



ภาควิชาวิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ ระบบช่วยเหลือทารกถึงอัตโนมัติ

Semi-Automatic Infant Caring System

ชื่อนักศึกษา 1. นายธนา แก้วพินาย รหัสประจำตัว 44035368  
2. นายอัญญาสึ นาคสินธุ์ รหัสประจำตัว 44035387

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กิติพงศ์ มะโน

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุชิน อาจหาญ

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน	
2. ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม	
3. อาจารย์ปิยะ สุภวาราสวัสดิ์	
4. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ	
5. อาจารย์สุระชัย พิมพ์สวัสดิ์	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.301 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 30 เดือน 12 ปี พ.ศ. 2546



<BT4502152>

ระบบช่วยเหลือทารกถึงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

611319284

# ปริญญาานิพนธ์

ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ

SEMI-AUTOMATIC INFANT CARING SYSTEM



นายธนา แก้วพินาย  
นายอัญญาธิ นาคสินธุ์

เลขที่.....  
เลขทะเบียน 48335  
วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

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

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์  
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ  
Semi-Automatic Infant Caring System

## วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ
- 2) เพื่อออกแบบระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ
- 3) เพื่อสร้างระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ
- 4) เพื่อทดสอบระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ
- 5) เพื่อนำระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติไปใช้งานในการเลี้ยงทารกได้

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ความรู้ในการออกแบบระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ
- 2) ได้ระบบและวงจรควบคุมระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ
- 3) ได้ต้นแบบระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ
- 4) ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน และทราบวิธีการแก้ปัญหา
- 5) สามารถนำระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติไปใช้งานในการเลี้ยงทารกได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายธนา	แคพิมาย
	นายอัญยาสิทธิ์	นาคสินธุ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุชิน	อาจหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์กิติพงศ์	มะโน
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2545	

### บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบขงนม กับระบบไกวเปล ซึ่งทั้งสองระบบนี้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติ และแบบกึ่งอัตโนมัติได้ ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัตินี้ สามารถขงนมได้ถูกต้องตามสัดส่วนที่ทารกแต่ละวัยต้องการตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข สามารถตั้งเวลาการขงนมในแต่ละวันได้ ภายในหนึ่งวันสามารถขงนมได้ตั้งแต่ 3-8 ขวด นอกจากนี้ยังสามารถขงนมติดต่อกันได้ 2 ขวด เมื่อเลือกการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ มีระบบไกวเปลแบบอัตโนมัติเมื่อมีเสียงเค็กร้องเกิดขึ้น พร้อมทั้งมีระบบส่งสัญญาณเตือนไร้สายแบบสั้นครอบคลุมพื้นที่ 1,256 ตารางเมตร ซึ่งจากการทดลองได้ผลการทดลองตรงตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## II

Thesis Title	Semi-Automatic Infant Caring System
Students	Mr. Thana Kapimai Mr. Unyasi Naksin
Advisor	Mr. Suchin Adhan
Co-Advisor	Mr. Kitipong Mano
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Electronics and Computer
Academic Year	2002

### ABSTRACT

This senior project proposed the semi-automatic infant caring, which is divided into two parts. They are milk mixing and swinging, these two systems are able to work both automatically and semi-automatically. Milk is mixed in the ratio that appropriate for infant by following the public health guide. Mixing time can be set 3-8 times a day and mixed two times simultaneously. When never the baby cry, swinging will be done automatically and also vibration alert system is established cover area of 1,256 m<sup>2</sup>. The experiment can be possibly done as what this senior project has been proposed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือตลอดทั้งคำแนะนำ ความคิดต่างๆ อีกทั้งด้านสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ทั้งสองท่าน ได้แก่ อาจารย์กิติพงศ์ มะโน และอาจารย์สุชิน อาจหาญ ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน และที่สำคัญที่สุด คือคณะผู้จัดทำที่ร่วมมือกันทำงานฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆ ด้วยความมานะ อุตสาหะจนสำเร็จ

คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณท่านบุพการีที่ได้ให้โอกาส ให้ขวัญกำลังใจ และให้การสนับสนุนการศึกษาโดยตลอด จึงทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ชัดความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 การดูแลเด็กแรกเกิด	3
2.2 นมผง	4
2.2.1 ส่วนประกอบสำคัญของนมผง	4
2.2.2 การเก็บรักษา	4
2.2.3 อัตราส่วนผสม	5
2.2.4 การผสมนม	5
2.2.5 การเตรียมนม	5
2.3 การชงนมให้ลูก	6
2.4 เวลาและปริมาณของการให้นมเด็ก	6
2.5 ความถี่ของการให้นมเด็ก	7
2.6 มอเตอร์กระแสดตรง	8
2.7 สเต็ปมอเตอร์	9
2.7.1 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์	12
2.7.2 การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
2.8.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	15
2.8.2 โครงสร้างภายในของ 8051	16
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	17
3.1 กล่าวนำ	17
3.2 การออกแบบ และการสร้างระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ	17
3.2.1 การออกแบบระบบฮาร์ดแวร์	17
3.2.2 การออกแบบระบบซอฟต์แวร์	27
3.2.3 การออกแบบวงจรควบคุมระบบต่างๆ	36
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	40
4.1 การทดลองทางด้านฮาร์ดแวร์	40
4.1.1 การทดลองระบบขนม	40
4.1.2 การทดลองระบบไกวเปล	45
4.2 การทดลองด้านซอฟต์แวร์	48
4.2.1 การทดลองโปรแกรมควบคุมระบบขนม	48
4.2.2 การทดลองโปรแกรมควบคุมระบบไกวเปล	51
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และการพัฒนา	53
5.1 บทสรุป	53
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	53
5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ	54
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	55
ภาคผนวก ข วงจรที่ใช้งาน	57
ภาคผนวก ค ผังการทำงาน และ โปรแกรม	61
ภาคผนวก ง รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	112
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	213
บรรณานุกรม	215
ประวัติผู้แต่ง	216

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปริมาณเฉลี่ยของนมที่ให้เด็กกินในแต่ละครั้ง	7
ตารางที่ 2.2 จำนวนครั้งของการให้นมเด็ก โดยเฉลี่ย	8
ตารางที่ 2.3 ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบเวฟ	12
ตารางที่ 2.4 ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส	13
ตารางที่ 2.5 ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบครึ่งเฟส	14
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบปริมาณกับมวลของนมผงยี่ห้อต่างๆ	41
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนนมผงลงสู่ขูดนม	42
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนน้ำลงขูดนม	43
ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของนมผง ปริมาตรของน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงนม	45
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการไกวของเพลที่มีน้ำหนักประมาณ 2-3 กิโลกรัม	46
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการไกวของเพลที่มีน้ำหนักประมาณ 4-5 กิโลกรัม	46
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการไกวของเพลที่มีน้ำหนักประมาณ 6-7 กิโลกรัม	46
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการไกวของเพลที่มีน้ำหนักประมาณ 8-9 กิโลกรัม	47
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการไกวของเพลที่มีน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัมขึ้นไป	47
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยนมผง	49
ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยน้ำ	50
ตารางที่ ง.1 รายการอุปกรณ์ของระบบชงนม	113
ตารางที่ ง.2 รายการอุปกรณ์ของระบบไกวเพล	113
ตารางที่ ง.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมสเต็ปมอเตอร์	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ ง.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	114
ตารางที่ ง.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมรีเลย์	115
ตารางที่ ง.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ควบคุมการทำงานของระบบ	115
ตารางที่ ง.7 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการทำงานทั้งระบบ	115
ตารางที่ ง.8 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมระดับน้ำ	116
ตารางที่ ง.9 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจจับสัญญาณเสียง	117



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสตีปมอเตอร์	10
รูปที่ 2.2 การควบคุม การพันขดลวด และวงจรการจ่ายไฟของสตีปมอเตอร์	11
รูปที่ 2.3 การจัดวางขา และแผนผังการทำงานของ MCS-51	16
รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมการทำงาน	17
รูปที่ 3.2 ถังน้ำสำหรับขงนม	18
รูปที่ 3.3 ระบบการจ่ายน้ำสำหรับการขงนม	19
รูปที่ 3.4 ถังนมผงสำหรับใช้ขงนม	20
รูปที่ 3.5 ถาดสำหรับวางขวดนม และสตีปมอเตอร์ที่ใช้ควบคุม	21
รูปที่ 3.6 ระบบปิดฝาขวดนม	22
รูปที่ 3.7 โครงเหล็กส่วนขงนม	23
รูปที่ 3.8 โครงเหล็กขึ้นรูปแปล	24
รูปที่ 3.9 แปลเด็กที่ใช้งานแล้ว	24
รูปที่ 3.10 ดีซีมอเตอร์สำหรับไกวแปล	25
รูปที่ 3.11 ระบบไกวแปล	25
รูปที่ 3.12 โครงสร้างของระบบช่วยเหลือยंत्रการกึ่งอัตโนมัติ	26
รูปที่ 3.13 ระบบซอร์ฟแวร์	27
รูปที่ 3.14 ผังการทำงานของระบบขงนม	28
รูปที่ 3.15 ผังการทำงานของระบบขงนมแบบอัตโนมัติ	29
รูปที่ 3.16 ผังการทำงานของระบบขงนมแบบกึ่งอัตโนมัติ	30
รูปที่ 3.17 ผังการทำงานของระบบควบคุมการปล่อยน้ำ และปล่อยนม	31
รูปที่ 3.18 ผังการทำงานของระบบควบคุมการหมุนถาดขงนม	32
รูปที่ 3.19 ผังการทำงานของระบบควบคุมการปิดฝาขวดนม	33
รูปที่ 3.20 ผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวแปลแบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ	34
รูปที่ 3.21 ผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวแปลแบบอัตโนมัติ	35
รูปที่ 3.22 ผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวแปลแบบกึ่งอัตโนมัติ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.23 วงจรที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์	37
รูปที่ 3.24 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง	38
รูปที่ 3.25 วงจรขับรีเลย์	39
รูปที่ ก.1 ส่วนของระบบขงนม	56
รูปที่ ก.2 ส่วนของระบบไกวเปล	56
รูปที่ ก.3 ระบบช่วยเหลือยทารถกึ่งอัตโนมัติ	57
รูปที่ ข.1 วงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์	59
รูปที่ ข.2 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง	60
รูปที่ ข.3 วงจรรีเลย์	61
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของระบบช่วยเหลือยทารถกึ่งอัตโนมัติ	63
รูปที่ ค.2 ผังการทำงานของระบบขงนมกึ่งอัตโนมัติ	64
รูปที่ ค.3 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติ	65
รูปที่ ค.4 ผังการทำงานของระบบขงนมกึ่งอัตโนมัติแบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์	67
รูปที่ ค.5 ผังการทำงานของระบบขงนมกึ่งอัตโนมัติแบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์	68
รูปที่ ค.6 ผังการทำงานของระบบขงนมกึ่งอัตโนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์	69
รูปที่ ค.7 ผังการทำงานของระบบขงนมกึ่งอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์	70
รูปที่ ค.8 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์ 3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	71
รูปที่ ค.9 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์ 4 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	72
รูปที่ ค.10 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์ 6 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	73
รูปที่ ค.11 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์ 8 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	74
รูปที่ ค.12 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์ 3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ค.13 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์ 4 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	76
รูปที่ ค.14 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์ 6 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	77
รูปที่ ค.15 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์ 8 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	78
รูปที่ ค.16 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์ 3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	79
รูปที่ ค.17 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์ 4 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	80
รูปที่ ค.18 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์ 6 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	81
รูปที่ ค.19 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์ 8 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	82
รูปที่ ค.20 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์ 3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	83
รูปที่ ค.21 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์ 4 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	84
รูปที่ ค.22 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์ 6 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	85
รูปที่ ค.23 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์ 8 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง	86
รูปที่ ค.24 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบช่วยเหลือยทารกถึงอัตโนมัติ	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในสภาพสังคมปัจจุบัน สภาพครอบครัวมีแนวโน้มขนาดเล็กลง โดยเฉพาะในเมืองหลวง ซึ่งแนวโน้มในลักษณะนี้ ส่งผลกระทบต่อครอบครัวหลายด้าน แต่ด้านหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ การเลี้ยงดูทารกที่คลอดใหม่ ซึ่งต้องใช้ความละเอียดถี่ถ้วนในการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันบิดามารดามีภาระงานนอกบ้านค่อนข้างมาก และเหนื่อยล้าจากการทำงาน ทำให้ประสิทธิภาพในการดูแลบุตรลดน้อยลง หรือบางครั้งอาจเกิดการผิดพลาดได้ โดยเฉพาะในการผสมนมให้ถูกต้องตามสัดส่วน ซึ่งถ้าผิดพลาดแล้วจะส่งผลต่อการขับถ่ายของทารกได้ ดังนั้นจึงได้จัดทำโครงการระบบช่วยเลี้ยงทารกกึ่งอัตโนมัติขึ้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้ยังเพิ่มฟังก์ชันอื่นๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเลี้ยงดูทารกอีกด้วย

ผู้จัดทำโครงการเล็งเห็นว่า ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการควบคุมระบบต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกมากมาย จึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาควบคุมระบบช่วยเลี้ยงทารกกึ่งอัตโนมัติ เพื่อช่วยในการอำนวยความสะดวกในการเลี้ยงดูทารกที่คลอดใหม่

### 1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการมีขีดความสามารถดังนี้

- 1) ชงนมได้สูงสุด 8 ออนซ์ ถูกต้องตามสัดส่วน
- 2) มีระบบไกวเปล ทั้งแบบอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ
- 3) สามารถเลือกการชงนมได้ ทั้งแบบอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ
- 4) สามารถชงนมได้ 4 ขวดในหนึ่งครั้งของการตั้งโปรแกรม
- 5) มีระบบสั่นเตือน ควบคุมระยะไกว 20 เมตร เมื่อทารกส่งเสียงร้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจ ในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ กล่าวถึงเนื้อหาในการดูแลเด็กแรกเกิด ชนิดของนมผง การชงนมให้เด็กทารก เวลาและปริมาณของการให้นมเด็กทารก ความถี่ของการให้นมเด็กทารก และได้กล่าวถึงทฤษฎีของมอเตอร์กระแสดตรง สเต็ปมอเตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่นำมาใช้เป็นองค์ประกอบในการสร้างระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับ การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ แบ่งออกเป็น การออกแบบระบบขงนม การออกแบบระบบไกวเปล วงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ และการออกแบบด้านซอฟต์แวร์ แบ่งออกเป็น การออกแบบ ฟังก์ชันการทำงานของระบบขงนม และการออกแบบฟังก์ชันการทำงานของระบบไกวเปล

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง และการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงาน ของโครงงานระบบช่วยเหลือทารกกึ่งอัตโนมัติ เพื่อตรวจสอบว่าโครงงานนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และแนวทางการพัฒนา เป็นการสรุปผลในการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรที่ใช้งาน

ภาคผนวก ค ฟังก์ชันการทำงาน และโปรแกรม

ภาคผนวก ง รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

บรรณานุกรม

ประวัติผู้แต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 การดูแลเด็กแรกเกิด

เด็กแรกเกิดที่สมบูรณ์แข็งแรงจะต้องเป็นเด็กที่ครบกำหนดคลอด มีน้ำหนักตัวแรกคลอดไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัมครึ่ง ผิวหนังสีชมพู ร้องเสียงดัง แขนขาเคลื่อนไหวได้ดีทั้ง 2 ข้าง และถ่ายขี้เทาภายใน 24 ชั่วโมงหลังคลอด

การดูแลเด็กแรกเกิดนั้น คุณพ่อคุณแม่จะต้องเอาใจใส่ และระมัดระวังเป็นอย่างมาก จะต้องล้างมือก่อนที่จะสัมผัสเด็กทุกครั้ง การดูแลเด็กแรกเกิดมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ให้เด็กกินนมแม่
- 2) ให้ความอบอุ่น โดยห่มผ้าให้เหมาะกับสภาพอากาศ
- 3) รักษาความสะอาดของร่างกาย โดยการอาบน้ำอุ่นและฟอกสบู่วันละ 1 ครั้ง ควรฟอกศีรษะด้วย แต่ระวังอย่าให้น้ำ หรือสบู่เข้าหูและตาของเด็ก ควรอาบน้ำเวลากลางวันที่แดดอ่อนๆ
- 4) ในเรื่องของการดูแลสะดือเด็ก เมื่อสะดือของเด็กยังไม่หลุด หรือยังไม่แห้ง ควรรักษาความสะอาดของสะดือหลังอาบน้ำทุกครั้ง โดยเช็ดด้วยแอลกอฮอล์เช็ดแผล ห้ามใช้แป้ง หรือผงยาโรยสะดือ และไม่จำเป็นต้องห่อสะดือเด็ก
- 5) ห้ามกวาดยาเด็ก เพราะเป็นการนำเชื้อโรคเข้าสู่ช่องคอเด็ก ทำให้เด็กติดเชื้อและมีอาการอักเสบได้

น้ามนแม่จำเป็นสำหรับเด็กแรกเกิดมาก เพราะช่วยป้องกันโรคได้หลายอย่าง อีกทั้งยังช่วยระบายขี้เทาด้วย หลังคลอดแล้ว คุณแม่ควรให้เด็กดูดนมโดยเร็วที่สุด

ในช่วงนาทีแรกๆ ของการคลอด ถือเป็นช่วงเวลาที่สำคัญของชีวิตช่วงหนึ่ง เพราะเป็นระยะหัวเลี้ยวหัวต่อที่ต้องการปรับตัวเป็นอย่างมาก ในการเปลี่ยนสภาพจากทารกในโพรงมดลูกของมารดา ออกมาเป็นทารกแรกเกิดในบรรยากาศของโลกภายนอกโพรงมดลูก ทารกในโพรงมดลูกอยู่ในสภาพคล้ายปรสิตของมารดา ได้อาหารจากมารดา แลกเปลี่ยนแก๊ส ขับถ่ายของเสียให้กับมารดาโดยผ่านทางรก อวัยวะหลายอย่างยังไม่ได้ทำงานจริงๆ จังๆ ยกเว้นแต่หัวใจ รกเป็นอวัยวะที่ทำงานแทนเป็นส่วนใหญ่ ทารกอยู่ในโพรงมดลูกที่อบอุ่นในร่างกายมารดา ผนังมดลูกและรกทำหน้าที่เหมือนด่านปกป้องกั้นอันตรายจากมลภาวะ และจุลินทรีย์ในบรรยากาศภายนอกให้กับทารก เมื่อคลอดทารกจะถูกผลักดันให้ผ่านช่องคลอดที่แคบคดเคี้ยว และอาจมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนขณะคลอดออกมาสู่โลกภายนอก ผู้บรรยากาศที่แห้งกว่า ทั้งปะปนไปด้วยมลพิษและจุลินทรีย์

เมื่อหลุดจากตัวมารดาแล้ว รกก็หมดหน้าที่ ดังนั้นทารกแรกเกิดจะต้องกระทำหลายสิ่งหลายอย่างด้วยตนเอง เช่น เริ่มหายใจเองด้วยระบบหายใจ กินย่อยดูดอาหารเองด้วยระบบทางเดินอาหาร ขับถ่ายของเสียด้วยไต ต้องต่อสู้กับจุลชีพที่อาจกล้ำกลายเข้ามาด้วยระบบป้องกันและภูมิคุ้มกันของตัวเอง และต้องปรับอุณหภูมิร่างกายเอง เหล่านี้เป็นต้น

โดยทั่วไปถ้าทารกไม่มีโรคทางพันธุกรรม ไม่มี ความพิการ เติบโตในครรภ์มาอย่างดี และคลอดครบกำหนดโดยการคลอดปกติแล้วทารกก็จะปรับตัวผ่านวิกฤติการณ์ต่างๆ ในขณะเกิดได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตาม ทารกในระยะแรกเกิดทุกคนเปรียบเสมือนคนไข้พักฟื้น เพราะได้รับผลกระทบจากการคลอด และอวัยวะต่างๆ เพิ่งเริ่มทำงานจึงไม่ค่อยสมบูรณ์ มนุษย์จึงจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์เลือดอุ่นที่ต้องพึ่งพิงมารดา ดังนั้นในช่วงที่ทารกเพิ่งคลอด ซึ่งต้องการการประคบประหงมดูแลจากมารดา และบุคลากรทางสาธารณสุขเป็นพิเศษ ทารกที่ปกติและสบายดีทุกคนควรได้อยู่ร่วมกับมารดาโดยเร็วที่สุด เพื่อให้มารดาเกิดความรักผูกพัน และเพื่อส่งเสริมการเลี้ยงดูเด็กด้วยนมแม่ ทารกควรได้รับการชั่งน้ำหนัก ตรวจสอบอุณหภูมิของร่างกาย ซีพจร อัตราการหายใจ ในช่วง 6-12 ชั่วโมงแรก ทารกควรได้รับการเฝ้าสังเกตอย่างใกล้ชิดในพฤติกรรม และการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะในเรื่องของอุณหภูมิ ซีพจร และการหายใจ การเฝ้าสังเกตช่วงแรกควรกระทำทุก 1 ชั่วโมงจนเห็นว่าปกติ นานกว่า 2 ชั่วโมง จึงจะไว้ใจได้

โดยปกติขณะเมื่อทารกถูกนำมาสู่มารดา จะได้รับการแต่งตัวและห่มผ้ามาอย่างอบอุ่นแล้ว แต่ทารกควรได้รับการตรวจสอบอุณหภูมิของร่างกายอีกครั้ง ถ้าอุณหภูมิร่างกายของทารก โดยวัดทางรักแร้ต่ำกว่า 36.0 องศาเซลเซียส (96.8 องศาฟาเรนไฮต์) ทารกควรได้รับความช่วยเหลือโดยการจัดไฟส่องให้อบอุ่นหรือเข้าสู่ตู้อบชั่วคราว ควรวัดอุณหภูมิทุกๆ 30 นาที จนอุณหภูมิขึ้นมาถึง 36.5 องศาเซลเซียส และคงอยู่ไม่ต่ำกว่านี้อีกแล้ว จึงดูแลตามปกติต่อไป

## 2.2 นมผง

### 2.2.1 ส่วนประกอบสำคัญของนมผง

สำหรับนมผงที่ได้ทำการศึกษา พบว่าส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมดังนี้ คือ นมผงธรรมดา 97.5 % เลซีธิน 0.5 % เกลือแร่ 0.45 % และวิตามิน 0.24 %

### 2.2.2 การเก็บรักษา

เมื่อเปิดแล้วควรเก็บในภาชนะที่มีฝาปิดผนึกทุกครั้ง ควรเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น ควรใช้ให้หมดภายใน 1 เดือน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 อัตราส่วนผสม

เด็มนมผง 1 ซ้อนตวง (4 กรัม) ต่อน้ำสุกอุ่น 30 มล. หรือตวงนมผง 4 ซ้อนตวง ต่อน้ำสุกอุ่น 1 แก้ว (120 มล.) จะได้น้ำนม 140 มล. การผสมนม จะใช้น้ำอุ่นที่ต้มสุกแล้ว เพราะน้ำร้อนจะทำลายวิตามินบางตัวในนมผง โดยเฉพาะวิตามินซีให้หมดไป สัดส่วนมาตรฐานสำหรับการชงนมก็คือ นม 1 ซ้อน ตี้อ่อนน้ำ 2 ออนซ์

ทารกอายุน้อยกว่า 6 เดือนควรได้รับน้ำนมผสมสำหรับทารก ที่ปรับปรุงส่วนประกอบให้ใกล้เคียงกับนมมารดา บางคนเรียกว่านมมารดาเทียม และเมื่ออายุเกิน 6 เดือนควรเปลี่ยนเป็นน้ำนมผสม ที่มีโปรตีนสูงขึ้น สำหรับทารกอายุ 6 เดือน ขึ้นไป

### 2.2.4 การผสมนม

การผสมนมกับน้ำ ต้องได้อัตราส่วนที่ถูกต้อง คือ ผงนม 4 กรัม ละลายน้ำ 1 ออนซ์ จะให้พลังงาน 20 กิโลแคลอรี เด็กหลายคนที่ไม่อ้วน และเลี้ยงไม่โตก็เพราะได้รับนมเจือจาง อาจเกิดจากเมื่อแม่เห็นเด็ก ถ่ายอุจจาระแล้วต้องเบ่ง ก็เข้าใจไปว่าเด็กท้องผูก แม่จึงลดผงนมลงนอกจากจะไม่หายท้องผูก เพราะไม่มีกากนมในอุจจาระแล้ว เด็กจะขาดพลังงานที่ได้จากน้ำนมด้วย

### 2.2.5 การเตรียมนม

เด็กที่เลี้ยงด้วยนมแม่ ไม่ต้องเตรียมอะไรมากนัก เพียงแต่เช็ดล้างหัวนมให้สะอาดก็ให้เด็กดูดได้เลย ส่วนนมผสมต้องเตรียมให้สะอาด ขวดนมและเครื่องใช้ต่างๆ จะต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการต้มหรือนึ่ง โดยเฉพาะในระยะ 6 เดือนแรกของการให้นมผสม การเตรียมนมผสมให้ทารกแบบไม่สะอาด เช่น ล้างขวดด้วยน้ำเกลือ หรือลวกขวดนม ผ่าขวดไม่ได้ปิด หรือมีแมลงวันตอม ใช้มือที่ไม่สะอาดจับหัวจุกนม ทารกจะได้รับเชื้อโรคเข้าไปพร้อมกับนม ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วงได้

เด็กที่มีร่างกายปกติ แต่ได้รับนมผิดสัดส่วนก็ต้องปรับปรุงให้ถูกต้อง และให้อาหารเสริมให้ตรงตามอายุ มีเด็กจำนวนไม่น้อยที่ไม่ยอมรับประทานอาหารพวกข้าวบด หรืออาหารสำหรับเด็ก แต่จะดื่มนมอย่างเดียวก็จะทำให้ผอมได้เหมือนกัน เพราะน้ำนมแม่หรือนมผสมจะให้พลังงานเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเด็กจนถึงอายุ 6 เดือนเท่านั้น อาหารเด็กควรให้อาหารที่มีลักษณะเหลวข้นมากกว่าที่จะให้ข้าวต้มหรือโจ๊กใดๆ เพราะอาหารที่ข้นจะให้พลังงานมากกว่า

สำหรับเด็กที่ไม่แข็งแรง บางคนดูดนมจากขวดได้ไม่มากก็เหนื่อย และดูดไม่ไหว ต้องตรวจดูว่าปิดขันฝาครอบจุกนมแน่นเกินไปหรือเปล่า ถ้าปิดแน่นเกินไปทำให้ลมเข้าขวดได้ไม่สะดวก เด็กจะต้องใช้แรงดูดมาก อาจดูดจนจุกนมแฟบก็มี ทำให้เด็กหมดแรงไปก่อนดูดนมหมดขวด ถ้าแก้ปัญหาได้แล้วเด็กยังกินน้อย อาจช่วย หยดหรือป้อนน้ำนมด้วยช้อนตวงจนหมด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เด็กที่ซุกซน ไม่ยอมนอน พ่อแม่ต้องจัดที่นอนให้เงียบสงบ การไกวเปลให้เด็กนอนก็จะช่วยได้มาก การนอนหลับพักผ่อนเต็มที่ ก็ช่วยให้เด็กเติบโตดีกว่าเล่นทั้งวัน

## 2.3 การชงนมให้เด็กทารก

หลายคนมักจะคิดว่า ของแพงเท่านั้นที่เป็นของดี แต่โดยความเป็นจริงแล้ว อาจจะไม่ถูกต้องเสมอไป นมผงที่ใช้เลี้ยงทารกตั้งแต่ยังแบเบาะ ซึ่งใช้นมผงดัดแปลงคล้ายนมแม่ จนเมื่อเด็กโต และเปลี่ยนเป็นนมผงทั่วไป นมทุกยี่ห้อที่มีราคาแตกต่างกัน แต่นมในปริมาณเท่ากัน ให้พลังงานและสารอาหาร ไม่แตกต่างกันเท่าไรนัก จึงสามารถเลือกใช้ได้ตามสภาพเศรษฐกิจของแต่ละครอบครัว โดยไม่จำเป็นต้องใช้ของที่มีราคาแพง การชงนมที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ น้ำที่ใช้ในการชงนมควรเป็นน้ำสะอาด ผ่านการต้มสุกแล้ว ปัจจุบันได้มีการพัฒนานมผง ทำให้สามารถละลายได้ในน้ำเย็นและน้ำอุ่น จึงไม่จำเป็นต้องใช้น้ำร้อนเหมือนในสมัยก่อน ในกระป๋องนมแต่ละชนิดจะมีช้อนตวงมาให้ เพื่อใช้ตวงนมผงสำหรับชงให้เด็ก อ่านรายละเอียดที่มีข้างกระป๋องให้เข้าใจก่อนชง และใช้อัตราส่วนของนมผง และน้ำให้ถูกต้องตรงตามคำแนะนำนั้นด้วย นมที่ชงได้ จึงจะให้พลังงาน สารอาหาร และเกิดประโยชน์สูงสุดแก่เด็ก นมเป็นอาหารที่ติดเชื้อและนำเสียได้ง่าย ความสะอาดในการชง และการเก็บนมจึงเป็นเรื่องสำคัญ อุปกรณ์ในการชงนม เช่น แก้วช้อน ขวดนม ฝาขวด รวมทั้งหัวนม ควรล้างทำความสะอาด และนึ่งฆ่าเชื้อก่อนนำมาใช้ทุกครั้ง ขณะเดียวกัน ผู้ทำน้ำที่ชงนมควรมีสุขภาพดี ล้างมือให้สะอาดก่อนชงนม การชงนมอาจชงนมครั้งละหลายๆ ขวดเพื่อใช้ได้ทั้งวัน หรืออาจจะชงทีละขวดก็ได้ นมที่ชงเสร็จแล้ว ควรนึ่งฆ่าเชื้อโรคอีกครั้งหนึ่ง แล้วผึ่งให้คลายความร้อน ก่อนนำเก็บในตู้เย็น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการนำเสีย ซึ่งจะทำให้เด็กท้องเดินจากนมนั้นได้ นมเป็นอาหารที่ดีสำหรับทุกเพศและวัย โดยเฉพาะเด็ก แต่ต้องรู้จักการชงที่ถูกต้อง และการเก็บรักษาที่ดีด้วย จึงจะได้ประโยชน์จากนมเต็มที่

## 2.4 เวลาและปริมาณของการให้นมเด็กทารก

การให้นมเด็กทารกควรให้เป็นมือ เวลาคุณนมคือเวลาอาหาร เวลานอนก็ควรจะนอนไม่จำเป็นที่จะต้องให้เด็กคุณนมเวลาที่เขาจะนอน ควรให้นมเด็ก และให้เด็กเรอเรียบร้อยแล้วทำความสะอาดช่องปาก เมื่อเด็กเริ่มง่วง ก็กล่อมเด็กให้หลับ โดยอาจจะตบกันเบาๆ หรือร้องเพลงรูปหลังเบาๆ ก็ได้ ปริมาณนมที่ให้เด็กไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามทฤษฎีว่าเด็กหนักเท่านี้ ควรให้นมปริมาณเท่านั้น ตามน้ำหนักตัวเด็กเองจะเป็นผู้กำหนดว่าเขาต้องการเท่าไร ปริมาณที่พอเหมาะกับเด็กคือจำนวนนมที่เด็กดูดรวมเดืออ้อม หรือเหลือติดกันขวดเล็กน้อย ตารางที่ 2.1 เป็นเพียงแนวทางคร่าวๆ ที่จะแนะนำให้เด็กได้รับนมในแต่ละมื้อ

ไม่วารณใดๆ ทงสน อักทงทามมเหตคคแปลงเนือหาและตองอั่งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณเฉลี่ยของนมที่ให้เด็กกินในแต่ละครั้ง

อายุ	ปริมาณเฉลี่ยของนมที่เด็กกินในแต่ละครั้ง
แรกเกิด - 2 สัปดาห์	2-3 ออนซ์ (60-90 มิลลิลิตร)
3 สัปดาห์ - 2 เดือน	4-5 ออนซ์ (120-150 มิลลิลิตร)
2-3 เดือน	5-6 ออนซ์ (150-180 มิลลิลิตร)
3-4 เดือน	6-7 ออนซ์ (180-210 มิลลิลิตร)
5-12 เดือน	7-8 ออนซ์ (210-240 มิลลิลิตร)

เมื่อเด็กอายุประมาณ 6 เดือน หลังจากกินนมมื้อสุดท้ายก่อนนอน จะอิ่มไปถึงเช้า ไม่ต้องกินนมมื้อดึกอีก จึงควรเลิกกินนมมื้อดึก พ่อแม่ส่วนมากไม่เข้าใจคิดว่าเด็กต้องกินนมมื้อดึก จึงปลุกเด็กมากินนมตอนดึกจนเด็กติดเป็นนิสัย บางคนอายุ 2-3 ปี ยังต้องกินนมทุก 2-3 ชั่วโมง ในช่วงนอนกลางคืนทำให้ฝันต้องสัมผัสกับนมตลอดคืน น้ำลายในตอนกลางคืนที่จะมาชะล้างมีน้อยลงฟันจึงผุมาก ในตอนกลางวันเด็กจะไม่กินอะไร เพราะอิ่มมาแล้วจากตอนกลางคืน ยิ่งเด็กไม่กินอาหารตอนกลางวัน กลางคืนยิ่งให้เด็กกินนมขวดมาก และบ่อยเด็กจะคู่อ้วนท้วน แต่คุณพ่อคุณแม่สุขภาพเสื่อมโทรมเพราะอดนอน ที่ร้ายที่สุดคือเด็กจะมีฟันผุมากมาย

## 2.5 ความถี่ของการให้นมเด็กทารก

เมื่อแรกเกิดเด็กทารกจะกินนมน้อยและถี่ เมื่อโตขึ้นจะกินนมได้ปริมาณมากขึ้น และความถี่จะน้อยลง ต้องคอยเพิ่มปริมาณและปรับเวลาที่ให้นม ให้ห่างขึ้น

การให้เด็กกินนมบ่อยๆ จะทำให้ฟันของเด็กสัมผัสกับนมตลอดเวลา ฟันจึงผุมากกว่าการให้เด็กกินนมเป็นมื้อๆ และไม่ควรรู้ชวดนมแทนหัวนมปลอม เพราะเด็กจะติดชวดนม ทำให้เลิกยากเด็กควรเลิกชวดนมขวดเมื่ออายุได้ 1 ปี หากเลิกหลังจากนี้พบว่าเลิกได้ยากมาก

ตารางที่ 2.2 จำนวนครั้งของการให้นมเด็กโดยเฉลี่ย

อายุ	จำนวนครั้งโดยเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง
แรกเกิด - 1 สัปดาห์	6 - 10 ครั้ง
1 สัปดาห์ - 1 เดือน	6 - 8 ครั้ง
1 - 3 เดือน	5 - 6 ครั้ง

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) จำนวนครั้งของการให้นมเด็กโดยเฉลี่ย

อายุ	จำนวนครั้งโดยเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง
3 - 7 เดือน	4 - 5 ครั้ง
4 - 9 เดือน	3 - 4 ครั้ง
8 - 12 เดือน	3 ครั้ง

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าเด็กอายุ 1 - 3 เดือน จะดูดนมเพียงวันละ 5 มื้อเท่านั้น หมายความว่าเมื่อเด็กอายุเพียง 1 - 3 เดือนก็สามารถเลิกนมมดึกได้แล้ว เมื่อเด็กอายุมากขึ้นจะสามารถดูดได้ครั้งละมากขึ้น และทิ้งช่วงของการกินแต่ละมือนานออกไป

## 2.6 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรง หรือดีซีมอเตอร์ ถ้าพิจารณาตามโครงสร้างจะประกอบด้วยส่วนที่ใหญ่ๆ คือ ส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่หมุนเคลื่อนที่หรือโรเตอร์ ซึ่งหากพิจารณาในรูปของวงจรไฟฟ้า ก็หมายความว่ามอเตอร์กระแสตรงจะประกอบไปด้วยสองวงจร คือวงจรฟิลด์ที่ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก และวงจรอาร์เมเจอร์ โดยทั่วไปมอเตอร์กระแสตรง จะประกอบด้วย 3 ชนิด คือ แบบขนาน (DC Shunt) แบบอนุกรม (DC Series) และแบบผสม (DC Compound)

มอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นสนามแม่เหล็กแยก ก็คือ มอเตอร์ที่มีคุณสมบัติเหมือนกันกับมอเตอร์กระแสตรงแบบขนานนั่นเอง แต่วงจรฟิลด์ หรือวงจรขดลวดสนาม ใช้แหล่งจ่ายแยกต่างหากจากวงจรอาร์เมเจอร์ กล่าวคือวงจรทั้งสองจะใช้แหล่งจ่ายคนละชุดกัน แยกเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นความหมายของ การกระตุ้นสนามแม่เหล็กแบบแยกส่วน ก็คือการกระตุ้น (Exciting) ที่วงจรฟิลด์เพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กจะแยกใช้แหล่งจ่ายออกต่างหากจากวงจรอาร์เมเจอร์นั่นเอง

เหตุผลที่ต้องทำการกระตุ้นแยกก็เพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ กล่าวคือ การกระตุ้นสนามแม่เหล็กแยก จะทำให้ฟลักซ์ หรือสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีค่าคงที่ ซึ่งทำให้สามารถควบคุมความเร็วรอบได้ง่าย และสามารถควบคุมความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วรอบต่ำจนกระทั่งถึงความเร็วรอบที่บอบบนแผ่นป้ายในขณะใส่โหลดเต็มพิกัด

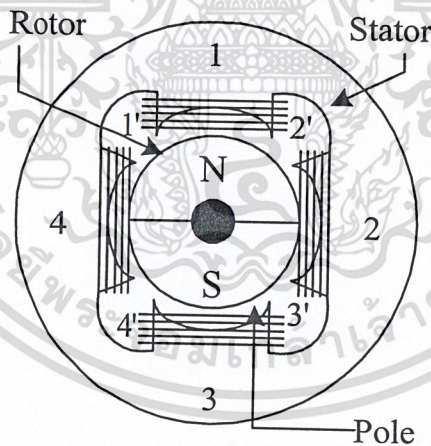
การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง จะทำได้ 2 วิธี คือการควบคุมแรงดันที่วงจรอาร์เมเจอร์ หรือเรียกว่า Armature Voltage Control และอีกวิธีหนึ่งมีชื่อเรียกว่า Flux Control (ฟลักซ์คอนโทรล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าหากใช้มอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน จะไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากเมื่อเราเพิ่มหรือลดแรงดัน จะส่งผลทำให้ ฟลักซ์ไม่คงที่ และการควบคุมความเร็วในขณะที่มีโหลดเต็มพิกัดจะกระทำไม่ได้

## 2.7 สเต็ปมอเตอร์

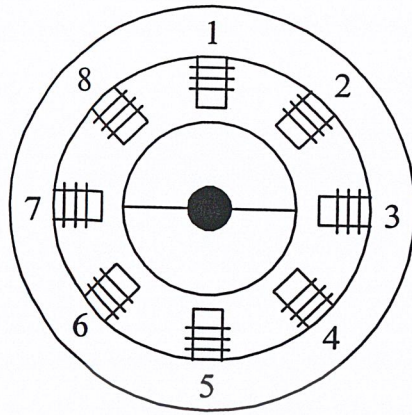
สเต็ปมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะไม่เหมือนกับมอเตอร์ทั่วไปคือ เมื่อเราป้อนไฟให้กับ สเต็ปมอเตอร์จะทำให้หมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วๆ ไปที่จะหมุนทันทีเมื่อป้อนแรงดันไฟ ข้อดีของสเต็ปมอเตอร์คือ สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลข (องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเครื่องกำหนดและจัดเก็บตัวเลข โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละชั้นนั้นจะมีคอยล์ (ขดลวด) พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ดังรูปที่ 2.1 (ก) และ (ข) จะแสดงถึงองค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์



(ก) โครงสร้างภายในของสเต็ปมอเตอร์

รูปที่ 2.1 โครงสร้าง และองค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



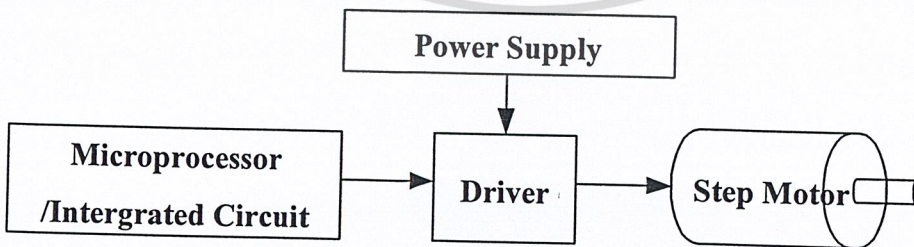
(ข) องค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์

รูปที่ 2.1 (ต่อ) โครงสร้าง และองค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์

ในที่นี้ซึ่งถ้าเราเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้น จะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงจรรอบมากขึ้นตามด้วย ลองดูตามรูปที่ 2.1 (ก)

ลักษณะการนำไปใช้งาน สเต็ปมอเตอร์ ใช้งานลักษณะ Open Loop System แปลเป็นภาษาไทย ระบบเปิด คือ สเต็ปมอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการ ป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (Feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดค่าแ่งที่แน่นอนนั้น จะต้องการป้อนกลับไปยังระบบ และตัวบอกตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดพลาดให้รับทราบ

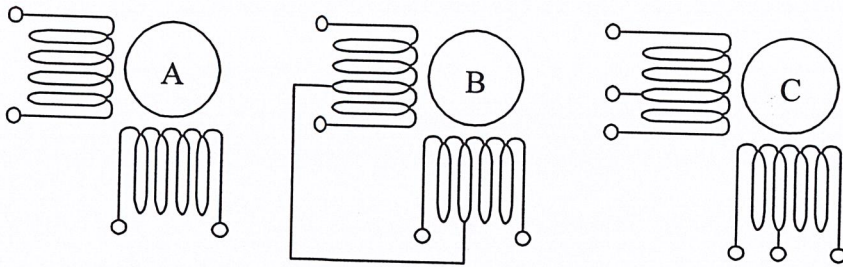
ดังเช่นวิธีที่ใช้กับสเต็ปมอเตอร์ คือ เรานำลิมิตสวิทช์ ติดตามตำแหน่งที่จะตรวจจับ เมื่อสเต็ปมอเตอร์เริ่มหมุน แล้วหมุนไปจนถึงตำแหน่งของสวิทช์ตรวจจับสัญญาณ สวิทช์ทำงานก็จะป้อนกลับไปสู่ระบบ ก็จะทำให้รู้การทำงานของสเต็ปมอเตอร์ ซึ่งตัววงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะมีจุดอ้างอิงไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้อง



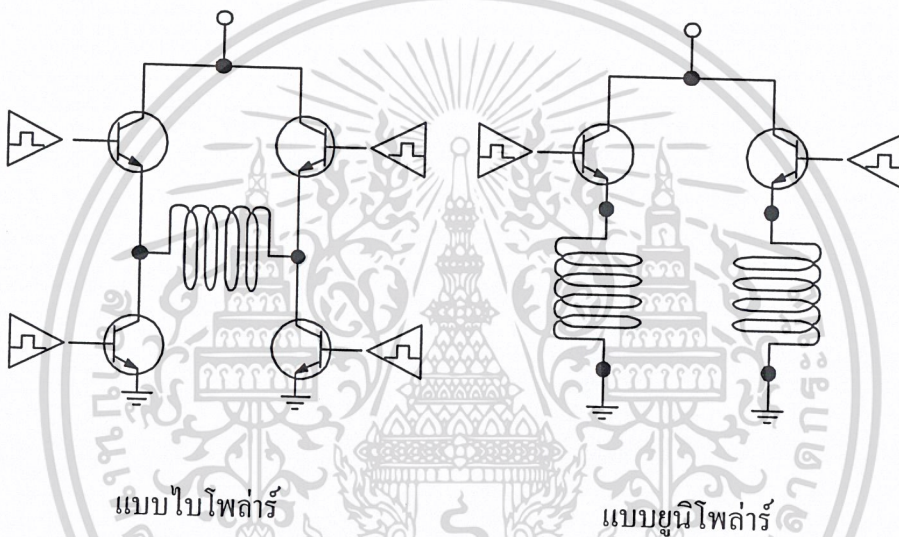
(ก) การควบคุมสเต็ปมอเตอร์

รูปที่ 2.2 การควบคุม การพันขดลวด และวงจรการจ่ายไฟของสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสตีปมอเตอร์



(ค) วงจรการจ่ายไฟให้กับสตีปมอเตอร์

รูปที่ 2.2 (ต่อ) การควบคุม การพันขดลวด และวงจรการจ่ายไฟของสตีปมอเตอร์

โดยแนวทาง สตีปมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีรูปของไบนารี โวลต์เตจเป็นอินพุท และการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมเป็นเอาต์พุท หรือว่าหมุนที่ละสเต็ปซึ่งอยู่ระหว่าง 0.1-30 องศา อยู่ที่โครงสร้างของสตีปมอเตอร์ โดยตามสัญญาณพัลส์ที่จ่ายให้กับขดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงผลักแก่โรเตอร์หมุนไป สตีปมอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่เราเรียกว่า Phase (เฟส) ดังนั้นสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็น Sequence (ซีควน) ลักษณะของ Binary (ไบนารี) ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจร Driver (ไดรเวอร์) ก็จะทำให้โรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง ที่กล่าวมาสามารถดูได้จากรูปที่ 2.2 (ก) การควบคุมสตีปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ มี 2 วิธี คือ แบบ Bipolar (ไบโพลาร์) กับแบบ Unipolar (ยูนิโพลาร์)

### 1) แบบ Bipolar

จะมีการพันขดลวดหนึ่งขด (จะกี่รอบก็แล้วแต่สเปกในการใช้งาน) ในแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้ เพียงการกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิตซ์ซึ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า

### 2) แบบ Unipolar

แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม เช่นกันในการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิตซ์ซึ่งให้สลับหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทนกัน พื้นฐานการสวิตซ์ซึ่งรูปที่ 2.2 (ค) วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์ แบบยูนิโพลาร์จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์ เราจะสังเกตได้จาก สายไฟที่ต่อมาจากตัวสเต็ปมอเตอร์ซึ่งแบบไบโพลาร์จะมี 4 สาย ส่วนเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 สายหรือ 6 สาย

## 2.7.2 การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงาน ไปที่ละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวด ในแต่ละขดบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่าซีควเอนเชียลในรูปที่ถูกต้อง ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเวฟ (Wave) แบบ 2 เฟส (2 Phase) และแบบครึ่งสเต็ป (Half Step) ทั้ง 3 แบบนี้ก็จะมีข้อดี และข้อเสียต่างกันออกไป

### 1) แบบเวฟ (Wave)

จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งๆ เรียงกันไป ตัวอย่างเช่น ขดที่ 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 เป็นลำดับแบบนี้ หรือ ขด 1, 4, 3, 2, 1, 4, 3, 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่เราต้องให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่า ดังรูปที่ 2.2 (ค) วงจรการจ่ายไฟ

## ตารางที่ 2.3 ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบเวฟ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่เรามีให้เหตุผลข้อยกเว้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบเวฟ

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

2) แบบ 2 เฟส (2 Phase)

แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่ แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และจะเรียงลำดับกันไป ดังเช่นแบบเดียวกับแบบเวฟ จะยกตัวอย่างการกระตุ้นขดลวดในลักษณะ ซี่เกวนให้ดูดังนี้ 12, 23, 34, 41, 12, 23, 34, 41 เรียงลำดับกันไปเรื่อยๆ หรือจะเป็น 14, 43, 32, 21, 14, 43, 32, 21 เรียงกันไปเรื่อยๆ เช่นกัน ถ้าจะมากล่าวถึงข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส แล้วมีดังนี้

ข้อดี การที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้น จะทำให้ได้แรงบิดมากกว่าแบบเวฟ ซึ่งมอเตอร์จะหมุนด้วยแรงดึงแบบเต็มๆ แรงจากทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นพร้อมกัน

ข้อเสีย แบบ 2 เฟส การที่จะกระตุ้นขดลวดนั้นต้องใช้กำลังไฟมากขึ้นเป็น 2 เท่าของแบบเวฟ

ตารางที่ 2.4 ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบ 2 เฟส

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) แบบครึ่งสเต็ป

แบบนี้เป็นรูปแบบผสมผสานของการกระตุ้นระหว่าง แบบเวฟ กับแบบ 2 เฟสเพื่อให้จำนวนรอบของสเต็ปมากขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งในระบบนี้ จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเรื่อยๆ เป็นลำดับ ดังตัวอย่างต่อไปนี้ 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 เป็นลำดับอยู่อย่างนี้เรื่อยไป ถ้าเราจะกลับทิศทางการหมุนก็ได้เป็นดังนี้ 1, 41, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1, 41, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1 เป็นลำดับกันไป สำหรับข้อดี และข้อเสียของการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ปมีดังนี้

ข้อดี การกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงสเต็ปจะมีระยะสั้นลง อีกประการหนึ่ง แต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกันเป็นผลให้ค่าตำแหน่งความถูกต้องมากขึ้นไปด้วย

ข้อเสีย ก็คงจะเช่นเดียวกับแบบ 2 เฟส ที่ต้องจ่ายกำลังไฟเป็น 2 เท่าของแบบเวฟหรือจะใช้เท่ากับแบบ 2 เฟส นั้นเอง

ตารางที่ 2.5 ลำดับการกระตุ้นของขดลวดแบบครึ่งเฟส

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

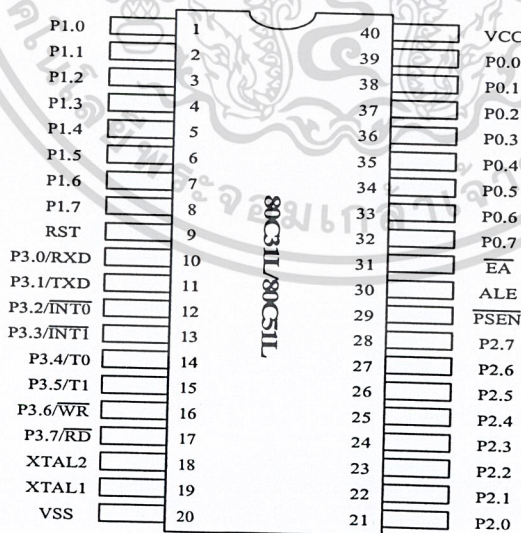
## 2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 2.8.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

- 1) ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 V ชุดเดียว
- 2) มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- 3) มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมีถึง 256 ไบต์
- 4) หน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- 5) มีไทม์เมอร์ เคนต์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- 6) รับอินเทอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์
- 7) มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ต แบบ Full Duplex เลือกรูปแบบได้ 4 โหมด
- 8) มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

### 2.8.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

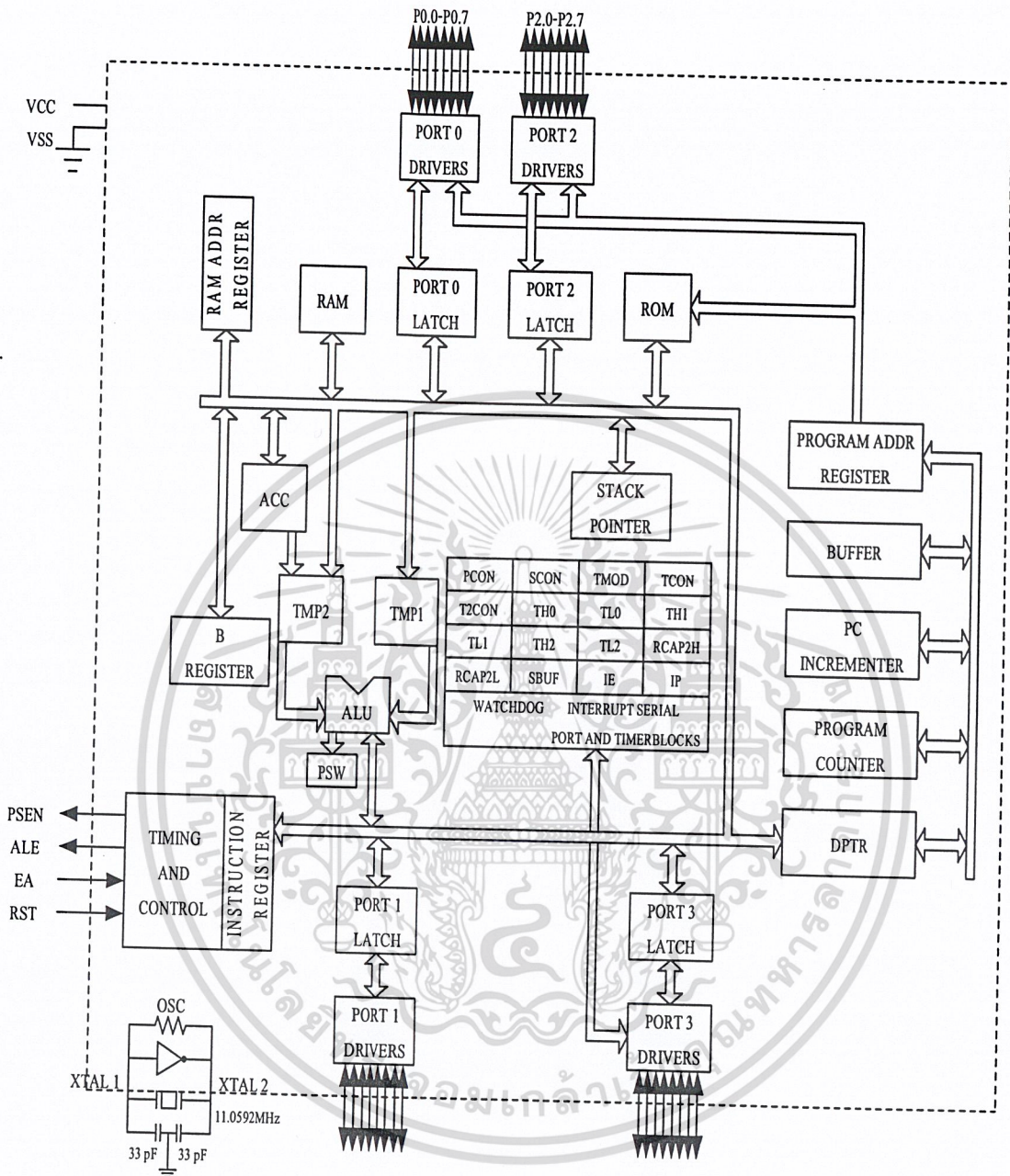
MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้านภาษาเบสิก การจัดวางขาแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 (ก) และแผนผังการทำงานสำหรับเบอร์ 8051 แสดงได้ดังรูปที่ 2.3 (ข)



(ก) การจัดวางขาของ MCS-51

### รูปที่ 2.3 การจัดวางขาและแผนผังการทำงานของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) แผนผังการทำงานของ MCS-51

รูปที่ 2.3 (ต่อ) การจัดวางขา และแผนผังการทำงานของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

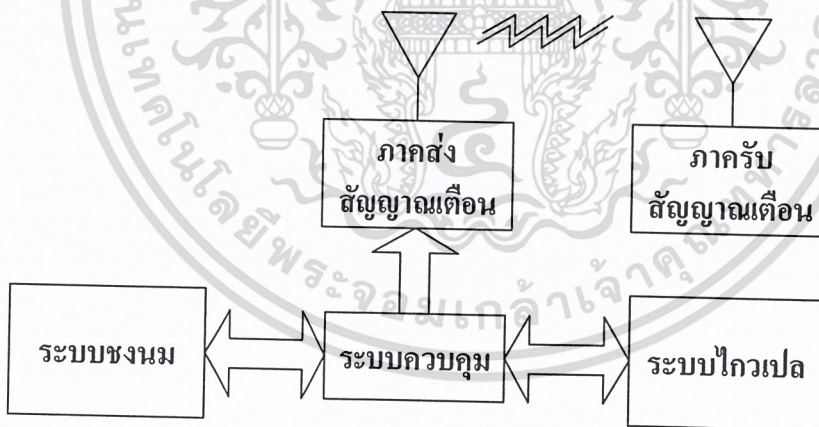
## การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

### 3.1 กล่าวนำ

จากหลักการ และทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบช่วยเหลือทางทาร์กิ้งอัตโนมัติ สามารถทำการออกแบบ และสร้างระบบช่วยเหลือทางทาร์กิ้งอัตโนมัติในแต่ละส่วน โดยมีขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การออกแบบ ไปจนถึงการสร้าง และการทำงาน ดังต่อไปนี้

### 3.2 การออกแบบ และการสร้างระบบช่วยเหลือทางทาร์กิ้งอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 3.2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์
- 3.2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์
- 3.2.3 การออกแบบวงจรควบคุมระบบต่างๆ



รูปที่ 3.1 ระบบควบคุมการทำงาน

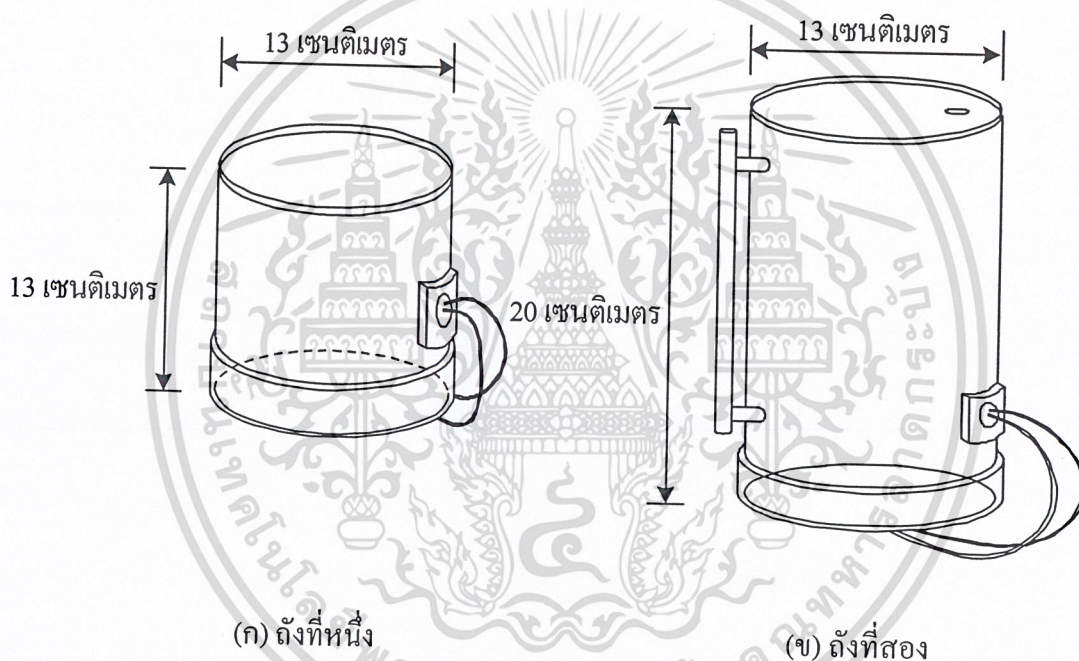
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 การออกแบบระบบฮาร์ดแวร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

#### 1) ระบบขงนม ประกอบด้วยการออกแบบในส่วนต่างๆ ดังนี้

##### 1.1) การออกแบบถังน้ำ

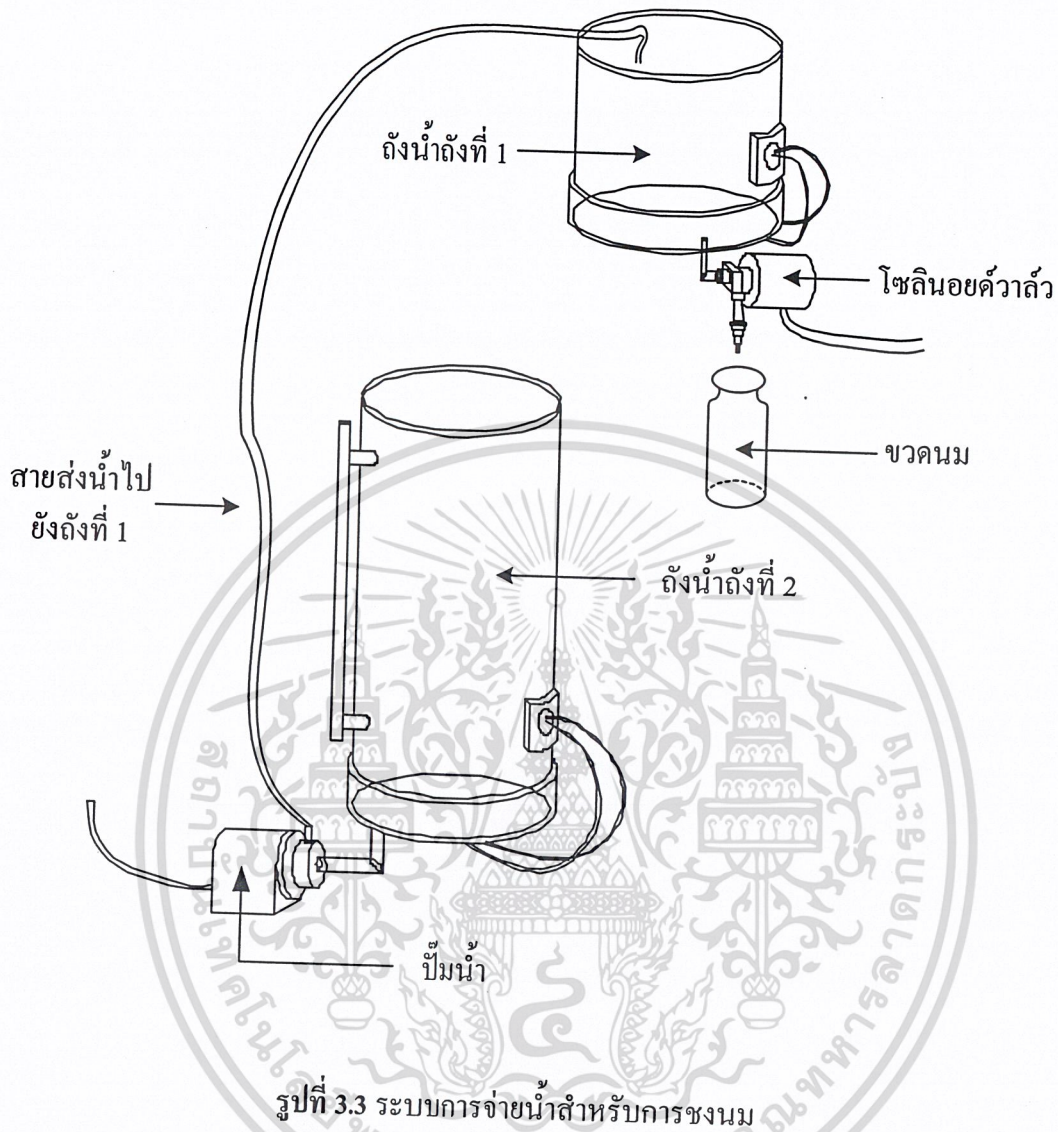
การออกแบบถังน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ถัง ซึ่งทั้งสองถังใช้แผ่นสแตนเลสขึ้นรูปตามแบบ ดังรูปที่ 3.2 โดยถังที่หนึ่ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร สูง 13 เซนติเมตร มีความจุ ประมาณ 1.5 ลิตร ดังรูปที่ 3.2 (ก) ถังที่สองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร มีความจุประมาณ 2 ลิตร ดังรูปที่ 3.2 (ข)



รูปที่ 3.2 ถังน้ำสำหรับขงนม

ถังที่หนึ่งใช้เป็นถังสำหรับพักน้ำจากถังที่สอง แล้วนำน้ำไปควบคุมอุณหภูมิให้พอเหมาะ สำหรับใช้ในการขงนม ซึ่งอุณหภูมิของน้ำจะอยู่ที่ประมาณ 40 องศาเซลเซียส โดยจะลำเลียงน้ำจาก ถังที่สองไปสู่ถังที่หนึ่งโดยใช้ปั้มน้ำดูดขึ้นมา ซึ่งถังที่หนึ่งจะเป็นถังสำหรับปล่อยน้ำลงสู่ขงนม โดยใช้โซลินอยด์วาล์วเป็นตัวเปิดและปิดการปล่อยน้ำ ส่วนถังที่สองเป็นถังสำหรับต้มน้ำเดือดที่ อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 3.3

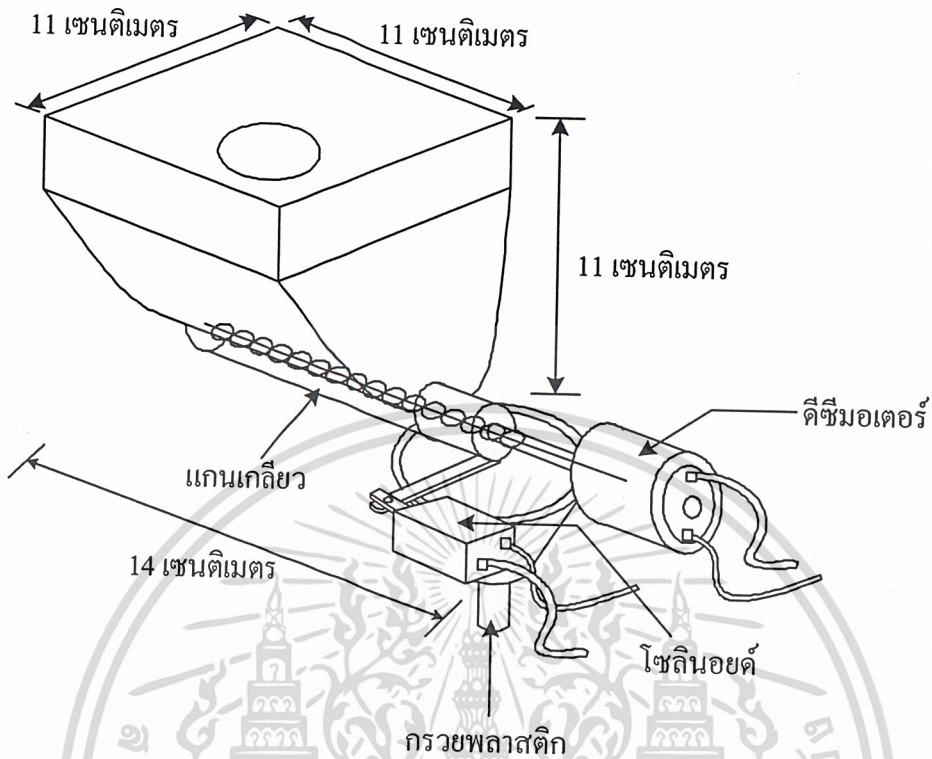
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 1.2) การออกแบบถังนม

สำหรับถังนม ได้นำถังพลาสติกที่มีความจุ 300 กรัม มาดัดแปลงใช้ในการออกแบบ โดยใช้ดีซีมอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ เป็นตัวหมุนเกลียวในการลำเลียงนมผง เพื่อถ่ายนมผงให้กับขวดนม โดยใช้โซลีนอยด์เป็นตัวควบคุมกลไกการเปิดและปิดช่องปล่อยนมผง และได้นำกรวยพลาสติกมารองรับใต้ช่องปล่อยนมผง เพื่อป้องกันไม่ให้นมผงกระจาย ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

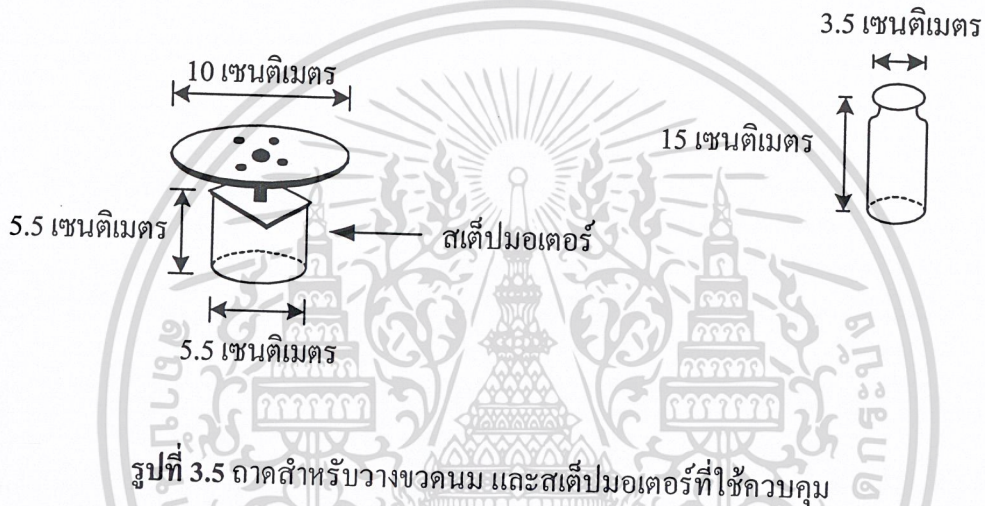
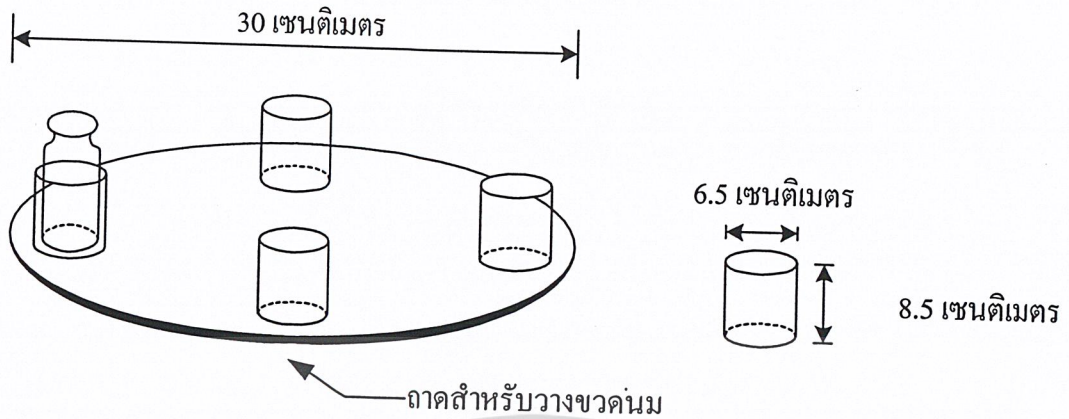


รูปที่ 3.4 ถังนวมสำหรับใช้ชงนม

### 1.3) การออกแบบถาดหมุนขวดนม

สำหรับถาดหมุนขวดนม ได้ใช้แผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ตัดเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร และใช้ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 8.5 เซนติเมตร ติดบนแผ่นพลาสติกที่ตัดเป็นวงกลม จำนวน 4 ท่อ สำหรับใส่ขวดนม โดยภายในท่อพลาสติกใช้แผ่นฟองน้ำหนา 5 มิลลิเมตร บุด้านในเพื่อให้พอดีกับการใส่ขวดนม และในส่วนของการควบคุมการหมุนถาดชงนม ใช้สเต็ปมอเตอร์ขนาด 5 โวลต์ 1.8 องศาต่อ 1 สเต็ป มาเป็นตัวควบคุม ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 1.4) การออกแบบระบบปิดฝาขวดนํม

สำหรับชุดปิดฝาขวดนํม ออกแบบโดยใช้คีมอเตอร์ขนาด 6 โวลต์ ควบคุมระบบกลไกเพื่อใช้ในการปิดฝาขวดนํม ซึ่งใช้มอเตอร์ควบคุมทั้งหมด 4 ตัว ดังรูปที่ 3.6

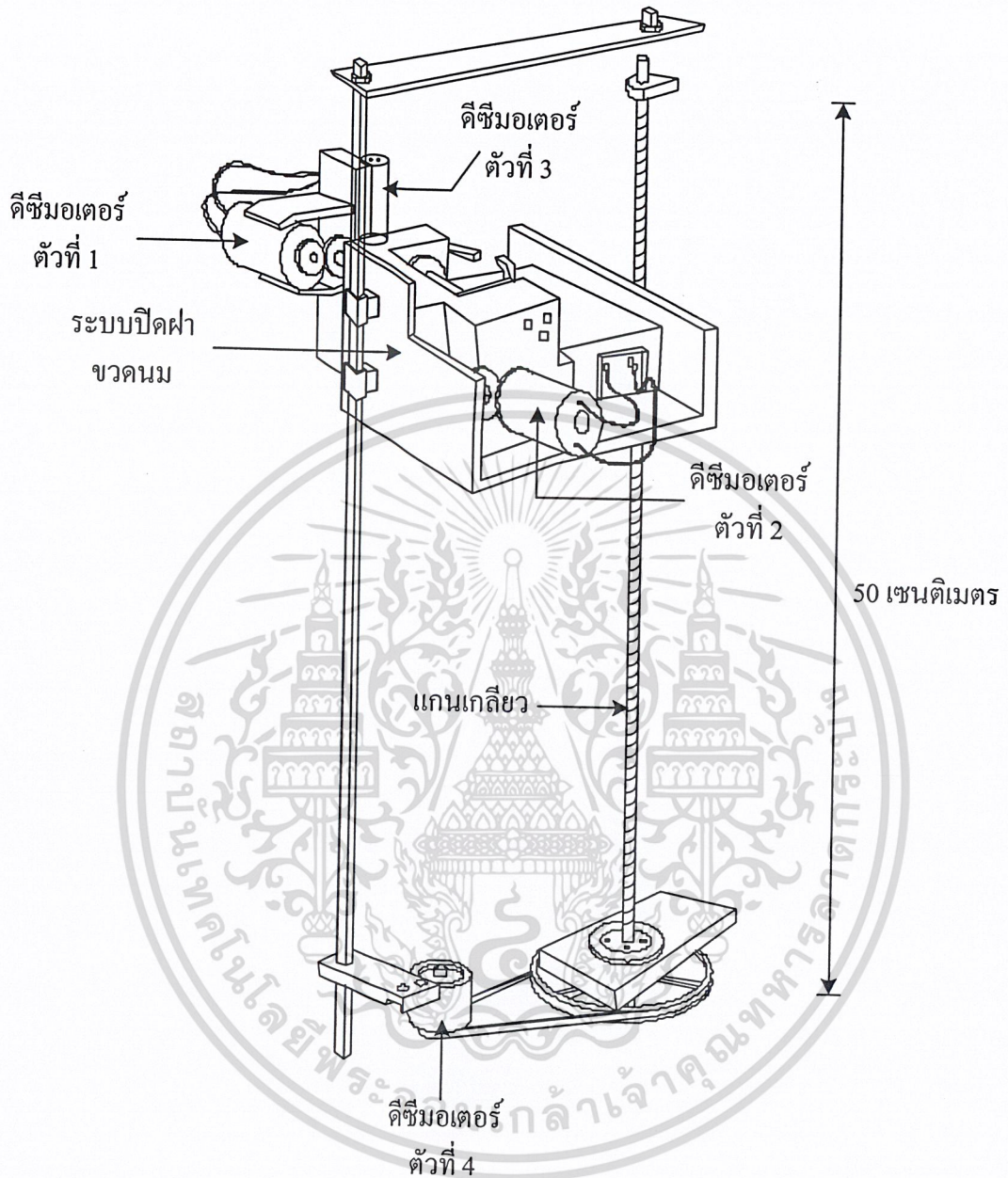
ตัวที่ 1 เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนจับฝาขวดนํม

ตัวที่ 2 เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดรองรับฝาขวดนํม

ตัวที่ 3 เป็นตัวควบคุมการหมุนเพื่อปิดฝาขวดนํม

ตัวที่ 4 เป็นตัวควบคุมการขึ้นลงของระบบปิดฝาขวดนํม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

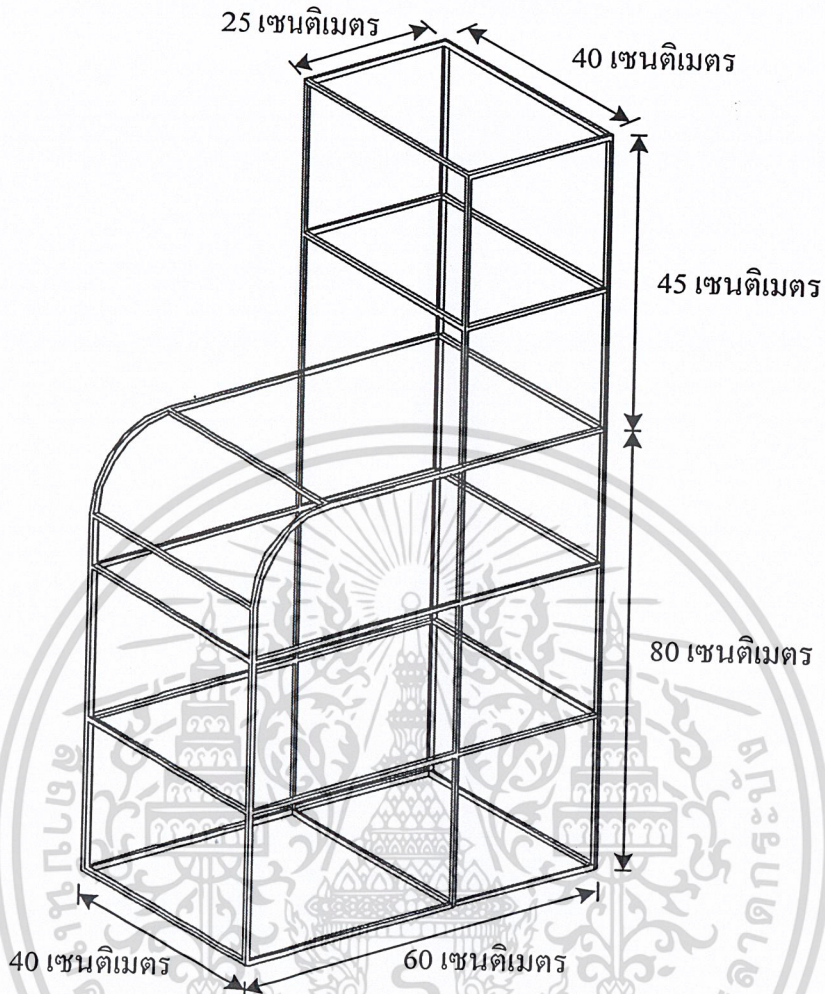


รูปที่ 3.6 ระบบปิดฝาขวดนม

### 1.5) การออกแบบโครงเหล็กส่วนขงนม

สำหรับโครงเหล็กส่วนที่ใช้ในการขงนมใช้ท่อเหล็กสี่เหลี่ยม โปร่งหนา 2 เซนติเมตร  
ขึ้นรูปตามแบบ ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



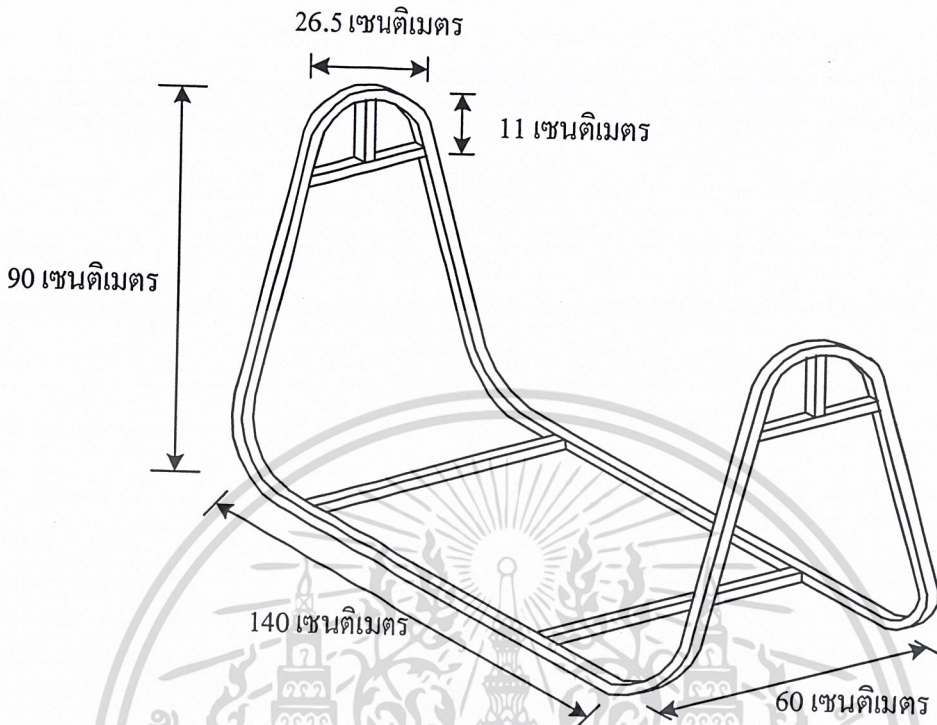
รูปที่ 3.7 โครงเหล็กส่วนขนอม

## 2) ระบบไกวเปล ประกอบด้วยการออกแบบส่วนต่างๆ ดังนี้

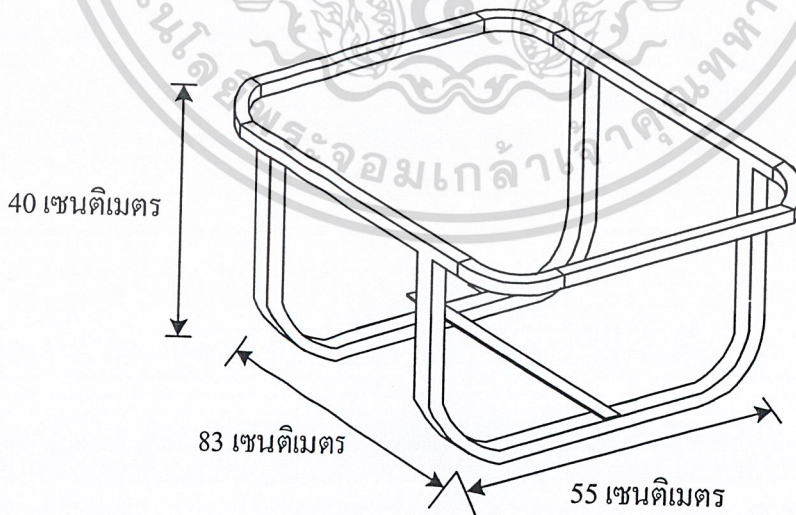
### 2.1) การออกแบบโครงเปล

สำหรับการออกแบบโครงเปล ใช้ท่อเหล็กสี่เหลี่ยมโปร่ง หนา 2 เซนติเมตร ขึ้นรูปเปลตามแบบ ดังรูปที่ 3.8 และได้้นำเปลเด็กที่ใช้งานแล้วมาดัดแปลงให้เหมาะสมกับโครงเปลที่ได้ออกแบบ ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 โครงเหล็กขึ้นรูป

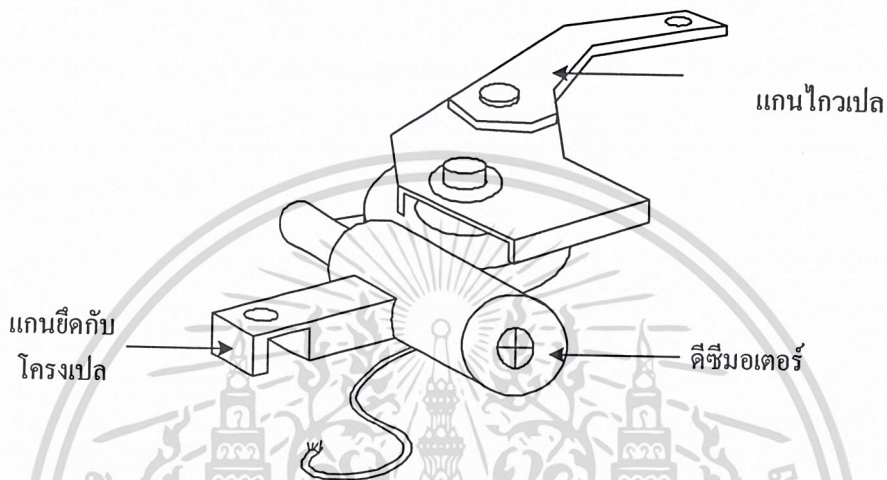


รูปที่ 3.9 เปลเด็กที่ใช้งานแล้ว

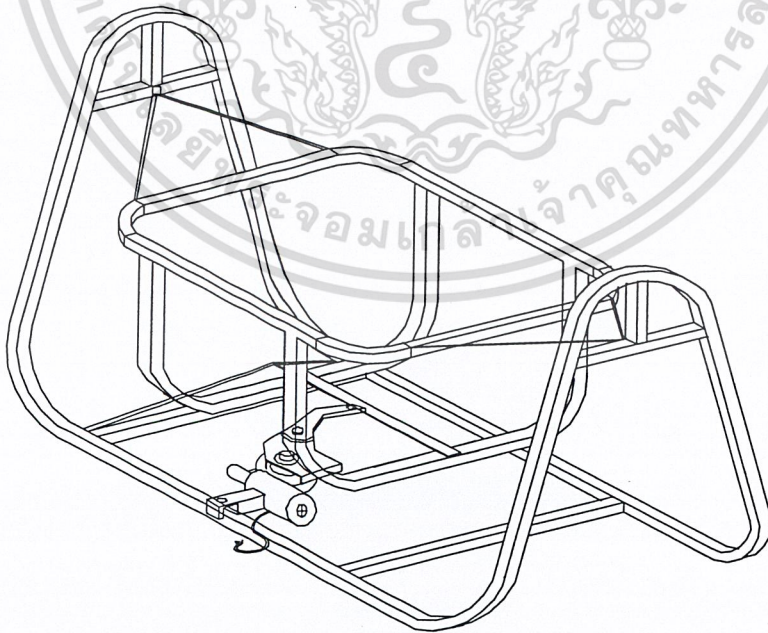
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2) การติดตั้งคีมมอเตอร์ไกวเปล

สำหรับการติดตั้งคีมมอเตอร์ไกวเปล ได้นำมอเตอร์เลื่อนกระจกรถยนต์ขนาด 12 โวลต์ มาดัดแปลงติดตั้งที่โครงเปล เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมในการไกวเปล โดยควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อให้เหมาะสมกับจังหวะการไกวของเปล ดังรูปที่ 3.10

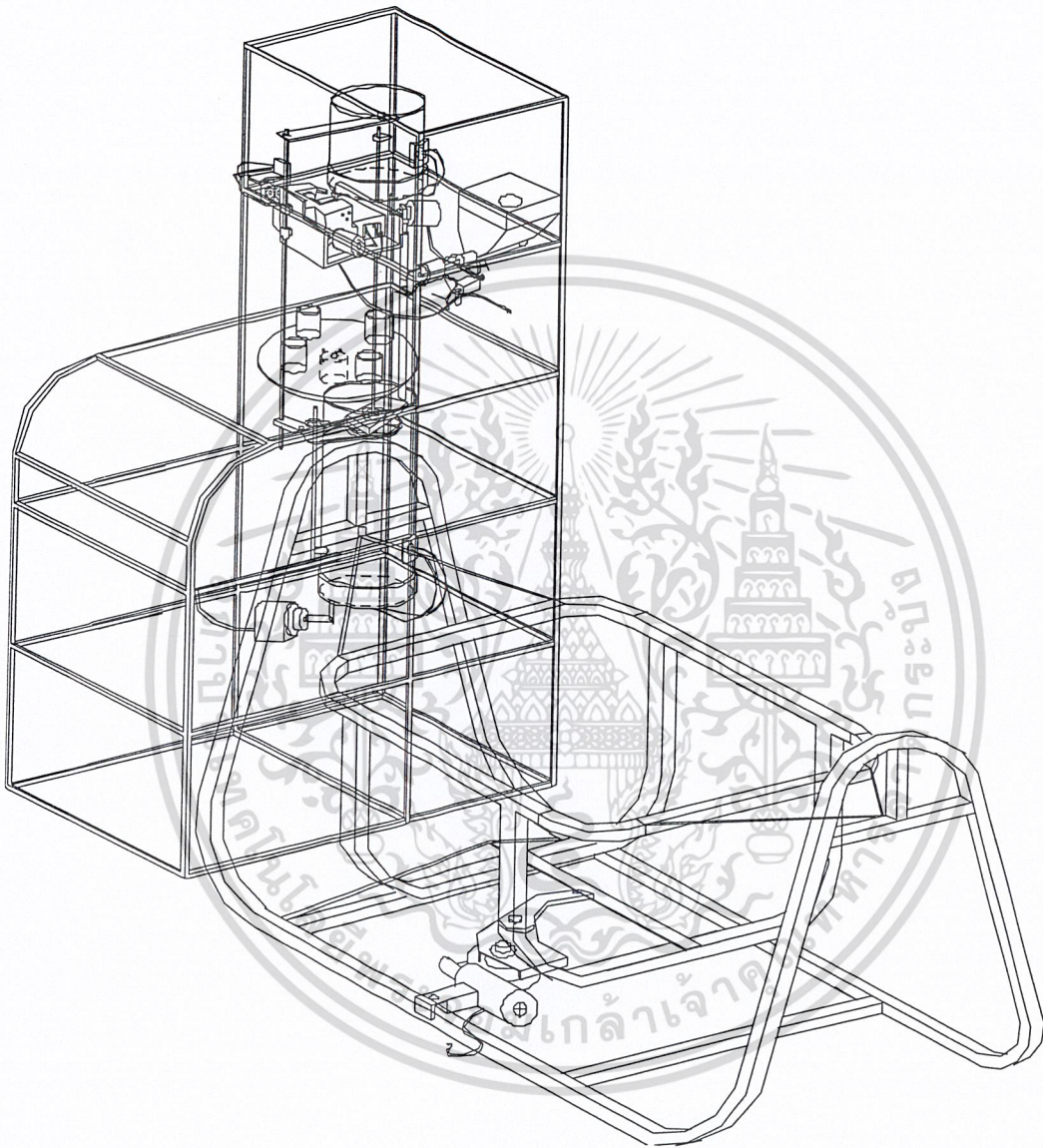


รูปที่ 3.10 คีมมอเตอร์สำหรับไกวเปล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรูปรูที่ 3.11 ระบบไกวเปล เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 เป็นการนำเอาส่วนต่างๆ ของระบบไกวเปดที่ได้ทำการออกแบบแล้วมาประกอบเข้าไว้ด้วยกัน เป็นระบบไกวเปด



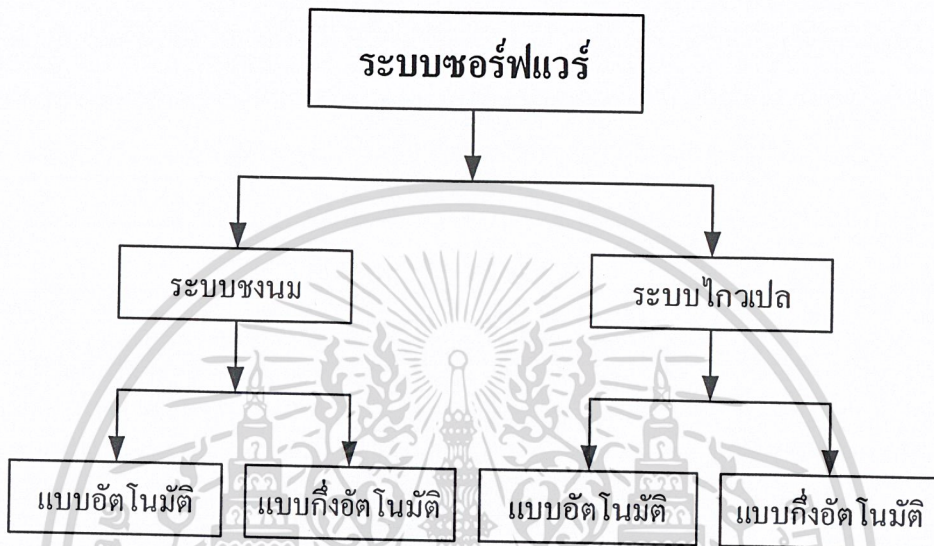
รูปที่ 3.12 โครงสร้างของระบบช่วยเหลือยंत्रการกึ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.12 เป็นการนำเอาส่วนต่างๆ ของระบบไกวเปดและระบบขงนมที่ได้ทำการออกแบบแล้ว มาประกอบเข้าไว้ด้วยกัน เป็นระบบช่วยเหลือยंत्रการกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 การออกแบบระบบซอฟต์แวร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

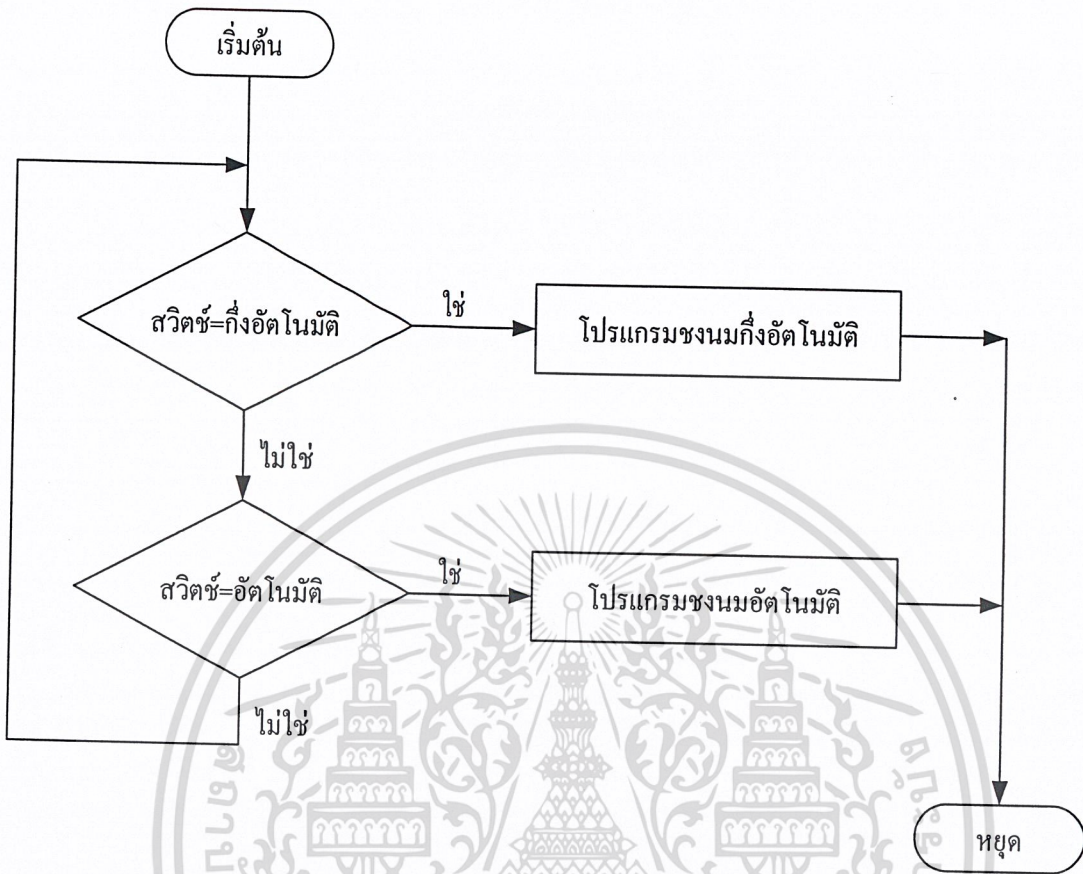
- 1) การออกแบบผังการทำงานของระบบขนม
- 2) การออกแบบผังการทำงานของระบบไกวเปล



รูปที่ 3.13 ระบบซอฟต์แวร์

จากที่ได้ทำการศึกษา และออกแบบระบบฮาร์ดแวร์ในส่วนของระบบต่างๆ สามารถนำมาเขียนผังการทำงานของระบบขนม และระบบไกวเปลได้ ดังรูปที่ 3.13

- 1) การออกแบบผังการทำงานของระบบขนม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ
  - 1.1) การออกแบบผังการทำงานของระบบขนมแบบอัตโนมัติ
  - 1.2) การออกแบบผังการทำงานของระบบขนมแบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 3.14 ผังการทำงานของระบบชงนม

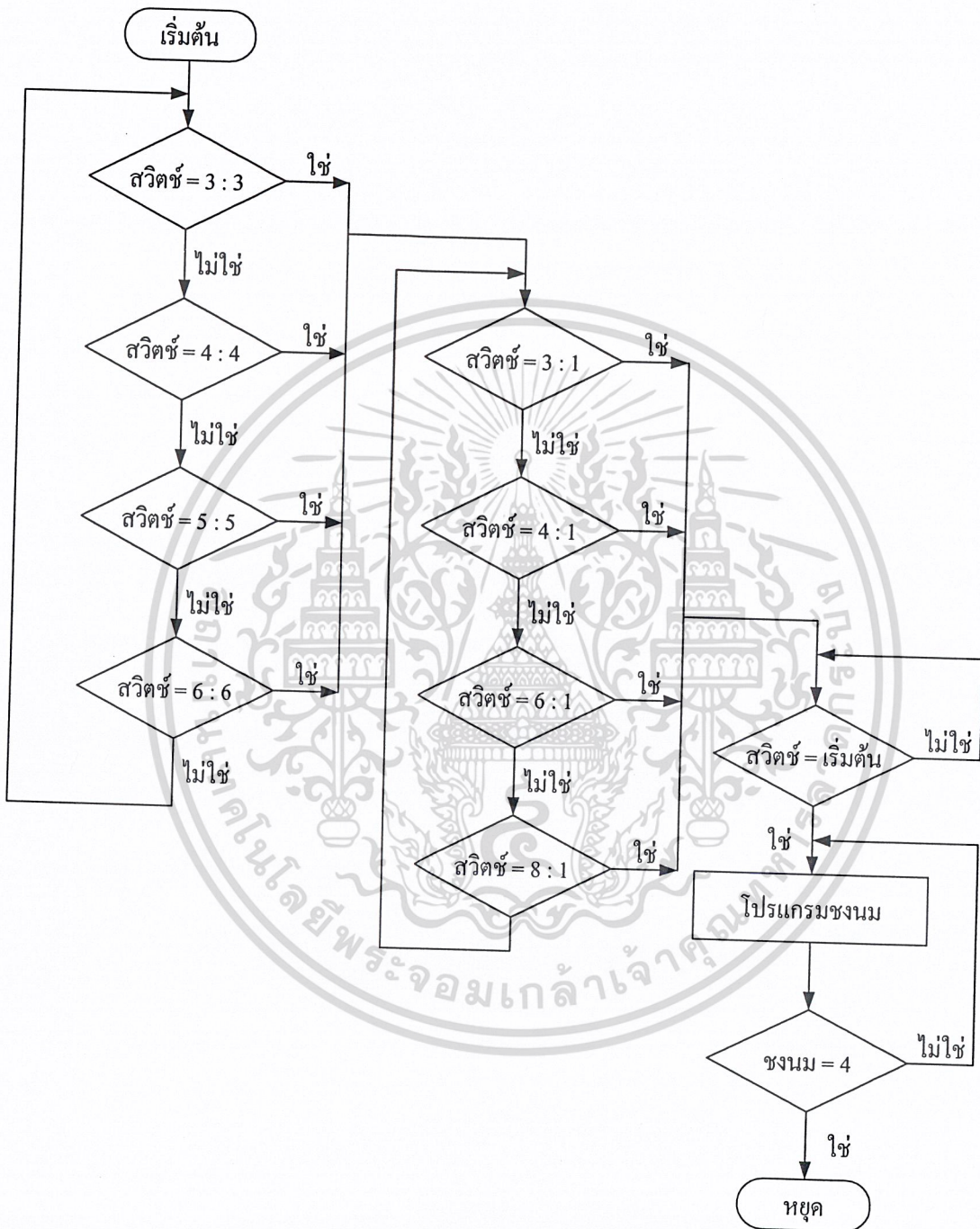
จากรูปที่ 3.14 เป็นผังการทำงานของระบบชงนมทั้งสองแบบ คือ แบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ

สำหรับในส่วนของการชงนมแบบอัตโนมัติ เมื่อผู้ใช้เลือกการทำงานแบบอัตโนมัติ ระบบจะเข้าสู่การทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดการทำงานว่า จะเลือกอัตราส่วนในการชงนมวันละกี่ครั้ง ครั้งละเท่าใด ซึ่งผู้ใช้จะต้องทราบว่ ปริมาณนมเท่าใดจึงจะเหมาะสมกับอายุของเด็กในแต่ละวัย

สำหรับในส่วนของการชงนมแบบกึ่งอัตโนมัติ เมื่อผู้ใช้เลือกการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ผู้ใช้ก็ต้องเลือกอัตราส่วนในการชงนมในครั้งนั้นเลย โดยระบบจะทำการชงนมเสร็จสิ้นภายในหนึ่งครั้ง ซึ่งผู้ใช้จะต้องทราบว่ ปริมาณนมเท่าใดจึงจะเหมาะสมกับอายุของเด็กในแต่ละวัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.1) การออกแบบผังการทำงานของระบบขงนมแบบอัตโนมัติ

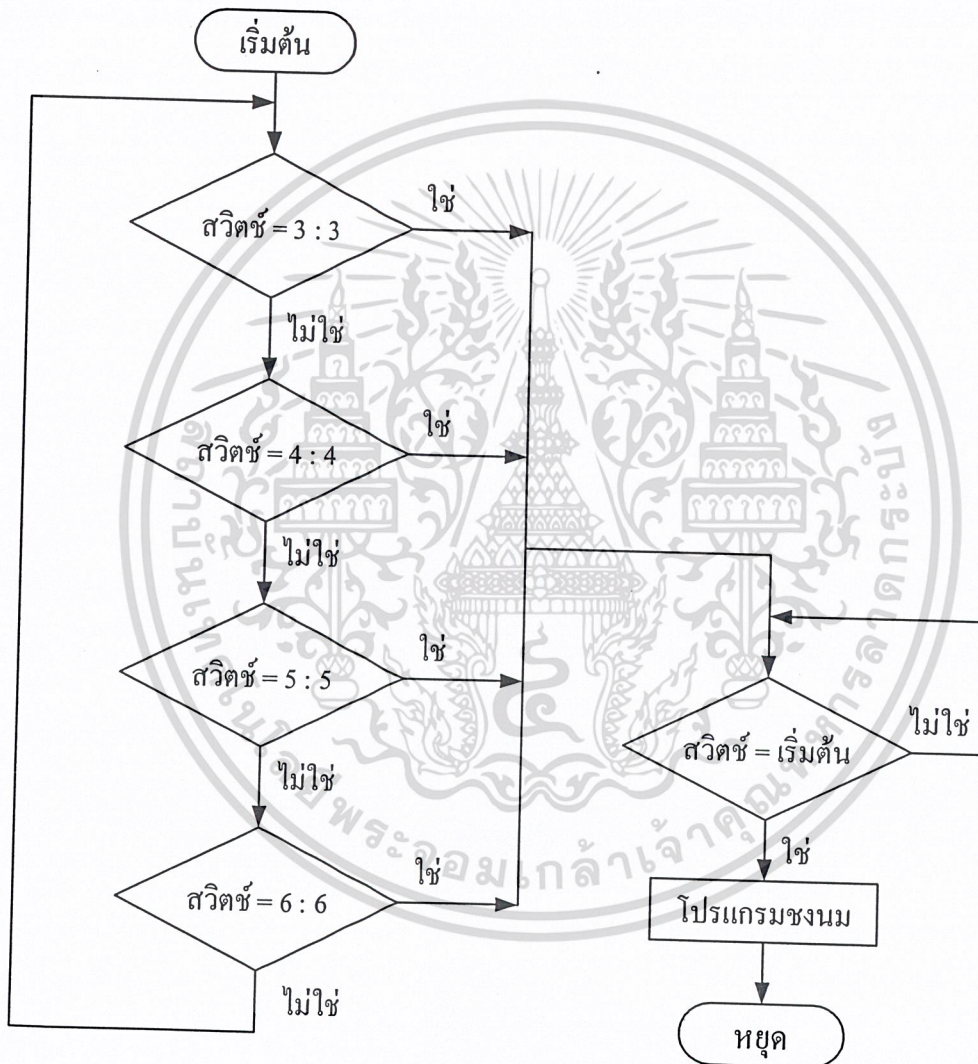


รูปที่ 3.15 ผังการทำงานของระบบขงนมแบบอัตโนมัติ

จากผังการทำงานในรูปที่ 3.15 เมื่อระบบขงนมแบบอัตโนมัติพร้อมที่จะใช้งาน จะให้ผู้ใช้เป็นผู้เลือกสวิทช์ในการขงนมตามปริมาณที่ต้องการ และเลือกเวลาในการขงนมในหนึ่งวัน เช่น ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกที่สวิตช์ 3:3 จะหมายถึงให้ขงนมในสัดส่วนของนมต่อน้ำเท่ากับ 3 ช้อน ต่อ น้ำ 3 ออนซ์ และให้เลือกเวลาของการขงนมว่าต้องการขงนมกี่ขวดในหนึ่งวัน เช่นถ้าเลือกที่สวิตช์ 6:1 จะหมายถึงให้ขงนมจำนวน 6 ขวด ในหนึ่งวัน หลังจากนั้นให้เลือกที่สวิตช์เริ่มต้นการทำงาน ระบบขงนมแบบอัตโนมัติก็จะเริ่มทำงานทันที

### 1.2) การออกแบบผังการทำงานของระบบขงนมแบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 3.16 ผังการทำงานของระบบขงนมแบบกึ่งอัตโนมัติ

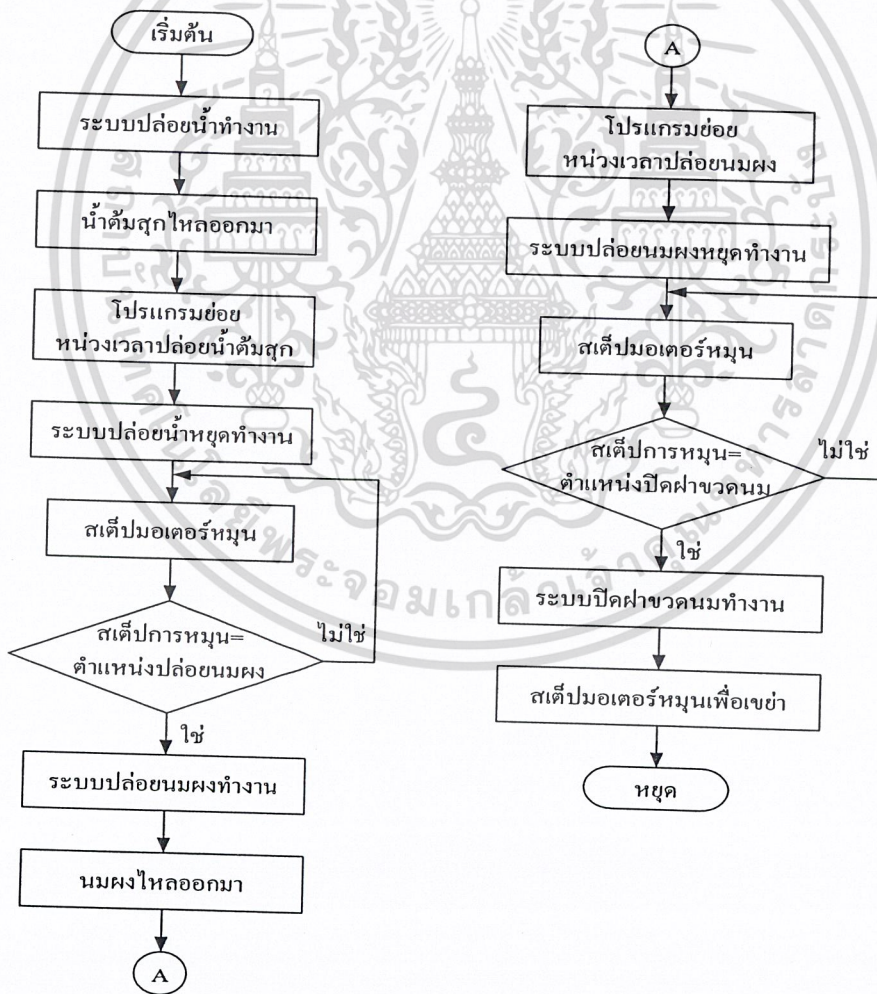
จากผังการทำงานในรูปที่ 3.16 เมื่อระบบขงนมแบบกึ่งอัตโนมัติพร้อมที่จะใช้งาน ผู้ใช้จะเลือกสวิตช์เพียงแค่นั้นเดียว คือ เลือกสวิตช์ในการขงนมตามปริมาณที่ต้องการ หลังจากนั้นก็ให้กดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์เริ่มทำงานได้เลย เช่น ถ้าเลือกสวิตช์ 4:4 จะหมายถึงให้ขงนมในสัดส่วนของนมต่อน้ำเท่ากับ 4 ช้อน ต่อน้ำ 4 ออนซ์

สำหรับในส่วนของระบบขงนม ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถแบ่งการ ออกแบบผังการทำงานออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

1) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการปล่อยน้ำและปล่อยนม

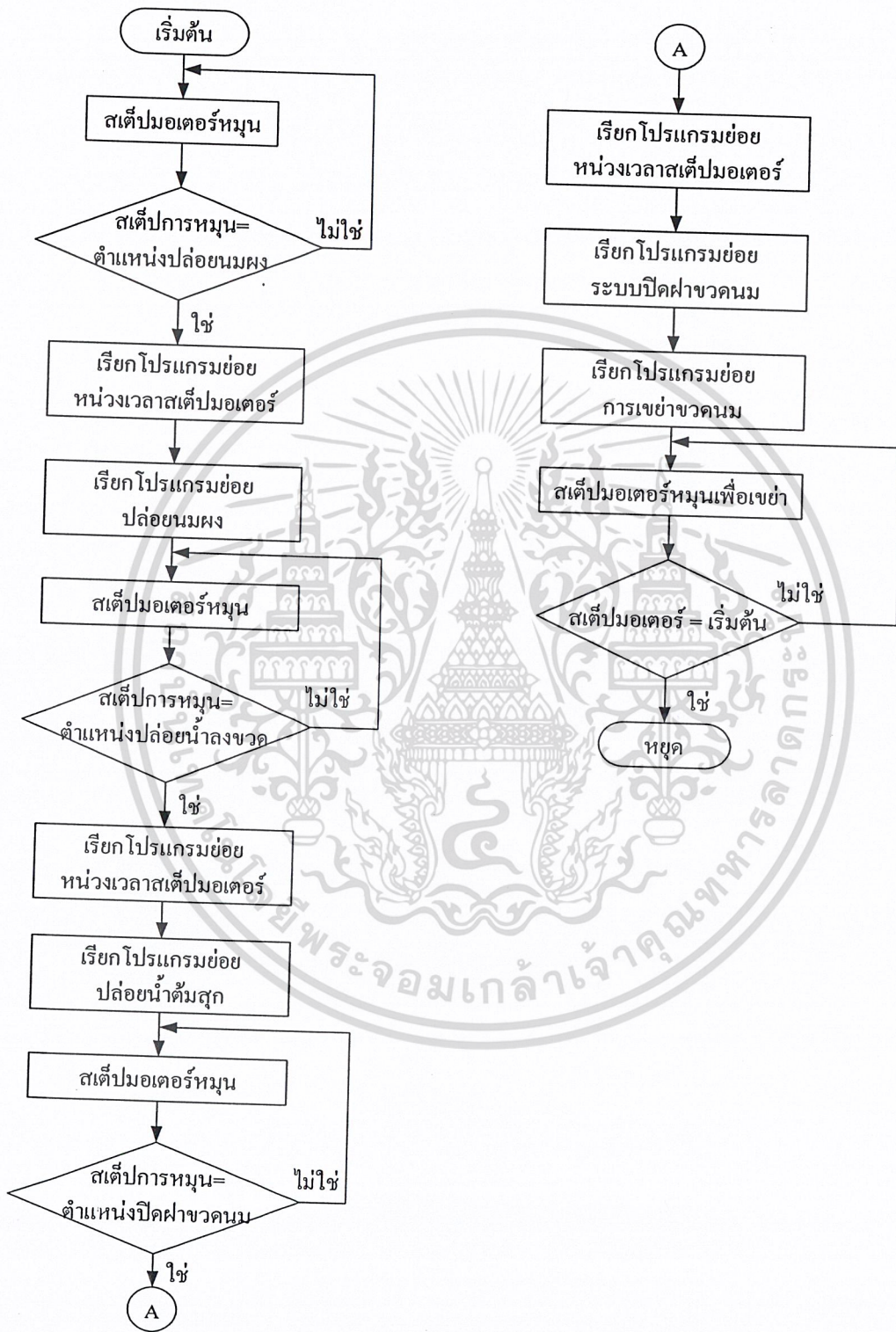
เมื่อระบบปล่อยน้ำ และปล่อยนมพร้อมที่จะทำงาน กระบวนการขงนมก็จะเริ่มขึ้น โดย จะทำการปล่อยน้ำดื่มสุกอุ่นลงสู่ขวดนมก่อน แล้วจึงสั่งให้สเต็ปมอเตอร์หมุนไปตำแหน่งรับนมผง เมื่อปล่อยน้ำและปล่อยนมแล้ว จะเข้าสู่ระบบการปิดฝาขวดนมโดยสเต็ปมอเตอร์จะหมุนไปยัง ตำแหน่งที่ปิดฝา แล้วระบบปิดฝาจะเลื่อนลงมาปิดฝาโดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นจะเข้าสู่ กระบวนการเขย่าเพื่อให้นมผงละลายเข้ากับน้ำดื่มสุก ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ผังการทำงานของระบบควบคุมการปล่อยน้ำและปล่อยนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

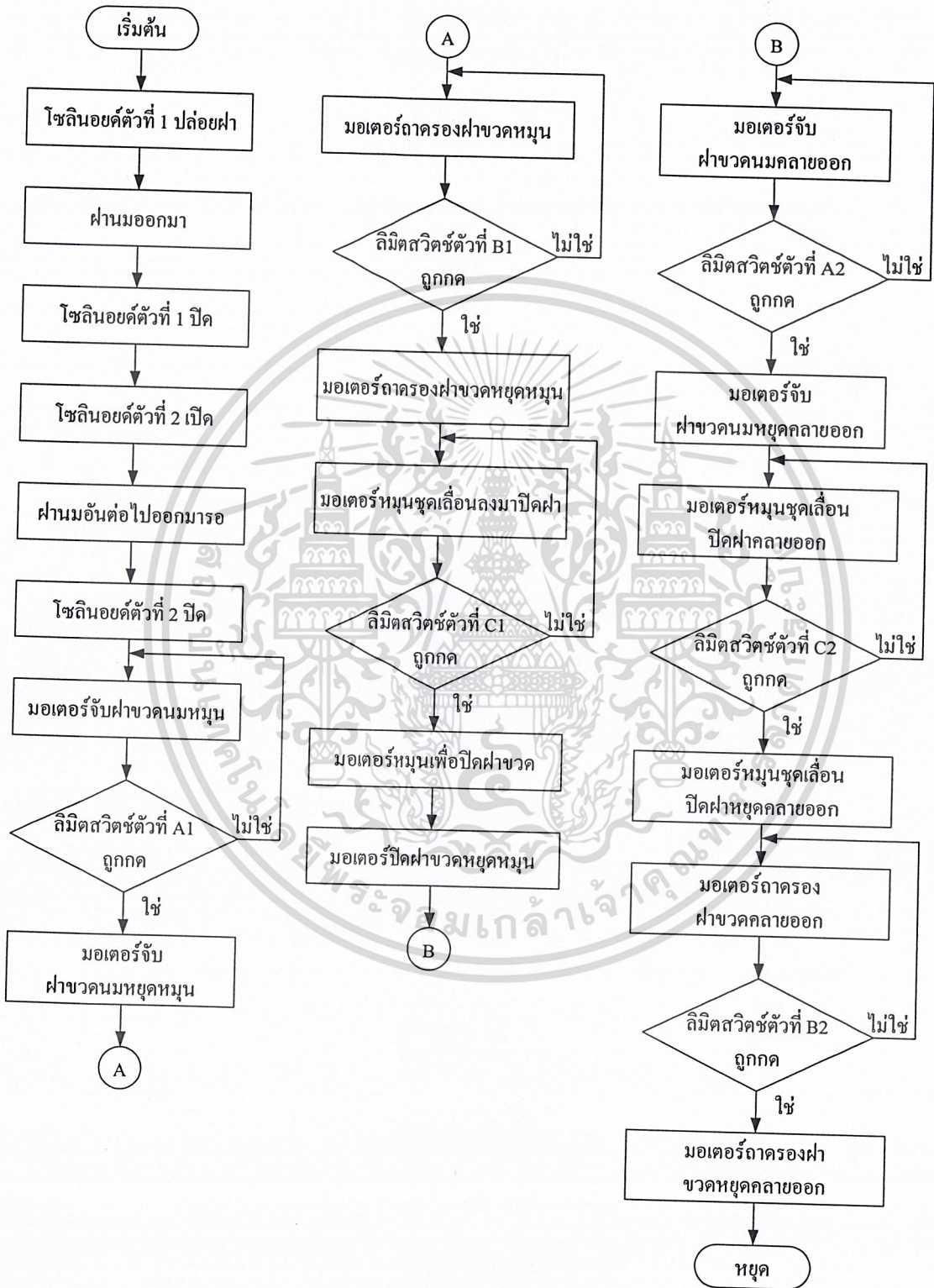
2) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการหมุนถาดขงนม



รูปที่ 3.18 ผังการทำงานของระบบควบคุมการหมุนถาดขงนม

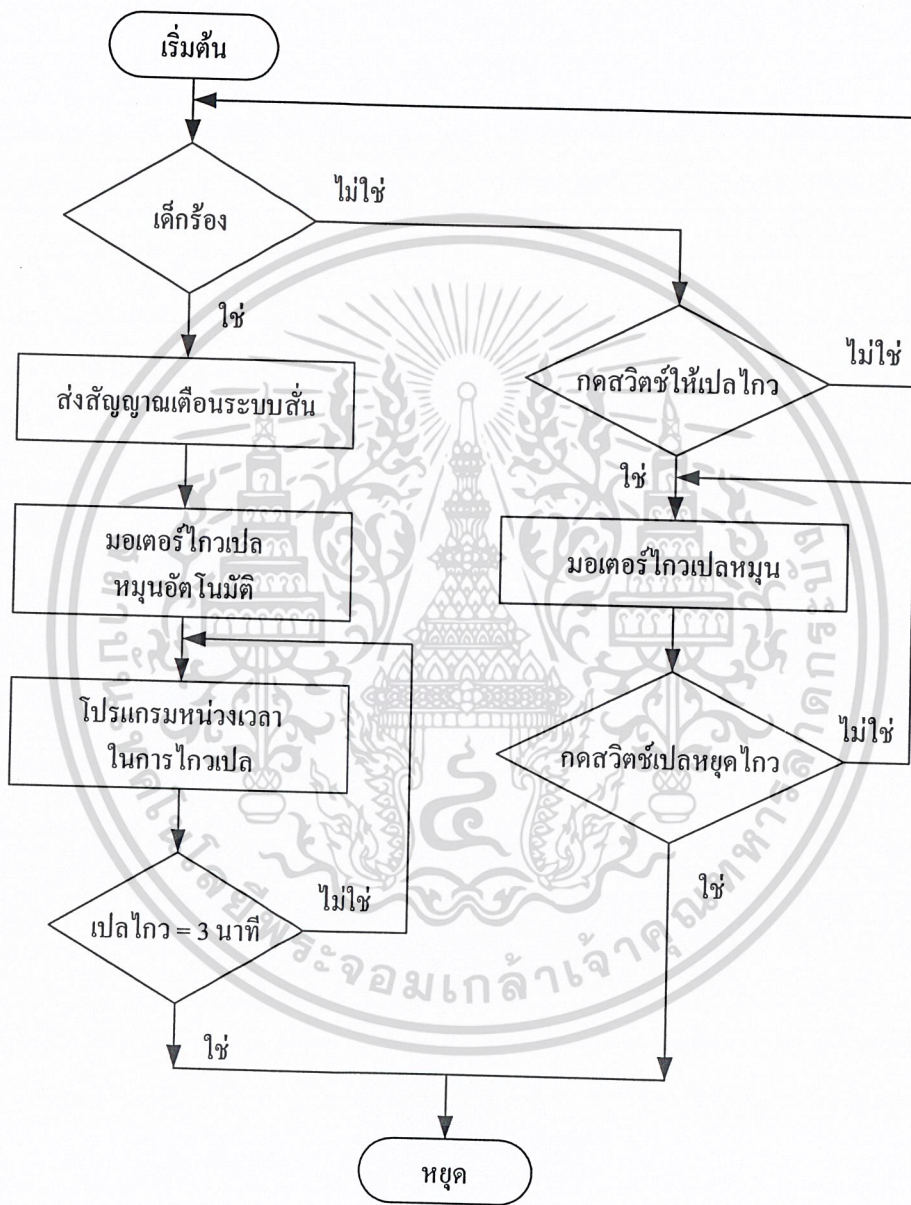
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการปิดฝาขวดนม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 3.19** ผังการทำงานของระบบควบคุมการปิดฝาขวดนม  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบบสงวนเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

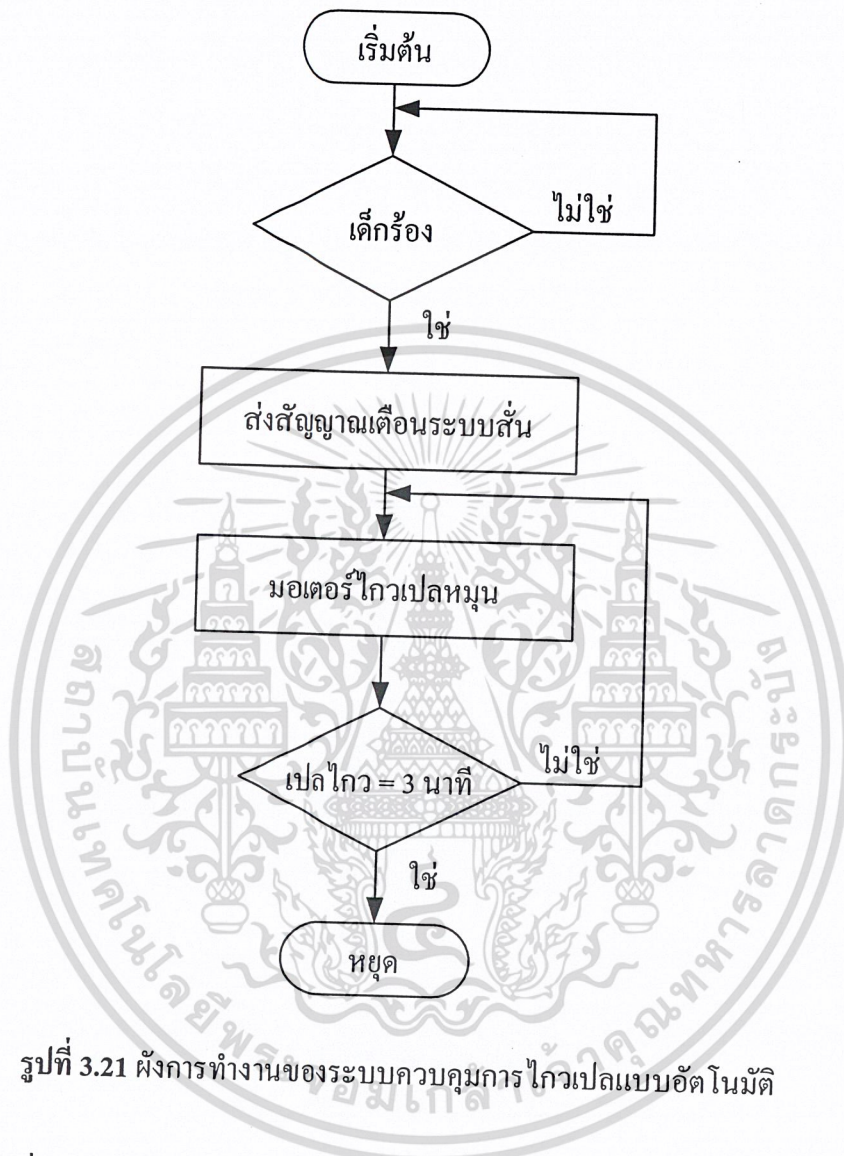
- 2) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการไถพืด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ
- 2.1) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการไถพืดแบบอัตโนมัติ
  - 2.2) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการไถพืดแบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 3.20 ผังการทำงานของระบบควบคุมการไถพืดแบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.20 เป็นผังการทำงานของระบบควบคุมการไถพืดทั้งสองแบบ คือ แบบอัตโนมัติ และแบบกึ่งอัตโนมัติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

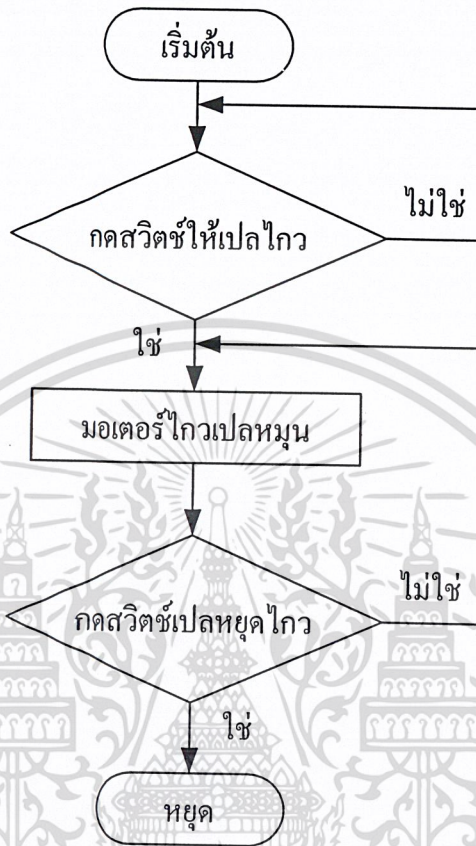
## 2.1) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวเปลแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.21 ผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวเปลแบบอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.21 เป็นผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวเปลแบบอัตโนมัติ สำหรับใน ส่วนของการไกวเปลแบบอัตโนมัตินี้ เปลจะไกวก็ต่อเมื่อมีเสียงร้องของเด็กเกิดขึ้น และมีระบบส่ง สัญญาณเตือนบอกกับผู้เลี้ยงเป็นระบบสั่น เพื่อให้ผู้เลี้ยงทราบว่าขณะนี้เด็กอาจจะมีอาการหิวนม หรือกรณีอื่นๆ

## 2.2) การออกแบบผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวเปลแบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 3.22 ผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวเปลแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.22 เป็นผังการทำงานของระบบควบคุมการไกวเปลแบบกึ่งอัตโนมัติ สำหรับใน ส่วนของการไกวเปลแบบกึ่งอัตโนมัติ เปลจะไกวก็ต่อเมื่อผู้เลี้ยงกดเลือกสวิทช์ให้เปลไกว ซึ่งเปลก็จะไกวไปเรื่อยๆ จนกว่า ผู้เลี้ยงจะกดสวิทช์ยกเลิกการไกวเปล

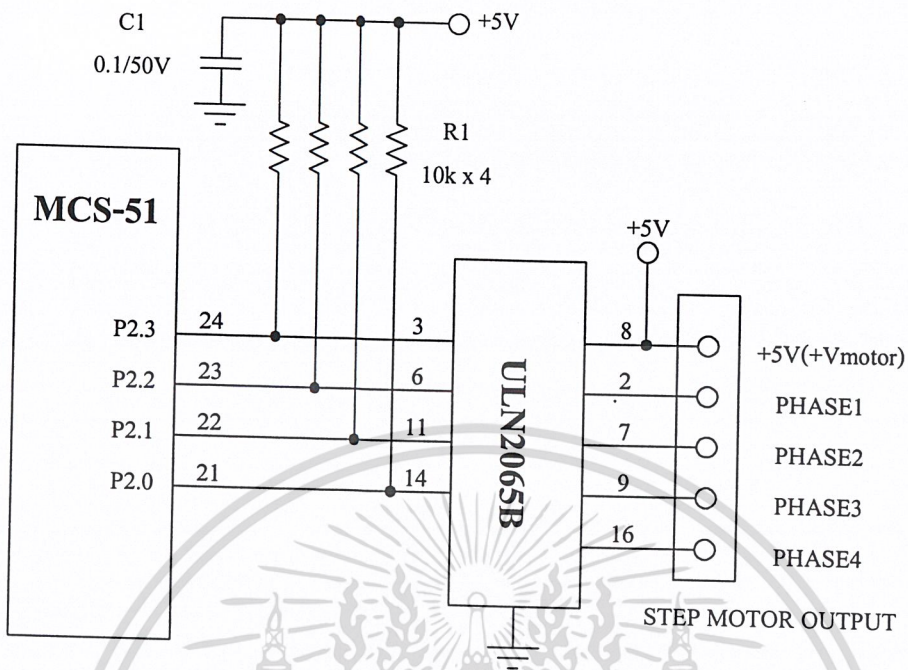
### 3.2.3 การออกแบบวงจรควบคุมระบบต่างๆ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

#### 1) การออกแบบวงจรขับสเต็ปมอเตอร์

ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ให้ทำงานตามที่ต้องการ จะต้องมียังจรที่ใช้ในการติดต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งวงจรในรูปที่ 3.23 เป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ จากรูปจะ เห็นว่าได้นำเอาไอซีเบอร์ ULN2065B ต่อกับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 เพื่อสั่งงาน ให้สเต็ปมอเตอร์หมุนตามที่ต้องการ โดยเขียนโปรแกรมสั่งให้สเต็ปมอเตอร์หมุนในรูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าให้สิทธิในการค้า ผ่านตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

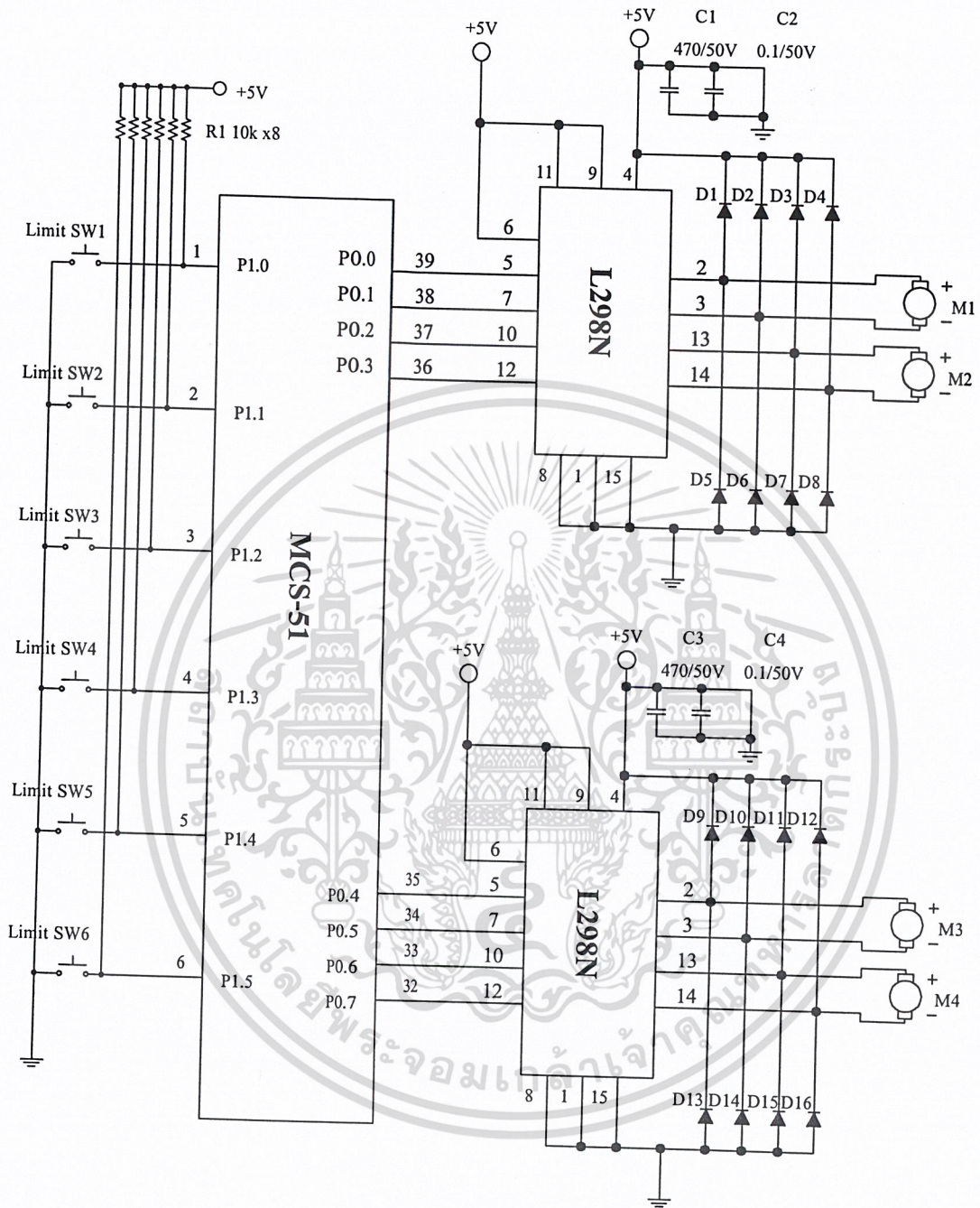


รูปที่ 3.23 วงจรที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์

## 2) การออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

การออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง ได้นำเอาไอซีเบอร์ L298N มาใช้งานในการขับมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งไอซีเบอร์นี้ 1 ตัว สามารถขับมอเตอร์กระแสตรงได้ 2 ตัว และสามารถติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้ จึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสั่งงานให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนในรูปแบบต่างๆ ได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

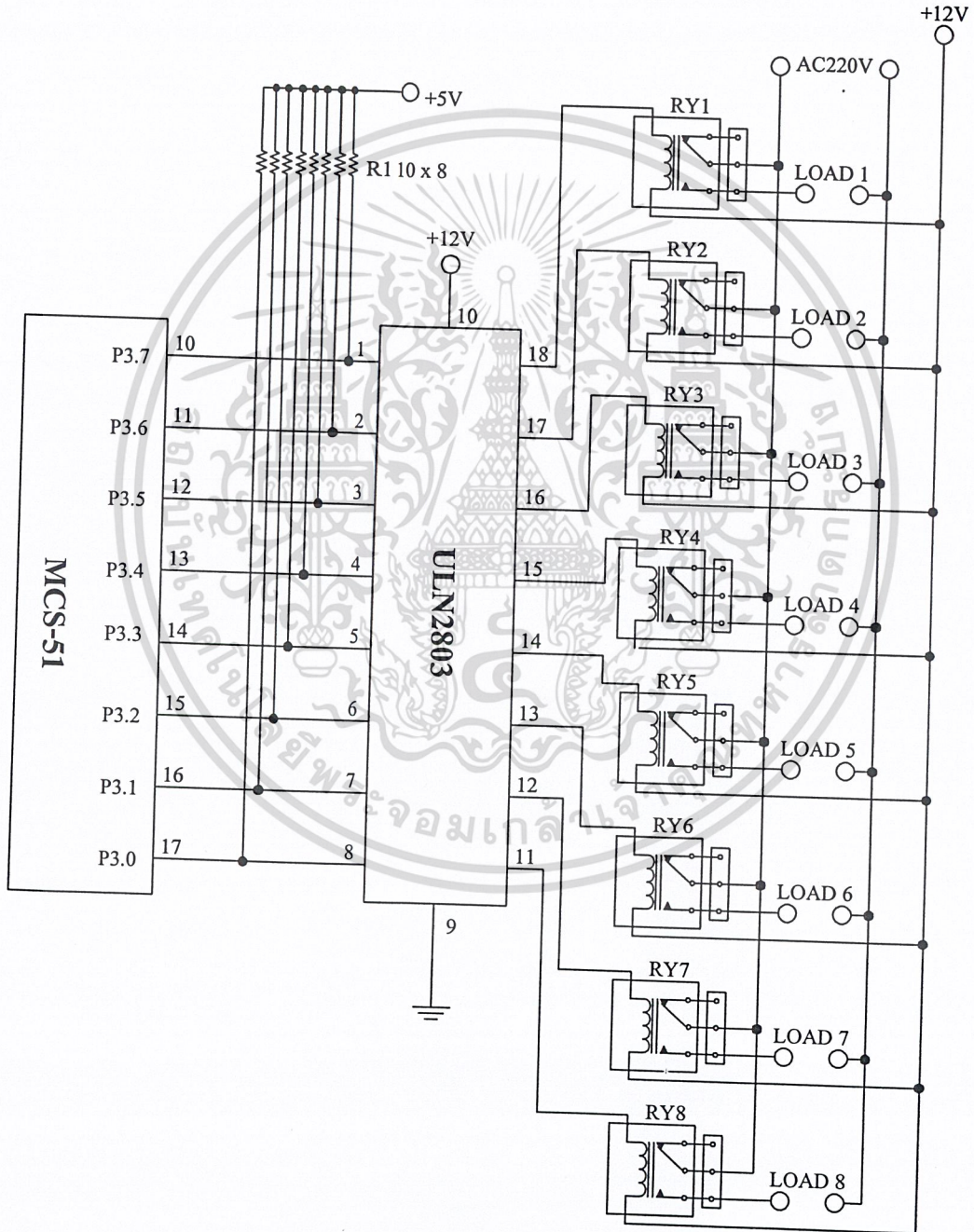


รูปที่ 3.24 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรขับรีเลย์

การออกแบบวงจรรีเลย์ เพื่อใช้ในการตัดต่อแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่นำมาต่อกับรีเลย์ ซึ่งในโครงการนี้ จำเป็นต้องใช้รีเลย์ในการตัดต่อแรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์บางตัว ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ ULN2803 ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสั่งงาน โดยเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ตามต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง และผลการทดลอง

การทดลอง และการตรวจสอบการทำงานของระบบช่วยเหลือภัยทาร์กิ้งอัตโนมัติ ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- 1) การทดลองทางด้านฮาร์ดแวร์
- 2) การทดลองทางด้านซอฟต์แวร์

#### 4.1 การทดลองทางด้านฮาร์ดแวร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

##### 4.1.1 การทดลองระบบขนม

##### 1) การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับมวลของนมผง

##### 1.1) ลำดับการทดลอง

##### 1.1.1) การเตรียมอุปกรณ์ และสารที่ใช้

- 1) เครื่องชั่ง Sentogram ชนิดสามแขน
- 2) ช้อนตวงนมมาตรฐาน
- 3) ภาชนะใส่นมผง
- 4) นมผงยี่ห้อต่างๆ

##### 1.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) ตวงนมผงตัวอย่าง จำนวนหนึ่งช้อนตวงมาตรฐานใส่ภาชนะที่เตรียมไว้
- 2) ชั่งหามวลของนม โดยใช้เครื่องชั่งที่เตรียมไว้
- 3) ทำการทดลอง ข้อที่ 1-2 ซ้ำ หลายๆ ครั้ง โดยเปลี่ยนเป็นนมผงยี่ห้อต่างๆ

บันทึก ผลการทดลองลงในตาราง และหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบปริมาณกับมวลของนมผงยี่ห้อต่างๆ

ยี่ห้อของนมผง	ปริมาณของนมผง (ช้อน)	มวลของนมผง (กรัม)
เมจิ	1	4.02
ยี่ห้อของนมผง	ปริมาณของนมผง (ช้อน)	มวลของนมผง (กรัม)
คูเม็กซ์	1	4.04
ตราหมี	1	4.10
แล็คโตเซน	1	4.05
เอ็นฟาแล็ค	1	4.08
เกล็ย	1	4.06

## 1.3) สรุปผลการทดลองการเปรียบเทียบปริมาณกับมวลของนมผงยี่ห้อต่างๆ

จากการทดลองพบว่า นมผงยี่ห้อต่างๆ จำนวน 1 ช้อน จะมีมวล หรือมีน้ำหนัก ประมาณ 4 กรัม ดังนั้นในการทดลองต่อไปนี้จะใช้มวลของนมผงจำนวน 4 กรัม แทนการตวงด้วย ช้อน 1 ช้อน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่แน่นอน และสะดวกต่อการทดลองขั้นต่อไป

## 2) การทดลองหาเวลาที่ใช้ในการปลี่ยนนมผงแต่ละครั้ง

## 2.1) ลำดับการทดลอง

## 2.1.1) การเตรียมอุปกรณ์ และสารที่ใช้

- 1) เครื่องชั่ง Sentogram ชนิดสามแขน
- 2) ระบบปลี่ยนนมผง
- 3) ภาชนะใส่นมผง
- 4) นาฬิกาจับเวลา
- 5) นมผงตัวอย่าง

## 2.1.2) วิธีการทดลอง

1) ชั่งนมผงตัวอย่าง ประมาณ 150-200 กรัม ลงในถังบรรจุนมผงของระบบ  
ปลี่ยนนมผง

2) ปลี่ยนนมผงลงภาชนะที่วางบนเครื่องชั่ง ให้ได้ปริมาณเท่ากับ 12 กรัม  
พร้อมทั้งจับเวลาที่ใช้ในการปลี่ยนนมผง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการทดลองตามข้อ 2 ซ้ำหลายๆ ครั้ง บันทึกผลการทดลองลงในตาราง และหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.2

## 2.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการปล่อยนมผงลงสู่ขวดนม

ครั้งที่	มวลของนมผง 3 ซ้อน หรือ 12 กรัม	เวลาที่ใช้ในการปล่อยนมผงลงสู่ขวดนม (วินาที)
1	12	14.56
2	12	14.68
3	12	14.03
4	12	14.40
5	12	14.28
6	12	14.46
7	12	14.47
8	12	14.37
9	12	14.38
10	12	14.44
11	12	14.35
12	12	14.41
13	12	14.32
14	12	14.25
15	12	14.31
เฉลี่ย	12	14.38
เฉลี่ย	1	1.20

## 2.3) สรุปผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการปล่อยนมผงลงสู่ขวดนม

จากตารางที่ 4.2 พบว่าในการปล่อยนมผงจำนวน 12 กรัม ใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 14.38 วินาที หรือคิดเป็นสัดส่วนอย่างต่ำได้ ดังนี้ คือ ในการปล่อยนมผง 1 กรัมใช้เวลา 1.20 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำค่าไปใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของนมผงที่ใช้สำหรับทารกวัยต่างๆ ในแต่ละมือกับเวลาที่ใช้ในการป้อนนมผงได้ ดังตัวอย่าง เช่น

ทารกวัย 2-4 สัปดาห์ ต้องการนมผงมือละ 16 กรัม

ดังนั้นต้องใช้เวลาในการป้อนนมผงในแต่ละครั้ง เท่ากับ  $16 \times 1.20 = 19.20$  วินาที

### 3) การทดลองหาเวลาที่ใช้ในการป้อนน้ำแต่ละครั้ง

#### 3.1) ลำดับการทดลอง

##### 3.1.1) การเตรียมอุปกรณ์ และสารที่ใช้

- 1) กระจกวัดปริมาตร
- 2) ระบบป้อนน้ำ
- 3) นาฬิกาจับเวลา
- 4) น้ำต้มสุก

##### 3.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) เทน้ำต้มสุกประมาณ 1 ลิตร ลงในถังบรรจุน้ำของระบบป้อนน้ำ
- 2) ป้อนน้ำลงในกระจกวัดปริมาตรจนครบ 3 ออนซ์ หรือ 90 มิลลิลิตร พร้อมทั้งจับเวลาที่ใช้ในการป้อนน้ำ
- 3) ทำการทดลองตามข้อ 2 ซ้ำหลายๆ ครั้ง บันทึกผลการทดลองลงในตาราง และหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.3

#### 3.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการป้อนน้ำลงขวดนม

ครั้งที่	ปริมาณของน้ำ 3 ออนซ์ หรือ 90 มิลลิลิตร	เวลาที่ใช้ในการป้อน น้ำลงขวดนม (วินาที)
1	3	13.71
2	3	13.75
3	3	13.78
4	3	13.69
5	3	13.85
6	3	13.92
7	3	14.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการปล่อยน้ำลงสู่ขบวนการ

ครั้งที่	ปริมาณของน้ำ 3 ออนซ์ หรือ 90 มิลลิลิตร	เวลาที่ใช้ในการปล่อย น้ำลงขบวนการ (วินาที)
8	3	14.24
9	3	14.35
10	3	14.26
11	3	14.29
12	3	14.35
13	3	14.75
14	3	14.69
15	3	14.56
เฉลี่ย	3	14.15
เฉลี่ย	1	4.72

### 3.3) สรุปผลการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการปล่อยน้ำลงสู่ขบวนการ

จากตารางที่ 4.3 พบว่าในการปล่อยน้ำจำนวน 3 ออนซ์ ใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 14.15 วินาที หรือคิดเป็นสัดส่วนอย่างต่ำได้ดังนี้ คือ ในการปล่อยน้ำ 1 ออนซ์ ใช้เวลา 4.72 วินาที ซึ่งสามารถนำไปคำนวณ หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของน้ำที่ใช้สำหรับขบวนการให้กับทาร์กวัยต่างๆ ในแต่ละมือกับเวลาที่ใช้ในการปล่อยน้ำได้ ดังตัวอย่าง เช่น

ทาร์กวัย 2-4 สัปดาห์ ต้องการน้ำในการขงนมมือละ 6 ออนซ์

ดังนั้นต้องใช้เวลาในการปล่อยน้ำในแต่ละครั้ง เท่ากับ  $6 \times 4.72 = 28.32$  วินาที

### 3.4) สรุปผลการทดลองของระบบขงนม

จากการทดลองทั้ง 3 ขั้นตอน สามารถนำผลการทดลอง มาหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลของนมผง ปริมาตรของน้ำและเวลาที่ใช้ในการขงนมได้ ดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของนมผง ปริมาตรของน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงนม

อายุ	ปริมาณของนมผงที่ใช้ต่อครั้ง (กรัม)	เวลาที่ใช้ในการปล่อยนมผงต่อครั้ง (วินาที)	ปริมาณของน้ำที่ใช้ต่อครั้ง (ออนซ์)	เวลาที่ใช้ในการปล่อยน้ำต่อครั้ง (วินาที)
แรกเกิด - 2 สัปดาห์	12	14.38	3	14.15
2-4 สัปดาห์	16	19.17	4	18.87
1-2 เดือน	20	23.96	5	23.59
2-4 เดือน	24	28.75	6	28.31
4- 6เดือน	28	33.54	7	33.03
6 เดือนขึ้นไป	32	38.34	8	37.74

จากตารางที่ 4.4 สามารถนำไปใช้ในการจัดตั้งระบบควบคุมการชงนมได้ตามต้องการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของเด็กและปริมาณที่ต้องการใช้ในแต่ละครั้ง

#### 4.1.2 การทดลองระบบไกวเปล

##### 1) การหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับการไกวของเปลที่มีน้ำหนักต่างกัน

###### 1.1) ลำดับการทดลอง

###### 1.1.1) การเตรียมอุปกรณ์

- 1) แหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 0-30 โวลต์
- 2) ระบบไกวเปลที่จัดทำขึ้น
- 3) วัตถุเพิ่มน้ำหนักของเปล (แทนน้ำหนักของทารกที่เพิ่มขึ้น)
- 4) นาฬิกาจับเวลา

###### 1.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) จัดเตรียมระบบไกวเปลให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
- 2) ป้อนแรงดันไฟฟ้าขนาด 3 โวลต์ ให้กับมอเตอร์ไกวเปล เป็นเวลา 1 นาที

สังเกตการไกวของเปล บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

- 3) ทำการทดลองตามข้อที่ 2 ซ้ำ โดยเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เป็น

6, 9, 12 และ 15 โวลต์ ตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ทำการทดลองซ้ำ จากข้อที่ 1-3 โดยให้น้ำหนักของเปลดเพิ่มขึ้นครั้งละประมาณ 1-2 กิโลกรัม

### 1.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กับการไถของเปลดที่มี น้ำหนักประมาณ 2-3 กิโลกรัม

ครั้งที่	น้ำหนักของเปลด (กิโลกรัม)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	สภาพการไถของเปลด
1	2-3	3	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ
2	2-3	6	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ
3	2-3	9	เปลดไถได้จังหวะพอดี
4	2-3	12	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ
5	2-3	15	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กับการไถของเปลดที่มี น้ำหนักประมาณ 4-5 กิโลกรัม

ครั้งที่	น้ำหนักของเปลด (กิโลกรัม)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	สภาพการไถของเปลด
1	4-5	3	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ
2	4-5	6	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ
3	4-5	9	เปลดไถได้จังหวะพอดี
4	4-5	12	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ
5	4-5	15	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กับการไถของเปลดที่มี น้ำหนักประมาณ 6-7 กิโลกรัม

ครั้งที่	น้ำหนักของเปลด (กิโลกรัม)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	สภาพการไถของเปลด
1	6-7	3	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ
2	6-7	6	เปลดไถไม่ตรงจังหวะ

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กับ การไกวของเพลตที่มีน้ำหนักประมาณ 6-7 กิโลกรัม

ครั้งที่	น้ำหนักของเพลต (กิโลกรัม)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	สภาพการไกวของเพลต
3	6-7	9	เพลตไกวได้จังหวะพอดี
4	6-7	12	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ
5	6-7	15	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กับ การไกวของเพลตที่มีน้ำหนักประมาณ 8-9 กิโลกรัม

ครั้งที่	น้ำหนักของเพลต (กิโลกรัม)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	สภาพการไกวของเพลต
1	8-9	3	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ
2	8-9	6	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ
3	8-9	9	เพลตไกวได้จังหวะพอดี
4	8-9	12	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ
5	8-9	15	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กับ การไกวของเพลตที่มีน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัมขึ้นไป

ครั้งที่	น้ำหนักของเพลต (กิโลกรัม)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	สภาพการไกวของเพลต
1	10	3	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ
2	10	6	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ
3	10	9	เพลตไกวได้จังหวะพอดี
4	10	12	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ
5	10	15	เพลตไกวไม่ตรงจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่า

1. ถ้าน้ำหนักเปปเปอร์ประมาณ 2-3 กิโลกรัม ควรใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 9 โวลต์
2. ถ้าน้ำหนักเปปเปอร์ประมาณ 4-5 กิโลกรัม ควรใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 9 โวลต์
3. ถ้าน้ำหนักเปปเปอร์ประมาณ 6-7 กิโลกรัม ควรใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 9 โวลต์
4. ถ้าน้ำหนักเปปเปอร์ประมาณ 8-9 กิโลกรัม ควรใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 9 โวลต์
5. ถ้าน้ำหนักเปปเปอร์ประมาณ 10 กิโลกรัมขึ้นไป ควรใช้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 9 โวลต์

### 1.3) สรุปผลการทดลองระบบไกวเปป

จากการทดลองพบว่าที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 9 โวลต์สามารถใช้กับเปปเปอร์ที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 2 -10 กิโลกรัมได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับน้ำหนักของเด็กที่เจริญเติบโตขึ้นและมีน้ำหนักมากขึ้น

## 4.2 การทดลองทางด้านซอฟต์แวร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

### 4.2.1 การทดลองโปรแกรมควบคุมระบบขนม

#### 1) ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปลี่ยนนมผง

##### 1.1) ลำดับการทดลอง

##### 1.1.1) การเตรียมอุปกรณ์ และสารที่ใช้

- 1) โปรแกรมควบคุมการปลี่ยนนมผง
- 2) เครื่องชั่ง Sentogram ชนิดสามแขน
- 3) ระบบปลี่ยนนมผง
- 4) ภาชนะใส่นมผง
- 5) นมผงตัวอย่าง

##### 1.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) จัดเตรียมโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการปลี่ยนนมผง
- 2) จัดเตรียมระบบปลี่ยนนมผงให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
- 3) ปลี่ยนนมผงลงสู่ภาชนะที่วางไว้บนเครื่องชั่ง โดยใช้โปรแกรมควบคุมเป็นเวลา 14 วินาที พร้อมทั้งหาค่ามวลของนมผงที่ได้จากเครื่องชั่ง
- 4) ทำการทดลองตามข้อที่ 3 ซ้ำหลายๆ ครั้ง บันทึกผลการทดลองลงในตารางและหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยนมผง

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการปล่อยนมผงโดยใช้โปรแกรมควบคุม (วินาที)	มวลของนมผง (กรัม)
1	14	12.3
2	14	12.1
3	14	12.4
4	14	12.1
5	14	12.5
6	14	12.3
7	14	12.2
8	14	12.4
9	14	12.1
10	14	12.3
11	14	12.5
12	14	12.2
13	14	12.3
14	14	12.2
15	14	12.5
เฉลี่ย	14	12.29

## 1.3) สรุปผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยนมผง

จากตารางที่ 4.10 พบว่าในการปล่อยนมผงโดยใช้โปรแกรมควบคุม เป็นเวลา 14 วินาทีสามารถปล่อยนมผงในแต่ละครั้งได้ปริมาณแตกต่างกันน้อยมากจนถือว่า โปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบนี้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่เชื่อถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยน้ำ

### 2.1) ลำดับการทดลอง

#### 2.1.1) การเตรียมอุปกรณ์ และสารที่ใช้

- 1) โปรแกรมควบคุมการปล่อยน้ำ
- 2) ระบบปล่อยน้ำ
- 3) กระจกตวงปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

#### 2.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) จัดเตรียม โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการปล่อยน้ำ
- 2) จัดเตรียมระบบปล่อยน้ำให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
- 3) ปล่อยน้ำลงในกระจกตวง โดยใช้โปรแกรมควบคุมเป็นเวลา 14 วินาที พร้อมทั้งอ่านค่าปริมาณของน้ำที่ได้
- 4) ทำการทดลองตามข้อที่ 3 ซ้ำหลายๆ ครั้ง บันทึกผลการทดลองลงในตาราง และหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.11

### 2.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยน้ำ

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการปล่อยน้ำโดยใช้โปรแกรมควบคุม (วินาที)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)
1	14	92.5
2	14	92.5
3	14	92.0
4	14	92.0
5	14	91.5
6	14	91.5
7	14	91.0
8	14	90.5
9	14	90.5
10	14	90.0
11	14	90.0

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยน้ำ

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการปล่อยน้ำโดยใช้โปรแกรมควบคุม (วินาที)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)
12	14	89.5
13	14	89.5
14	14	89.0
15	14	89.0
เฉลี่ย	14	90.73

### 2.3) สรุปผลการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการปล่อยน้ำ

จากตารางที่ 4.11 พบว่าในการปล่อยน้ำโดยใช้โปรแกรมควบคุม เป็นเวลา 14 วินาที สามารถปล่อยน้ำในแต่ละครั้งได้ปริมาณแตกต่างกันน้อยมาก จนถึงว่าโปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบนี้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่เชื่อถือได้

### 2.4) สรุปผลการทดลองการใช้โปรแกรมควบคุมระบบขงนม

จากการทดลองพบว่าโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการปล่อยนมผง และปล่อยน้ำเพื่อใช้ในการขงนมมีประสิทธิภาพที่ดี สามารถนำไปใช้งานได้จริง

## 4.2.2 การทดลองโปรแกรมควบคุมระบบไกวเปล

### 1) การทดลองระบบรับสัญญาณเสียงของเด็กทารก

#### 1.1) ลำดับการทดลอง

##### 1.1.1) การเตรียมอุปกรณ์

- 1) วงจรตรวจจับสัญญาณเสียงเด็กทารก
- 2) แหล่งจ่ายไฟตรง 12 โวลต์
- 3) สัญญาณเสียงที่ใช้ในการทดสอบ

##### 1.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) ติดตั้งวงจรตรวจจับสัญญาณเสียงเด็กทารก
- 2) ป้อนไฟให้กับวงจร
- 3) ทดลองเปิดเสียงที่ใช้ในการทดสอบ

#### 1.2) ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
จากการทดลองเปิดเสียงที่ใช้ในการทดสอบ ปรากฏว่าวงจรตรวจจับสัญญาณเสียง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารไว้ที่ต้นท่อนำไปใช้

สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ คือ เมื่อมีสัญญาณเสียงเด็กร้องขึ้น วงจรสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงได้

## 2) การทดลองระบบส่งสัญญาณเตือนแบบสั้น เมื่อมีเสียงเด็กทารกเกิดขึ้น

### 2.1) ลำดับการทดลอง

#### 2.1.1) การเตรียมอุปกรณ์

- 1) วงจรรับส่งสัญญาณเตือนแบบสั้นระยะไกล 20 เมตร
- 2) แหล่งจ่ายไฟตรง 3 โวลต์

#### 2.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) ติดตั้งวงจรส่งสัญญาณเตือนแบบสั้นระยะไกล 20 เมตร
- 2) เปลี่ยนตำแหน่งตัวรับสัญญาณตามระยะทางที่ต้องการ
- 3) ทดลองส่งสัญญาณโดยกดสวิทช์ทดสอบ

### 2.2) ผลการทดลอง

จากการทดลองส่งสัญญาณเตือน โดยใช้ตัวส่งสัญญาณระยะไกล 20 เมตร ที่ตัวรับสามารถรับสัญญาณได้ไกลตามที่ต้องการ

## 3) การทดลองไกวเปดตามเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อมีเสียงเด็กร้องขึ้น

### 3.1) ลำดับการทดลอง

#### 3.1.1) การเตรียมอุปกรณ์

- 1) วงจรตรวจจับสัญญาณเสียงเด็กทารก
- 2) แหล่งจ่ายไฟตรง 12 โวลต์
- 3) สัญญาณเสียงที่ใช้ในการทดสอบ
- 4) โปรแกรมที่ใช้หน่วงเวลาในการไกวเปด

#### 3.1.2) วิธีการทดลอง

- 1) ติดตั้งวงจรตรวจจับสัญญาณเสียงเด็กทารก
- 2) ป้อนไฟให้กับวงจร
- 3) ทดลองเปิดเสียงที่ใช้ในการทดสอบ
- 4) ใช้โปรแกรมควบคุมหน่วงเวลาในการไกวเปด

### 3.2) ผลการทดลอง

จากการทดลองเปิดเสียงที่ใช้ในการทดสอบ ปรากฏว่าวงจรตรวจจับสัญญาณเสียงสามารถทำงานได้ และเปดสามารถไกวได้ตรงตามเวลาที่ได้โปรแกรมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา

#### 5.1 บทสรุป

ระบบช่วยเลี้ยงทารกกึ่งอัตโนมัติ (Infant Caring by Semi-Automatic System) จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกให้กับผู้เลี้ยงดูเด็กทารก ซึ่งได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาใช้ในการควบคุมส่วนต่างๆ ของระบบ โดยได้ทำการทดลองระบบขงนม และระบบไกวเปล ซึ่งผลปรากฏว่าการทำงานในส่วนต่างๆ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง มีความแม่นยำใช้เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกในการเลี้ยงดูเด็กทารกได้เป็นอย่างดี และสามารถนำระบบนี้ไปเพิ่มเติมแก้ไขในส่วนของระบบต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์

จากการศึกษา และทดลองสร้างระบบช่วยเลี้ยงทารกกึ่งอัตโนมัติ ได้ผลการทดลองในแต่ละส่วนออกมาเป็นดังนี้

- 1) ระบบไกวเปลสามารถไกวได้อย่างนุ่มนวล เมื่อมีเสียงของเด็กร้องขึ้นระบบไกวเปลจะทำงานโดยอัตโนมัติและเป็นไปตามโปรแกรมการตั้งเวลาที่ได้กำหนดไว้
- 2) ระบบขงนมสามารถขงนมได้ตามเวลาที่ทำการโปรแกรมไว้ ซึ่งได้สัดส่วนของนมผง และปริมาณน้ำที่พอเหมาะ เหมาะสำหรับเด็กในแต่ละวัย

#### 5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

- 1) ปัญหา เรื่องของความสะอาดของวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้าง  
แนวทางการแก้ไขปัญหา จัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน และมีความสะอาดเพียงพอมาใช้งานแทน
- 2) ปัญหา การเคลื่อนย้าย ยังคงเป็นไปด้วยความไม่สะดวก  
แนวทางการแก้ไขปัญหา จัดทำระบบการเคลื่อนย้าย หรือติดตั้งระบบขับเคลื่อนที่มีความเหมาะสมมากกว่านี้
- 3) ปัญหา เรื่องการขาดงบประมาณในการจัดทำโครงการ  
แนวทางการแก้ไขปัญหา สด บัณฑิตควรจัดหาทุน หรือจัดหางบประมาณ เพื่อสนับสนุนด้านการจัดทำโครงการของนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการ

ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ สามารถทำงานได้ตามขีดความสามารถในวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ แต่โครงการนี้ยังสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานได้อีก คือ

- 1) ในส่วนของการไถ่พลสามารถที่จะปรับปรุงในเรื่องของระดับความเร็วในการไถ่ได้
- 2) ระบบการขับเคลื่อน หรือการเคลื่อนย้ายสามารถนำระบบควบคุมอื่นๆ มาควบคุมการเคลื่อนย้ายได้
- 3) การรักษาความสะอาดของถังนม ถังน้ำ และส่วนประกอบอื่นๆ สามารถหาวัสดุอื่นๆ มาแทนวัสดุที่ใช้ในโครงการนี้ เพื่อให้สามารถรักษาความสะอาดได้ดีมากกว่านี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ส่วนของระบบขงนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ ก.2 ส่วนของระบบไกวเปล  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบส่งเนื้อหาและต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

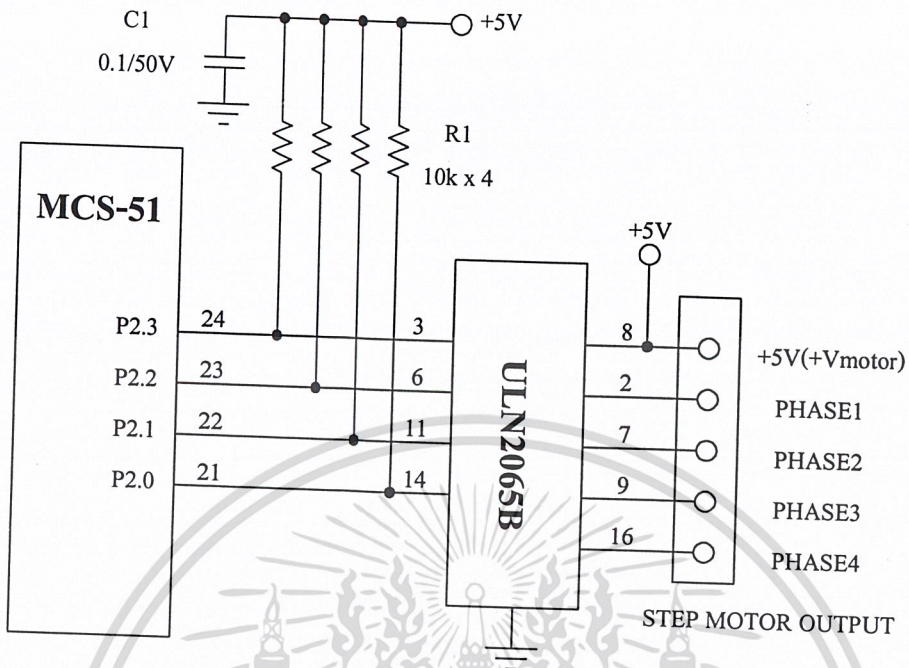


รูปที่ ก.3 ระบบช่วยเหลือยंत्रการกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

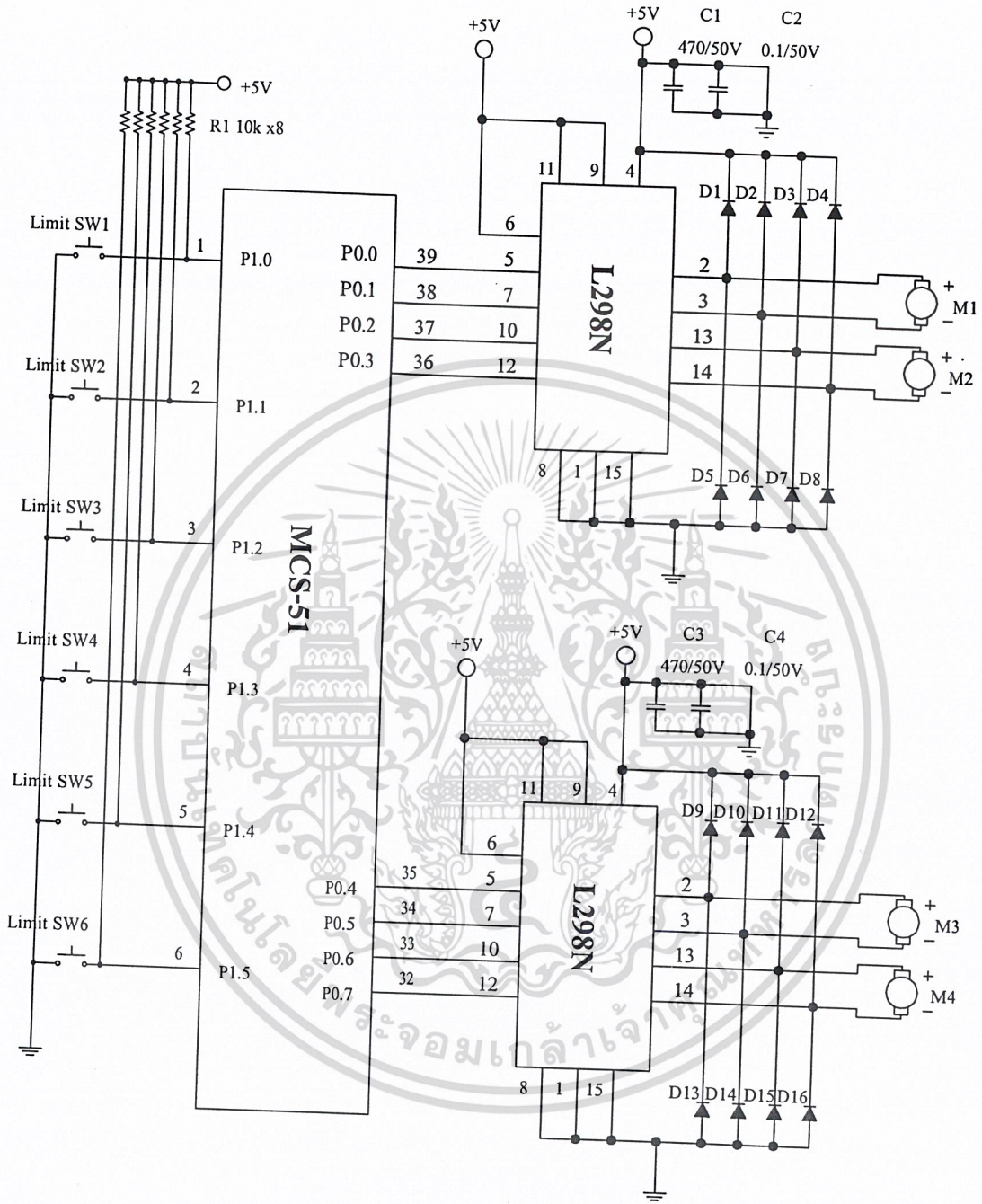


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



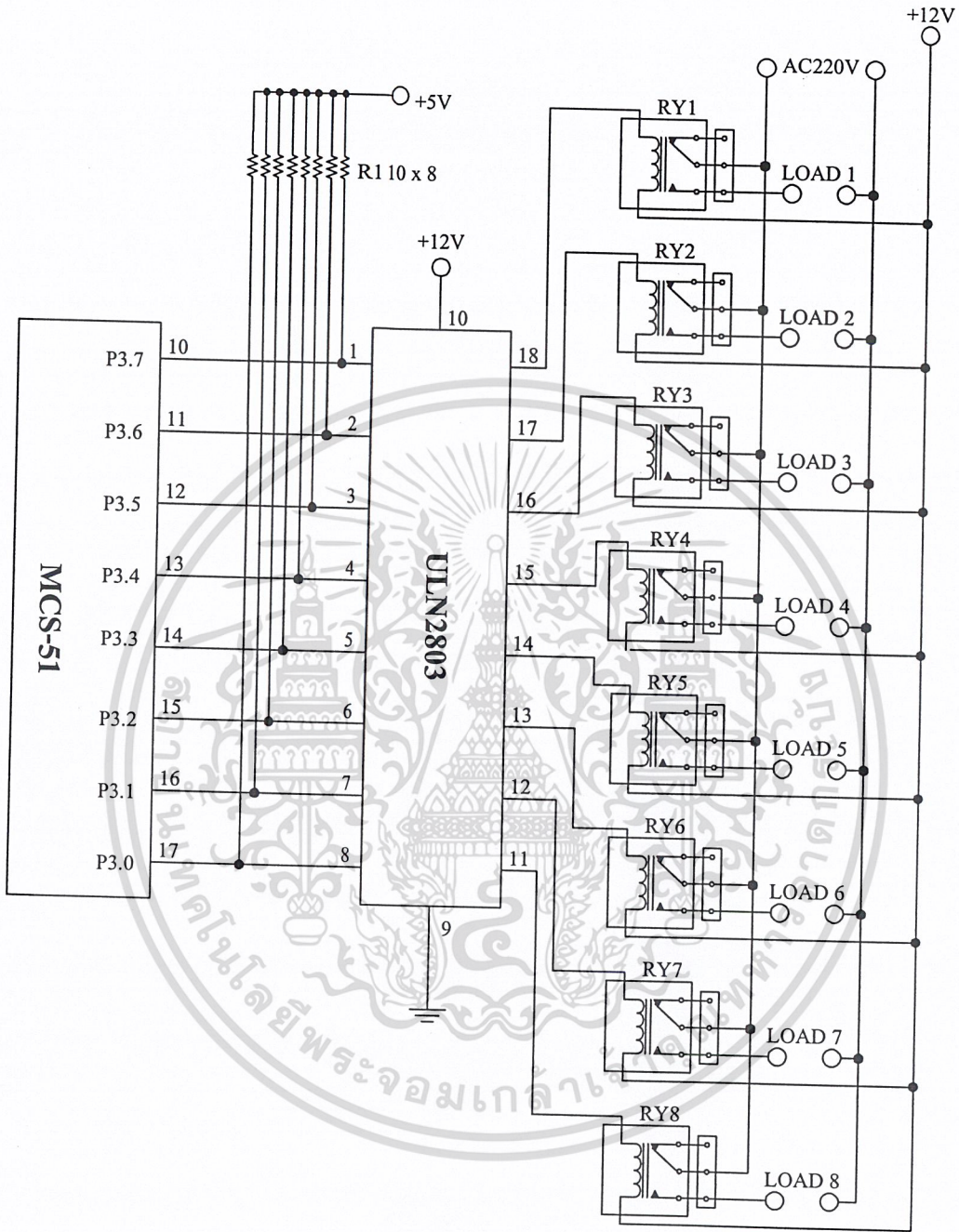
รูปที่ ข.1 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

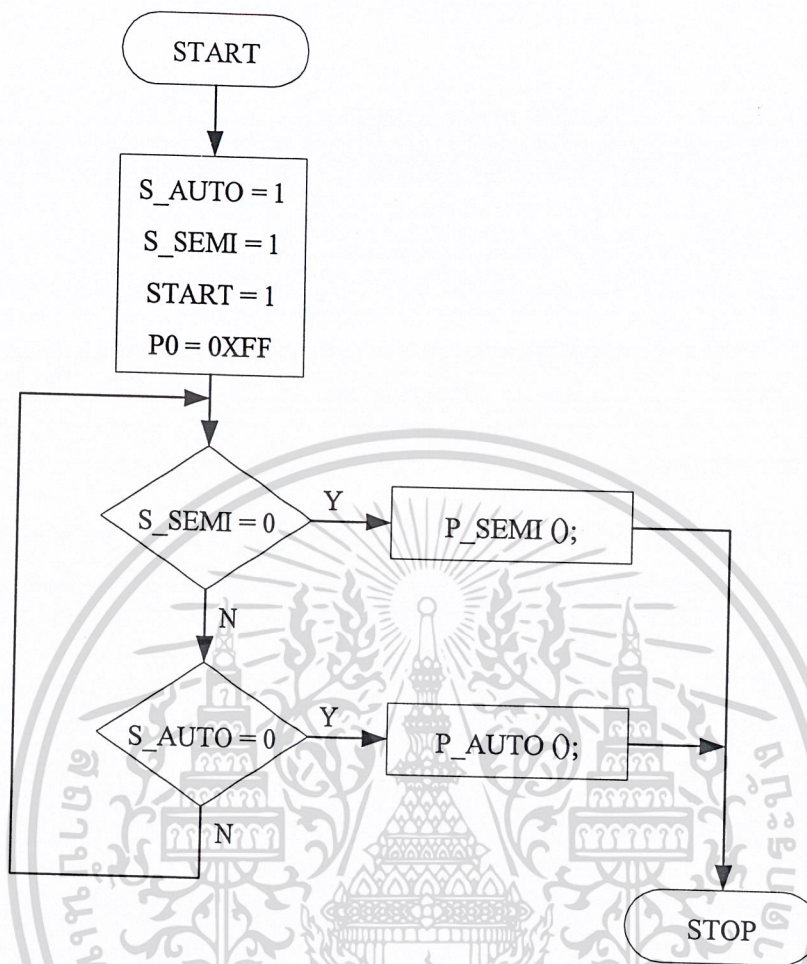


รูปที่ ข.3 วงจรรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

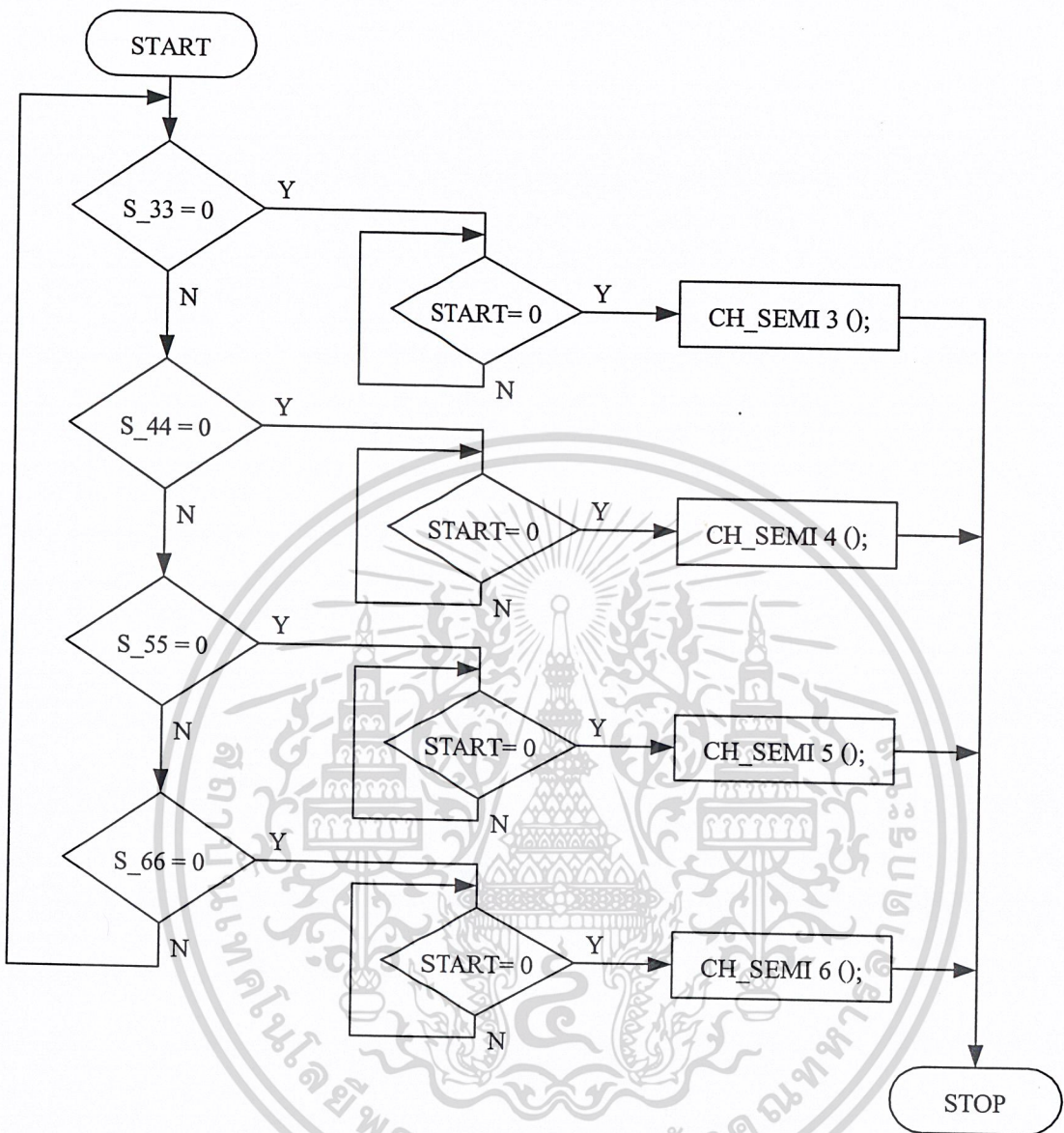


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



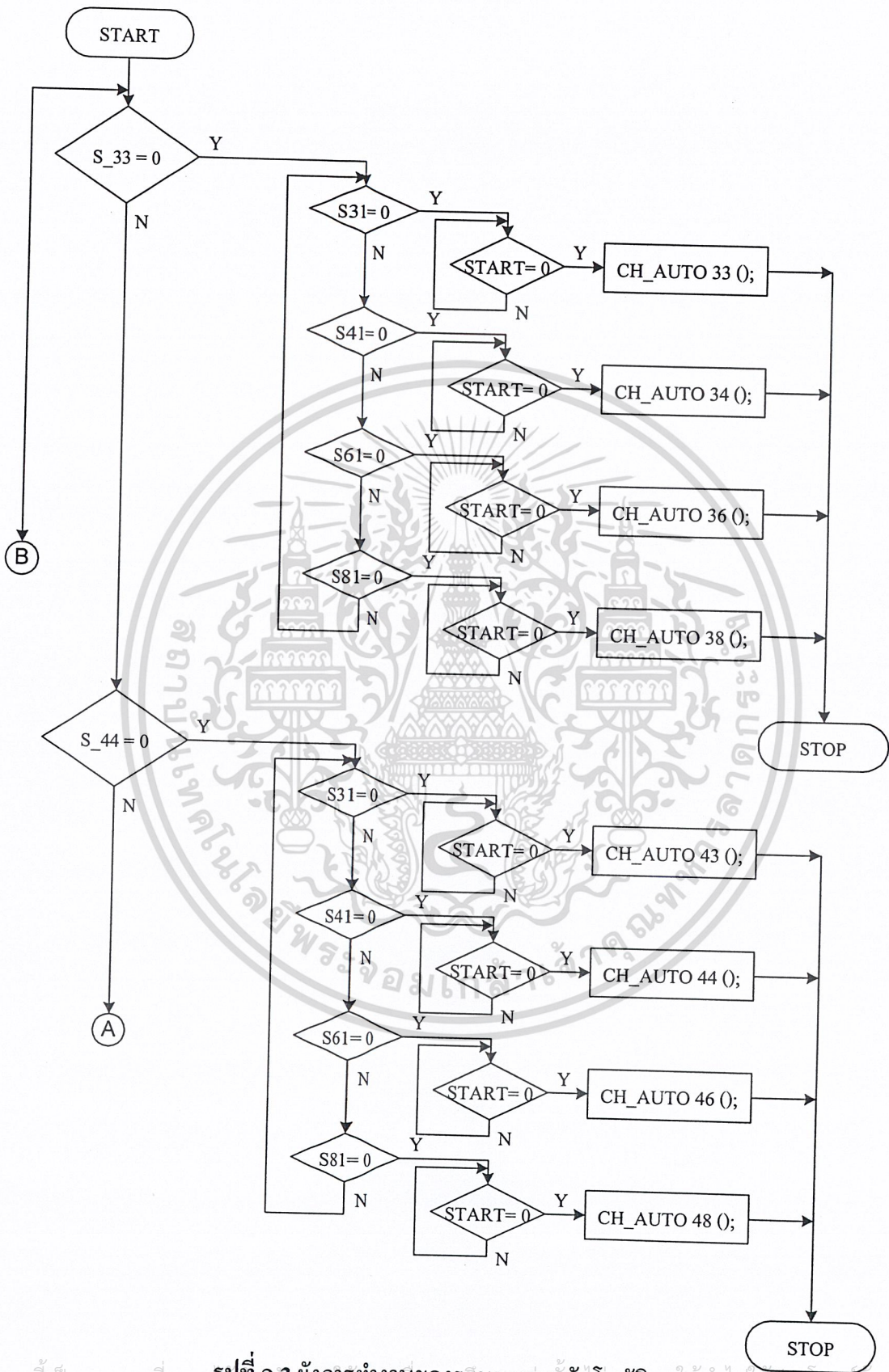
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของระบบช่วยเหลือยางทาร์กิ้งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

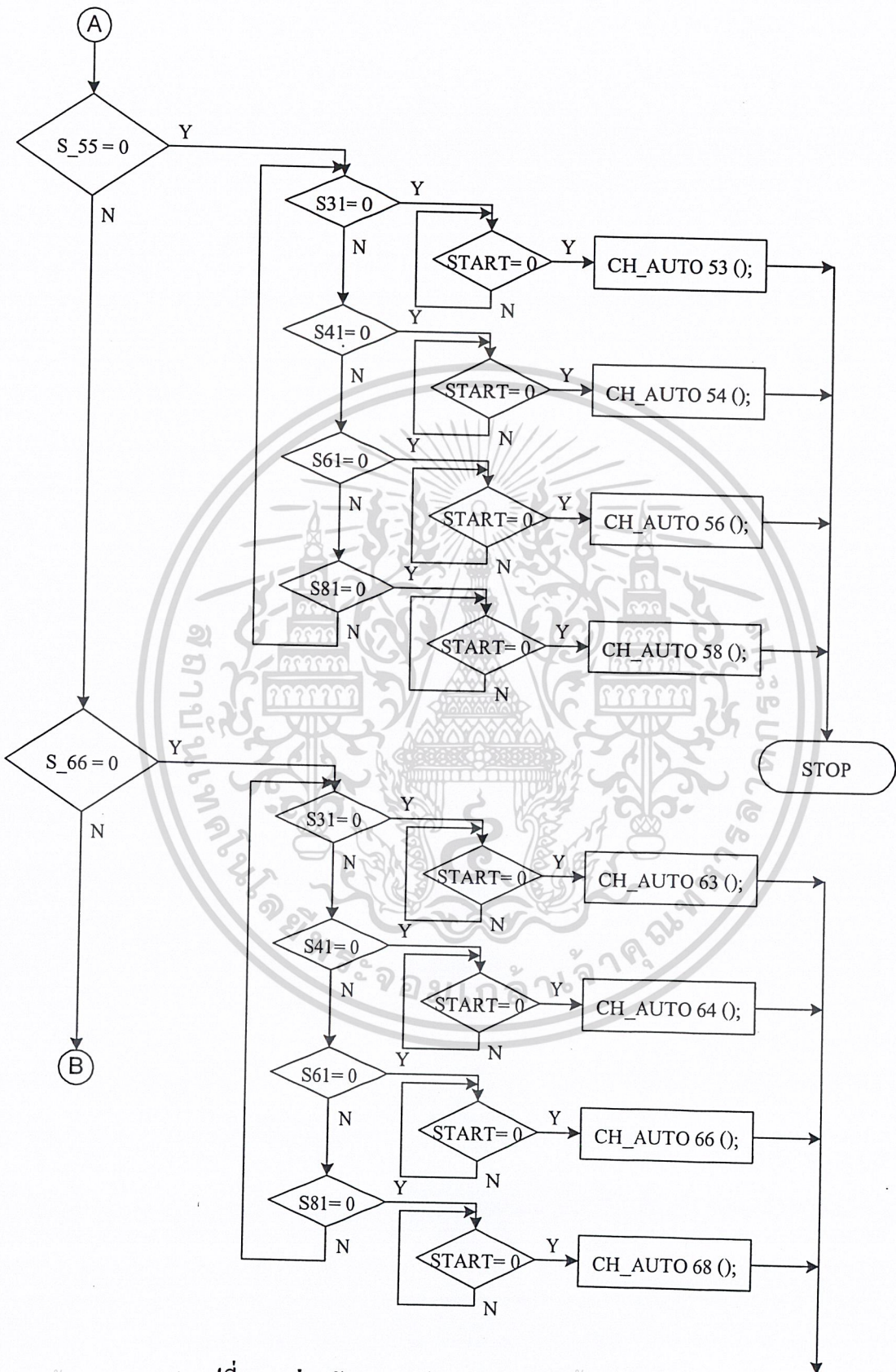


รูปที่ ค.2 ฟังก์ชันการทำงานของระบบขนมอบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

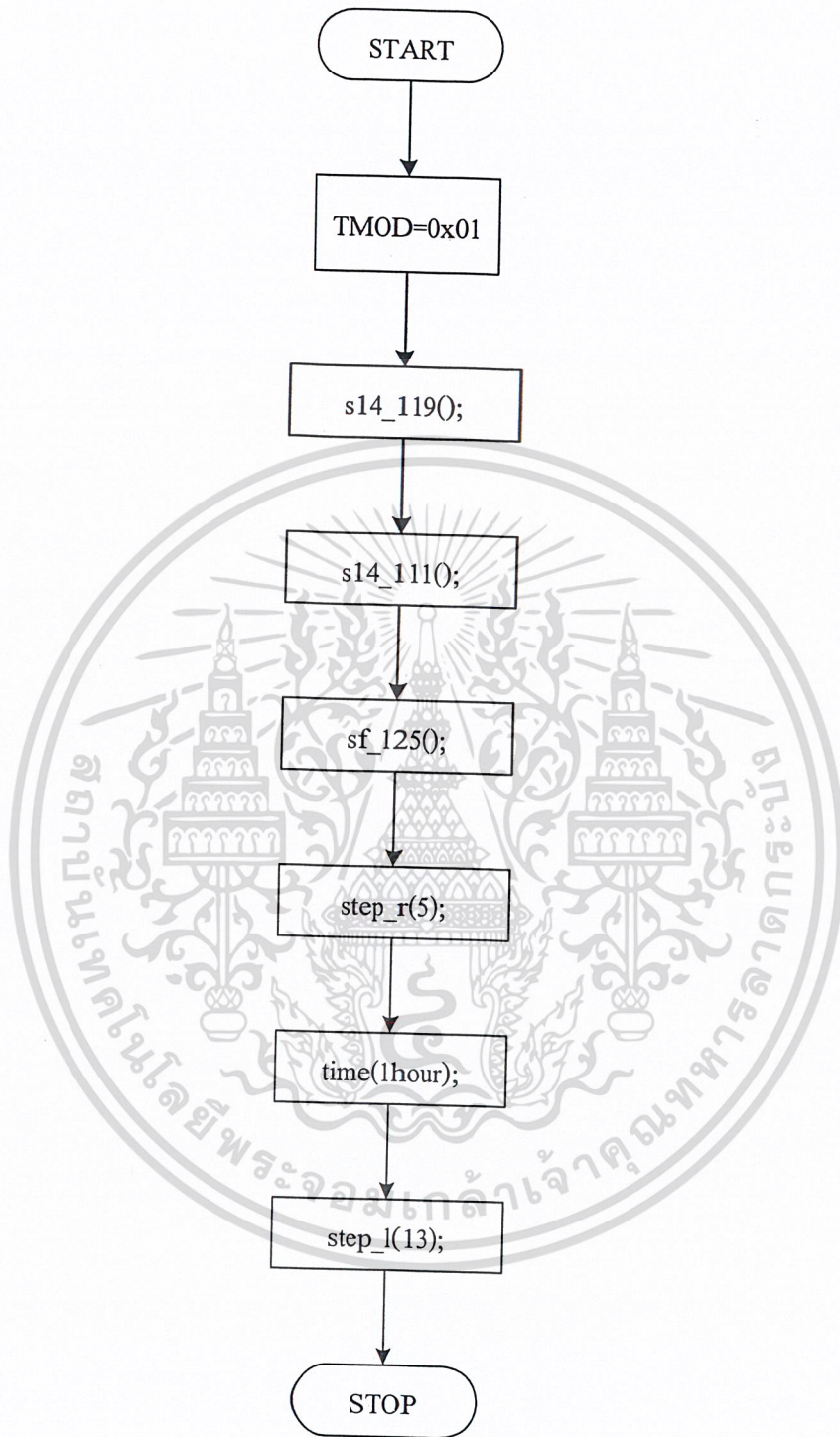


รูปที่ ๓.๓ ผังการทำงานของระบบขนนัมัตโนมิติ  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



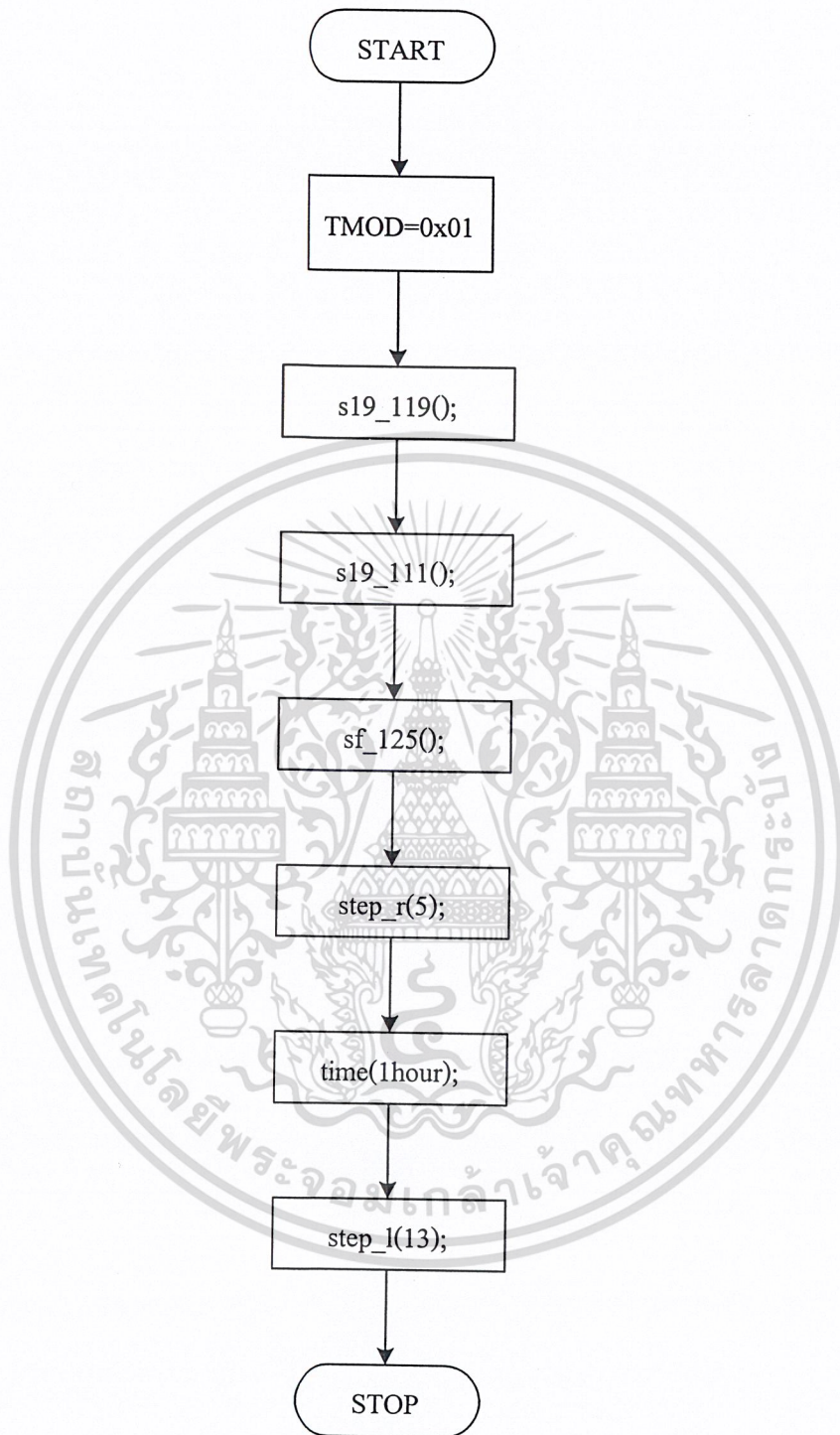
รูปที่ ค.3 (ต่อ) ผังการทำงานของระบบขงน้มน้อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำออกไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



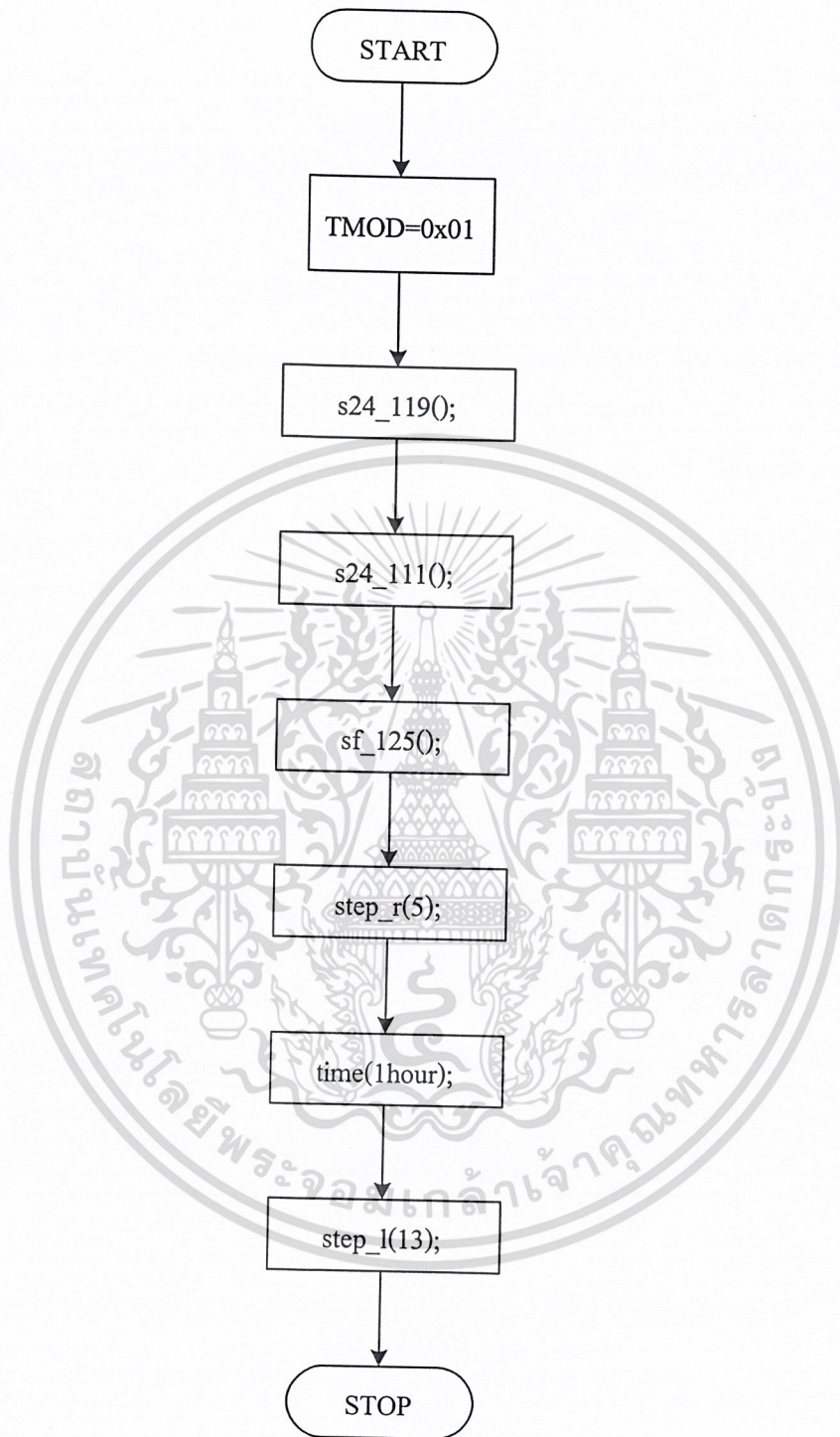
รูปที่ ๑.๔ ผังการทำงานของระบบขงนมกึ่งอัตโนมัติ แบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



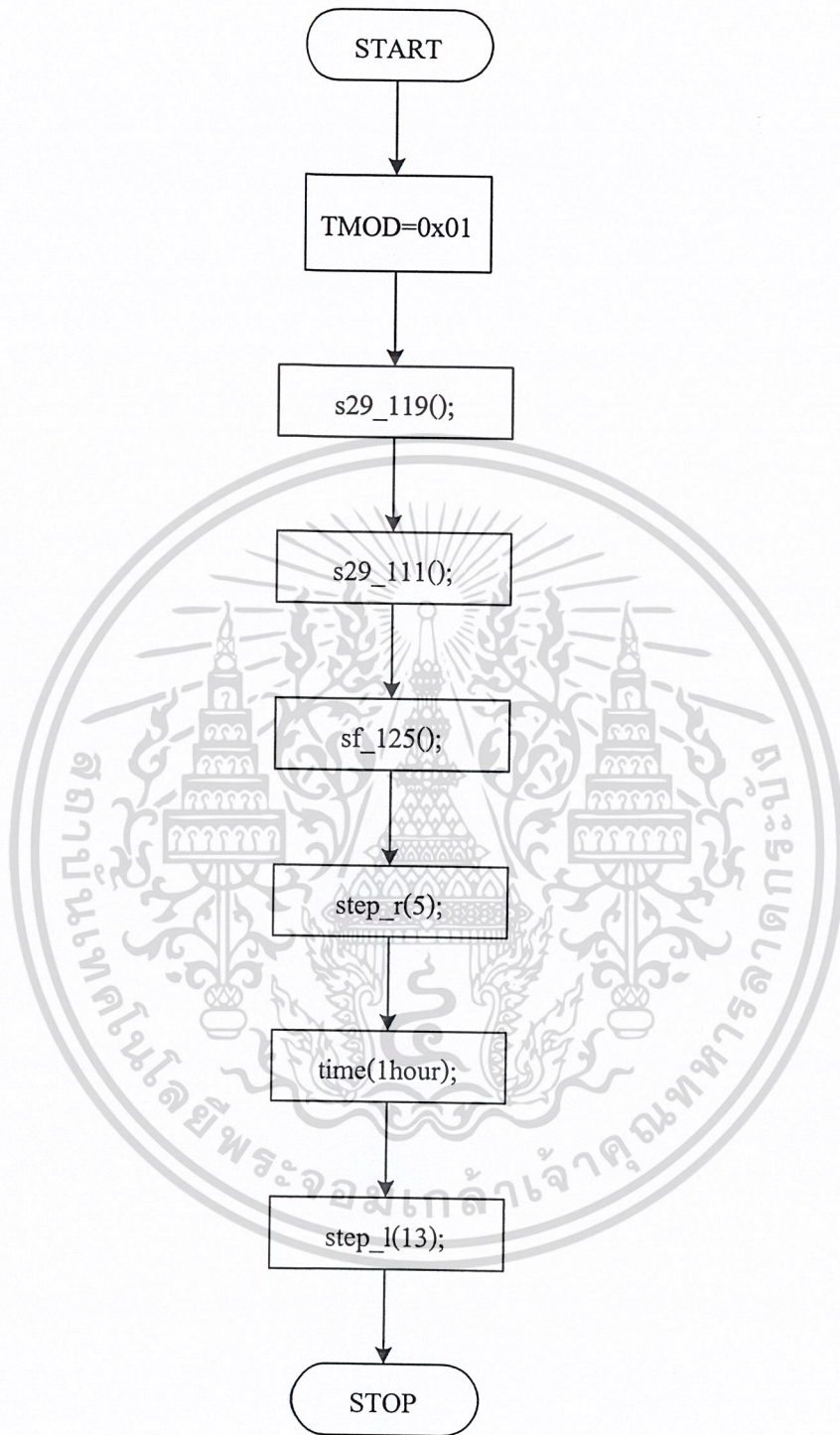
รูปที่ ก.5 ผังการทำงานของระบบขงมกึ่งอัตโนมัติ แบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



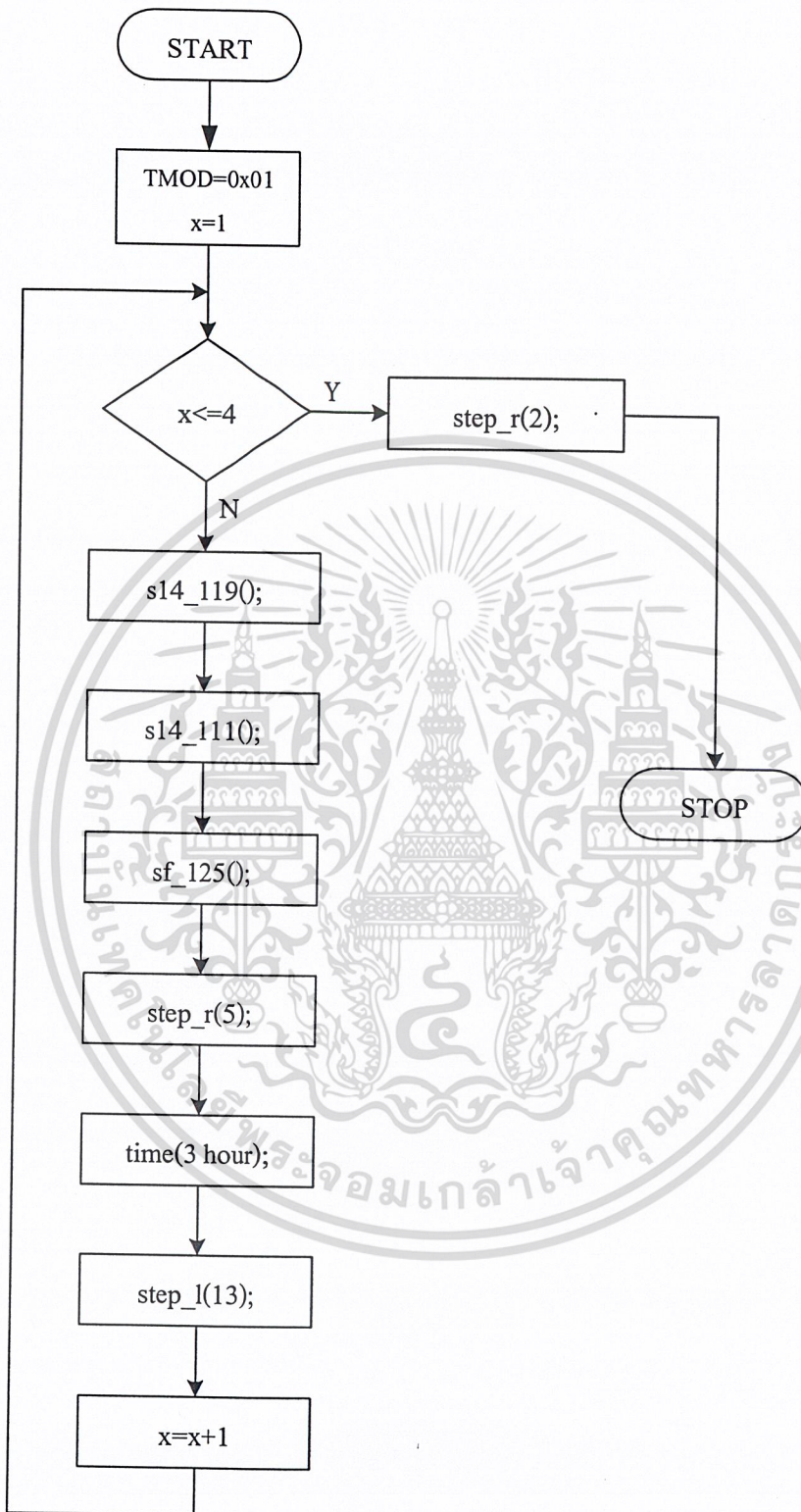
รูปที่ ค.6 ฟังก์ชันการทำงานของระบบขงนวมกึ่งอัตโนมัติ แบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓.๗ ผังการทำงานของระบบขงนมกึ่งอัตโนมัติ แบบนม 6 ซ้อนต่อน้ำ 6 ออนซ์

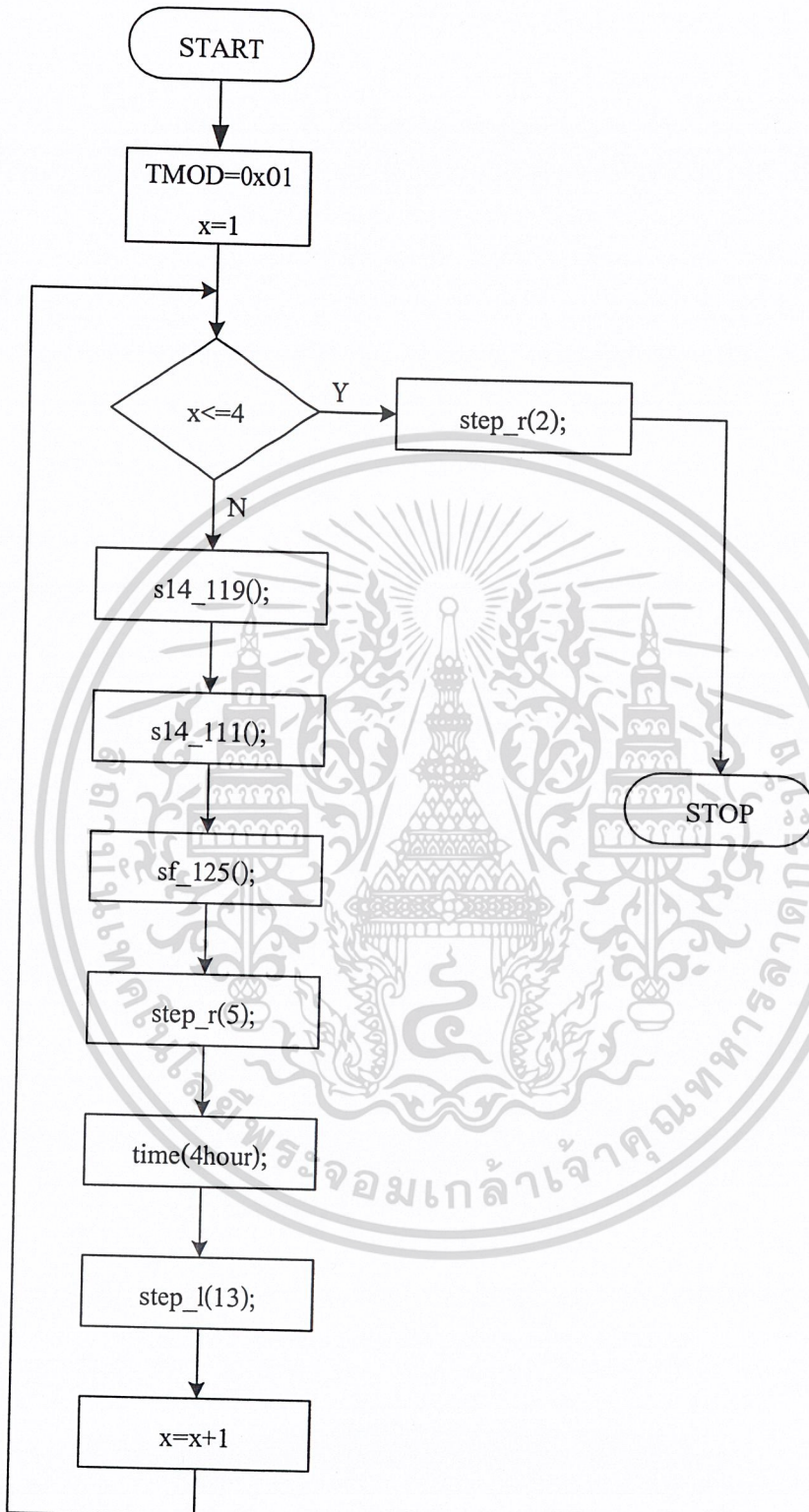
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๘.๘ ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติ แบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์

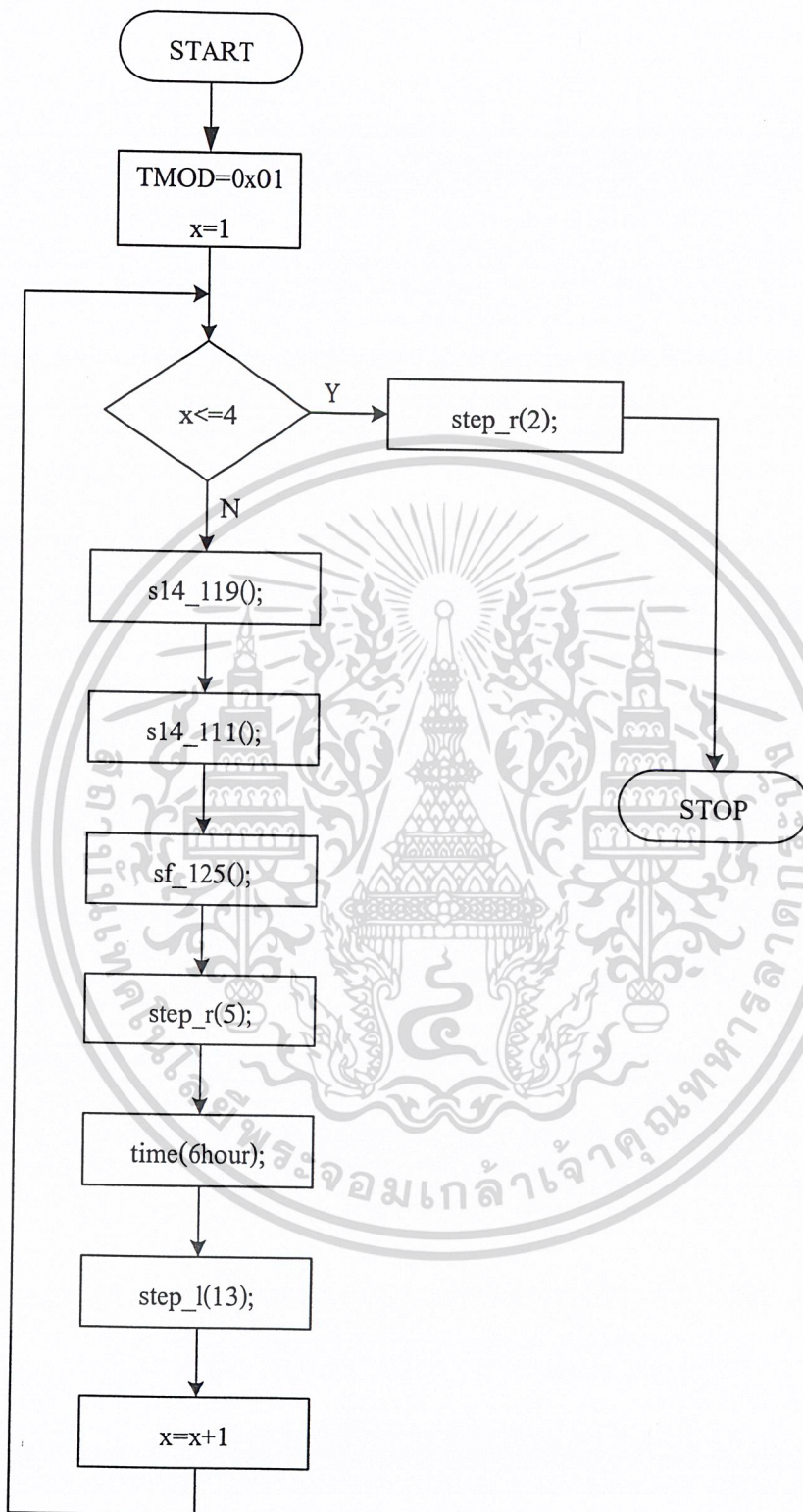
3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.9 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติ แบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์

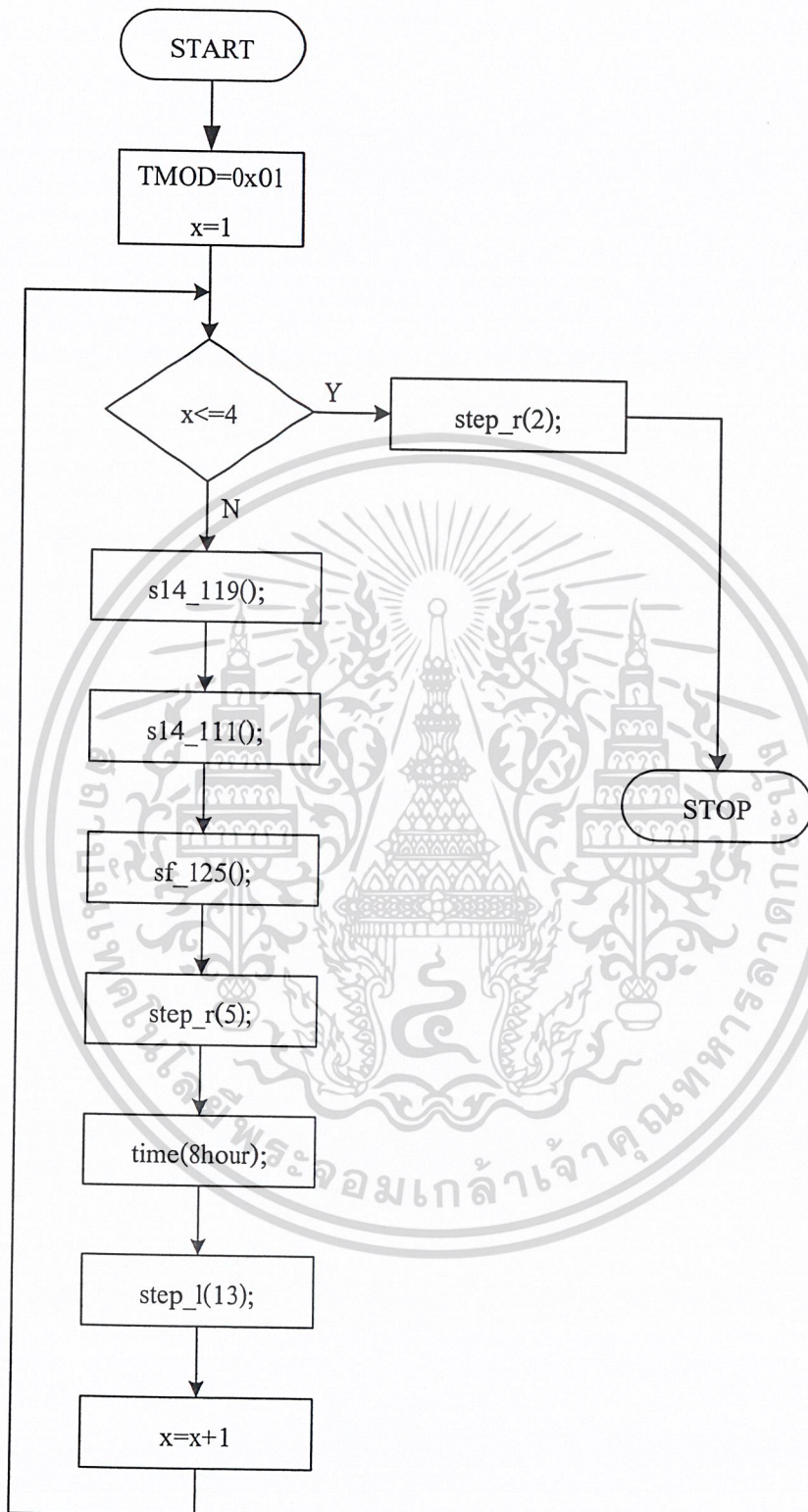
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.10 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติ แบบนม 3 ชั้นต่อน้ำ 3 ออนซ์

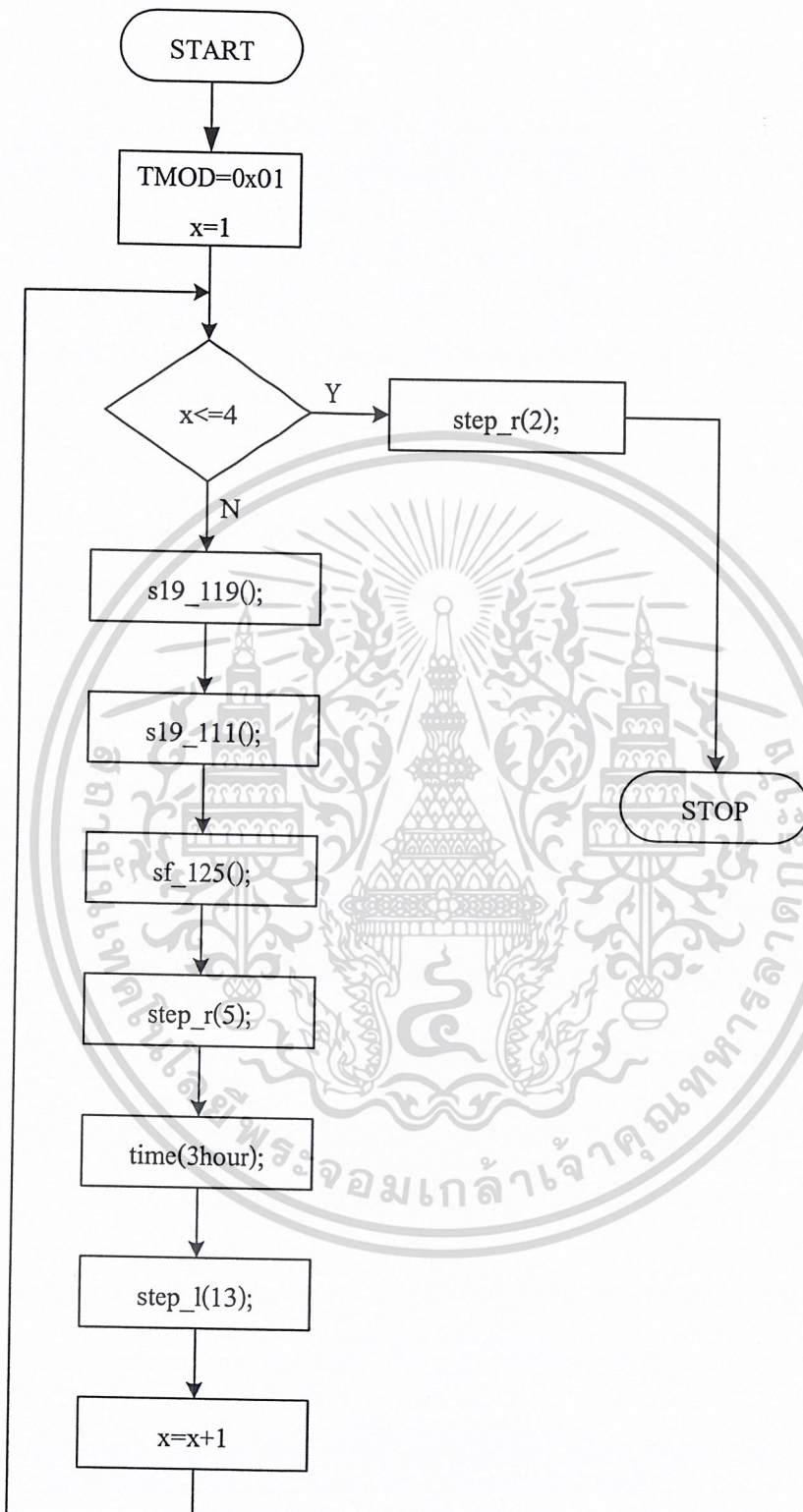
6 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



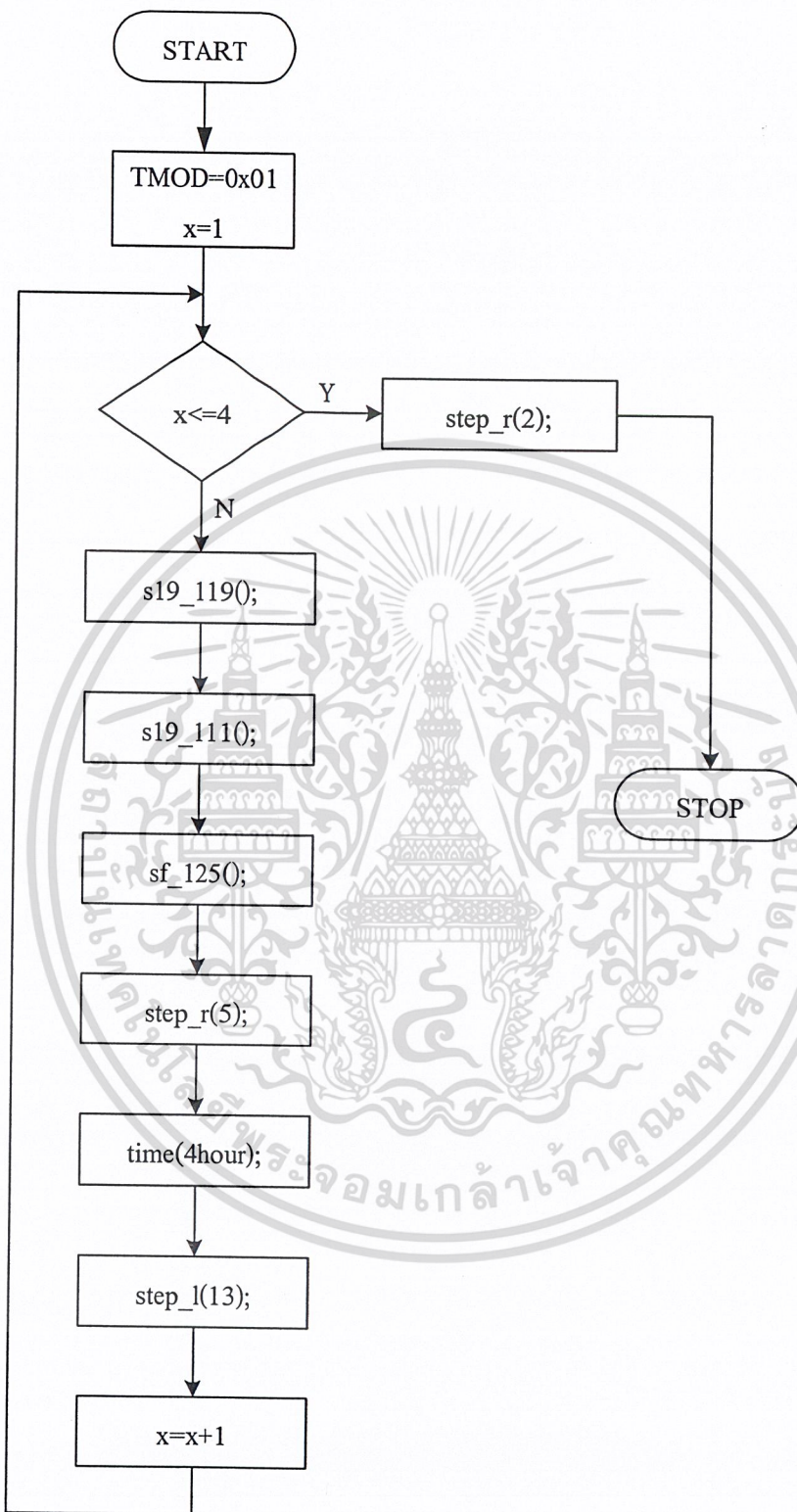
รูปที่ ค.11 ฟังก์ชันการทำงานของระบบขงนอัตโนมัติ แบบนม 3 ซ้อนต่อน้ำ 3 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.12 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติ แบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์

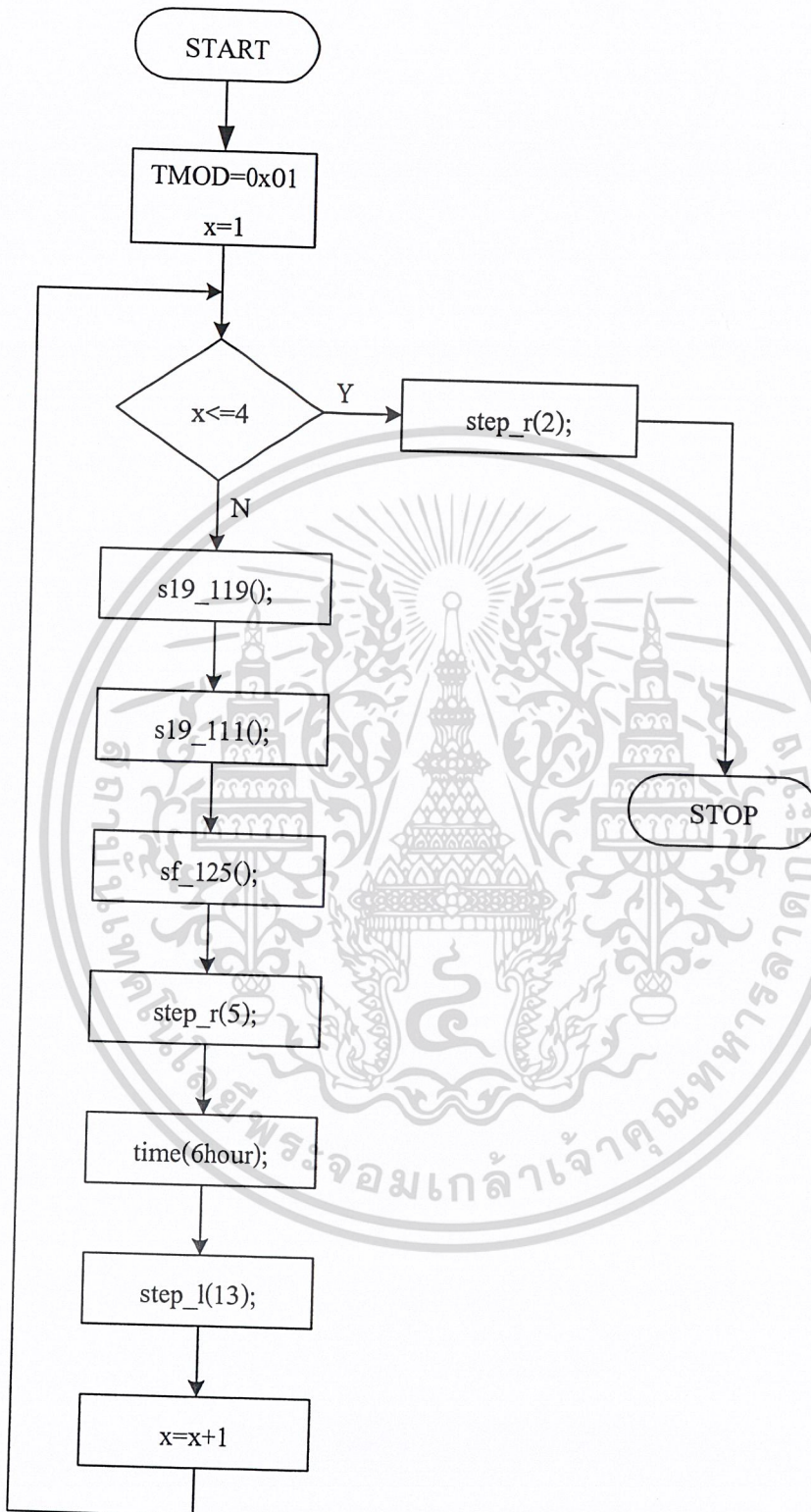
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.13 ฟังก์ชันการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติ แบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์

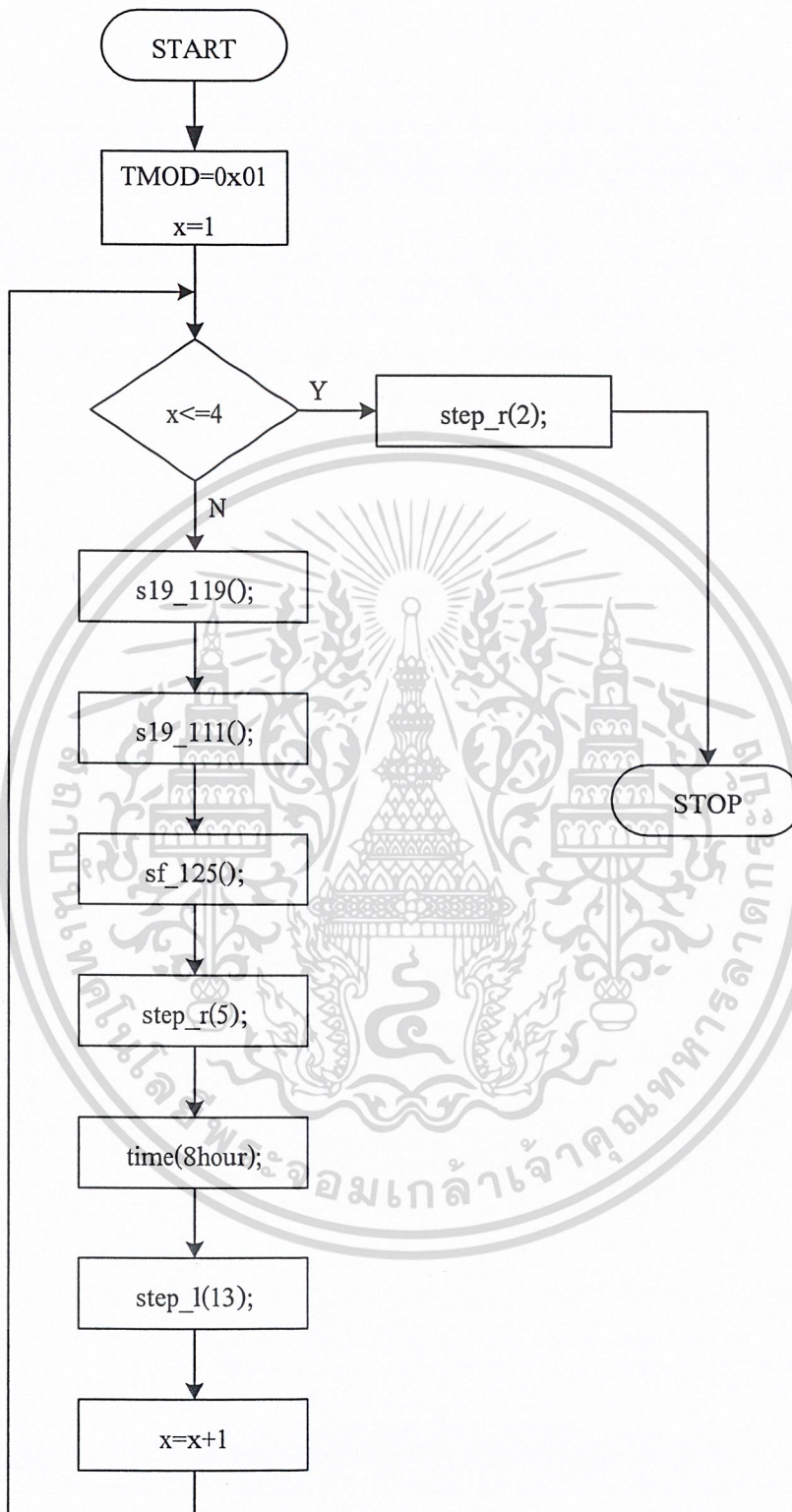
4 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



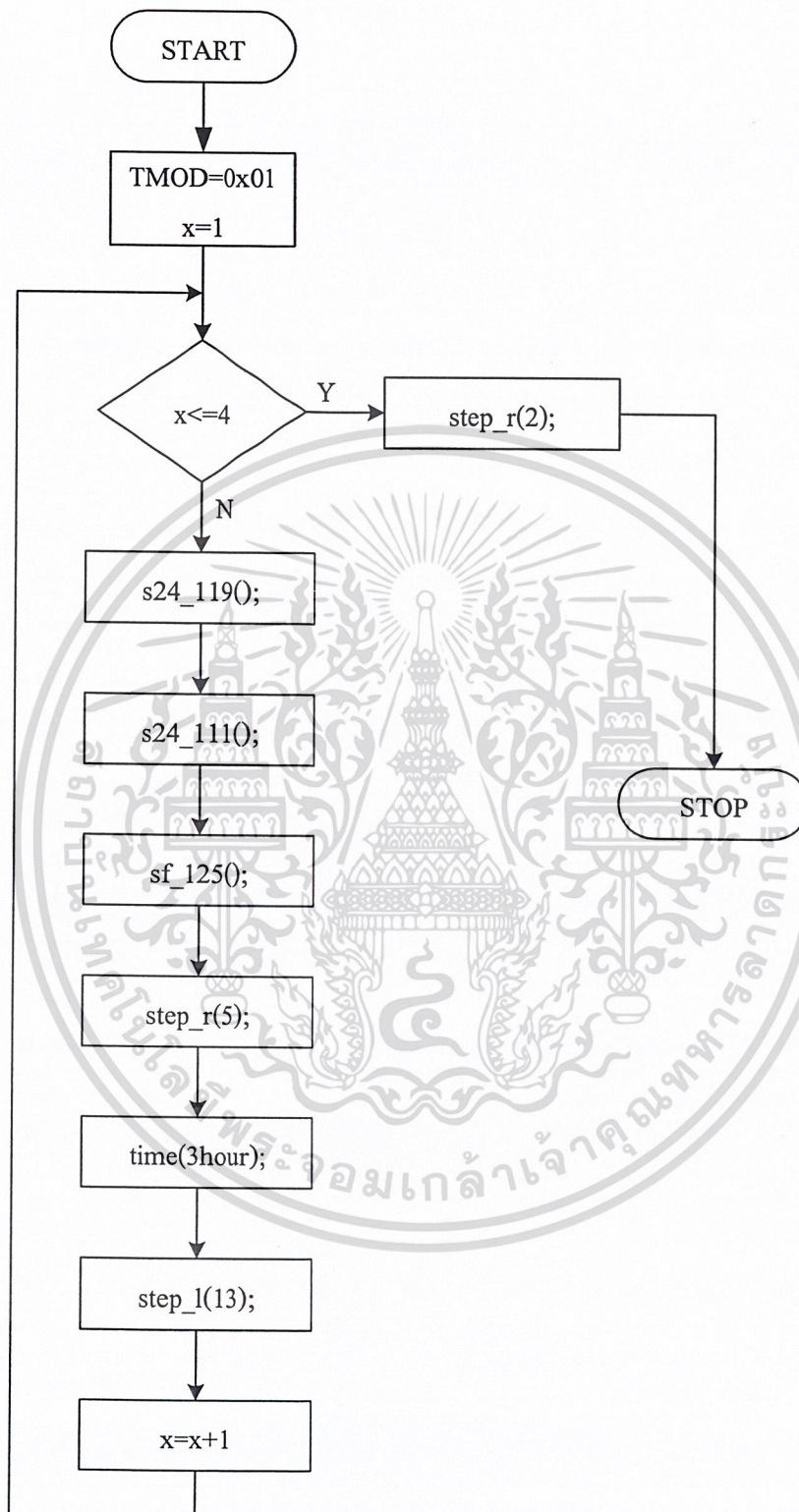
รูปที่ ค.14 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 4 ชั้นต่อน้ำ 4 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 6 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้งเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



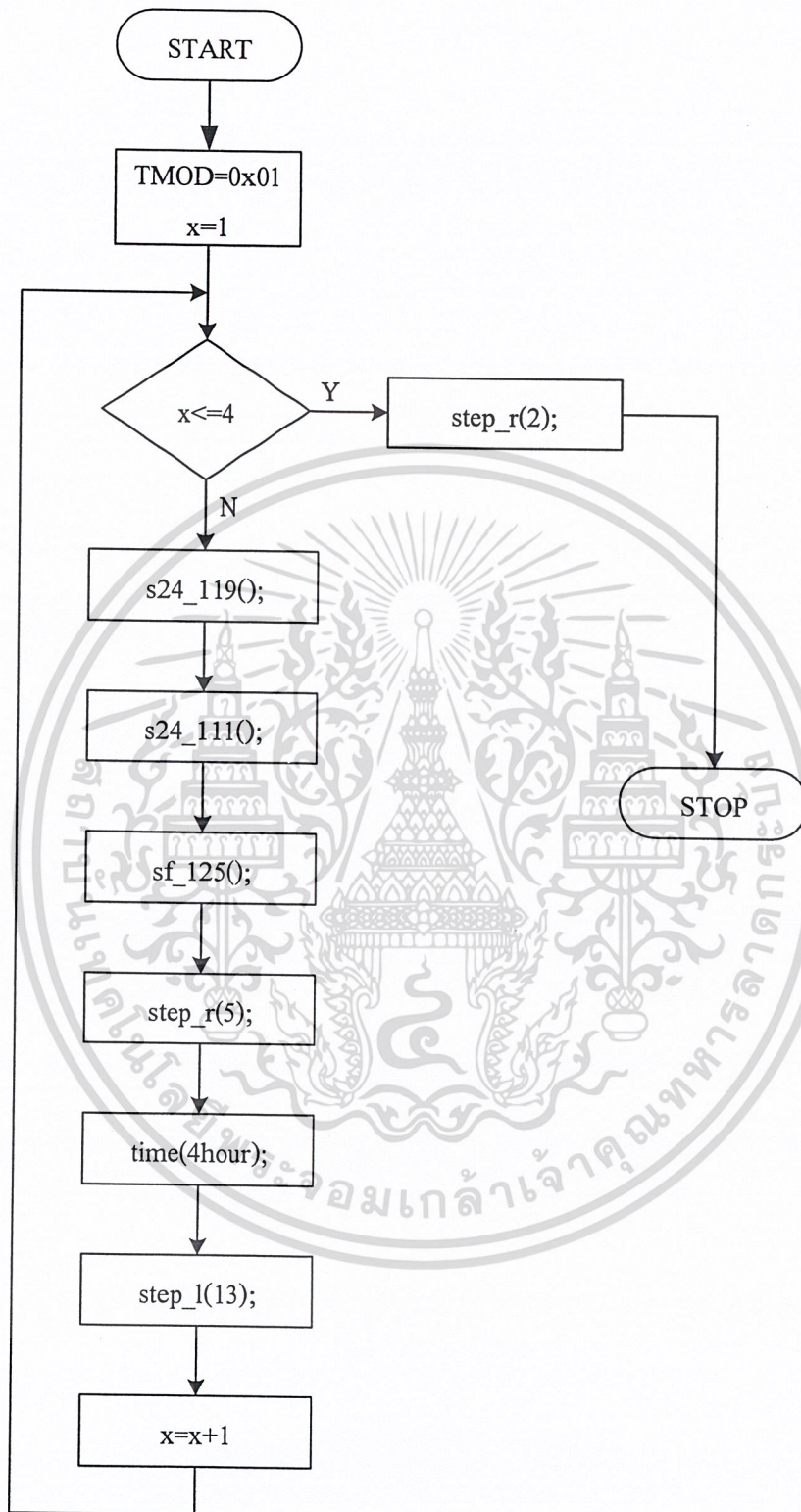
รูปที่ ค.15 ผังการทำงานของระบบขงนมิติแบบนม 4 ชั้นต่อหน้า 4 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 8 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



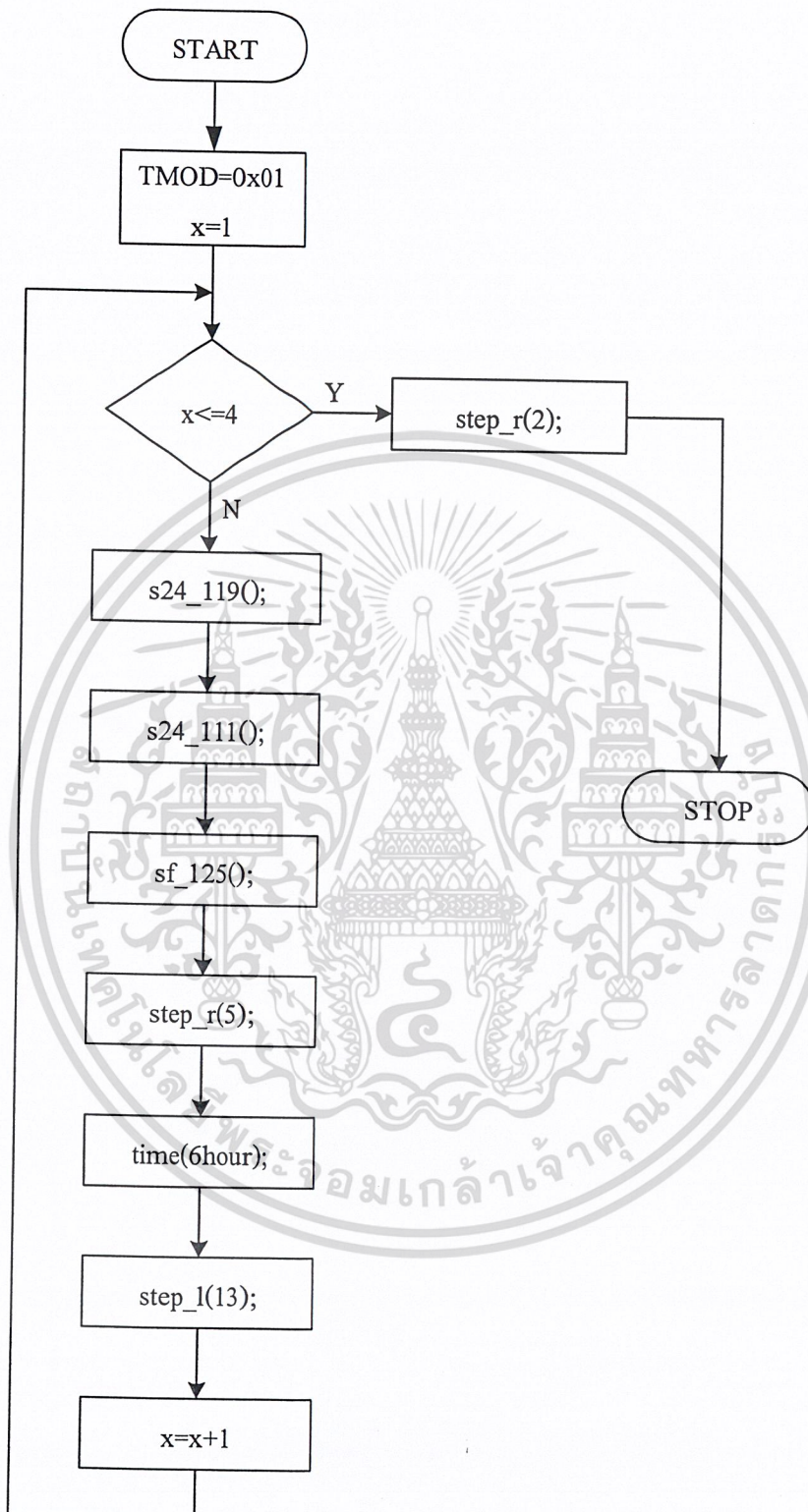
รูปที่ ค.16 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน 3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้งเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



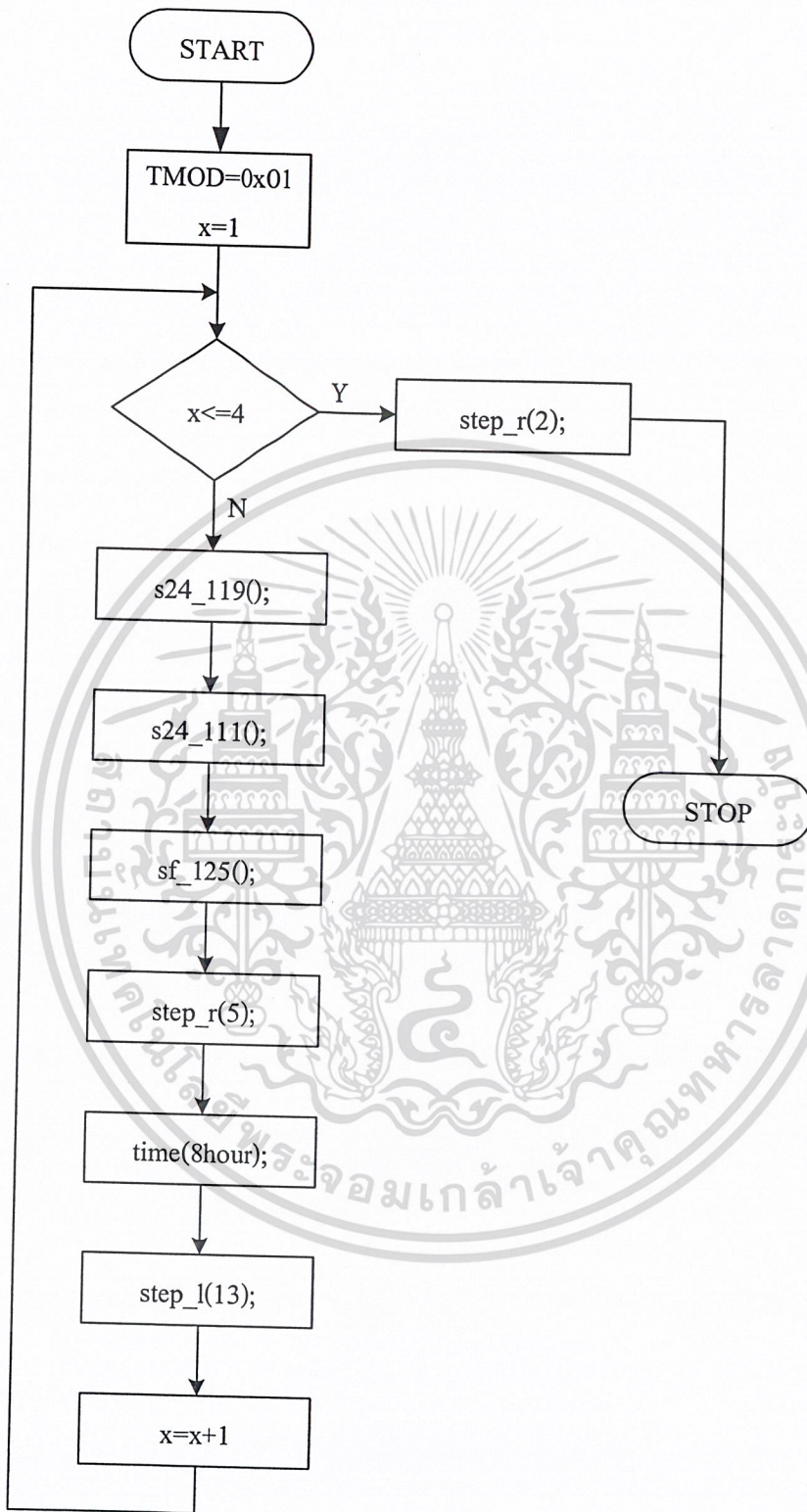
รูปที่ ค.17 ผังการทำงานของระบบขงนมหัตโนมิติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์  
4 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.18 ผังการทำงานของระบบขนมอัตโนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์

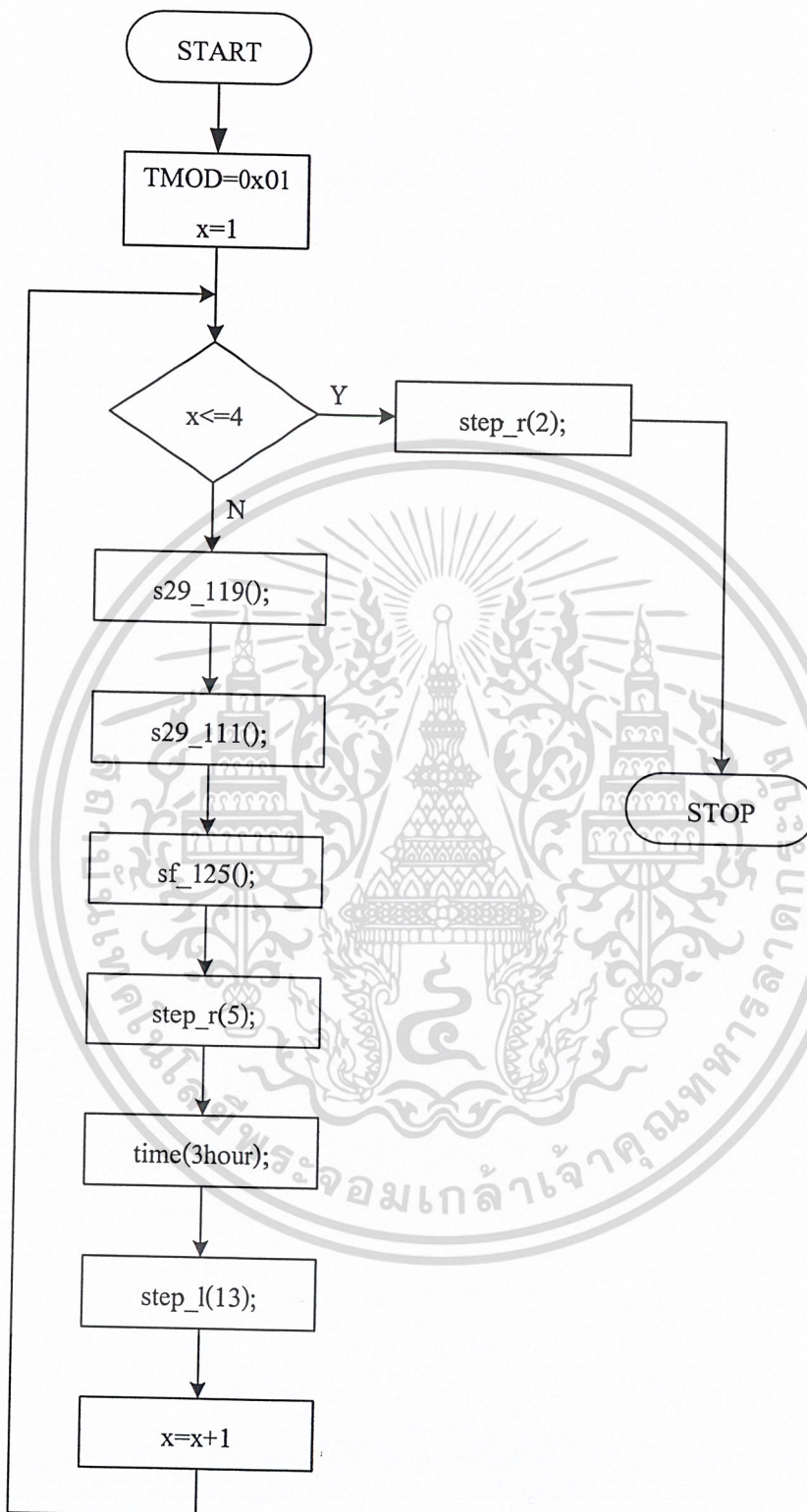
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.19 ผังการทำงานของระบบขงนมหัต โนมัติแบบนม 5 ชั้นต่อน้ำ 5 ออนซ์

8 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

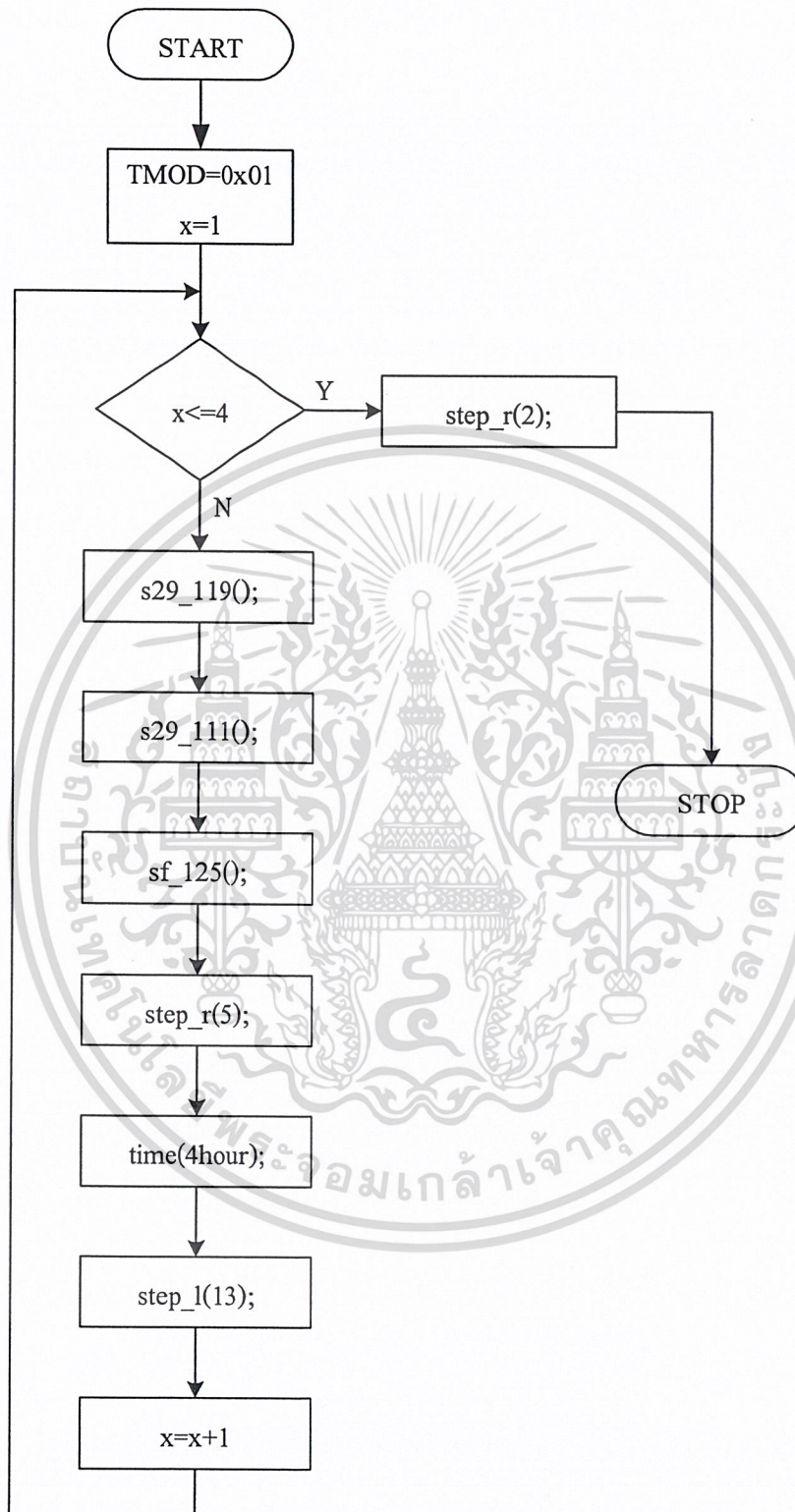
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.20 ผังการทำงานของระบบขงนวมอัตโนมัติแบบนม 6 ซ้อนต่อน้ำ 6 ออนซ์

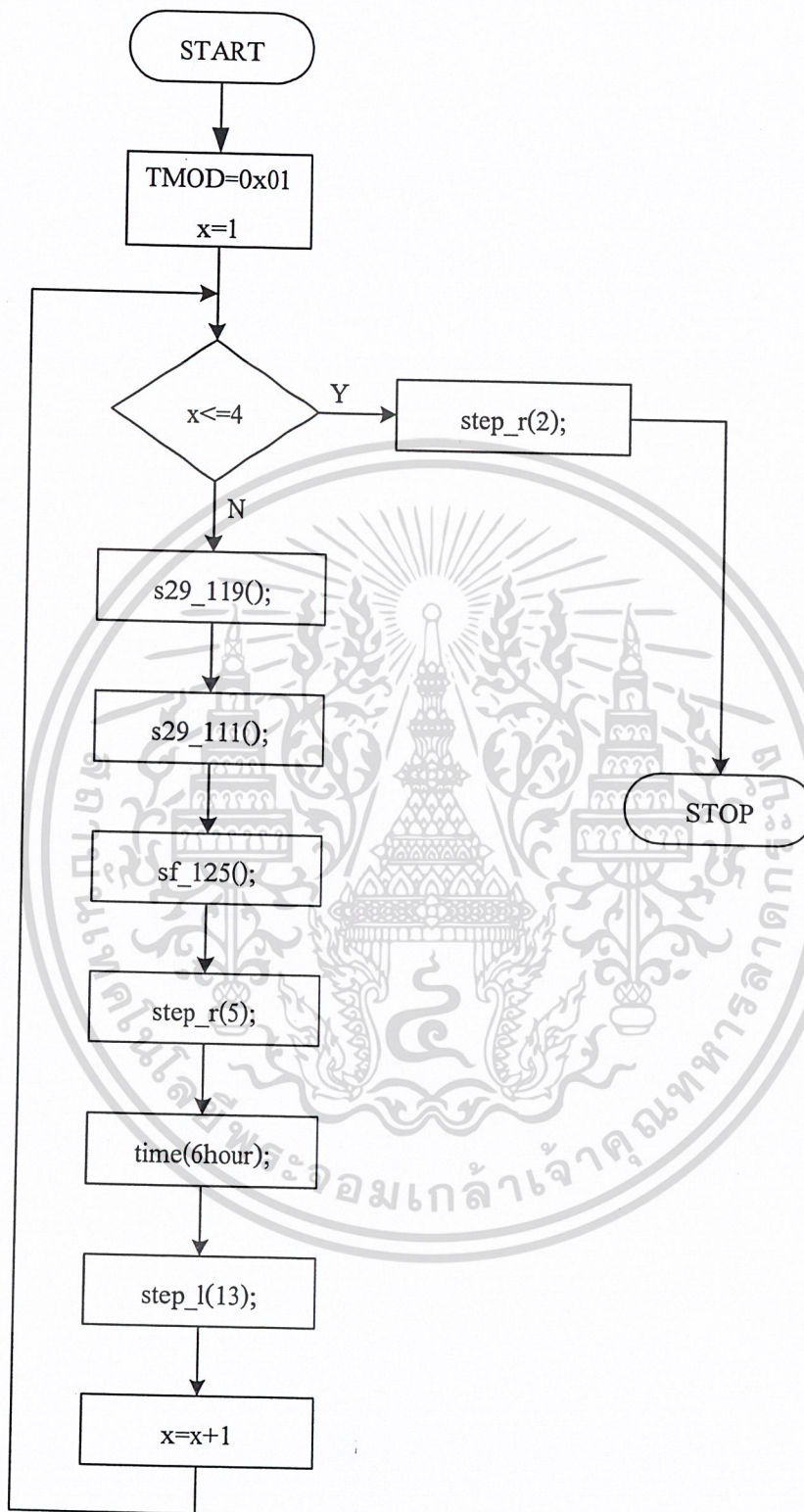
3 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.21 ฟังก์ชันการทำงานของระบบขงนอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์

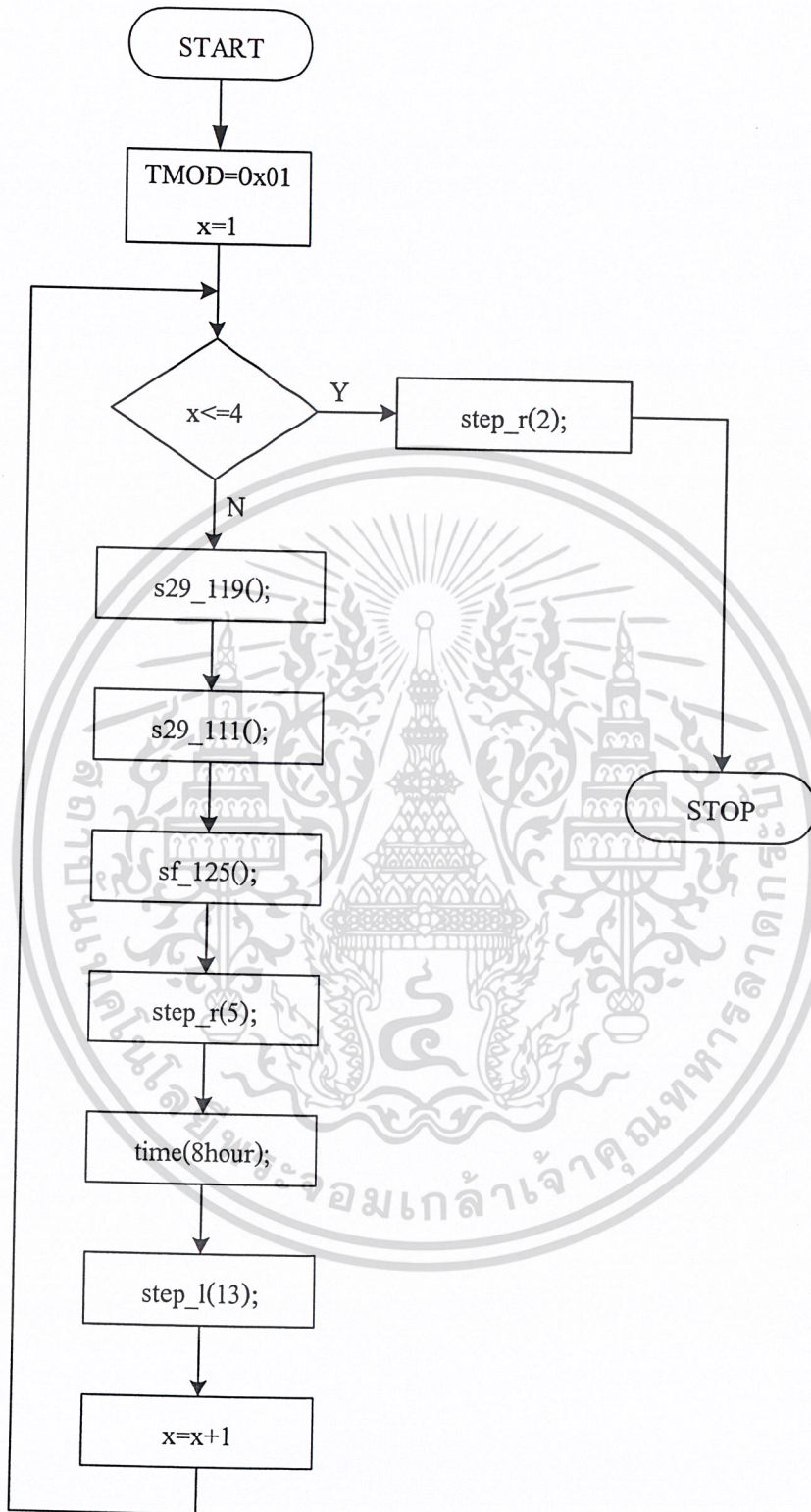
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน 4 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้งเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.22 ผังการทำงานของระบบขงนมอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์

6 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.23 ฟังการทำงานของระบบขงระบบอัตโนมัติแบบนม 6 ชั้นต่อน้ำ 6 ออนซ์

8 ชั่วโมงขงนม 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <reg52.h>
#include <absacc.h>
#include <intrins.h>
sbit s_auto = P3^0; /*automatic*/
sbit s_semi = P3^1; /*semiautomatic*/
sbit start = P3^2; /*start*/
sbit s_33 = P2^0; /*3:3*/
sbit s_44 = P2^1; /*4:4*/
sbit s_55 = P2^2; /*5:5*/
sbit s_66 = P2^3; /*6:6*/
sbit s_31 = P2^4; /*3:1*/
sbit s_41 = P2^5; /*4:1*/
sbit s_61 = P2^6; /*6:1*/
sbit s_81 = P2^7; /*8:1*/
sbit SDA = P1^6;
sbit SCL = P1^7;
sbit limit_m1r = P1^0;
sbit limit_m1l = P1^1;
sbit limit_m2r = P1^2;
sbit limit_m2l = P1^3;
sbit limit_m4r = P1^4;
sbit limit_m4l = P1^5;
sbit re_1 = P3^3;
sbit re_2 = P3^4;
sbit re_3 = P3^5;
sbit re_4 = P3^6;
sbit re_5 = P3^7;

void time(unsigned char fiftym);
void close_f(void);
void delay(unsigned char fiftym);
void time_1(int fiftym);
void step_1(unsigned char step);
void s14_l19(void);
void s14_l11(void);
void s19_l19(void);
void s19_l11(void);
void s24_l19(void);
void s24_l11(void);
void s29_l19(void);
void s29_l11(void);
void sf_l25(void);
void step_r(unsigned char step);
void ch_semi3(void);
void ch_semi4(void);
void ch_semi5(void);

```

```

void ch_semi6(void);
void p_semi(void);
void ch_auto33(void);
void ch_auto34(void);
void ch_auto36(void);
void ch_auto38(void);
void ch_auto43(void);
void ch_auto44(void);
void ch_auto46(void);
void ch_auto48(void);
void ch_auto53(void);
void ch_auto54(void);
void ch_auto56(void);
void ch_auto58(void);
void ch_auto63(void);
void ch_auto64(void);
void ch_auto66(void);
void ch_auto68(void);
void p_auto(void);

/*****time*****/
void time(unsigned char fiftym)
{
    unsigned char x,y;
    for(x=0;x<=fiftym;x++){
        for(y=0;y<20;y++)
        {
            TH0 = 0x4C;
            TLO = 0x00;
            TFO = 0;
            TRO = 1;
            while (TFO==0);
            TRO = 0;
        }
    }
}

/*****close_f*****/
void close_f(void)
{
    unsigned char a;
    for(a=1;a<2;a++){
        P1 = 0xFF;
        P0 = 0xFF;
        /*****jubfa rotate right*****/
        do{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

P0 = 0xFE;
    }while(limit_m1r != 0); /*lm1.1*/
P0 = 0xFC;          /*stop*/

    /******tadrongfa rotate lift*****/
do{
P0 = 0xFB;
    }while(limit_m2r != 0); /*lm2.2*/
P0 = 0xF3;          /*stop*/
    /******ranfa rotate right*****/
do{
P0 = 0xBF;
    }while(limit_m4r != 0); /*lm4.1*/
P0 = 0x3F;

    /******pidfa rotate lift*****/
P0 = 0xDF;
time(5);
P0 = 0xCF;
    /******jubfa rotate lift*****/
do{
P0 = 0xFD;
    }while(limit_m1l != 0); /*lm1.2*/
P0 = 0xFC;          /*stop*/
    /******ranfa rotate lift*****/
do{
P0 = 0x7F;
    }while(limit_m4l != 0); /*lm4.2*/

P0 = 0x3F;          /*stop*/

    /******tadrongfa rotate right*****/
do{
P0 = 0xF7;
    }while(limit_m2l != 0); /*lm2.1*/
P0 = 0xF3;          /*stop*/

    }

/******step******/
void I2C_delay(void)
{
    _nop_();

```

```

        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
        _nop_();
    }

    void I2C_high(void)
    {
        SCL = 1;
        I2C_delay();
    }

    void I2C_low(void)
    {
        SCL = 0;
        I2C_delay();
    }

    void I2C_start(void)
    {
        SDA = 1;
        I2C_high();
        SDA = 0;
        I2C_delay();
        I2C_low();
        SDA = 1;
    }

    void I2C_stop(void)
    {
        SDA = 0;
        I2C_high();
        SDA = 1;
    }

    bit I2C_wrbyte(unsigned dat)
    {
        unsigned char i;
        bit outbit;
        for(i=1;i<=8;i++)
        {
            outbit = dat & 0x80;
            SDA = outbit;
            dat = dat << 1;
        }
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสนำไปใช้

```

        I2C_high();
        I2C_low();
    }
    SDA = 1;

    I2C_high();
    outbit = SDA;
    I2C_low();
    return(outbit);
}

/*****delay*****/
void delay(unsigned char fiftyms)
{
    unsigned char x,y;
    for(x=0;x<fiftyms;x++)
    {
        TH0 = 0x4C;
        TL0 = 0x00;
        TFO = 0;
        TR0 = 1;
        while(TFO == 0);
        TR0 = 0;
    }
}

/*****time_1*****/
void time_1(int fiftyms)
{
    int x,y;
    for(x=0;x<=fiftyms;x++) {
        for(y=0;y<20;y++)
        {
            TH0 = 0x4C;
            TL0 = 0x00;
            TFO = 0;
            TR0 = 1;

            while (TFO==0);
            TR0 = 0;
        }
    }
}

```

```

/*****step_1*****/
void step_1(unsigned char step)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;
    unsigned char i;
    unsigned char steptab[] =
{0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
    addr_o = 0x70;
    I2C_start();
    for(i=1;i<=step;i++)
    {
        if(I2C_wrbyte(addr_o))
            I2C_stop();
        for(x=0;x<=3;x++)
        {
            data_o = steptab[x];
            if(I2C_wrbyte(data_o))
                I2C_stop();
            delay(1);
        }
    }
}

/*****s14_l19*****/
void s14_l19(void)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;
    unsigned char i;
    unsigned char steptab[] =
{0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
    addr_o = 0x70;
    I2C_start();
    for(i=1;i<=19;i++)
    {
        if(I2C_wrbyte(addr_o))
            I2C_stop();
        for(x=0;x<=3;x++)
        {
            data_o = steptab[x];
            if(I2C_wrbyte(data_o))
                I2C_stop();
            delay(1);
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
        re_1 = 1;
        time_1(14);
    }

/*****s14_l11*****/
void s14_l11(void)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;
    unsigned char i;
    unsigned char steptab[] =
{0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
    addr_o = 0x70;
    I2C_start();
    for(i=1;i<=11;i++)
    {
        if(I2C_wrbyte(addr_o))
            I2C_stop();
        for(x=0;x<=3;x++)
        {
            data_o = steptab[x];
            if(I2C_wrbyte(data_o))
                I2C_stop();
            delay(1);
        }
    }
    re_2 = 1;
    time_1(14);
}

/*****s19_l19*****/
void s19_l19(void)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;
    unsigned char i;
    unsigned char steptab[] =
{0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
    addr_o = 0x70;
    I2C_start();
    for(i=1;i<=19;i++)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ if (I2C\_wrbyte(addr\_o)) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสนำไปใช้

```

        I2C_stop();
        for(x=0;x<=3;x++)
        {
            data_o = steptab[x];
            if(I2C_wrbyte(data_o))
                I2C_stop();

            delay(1);
        }
        re_1 = 1;
        time_1(19);
    }

/*****s19_l11*****/
void s19_l11(void)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;
    unsigned char i;
    unsigned char steptab[] =
    {0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
    addr_o = 0x70;
    I2C_start();
    for(i=1;i<=11;i++)
    {
        if(I2C_wrbyte(addr_o))
            I2C_stop();
        for(x=0;x<=3;x++)
        {
            data_o = steptab[x];
            if(I2C_wrbyte(data_o))
                I2C_stop();
            delay(1);
        }
    }
    re_2 = 1;
    time_1(19);
}

/*****s24_l19*****/
void s24_l19(void)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;

```

```

        unsigned char i;
        unsigned char steptab[] =
{0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
        addr_o = 0x70;
        I2C_start();
        for(i=1;i<=19;i++)
        {
            if(I2C_wrbyte(addr_o))
                I2C_stop();
            for(x=0;x<=3;x++)
            {
                data_o = steptab[x];
                if(I2C_wrbyte(data_o))
                    I2C_stop();
                delay(1);
            }
            re_1 = 1;
            time_1(24);
        }
    /*****s24_l11*****/
    void s24_l11(void)
    {
        unsigned char addr_o,x,data_o;
        unsigned char i;
        unsigned char steptab[] = {0x70,0xe0,0xd0,0xb0};

        addr_o = 0x70;
        I2C_start();
        for(i=1;i<=11;i++)
        {

            if(I2C_wrbyte(addr_o))
                I2C_stop();
            for(x=0;x<=3;x++)
            {
                data_o = steptab[x];
                if(I2C_wrbyte(data_o))
                    I2C_stop();
                delay(1);
            }

            re_2 = 1;
            time_1(24);
        }
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

    /*****s29_l19*****/
    void s29_l19(void)
    {
        unsigned char addr_o,x,data_o;
        unsigned char i;
        unsigned char steptab[] =
    {0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
        addr_o = 0x70;
        I2C_start();
        for(i=1;i<=19;i++)
        {
            if(I2C_wrbyte(addr_o))
                I2C_stop();
            for(x=0;x<=3;x++)
            {
                data_o = steptab[x];
                if(I2C_wrbyte(data_o))
                    I2C_stop();
                delay(1);
            }
            re_1 = 1;
            time_1(29);
        }
    }

    /*****s29_l11*****/
    void s29_l11(void)
    {
        unsigned char addr_o,x,data_o;

        unsigned char i;
        unsigned char steptab[] =
    {0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
        addr_o = 0x70;

        I2C_start();
        for(i=1;i<=11;i++)
        {
            if(I2C_wrbyte(addr_o))
                I2C_stop();
            for(x=0;x<=3;x++)

```

```

        data_o = steptab[x];
        if(I2C_wrbyte(data_o))
            I2C_stop();
        delay(1);
    }
}
    re_2 = 1;
time_1(29);
}

/*****sf_l25*****/
void sf_l25(void)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;
    unsigned char i;
    unsigned char steptab[] =
{0x70,0xe0,0xd0,0xb0};
    addr_o = 0x70;
    I2C_start();
    for(i=1;i<=25;i++)
    {
        if(I2C_wrbyte(addr_o))
            I2C_stop();

        for(x=0;x<=3;x++)
        {
            data_o = steptab[x];
            if(I2C_wrbyte(data_o))
                I2C_stop();
            delay(1);
        }
    }
    close_f();
}

/*****step_r*****/
void step_r(unsigned char step)
{
    unsigned char addr_o,x,data_o;
    unsigned char i;
    unsigned char steptab[] =
{0xb0,0xd0,0xe0,0x70};
    addr_o = 0x70;
    I2C_start();
    for(i=1;i<=step;i++)

```

```

        if(I2C_wrbyte(addr_o))
            I2C_stop();
        for(x=0;x<=3;x++)
        {
            data_o = steptab[x];
            if(I2C_wrbyte(data_o))
                I2C_stop();
            delay(1);
        }
    }
}

/*****ch_semi3*****/
void ch_semi3 (void)
{
    unsigned char i,x=1;
    TMOD = 0x01;
    for(i=1;i<2;i++)
    {
        s14_l19();
        s14_l11();
        sf_l25();
        step_r(5);
        time_1(10);
        step_l(13);
        time_1(1);
    }
    /*while(1);*/
}

/*****ch_semi4*****/
void ch_semi4 (void)
{
    unsigned char i,x=1;
    TMOD = 0x01;
    for(i=1;i<2;i++)
    {
        s19_l19();
        s19_l11();
        sf_l25();
        step_r(5);
        time_1(10);
        step_l(13);
        time_1(1);
    }
    /*while(1);*/
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    /*****ch_semi5*****/
    void ch_semi5 (void)
    {
        unsigned char i,x=1;
        TMOD = 0x01;
        for(i=1;i<2;i++)
        {
            s24_l19();
            s24_l11();
            sf_l25();
            step_r(5);
            time_1(10);
            step_l(13);
            time_1(1);
        }
        /*while(1);*/
    }
    /*****ch_semi6*****/
    void ch_semi6 (void)
    {
        unsigned char i,x=1;
        TMOD = 0x01;
        for(i=1;i<2;i++)
        {
            s29_l19();
            s29_l11();
            sf_l25();
            step_r(5);
            time_1(10);
            step_l(13);
            time_1(1);
        }
        /*while(1);*/
    }
    /*****p_semi*****/
    void p_semi(void)
    {
        while(1){
            if(s_33==0){
                while(1){
                    if(start==0)
                        ch_semi3();
                }
            }
        }
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น} ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if(s_44==0){

    while(1){
        if(start==0)
            ch_semi4();
    }

else if(s_55==0){
    while(1){
        if(start==0)
            ch_semi5();
    }

else if(s_66==0){
    while(1){
        if(start==0)
            ch_semi6();
    }
}

}

/*****ch_auto33*****/
void ch_auto33 (void)
{
    unsigned char i,x=1;
    TMOD = 0x01;
    for(i=1;i<2;i++)
    {
        while(x<=4){
            s14_l19();
            s14_l11();
            sf_l25();
            step_r(5);
            time_1(10);/*3hours*/
            step_l(13);
            time_1(1);
            x++;
        }
        step_r(2);
    }

    /*while(1);*/
}

/*****ch_auto34*****/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้ภายในโครงการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีรณนำไปใช้

```

        void ch_auto34 (void)
        {
            unsigned char i,x=1;
            TMOD = 0x01;

                for(i=1;i<2;i++)
                {
                    while(x<=4){
                        s14_l19();
                        s14_l11();
                        sf_l25();
                        step_r(5);
                        time_1(10);/*4hours*/
                            step_l(13);
                        time_1(1);
                        x++;
                    }
                        step_r(2);
                }
                    /*while(1);*/
}

/*****ch_auto36*****/
        void ch_auto36 (void)
        {
            unsigned char i,x=1;
            TMOD = 0x01;
                for(i=1;i<2;i++)
                {
                    while(x<=4){
                        s14_l19();
                        s14_l11();
                        sf_l25();
                        step_r(5);
                        time_1(10);/*6hours*/
                            step_l(13);
                        time_1(1);
                        x++;
                    }
                        step_r(2);
                }
                    /*while(1);*/
}

/*****ch_auto38*****/
        void ch_auto38 (void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น กรุณาอย่าเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
unsigned char i,x=1;
TMOD = 0x01;
    for(i=1;i<2;i++)
    {
        while(x<=4){

            s14_l19();
            s14_l11();
            sf_l25();
            step_r(5);
            time_1(10);/*8hours*/
                step_l(13);
            time_1(1);
            x++;
        }
        step_r(2);
    }
    /*while(1);*/
}

/*****ch_auto43*****/
void ch_auto43 (void)
{
unsigned char i,x=1;
TMOD = 0x01;
    for(i=1;i<2;i++)
    {
        while(x<=4){
            s19_l19();
            s19_l11();
            sf_l25();
            step_r(5);
            time_1(10);/*3hours*/
                step_l(13);
            time_1(1);
            x++;
        }
        step_r(2);
    }
    /*while(1);*/
}

/*****ch_auto44*****/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        unsigned char i,x=1;
        TMOD = 0x01;
            for(i=1;i<2;i++)

        {
            while(x<=4){
                s19_l19();
                s19_l11();
                sf_l25();
                step_r(5);

                time_1(10);/*4hours*/
                step_l(13);
                time_1(1);
                x++;
            }
            step_r(2);
        }
        /*while(1);*/
}

/*****ch_auto46*****/
void ch_auto46 (void)
{
    unsigned char i,x=1;
    TMOD = 0x01;
        for(i=1;i<2;i++)
        {
            while(x<=4){
                s19_l19();
                s19_l11();
                sf_l25();
                step_r(5);
                time_1(10);/*6hours*/
                step_l(13);
                time_1(1);
                x++;
            }
            step_r(2);
        }
        /*while(1);*/
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*****ch_auto48*****/
void ch_auto48 (void)
{
  unsigned char i,x=1;
  TMOD = 0x01;
  for(i=1;i<2;i++)
  {
    while(x<=4){
      s19_l19();
      s19_l11();
      sf_l25();
      step_r(5);
      time_1(10);/*8hours*/
      step_l(13);
      time_1(1);
      x++;
    }
    step_r(2);
  }
  /*while(1);*/
}

/*****ch_auto53*****/
void ch_auto53 (void)
{
  unsigned char i,x=1;
  TMOD = 0x01;
  for(i=1;i<2;i++)
  {
    while(x<=4){
      s24_l19();
      s24_l11();
      sf_l25();
      step_r(5);
      time_1(10);/*3hours*/
      step_l(13);
      time_1(1);
      x++;
    }
    step_r(2);
  }
  /*while(1);*/
}

```

```

/*****ch_auto54*****/
void ch_auto54 (void)
{
unsigned char i,x=1;
TMOD = 0x01;
for(i=1;i<2;i++)
{
while(x<=4){
s24_l19();
s24_l11();
sf_l25();
step_r(5);
time_1(10);/*4hours*/
step_l(13);
time_1(1);
x++;
}
step_r(2);
}
/*while(1);*/
}
/*****ch_auto56*****/
void ch_auto56 (void)
{
unsigned char i,x=1;
TMOD = 0x01;
for(i=1;i<2;i++)
{
while(x<=4){
s24_l19();
s24_l11();
sf_l25();
step_r(5);
time_1(10);/*6hours*/
step_l(13);
time_1(1);
x++;
}
step_r(2);
}
/*while(1);*/
}
}

```

```

/*****ch_auto58*****/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        void ch_auto58 (void)
        {
            unsigned char i,x=1;
            TMOD = 0x01;
                for(i=1;i<2;i++)
                {
                    while(x<=4){
                        s24_l19();
                        s24_l11();
                        sf_l25();
                        step_r(5);
                        time_1(10);/*8hours*/
                        step_l(13);
                        time_1(1);
                        x++;
                    }
                    step_r(2);
                }
            /*while(1);*/
        }

/*****ch_auto63*****/
        void ch_auto63 (void)
        {
            unsigned char i,x=1;
            TMOD = 0x01;
                for(i=1;i<2;i++)
                {
                    while(x<=4){
                        s29_l19();
                        s29_l11();
                        sf_l25();
                        step_r(5);
                        time_1(10);/*3hours*/
                        step_l(13);
                        time_1(1);
                        x++;
                    }
                    step_r(2);
                }
            /*while(1);*/
        }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเลือกการศึกษานี้ ไม่นับเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        void ch_auto64 (void)
    {
        unsigned char i,x=1;
        TMOD = 0x01;
            for(i=1;i<2;i++)
        {
            while(x<=4){
                s29_l19();
                s29_l11();
                sf_l25();
                step_r(5);
                time_1(10);/*4hours*/
                    step_l(13);
                time_1(1);
                x++;
            }
                step_r(2);
        }
        /*while(1);*/
    }

/*****ch_auto66*****/
    void ch_auto66 (void)
    {
        unsigned char i,x=1;
        TMOD = 0x01;
            for(i=1;i<2;i++)
        {
            while(x<=4){
                s29_l19();
                s29_l11();
                sf_l25();

                step_r(5);
                time_1(10);/*6hours*/
                    step_l(13);
                time_1(1);
                x++;
            }
                step_r(2);
        }
        /*while(1);*/
    }

/*****ch_auto68*****/

```

```

        void ch_auto68 (void)
        {
            unsigned char i,x=1;
            TMOD = 0x01;
            for(i=1;i<2;i++)
            {
                while(x<=4){
                    s29_l19();
                    s29_l11();
                    sf_l25();
                    step_r(5);
                    time_1(10);/*8hours*/
                    step_l(13);
                    time_1(1);
                    x++;
                }
                step_r(2);
            }
            /*while(1);*/
        }
    }
    /*****p_auto*****/
    void p_auto(void)
    {
        while(1){
            if(s_33==0){
                while(1){
                    if(s_31==0){
                        while(1){
                            if(start==0)
                                ch_auto33();
                        }
                    }
                    else if(s_41==0){
                        while(1){
                            if(start==0)
                                ch_auto34();
                        }
                    }
                }
            }
            else if(s_61==0){
                while(1){
                    if(start==0)
                        ch_auto36();
                }
            }
        }
    }

```

```

else if(s_81==0){
    while(1){
        if(start==0)
            ch_auto38();
    }
}

else if(s_44==0){
    while(1){
        if(s_31==0){
            while(1){
                if(start==0)
                    ch_auto43();
            }
        }
        else if(s_41==0){
            while(1){
                if(start==0)
                    ch_auto44();
            }
        }
        else if(s_61==0){
            while(1){
                if(start==0)
                    ch_auto46();
            }
        }
        else if(s_81==0){
            while(1){
                if(start==0)
                    ch_auto48();
            }
        }
    }
}

else if(s_55==0){
    while(1){
        if(s_31==0){
            while(1){

                if(start==0)
                    ch_auto53();
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    else if(s_41==0){
        while(1){
            if(start==0)
                ch_auto54();
        }
    }
    else if(s_61==0){
        while(1){
            if(start==0)
                ch_auto56();
        }
    }
    else if(s_81==0){
        while(1){
            if(start==0)
                ch_auto58();
        }
    }
    else if(s_66==0){
        while(1){
            if(s_31==0){
                while(1){
                    if(start==0)
                        ch_auto63();
                }
            }
        }
    }
    else if(s_41==0){
        while(1){
            if(start==0)
                ch_auto64();
        }
    }
    else if(s_61==0){
        while(1){
            if(start==0)
                ch_auto66();
        }
    }
    else if(s_81==0){
        while(1){
            if(start==0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรรมนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ แบ่งรายการอุปกรณ์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ระบบขงนม มีรายการอุปกรณ์ ดังนี้

ตารางที่ ง.1 รายการอุปกรณ์ของระบบขงนม

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ถังน้ำสแตนเลส	2 ตัว
2	โซลินอยด์วาล์ว 12 โวลต์	1 ตัว
3	โซลินอยด์ 24 โวลต์	1 ตัว
4	ถังพลาสติกปล่อยนมผง	1 ตัว
5	ปั้มน้ำ 220 โวลต์	1 ตัว
6	มอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์	1 ตัว
7	มอเตอร์กระแสตรง 9 โวลต์	1 ตัว
8	มอเตอร์กระแสตรง 6 โวลต์	3 ตัว
9	สตีปมอเตอร์ 5 โวลต์ 1 แอมป์	1 ตัว
10	ขวดนมเด็ก 8 ออนซ์	4 ตัว
11	โครงเหล็กระบบขงนม	1 ตัว
12	ล้อเลื่อนยาง	4 ตัว
13	พัดลมระบายความร้อน 220 โวลต์	1 ตัว

2. ระบบไกวเปล มีรายการอุปกรณ์ ดังนี้

ตารางที่ ง.2 รายการอุปกรณ์ของระบบไกวเปล

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	มอเตอร์กระแสตรง 9 โวลต์	1 ตัว
2	เปลเด็ก	1 ตัว
3	โครงเปล	1 ตัว
4	ล้อเลื่อนยาง	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. วงจรที่ใช้ในการควบคุมระบบต่างๆ

#### 3.1 วงจรควบคุมสแต็ปมอเตอร์ มีรายการอุปกรณ์ ดังนี้

ตารางที่ ง.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมสแต็ปมอเตอร์

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ไอซี เบอร์ ULN 2065B	1 ตัว
2	ไอซี A-PCF8574	1 ตัว
3	ไอซี TTL 74LS04	1 ตัว
4	ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม	2 ตัว

#### 3.2 วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ ง.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ไอซี เบอร์ L298N	2 ตัว
2	ไดโอด เบอร์ 1N4007	16 ตัว
3	ตัวเก็บประจุ 470 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	2 ตัว
4	ตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	2 ตัว
5	ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม	14 ตัว
6	ลิมิตสวิตช์	6 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 วงจรควบคุมรีเลย์ มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ ง.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมรีเลย์

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ไอซี เบอร์ ULN2803	1 ตัว
2	ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม	5 ตัว
3	รีเลย์ 6 โวลต์	5 ตัว

## 3.4 วงจรสวิตช์ควบคุมการทำงานของระบบ มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ ง.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์ควบคุมการทำงานของระบบ

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ไมโครสวิตช์	11 ตัว
2	ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม	11 ตัว

## 3.5 วงจรควบคุมการทำงานของทั้งระบบ มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ ง.7 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการทำงานของทั้งระบบ

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51	1 ตัว
2	คริสตัล 11.0592 เมกะเฮิร์ต	1 ตัว
3	ตัวเก็บประจุ 30 พิโคฟารัด	2 ตัว
4	ตัวเก็บประจุ 1 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	1 ตัว
5	ตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	1 ตัว
6	ไมโครสวิตช์	1 ตัว
7	ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเลือกเสรีศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.6 วงจรควบคุมระดับน้ำ มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ 8.8 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมระดับน้ำ

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ตัวต้านทาน 1 เมกะโอห์ม	2 ตัว
2	ตัวต้านทาน 47 กิโลโอห์ม	10 ตัว
3	ตัวต้านทาน 680 โอห์ม	2 ตัว
4	ตัวต้านทาน 68 กิโลโอห์ม	2 ตัว
5	ตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม	3 ตัว
6	ตัวต้านทาน 12 กิโลโอห์ม	1 ตัว
7	ตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	8 ตัว
8	ตัวเก็บประจุ 0.022 ไมโครฟารัด	1 ตัว
9	ตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด 25 โวลต์	1 ตัว
10	ตัวเก็บประจุ 1000 ไมโครฟารัด 25 โวลต์	1 ตัว
11	ไดโอด 1N4148	5 ตัว
12	ไดโอด 1N4001	1 ตัว
13	ทรานซิสเตอร์ BC547	1 ตัว
14	LED สีเขียว	1 ตัว
15	LED สีเหลือง	1 ตัว
16	LED สีแดง	2 ตัว
17	ไอซี LM324N	1 ตัว
18	ไอซี 7812	1 ตัว
19	รีเลย์ 12 โวลต์	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณเสียง มีรายการอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ ๓.9 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจจับสัญญาณเสียง

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน
1	ตัวต้านทาน 5 กิโลโอห์ม	2 ตัว
2	ตัวต้านทาน 3 กิโลโอห์ม	1 ตัว
3	ตัวต้านทาน 30 กิโลโอห์ม	3 ตัว
4	ตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม	2 ตัว
5	ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม	1 ตัว
6	ตัวต้านทาน 5 เมกะโอห์ม	2 ตัว
7	ตัวต้านทาน 3 เมกะโอห์ม	1 ตัว
8	ตัวต้านทาน 27 กิโลโอห์ม	1 ตัว
9	ตัวต้านทาน 220 กิโลโอห์ม	1 ตัว
10	ตัวต้านทาน 220 โอห์ม	1 ตัว
11	ตัวต้านทาน 180 โอห์ม	1 ตัว
12	ตัวต้านทานปรับค่า 100 กิโลโอห์ม	1 ตัว
13	ตัวต้านทานปรับค่า 22 กิโลโอห์ม	1 ตัว
14	ตัวเก็บประจุ 22 ไมโครฟารัด 16 โวลต์	2 ตัว
15	ตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด 16 โวลต์	1 ตัว
16	ตัวเก็บประจุ 33 ไมโครฟารัด 16 โวลต์	1 ตัว
17	ตัวเก็บประจุ 0.0056 ไมโครฟารัด	1 ตัว
18	ไดโอด 1N4148	4 ตัว
19	ซีเนอร์ไดโอด 10 โวลต์	1 ตัว
20	LED สีแดง	2 ตัว
21	ทรานซิสเตอร์ C945	1 ตัว
22	รีเลย์ 12 โวลต์	1 ตัว
23	ไอซี LM324	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลของ AT89C51

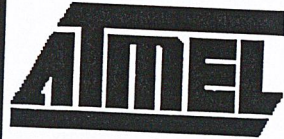
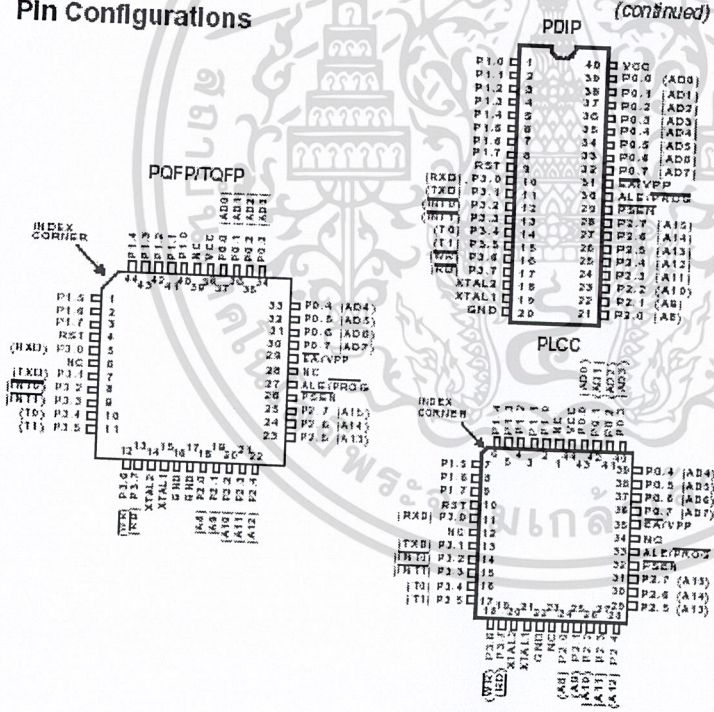
Features

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

Description

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

Pin Configurations



8-Bit  
Microcontroller  
with 4K Bytes  
Flash

AT89C51

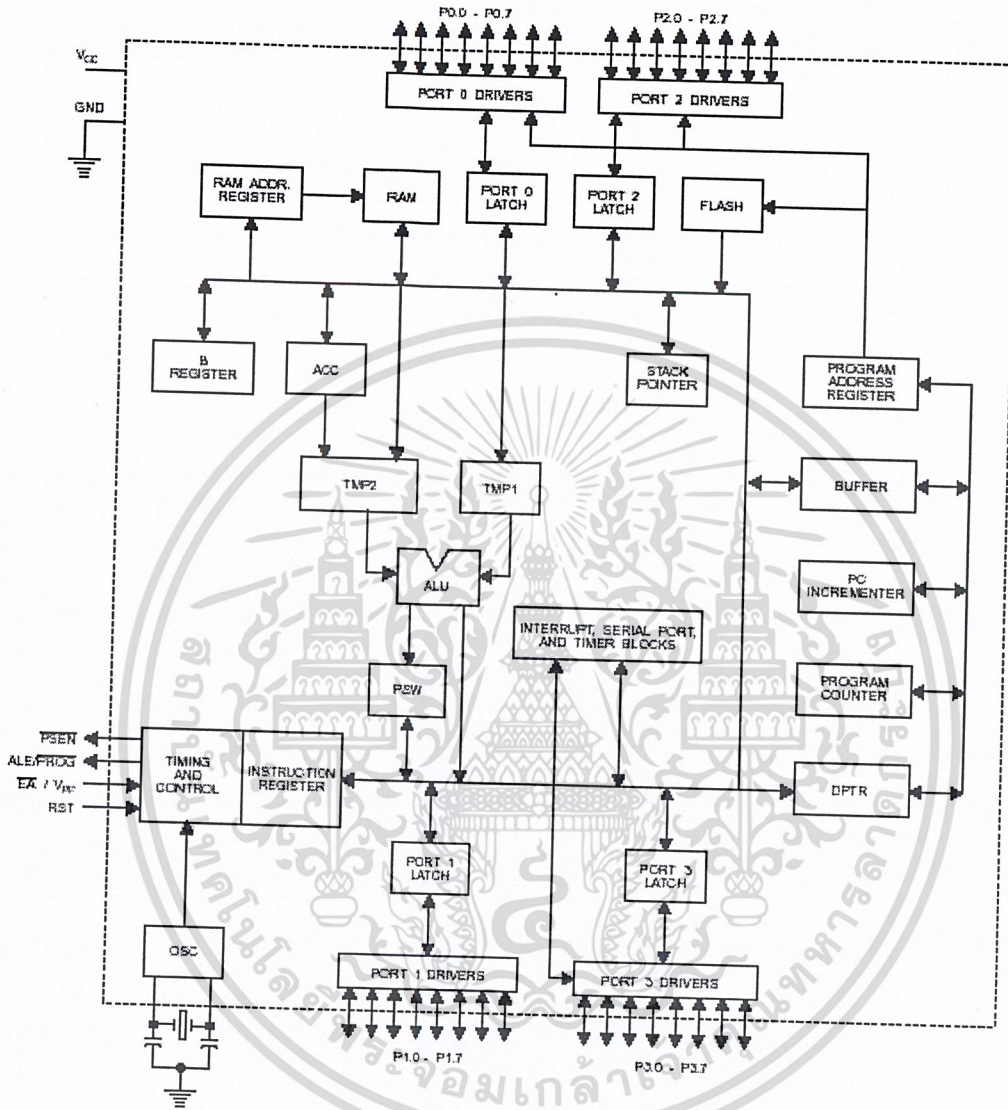
0262F-A-12D7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AT89C51

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

### Pin Description

**V<sub>CC</sub>**  
Supply voltage.

**GND**  
Ground.

#### Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

#### Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

#### Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups

when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

#### Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

#### RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

#### ALE/PROG

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVX instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

#### PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.



When the AT89C51 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

**EA/V<sub>PP</sub>**

External Access Enable. EA must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, EA will be internally latched on reset.

EA should be strapped to V<sub>CC</sub> for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V<sub>PP</sub>) during Flash programming, for parts that require 12-volt V<sub>PP</sub>.

**XTAL1**

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**XTAL2**

Output from the inverting oscillator amplifier.

**Oscillator Characteristics**

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

**Idle Mode**

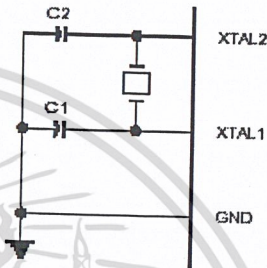
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

**Status of External Pins During Idle and Power Down Modes**

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

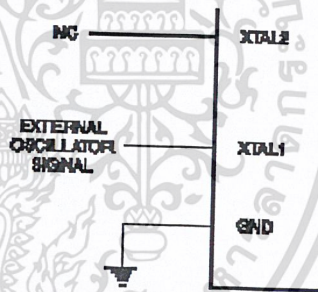
It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals  
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AT89C51

### Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before  $V_{CC}$  is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

### Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOV <sub>C</sub> instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

### Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage ( $V_{CC}$ ) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(020H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.

### Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the  $\overline{EA}$  pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of  $\overline{EA}$  be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise  $\overline{EA}/V_{PP}$  to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling:** The AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/Busy:** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.



**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

**Chip Erase:** The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel  
 (031H) = 51H indicates 89C51  
 (032H) = FFH indicates 12V programming  
 (032H) = 05H indicates 5V programming

### Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

### Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V <sub>PP</sub>	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H
Chip Erase	H	L		H/12V	H	L	L	L
Read Signature Bytes	H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

AT89C51

Figure 3. Programming the Flash

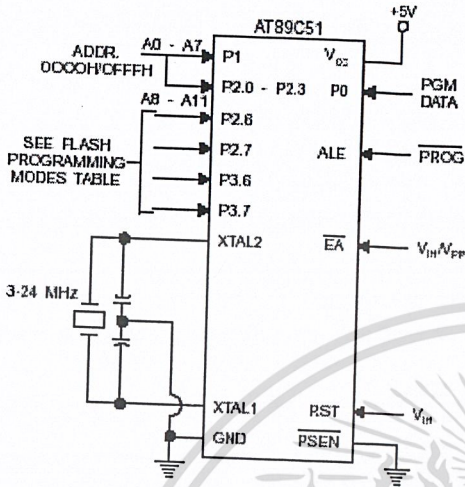
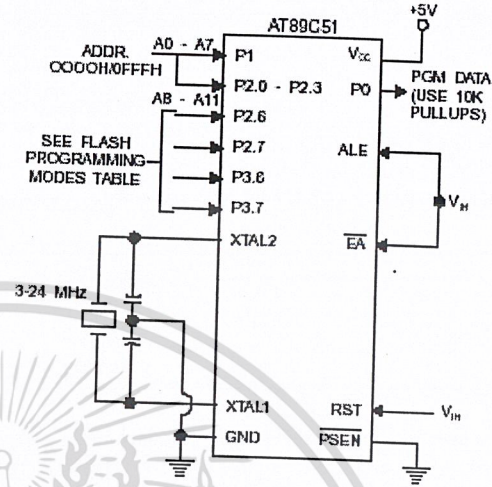


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

TA = 0°C to 70°C, VCC = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V <sub>PP</sub> <sup>(1)</sup>	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I <sub>PP</sub> <sup>(1)</sup>	Programming Enable Current		1.0	mA
f <sub>OSC</sub>	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t <sub>AVGL</sub>	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>CHAX</sub>	Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>DVGL</sub>	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>CHDX</sub>	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>ENSH</sub>	P2.7 (ENABLE) High to V <sub>PP</sub>	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>SHGL</sub>	V <sub>PP</sub> Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t <sub>GHSL</sub> <sup>(1)</sup>	V <sub>PP</sub> Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t <sub>CLGH</sub>	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t <sub>AVDV</sub>	Address to Data Valid		48t <sub>CLCL</sub>	
t <sub>ELCV</sub>	ENABLE Low to Data Valid		48t <sub>CLCL</sub>	
t <sub>ENOV</sub>	Data Float After ENABLE	0	48t <sub>CLCL</sub>	
t <sub>CHBL</sub>	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		1.0	μs
t <sub>WC</sub>	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

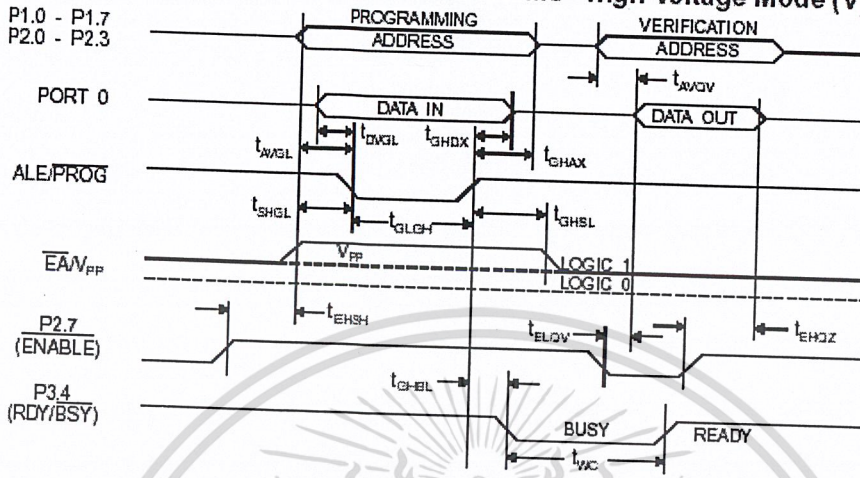
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.



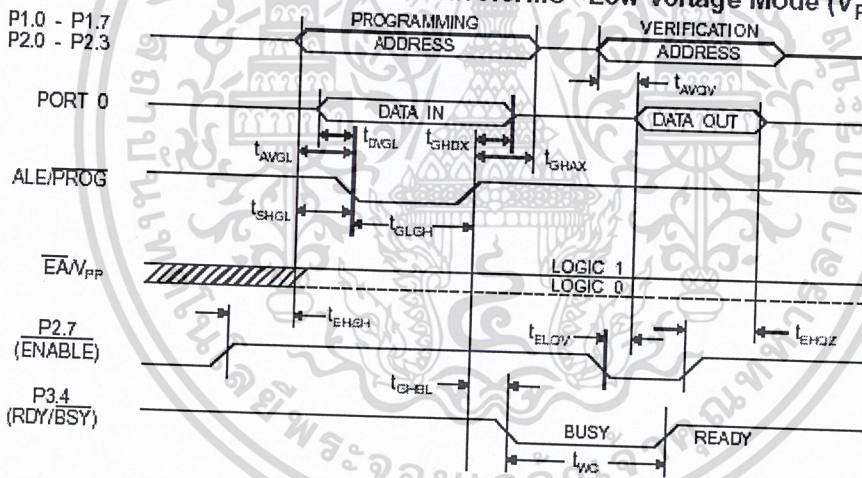
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode ( $V_{PP} = 12V$ )**



**Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode ( $V_{PP} = 5V$ )**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

## DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
$V_L$	Input Low Voltage	(Except EA)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
$V_{IL1}$	Input Low Voltage (EA)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
$V_H$	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.8 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OL1}$	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OH}$	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
$V_{OH1}$	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
$I_L$	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_N = 0.45\text{V}$			$\mu\text{A}$
$I_{TL}$	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_N = 2\text{V}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	Input Leakage Current (Port 0, EA)	$0.45 < V_N < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
$C_{IO}$	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
$I_{CC}$	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode <sup>(2)</sup>	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	$\mu\text{A}$
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	$\mu\text{A}$

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:  
 Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 10 mA  
 Maximum  $I_{OL}$  per 8-bit port: Port 0: 26 mA  
 Ports 1, 2, 3: 15 mA  
 Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 71 mA  
 If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum  $V_{CC}$  for Power Down is 2V.





## AC Characteristics

(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

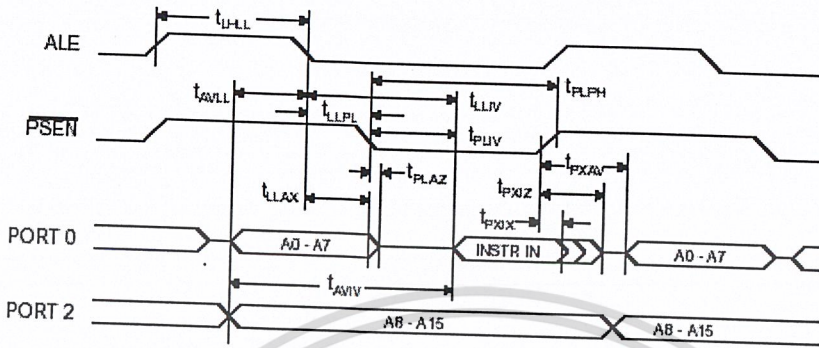
### External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{\text{OSC}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
$t_{\text{HL}}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
$t_{\text{VLL}}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
$t_{\text{LAX}}$	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{LIV}}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
$t_{\text{LPL}}$	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
$t_{\text{PLPH}}$	PSEN Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{PLV}}$	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
$t_{\text{PKI}}$	Input Instruction Hold After PSEN	0		0		ns
$t_{\text{PKZ}}$	Input Instruction Float After PSEN		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
$t_{\text{PXW}}$	PSEN to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
$t_{\text{AVI}}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
$t_{\text{PLAZ}}$	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
$t_{\text{RLFH}}$	RD Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{WLWH}}$	WR Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
$t_{\text{RLDV}}$	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
$t_{\text{RHDZ}}$	Data Hold After RD	0		0		ns
$t_{\text{RHZ}}$	Data Float After RD		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
$t_{\text{LDV}}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
$t_{\text{AVD}}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
$t_{\text{LVL}}$	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
$t_{\text{AVWL}}$	Address to RD or WR Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
$t_{\text{VWX}}$	Data Valid to WR Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{VWH}}$	Data Valid to WR High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
$t_{\text{WHCX}}$	Data Hold After WR	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
$t_{\text{RLAZ}}$	RD Low to Address Float		0		0	ns
$t_{\text{NHLH}}$	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

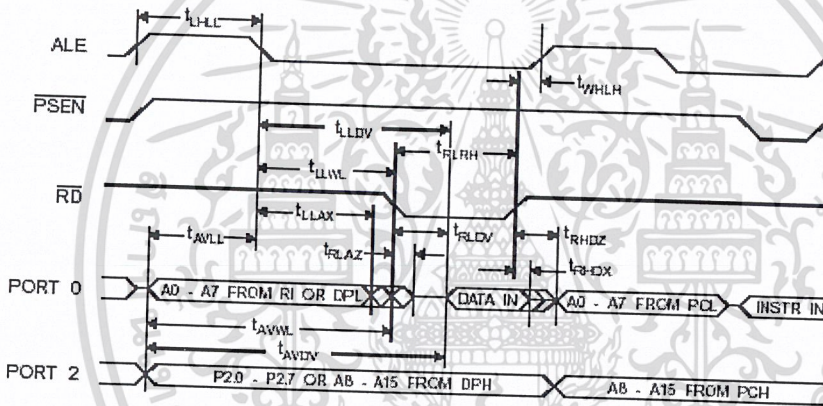
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

External Program Memory Read Cycle



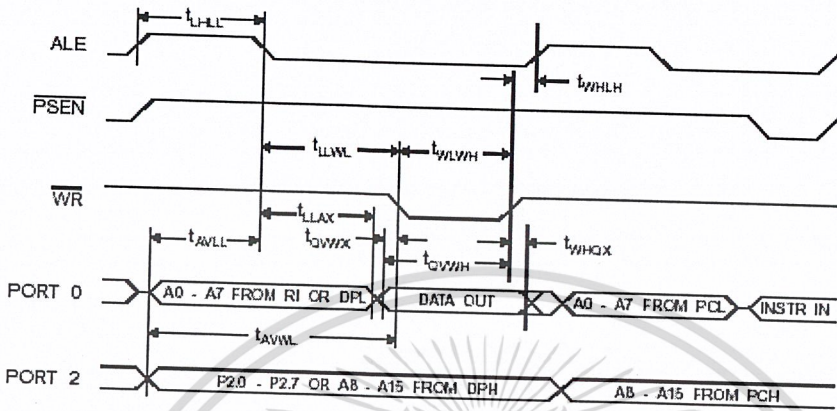
External Data Memory Read Cycle



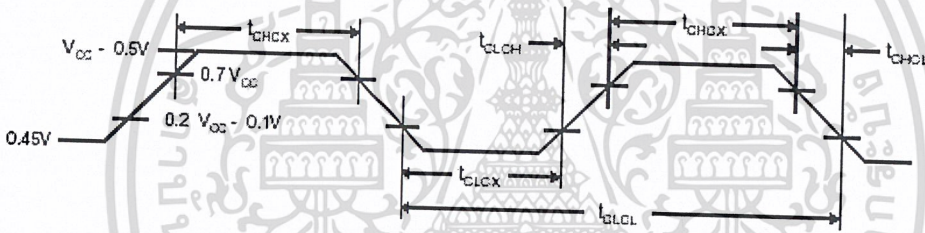
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
$t_{CLCL}$	Clock Period	41.6		ns
$t_{CHCX}$	High Time	15		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	15		ns
$t_{CLCH}$	Rise Time		20	ns
$t_{CHCL}$	Fall Time		20	ns

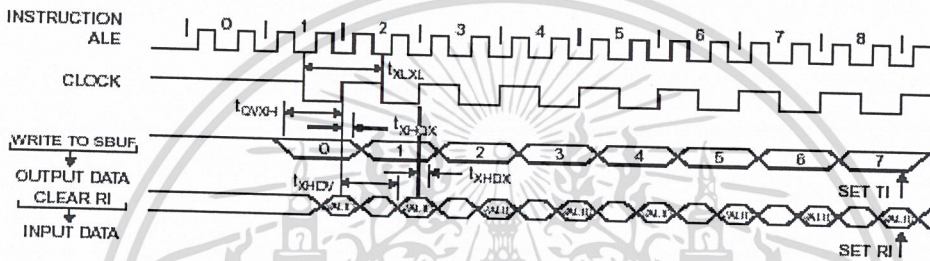
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions**

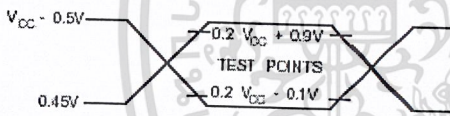
( $V_{CC} = 5.0 V \pm 20\%$ ; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{CLK}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu s$
$t_{QVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{QHDX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
$t_{XHDX}$	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{XHCV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

**Shift Register Mode Timing Waveforms**

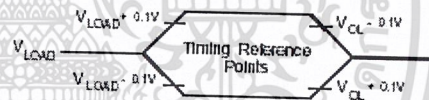


**AC Testing Input/Output Waveforms (1)**



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5V$  for a logic 1 and  $0.45V$  for a logic 0. Timing measurements are made at  $V_{IH, min.}$  for a logic 1 and  $V_{IL, max.}$  for a logic 0.

**Float Waveforms (1)**



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded  $V_{OH/VOL}$  level occurs.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-12JA	44J	
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-16JA	44J	
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AT89C51

### Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	44P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	44P6	
		AT89C51-24QI	44Q	



Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางข้อมูลของ L298N



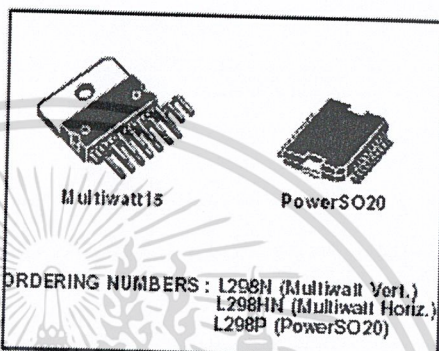
L298

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

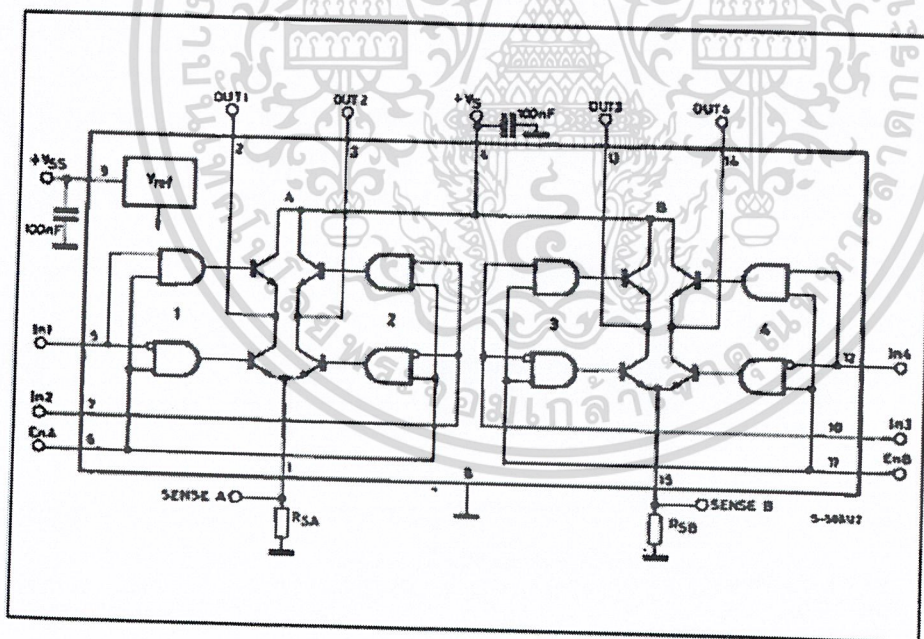
## DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

## BLOCK DIAGRAM



January 2000

1/13

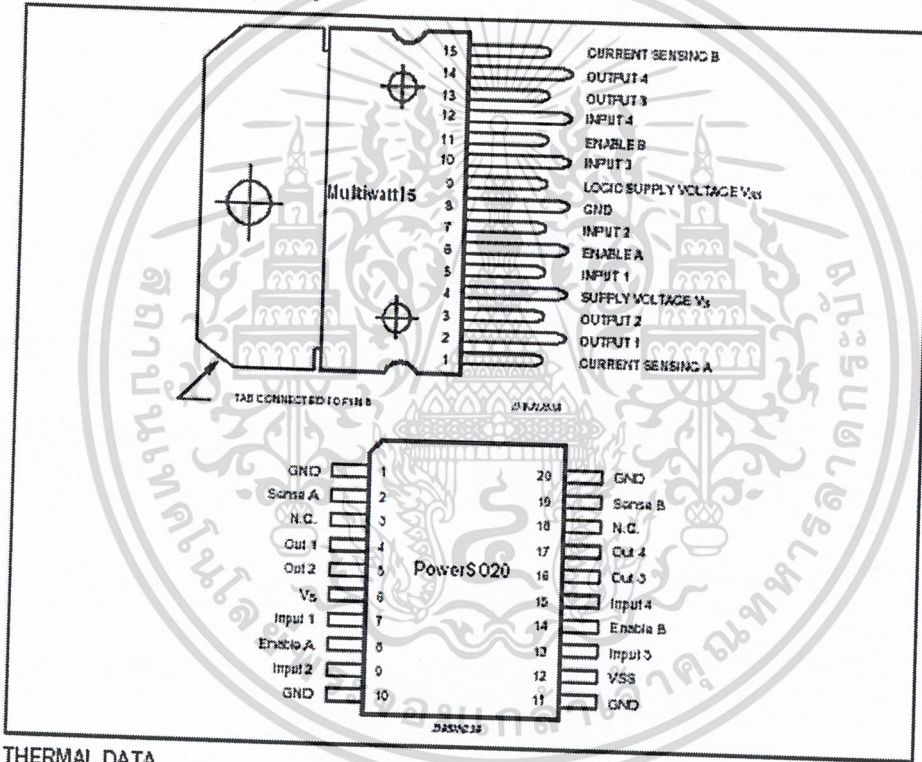
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_s$	Power Supply	50	V
$V_{ss}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_i, V_{en}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_o$	Peak Output Current (each Channel)	3 2.5 2	A A A
	- Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )		
	- Repetitive (80% cn -20% off; $t_{on} = 10ms$ )		
$V_{sens}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{op}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	-40 to 160	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{\theta j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	-	$^\circ C/W$
$R_{\theta j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	$^\circ C/W$

(\*) Mounted on aluminum substrate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerISO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>S</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V <sub>SS</sub>	Supply Voltage for the Logic Blocks. A 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V; T<sub>J</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>H</sub> + 2.5		46	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>S</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0	V <sub>I</sub> = L	13	22	mA
			V <sub>I</sub> = H	50	70	mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = L	V <sub>I</sub> = X		4	mA
		V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0	V <sub>I</sub> = L	24	35	mA
			V <sub>I</sub> = H	7	12	mA
		V <sub>en</sub> = L	V <sub>I</sub> = X		6	mA
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>L</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = L			-10	μA
I <sub>H</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>I</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>en</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V <sub>en</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>en</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = L			-10	μA
I <sub>en</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> - 0.6V		30	100	μA
V <sub>CEsat(H)</sub>	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A I <sub>L</sub> = 2A	0.95	1.35	1.7	V
V <sub>CEsat(L)</sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	0.85	1.2	1.6	V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5) I <sub>L</sub> = 2A (5)	1.80	1.7	2.3	V
V <sub>sens</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L298

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$T_1 (V)$	Source Current Turn-off Delay	$0.5V_L$ to $0.9I_L$ (2); (4)		1.5		$\mu s$
$T_2 (V)$	Source Current Fall Time	$0.9I_L$ to $0.1I_L$ (2); (4)		0.2		$\mu s$
$T_3 (V)$	Source Current Turn-on Delay	$0.5V_L$ to $0.1I_L$ (2); (4)		2		$\mu s$
$T_4 (V)$	Source Current Rise Time	$0.1I_L$ to $0.9I_L$ (2); (4)		0.7		$\mu s$
$T_5 (V)$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5V_L$ to $0.9I_L$ (3); (4)		0.7		$\mu s$
$T_6 (V)$	Sink Current Fall Time	$0.9I_L$ to $0.1I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu s$
$T_7 (V)$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5V_L$ to $0.9I_L$ (3); (4)		1.6		$\mu s$
$T_8 (V)$	Sink Current Rise Time	$0.1I_L$ to $0.9I_L$ (3); (4)		0.2		$\mu s$
$f_c (V)$	Commutation Frequency	$I_L = 2A$		25	40	KHz
$T_1 (V_{en})$	Source Current Turn-off Delay	$0.5V_{en}$ to $0.9I_L$ (2); (4)		3		$\mu s$
$T_2 (V_{en})$	Source Current Fall Time	$0.9I_L$ to $0.1I_L$ (2); (4)		1		$\mu s$
$T_3 (V_{en})$	Source Current Turn-on Delay	$0.5V_{en}$ to $0.1I_L$ (2); (4)		0.3		$\mu s$
$T_4 (V_{en})$	Source Current Rise Time	$0.1I_L$ to $0.9I_L$ (2); (4)		0.4		$\mu s$
$T_5 (V_{en})$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5V_{en}$ to $0.9I_L$ (3); (4)		2.2		$\mu s$
$T_6 (V_{en})$	Sink Current Fall Time	$0.9I_L$ to $0.1I_L$ (3); (4)		0.35		$\mu s$
$T_7 (V_{en})$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5V_{en}$ to $0.9I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu s$
$T_8 (V_{en})$	Sink Current Rise Time	$0.1I_L$ to $0.9I_L$ (3); (4)		0.1		$\mu s$

- 1) Sensing voltage can be  $-1V$  for  $t_s \leq 50 \mu s$ ; in steady state  $V_{SEN}$  min  $\geq -0.5V$ .
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

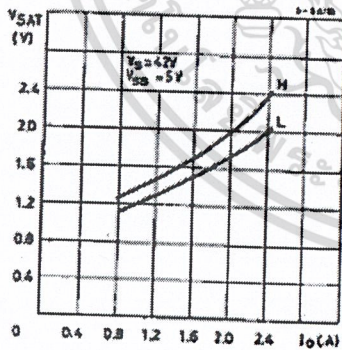
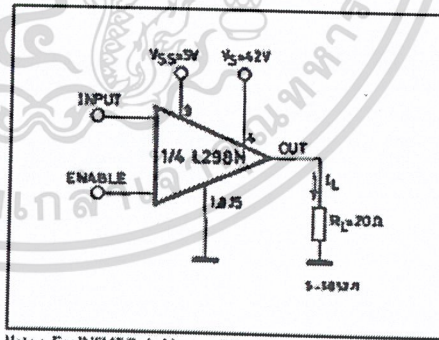


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note: For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

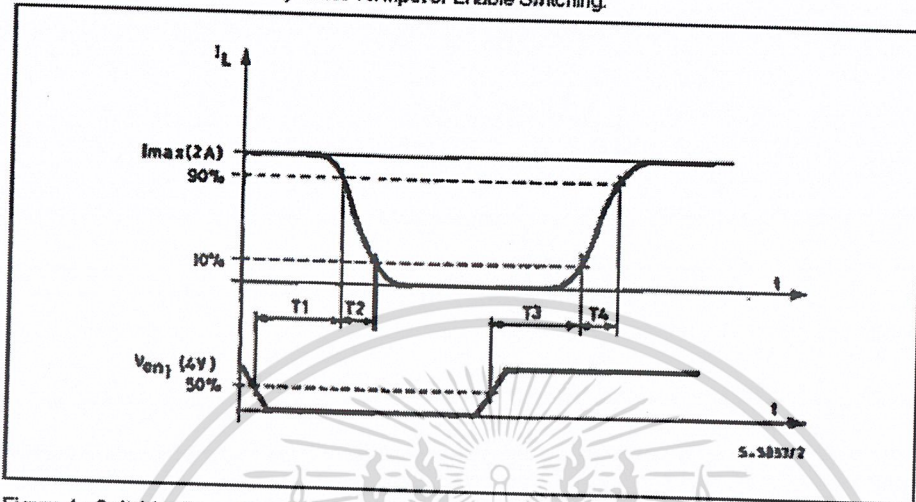
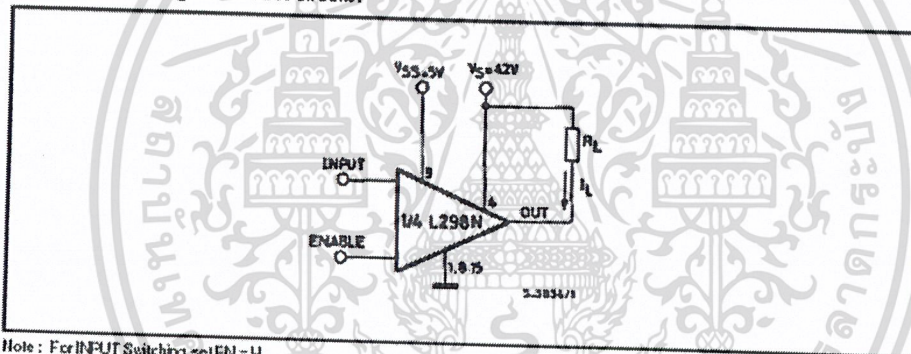


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching set IN = H  
For ENABLE Switching set IN = L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L 298

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

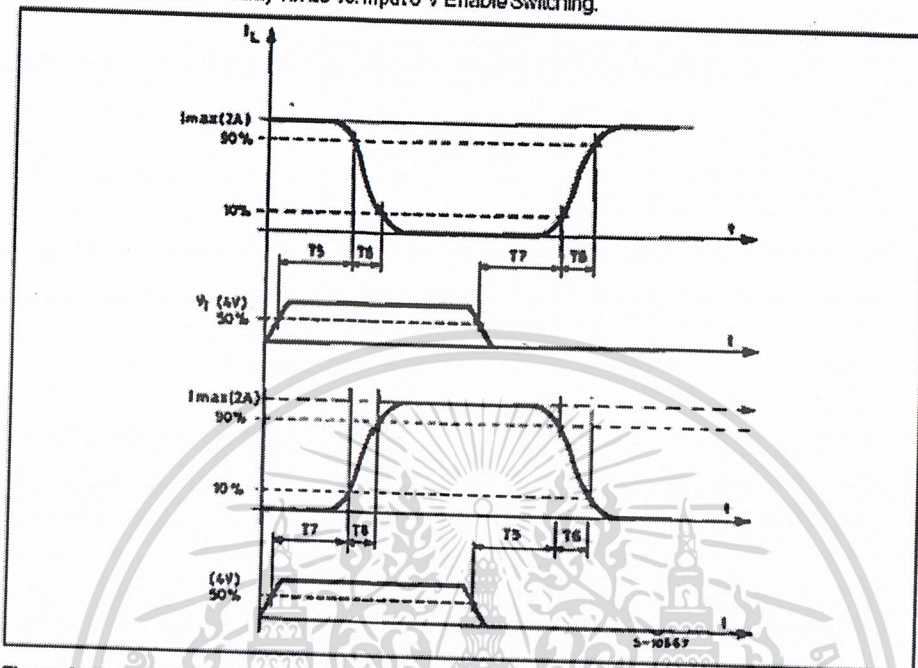
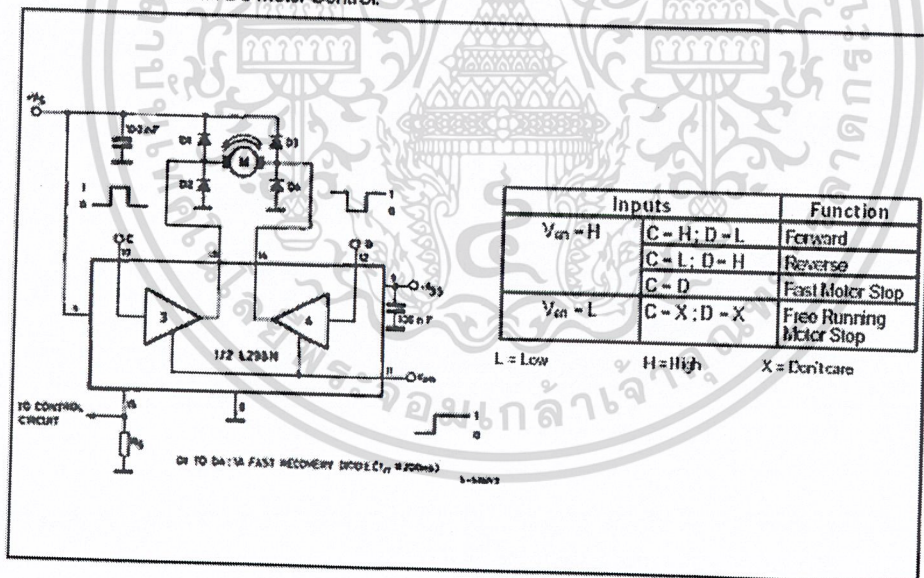


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

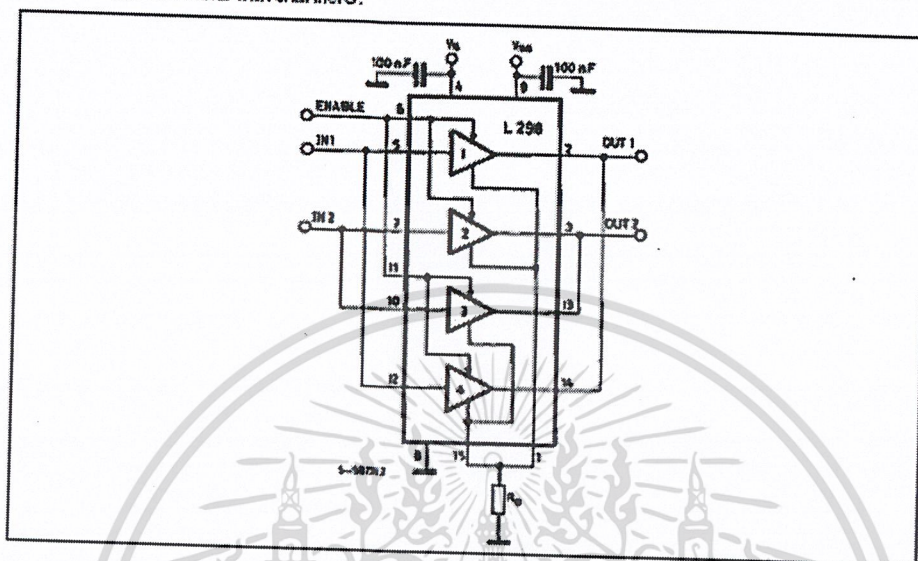


6/13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



#### APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

##### 1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output: an external resistor ( $R_{SA}$ ;  $R_{SB}$ ) allows to detect the intensity of this current.

##### 1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are  $IN1$ ;  $IN2$ ;  $EN_A$  and  $IN3$ ;  $IN4$ ;  $EN_B$ . The  $IN$  inputs set the bridge state when the  $EN$  input is high; a low state of the  $EN$  input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

##### 2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both  $V_S$  and  $V_{SS}$ , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of  $V_S$  that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off: Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

##### 3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes  $D1$  to  $D4$  is made by four fast recovery elements ( $t_{rr} \leq 200$  nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped; Schottky diodes would be preferred.

L298

This solution can drive until 3 Amps in DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

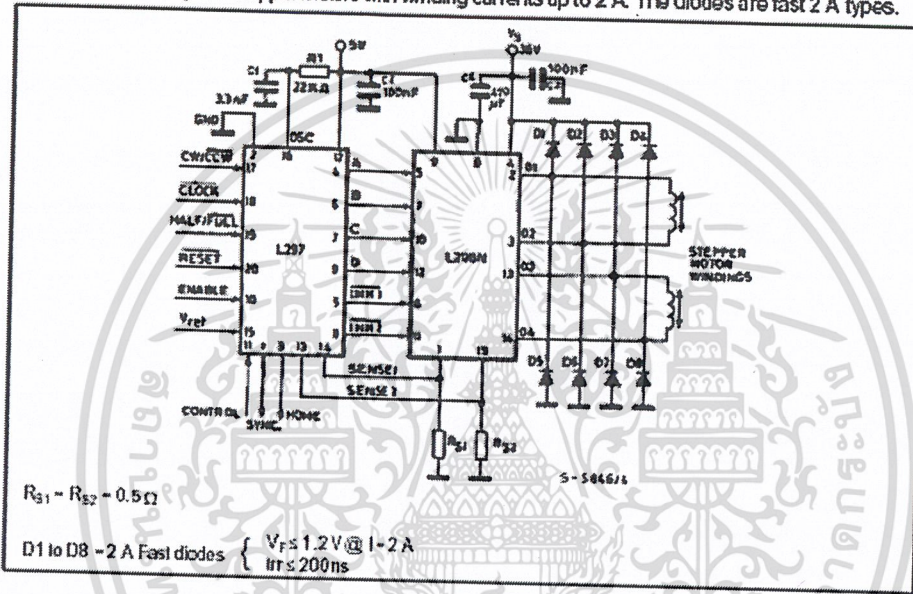


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

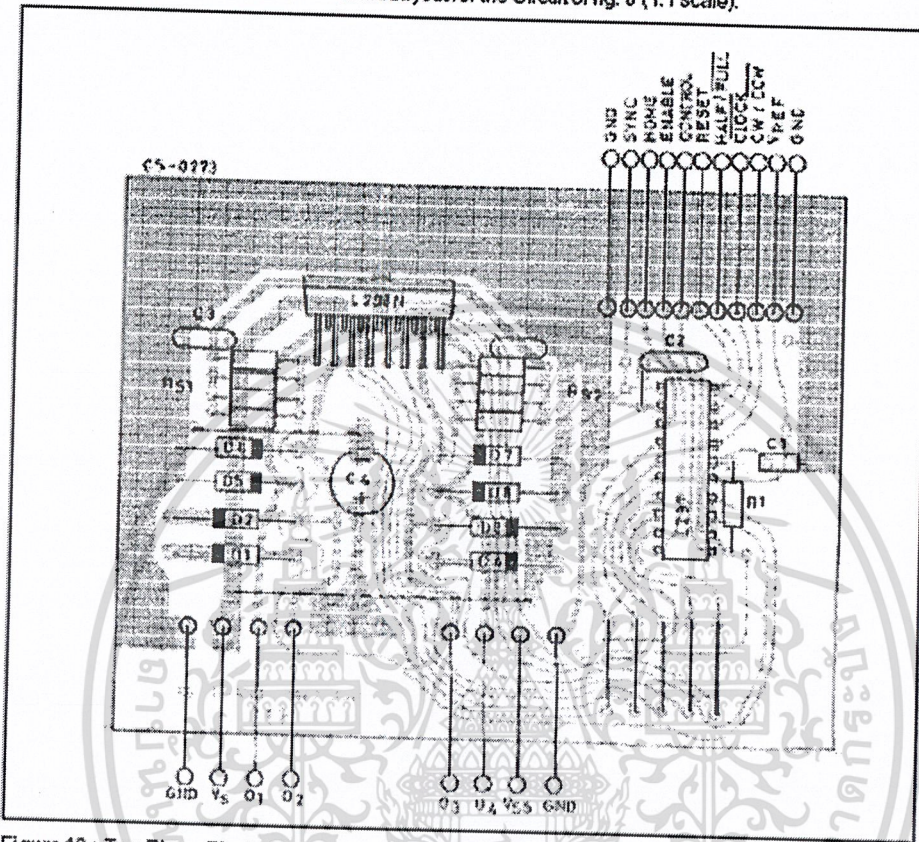
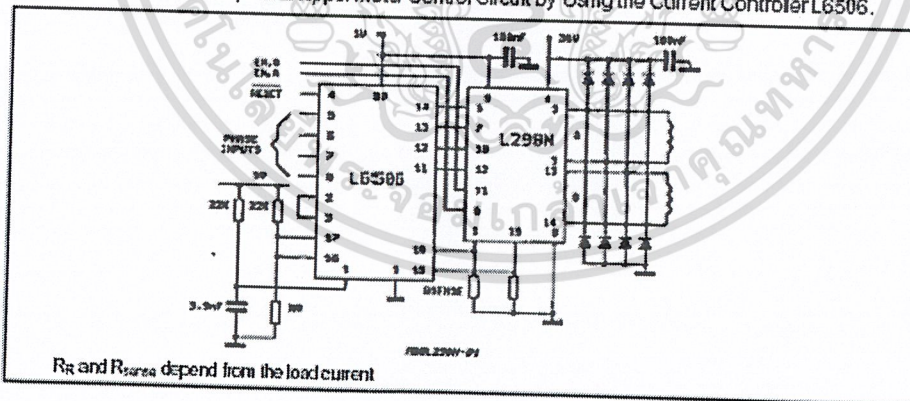


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

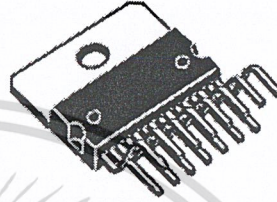


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

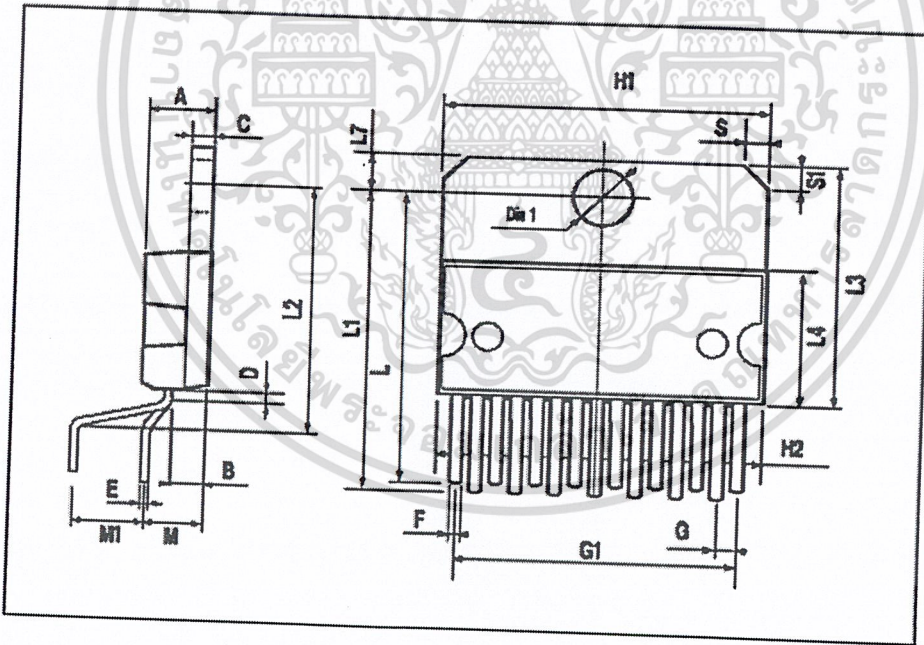
L298

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.65		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt15 V



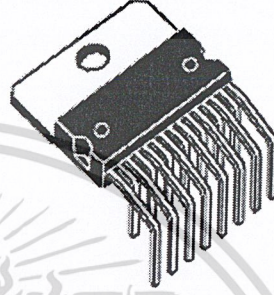
10/13



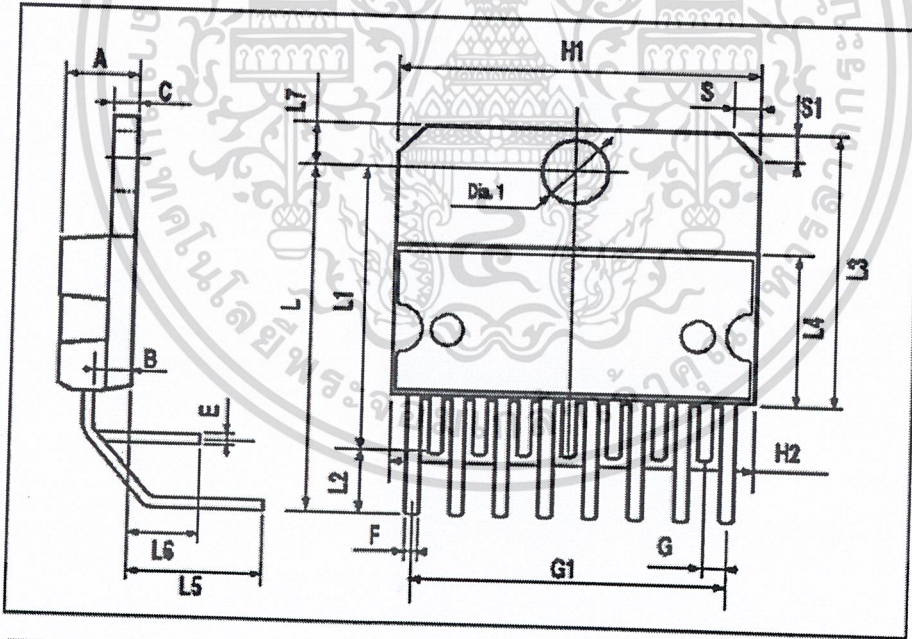
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.65		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.065
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt 15 H



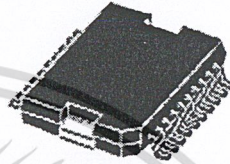
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L298

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D(1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.388
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
a3		11.43			0.450	
E1(1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.625
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N			10° (max.)			
S			8° (max.)			
T		10			0.394	

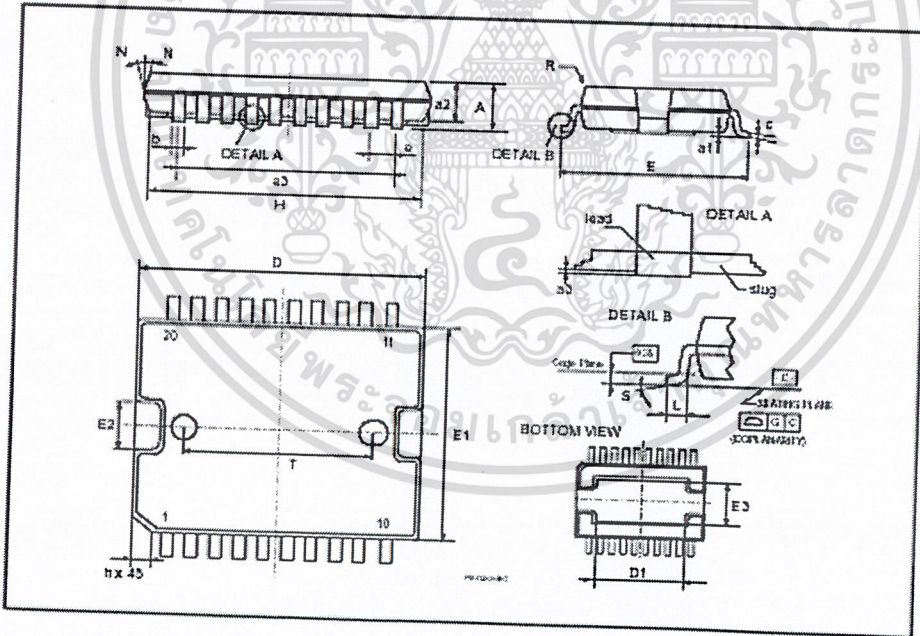
(1) 'D and F' do not include mold flash or protrusions.  
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.005').  
 - Critical dimensions: E, G and h.

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



JEDEC MO-166

PowerSO20



12/13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics  
 © 2000 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved  
 STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES  
 Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -  
 Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.  
<http://www.st.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**National Semiconductor**

August 2000

### LMV321 / LMV358 / LMV324 Single/Dual/Quad General Purpose, Low Voltage, Rail-to-Rail Output Operational Amplifiers

#### General Description

The LMV358/324 are low voltage (2.7–5.5V) versions of the dual and quad commodity op amps, LM358/324, which currently operate at 5–30%. The LMV321 is the single version.

The LMV321/358/324 are the most cost effective solutions for the applications where low voltage operation, space saving and low price are needed. They offer specifications that meet or exceed the familiar LM358/324. The LMV321/358/324 have rail-to-rail output swing capability and the input common-mode voltage range includes ground. They all exhibit excellent speed-power ratio, achieving 1 MHz of bandwidth and 1 V/μs of slew rate with low supply current.

The LMV321 is available in space saving SC70-5, which is approximately half the size of SOT23-5. The small package saves space on pc boards, and enables the design of small portable electronic devices. It also allows the designer to place the device closer to the signal source to reduce noise pickup and increase signal integrity.

The chips are built with National's advanced submicron silicon-gate BiCMOS process. The LMV321/358/324 have bipolar input and output stages for improved noise performance and higher output current drive.

#### Features

(For  $V^+ = 5V$  and  $V^- = 0V$ , Typical Unless Otherwise Noted)

- Guaranteed 2.7V and 5V Performance
- No Crossover Distortion
- Space Saving Package SC70-5 2.0x2.1x1.0mm
- Industrial Temp. Range  $-40^\circ C$  to  $+85^\circ C$
- Gain-Bandwidth Product 1MHz
- Low Supply Current
 

LMV321	130μA
LMV358	210μA
LMV324	410μA
- Rail-to-Rail Output Swing @ 10kΩ Load
 

$V^+ - 10mV$
$V^- + 65mV$
- $V_{CM}$   $-0.2V$  to  $V^- - 0.6V$

#### Applications

- Active Filters
- General Purpose Low Voltage Applications
- General Purpose Portable Devices

Gain and Phase vs Capacitive Load

Output Voltage Swing vs Supply Voltage

© 2000 National Semiconductor Corporation DS100000

www.national.com

LMV321/LMV358/LMV324 Single/Dual/Quad General Purpose, Low Voltage, Rail-to-Rail Output Operational Amplifiers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

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

ESD Tolerance (Note 2)	
Machine Model	100V
Human Body Model LMV358/324	2000V
LMV321	900V
Differential Input Voltage	$\pm$ Supply Voltage
Supply Voltage ( $V^+ - V^-$ )	5.5V
Output Short Circuit to $V^+$	(Note 3)
Output Short Circuit to $V^-$	(Note 4)
Soldering Information	
Infrared or Convection (20 sec)	235°C

Storage Temp. Range	-65°C to 150°C
Junction Temp. ( $T_j$ , max) (Note 5)	150°C

**Operating Ratings** (Note 1)

Supply Voltage	2.7V to 5.5V
Temperature Range	
LMV321, LMV358, LMV324	-40°C to +85°C
Thermal Resistance ( $\theta_{JA}$ ) (Note 10)	
5-pin SC70-5	478°C/W
5-pin SOT23-5	265°C/W
8-Pin SOIC	190°C/W
8-Pin MSOP	235°C/W
14-Pin SOIC	145°C/W
14-Pin TSSOP	155°C/W

**2.7V DC Electrical Characteristics**

Unless otherwise specified, all limits guaranteed for  $T_j = 25^\circ\text{C}$ ,  $V^+ = 2.7\text{V}$ ,  $V^- = 0\text{V}$ ,  $V_{CM} = 1.0\text{V}$ ,  $V_O = V/2$  and  $R_L > 1\text{M}\Omega$ .

Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 6)	Limit (Note 7)	Units
$V_{OS}$	Input Offset Voltage		1.7	7	mV max
$TCV_{OS}$	Input Offset Voltage Average Drift		5		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
$I_B$	Input Bias Current		11	250	nA max
$I_{OS}$	Input Offset Current		5	50	nA max
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$0\text{V} \leq V_{CM} \leq 1.7\text{V}$	63	50	dB min
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$2.7\text{V} \leq V^+ \leq 5\text{V}$ $V_O = 1\text{V}$	60	50	dB min
$V_{CM}$	Input Common-Mode Voltage Range	For CMRR $\geq 50\text{dB}$	-0.2	0	V min
			1.9	1.7	V max
$V_O$	Output Swing	$R_L = 10\text{k}\Omega$ to 1.35V	$V^+ - 10$	$V^+ - 100$	mV min
			60	100	mV max
$I_S$	Supply Current	LMV321	80	170	$\mu\text{A}$ max
		LMV358 Both amplifiers	140	340	$\mu\text{A}$ max
		LMV324	260	680	$\mu\text{A}$ max
		All four amplifiers			

### 2.7V AC Electrical Characteristics

Unless otherwise specified, all limits guaranteed for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $V^+ = 2.7\text{V}$ ,  $V^- = 0\text{V}$ ,  $V_{\text{CM}} = 1.0\text{V}$ ,  $V_O = V^+/2$  and  $R_L > 1\text{M}\Omega$ .

Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 6)	Limit (Note 7)	Units
GBWP	Gain-Bandwidth Product	$C_L = 200\text{pF}$	1		MHz
$\Phi_m$	Phase Margin		60		Deg
$G_m$	Gain Margin		10		dB
$e_n$	Input-Referred Voltage Noise	$f = 1\text{kHz}$	46		$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
$i_n$	Input-Referred Current Noise	$f = 1\text{kHz}$	0.17		$\frac{\text{pA}}{\sqrt{\text{Hz}}}$

### 5V DC Electrical Characteristics

Unless otherwise specified, all limits guaranteed for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $V^+ = 5\text{V}$ ,  $V^- = 0\text{V}$ ,  $V_{\text{CM}} = 2.0\text{V}$ ,  $V_O = V^+/2$  and  $R_L > 1\text{M}\Omega$ . Boltzmann limits apply at the temperature extremes.

Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 6)	Limit (Note 7)	Units
$V_{\text{OS}}$	Input Offset Voltage		1.7	7	mV
				9	max
$\text{TCV}_{\text{OS}}$	Input Offset Voltage Average Drift		5		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
$I_{\text{B}}$	Input Bias Current		15	250	nA
				500	max
$I_{\text{OS}}$	Input Offset Current		5	50	nA
				150	max
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$0\text{V} \leq V_{\text{CM}} \leq 4\text{V}$	65	50	dB
					min
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$2.7\text{V} \leq V^+ \leq 5\text{V}$ $V_O = 1\text{V}$ , $V_{\text{CM}} = 1\text{V}$	60	50	dB
					min
$V_{\text{CM}}$	Input Common-Mode Voltage Range	For CMRR: 50dB	-0.2	0	V
			4.2	4	V
					max
$A_V$	Large Signal Voltage Gain (Note 6)	$R_L = 2\text{k}\Omega$	100	15	V/mV
				10	min
$V_O$	Output Swing	$R_L = 2\text{k}\Omega$ to 2.5V	$V^+ - 40$	$V^+ - 300$	mV
			120	$V^+ - 400$	min
				300	mV
				400	max
		$R_L = 10\text{k}\Omega$ to 2.5V	$V^+ - 10$	$V^+ - 100$	mV
			65	$V^+ - 200$	min
				100	mV
				200	max
$I_O$	Output Short Circuit Current	Sourcing, $V_O = 0\text{V}$	60	5	mA
		Sinking, $V_O = 5\text{V}$	150	10	mA
					min
$I_S$	Supply Current	LMV321	130	250	$\mu\text{A}$
				350	max
		LMV358	210	440	$\mu\text{A}$
		Both amplifiers		615	max
		LMV324	410	820	$\mu\text{A}$
		All four amplifiers		1160	max

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LMV321/LMV358/LMV324 Single/Dual/Quad

### 5V AC Electrical Characteristics

Unless otherwise specified, all limits guaranteed for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $V^+ = 5\text{V}$ ,  $V^- = 0\text{V}$ ,  $V_{\text{CM}} = 2.0\text{V}$ ,  $V_O = V^+/2$  and  $R_L > 1\text{M}\Omega$ . Boldface limits apply at the temperature extremes.

Symbol	Parameter	Conditions	Typ (Note 6)	Limit (Note 7)	Units
SR	Slew Rate	(Note 9)	1		V/ $\mu\text{s}$
GBWP	Gain-Bandwidth Product	$C_L = 200\text{ pF}$	1		MHz
$\Phi_m$	Phase Margin		60		Deg
$G_m$	Gain Margin		10		dB
$e_n$	Input-Referred Voltage Noise	$f = 1\text{ kHz}$	39		$\frac{\text{nV}}{\sqrt{\text{Hz}}}$
$i_n$	Input-Referred Current Noise	$f = 1\text{ kHz}$	0.21		$\frac{\text{pA}}{\sqrt{\text{Hz}}}$

**Note 1:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but specific performance is not guaranteed. For guaranteed specifications and the test conditions, see the Electrical Characteristics.

**Note 2:** Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF. Machine model, 100  $\Omega$  in series with 200 pF.

**Note 3:** Sharing output to  $V^+$  will adversely affect reliability.

**Note 4:** Sharing output to  $V^-$  will adversely affect reliability.

**Note 5:** The maximum power dissipation is a function of  $T_{\text{Jmax}}$ ,  $\theta_{\text{JA}}$ , and  $T_A$ . The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is  $P_D = (T_{\text{Jmax}} - T_A)/\theta_{\text{JA}}$ . All numbers apply for packages soldered directly into a PC board.

**Note 6:** Typical values represent the most likely parametric norm.

**Note 7:** All limits are guaranteed by testing or statistical analysis.

**Note 8:**  $R_L$  is connected to  $V^+$ . The output voltage is  $0.5\text{V} < V_O < 4.5\text{V}$ .

**Note 9:** Connected as voltage follower with 3V step input. Number specified is the slower of the positive and negative slew rates.

**Note 10:** All numbers are typical, and apply for packages soldered directly onto a PC board in still air.

### Typical Performance Characteristics

Unless otherwise specified,  $V_S = +5\text{V}$ , single supply,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

**Supply Current vs Supply Voltage (LMV321)**

ES130000-03

**Input Current vs Temperature**

ES130000-09

**Sourcing Current vs Output Voltage**

ES130000-08

**Sinking Current vs Output Voltage**

ES130000-09

**Sourcing Current vs Output Voltage**

ES130000-08

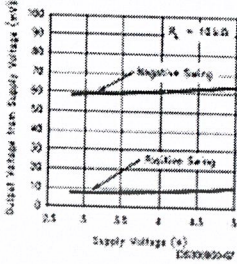
**Sinking Current vs Output Voltage**

ES130000-09

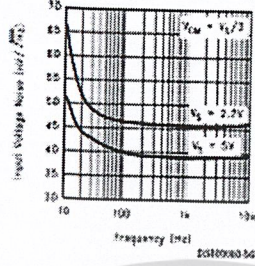
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Typical Performance Characteristics** Unless otherwise specified,  $V_{CC} = +5V$ , single supply,  $T_A = 25^\circ C$ . (Continued)

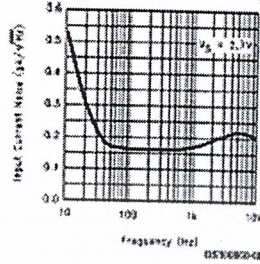
**Output Voltage Swing vs Supply Voltage**



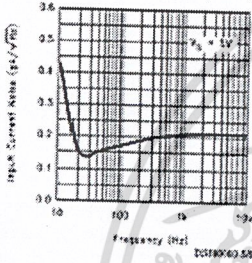
**Input Voltage Noise vs Frequency**



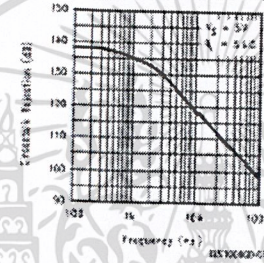
**Input Current Noise vs Frequency**



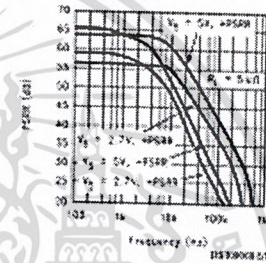
**Input Current Noise vs Frequency**



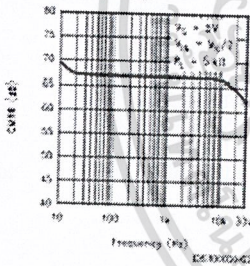
**Crosstalk Rejection vs Frequency**



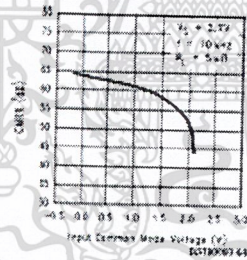
**PSRR vs Frequency**



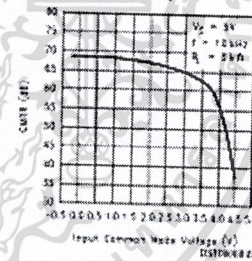
**CMRR vs Frequency**



**CMRR vs Input Common Mode Voltage**



**CMRR vs Input Common Mode Voltage**

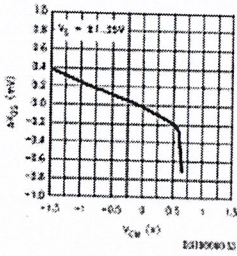


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

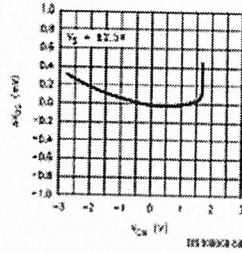
LMV321/LMV358/LMV324 Single/Dual/Quad

**Typical Performance Characteristics** Unless otherwise specified,  $V_{CC} = +5V$ , single supply,  $T_A = 25^\circ C$ . (Continued)

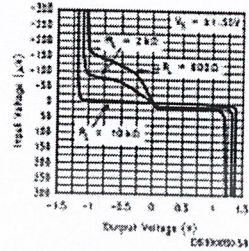
$\Delta V_{OS}$  vs CMR



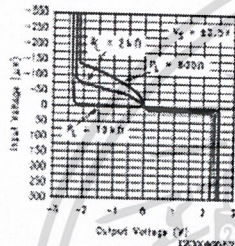
$\Delta V_{OS}$  vs CMR



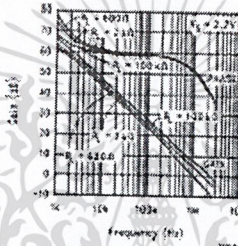
Input Voltage vs Output Voltage



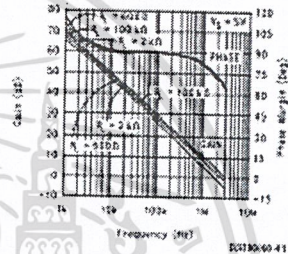
Input Voltage vs Output Voltage



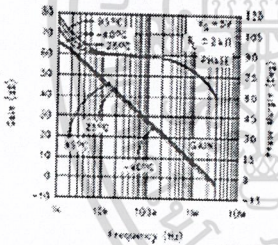
Open Loop Frequency Response



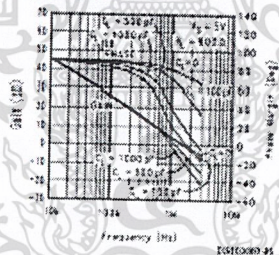
Open Loop Frequency Response



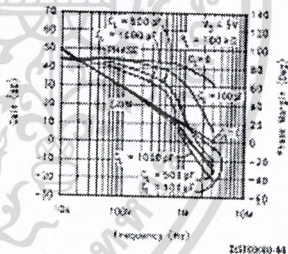
Open Loop Frequency Response vs Temperature



Gain and Phase vs Capacitive Load



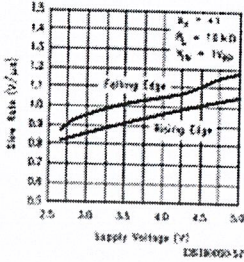
Gain and Phase vs Capacitive Load



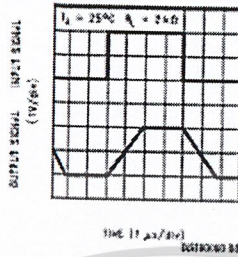
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Typical Performance Characteristics** Unless otherwise specified,  $V_S = +5V$ , single supply,  $T_A = 25^\circ C$ . (Continued)

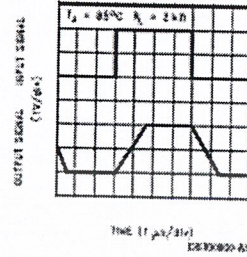
**Slew Rate vs Supply Voltage**



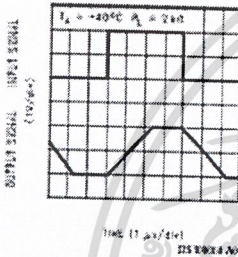
**Non-Inverting Large Signal Pulse Response**



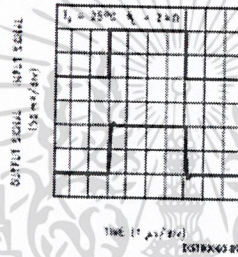
**Non-Inverting Large Signal Pulse Response**



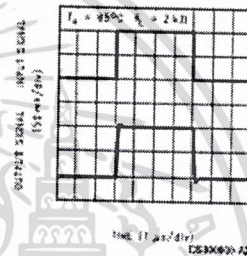
**Non-Inverting Large Signal Pulse Response**



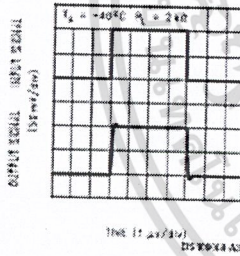
**Non-Inverting Small Signal Pulse Response**



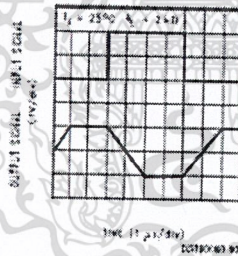
**Non-Inverting Small Signal Pulse Response**



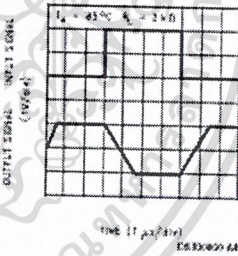
**Non-Inverting Small Signal Pulse Response**



**Inverting Large Signal Pulse Response**



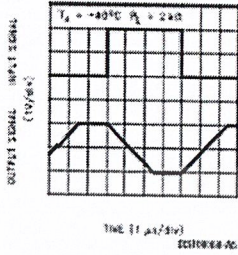
**Inverting Large Signal Pulse Response**



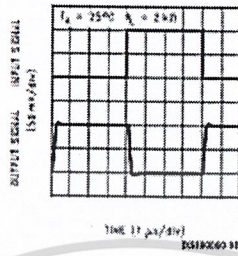
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Typical Performance Characteristics** Unless otherwise specified,  $V_{CC} = +5V$ , single supply,  $T_A = 25^\circ C$ . (Continued)

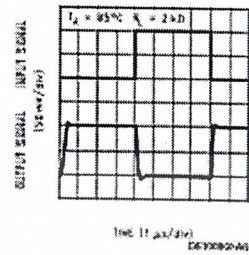
**Inverting Large Signal Pulse Response**



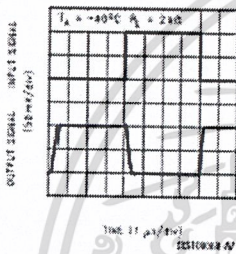
**Inverting Small Signal Pulse Response**



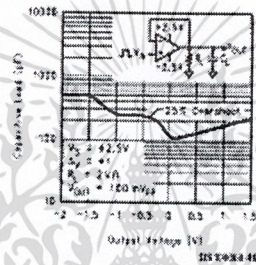
**Inverting Small Signal Pulse Response**



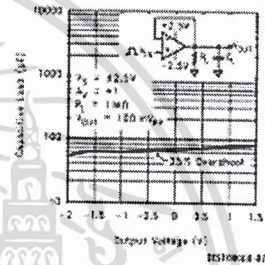
**Inverting Small Signal Pulse Response**



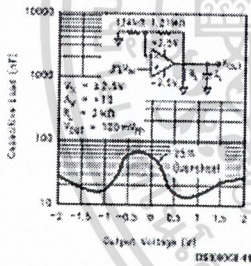
**Stability vs Capacitive Load**



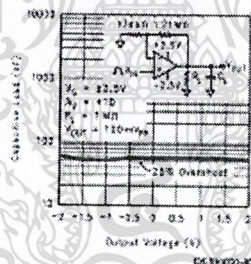
**Stability vs Capacitive Load**



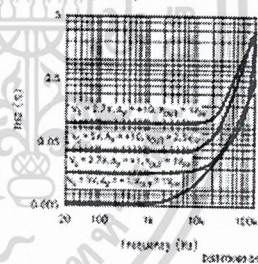
**Stability vs Capacitive Load**



**Stability vs Capacitive Load**



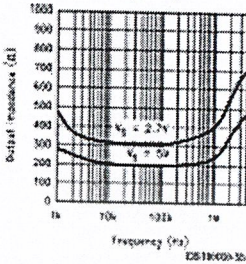
**THD vs Frequency**



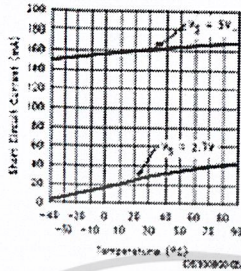
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Typical Performance Characteristics** Unless otherwise specified,  $V_S = +5V$ , single supply,  $T_A = 25^\circ C$ . (Continued)

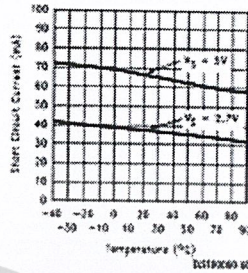
**Open Loop Output Impedance vs Frequency**



**Short Circuit Current vs Temperature (Sinking)**



**Short Circuit Current vs Temperature (Sourcing)**



**Application Notes**

**1.0 Benefits of the LMV321/358/324 Size.** The small footprints of the LMV321/358/324 packages save space on printed circuit boards, and enable the design of smaller electronic products, such as cellular phones, pagers, or other portable systems. The low picofarads of the LMV321/358/324 make them possible to use in PCMCIA type III cards.

**Signal Integrity.** Signals can pick up noise between the signal source and the amplifier. By using a physically smaller amplifier package, the LMV321/358/324 can be placed closer to the signal source, reducing noise pickup and increasing signal integrity.

**Simplified Board Layout.** These products help you to avoid using long pc traces in your pc board layout. This means that no additional components, such as capacitors and resistors, are needed to filter out the unwanted signals due to the interference between the long pc traces.

**Low Supply Current.** These devices will help you to maximize battery life. They are ideal for battery powered systems.

**Low Supply Voltage.** National provides guaranteed performance at 2.7V and 5V. These guarantees ensure operation throughout the battery lifetime.

**Rail-to-Rail Output.** Rail-to-rail output swing provides maximum possible dynamic range at the output. This is particularly important when operating on low supply voltages.

**Input Includes Ground.** Allows direct sensing near GND in single supply operation.

The differential input voltage may be larger than  $V^+$  without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than  $-0.3V$  (at  $25^\circ C$ ). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

**Ease of Use & No Crossover Distortion.** The LMV321/358/324 offer specifications similar to the familiar LM324. In addition, the new LMV321/358/324 effectively eliminate the output crossover distortion. The scope photos in Figure 1 and Figure 2 compare the output swing of the LMV324 and the LM324 in a voltage follower configuration, with  $V_S = \pm 2.5V$  and  $R_L (= 2k\Omega)$  connected to GND. It is apparent that the crossover distortion has been eliminated in the new LMV324.

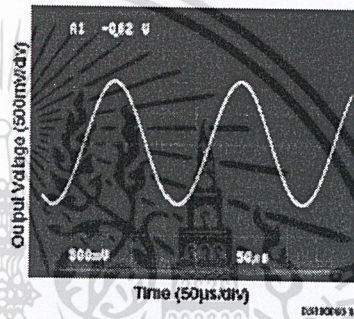


FIGURE 1. Output Swing of LMV324

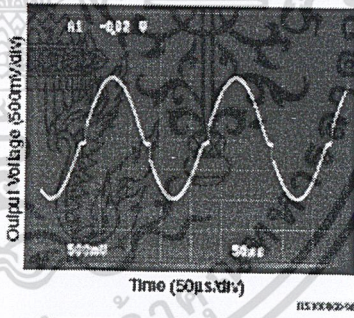


FIGURE 2. Output Swing of LM324

**2.0 Capacitive Load Tolerance**

The LMV321/358/324 can directly drive 200 pF in unity-gain without oscillation. The unity-gain follower is the most sensitive configuration to capacitive loading. Direct capacitive loading reduces the phase margin of amplifiers. The combination of the amplifier's output impedance and the capacitive load induces phase lag. This results in either an underdamped pulse response or oscillation. To drive a heavier capacitive load, circuit in Figure 3 can be used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Notes (Continued)

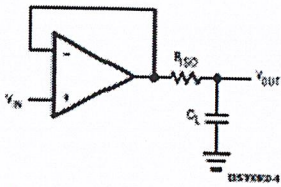


FIGURE 3. Indirectly Driving A Capacitive Load Using Resistive Isolation

In Figure 3, the isolation resistor  $R_{ISO}$  and the load capacitor  $C_L$  form a pole to increase stability by adding more phase margin to the overall system. The desired performance depends on the value of  $R_{ISO}$ . The bigger the  $R_{ISO}$  resistor value, the more stable  $V_{OUT}$  will be. Figure 4 is an output waveform of Figure 3 using 620Ω for  $R_{ISO}$  and 510 pF for  $C_L$ .

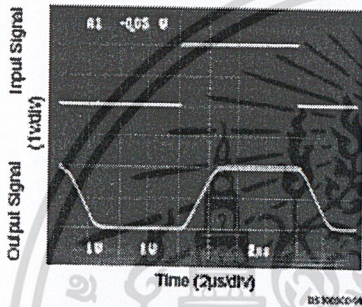


FIGURE 4. Pulse Response of the LMV324 Circuit in Figure 3

The circuit in Figure 5 is an improvement to the one in Figure 3 because it provides DC accuracy as well as AC stability. If there were a load resistor in Figure 3, the output would be voltage divided by  $R_{ISO}$  and the load resistor. Instead, in Figure 5,  $R_F$  provides the DC accuracy by using feed-forward techniques to connect  $V_{IN}$  to  $R_L$ . Caution is needed in choosing the value of  $R_F$  due to the input bias current of the LMV321/358/324.  $C_F$  and  $R_{ISO}$  serve to counteract the loss of phase margin by feeding the high frequency component of the output signal back to the amplifier's inverting input, thereby preserving phase margin in the overall feedback loop. Increased capacitive drive is possible by increasing the value of  $C_F$ . This in turn will slow down the pulse response.

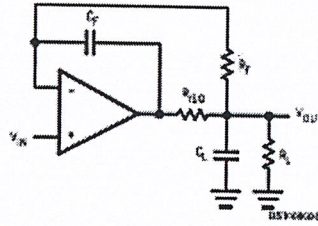


FIGURE 5. Indirectly Driving A Capacitive Load with DC Accuracy

3.0 Input Bias Current Cancellation

The LMV321/358/324 family has a bipolar input stage. The typical input bias current of LMV321/358/324 is 15 nA with 5V supply. Thus a 100 kΩ input resistor will cause 1.5 mV of error voltage. By balancing the resistor values at both inverting and non-inverting inputs, the error caused by the amplifier's input bias current will be reduced. The circuit in Figure 6 shows how to cancel the error caused by input bias current.

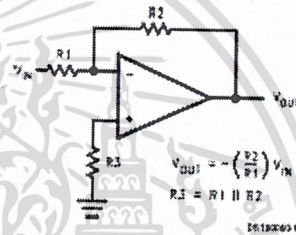


FIGURE 6. Cancelling the Error Caused by Input Bias Current

4.0 Typical Single-Supply Application Circuits

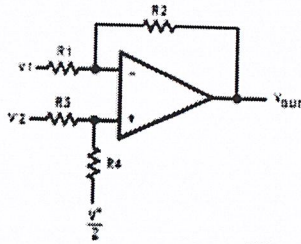
4.1 Difference Amplifier

The difference amplifier allows the subtraction of two voltages or, as a special case, the cancellation of a signal common to two inputs. It is useful as a computational amplifier, in making a differential to single-ended conversion or in rejecting a common mode signal.

$$V_{OUT} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) V_{IN}$$

$$R_2 = R_1 \parallel R_3$$

Application Notes (Continued)



$$V_{OUT} = \left( \frac{R1 + R2}{R3 + R4} \right) \frac{R4}{R1} V_2 - \frac{R2}{R1} V_1 + \left( \frac{R1 + R2}{R3 + R4} \right) \frac{R4}{R1} V_{ref}$$

for  $R1 = R3$  and  $R2 = R4$

$$V_{OUT} = \frac{R2}{R1} (V_2 - V_1) + \frac{V_{ref}}{2}$$

FIGURE 7. Difference Amplifier

4.2 Instrumentation Circuits

The input impedance of the previous difference amplifier is set by the resistors  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , and  $R_4$ . To eliminate the problems of low input impedance, one way is to use a voltage follower ahead of each input as shown in the following two instrumentation amplifiers.

4.2.1 Three-op-amp Instrumentation Amplifier

The quad LMV324 can be used to build a three-op-amp instrumentation amplifier as shown in Figure 8.

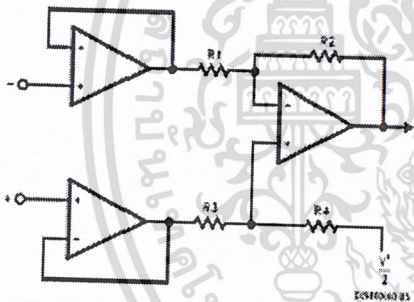
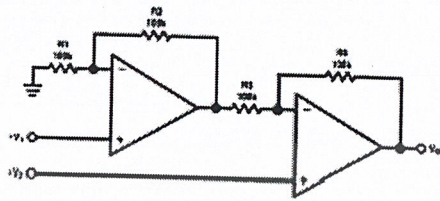


FIGURE 8. Three-op-amp Instrumentation Amplifier

The first stage of this instrumentation amplifier is a differential-input, differential-output amplifier, with two voltage followers. These two voltage followers assure that the input impedance is over 100 MΩ. The gain of this instrumentation amplifier is set by the ratio of  $R_2/R_1$ .  $R_2$  should equal  $R_1$ , and  $R_4$  equal  $R_3$ . Matching of  $R_3$  to  $R_1$  and  $R_4$  to  $R_2$  affects the CMRR. For good CMRR over temperature, low drift resistors should be used. Making  $R_4$  slightly smaller than  $R_3$  and adding a trim pot equal to twice the difference between  $R_3$  and  $R_4$  will allow the CMRR to be adjusted for optimum.

4.2.2 Two-op-amp Instrumentation Amplifier

A two-op-amp instrumentation amplifier can also be used to make a high-input-impedance dc differential amplifier (Figure 9). As in the three-op-amp circuit, this instrumentation amplifier requires precise resistor matching for good CMRR.  $R_4$  should equal to  $R_1$  and  $R_3$  should equal  $R_2$ .



$$V_{OUT} = \left( 1 + \frac{R4}{R3} \right) (V_2 - V_1), \text{ where } R1 = R4 \text{ and } R2 = R3$$

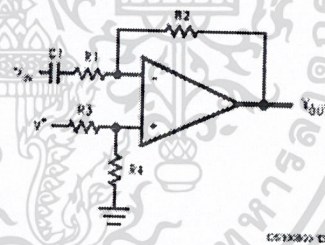
As shown:  $V_{OUT} = 2(V_2 - V_1)$

FIGURE 9. Two-Op-amp Instrumentation Amplifier

4.3 Single-Supply Inverting Amplifier

There may be cases where the input signal going into the amplifier is negative. Because the amplifier is operating in single supply voltage, a voltage divider using  $R_3$  and  $R_4$  is implemented to bias the amplifier so the input signal is within the input common-mode voltage range of the amplifier. The capacitor  $C_1$  is placed between the inverting input and resistor  $R_1$  to block the DC signal going into the AC signal source,  $V_{in}$ . The values of  $R_1$  and  $C_1$  affect the cutoff frequency, to  $\approx 1/2\pi R_1 C_1$ .

As a result, the output signal is centered around mid-supply of the voltage divider provides  $V_{ref}/2$  at the non-inverting input. The output can swing to both rails, maximizing the signal-to-noise ratio in a low voltage system.



$$V_{OUT} = -\frac{R2}{R1} V_{IN}$$

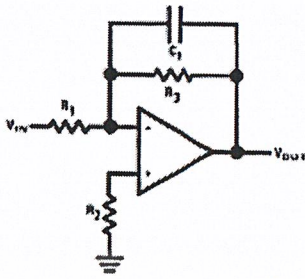
FIGURE 10. Single-Supply Inverting Amplifier

4.4 Active Filter

4.4.1 Simple Low-Pass Active Filter

The simple low-pass filter is shown in Figure 11. Its low-frequency gain ( $\omega \rightarrow 0$ ) is defined by  $-R_2/R_1$ . This allows low-frequency gains other than unity to be obtained. The filter has a -20dB/decade roll-off after its corner frequency  $f_c$ .  $R_2$  should be chosen equal to the parallel combination of  $R_1$  and  $R_3$  to minimize errors due to bias current. The frequency response of the filter is shown in Figure 12.

Application Notes (Continued)



$$A_L = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C_1}$$

$$R_2 = R_1 \parallel R_3$$

FIGURE 11. Simple Low-Pass Active Filter

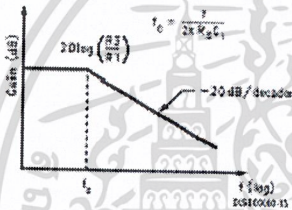


FIGURE 12. Frequency Response of Simple Low-Pass Active Filter in Figure 11

Note that the single-op-amp active filters are used in the applications that require low quality factor,  $Q \leq 10$ , low frequency ( $\leq 5$  kHz), and low gain ( $\leq 10$ ), or a small value for the product of gain times  $Q$  ( $\leq 100$ ). The op-amp should have an open loop voltage gain at the highest frequency of interest at least 50 times larger than the gain of the filter at this frequency. In addition, the selected op-amp should have a slew rate that meets the following requirement:

$$\text{SlewRate} \geq 0.5 \times (\omega_p V_{opp}) \times 10^{-6} \text{ V}/\mu\text{sec}$$

where  $\omega_p$  is the highest frequency of interest, and  $V_{opp}$  is the output peak-to-peak voltage.

4.4.2 Sallen-Key 2nd-Order Active Low-Pass Filter

The Sallen-Key 2nd-order active low-pass filter is illustrated in Figure 13. The dc gain of the filter is expressed as

$$A_{LP} = \frac{R_3}{R_4} + 1 \tag{1}$$

Its transfer function is

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}(s) = \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} A_{LP} \tag{2}$$

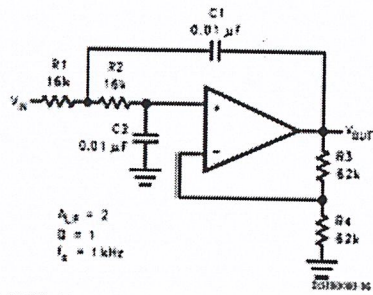


FIGURE 13. Sallen-Key 2nd-Order Active Low-Pass Filter

The following paragraphs explain how to select values for  $R_1, R_2, R_3, R_4, C_1$ , and  $C_2$  for given filter requirements, such as  $A_{LP}, Q$ , and  $f_c$ .

The standard form for a 2nd-order low pass filter is

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}(s) = \frac{A_{LP} \omega_c^2}{s^2 + \left(\frac{\omega_c}{Q}\right)s + \omega_c^2} \tag{3}$$

where

$Q$ : Pole Quality Factor

$\omega_c$ : Corner Frequency

Comparison between the Equation (2) and Equation (3) yields

$$\omega_c^2 = \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} \tag{4}$$

$$\frac{\omega_c}{Q} = \frac{1}{C_1 R_1} + \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_2 R_2} - \frac{A_{LP}}{C_2 R_2} \tag{5}$$

To reduce the required calculations in filter design, it is convenient to introduce normalization into the components and design parameters. To normalize, let  $\omega_c = \omega_n = 1$  rad/s, and  $C_1 = C_2 = C_n = 1$ F, and substitute these values into Equation (4) and Equation (5). From Equation (4), we obtain

$$R_1 = \frac{1}{R_2} \tag{6}$$

From Equation (5), we obtain

$$R_2 = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4Q^2(2 - A_{LP})}}{2Q} \tag{7}$$

For minimum dc offset,  $V_+ = V_-$ , the resistor values at both inverting and non-inverting inputs should be equal, which means

$$R_1 + R_2 = \frac{R_3 R_2}{R_3 + R_4} \tag{8}$$

From Equation (1) and Equation (8), we obtain

$$R_3 = (R_1 + R_2) A_{LP} \tag{9}$$

**Application Notes (Continued)**

$$R_4 = \left( \frac{A_{LP}}{A_{LP}-1} \right) (R_1 + R_2) \tag{10}$$

The values of  $C_1$  and  $C_2$  are normally close to or equal to

$$C = \frac{10}{f_c} \mu F$$

As a design example:

Require:  $A_{LP} = 2$ ,  $Q = 1$ ,  $f_c = 1\text{KHz}$

Start by selecting  $C_1$  and  $C_2$ . Choose a standard value that is close to

$$C = \frac{10}{f_c} \mu F$$

$$C_1 = C_2 = \frac{10}{1 \times 10^3} \mu F = 0.01 \mu F$$

From Equations (6), (7), (9), (10),

$$R_1 = 1\Omega$$

$$R_2 = 1\Omega$$

$$R_3 = 4\Omega$$

$$R_4 = 4\Omega$$

The above resistor values are normalized values with  $\omega_c = 1\text{rad/s}$  and  $C_1 = C_2 = C_n = 1\text{F}$ . To scale the normalized cut-off frequency and resistances to the real values, two scaling factors are introduced, frequency scaling factor ( $k_f$ ) and impedance scaling factor ( $k_m$ ).

$$k_f = \frac{\omega_c}{\omega_n} = \frac{2\pi \times 1 \times 10^3}{1} = 2\pi \times 10^3$$

$$k_m k_f = \frac{C_n}{C_1}$$

$$k_m = 1.59 \times 10^4$$

Scaled values:

$$R_2 = R_1 = 15.9 \text{ k}\Omega$$

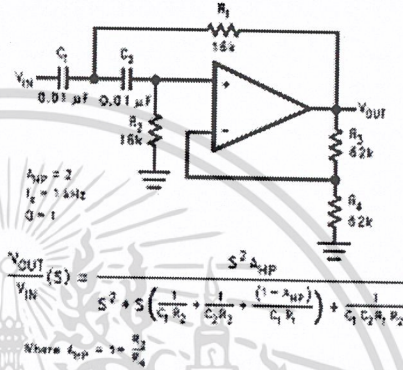
$$R_3 = R_4 = 63.6 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = C_2 = 0.01 \mu F$$

An adjustment to the scaling may be made in order to have realistic values for resistors and capacitors. The actual value used for each component is shown in the circuit.

**4.4.3 2nd-order High Pass Filter**

A 2nd-order high pass filter can be built by simply interchanging those frequency selective components ( $R_1, R_2, C_1, C_2$ ) in the Sallen-Key 2nd-order active low pass filter. As shown in Figure 14, resistors become capacitors, and capacitors become resistors. The resulted high pass filter has the same corner frequency and the same maximum gain as the previous 2nd-order low pass filter if the same components are chosen.

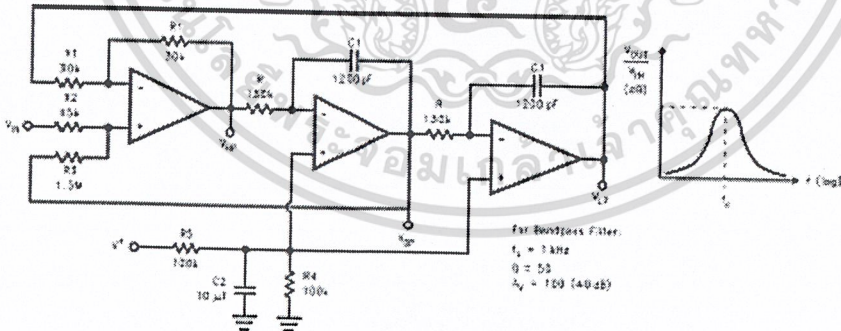


**FIGURE 14. Sallen-Key 2nd-Order Active High-Pass Filter**

**4.4.4 State Variable Filter**

A state variable filter requires three op amps. One convenient way to build state variable filters is with a quad op amp, such as the LMV324 (Figure 15).

This circuit can simultaneously represent a low-pass filter, high-pass filter, and bandpass filter at three different outputs. The equations for these functions are listed below. It is also called "BI-Quad" active filter as it can produce a transfer function which is quadratic in both numerator and denominator.



**FIGURE 15. State Variable Active Filter**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Notes (Continued)

$$V_{LP} = \left( \frac{2R_3}{R_2 + R_3} \right) \frac{\frac{1}{R^2 C^2}}{s^2 + \frac{1}{\left( \frac{R_2 + R_3}{2R_2} \right) RC} s + \frac{1}{R^2 C^2}} V_{IN}$$

$$V_{HP} = \left( \frac{2R_3}{R_2 + R_3} \right) \frac{s^2}{s^2 + \frac{1}{\left( \frac{R_2 + R_3}{2R_2} \right) RC} s + \frac{1}{R^2 C^2}} V_{IN}$$

$$V_{BP} = \left( \frac{2R_3}{R_2 + R_3} \right) \frac{\left( \frac{1}{RC} \right) s}{s^2 + \frac{1}{\left( \frac{R_2 + R_3}{2R_2} \right) RC} s + \frac{1}{R^2 C^2}} V_{IN}$$

where for all three filters,

$$Q = \frac{R_2 + R_3}{2R_2} \quad (11)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad \text{(resonant frequency)} \quad (12)$$

A design example for a bandpass filter is shown below. Assume the system design requires a bandpass filter with  $f_0 = 1$  kHz and  $Q = 50$ . What needs to be calculated are capacitor and resistor values.

First choose convenient values for  $C_1$ ,  $R_1$  and  $R_2$ :

$$C_1 = 1200 \text{ pF}$$

$$2R_2 = R_1 = 30 \text{ k}\Omega$$

Then from Equation (11),

$$R_3 = R_2(2Q - 1)$$

$$R_3 = 15 \text{ k}\Omega \times (2 \times 50 - 1)$$

$$= 1.5 \text{ M}\Omega$$

From Equation (12),

$$R = \frac{1}{\omega_0 C_1}$$

$$R = \frac{1}{(2\pi \times 10^3)(1.2 \times 10^{-9})}$$

$$= 132.7 \text{ k}\Omega$$

From the above calculated values, the midband gain is  $H_0 = R_3/R_2 = 100$  (40dB). The nearest 5% standard values have been added to Figure 15.

4.5 Pulse Generators and Oscillators

A pulse generator is shown in Figure 16. Two diodes have been used to separate the charge and discharge paths to capacitor C.

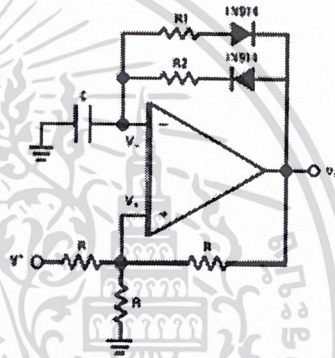
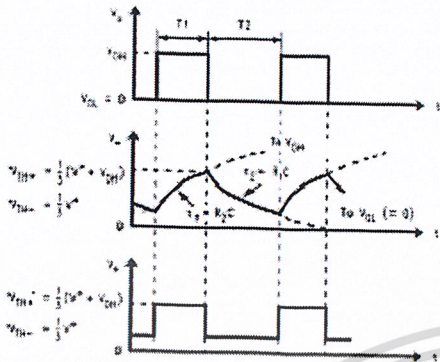


FIGURE 16. Pulse Generator

When the output voltage  $V_O$  is first at its high,  $V_{OH}$ , the capacitor C is charged toward  $V_{OH}$  through  $R_2$ . The voltage across C rises exponentially with a time constant  $\tau = R_2 C$ , and this voltage is applied to the inverting input of the op amp. Meanwhile, the voltage at the non-inverting input is set at the positive threshold voltage ( $V_{TH+}$ ) of the generator. The capacitor voltage continually increases until it reaches  $V_{TH+}$ , at which point the output of the generator will switch to its low,  $V_{OL}$  ( $=0V$  in this case). The voltage at the non-inverting input is switched to the negative threshold voltage ( $V_{TH-}$ ) of the generator. The capacitor then starts to discharge toward  $V_{OL}$  exponentially through  $R_1$ , with a time constant  $\tau = R_1 C$ . When the capacitor voltage reaches  $V_{TH-}$ , the output of the pulse generator switches to  $V_{OH}$ . The capacitor starts to charge, and the cycle repeats itself.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Notes (Continued)



$$T_1 = R_2 C \ln \frac{3V_{OH} - V_{OL} - V^*}{2V_{OH} - V^*} \text{ and } T_2 = R_1 C \ln \frac{3V_{OL} - V_{OH} - V^*}{2V_{OL} - V^*}$$

When  $V_{OL} = 0V$

$$T_1 = R_2 C \ln \frac{3V_{OH} - V^*}{2V_{OH} - V^*} \text{ and } T_2 = R_1 C \ln \left( 4 + \frac{V_{OL}}{V^*} \right)$$

FIGURE 17. Waveforms of the Circuit in Figure 16

As shown in the waveforms in Figure 17, the pulse width ( $T_1$ ) is set by  $R_2$ ,  $C$  and  $V_{OH}$ , and the time between pulses ( $T_2$ ) is set by  $R_1$ ,  $C$  and  $V_{OL}$ . This pulse generator can be made to have different frequencies and pulse width by selecting different capacitor value and resistor values.

Figure 18 shows another pulse generator, with separate charge and discharge paths. The capacitor is charged through  $R_1$  and is discharged through  $R_2$ .

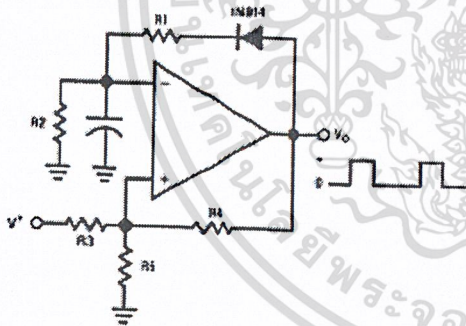


FIGURE 18. Pulse Generator

Figure 19 is a squarewave generator with the same path for charging and discharging the capacitor.

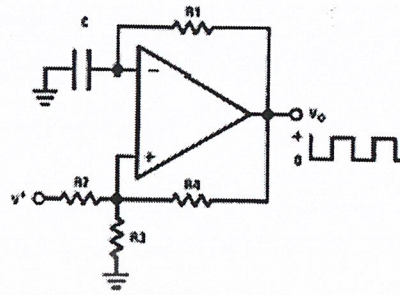


FIGURE 19. Squarewave Generator

4.6 Current Source and Sink

The LMV321/358/324 can be used in feedback loops which regulate the current in external PNP transistors to provide current sources or in external NPN transistors to provide current sinks.

4.6.1 Fixed Current Source

A multiple fixed current source is shown in Figure 20. A voltage ( $V_{REF} = 2V$ ) is established across resistor  $R_3$  by the voltage divider ( $R_2$  and  $R_4$ ). Negative feedback is used to cause the voltage drop across  $R_1$  to be equal to  $V_{REF}$ . This controls the emitter current of transistor  $Q_1$ , and if we neglect the base current of  $Q_1$  and  $Q_2$ , essentially this same current is available out of the collector of  $Q_1$ .

Large input resistors can be used to reduce current loss and a Darlington connection can be used to reduce errors due to the  $\beta$  of  $Q_1$ .

The resistor,  $R_2$ , can be used to scale the collector current of  $Q_2$  either above or below the 1 mA reference value.

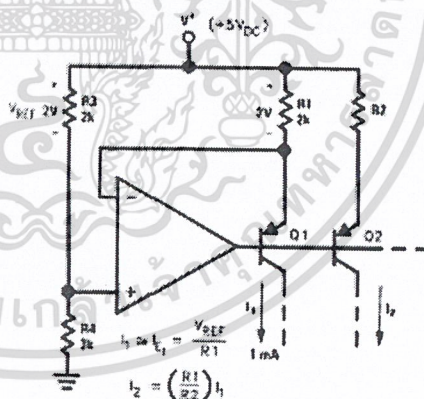


FIGURE 20. Fixed Current Source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Application Notes (Continued)**

**4.6.2 High Compliance Current Sink**

A current sink circuit is shown in Figure 21. The circuit requires only one resistor ( $R_t$ ) and supplies an output current which is directly proportional to this resistor value.

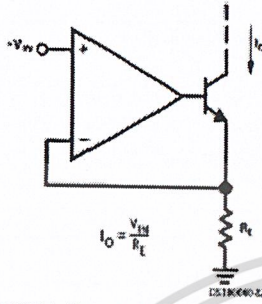


FIGURE 21. High Compliance Current Sink

**4.7 Power Amplifier**

A power amplifier is illustrated in Figure 22. This circuit can provide a higher output current because a transistor follower is added to the output of the op amp.

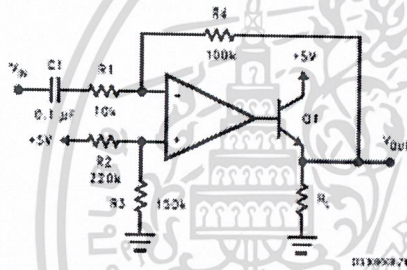


FIGURE 22. Power Amplifier

**4.8 LED Driver**

The LMV321/358/324 can be used to drive an LED as shown in Figure 23.

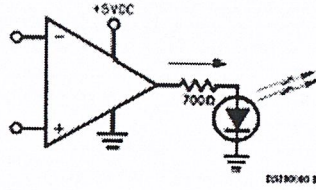


FIGURE 23. LED Driver

**4.9 Comparator with Hysteresis**

The LMV321/358/324 can be used as a low power comparator. Figure 24 shows a comparator with hysteresis. The hysteresis is determined by the ratio of the two resistors.

$$V_{TH+} = V_{REF} \left( \frac{1+R_1/R_2}{1+R_2/R_1} \right) + V_{OH} \left( \frac{R_1}{1+R_2/R_1} \right)$$

$$V_{TH-} = V_{REF} \left( \frac{1+R_1/R_2}{1+R_2/R_1} \right) + V_{OL} \left( \frac{R_1}{1+R_2/R_1} \right)$$

$$V_H = (V_{OH} - V_{OL}) \left( \frac{R_1}{1+R_2/R_1} \right)$$

where

- $V_{TH+}$ : Positive Threshold Voltage
- $V_{TH-}$ : Negative Threshold Voltage
- $V_{OH}$ : Output Voltage at High
- $V_{OL}$ : Output Voltage at Low
- $V_H$ : Hysteresis Voltage

Since LMV321/358/324 have rail-to-rail output, the  $(V_{OH}-V_{OL})$  equals to  $V_S$ , which is the supply voltage.

$$V_H = V_S \left( \frac{R_1}{1+R_2/R_1} \right)$$

The differential voltage at the input of the op amp should not exceed the specified absolute maximum ratings. For real comparators that are much faster, we recommend you to use National's LMV331/353/339, which are single, dual and quad general purpose comparators for low voltage operation.

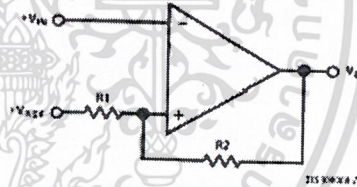
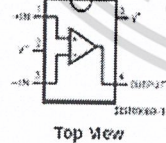


FIGURE 24. Comparator with Hysteresis

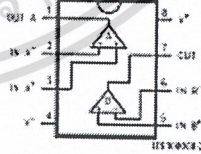
**Connection Diagrams**

5-Pin SC70-S/SOT23-5



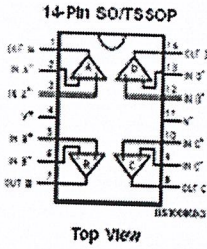
Top View

8-Pin SO/MSOP



Top View

Connection Diagrams (Continued)



Ordering Information

Package	Temperature Range	Packaging Marking	Transport Media	NSC Drawing
	Industrial -40°C to +85°C			
5-Pin SC70-5	LMV321M7	A12	1k Units Tape and Reel	MAA06
	LMV321M7X	A12	3k Units Tape and Reel	
5-Pin SOT23-5	LMV321M5	A13	1k Units Tape and Reel	MA05B
	LMV321MX	A13	3k Units Tape and Reel	
8-Pin Small Outline	LMV358M	LMV358M	Reels	M08A
	LMV358MX	LMV358M	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LMV358M	LMV358	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LMV358MX	LMV358	3.5k Units Tape and Reel	
14-Pin Small Outline	LMV324M	LMV324M	Reels	M14A
	LMV324MX	LMV324M	2.5k Units Tape and Reel	
14-Pin TSSOP	LMV324MT	LMV324MT	Reels	MTC14
	LMV324MTX	LMV324MT	2.5k Units Tape and Reel	

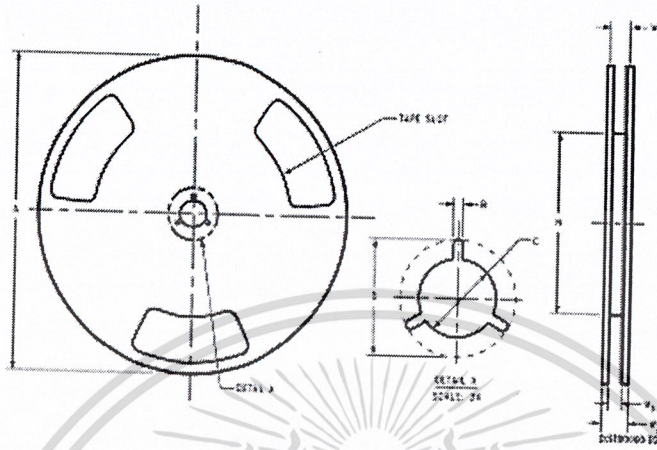


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SOT-23-5 Tape and Reel Specification (continued)

REEL DIMENSIONS



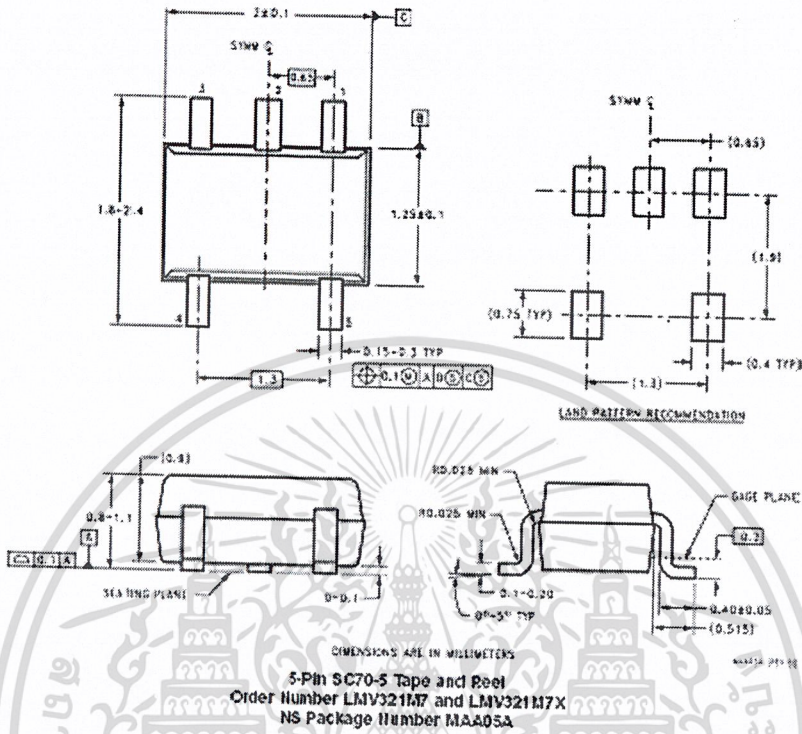
8 mm	7.00	0.059	0.512	0.795	2.165	0.331 ± 0.050/-0.000	0.567	W1 ± 0.078/-0.039
	330.00	1.50	13.00	20.20	55.00	8.40 ± 1.50/-0.00	14.40	W1 ± 2.00/-1.00
Tape Size	A	B	C	D	N	W1	W2	W3

LMV324/LMV358/LMV324 SingleDualQuad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LMV321/ LMV358/LMV324 Single/Dual/Quad

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

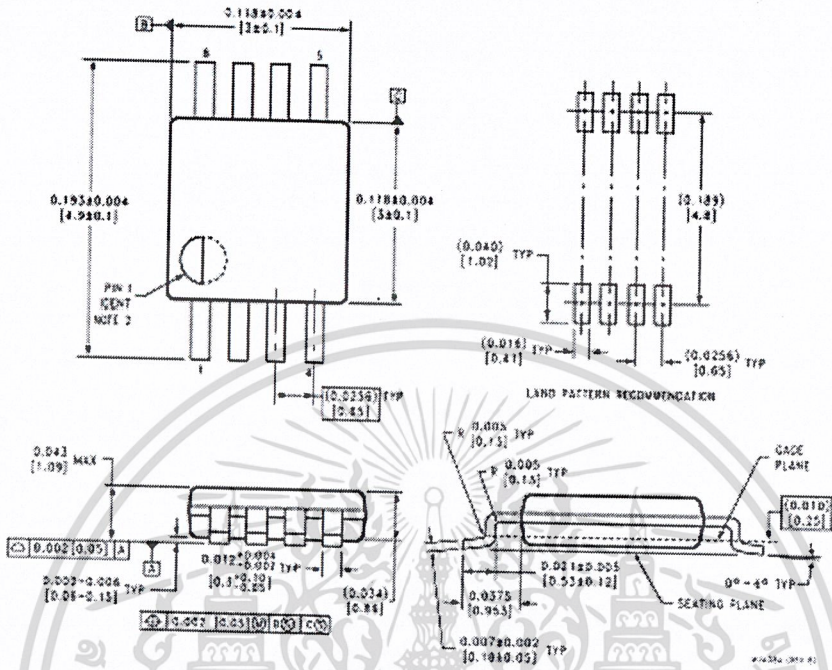


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LMV321/ LMV358/LMV324 SingleDual/Quad

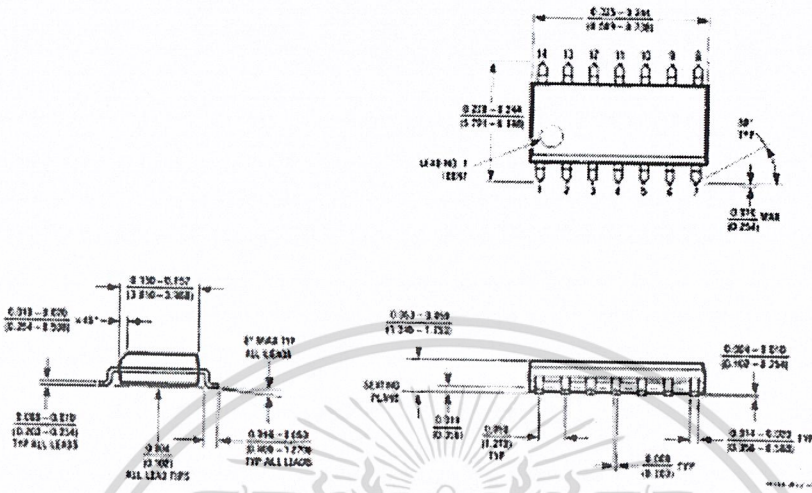
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



8-Pin MSOP  
Order Number LMV358MM and LMV358MMX  
NS Package Number MUA08A

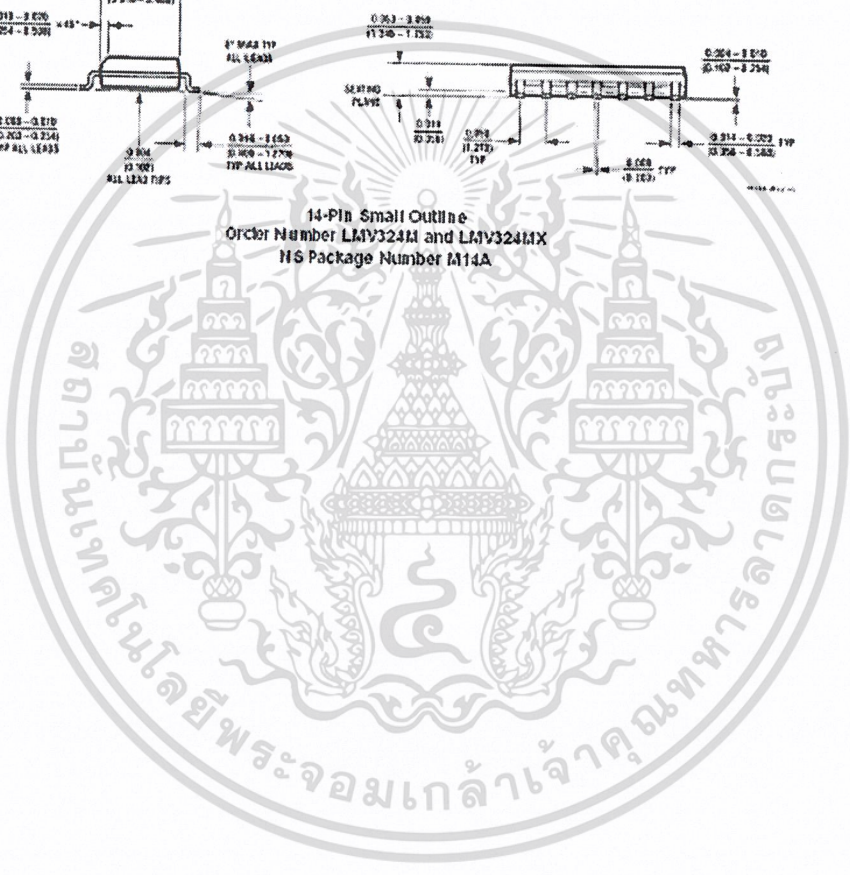
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Pin Small Outline  
Order Number LMV324M and LMV324MX  
HS Package Number M14A

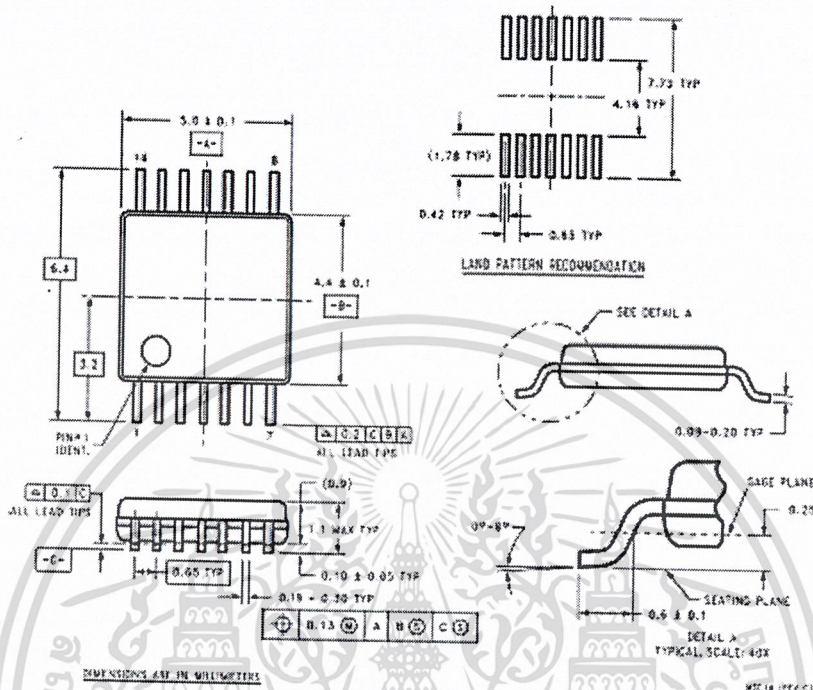
LMV324/ LMV359/LMV324 Single/Dual/Quad



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LMV321/LMV358/LMV324 Single/Dual/Quad General Purpose, Low Voltage, Rail-to-Rail Output Operational Amplifiers

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Pin TSSOP  
 Order Number LMV324MT and LMV324MTX  
 NS Package Number MTC14

**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: 1-800-273-0650  
 Fax: 1-800-737-7019  
 Email: support@nsc.com  
 www.national.com

**National Semiconductor Europe**  
 Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
 Email: europe.support@nsc.com  
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9503 6200  
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 21 71  
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

**National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group**  
 Tel: 95-2544466  
 Fax: 95-2504495  
 Email: ap.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
 Tel: 81-3-5630-7560  
 Fax: 81-3-5630-7597

National does not assume any responsibility for use of any circuit described herein that is not included in a published data sheet and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลของ PCF8574

INTEGRATED CIRCUITS

# DATA SHEET

**PCF8574**  
Remote 8-bit I/O expander for  
I<sup>2</sup>C-bus

Product specification  
Supersedes data of September 1994  
File under Integrated Circuits, IC12

1997 Apr 02

Philips  
Semiconductors



**PHILIPS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## CONTENTS

1	FEATURES
2	GENERAL DESCRIPTION
3	ORDERING INFORMATION
4	BLOCK DIAGRAM
5	PINNING
6	CHARACTERISTICS OF THE I <sup>2</sup> C-BUS
6.1	Bit transfer
6.2	Start and stop conditions
6.3	System configuration
6.4	Acknowledge
7	FUNCTIONAL DESCRIPTION
7.1	Addressing
7.2	Interrupt
7.3	Quasi-bidirectional I/Os
8	LIMITING VALUES
9	HANDLING
10	DC CHARACTERISTICS
11	I <sup>2</sup> C-BUS TIMING CHARACTERISTICS
12	PACKAGE OUTLINES
13	SOLDERING
13.1	Introduction
13.2	DIP
13.2.1	Soldering by dipping or by wave
13.2.2	Repairing soldered joints
13.3	SO and SSOP
13.3.1	Reflow soldering
13.3.2	Wave soldering
13.3.3	Repairing soldered joints
14	DEFINITIONS
15	LIFE SUPPORT APPLICATIONS
16	PURCHASE OF PHILIPS I <sup>2</sup> C COMPONENTS



Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## 1 FEATURES

- Operating supply voltage 2.5 to 6 V
- Low standby current consumption of 10  $\mu$ A maximum
- I<sup>2</sup>C to parallel port expander
- Open-drain interrupt output
- 8-bit remote I/O port for the I<sup>2</sup>C-bus
- Compatible with most microcontrollers
- Latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs
- Address by 3 hardware address pins for use of up to 8 devices (up to 16 with PCF8574A)
- DIP16, or space-saving SO16 or SSOP20 packages.

## 2 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8574 is a silicon CMOS circuit. It provides general purpose remote I/O expansion for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I<sup>2</sup>C).

The device consists of an 8-bit quasi-bidirectional port and an I<sup>2</sup>C-bus interface. The PCF8574 has a low current consumption and includes latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs. It also possesses an interrupt line (INT) which can be connected to the interrupt logic of the microcontroller. By sending an interrupt signal on this line, the remote I/O can inform the microcontroller if there is incoming data on its ports without having to communicate via the I<sup>2</sup>C-bus. This means that the PCF8574 can remain a simple slave device.

The PCF8574 and PCF8574A versions differ only in their slave address as shown in Fig.9.

## 3 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8574P; PCF8574AP	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil)	SOT28-1
PCF8574T; PCF8574AT	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1
PCF8574TS	SSOP20	plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm	SOT266-1

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

4 BLOCK DIAGRAM

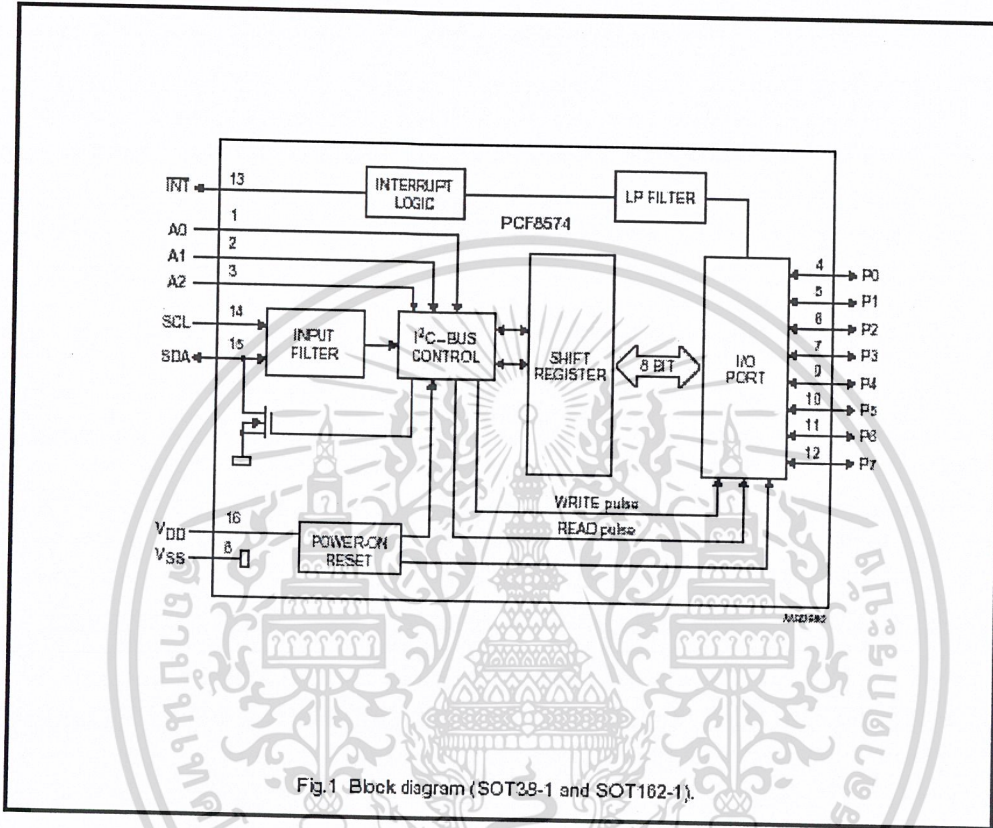


Fig.1 Block diagram (SOT28-1 and SOT162-1).

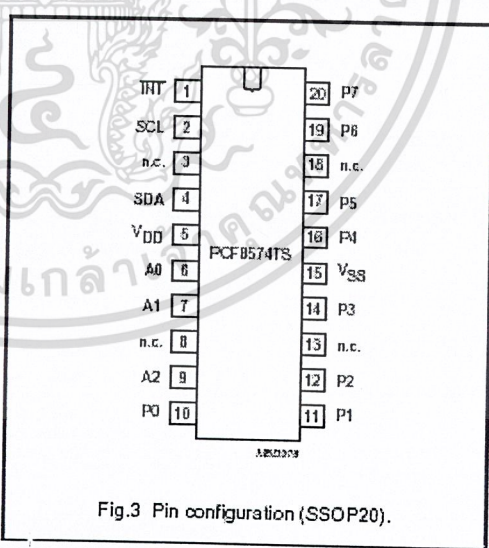
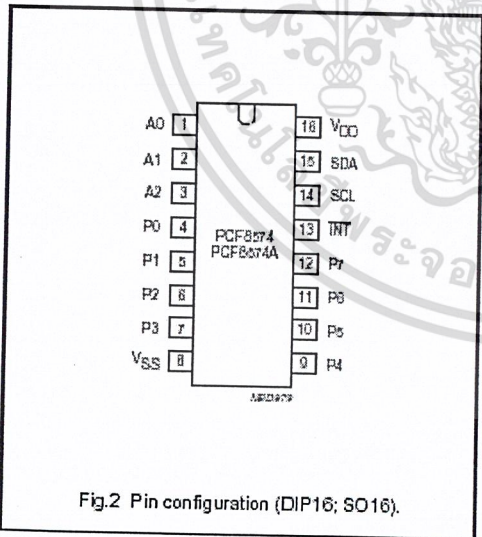
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

5 PINNING

SYMBOL	PIN		DESCRIPTION
	DIP16; SO16	SSOP20	
A0	1	6	address input 0
A1	2	7	address input 1
A2	3	9	address input 2
P0	4	10	quasi-bidirectional I/O 0
P1	5	11	quasi-bidirectional I/O 1
P2	6	12	quasi-bidirectional I/O 2
P3	7	14	quasi-bidirectional I/O 3
V <sub>SS</sub>	8	15	supply ground
P4	9	16	quasi-bidirectional I/O 4
P5	10	17	quasi-bidirectional I/O 5
P6	11	19	quasi-bidirectional I/O 6
P7	12	20	quasi-bidirectional I/O 7
INT	13	1	interrupt output (active LOW)
SCL	14	2	serial clock line
SDA	15	4	serial data line
V <sub>DD</sub>	16	5	supply voltage
n.c.	-	3	not connected
n.c.	-	8	not connected
n.c.	-	13	not connected
n.c.	-	18	not connected



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

6 CHARACTERISTICS OF THE I<sup>2</sup>C-BUS

The I<sup>2</sup>C-bus is for 2-way, 2-line communication between different ICs or modules. The two lines are a serial data line (SDA) and a serial clock line (SCL). Both lines must be connected to a positive supply via a pull-up resistor when connected to the output stages of a device. Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.

6.1 Bit transfer

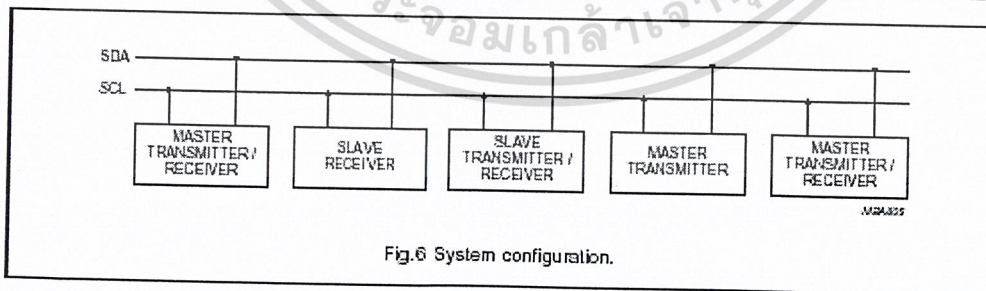
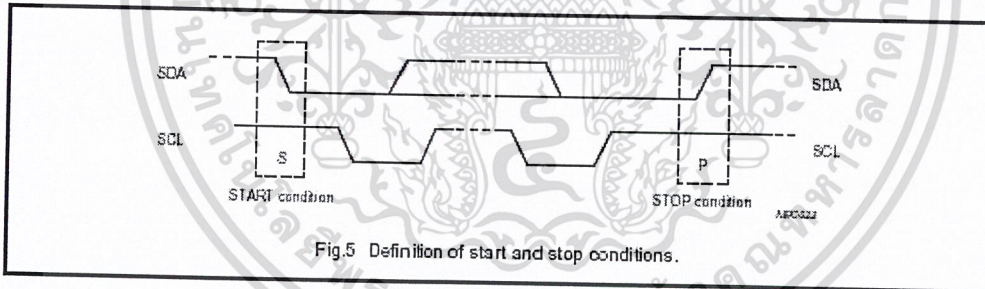
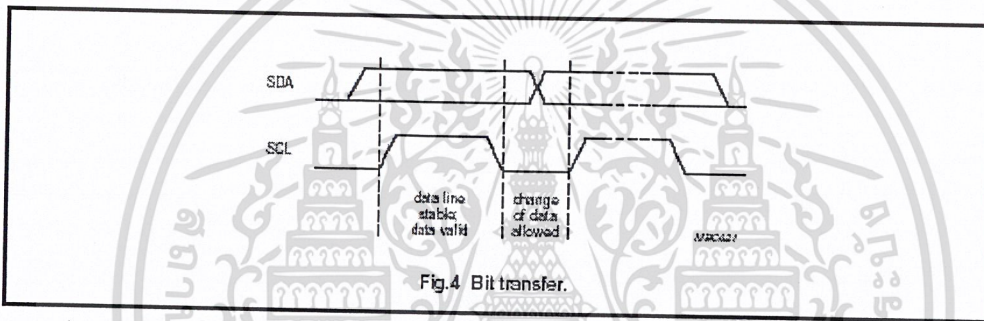
One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as control signals (see Fig.4).

6.2 Start and stop conditions

Both data and clock lines remain HIGH when the bus is not busy. A HIGH-to-LOW transition of the data line, while the clock is HIGH is defined as the start condition (S). A LOW-to-HIGH transition of the data line while the clock is HIGH is defined as the stop condition (P) (see Fig.5).

6.3 System configuration

A device generating a message is a 'transmitter', a device receiving is the 'receiver'. The device that controls the message is the 'master' and the devices which are controlled by the master are the 'slaves' (see Fig.6).



Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

6.4 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the start and the stop conditions from transmitter to receiver is not limited. Each byte of eight bits is followed by one acknowledge bit. The acknowledge bit is a HIGH level put on the bus by the transmitter whereas the master generates an extra acknowledge related clock pulse.

A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave

transmitter. The device that acknowledges has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse, set-up and hold times must be taken into account.

A master receiver must signal an end of data to the transmitter by not generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a stop condition.

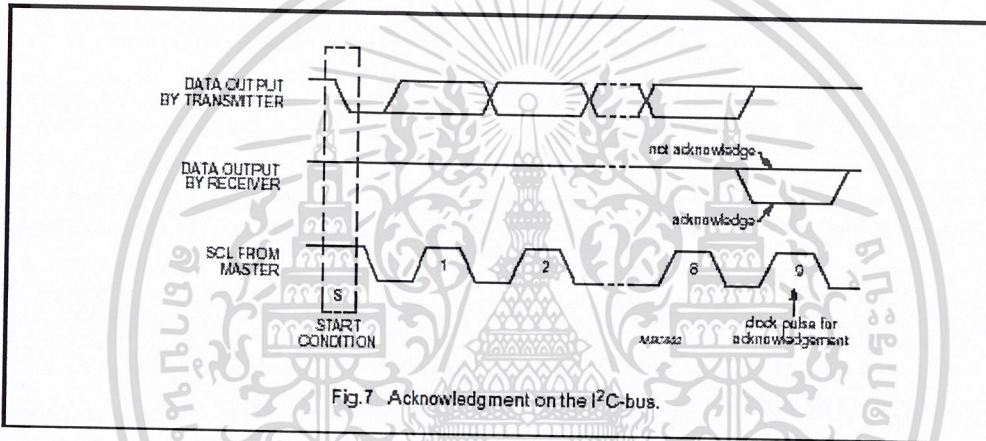
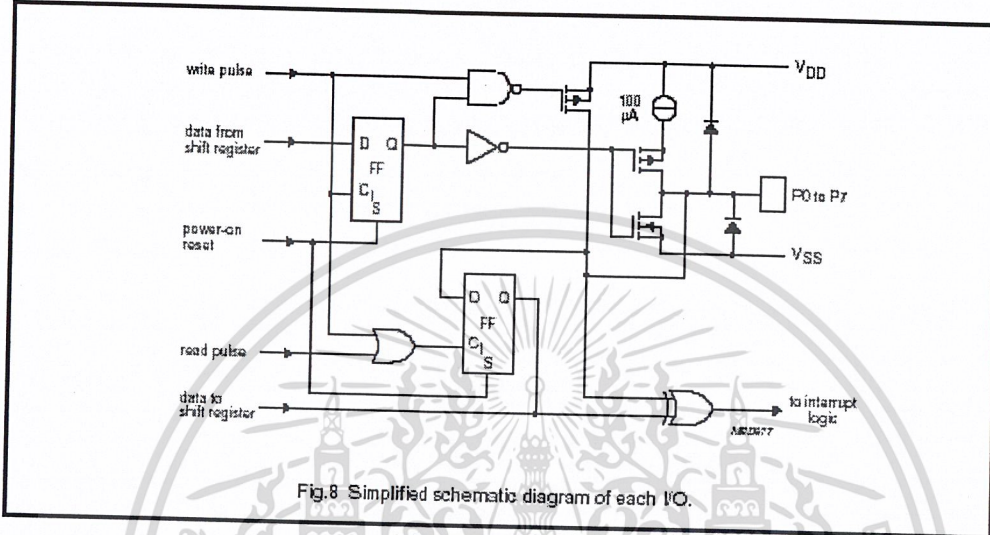


Fig.7 Acknowledgment on the I<sup>2</sup>C-bus.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

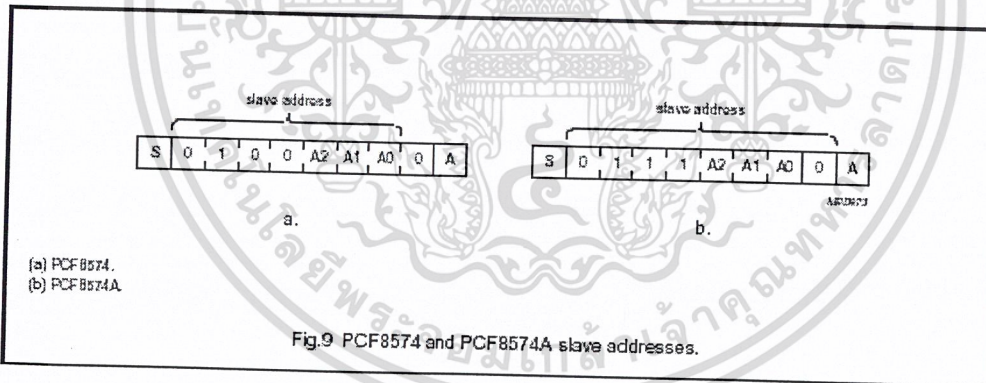
PCF8574

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION



7.1 Addressing

For addressing see Figs 9, 10 and 11.



Each of the PCF8574's eight I/Os can be independently used as an input or output. Input data is transferred from the port to the microcontroller by the READ mode (see Fig.11). Output data is transmitted to the port by the WRITE mode (see Fig.10).

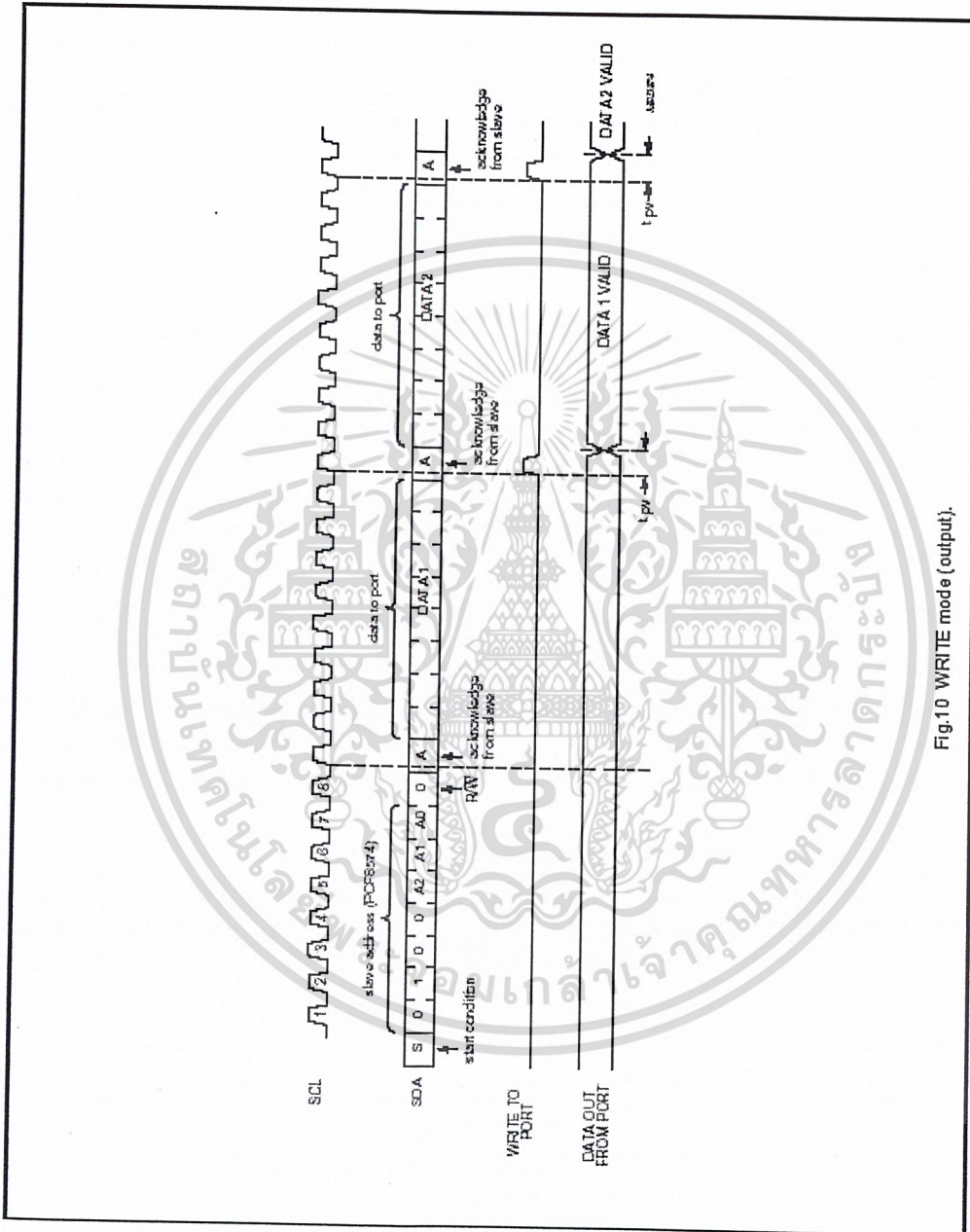


Fig.10 WRITE mode (output).

1997 Apr 02

9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

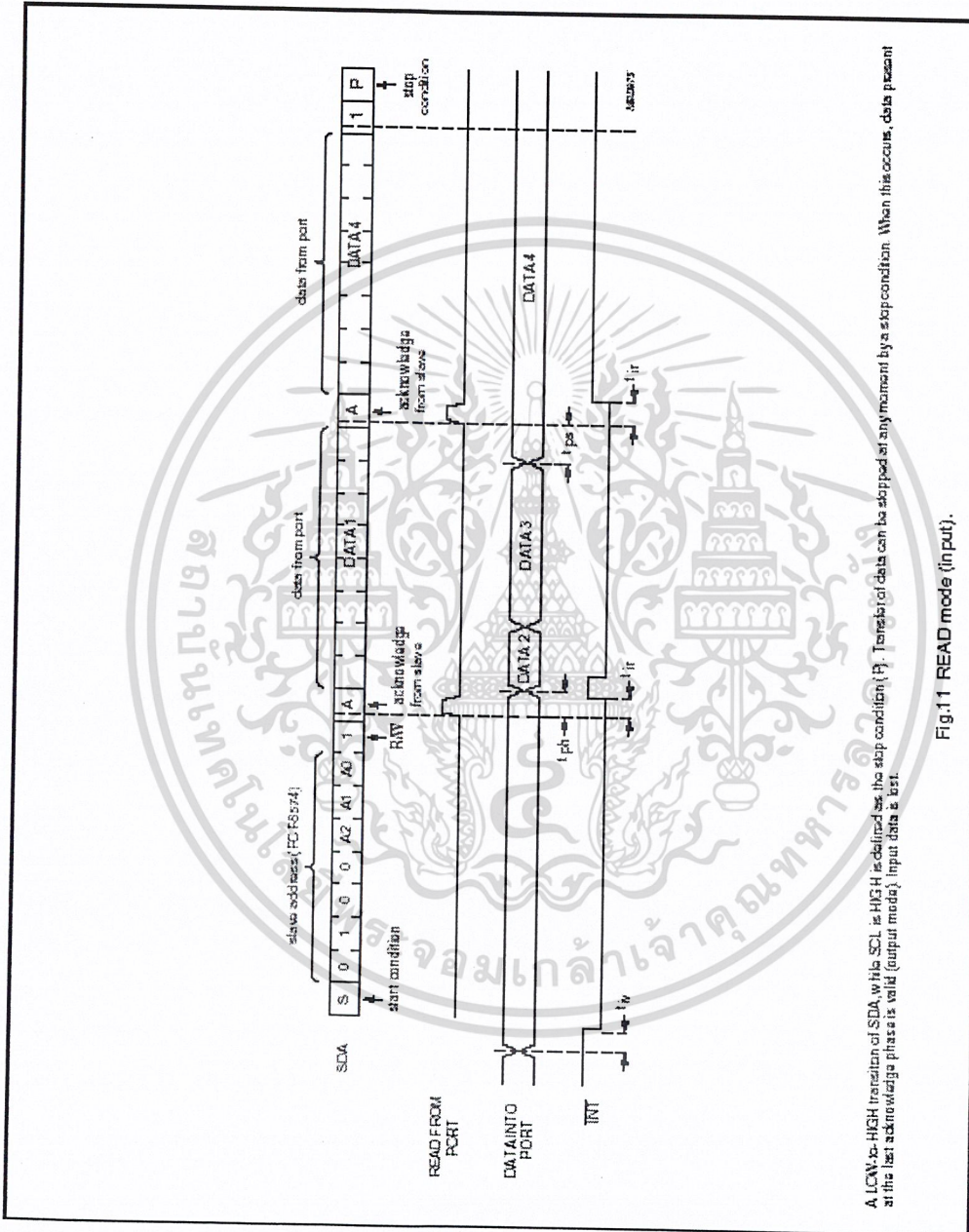


Fig.11 READ mode (input).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

7.2 Interrupt (see Figs 12 and 13)

The PCF8574 provides an open drain output (INT) which can be fed to a corresponding input of the microcontroller. This gives these chips a type of master function which can initiate an action elsewhere in the system.

An interrupt is generated by any rising or falling edge of the port inputs in the input mode. After time  $t_r$ , the signal INT is valid.

Resetting and reactivating the interrupt circuit is achieved when data on the port is changed to the original setting or data is read from or written to the port which has generated the interrupt.

Resetting occurs as follows:

- In the READ mode at the acknowledge bit after the rising edge of the SCL signal
- In the WRITE mode at the acknowledge bit after the HIGH-to-LOW transition of the SCL signal

- Interrupts which occur during the acknowledge clock pulse may be lost (or very short) due to the resetting of the interrupt during this pulse.

Each change of the I/Os after resetting will be detected and, after the next rising clock edge, will be transmitted as INT. Reading from or writing to another device does not affect the interrupt circuit.

7.3 Quasi-bidirectional I/Os (see Fig.14)

A quasi-bidirectional I/O can be used as an input or output without the use of a control signal for data direction.

At power-on the I/Os are HIGH. In this mode only a current source to  $V_{DD}$  is active. An additional strong pull-up to  $V_{DD}$  allows fast rising edges into heavily loaded outputs. These devices turn on when an output is written HIGH, and are switched off by the negative edge of SCL. The I/Os should be HIGH before being used as inputs.

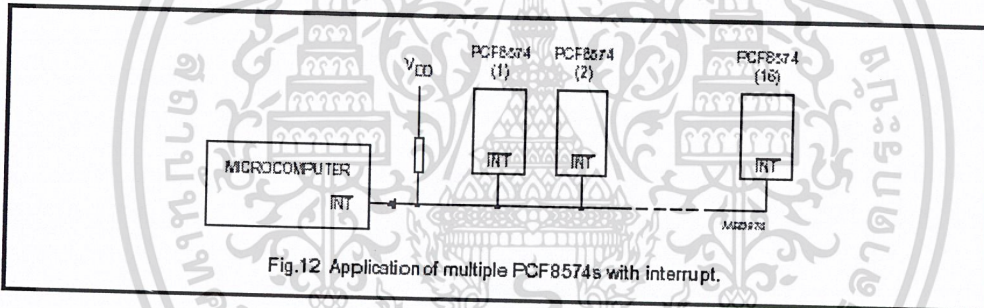


Fig.12 Application of multiple PCF8574s with interrupt.

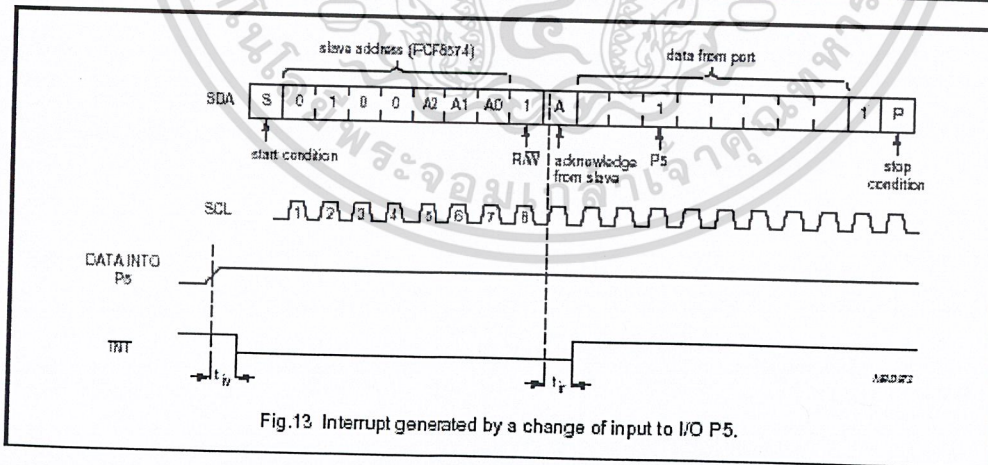


Fig.13 Interrupt generated by a change of input to I/O P5.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

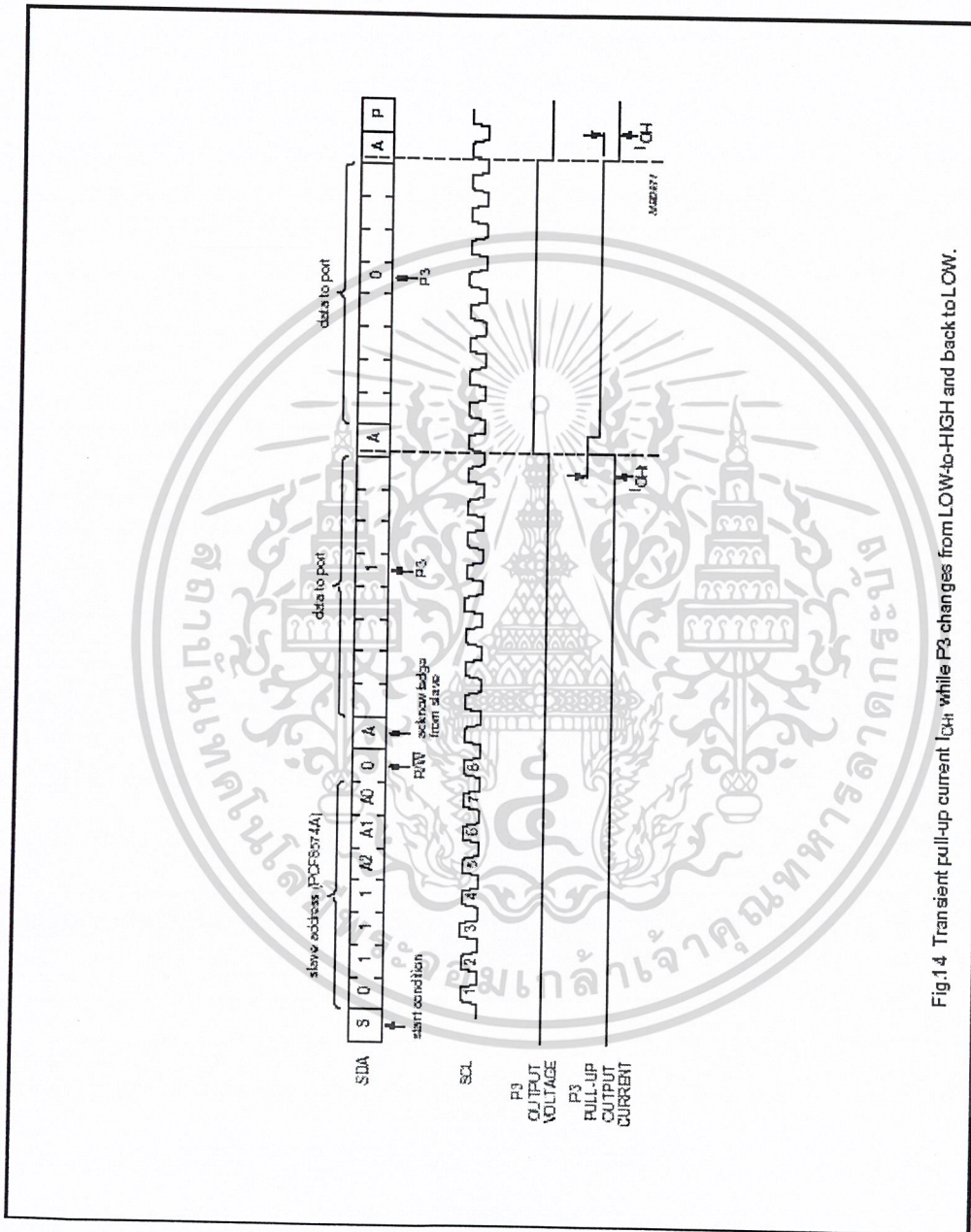


Fig.1.4 Transient pull-up current  $I_{CH}$  while P3 changes from LOW-to-HIGH and back to LOW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## 8 LIMITING VALUES

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

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNIT
V <sub>DD</sub>	supply voltage	-0.5	+7.0	V
V <sub>I</sub>	input voltage	V <sub>SS</sub> - 0.5	V <sub>DD</sub> + 0.5	V
I <sub>I</sub>	DC input current	-	±20	mA
I <sub>O</sub>	DC output current	-	±25	mA
I <sub>DD</sub>	supply current	-	±100	mA
I <sub>SS</sub>	supply current	-	±100	mA
P <sub>tot</sub>	total power dissipation	-	400	mW
P <sub>O</sub>	power dissipation per output	-	100	mW
T <sub>stg</sub>	storage temperature	-65	+150	°C
T <sub>amb</sub>	operating ambient temperature	-40	+85	°C

## 9 HANDLING

Inputs and outputs are protected against electrostatic discharge in normal handling. However, to be totally safe, it is desirable to take precautions appropriate to handling MOS devices. Advice can be found in Data Handbook IC 12 under "Handling MOS Devices".

## 10 DC CHARACTERISTICS

V<sub>DD</sub> = 2.5 to 6 V; V<sub>SS</sub> = 0 V; T<sub>amb</sub> = -40 to +85 °C; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply						
V <sub>DD</sub>	supply voltage		2.5	-	6.0	V
I <sub>DD</sub>	supply current	operating mode; V <sub>DD</sub> = 6 V; no load; V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub> ; f <sub>SCL</sub> = 100 kHz	-	40	100	µA
I <sub>sb</sub>	standby current	standby mode; V <sub>DD</sub> = 6 V; no load; V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub>	-	2.5	10	µA
V <sub>PCR</sub>	Power-on reset voltage	V <sub>DD</sub> = 6 V; no load; V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub> ; note 1	-	1.3	2.4	V
Input SCL; input/output SDA						
V <sub>IL</sub>	LOW level input voltage		-0.5	-	+0.3V <sub>DD</sub>	V
V <sub>IH</sub>	HIGH level input voltage		0.7V <sub>DD</sub>	-	V <sub>DD</sub> + 0.5	V
I <sub>OL</sub>	LOW level output current	V <sub>OL</sub> = 0.4 V	3	-	-	mA
I <sub>L</sub>	leakage current	V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub>	-1	-	+1	µA
C <sub>i</sub>	input capacitance	V <sub>I</sub> = V <sub>SS</sub>	-	-	7	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>I/Os</b>						
V <sub>IL</sub>	LOW level input voltage		-0.5	-	+0.3V <sub>DD</sub>	V
V <sub>IH</sub>	HIGH level input voltage		0.7V <sub>DD</sub>	-	V <sub>DD</sub> + 0.5	V
I <sub>IH(max)</sub>	maximum allowed input current through protection diode	V <sub>I</sub> ≥ V <sub>DD</sub> or V <sub>I</sub> ≤ V <sub>SS</sub>	-	-	±400	µA
I <sub>OL</sub>	LOW level output current	V <sub>OL</sub> = 1 V; V <sub>DD</sub> = 5 V	10	25	-	mA
I <sub>OH</sub>	HIGH level output current	V <sub>OH</sub> = V <sub>SS</sub>	30	-	300	µA
I <sub>OH1</sub>	transient pull-up current	HIGH during acknowledge (see Fig. 14); V <sub>CH</sub> = V <sub>SS</sub> ; V <sub>DD</sub> = 2.5 V	-	-1	-	mA
C <sub>i</sub>	input capacitance		-	-	10	pF
C <sub>o</sub>	output capacitance		-	-	10	pF
<b>Port timing; C<sub>L</sub> ≤ 100 pF (see Figs 10 and 11)</b>						
t <sub>PV</sub>	output data valid		-	-	4	µs
t <sub>SU</sub>	input data set-up time		0	-	-	µs
t <sub>H</sub>	input data hold time		4	-	-	µs
<b>Interrupt INT (see Fig. 13)</b>						
I <sub>OL</sub>	LOW level output current	V <sub>OL</sub> = 0.4 V	1.6	-	-	mA
I <sub>L</sub>	leakage current	V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub>	-1	-	+1	µA
<b>TIMING; C<sub>L</sub> ≤ 100 pF</b>						
t <sub>v</sub>	input data valid time		-	-	4	µs
t <sub>r</sub>	reset delay time		-	-	4	µs
<b>Select inputs A0 to A2</b>						
V <sub>IL</sub>	LOW level input voltage		-0.5	-	+0.3V <sub>DD</sub>	V
V <sub>IH</sub>	HIGH level input voltage		0.7V <sub>DD</sub>	-	V <sub>DD</sub> + 0.5	V
I <sub>LI</sub>	input leakage current	pin at V <sub>DD</sub> or V <sub>SS</sub>	-250	-	+250	nA

**Note**

1. The Power-on reset circuit resets the I<sup>2</sup>C-bus logic with V<sub>DD</sub> < V<sub>POR</sub> and sets all I/Os to logic 1 (with current source to V<sub>DD</sub>).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

11 I<sup>2</sup>C-BUS TIMING CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I <sup>2</sup> C-BUS TIMING (see Fig.15; note 1)					
f <sub>SCL</sub>	SCL clock frequency	–	–	100	kHz
t <sub>SW</sub>	tolerable spike width on bus	–	–	100	ns
t <sub>BUF</sub>	bus free time	4.7	–	–	µs
t <sub>SU,STA</sub>	START condition set-up time	4.7	–	–	µs
t <sub>HD,STA</sub>	START condition hold time	4.0	–	–	µs
t <sub>LOW</sub>	SCL LOW time	4.7	–	–	µs
t <sub>HIGH</sub>	SCL HIGH time	4.0	–	–	µs
t <sub>r</sub>	SCL and SDA rise time	–	–	1.0	µs
t <sub>f</sub>	SCL and SDA fall time	–	–	0.3	µs
t <sub>SU,DAT</sub>	data set-up time	250	–	–	ns
t <sub>HD,DAT</sub>	data hold time	0	–	–	ns
t <sub>VD,DAT</sub>	SCL LOW to data out valid	–	–	3.4	µs
t <sub>SU,STO</sub>	STOP condition set-up time	4.0	–	–	µs

Note

- All the timing values are valid within the operating supply voltage and ambient temperature range and refer to V<sub>IL</sub> and V<sub>IH</sub> with an input voltage swing of V<sub>SS</sub> to V<sub>DD</sub>.

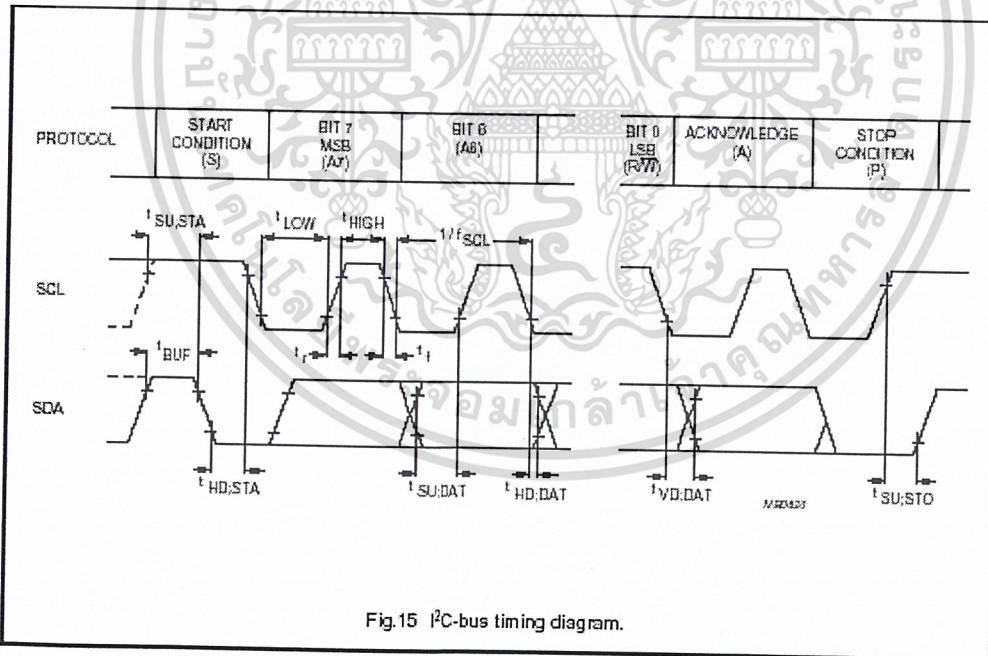


Fig.15 I<sup>2</sup>C-bus timing diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

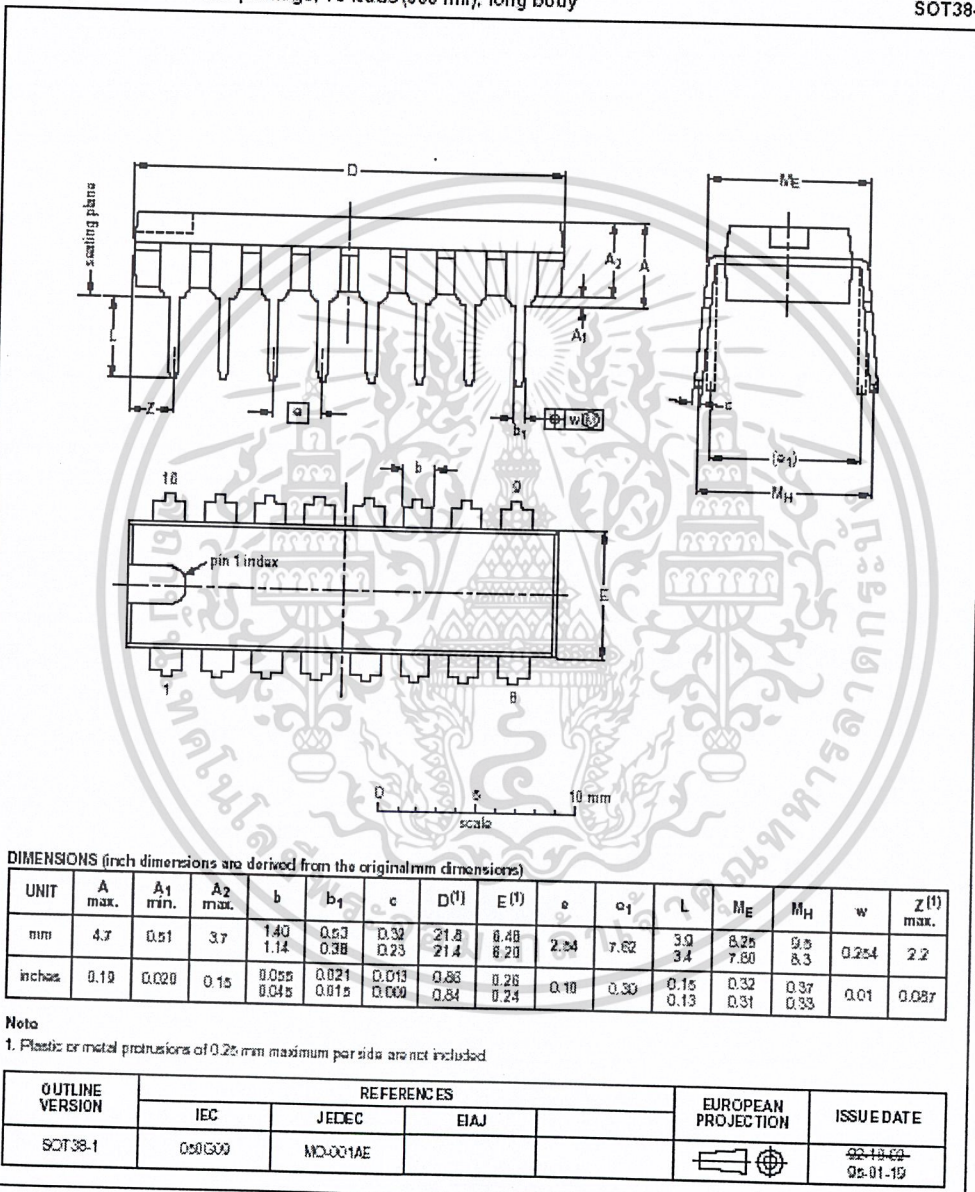
Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

12 PACKAGE OUTLINES

DIP16: plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body

SOT38-1



1997 Apr 02

16

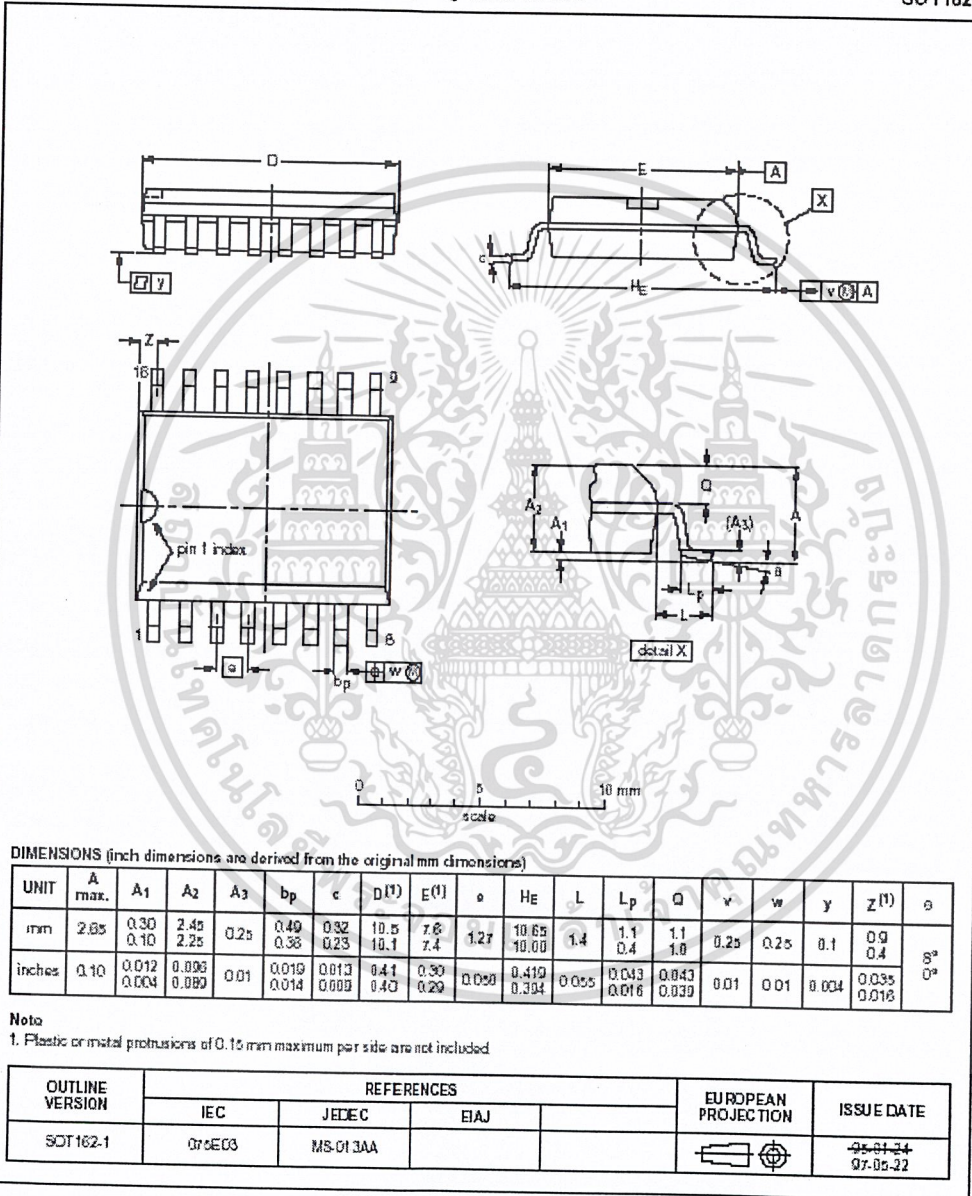
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

SO16: plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm

SOT162-1



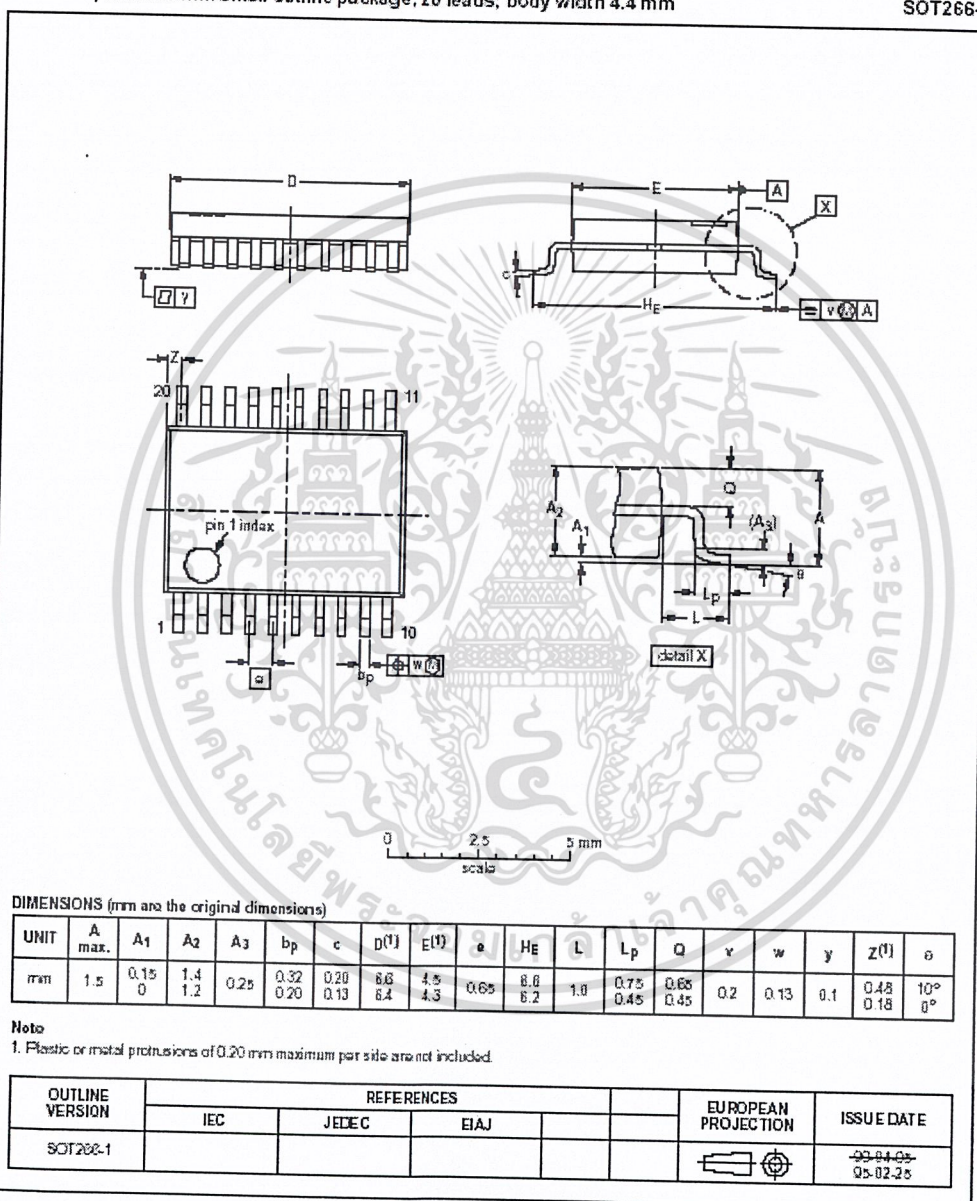
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

SSOP20: plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm

SOT266-1



1997 Apr 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## 13 SOLDERING

## 13.1 Introduction

There is no soldering method that is ideal for all IC packages. Wave soldering is often preferred when through-hole and surface mounted components are mixed on one printed-circuit board. However, wave soldering is not always suitable for surface mounted ICs, or for printed-circuits with high population densities. In these situations reflow soldering is often used.

This text gives a very brief insight to a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our "IC Package Databook" (order code 9398 652 90011).

## 13.2 DIP

## 13.2.1 SOLDERING BY DIPPING OR BY WAVE

The maximum permissible temperature of the solder is 260 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joint for more than 5 seconds. The total contact time of successive solder waves must not exceed 5 seconds.

The device may be mounted up to the seating plane, but the temperature of the plastic body must not exceed the specified maximum storage temperature ( $T_{stg\ max}$ ). If the printed-circuit board has been pre-heated, forced cooling may be necessary immediately after soldering to keep the temperature within the permissible limit.

## 13.2.2 REPAIRING SOLDERED JOINTS

Apply a low voltage soldering iron (less than 24 V) to the lead(s) of the package, below the seating plane or not more than 2 mm above it. If the temperature of the soldering iron bit is less than 300 °C it may remain in contact for up to 10 seconds. If the bit temperature is between 300 and 400 °C, contact may be up to 5 seconds.

## 13.3 SO and SSOP

## 13.3.1 REFLOW SOLDERING

Reflow soldering techniques are suitable for all SO and SSOP packages.

Reflow soldering requires solder paste (a suspension of fine solder particles, flux and binding agent) to be applied to the printed-circuit board by screen printing, stenciling or pressure-syringe dispensing before package placement.

Several techniques exist for reflowing; for example, thermal conduction by heated belt. Dwell times vary between 50 and 300 seconds depending on heating method. Typical reflow temperatures range from 215 to 250 °C.

Preheating is necessary to dry the paste and evaporate the binding agent. Preheating duration: 45 minutes at 45 °C.

## 13.3.2 WAVE SOLDERING

Wave soldering is not recommended for SSOP packages. This is because of the likelihood of solder bridging due to closely-spaced leads and the possibility of incomplete solder penetration in multi-lead devices.

If wave soldering cannot be avoided, the following conditions must be observed:

- A double-wave (a turbulent wave with high upward pressure followed by a smooth laminar wave) soldering technique should be used.
- The longitudinal axis of the package footprint must be parallel to the solder flow and must incorporate solder thieves at the downstream end.

Even with these conditions, only consider wave soldering SSOP packages that have a body width of 4.4 mm, that is SSOP16 (SOT369-1) or SSOP20 (SOT266-1).

During placement and before soldering, the package must be fixed with a droplet of adhesive. The adhesive can be applied by screen printing, pin transfer or syringe dispensing. The package can be soldered after the adhesive is cured.

Maximum permissible solder temperature is 260 °C, and maximum duration of package immersion in solder is 10 seconds, if cooled to less than 150 °C within 6 seconds. Typical dwell time is 4 seconds at 250 °C.

A mildly-activated flux will eliminate the need for removal of corrosive residues in most applications.

## 13.3.3 REPAIRING SOLDERED JOINTS

Fix the component by first soldering two diagonally-opposite end leads. Use only a low voltage soldering iron (less than 24 V) applied to the flat part of the lead. Contact time must be limited to 10 seconds at up to 300 °C. When using a dedicated tool, all other leads can be soldered in one operation within 2 to 5 seconds between 270 and 320 °C.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## 14 DEFINITIONS

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

## 15 LIFE SUPPORT APPLICATIONS

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

16 PURCHASE OF PHILIPS I<sup>2</sup>C COMPONENTS

Purchase of Philips I<sup>2</sup>C components conveys a license under the Philips' I<sup>2</sup>C patent to use the components in the I<sup>2</sup>C system provided the system conforms to the I<sup>2</sup>C specification defined by Philips. This specification can be ordered using the code 9398 393 40011.

## Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,  
Tel. +61 2 9805 4455, Fax +61 2 9805 4495

Austria: Computerstr. 8, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,  
Tel. +43 1 60 101, Fax +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3 r. 1211, Volodarski Str. 6,  
220090 MINSK, Tel. +375 172 200 733, Fax +375 172 200 773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoimport, 15th floor,  
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,  
Tel. +359 2 689 211, Fax +359 2 689 102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,  
Tel. +1 800 234 7381

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,  
72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,  
Tel. +852 2310 7888, Fax +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Prags Boulevard 80, PB 1010, DK-2300 COPENHAGEN S,  
Tel. +45 32 88 2638, Fax +45 31 57 1049

Finland: Sinikallio 3, FIN-02830 ESPOO,  
Tel. +358 9 615803, Fax +358 9 615803xxx

France: 4 Rue du Port-aux-Vins, BP317, 92158 SURESNES Cedex,  
Tel. +33 1 40 00 6161, Fax +33 1 40 99 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20027 HAMBURG,  
Tel. +49 40 23 53 60, Fax +49 40 23 535 300

Greece: No. 15, 25th March Street, GR 17778 TAVROSATHENS,  
Tel. +30 1 4804 330233, Fax +30 1 4814 240

Hungary: see Austria

India: Philips India Ltd, Shivsagar Estate, A Block, Dr. Annie Besant Rd,  
Worli, MUMBAI 400 018, Tel. +91 22 4938 541, Fax +91 22 4938 722

Indonesia: see Singapore

Ireland: Navan Road, Clonsillaagh, DUBLIN 14,  
Tel. +353 1 7640 000, Fax +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kahlet Salonki St. TEL AVIV 611 00,  
Tel. +972 3 645 0444, Fax +972 3 640 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3,  
20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax +39 2 6752 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohman 2-chome, Minato-ku, TOKYO 108,  
Tel. +81 3 3740 5150, Fax +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 260-160 Ilaswon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,  
Tel. +82 2 709 1412, Fax +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76, Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,  
Tel. +60 3 750 5214, Fax +60 3 757 4560

Mexico: 5000 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,  
Tel. +9-5 800 234 7381

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90090, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,  
Tel. +31 40 27 82785, Fax +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagoner Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,  
Tel. +64 9 849 4160, Fax +64 9 849 7511

Norway: Box 1, Mangrud 0612, OSLO,  
Tel. +47 22 74 8000, Fax +47 22 74 8341

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,  
108 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,  
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6360, Fax +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA,  
Tel. +48 22 612 2631, Fax +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usstchava 36a, 119048 MOSCOW,  
Tel. +7 025 755 6918, Fax +7 025 755 6919

Singapore: Loring 1, Tco Payoh, SINGAPORE 1231,  
Tel. +65 360 2535, Fax +65 261 8500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 135-215 Main Road, Martindale,  
2002 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430 Johannesburg 2000,  
Tel. +27 11 470 5011, Fax +27 11 470 5494

South America: Rua do Rocio 220, 5th floor, Suite 51,  
04552-003 São Paulo, SÃO PAULO - SP, Brazil,  
Tel. +55 11 821 2333, Fax +55 11 629 1849

Spain: Balma 22, 08007 BARCELONA,  
Tel. +34 3 301 6312, Fax +34 3 301 4106

Sweden: Kolthygatan 7, Akalt, S-16485 STOCKHOLM,  
Tel. +46 8 632 2000, Fax +46 8 632 2745

Switzerland: Almondstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,  
Tel. +41 1 488 2895, Fax +41 1 481 7730

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 26, Chian Kuo N. Rd., Sec. 1,  
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2670, Fax +886 2 2134 2674

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,  
209/2 Sompetch-Bangna Road, Prakanong, BANGKOK 10260,  
Tel. +66 2 745 4090, Fax +66 2 308 0933

Turkey: Talpaşa Cad. No. 5, 80640 GÜLTEPE/İSTANBUL,  
Tel. +90 212 270 2770, Fax +90 212 252 6707

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patroia Lumumba str., Building B, Floor 7,  
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,  
MIDDLESEX UB9 5EX, Tel. +44 181 730 5000, Fax +44 181 754 8421

United States: 611 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3400,  
Tel. +1 800 234 7381

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD,  
Tel. +381 11 625 344, Fax +381 11 635 777

For all other countries apply to Philips Semiconductors, Marketing & Sales Communications,  
Building BE-p, P.O. Box 218, 5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24325

Internet: <http://www.semiconductors.philips.com>

© Philips Electronics N.V. 1997

SCA53

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequences of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

41r907r12002pp24

Date of release: 1997 Apr 02

Document order number: 5097 750 01738

*Let's make things better.*

**Philips**  
Semiconductors



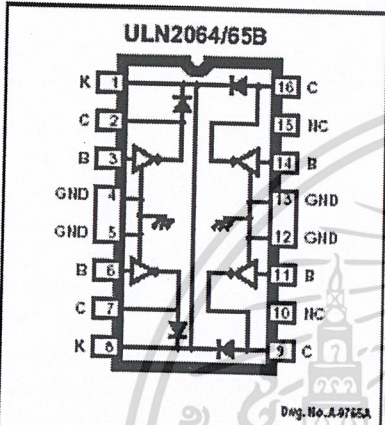
**PHILIPS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 2064 THRU 2069

Data Sheet  
2930 SHZ

## QUAD 1.5 A DARLINGTON SWITCHES



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**  
at +25°C Free-Air Temperature  
for Any One Driver  
(unless otherwise noted)

- Output Voltage,  $V_{CEX}$  ..... See Guide
- Output Sustaining Voltage,  
 $V_{CE(SUS)}$  ..... See Guide
- Output Current,  $I_{OUT}$  (Note 1) ..... 1.75 A
- Input Voltage,  $V_{IN}$  ..... See Guide
- Input Current,  $I_B$  (Note 2) ..... 25 mA
- Supply Voltage,  
 $V_S$  (ULN2068B/LB & 2069B/LB) ... 10 V
- Total Package Power Dissipation,  
 $P_T$  ..... See Graph
- Operating Temperature Range,  
 $T_A$  ..... -20°C to +85°C
- Storage Temperature Range,  
 $T_S$  ..... -55°C to +150°C

1. Allowable combinations of output current, number of outputs conducting, and duty cycle are shown on the following pages.
2. Input current may be limited by maximum allowable input voltage.

High-voltage, high-current Darlington arrays ULN2064B/LB through ULN2069B/LB are designed for interface between low-level logic and a variety of peripheral loads such as relays, solenoids, dc and stepper motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, heaters, and similar loads. Output off voltage ratings of 50 V and 80 V are available. These quad drivers can drive resistive loads to 480 watts (1.5 A x 80 V, 26% duty cycle). For inductive loads, sustaining voltages of 35 V and 50 V at 100 mA are specified.

Quad drivers ULN2064B/LB, ULN2065B/LB, ULN2068B/LB, and ULN2069B/LB are intended for use with TTL, low-speed TTL, and 5 V MOS logic. The ULN2065B/LB and ULN2069B/LB are selected for the 80 V minimum output breakdown specification. The ULN2068B/LB and ULN2069B/LB have pre-driver stages and are recommended for applications requiring high gain (low input-current loading). Quad-driver arrays are supplied with heat-sink contact tabs in 16-pin plastic DIPs (suffix 'B') and 20-lead surface-mountable wide-body SOICs (suffix 'LB').

**FEATURES**

- TTL, DTL, MOS, CMOS Compatible Inputs
- Transient-Protected Outputs
- Loads to 480 Watts
- Heat-Sink Contact Tabs
- Automotive Capable

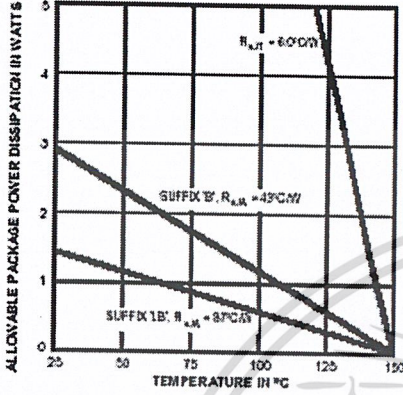
Always order by complete part number, e.g., **ULN2068B**.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2064 THRU 2069  
QUAD 1.5 A DARLINGTON  
SWITCHES**

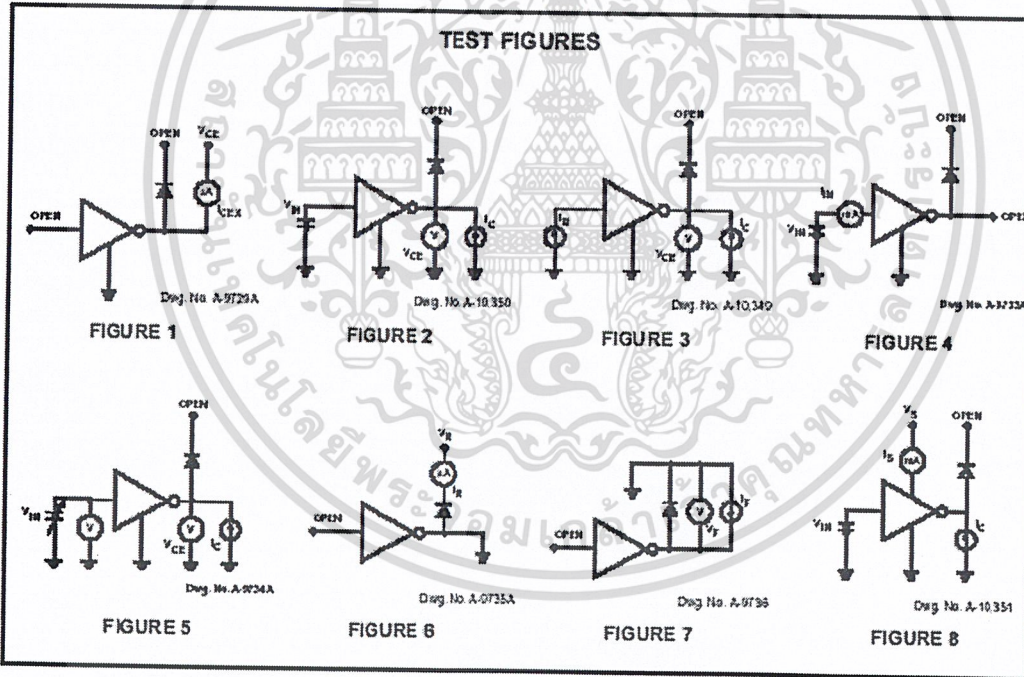
**SELECTION GUIDE**



Part Number*	Max. $V_{CEX}$	Min. $V_{CE(SUS)}$	Max. $V_{IH}$	Application
ULN2064B ULN2064LB	50 V	35 V	15 V	TTL, DTL, Schottky TTL, and 5 V CMOS
ULN2065B ULN2065LB	80 V	50 V	15 V	
ULN2068B ULN2068LB	50 V	35 V	15 V	TTL, DTL, Schottky TTL, and 5 V CMOS
ULN2069B ULN2069LB	80 V	50 V	15 V	

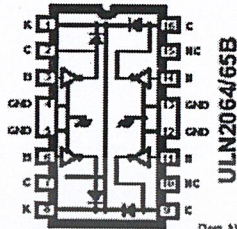
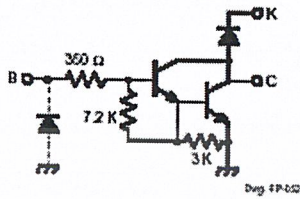
\* Suffix 'B' is a 16-pin DIP; 'LB' is a 20-lead SOIC.

**TEST FIGURES**

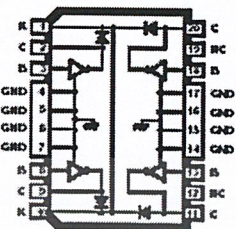


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2064 THRU 2069**  
**QUAD 1.5 A DARLINGTON**  
**SWITCHES**

**PARTIAL SCHEMATIC**

ULN2064/65LB

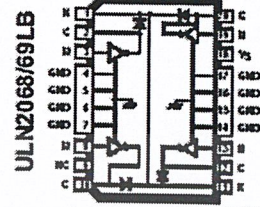
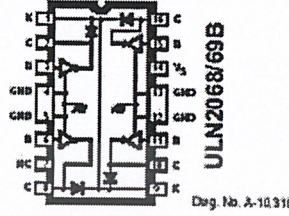
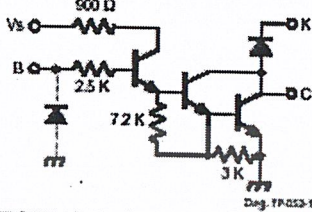
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).**

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits		
					Min.	Max.	Units
Output Leakage Current	$I_{CEX}$	1	ULN2064B/LB	$V_{CE} = 50\text{ V}$	—	100	$\mu\text{A}$
				$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	500	$\mu\text{A}$
			ULN2065B/LB	$V_{CE} = 80\text{ V}$	—	100	$\mu\text{A}$
				$V_{CE} = 80\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	500	$\mu\text{A}$
Output Sustaining Voltage	$V_{CE(SUS)}$	2	ULN2064B/LB	$I_C = 100\text{ mA}, V_{IN} = 0.4\text{ V}$	35	—	V
			ULN2065B/LB	$I_C = 100\text{ mA}, V_{IN} = 0.4\text{ V}$	50	—	V
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	3	All	$I_C = 500\text{ mA}, I_B = 625\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	V
				$I_C = 750\text{ mA}, I_B = 935\text{ }\mu\text{A}$	—	1.2	V
				$I_C = 1.0\text{ A}, I_B = 1.25\text{ mA}$	—	1.3	V
			ULN2065B/LB	$I_C = 1.25\text{ A}, I_B = 2.0\text{ mA}$	—	1.4	V
Input Current	$I_{IN(OH)}$	4	All	$V_{IH} = 2.4\text{ V}$	1.4	4.3	mA
				$V_{IH} = 3.75\text{ V}$	3.3	9.6	mA
Input Voltage	$V_{IN(OH)}$	5	All	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 1.0\text{ A}$	—	2.0	V
			ULN2064B/LB	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 1.25\text{ A}$	—	2.5	V
			ULN2065B/LB	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 1.5\text{ A}$	—	2.5	V
Turn-On Delay	$t_{FLH}$	—	All	$0.5 E_{in}$ to $0.5 E_{cut}$	—	1.0	$\mu\text{s}$
Turn-Off Delay	$t_{FHL}$	—	All	$0.5 E_{in}$ to $0.5 E_{cut}$	—	1.5	$\mu\text{s}$
Clamp Diode Leakage Current	$I_R$	6	ULN2064B/LB	$V_R = 50\text{ V}$	—	50	$\mu\text{A}$
				$V_R = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	100	$\mu\text{A}$
			ULN2065B/LB	$V_R = 80\text{ V}$	—	50	$\mu\text{A}$
				$V_R = 80\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	100	$\mu\text{A}$
Clamp Diode Forward Voltage	$V_F$	7	All	$I_F = 1.0\text{ A}$	—	1.75	V
				$I_F = 1.5\text{ A}$	—	2.0	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2064 THRU 2069  
QUAD 1.5 A DARLINGTON  
SWITCHES**

**PARTIAL SCHEMATIC**



**ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C,  $V_S = 5.0$  V (unless otherwise noted).**

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits		
					Min.	Max.	Units
Output Leakage Current	$I_{CEX}$	1	ULN2068B/LB	$V_{CE} = 50$ V	—	100	$\mu$ A
				$V_{CE} = 50$ V, $T_A = 70^\circ$ C	—	500	$\mu$ A
			ULN2069B/LB	$V_{CE} = 80$ V	—	100	$\mu$ A
				$V_{CE} = 80$ V, $T_A = 70^\circ$ C	—	500	$\mu$ A
Output Sustaining Voltage	$V_{CE(SUS)}$	2	ULN2068B/LB	$I_C = 100$ mA, $V_{IN} = 0.4$ V	35	—	V
			ULN2069B/LB	$I_C = 100$ mA, $V_{IN} = 0.4$ V	50	—	V
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	3	All	$I_C = 500$ mA, $V_{IN} = 2.75$ V	—	1.1	V
				$I_C = 750$ mA, $V_{IN} = 2.75$ V	—	1.2	V
				$I_C = 1.0$ A, $V_{IN} = 2.75$ V	—	1.3	V
				$I_C = 1.25$ A, $V_{IN} = 2.75$ V	—	1.4	V
			ULN2069B/LB	$I_C = 1.5$ A, $V_{IN} = 2.75$ V	—	1.5	V
Input Current	$I_{IH(OH)}$	4	All	$V_{IH} = 2.75$ V	—	550	$\mu$ A
				$V_{IH} = 3.75$ V	—	1000	$\mu$ A
Input Voltage	$V_{IH(OH)}$	5	ULN2068B/LB	$V_{CE} = 2.0$ V, $I_C = 1.25$ A	—	2.75	V
			ULN2069B	$V_{CE} = 2.0$ V, $I_C = 1.5$ A	—	2.75	V
Supply Current	$I_S$	8	All	$I_C = 500$ mA, $V_{IN} = 2.75$ V	—	6.0	mA
Turn-On Delay	$t_{FLH}$	—	All	$0.5 E_{in}$ to $0.5 E_{out}$	—	1.0	$\mu$ s
Turn-Off Delay	$t_{FHL}$	—	All	$0.5 E_{in}$ to $0.5 E_{out}$ , $I_C = 1.25$ A	—	1.5	$\mu$ s
Clamp Diode Leakage Current	$I_R$	6	ULN2068B/LB	$V_R = 50$ V	—	50	$\mu$ A
				$V_R = 50$ V, $T_A = 70^\circ$ C	—	100	$\mu$ A
		ULN2069B/LB	$V_R = 80$ V	—	50	$\mu$ A	
			$V_R = 80$ V, $T_A = 70^\circ$ C	—	100	$\mu$ A	
Clamp Diode Forward Voltage	$V_F$	7	All	$I_F = 1.0$ A	—	1.75	V
				$I_F = 1.5$ A	—	2.0	V

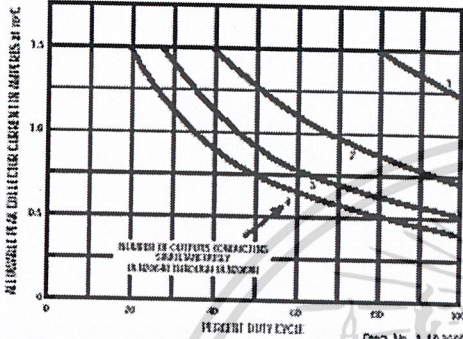


115 Northeast Cutoff, Box 15038  
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000

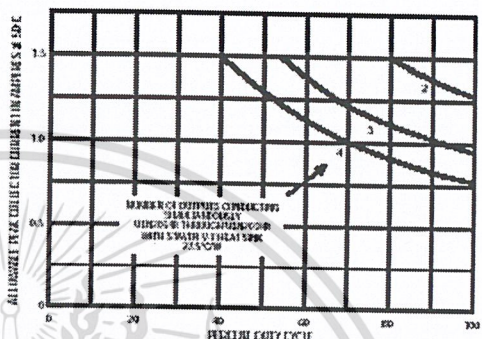
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2064 THRU 2069  
**QUAD 1.5 A DARLINGTON  
 SWITCHES**

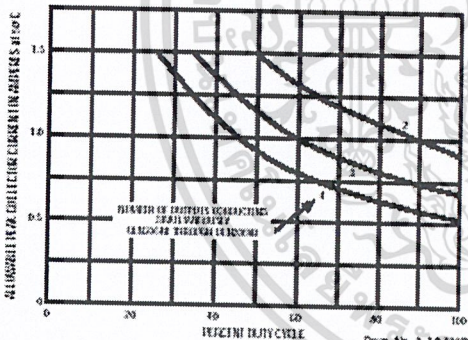
**PEAK COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE**  
 (Dual in-line packaged devices)



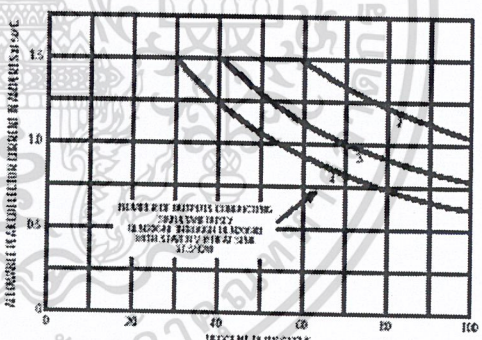
Dwg No. A-10-3008



Dwg No. A-10-3009



Dwg No. A-10-3010

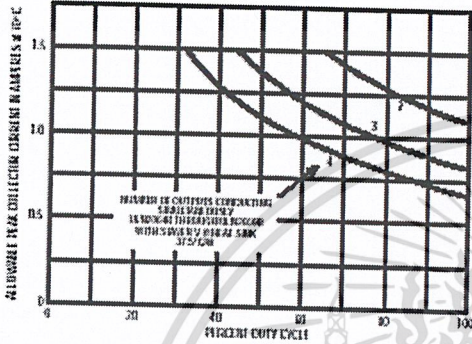


Dwg No. A-10-4000

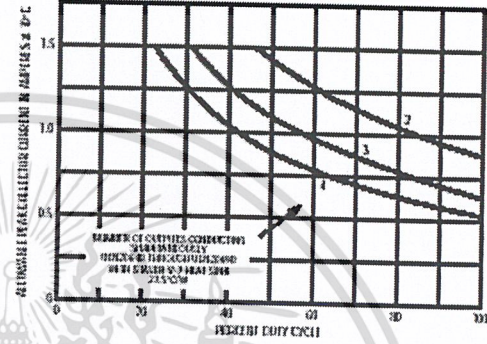
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2064 THRU 2069  
QUAD 1.5 A DARLINGTON  
SWITCHES**

**PEAK COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE  
(Dual in-line packaged devices)**

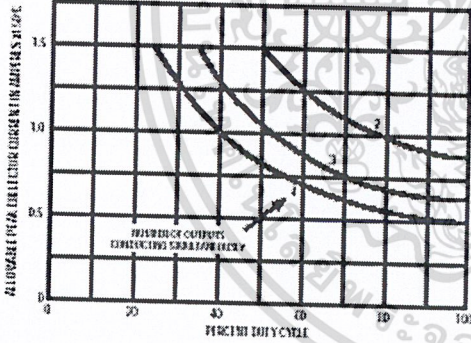


Doc. No. A-10-209C

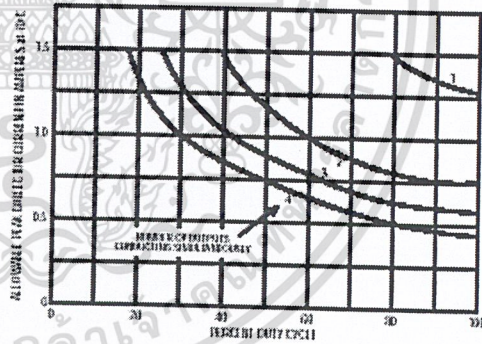


Doc. No. A-10-401C

**PEAK COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE  
(SOIC packaged devices)**



Doc. CP-045

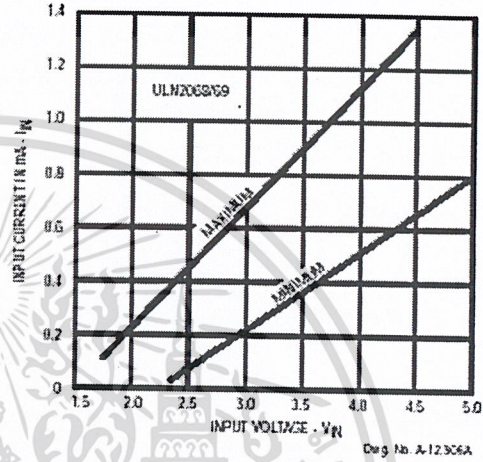
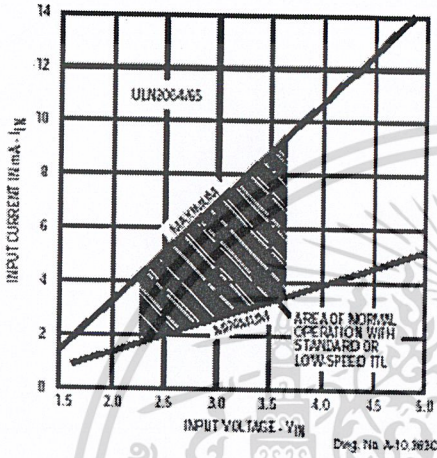


Doc. CP-045-1

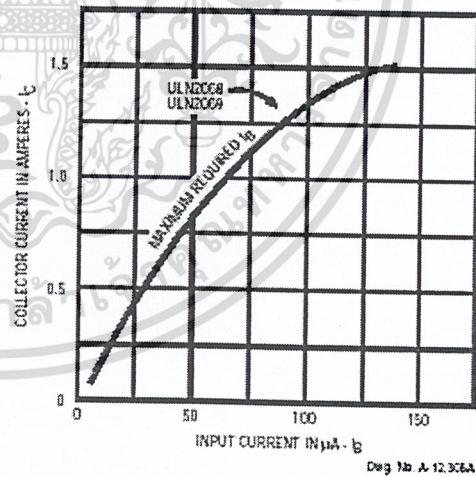
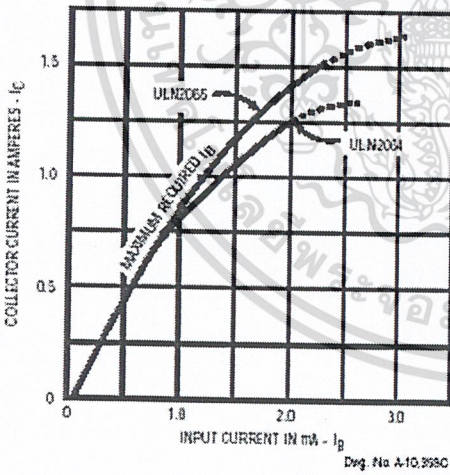


2064 THRU 2069  
**QUAD 1.5 A DARLINGTON  
 SWITCHES**

**INPUT CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE AT +25°C**



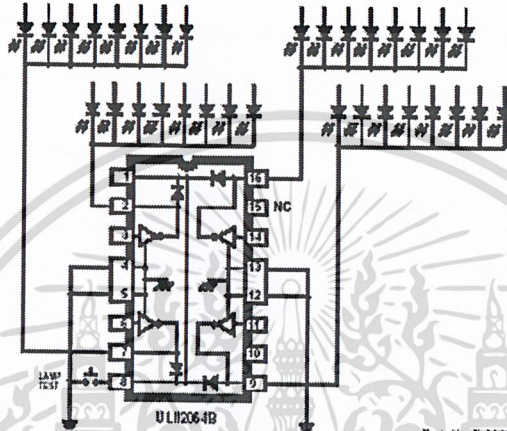
**COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT CURRENT AT +25°C**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2064 THRU 2069  
QUAD 1.5 A DARLINGTON  
SWITCHES**

**TYPICAL APPLICATION**



**COMMON-CATHODE LED DRIVERS**

(Types ULN2065B, ULN2068LB, ULN2069B, and ULN2068LB are also applicable)

Doc No B-1395

8



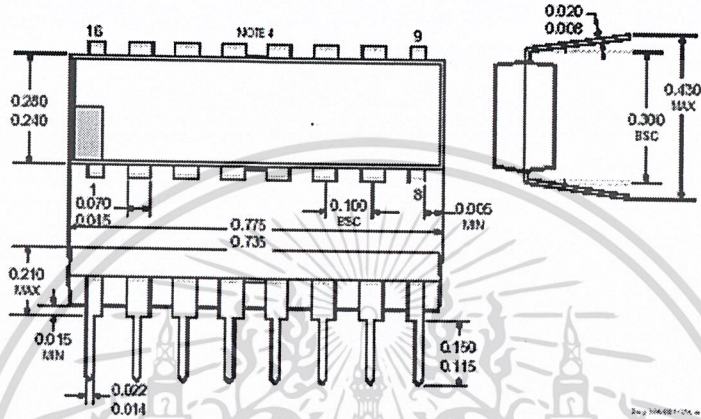
115 Northeast Cutliff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

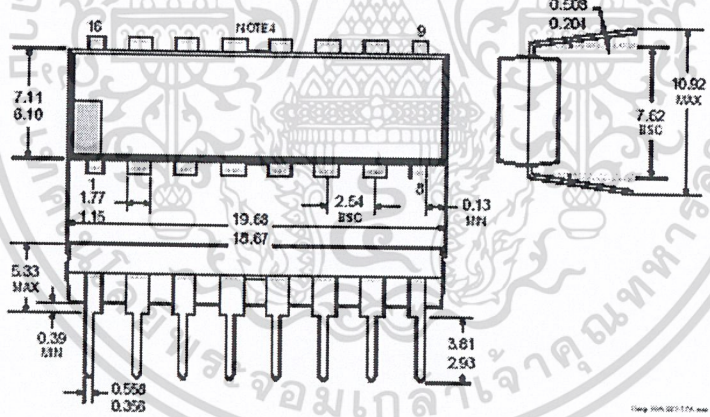
2064 THRU 2069  
 QUAD 1.5 A DARLINGTON  
 SWITCHES

ULN2064B, ULN2065B, ULN2068B, and ULN2069B

Dimensions in Inches  
 (controlling dimensions)



Dimensions in Millimeters  
 (for reference only)



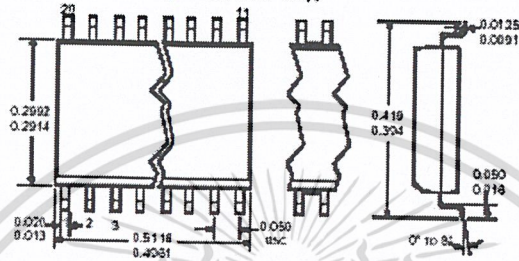
- NOTES:
1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.
  2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
  3. Lead thickness is measured at seating plane or below.
  4. Webbed lead frame. Leads 4, 5, 12, and 13 are internally one piece.
  5. Supplied in standard sticks/tubes of 25 devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

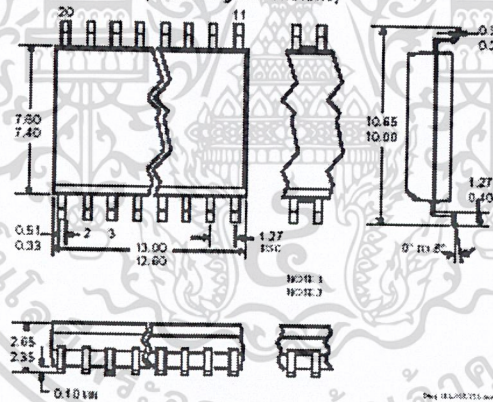
**2064 THRU 2069  
QUAD 1.5 A DARLINGTON  
SWITCHES**

**ULN2064LB, ULN2065LB, ULN2068LB, and ULN2069LB**  
(add "TR" to part number for tape and reel)

Dimensions in Inches  
(for reference only)



Dimensions in Millimeters  
(controlling dimensions)



- NOTES:
1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.
  2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
  3. Webbed lead frame. Leads 4 through 7 and 14 through 17 are internally one piece.
  4. Lead thickness is measured at seating plane or below.
  5. Supplied in standard sticks/tubes of 37 devices or add "TR" to part number for tape and reel.

2064 THRU 2069  
 QUAD 1.5 A DARLINGTON  
 SWITCHES



*The products described here are manufactured under one or more U.S. patents or U.S. patents pending.*

*Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.*

*Allegro products are not authorized for use as critical components in life-support devices or systems without express written approval.*

*The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use, nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.*

**2064 THRU 2069  
QUAD 1.5 A DARLINGTON  
SWITCHES**

**POWER SINK DRIVERS**

IN ORDER OF 1) OUTPUT CURRENT, 2) OUTPUT VOLTAGE, 3) NUMBER OF DRIVERS

Output Ratings *			Features					Part Number†
mA	V	#	Serial Input	Latched Drivers	Diode Clamp	Outputs	Internal Protection	
75	17	8	X	X	-	constant current	-	6275
	17	16	X	X	-	constant current	-	6276
100	20	8	-	-	-	saturated	-	2595
	30	32	X	X	-	-	-	5833
	40	32	X	X	-	saturated	-	5832
	50	8	-	-	-	addressable decoder/driver	DMOS	68259
	50	8	-	X	-	-	DMOS	68273
	50	8	X	X	-	-	DMOS	68595
120	24	8	X	X	-	constant current	-	6277
250	50	8	-	-	-	addressable decoder/driver	DMOS	6259
	50	8	-	X	-	-	DMOS	6273
	50	8	X	X	-	-	DMOS	6595
50	8	-	-	-	X	saturated	-	2596
	60	4	-	-	X	saturated	X	2557
350	50	4	-	X	X	-	-	5800
	50	7	-	-	X	-	-	2003
	50	7	-	-	X	-	-	2004
	50	8	-	-	X	-	-	2803
	50	8	-	X	X	-	-	5801
	50	8	X	X	-	-	-	5821
	50	8	X	X	X	-	-	5841
	50	8	-	-	-	addressable decoder/driver	DMOS	6A259
	50	8	X	X	-	-	DMOS	6A595
	80	8	X	X	-	-	-	5822
	95	8	X	X	X	-	-	5842
	95	7	-	-	-	X	-	2023
450	30	28	-	-	X	-	-	2024
500	60	4	-	-	-	dual 4- to 14-line decoder/driver	-	6817
	60	4	-	-	-	saturated	X	2547
700	60	4	-	-	X	saturated	X	2549 and 2559
	60	4	-	-	X	saturated	X	2543
750	50	8	-	-	X	saturated	-	2597
1000	46	4	-	-	-	stepper motor controller/driver	MOS	7024 and 7029
1200	46	4	-	-	-	microstepping controller/driver	MOS	7042
1250	50	4	-	-	-	stepper motor transistor/driver	-	5804
1800	50	4	-	-	X	-	-	2540
3000	46	4	-	-	-	stepper motor controller/driver	MOS	7026
	46	4	-	-	-	microstepping controller/driver	MOS	7044
4000	50	4	-	-	X	-	-	2878

\* Current is maximum specified test condition, voltage is maximum rating. See specification for sustaining voltage limits or over-current protection voltage limits.

† Complete part number includes additional characters to indicate operating temperature range and package style.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 2803 THRU 2824

Data Sheet  
29304.3E

## HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

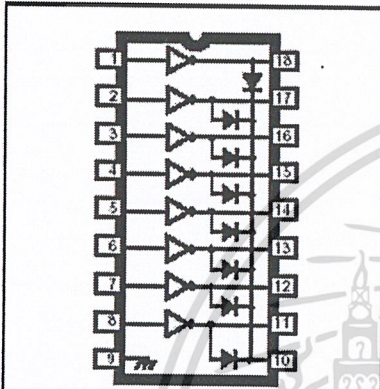


Fig. No. A-10.322A

Note that the ULx28xxA series (dual in-line package) and ULx28xxLW series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, $V_{OH}$	
(x2803x and x2804x) .....	50 V
(x2823x and x2824x) .....	95 V
Input Voltage, $V_{IN}$ .....	30 V
Continuous Output Current, $I_{C,OUT}$ .....	500 mA
Continuous Input Current, $I_{C,IN}$ .....	25 mA
Power Dissipation, $P_D$	
(one Darlington pair) .....	1.0 W
(total package) .....	See Graph
Operating Temperature Range, $T_A$	
Prefix 'ULN' .....	-20°C to +85°C
Prefix 'ULQ' .....	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range,	
$T_S$ .....	-55°C to +150°C

Featuring continuous load current ratings to 500 mA for each of the drivers, the Series ULN28xxA/LW and ULQ28xxA/LW high-voltage, high-current Darlington arrays are ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads. Typical power loads totaling over 260 W (350 mA x 8, 95 V) can be controlled at an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULx2803A, ULx2803LW, ULx2823A, and ULN2823LW have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULx2804A, ULx2804LW, ULx2824A, and ULN2824LW have series input resistors for operation directly from 6 V to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULx2803A/LW and ULx2804A/LW are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULx2823A/LW and ULx2824A/LW will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 18-pin dual in-line plastic packages (suffix 'A') or 18-lead small-outline plastic packages (suffix 'LW'). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. Prefix 'ULN' devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C; prefix 'ULQ' devices are rated for operation to -40°C.

### FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Package or Wide-Body Small-Outline Package

x = Character to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**DEVICE PART NUMBER DESIGNATION**

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_{O(MAX)}$	500 mA	500 mA
Logic	Part Number	
5V TTL, CMOS	ULN2803A* ULN2803LW*	ULN2823A* ULN2823LW
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2804A* ULN2804LW*	ULN2824A* ULN2824LW

\* Also available for operation between -40°C and +85°C. To order, change prefix from 'ULN' to 'ULQ'.

**PARTIAL SCHEMATICS**

**ULx28x3A/LW (Each Driver)**

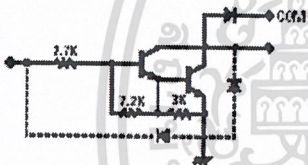


Fig. No. A-08281

**ULx28x4A/LW (Each Driver)**

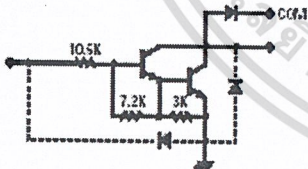


Fig. No. A-0828A

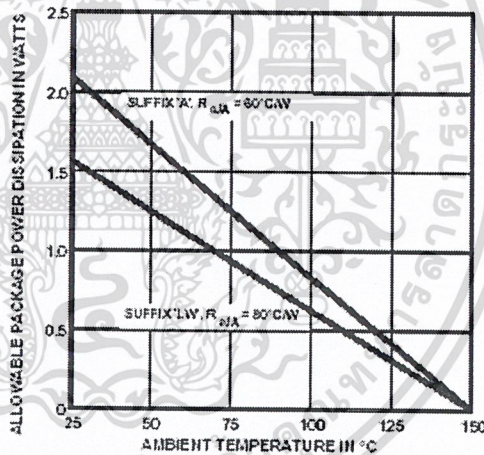


Fig. CP-018B

x = Character to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix above.



115 Northeast Cut-off, Box 15038  
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000  
Copyright © 1977, 1999 Allegro Microsystems, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**Types ULx2803A, ULx2803LW, ULx2804A, and ULx2804LW  
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).**

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	$I_{CEX}$	1A	All	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	$\mu\text{A}$
				$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	$\mu\text{A}$
		1B	ULx2804x	$V_{CE} = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	$\mu\text{A}$
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{N(OH)}$	3	ULx2803x	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULx2804x	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
				$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{N(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	$\mu\text{A}$
Input Voltage	$V_{N(OH)}$	5	ULx2803x	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
		ULx2804x	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V	
Input Capacitance	$C_{IN}$	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	$t_{LH}$	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Turn-Off Delay	$t_{HL}$	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Clamp Diode Leakage Current	$I_R$	5	All	$V_R = 50\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	$\mu\text{A}$
				$V_R = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	$\mu\text{A}$
Clamp Diode Forward Voltage	$V_F$	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes prefix to operating temperature range: ULN = -20°C to +85°C, ULQ = -40°C to +85°C and a suffix to identify package style: A = DIP, LW = SOIC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**Types ULx2823A, ULN2823LW, ULx2824A, and ULN2824LW  
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).**

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I <sub>CEX</sub>	1A	All	V <sub>CE</sub> = 95 V, T <sub>A</sub> = 25°C	—	< 1	50	μA
				V <sub>CE</sub> = 95 V, T <sub>A</sub> = 70°C	—	< 1	100	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	V <sub>CE(SAT)</sub>	2	All	V <sub>CE</sub> = 95 V, T <sub>A</sub> = 70°C, V <sub>IN</sub> = 1.0 V	—	< 5	500	μA
				I <sub>C</sub> = 100 mA, I <sub>B</sub> = 250 μA	—	0.9	1.1	V
				I <sub>C</sub> = 200 mA, I <sub>B</sub> = 350 μA	—	1.1	1.3	V
Input Current	I <sub>N(ON)</sub>	3	ULx2823x ULx2824x	V <sub>IN</sub> = 3.85 V	—	0.93	1.35	mA
				V <sub>IN</sub> = 5.0 V	—	0.35	0.5	mA
				V <sub>IN</sub> = 12 V	—	1.0	1.45	mA
Input Voltage	V <sub>N(ON)</sub>	4	All	I <sub>C</sub> = 500 μA, T <sub>A</sub> = 70°C	50	65	—	μA
				5	ULx2823x	V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 200 mA	—	—
V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 250 mA	—	—	2.7			V		
V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 300 mA	—	—	3.0			V		
ULx2824x	V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 125 mA	—	—		5.0	V		
	V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 200 mA	—	—		6.0	V		
	V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 275 mA	—	—		7.0	V		
	V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 350 mA	—	—		8.0	V		
Input Capacitance	C <sub>IN</sub>	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t <sub>PLH</sub>	8	All	0.5 E <sub>IN</sub> to 0.5 E <sub>OUT</sub>	—	0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay	t <sub>PHL</sub>	8	All	0.5 E <sub>IN</sub> to 0.5 E <sub>OUT</sub>	—	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I <sub>R</sub>	6	All	V <sub>R</sub> = 95 V, T <sub>A</sub> = 25°C	—	—	50	μA
				V <sub>R</sub> = 95 V, T <sub>A</sub> = 70°C	—	—	100	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V <sub>F</sub>	7	All	I <sub>F</sub> = 350 mA	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes prefix to operating temperature range: ULN = -20°C to +85°C, ULQ = -40°C to +85°C and a suffix to identify package style: A = DIP, LW = SOIC. Note that the ULQ2823LW and ULQ2824LW are not presently available.



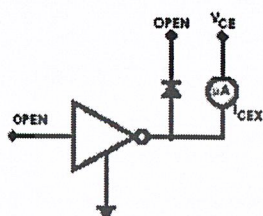
115 Northeast Cutoff, Box 15038  
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

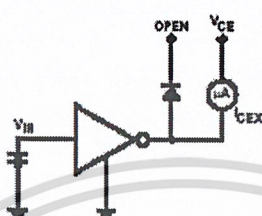
**TEST FIGURES**

**FIGURE 1A**



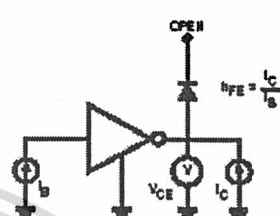
Des No. A-9729A

**FIGURE 1B**



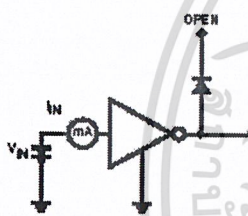
Des No. A-9730A

**FIGURE 2**



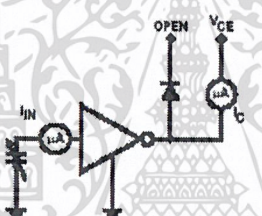
Des No. A-9731A

**FIGURE 3**



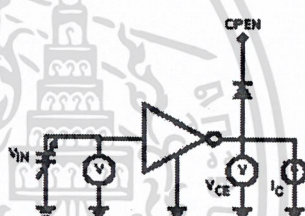
Des No. A-9732A

**FIGURE 4**



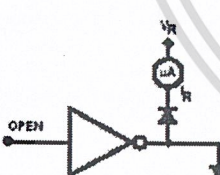
Des No. A-9733A

**FIGURE 5**



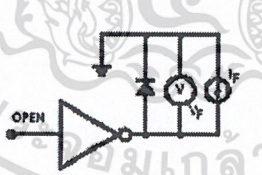
Des No. A-9734A

**FIGURE 6**



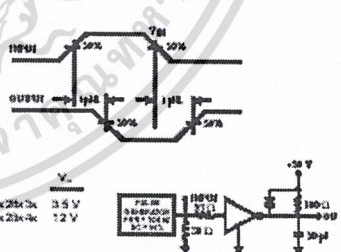
Des No. A-9735A

**FIGURE 7**



Des No. A-9736A

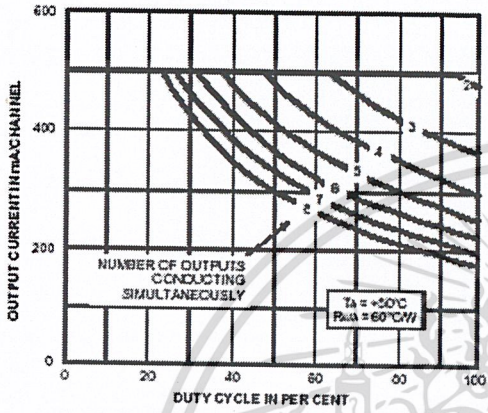
**FIGURE 8**



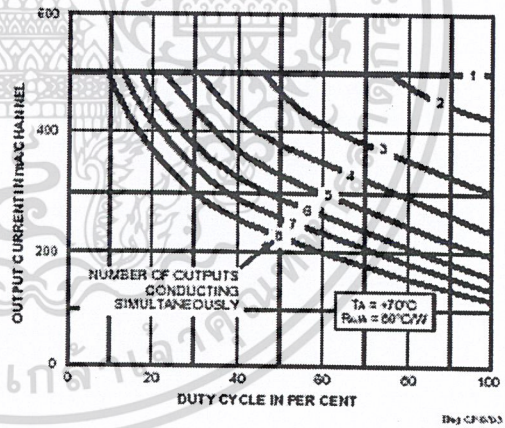
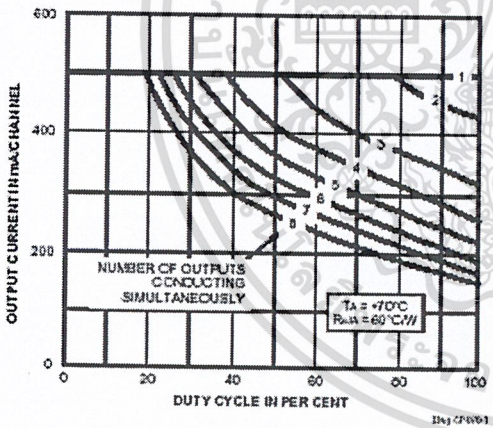
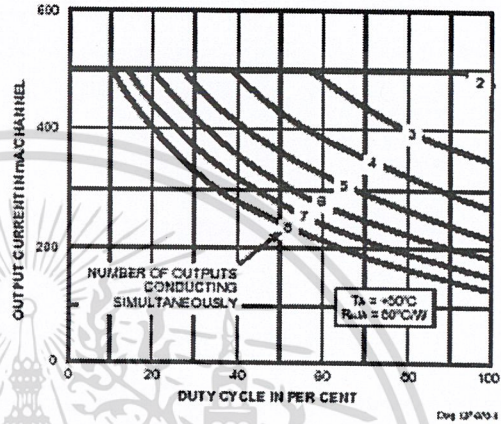
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT  
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE**  
ULx28xxA



**ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT  
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE**  
ULx28xxLW



x = Characters to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

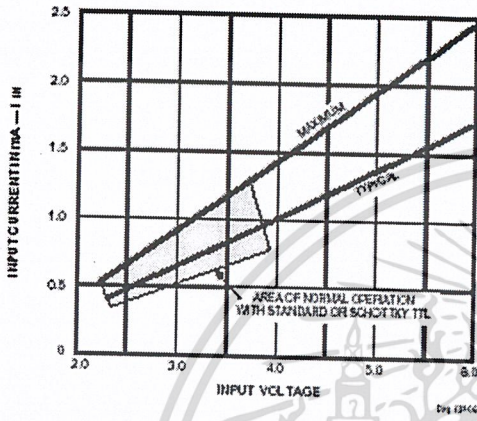


115 Northeast Cutoff, Box 15008  
Worcester, Massachusetts 01815-0008 (508) 853-5000

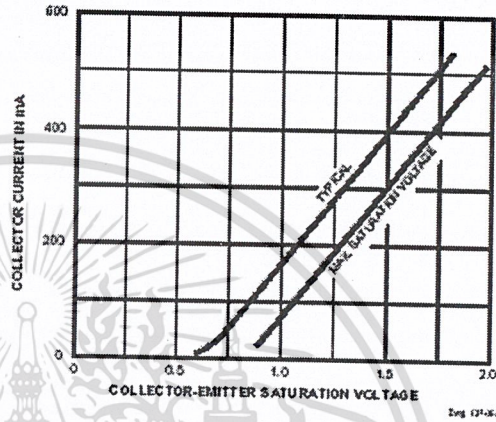
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**INPUT CURRENT AS A  
FUNCTION OF INPUT VOLTAGE**  
ULx28x3x

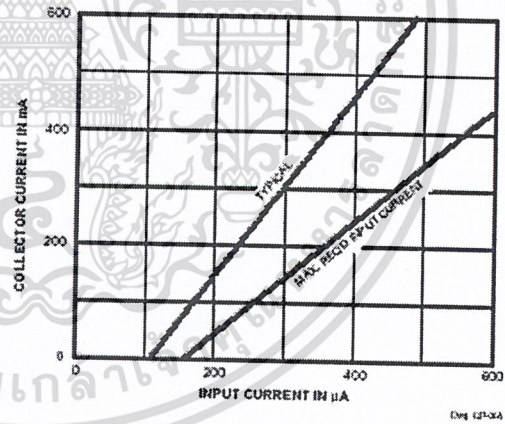
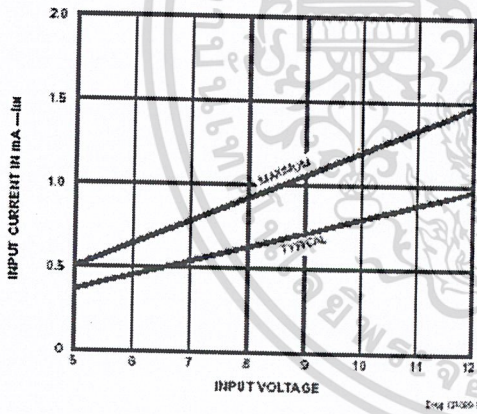


**SATURATION VOLTAGE AS A FUNCTION OF  
COLLECTOR CURRENT**



ULx28x4x

**COLLECTOR CURRENT AS A  
FUNCTION OF INPUT CURRENT**

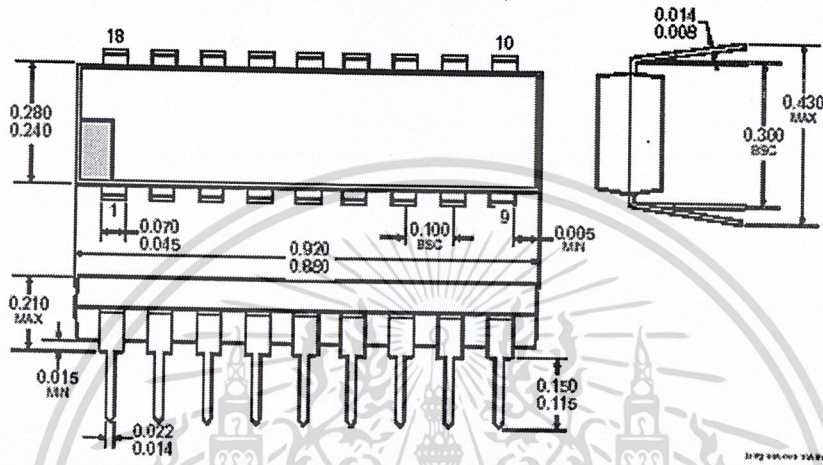


x = Characters to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

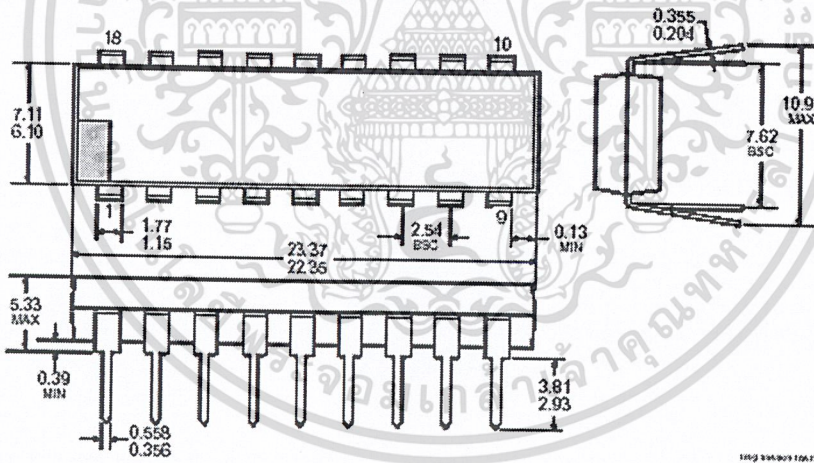
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**PACKAGE DESIGNATOR "A" DIMENSIONS**  
Dimensions in Inches  
(controlling dimensions)



Dimensions in Millimeters  
(for reference only)



- NOTES: 1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.  
2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.  
3. Lead thickness is measured at seating plane or below.



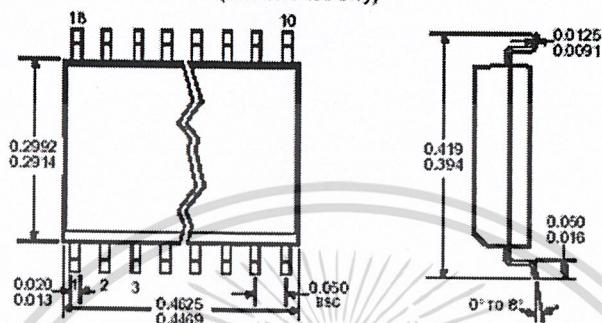
115 Northeast Cutoff, Box 15038  
Worcester, Massachusetts 01615-0038 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

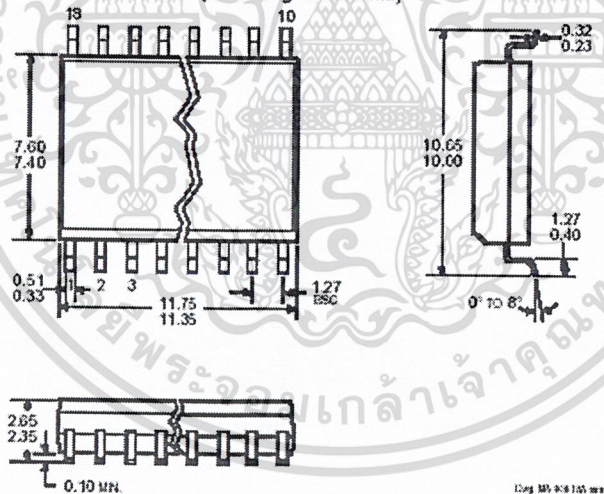
**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**PACKAGE DESIGNATOR "LW" DIMENSIONS**

Dimensions in Inches  
(for reference only)



Dimensions in Millimeters  
(controlling dimensions)



- NOTES: 1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.  
 2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2803 THRU 2824  
 HIGH-VOLTAGE,  
 HIGH-CURRENT  
 DARLINGTON ARRAYS



*Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the stated specifications as may be required to permit improvements in the design of its products. The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use.*



115 Northeast Cutoff, Box 15038  
 Worcester, Massachusetts 01815-0038 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ

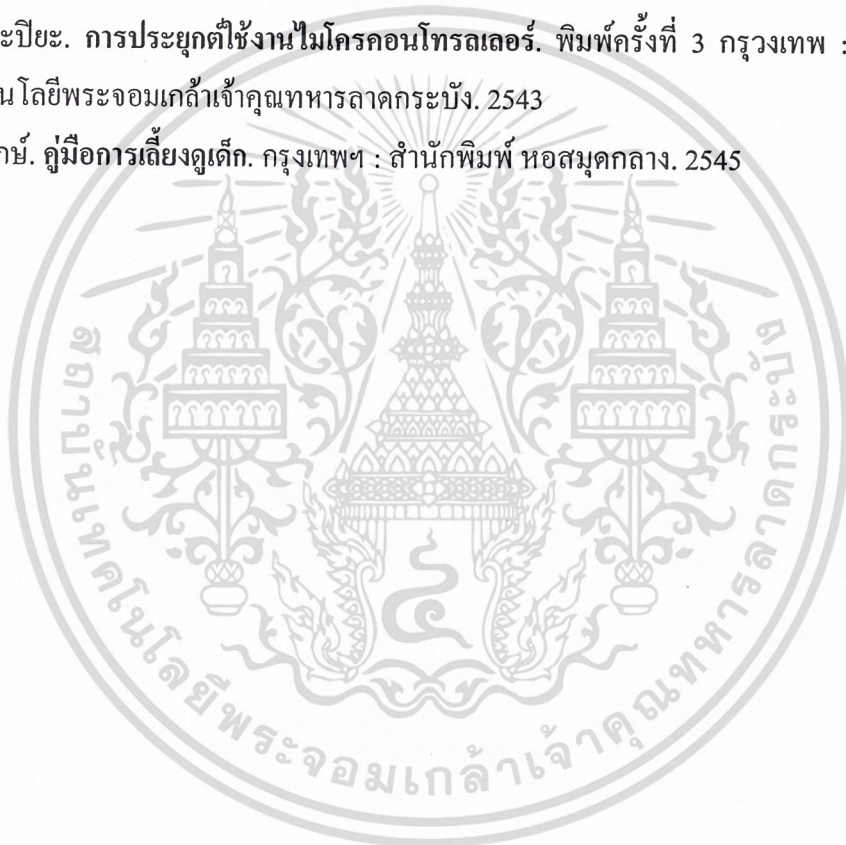
ระบบช่วยเหลือทางการแพทย์อัตโนมัติ มีระบบการทำงานหลักๆ อยู่ 2 ส่วน คือ ระบบไกวเปล และระบบชงนม สำหรับการนำระบบนี้ไปใช้งานจริงที่จะต้องศึกษาหลักการทำงาน หรือคู่มือการใช้งานของระบบเสียก่อน เพื่อให้สามารถใช้งานระบบช่วยเหลือทางการแพทย์ได้อย่างถูกต้อง และไม่เกิดการผิดพลาด ทั้งนี้ผู้จัดทำโครงการนี้จัดทำคู่มือการใช้งานไว้ ดังนี้

1. ตรวจสอบระดับน้ำที่อยู่ในถังสำหรับต้มน้ำเดือด
2. เติมน้ำเพื่อให้ได้ระดับน้ำที่เหมาะสมในการต้มน้ำ (ในกรณีที่น้ำเหลือน้อย)
3. ตรวจสอบระดับนมผง ในเครื่องป้อนนมผง
4. เติมนมผงเพื่อให้ได้ระดับนมผงที่เหมาะสมในการชงนม (ในกรณีที่นมผงเหลือน้อย)
5. เปิดระบบการต้มน้ำ
6. รอจนกว่าน้ำเดือด
7. หลังจากน้ำเดือดแล้วระบบต้มน้ำจะหยุดการทำงาน โดยอัตโนมัติ และพัดลมระบายความร้อนของน้ำจะทำงาน
8. เมื่อถึงอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสม ป้อนน้ำจะทำงาน โดยดูดน้ำจากถังต้มน้ำไปถังพักน้ำด้านบน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับระบบชงนม
9. หลังจากนั้นระบบการทำงานต่างๆ ก็พร้อมที่จะทำงาน
10. เลือกระบบการทำงานของระบบชงนม โดยมีให้เลือก 2 แบบ คือ แบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ
11. เลือกปริมาณของนมผงต่อน้ำที่เหมาะสมกับอายุของเด็ก และเลือกเวลาในการชงนม (ในกรณีที่เลือกการชงนมแบบอัตโนมัติ)
12. เลือกปริมาณของนมผงต่อน้ำที่เหมาะสมกับอายุของเด็กเพียงอย่างเดียว (ในกรณีที่เลือกการชงนมแบบกึ่งอัตโนมัติ)
13. กดปุ่มเริ่มการทำงาน เมื่อเลือกการทำงานได้ตามต้องการแล้ว
14. ในระบบไกวเปลเมื่อมีเสียงเด็กร้องขึ้น ระบบไกวเปลจะทำการไกวเปลโดยอัตโนมัติ ถ้าต้องการให้เปลหยุดไกวให้ไปเลือกปุ่มยกเลิกการไกวเปล
15. ถ้าต้องการให้เปลไกวโดยผู้ใช้เป็นผู้ควบคุมเอง ให้กดที่ปุ่มไกวเปลแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งเมื่อต้องการให้เปลหยุดไกวก็ให้เลือกที่ปุ่มยกเลิกการไกวเปล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช**. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. 2544
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี**. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2545
- สุภชัย บุศราทิจ. **Micro-C51**. กรุงเทพฯ : บริษัท ETT จำกัด. 2544
- สมยศ จุณณะปิยะ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์**. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543
- ยุวดี จอมพิทักษ์. **คู่มือการเลี้ยงดูเด็ก**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ หอสมุดกลาง. 2545



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานีพนธ์	นายธนา แคมพิมาย
วันเดือนปีเกิด	19 มิถุนายน 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดนครราชสีมา
ภูมิลำเนาเดิม	91 หมู่ 5 ตำบลห้วยแถลง อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา 30240
ที่อยู่ปัจจุบัน	111/53 หมู่ 3 ซอยลาดกระบัง 43 ถนนอ่อนนุช เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์	0-2327-3747, 0-9143-8754
ประวัติการศึกษา	โรงเรียนอนุบาลมณีราษฎร์กุลญาติ อ. ห้วยแถลง จ. นครราชสีมา
ประถมศึกษา	
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนห้วยแถลงพิทยาคม อ. ห้วยแถลง จ. นครราชสีมา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือนครราชสีมา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้นให้ดีที่สุด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร	นายอัยยาสี นาคสินธุ์
วันเดือนปีเกิด	6 มีนาคม 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	16 หมู่ 2 ตำบลท้ายหาด อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม 75000
ที่อยู่ปัจจุบัน	260/109 ยุคลรัตน์คอนโค ชั้น 4 ห้อง 109 ถนนหลวงแพ่ง แขวงลำประเทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์	0-2738-1887, 0-9042-3704, 0-9105-0283
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลสมุทรสงคราม อ. เมือง จ. สมุทรสงคราม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีทธาสมุทร อ. เมือง จ. สมุทรสงคราม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ผลงานที่ได้รับรางวัล

-

ทุนการศึกษา

-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
คิดพจน์  
ถ้าหากวันนี้ สบายวันหน้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้