D1
                LJMP    SENSOR3
D1:             MOV     A,#01111000B
                CLR     C
                SUBB    A,SUBI
                JC      SENSORJ
                LJMP    HK10

SENSORJ:        LJMP    SENSOR

SENSOR2:        LCALL   ADELAY
                LCALL   ADELAY
                MOV     DPTR,#PORTC
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     B,A
                MOV     R1,#030H
OO:             MOV     R2,#0FBH
OOO:            DJNZ    R2,OOO
                DJNZ    R1,OO
                MOV     DPTR,#PORTC
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CLR     C
                SUBB    A,B
                CJNE    A,#00,SENSOR2
                MOV     SUBI,B
                MOV     A,#01000111B
                CLR     C
                SUBB    A,SUBI
                JC      E1
                LJMP    SENSORJ
E1:             MOV     A,#01100000B
                CLR     C
                SUBB    A,SUBI
                JC      SENSORJ
                LJMP    HK5

SENSOR3:        LCALL   ADELAY
                LCALL   ADELAY
                MOV     DPTR,#PORTC
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOV     B,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R1,#030H
QQ:             MOV     R2,#0FDH
QQQ:            DJNZ    R2,QQQ
                DJNZ    R1,QQ
                MOV     DPTR,#PORTC
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                SUBB    A,B
                CJNE    A,#00,SENSOR3
                MOV     SUBI,B
                MOV     A,#00001000B
                CLR     C
                SUBB    A,SUBI
                JC      F1
                LJMP    SENSORJ
F1:             MOV     A,#00111100B
                CLR     C
                SUBB    A,SUBI
                JC      SENSORJ
                LJMP    HK1

;***************CONTROL STEPING*********************

OP:             CJNE    A,#01H,OP1
                MOV     B,#2
C50:            MOV     A,SUMA
                CJNE    A,#00,SUM
                LJMP    LCDSHOW1
SUM:            MUL     AB
                MOV     SUBA,A
                LCALL   STEPING50
                LJMP    LCDIN

OP1:            CJNE    A,#02H,OP2
C1:             MOV     A,SUMA
                CJNE    A,#00,SUM1
                LJMP    LCDSHOW1
SUM1:           MOV     SUBA,A
                LCALL   STEPING1
                LJMP    LCDIN

OP2:            CJNE    A,#04H,OP3
                MOV     B,#5
                MOV     A,SUMA
                DIV     AB
                MOV     SUBJ,B
                CJNE    A,#00,STEPING5J
                LJMP    LCDSHOW1
STEPING5J:      MOV     SUBA,A
                LCALL   STEPING5
B5:             MOV     SUMA,SUBJ
                MOV     R7,SUBJ
                CJNE    R7,#00,C1
                LJMP    LCDIN
SENSORJJ:       LJMP    SENSOR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OP3:          CJNE    A,#08H,OP4
              MOV     B,#10
              MOV     A,SUMA
              DIV     AB
              MOV     SUBJ,B
              CJNE    A,#00,STEPING10J
              LJMP    LCDSHOW1
STEPING10J:MOV        SUBA,A
              LCALL   STEPING10
B10:          MOV     A,SUBJ
              MOV     SUBJ,#00
              MOV     B,#5
              DIV     AB
              MOV     SUBL,B
              CJNE    A,#0,MAN
              MOV     R7,SUBL
              CJNE    R7,#0,NID
              LJMP    LCDIN
MAN:          MOV     SUBA,A
              LCALL   STEPING5
              MOV     R7,SUBL
              CJNE    R7,#0,NID
              LJMP    LCDIN
NID:          MOV     SUBA,R7
              LCALL   STEPING1
              LJMP    LCDIN
OP4:          CJNE    A,#00001001B,OP5
              MOV     A,#00000011B
              MOV     DPTR,#PORTI
              MOVX    @DPTR,A
              LCALL   DELAY
              LCALL   DELAY
              LCALL   DELAY
              LCALL   DELAY
              LCALL   DELAY
              LCALL   DELAY
OP5:          CJNE    A,#00001100B,OP6

YY:           LCALL   DELAY
              MOV     DPTR,#PORTA
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              CJNE    A,#00000000B,NN
              LJMP    YY
NN:           CJNE    A,#00000110B,OP6
RR:           LCALL   DELAY
              MOV     DPTR,#PORTA
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
              MOVX    A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOVX    A,@DPTR
            CJNE    A,#00000000B,KK
            SJMP    RR
KK:         CJNE    A,#00000011B,OP6
            LJMP    OUT
OP6:        LJMP    LCDIN

;*****************ADD COIN*********************

HDELAY:     MOV     R5,#03H
HDELAY_O:   MOV     R3,#0
HDELAY1:    MOV     R4,#0
            DJNZ    R4,$
            DJNZ    R3,HDELAY1
            DJNZ    R5,HDELAY_O
            RET

HK10:       MOV     A,#00000011B
            MOV     DPTR,#PORTI
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   HDELAY
            MOV     A,SUMA
            MOV     R5,#0AH
            ADD     A,R5
            MOV     SUMA,A
            LJMP    LCDSHOW
            LJMP    SENSOR

HK5:        MOV     A,#00000011B
            MOV     DPTR,#PORTI
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   HDELAY
            MOV     A,SUMA
            MOV     R5,#05H
            ADD     A,R5
            MOV     SUMA,A
            CJNE    A,#0,LCDSHOW
            LJMP    SENSOR

HK1:        MOV     A,#00000011B
            MOV     DPTR,#PORTI
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   HDELAY
            MOV     A,SUMA
            MOV     R5,#01H
            ADD     A,R5
            MOV     SUMA,A
            CJNE    A,#0,LCDSHOW
            LJMP    SENSOR

;*****************LCDSHOW**************

LCDSHOW:    NOP
START1:     LCALL   INIT
            MOV     R1,#4
OFF:        MOV     50H,#' '
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                LCALL   XXX
                LCALL   FF
                LCALL   YYY
                LCALL   FF
                LCALL   ZZZ
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'B'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'A'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'T'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'H'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                DJNZ    R1,OFF
                LJMP    SENSOR
LCDSHOW1:       NOP
START2:         LCALL   INIT
                MOV     R1,#4
OFF2:           MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'N'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'E'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'W'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'S'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'E'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'L'
                LCALL   FF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     50H,#'E'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'C'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'T'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF

                DJNZ    R1,OFF2
                LCALL   DELAY
                LCALL   DELAY
                LCALL   LCDSHOW
LCDSHOW2:       NOP
START3:         LCALL   INIT
                MOV     R1,#4
OFF3:           MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'P'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'l'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'e'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'a'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'s'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'e'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'W'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'a'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'i'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'t'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#'!'
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF
                MOV     50H,#' '
                LCALL   FF

                DJNZ    R1,OFF3
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCDSHOW3:  NOP
START4:    MOV     A,#11111111B
           MOV     DPTR,#PORTG
           MOVX    @DPTR,A
           MOV     A,#11111111B
           MOV     DPTR,#PORTH
           MOVX    @DPTR,A

           LCALL   INIT
           MOV     R1,#4
OFF4:      MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'E'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'r'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'r'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'o'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'r'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF
           MOV     50H,#'*'
           LCALL   FF

           DJNZ    R1,OFF4
GAY:       MOV     DPTR,#PORTA
           MOVX    A,@DPTR
           LCALL   DELAYX
           MOVX    A,@DPTR
           MOVX    A,@DPTR
           CJNE    A,#00001001B,GAY1

           MOV     A,#00000000B
           MOV     DPTR,#PORTI
           MOVX    @DPTR,A
           LCALL   DELAYX
           MOV     A,#00000001B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#PORTI
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY
                LJMP    LCDSHOW3
GAY1:           CJNE    A,#00000110B,LCDSHOW3J
                MOV     A,#00000000B
                MOV     DPTR,#PORTI
                MOVX    @DPTR,A
                LJMP    LCDIN
LCDSHOW3J:LJMP  LCDSHOW3
FF:             MOV     A,50H
                LCALL   WRITEZ
                RET

WRITEZ:         PUSH    ACC
                PUSH    DPL
                PUSH    DPH
                MOV     DPTR,#LCDWRD
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   WAITBF1
                POP     DPH
                POP     DPL
                POP     ACC
                RET

WAITBF1:        PUSH    DPL
                PUSH    DPH
                MOV     DPTR,#LCDRDC
RDY1:           MOVX    A,@DPTR
                JB      ACC.7,RDY1
                POP     DPH
                POP     DPL
                RET

DELAYX:         MOV     R5,#01H
DELAYY:         MOV     R3,#0
DELAYZ:         MOV     R4,#0
                DJNZ    R4,$
                DJNZ    R3,DELAYZ
                DJNZ    R5,DELAYY
                RET

XXX:            MOV     A,SUMA
                MOV     B,#100
                DIV     AB
                MOV     SUMD,A
                MOV     SUMB,B
                LCALL   X?
X:              RET

YYY:            MOV     A,SUMB
                MOV     B,#10
                DIV     AB
                MOV     SUMC,B
                LCALL   Y?
Y:              RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ZZZ:    MOV     A,SUMC
        MOV     B,#1
        DIV     AB
        LCALL   Z?
Z:      RET

X?:     CJNE    A,#0,X0
        MOV     50H,#' '
        LJMP    X
X0:     CJNE    A,#1,X1
        MOV     50H,#'1'
        LJMP    X
X1:     CJNE    A,#2,X2
        MOV     50H,#'2'
        LJMP    X
X2:     CJNE    A,#3,X3
        MOV     50H,#'3'
        LJMP    X
X3:     CJNE    A,#4,X4
        MOV     50H,#'4'
        LJMP    X
X4:     CJNE    A,#5,X5
        MOV     50H,#'5'
        LJMP    X
X5:     CJNE    A,#6,X6
        MOV     50H,#'6'
        LJMP    X
X6:     CJNE    A,#7,X7
        MOV     50H,#'7'
        LJMP    X
X7:     CJNE    A,#8,X8
        MOV     50H,#'8'
        LJMP    X
X8:     CJNE    A,#9,X?
        MOV     50H,#'9'
        LJMP    X

Y?:     CJNE    A,#0,Y0
        MOV     A,SUMD
        CJNE    A,#0,Y00
        MOV     50H,#' '
        LJMP    Y
Y00:    MOV     50H,#'0'
        LJMP    Y
Y0:     CJNE    A,#1,Y1
        MOV     50H,#'1'
        LJMP    Y
Y1:     CJNE    A,#2,Y2
        MOV     50H,#'2'
        LJMP    Y
Y2:     CJNE    A,#3,Y3
        MOV     50H,#'3'
        LJMP    Y
Y3:     CJNE    A,#4,Y4
        MOV     50H,#'4'
        LJMP    Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Y4:     CJNE    A,#5,Y5
        MOV     50H,#'5'
        LJMP    Y
Y5:     CJNE    A,#6,Y6
        MOV     50H,#'6'
        LJMP    Y
Y6:     CJNE    A,#7,Y7
        MOV     50H,#'7'
        LJMP    Y
Y7:     CJNE    A,#8,Y8
        MOV     50H,#'8'
        LJMP    Y
Y8:     CJNE    A,#9,Y?
        MOV     50H,#'9'
        LJMP    Y

Z?:     CJNE    A,#0,Z0
        MOV     50H,#'0'
        LJMP    Z
Z0:     CJNE    A,#1,Z1
        MOV     50H,#'1'
        LJMP    Z
Z1:     CJNE    A,#2,Z2
        MOV     50H,#'2'
        LJMP    Z
Z2:     CJNE    A,#3,Z3
        MOV     50H,#'3'
        LJMP    Z
Z3:     CJNE    A,#4,Z4
        MOV     50H,#'4'
        LJMP    Z
Z4:     CJNE    A,#5,Z5
        MOV     50H,#'5'
        LJMP    Z
Z5:     CJNE    A,#6,Z6
        MOV     50H,#'6'
        LJMP    Z
Z6:     CJNE    A,#7,Z7
        MOV     50H,#'7'
        LJMP    Z
Z7:     CJNE    A,#8,Z8
        MOV     50H,#'8'
        LJMP    Z
Z8:     CJNE    A,#9,Z?
        MOV     50H,#'9'
        LJMP    Z
        RET

;******************DRIVE STEPING***************

CI10:   MOV     A,#11111111B
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#11111111B
        MOV     DPTR,#PORTH
        MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,R3
                MOV     B,#10
                MUL     AB
                ADD     A,SUBJ
                MOV     SUMA,A

                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB101
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL

                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB103
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL

                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB105
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL

                LJMP    LCDSHOW
CCK10:          MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000001B,JET
                LJMP    CI10
JET:            CJNE    A,#00000010B,JET1
                LJMP    CI10
JET1:           CJNE    A,#00000011B,JET2
                LJMP    CI10
JET2:           CJNE    A,#00000100B,JET3
                LJMP    CI10
JET3:           CJNE    A,#00000101B,JET4
                LJMP    CI10
JET4:           CJNE    A,#00000110B,JET5
                LJMP    CI10
JET5:           CJNE    A,#00000111B,JET6
                LJMP    CI10
JET6:           RET

STEPING10:      LCALL   LCDSHOW2
                MOV     R3,SUBA
MAIN1:          LCALL   CCK10
                MOV     R4,#12
MAIN11:         MOV     A,#0FEH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#0FCH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FDH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F9H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FBH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F3H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F7H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F6H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                DJNZ    R4,MAIN11
                DJNZ    R3,MAIN1
                RET

ADELAY:         MOV     R2,#0AH
ADEL2:          MOV     R1,#0FDH
ADEL1:          DJNZ    R1,ADEL1
                DJNZ    R2,ADEL2
                RET

CI5:            MOV     A,#11111111B
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     A,#11111111B
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     A,R3
                MOV     B,#5
                MUL     AB
                ADD     A,SUBJ
                MOV     SUMA,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB51
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL

                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB53
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL

                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB55
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL
                LJMP    LCDSHOW
CCK5:           MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000001B,NOK
                LJMP    CI5
NOK:            CJNE    A,#00000010B,NOK1
                LJMP    CI5
NOK1:           CJNE    A,#00000011B,NOK2
                LJMP    CI5
NOK2:           CJNE    A,#00001000B,NOK3
                LJMP    CI5
NOK3:           CJNE    A,#00001001B,NOK4
                LJMP    CI5
NOK4:           CJNE    A,#00001010B,NOK5
                LJMP    CI5
NOK5:           CJNE    A,#00001011B,NOK6
                LJMP    CI5
NOK6:           RET

STEPING5:       LCALL   LCDSHOW2
                MOV     R3,SUBA
MAIN2:          LCALL   CCK5
                MOV     R4,#12
MAIN22:         MOV     A,#0EFH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0CFH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0DFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   ADELAY

        MOV     A,#09FH
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   ADELAY

        MOV     A,#0BFH
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   ADELAY

        MOV     A,#03FH
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   ADELAY

        MOV     A,#07FH
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   ADELAY

        MOV     A,#06FH
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        LCALL   ADELAY

        DJNZ    R4,MAIN22
        DJNZ    R3,MAIN2
        RET

CI1:    MOV     A,#11111111B
        MOV     DPTR,#PORTG
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     A,#11111111B
        MOV     DPTR,#PORTH
        MOVX    @DPTR,A
        MOV     SUMA,R3
        LCALL   INIT
        MOV     DPTR,#TAB011
        LCALL   OUTLCD
        LCALL   DELAYX
        LCALL   DELAYX
        LCALL   SHIFTL

        LCALL   INIT
        MOV     DPTR,#TAB013
        LCALL   OUTLCD
        LCALL   DELAYX
        LCALL   DELAYX
        LCALL   SHIFTL

        LCALL   INIT
        MOV     DPTR,#TAB015
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL
                LJMP    LCDSHOW
CCK1:           MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000001B,SAX
                LJMP    CI1
SAX:            CJNE    A,#00000100B,SAX1
                LJMP    CI1
SAX1:           CJNE    A,#00000101B,SAX2
                LJMP    CI1
SAX2:           CJNE    A,#00001000B,SAX3
                LJMP    CI1
SAX3:           CJNE    A,#00001001B,SAX4
                LJMP    CI1
SAX4:           CJNE    A,#00001100B,SAX5
                LJMP    CI1
SAX5:           CJNE    A,#00001101B,SAX6
                LJMP    CI1
SAX6:           RET

STEPING1:       LCALL   LCDSHOW2
                MOV     R3,SUBA
MAIN3:          LCALL   CCK1
                MOV     R4,#12
MAIN33:         MOV     A,#0F6H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F7H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F3H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FBH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F9H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FDH
                MOV     DPTR,#PORTH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FCH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FEH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                DJNZ    R4,MAIN33
                DJNZ    R3,MAIN3
                RET

CI50:           MOV     A,#11111111B
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     A,#11111111B
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     A,R3
                MOV     B,#2
                DIV     AB
                MOV     SUMA,A
                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB501
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL

                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB503
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL

                LCALL   INIT
                MOV     DPTR,#TAB505
                LCALL   OUTLCD
                LCALL   DELAYX
                LCALL   DELAYX
                LCALL   SHIFTL
                LJMP    LCDSHOW
CCK50:          MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000010B,VIT
                LJMP    CI50
VIT:            CJNE    A,#00000100B,VIT1
                LJMP    CI50
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VIT1:       CJNE    A,#00000110B,VIT2
            LJMP    CI50
VIT2:       CJNE    A,#00001000B,VIT3
            LJMP    CI50
VIT3:       CJNE    A,#00001010B,VIT4
            LJMP    CI50
VIT4:       CJNE    A,#00001100B,VIT5
            LJMP    CI50
VIT5:       CJNE    A,#00001110B,VIT6
            LJMP    CI50
VIT6:       RET

STEPING50:LCALL     LCDSHOW2
            MOV     R3,SUBA
MAIN444:    LCALL   CCK50
            MOV     R4,#12
MAIN44:     MOV     A,#06FH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY

            MOV     A,#07FH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY

            MOV     A,#03FH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY

            MOV     A,#0BFH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY

            MOV     A,#09FH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY

            MOV     A,#0DFH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY

            MOV     A,#0CFH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY

            MOV     A,#0EFH
            MOV     DPTR,#PORTH
            MOVX    @DPTR,A
            LCALL   ADELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R4,MAIN44
                DJNZ    R3,MAIN444
                RET

OUT:            LCALL   LCDSHOW2
N1:             MOV     R4,#36
N11:            MOV     A,#0FEH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FCH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FDH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F9H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FBH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F3H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F7H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F6H
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                DJNZ    R4,N11
                MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000001B,JE
                LJMP    OUT1
JE:             CJNE    A,#00000010B,JE1
                LJMP    OUT1
JE1:            CJNE    A,#00000011B,JE2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    OUT1
JE2:            CJNE    A,#00000100B,JE3
                LJMP    OUT1
JE3:            CJNE    A,#00000101B,JE4
                LJMP    OUT1
JE4:            CJNE    A,#00000110B,JE5
                LJMP    OUT1
JE5:            CJNE    A,#00000111B,JE6
                LJMP    OUT1
JE6:            CJNE    A,#00000000B,JE7
                LJMP    OUT1
JE7:            LJMP    N1

OUT1:
N2:             MOV     R4,#36
N22:            MOV     A,#0EFH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0CFH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0DFH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#09FH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0BFH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#03FH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#07FH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#06FH
                MOV     DPTR,#PORTG
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                DJNZ    R4,N22
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000001B,NO
                LJMP    OUT2
NO:             CJNE    A,#00000010B,NO1
                LJMP    OUT2
NO1:            CJNE    A,#00000011B,NO2
                LJMP    OUT2
NO2:            CJNE    A,#00001000B,NO3
                LJMP    OUT2
NO3:            CJNE    A,#00001001B,NO4
                LJMP    OUT2
NO4:            CJNE    A,#00001010B,NO5
                LJMP    OUT2
NO5:            CJNE    A,#00001011B,NO6
                LJMP    OUT2
NO6:            CJNE    A,#00000000B,NO7
                LJMP    OUT2
NO7:            LJMP    N2

OUT2:
N3:             MOV     R4,#36
N33:            MOV     A,#0F6H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F7H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F3H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FBH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0F9H
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FDH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FCH
                MOV     DPTR,#PORTH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0FEH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                DJNZ    R4,N33
                MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000001B,SA
                LJMP    OUT3
SA:             CJNE    A,#00000100B,SA1
                LJMP    OUT3
SA1:            CJNE    A,#00000101B,SA2
                LJMP    OUT3
SA2:            CJNE    A,#00001000B,SA3
                LJMP    OUT3
SA3:            CJNE    A,#00001001B,SA4
                LJMP    OUT3
SA4:            CJNE    A,#00001100B,SA5
                LJMP    OUT3
SA5:            CJNE    A,#00001101B,SA6
                LJMP    OUT3
SA6:            CJNE    A,#00000000B,SA7
                LJMP    OUT3
SA7:            LJMP    N3

OUT3:
N444:
                MOV     R4,#36
N4:             MOV     A,#06FH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#07FH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#03FH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0BFH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#09FH
                MOV     DPTR,#PORTH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0DFH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0CFH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                MOV     A,#0EFH
                MOV     DPTR,#PORTH
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   ADELAY

                DJNZ    R4,N4
                MOV     DPTR,#PORTF
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                MOVX    A,@DPTR
                CJNE    A,#00000010B,VI
                LJMP    LCDIN
VI:             CJNE    A,#00000100B,VI1
                LJMP    LCDIN
VI1:            CJNE    A,#00000110B,VI2
                LJMP    LCDIN
VI2:            CJNE    A,#00001000B,VI3
                LJMP    LCDIN
VI3:            CJNE    A,#00001010B,VI4
                LJMP    LCDIN
VI4:            CJNE    A,#00001100B,VI5
                LJMP    LCDIN
VI5:            CJNE    A,#00001110B,VI6
                LJMP    LCDIN
VI6:            CJNE    A,#00000000B,VI7
                LJMP    LCDIN
VI7:            LJMP    N444

BDELAY:         MOV     R2,#02H
BDEL2:          MOV     R1,#0F0H
BDEL1:          DJNZ    R1,BDEL1
                DJNZ    R2,BDEL2
                RET

CDELAY:         MOV     R2,#04H
CDEL2:          MOV     R1,#0F0H
CDEL1:          DJNZ    R1,BDEL1
                DJNZ    R2,BDEL2
                RET

;*********************RESET*********************
SET00:          MOV     A,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     B,#00H
                MOV     R0,#00H
                MOV     R1,#00H
                MOV     R2,#00H
                MOV     R3,#00H
                MOV     R4,#00H
                MOV     R5,#00H
                MOV     R6,#00H
                MOV     R7,#00H
                MOV     SUMA,#00H
                MOV     SUMB,#00H
                MOV     SUMC,#00H
                MOV     SUMD,#00H

                LJMP    SENSOR
RIN:            LCALL   DELAYX
                END
```

รูปที่ ค.8 โปรแกรมการทำงานของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

1. ภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญ

รายการอุปกรณ์	จำนวน	
1. R 1 kΩ	3	ตัว
2. R 810 Ω	1	ตัว
3. R 100 Ω	1	ตัว
4. R 2.2 kΩ	1	ตัว
5. C 1 μF 16 V	1	ตัว
6. C 0.01 μF 50 V	1	ตัว
7. 2SC458	1	ตัว
8. OPTO H11A1	1	ตัว
9. 74HC191	2	ตัว
10. NE555	1	ตัว

2. ภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเหรียญ

1. R 3.9 kΩ	1	ตัว
2. R 12 kΩ	1	ตัว
3. R 1.5 kΩ	2	ตัว
4. R 1 kΩ	1	ตัว
5. R 56 Ω	1	ตัว
6. R 51 kΩ	1	ตัว
7. R 5 kΩ	1	ตัว
8. R 22 kΩ	1	ตัว
9. R 10 kΩ	1	ตัว
10. C 2.2 μF 16 V	2	ตัว
11. C 0.1 μF 50 V	1	ตัว
12. C 0.001 μF 50 V	1	ตัว
13. C 0.033 μF 50 V	1	ตัว
14. C 0.47 μF 16 V	1	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการอุปกรณ์	จำนวน	
15. C 150 pF 50 V	1	ตัว
16. L 0.33 mH	2	ตัว
17. 1N4148	3	ตัว
18. BC237B	2	ตัว
19. 2SC458	1	ตัว
20. ADC0801	1	ตัว

3. ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกเหรียญ

1. R 100 Ω	4	ตัว
2. R 33 kΩ	4	ตัว
3. C 10 μF 16 V	4	ตัว
4. 74LS14	1	ตัว
5. Switch	4	ตัว

4. ภาคขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

1. R 220 kΩ	8	ตัว
2. R 330 Ω	4	ตัว
3. R 1.5 kΩ	4	ตัว
4. 1N4001	4	ตัว
5. BD139	4	ตัว
6. LED	4	ตัว
7. OPTO PC817	4	ตัว
8. Stepper Motor 12 V	1	ตัว

5. ภาคขับโซลินอยล์

1. R 2.2 kΩ	1	ตัว
2. 1N4001	1	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ (ต่อ)

รายการอุปกรณ์	จำนวน	
3. TIP110	1	ตัว
4. Solenoid 12 V	1	ตัว

6. ภาคจ่ายไฟ

1. R 100 Ω	1	ตัว
2. R 10 Ω / 5 W	1	ตัว
3. C 10 μF 16 V	1	ตัว
4. C 0.1 μF 50 V	1	ตัว
5. C 4700 μF 50 V	1	ตัว
6. Bridge Diode 100V / 6 A	1	ตัว
7. Zener Diode 7.5 V	1	ตัว
8. 7805CT	1	ตัว
9. 7812CT	1	ตัว
10. TIP2955	1	ตัว
11. Transformer 12-0 V / 3 A	1	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

November 1999

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit µP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE ® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Features

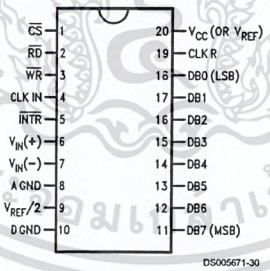
- Compatible with 8080 µP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

Key Specifications

- Resolution 8 bits
- Total error ±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
- Conversion time 100 µs

Connection Diagram

ADC080X
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



See Ordering Information

Ordering Information

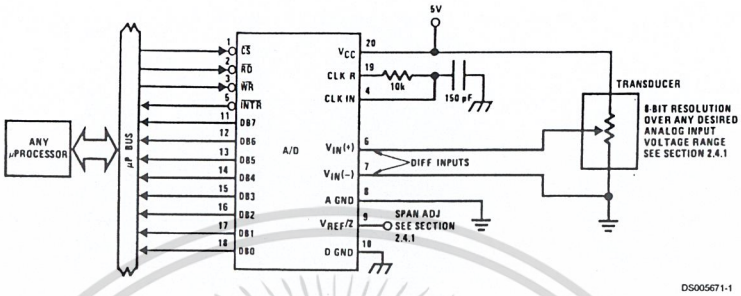
TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	−40°C TO +85°C
ERROR	±¼ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	±½ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	±½ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	±1Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

TRI-STATE ® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

© 1999 National Semiconductor Corporation DS005671

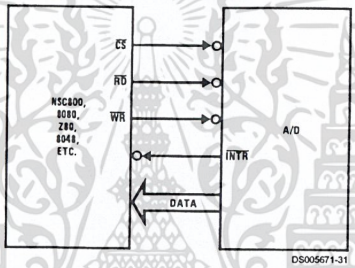
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications



DS005671-1

8080 Interface



DS005671-31

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)			
Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF}/2$=2.500 V_{DC} (No Adjustments)	$V_{REF}/2$=No Connection (No Adjustments)
ADC0801	±¼ LSB		
ADC0802		±½ LSB	
ADC0803	±½ LSB		
ADC0804		±1 LSB	
ADC0805			±1 LSB

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°C	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0804LCJ	−40°C ≤ T_A ≤ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	−40°C ≤ T_A ≤ +85°C
ADC0804LCN	0°C ≤ T_A ≤ +70°C
ADC0802/04LCWM	0°C ≤ T_A ≤ +70°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}, $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ 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)			±¼	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$=2.500 V_{DC}			±½	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			±½	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	2.5	8.0		kΩ
	ADC0804 (Note 9)	0.75	1.1		kΩ
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		±1/16	±⅛	LSB
Power Supply Sensitivity	V_{CC}=5 V_{DC} ±10% Over Allowed V_{IN}(+) and V_{IN}(−) Voltage Range (Note 4)		±1/16	±⅛	LSB

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for V_{CC}=5 V_{DC} and $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ 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	(Notes 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
f_{CLK}	Clock Frequency	V_{CC}=5V, (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle		40		60	%
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	$\overline{INTR}$ tied to $\overline{WR}$ with $\overline{CS}$ =0 V_{DC}, f_{CLK}=640 kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(\overline{WR})L}$	Width of $\overline{WR}$ Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS}$ =0 V_{DC} (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid)	C_L=100 pF		135	200	ns
t_{1H}, t_{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of $\overline{RD}$ 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 $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$ to Reset of $\overline{INTR}$			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
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]						
V_{IN} (1)	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	V_{CC}=5.25 V_{DC}	2.0		15	V_{DC}
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 µA V_{CC}=4.75 V_{DC}			0.4	V_{DC}
V_{OUT} (1)	Logical "1" CLK R Output Voltage	I_O=−360 µA V_{CC}=4.75 V_{DC}	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND $\overline{INTR}$						
V_{OUT} (0)	Logical "0" Output Voltage Data Outputs $\overline{INTR}$ 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 µA, V_{CC}=4.75 V_{DC}	2.4			V_{DC}
V_{OUT} (1)	Logical "1" Output Voltage	I_O=−10 µA, 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°C	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC}, T_A=25°C	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current) ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCWM	f_{CLK}=640 kHz, $V_{REF}/2$=NC, T_A=25°C and $\overline{CS}$ =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 $V_{IN}(-) \ge V_{IN}(+)$ 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 4* and section 2.0.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

Note 7: The $\overline{CS}$ input is assumed to bracket the $\overline{WR}$ strobe input and therefore timing is dependent on the $\overline{WR}$ 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 $\overline{WR}$ pulse (see timing diagrams).

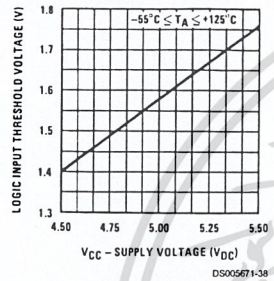
Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and *Figure 7*.

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 kΩ. In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 kΩ.

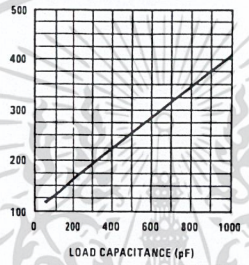
Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Typical Performance Characteristics

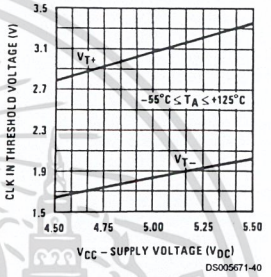
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



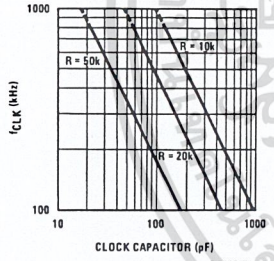
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



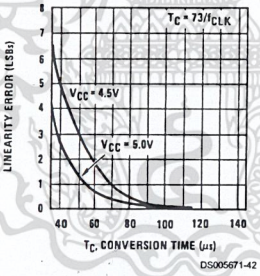
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



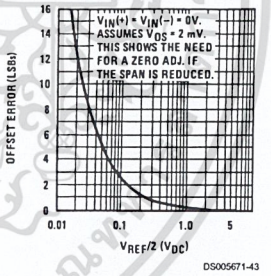
f_{CLK} vs. Clock Capacitor



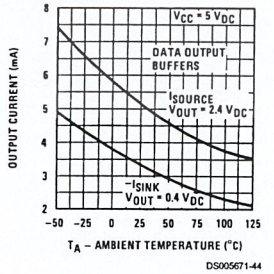
Full-Scale Error vs Conversion Time



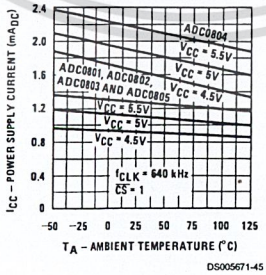
Effect of Unadjusted Offset Error vs. $V_{REF}/2$ Voltage



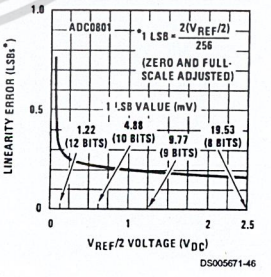
Output Current vs Temperature



Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



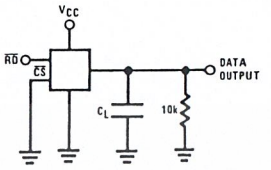
Linearity Error at Low $V_{REF}/2$ Voltages



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

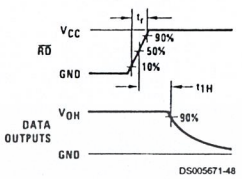
TRI-STATE Test Circuits and Waveforms

t_{1H}



DS005671-47

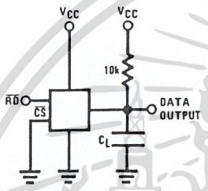
t_{1H}, C_L=10 pF



DS005671-48

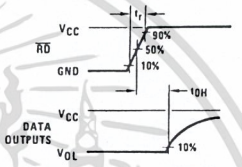
t_r=20 ns

t_{0H}



DS005671-49

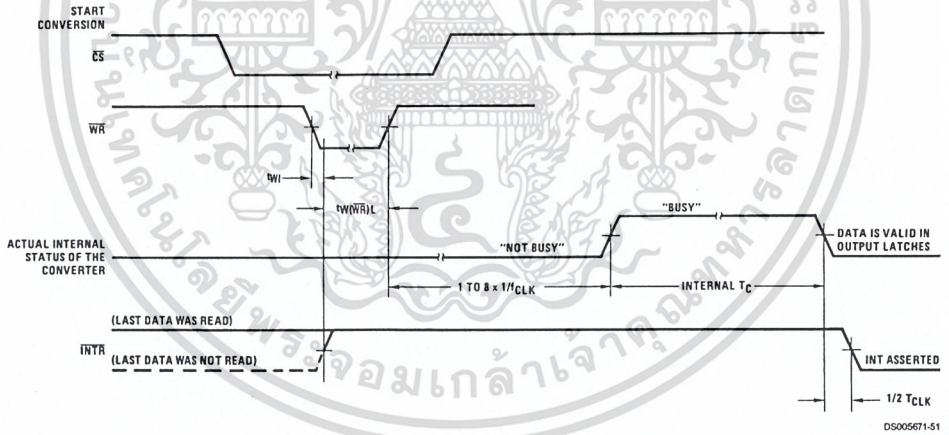
t_{0H}, C_L=10 pF



DS005671-50

t_r=20 ns

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

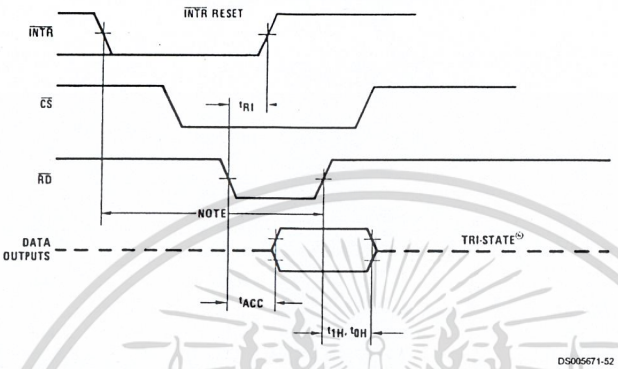


DS005671-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

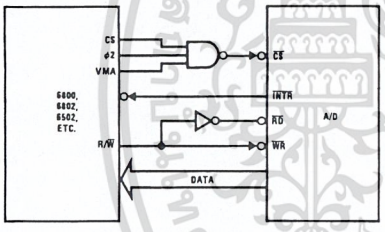
Output Enable and Reset with $\overline{INTR}$



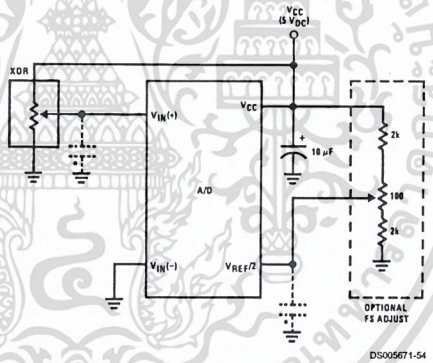
Note: Read strobe must occur 8 clock periods ($8/f_{CLK}$) after assertion of interrupt to guarantee reset of $\overline{INTR}$.

Typical Applications

6800 Interface



Ratiometeric with Full-Scale Adjust

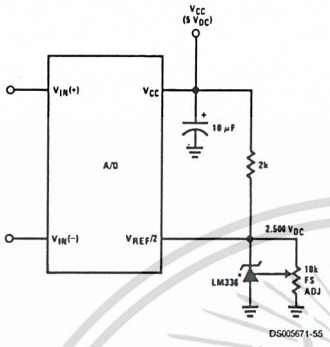


Note: before using caps at V_{IN} or $V_{REF}/2$, see section 2.3.2 Input Bypass Capacitors.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

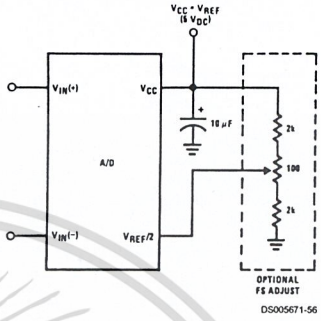
Absolute with a 2.500V Reference



DS005671-55

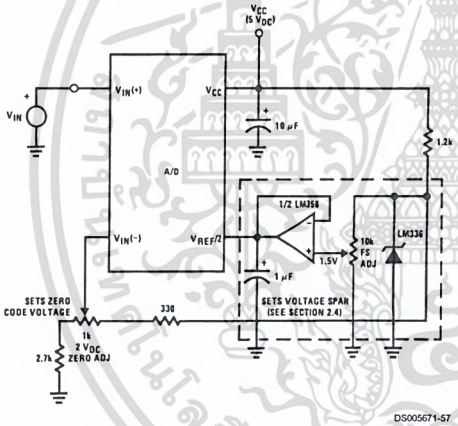
*For low power, see also LM385–2.5

Absolute with a 5V Reference



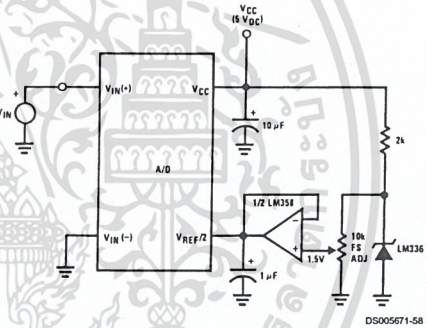
DS005671-56

Zero-Shift and Span Adjust: 2V ≤ V_{IN} ≤ 5V



DS005671-57

Span Adjust: 0V ≤ V_{IN} ≤ 3V

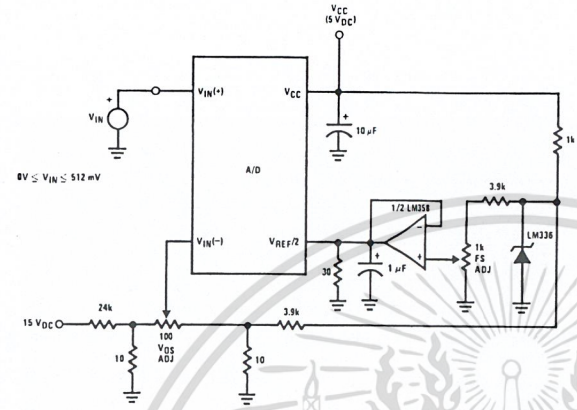


DS005671-58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

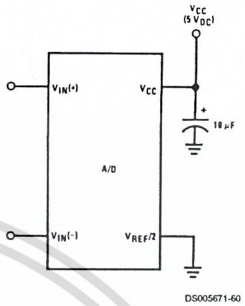
Directly Converting a Low-Level Signal



DS005671-59

$V_{REF}/2$=256 mV

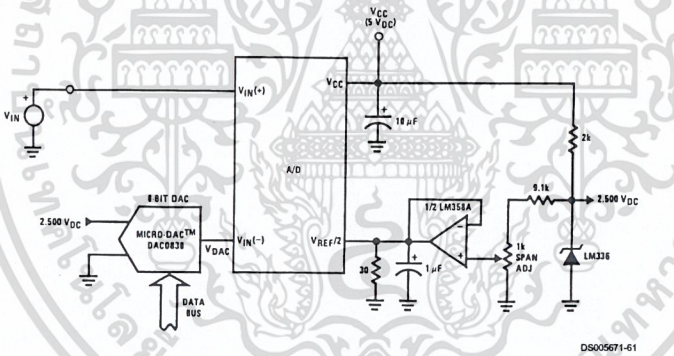
A µP Interfaced Comparator



DS005671-60

For:
$V_{IN}(+) > V_{IN}(-)$
Output=FF_{HEX}
For:
$V_{IN}(+) < V_{IN}(-)$
Output=00_{HEX}

1 mV Resolution with µP Controlled Range



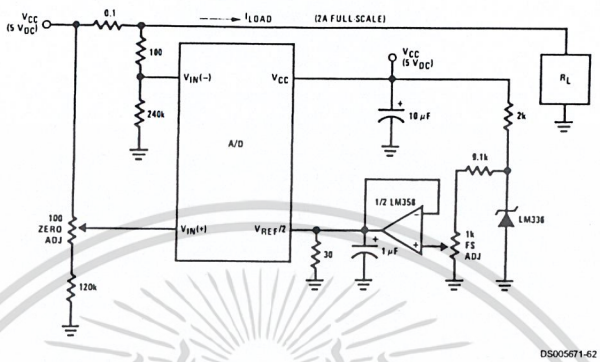
DS005671-61

$V_{REF}/2$=128 mV
1 LSB=1 mV
$V_{DAC} \leq V_{IN} \leq (V_{DAC}+256\ mV)$
$0 \leq V_{DAC} < 2.5V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

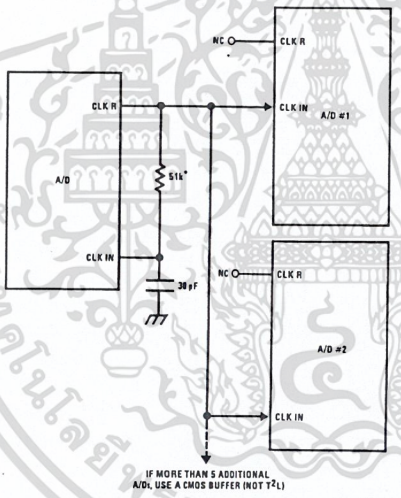
Typical Applications (Continued)

Digitizing a Current Flow



DS005671-62

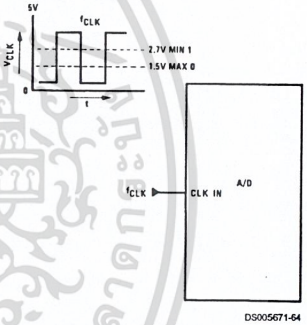
Self-Clocking Multiple A/Ds



DS005671-63

* Use a large R value to reduce loading at CLK R output.

External Clocking



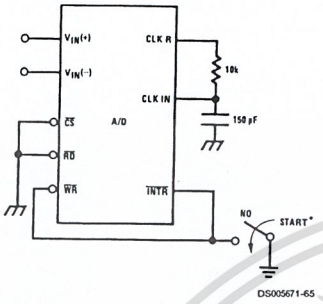
DS005671-64

100 kHz≤f_{CLK}≤1460 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

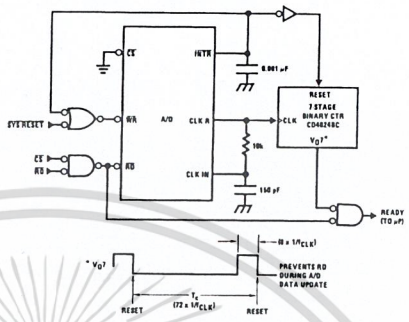
Self-Clocking in Free-Running Mode



DS005671-65

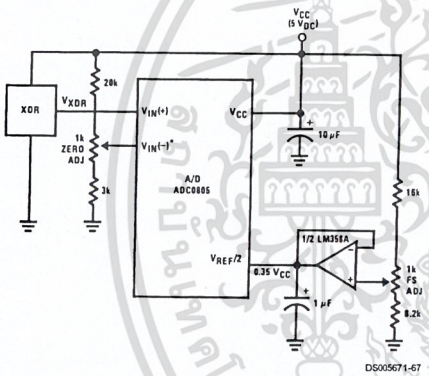
*After power-up, a momentary grounding of the $\overline{WR}$ input is needed to guarantee operation.

µP Interface for Free-Running A/D



DS005671-66

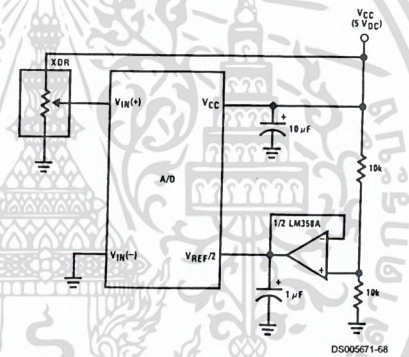
Operating with "Automotive" Ratiometric Transducers



DS005671-67

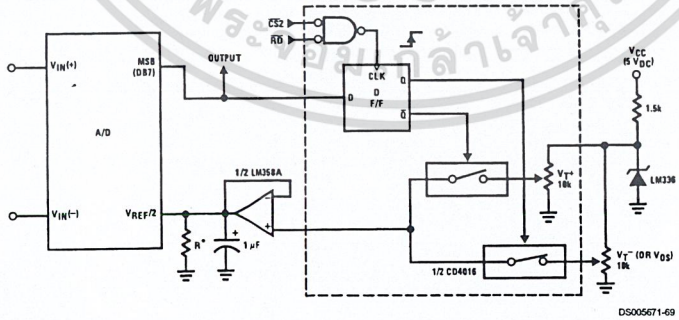
*$V_{IN}(-)$=0.15 V_{CC}
15% of $V_{CC} \leq V_{XDR} \leq 85\%$ of V_{CC}

Ratiometric with $V_{REF}/2$ Forced



DS005671-68

µP Compatible Differential-Input Comparator with Pre-Set V_{OS} (with or without Hysteresis)



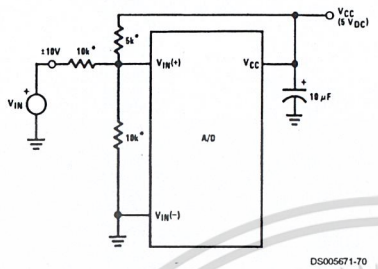
DS005671-69

*See *Figure 5* to select R value
DB7="1" for $V_{IN}(+) > V_{IN}(-)+(V_{REF}/2)$
Omit circuitry within the dotted area if hysteresis is not needed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

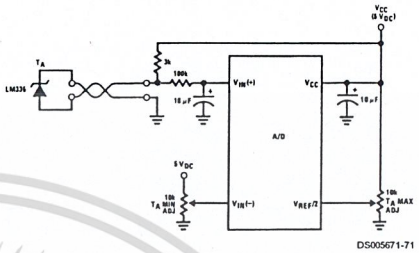
Handling ±10V Analog Inputs



DS005671-70

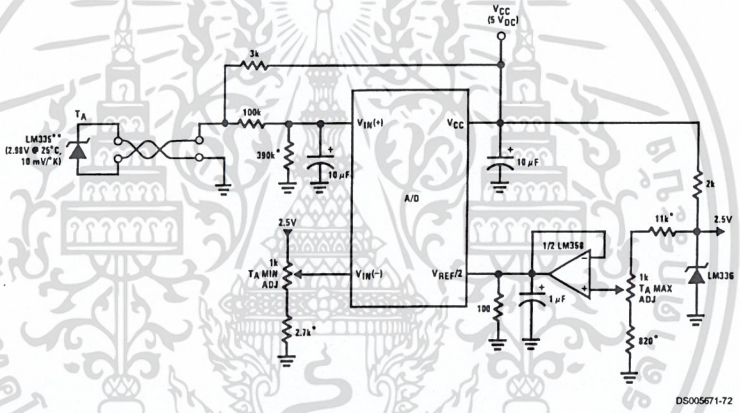
*Beckman Instruments #694-3-R10K resistor array

Low-Cost, µP Interfaced, Temperature-to-Digital Converter



DS005671-71

µP Interfaced Temperature-to-Digital Converter



DS005671-72

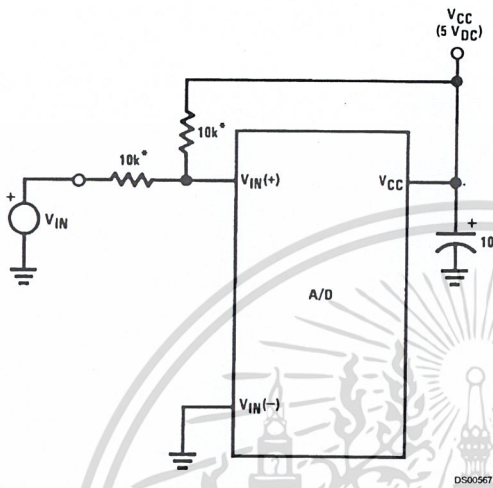
*Circuit values shown are for 0°C≤T_A≤+128°C

***Can calibrate each sensor to allow easy replacement, then A/D can be calibrated with a pre-set input voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

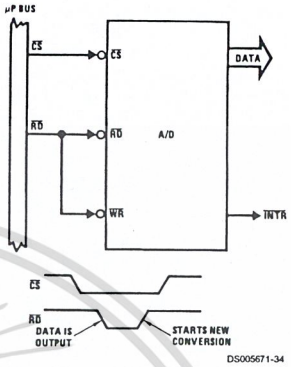
Handling ±5V Analog Inputs



DS005671-33

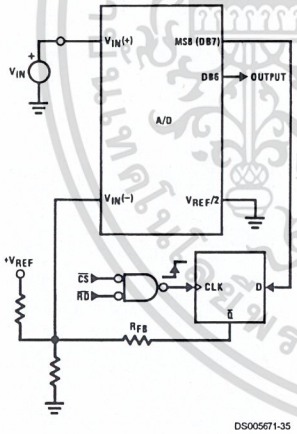
*Beckman Instruments #694-3-R10K resistor array

Read-Only Interface



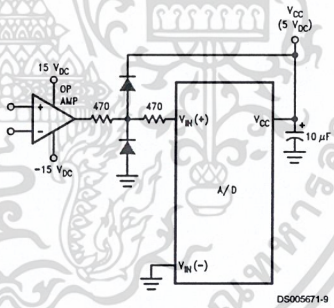
DS005671-34

µP Interfaced Comparator with Hysteresis



DS005671-35

Protecting the Input



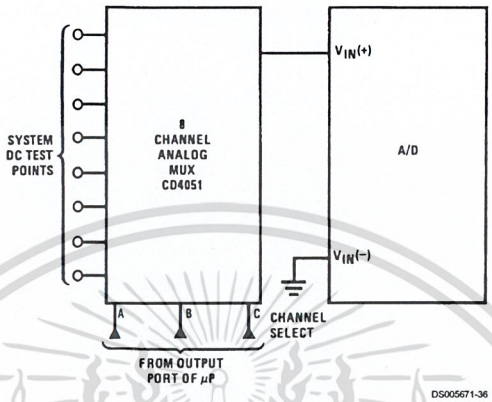
Diodes are 1N914

DS005671-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

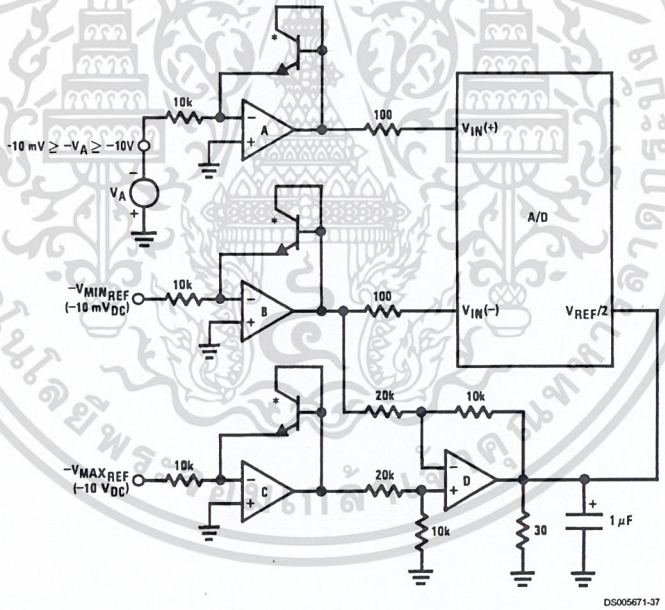
Typical Applications (Continued)

Analog Self-Test for a System



DS005671-36

A Low-Cost, 3-Decade Logarithmic Converter



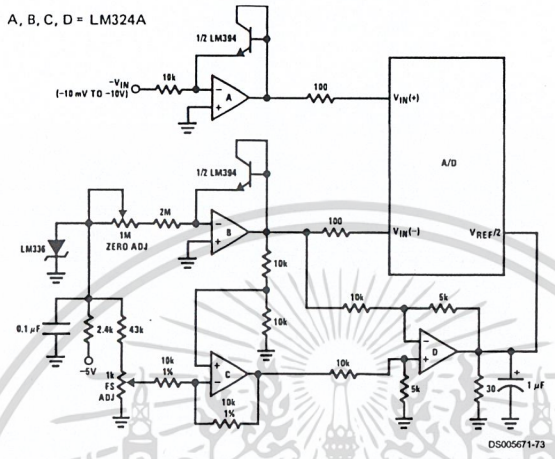
DS005671-37

*LM389 transistors
A, B, C, D = LM324A quad op amp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

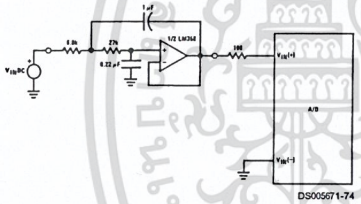
Typical Applications (Continued)

3-Decade Logarithmic A/D Converter



DS005671-73

Noise Filtering the Analog Input



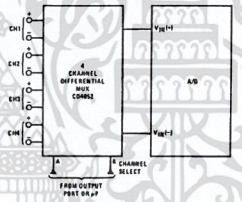
DS005671-74

f_C=20 Hz

Uses Chebyshev implementation for steeper roll-off unity-gain, 2nd order, low-pass filter

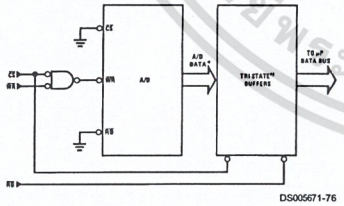
Adding a separate filter for each channel increases system response time if an analog multiplexer is used

Multiplexing Differential Inputs



DS005671-75

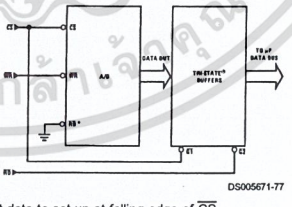
Output Buffers with A/D Data Enabled



DS005671-76

*A/D output data is updated 1 CLK period prior to assertion of $\overline{INTR}$

Increasing Bus Drive and/or Reducing Time on Bus



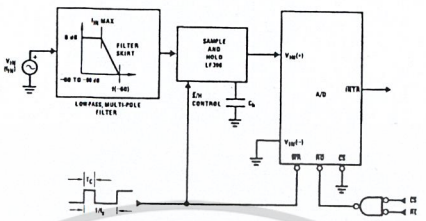
DS005671-77

*Allows output data to set-up at falling edge of $\overline{CS}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Sampling an AC Input Signal

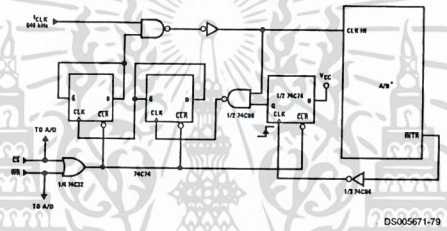


DS005671-78

Note 11: Oversample whenever possible [keep fs > 2f(−60)] to eliminate input frequency folding (aliasing) and to allow for the skirt response of the filter.

Note 12: Consider the amplitude errors which are introduced within the passband of the filter.

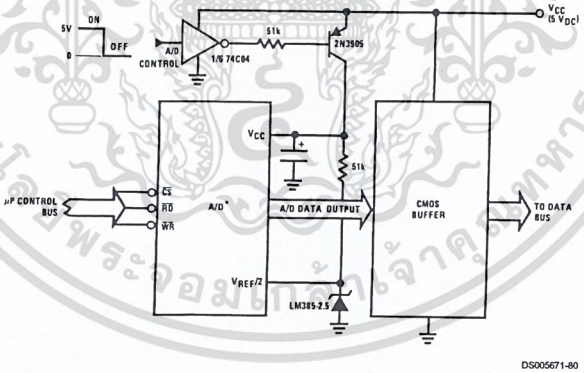
70% Power Savings by Clock Gating



DS005671-79

(Complete shutdown takes ~ 30 seconds.)

Power Savings by A/D and V_{REF} Shutdown



DS005671-80

*Use ADC0801, 02, 03 or 05 for lowest power consumption.

Note: Logic inputs can be driven to V_{CC} with A/D supply at zero volts.

Buffer prevents data bus from overdriving output of A/D when in shutdown mode.

Functional Description

1.0 UNDERSTANDING A/D ERROR SPECS

A perfect A/D transfer characteristic (staircase waveform) is shown in *Figure 1*. The horizontal scale is analog input voltage and the particular points labeled are in steps of 1 LSB (19.53 mV with 2.5V tied to the $V_{REF}/2$ pin). The digital output codes that correspond to these inputs are shown as D−1, D, and D+1. For the perfect A/D, not only will center-value (A−1, A, A+1, ...) analog inputs produce the correct output digital codes, but also each riser (the transitions between adjacent output codes) will be located ±½ LSB away from each center-value. As shown, the risers are ideal and have no width. Correct digital output codes will be provided for a range of analog input voltages that extend ±½ LSB from the ideal center-values. Each tread (the range of analog input voltage that provides the same digital output code) is therefore 1 LSB wide.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

เครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

AUTOMATIC COIN EXCHANGE

รูปที่ จ.1 แสดงด้านหน้าของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1 แสดงด้านหน้าของเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ช่องหยอดเหรียญ สำหรับให้ผู้ใช้บริการทำการหยอดเหรียญลงไปในช่องนี้ เมื่อต้องการขอใช้บริการเครื่อง

2) จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ใช้สำหรับแสดงค่าจำนวนเงิน และแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ของเครื่อง

3) สวิตช์ 50 สตางค์ ใช้สำหรับเลือกเหรียญชนิด 50 สตางค์

4) สวิตช์ 1 บาท ใช้สำหรับเลือกเหรียญชนิด 1 บาท

5) สวิตช์ 5 บาท ใช้สำหรับเลือกเหรียญชนิด 5 บาท

6) สวิตช์ 10 บาท ใช้สำหรับเลือกเหรียญชนิด 10 บาท

7) ช่องรับเหรียญ ใช้สำหรับให้ผู้ใช้บริการทำการหยิบเหรียญจากช่องนี้ เมื่อขอใช้บริการเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ขั้นตอนการใช้งานเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ

1) เสียบปลั๊กไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

2) เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายของเครื่อง

3) เมื่อเครื่องพร้อมใช้งาน จอแสดงผลแบบผลึกแหลวจะแสดง

INSERT COIN

4) ให้ผู้ใช้บริการทำการหยอดเหรียญที่ต้องการจะแลก

5) เมื่อหยอดเหรียญเสร็จเรียบร้อยแล้ว จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดงค่าจำนวนเงินที่หยอดลงไป เช่นเมื่อหยอดเหรียญ 10 บาทลงไป จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

10 BATH

6) ให้ผู้ใช้บริการเลือกชนิดของเหรียญที่ต้องการ

7) เครื่องจะทำการจ่ายเหรียญชนิดที่ต้องการออกมา พร้อมกับหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

Please Wait!

8) รับเหรียญที่ช่องรับเหรียญ

2. การใช้งานเครื่องแลกเหรียญอัตโนมัติ ในกรณีที่มีเหรียญหมดขณะทำการแลกเหรียญ

1) ในกรณีที่เครื่องทำการจ่ายเหรียญออกมายังไม่ครบจำนวนเงิน แล้วเหรียญชนิดที่เลือกหมด เครื่องไม่สามารถให้บริการต่อได้ หน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

Can't Service

2) จากนั้นเครื่องจะบอกว่าเหรียญชนิดใดหมด เช่น ถ้าเป็นเหรียญ 5 บาท หมด หน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coin 5 BATH

3) จากนั้นให้ผู้ใช้บริการทำการเลือกเหรียญชนิดอื่นที่มีอยู่ หน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

Please Newselect

4) พร้อมทั้งแสดงจำนวนเงินที่เหลืออยู่ โดยหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

5 BATH

5) เมื่อเลือกเหรียญที่ต้องการแล้ว เครื่องจะทำการจ่ายเหรียญชนิดที่ต้องการออกมา พร้อมกับหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

Please Wait!

6) รับเหรียญที่ช่องรับเหรียญ

3. ขั้นตอนการเติมเหรียญ

3.1 ในกรณีที่เหรียญใดเหรียญหนึ่งหมดพร้อมกัน 2 ชนิดขึ้นไป

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

*******Error*******

ในกรณีนี้ เครื่องไม่สามารถให้บริการต่อได้ จึงต้องทำการเติมเหรียญลงไปเพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องต่อไปได้ ซึ่งขั้นตอนการเติมเหรียญมีดังนี้

1) ทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์ และ 10 บาท พร้อมกัน รอจนประตูโซลินอยล์ทำการเปิดให้เติมเหรียญ

2) ทำการเติมเหรียญชนิดที่หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการกดสวิตช์ 1 บาท และ 5 บาท พร้อมกัน รอจนประตูโซลินอยล์ทำการปิดการเติมเหรียญ

4) เมื่อเครื่องพร้อมใช้งาน จอแสดงผลแบบผลึกแหลวจะแสดง

INSERT COIN

3.2 ในกรณีที่เหรียญหมดเพียงเหรียญเดียว หรือยังไม่หมด แต่ต้องการเติมเหรียญ

ในกรณีนี้ เครื่องยังสามารถให้บริการต่อได้ ซึ่งขั้นตอนการเติมเหรียญมีดังนี้

1) ทำการกดสวิตช์ 50 สตางค์ และ 10 บาท พร้อมกัน รอจนประตูโซลินอยล์ทำการเปิดให้เติมเหรียญ

2) ทำการเติมเหรียญชนิดที่ต้องการ โดยให้อยู่ภายในระยะเวลา 15 วินาที ประตูโซลินอยล์จะทำการปิดเองอัตโนมัติ

3) เมื่อเครื่องพร้อมใช้งาน จอแสดงผลแบบผลึกแหลวจะแสดง

INSERT COIN

4. ขั้นตอนการนำเหรียญออก

ในกรณีที่เครื่องมีปัญหาขัดข้อง ไม่สามารถให้บริการต่อได้ เราจึงต้องทำการตรวจซ่อมเครื่อง ถ้าเราต้องการให้เครื่องทำการจ่ายเหรียญออกมาให้หมด เพื่อความสะดวกในการตรวจซ่อม เราสามารถทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) กดสวิตช์เหรียญ 50 สตางค์, 1 บาท, 5 บาท หรือ 10 บาท เหรียญใดเหรียญหนึ่ง 1 ครั้ง จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

NEW SELECT

2) กดสวิตช์ 5 บาท และ 10 บาท พร้อมกัน รอจนหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดง

0 BATH

3) กดสวิตช์ 1 บาท และ 5 บาท พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) กดสวิตช์ 50 สตางค์ และ 1 บาท พร้อมกัน

5) เครื่องจะทำการจ่ายเหรียญทั้งหมดออกมาทันที โดยจะจ่ายออกมาทีละชนิดของเหรียญ เริ่มจากเหรียญ 10 บาท, 5 บาท, 1 บาท และ 50 สตางค์ ตามลำดับ จนกว่าไมโครสวิตช์จะทำการตรวจสอบว่าไม่มีเหรียญแล้ว จึงจะหยุดทำการจ่ายเหรียญ

6) จากนั้น จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

*******Error*******

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กาญจนสิทธิ์ โภคพูล และทิศาพล เชยกลิ่น. **เครื่องจำหน่ายบุหรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540

ทินกร แซ่ฮ่อ และคณะ. **การศึกษาและออกแบบเครื่องรับรู้เหรียญ**. ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2539

ชวลิต ขุนราม. "เครื่องหยอดเหรียญระบบอิเล็กทรอนิกส์". **เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 2543. เล่มที่ 205 หน้า 167-170

ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด. **เข้าใจ/สร้าง/เล่น ไมโครโปรเซสเซอร์ 2**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 2539

บริษัท ศิลารีเสิร์ช จำกัด. **คู่มือบอร์ด ANT-3172**. กรุงเทพมหานคร : หน้า 1-21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายปรีชา อูปคำ
วัน เดือน ปีเกิด	7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
ภูมิลำเนาเดิม	112/1 หมู่ 5 ต.ป่าตัน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง 52150
ที่อยู่ปัจจุบัน	112/1 หมู่ 5 ต.ป่าตัน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง 52150
โทรศัพท์	(054) 353065, 353267

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านป่าตัน จ.ลำปาง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนแม่ทะวิทยา จ.ลำปาง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จ.ลำปาง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จ.ลำปาง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	แพ้ได้แต่อย่าท้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายพิพัฒน์ วัฒนกุล
วัน เดือน ปีเกิด	24 กันยายน พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ภูมิลำเนาเดิม	46/4 หมู่ 2 ต.วังตะเคียน อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
ที่อยู่ปัจจุบัน	46/4 หมู่ 2 ต.วังตะเคียน อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
โทรศัพท์	(038) 513189

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดปิตุลาธิราชรังสฤษดิ์ จ.ฉะเชิงเทรา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเซนต์หลุยส์ จ.ฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จ.ฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จ.ฉะเชิงเทรา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	รักจริงหวังแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายภักดี บุญประดิษฐ์
วัน เดือน ปีเกิด	9 มีนาคม พ.ศ. 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ภูมิลำเนาเดิม	193/24 ถนนมหาจักรพรรดิ์ ต.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
ที่อยู่ปัจจุบัน	193/24 ถนนมหาจักรพรรดิ์ ต.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา 24000
โทรศัพท์	(038) 814200

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเทพประสิทธิ์วิทยา จ.ฉะเชิงเทรา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพุทธโสธร จ.ฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จ.ฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จ.ฉะเชิงเทรา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	คนที่ยังไม่เคยทำพลาดเลย คือคนที่ยังไม่เคยทำเรื่องใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้