สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ปริญญานิพนธ์

## เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

## AUTOMATIC COFFEE BLENDER

นางสาวทิพย์สุดา สุดประเสริฐ
นายปัญญา ภูมิเจริญ
นายวิกรม เพ็ชรสดใส
นายสิทธิชัย ขุนทองปาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51853
วัน,เดือน,ปี 3 ส.ค. 2547
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
b.....
i.....

**ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม**

**คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

**ชื่อหัวข้อ** เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

Automatic Coffee Blender

**ชื่อนักศึกษา**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. นางสาวทิพย์สุดา | สุดประเสริฐ | รหัสประจำตัว | 45035388 |
| 2. นายปัญญา | ภูมิเจริญ | รหัสประจำตัว | 45035391 |
| 3. นายวิกรม | เพ็ชรสดใส | รหัสประจำตัว | 45035398 |
| 4. นายสิทธิชัย | ขุนทองปาน | รหัสประจำตัว | 45035406 |

**หลักสูตร** ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

**อาจารย์ที่ปรึกษา** อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

**อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** อาจารย์สุชิน อาจหาญ

| คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| 1. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ | |
| 2. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ | |
| 3. อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล | |
| 4. ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ | |
| 5. อาจารย์ประเสริฐ เดนพันค้อ | |

**วัน/เดือน/ปีที่สอบ** วันเสาร์ที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เวลา 11:00 น.

**สถานที่สอบ** ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(นายสุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 31 เดือน ม.ค. พ.ศ. ๔๗

<BT4610062>

เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

**เรื่อง** เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

Automatic Coffee Blender

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อศึกษาการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์, สเต็ปเปอร์มอเตอร์, ชุดทำความร้อน และชุดเซนเซอร์
2. เพื่อออกแบบระบบเครื่องชงกาแฟ โดยใช้ภาษาแอสแซมบลีในการควบคุม
3. เพื่อสร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติที่สามารถกำหนดส่วนผสมในการชงได้
4. เพื่อทดสอบและทดลองการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ
5. เพื่อนำเครื่องชงกาแฟไปใช้งานได้จริง

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. มีความรู้เกี่ยวกับการทำงานและการใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์, สเต็ปเปอร์มอเตอร์, ชุดทำความร้อน และชุดเซนเซอร์
2. ได้แบบของเครื่องชงกาแฟ ตามที่ได้ออกแบบ
3. ได้ต้นแบบเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติที่สามารถกำหนดส่วนผสมในการชงได้
4. ได้ผลการทดลองเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ
5. นำเครื่องชงกาแฟไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อ** | เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | |
| **นักศึกษา** | นางสาวทิพย์สุดา | สุดประเสริฐ |
| | นายปัญญา | ภูมิเจริญ |
| | นายวิกรม | เพ็ชรสดใส |
| | นายสิทธิชัย | ขุนทองปาน |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | อาจารย์อมรชัย | ชัยชนะ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** | อาจารย์สุชิน | อาจหาญ |
| **หลักสูตร** | ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต | |
| **สาขาวิชา** | อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ | |
| **ปีการศึกษา** | 2546 | |


## บทคัดย่อ


ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบและการสร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-AT89C52 ซึ่งประกอบด้วยวงจรและโมดูลต่างๆ ดังนี้ วงจรบดเมล็ดกาแฟ, วงจรปล่อยผงครีมและน้ำตาลทราย, วงจรทำความร้อน, วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์, วงจรเซนเซอร์ และวงจรควบคุมการทำงาน MCS-AT89C52 นอกจากนี้ได้ออกแบบโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-AT89C52 ในการติดต่อกับวงจรและโมดูลต่างๆ จึงทำให้สามารถเข้าใจหลักการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-AT89C52 ในการติดต่อกับอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อกับวงจรและโมดูลการทำงานต่างๆ ซึ่งจะสามารถนำเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมาใช้งานได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **Thesis Title** | Automatic Coffee Blender | |
| **Students** | Miss Tipsuda | Sudprasert |
| | Mr.panya | Poomcharoen |
| | Mr.Wikrom | Petsodsai |
| | Mr.Sittichai | Khunthongpan |
| **Advisor** | Mr.Amornchai | Chaichana |
| **Co-Advisor** | Mr.Suchin | Adhan |
| **Education Level** | Bachelor of Science in Industrial Education | |
| **Program in** | Electronics and Computer | |
| **Academic** | 2003 | |


## ABSTRACT


This thesis presents a development and implementation of The Automatic Coffee Blender Controlled by MCS-AT89C52 Microcontroller. The parts of Auto made Coffee Blender are Grinding Coffee, Emitting Sugar and Cream, Hitting Coffee, Stepping Motor Driver, Sensing and Controlling. Moreover, MCS-AT89C52 is Controlled by our developed software to communication with each part modules. This software helps us to understand for each demonstrate modules in the Automatic Coffee Blender.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดีอันเนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์อมรชัย ชัยชนะ และคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ รวมทั้งให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและหอสมุดกลาง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่ ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดา และมารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญรูป | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน | 1 |
| 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ | 3 |
| 2.1 กล่าวนำ | 3 |
| 2.2 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 | 3 |
| 2.3 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 | 4 |
| 2.4 คุณสมบัติเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 | 7 |
| 2.5 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต | 8 |
| 2.5.1 การใช้งานพอร์ตอินพุต | 8 |
| 2.5.2 การใช้งานพอร์ตเอาต์พุต | 8 |
| 2.6 จอแสดงผลแบบ 7 ส่วน | 9 |
| 2.7 อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง | 12 |
| 2.7.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับเส้นทางแสง | 12 |
| 2.7.2 อุปกรณ์ส่งสัญญาณแสง | 12 |
| 2.7.3 อุปกรณ์รับสัญญาณแสง | 13 |
| 2.8 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 14 |
| 2.8.1 โครงสร้างและหลักการทำงาน | 15 |
| 2.8.2 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 15 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| 2.8.3 ลักษณะการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 17 |
| 2.8.4 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 17 |
| 2.9 โซลิดสเตทรีเลย์แบบไร้หน้าสัมผัส | 19 |
| 2.9.1 หลักการทำงาน | 20 |
| 2.9.2 การสร้างวงจรโซลิดสเตทรีเลย์ | 20 |
| 2.9.3 การนำไปใช้งาน | 21 |
| 2.10 การอินเตอร์เฟสกับคีย์บอร์ดแบบเชื่อมต่อสวิตซ์โดยตรงกับพอร์ต | 22 |
| 2.11 การบดกาแฟและเครื่องบดเมล็ดกาแฟ | 23 |
| 2.11.1 การบดกาแฟ | 23 |
| 2.11.2 เครื่องบดกาแฟ | 24 |
| 2.11.3 อุปกรณ์สำหรับชงกาแฟ | 26 |
| 2.11.4 ข้อผิดพลาดในการชงกาแฟแบบกรองและแบบกด | 29 |
| 2.11.5 เอสเปรสโซ (Espresso) | 30 |
| บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน | 33 |
| 3.1 กล่าวนำ | 33 |
| 3.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 34 |
| 3.2.1 ส่วนของวงจรควบคุม | 34 |
| 3.2.2 ส่วนของวงจรชุดชงกาแฟ | 36 |
| 3.3 การออกแบบและการทำงานของโปรแกรมเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 38 |
| บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง | 44 |
| 4.1 กล่าวนำ | 44 |
| 4.2 การทดลองการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 44 |
| 4.2.1 ลำดับขั้นตอนในการทดลองในส่วนของผู้ใช้ระบบ | 45 |
| 4.2.3 ลำดับขั้นตอนการทดลองในการบดกาแฟ | 53 |
| 4.2.4 ลำดับขั้นตอนการทดลองในการปล่อยครีม | 54 |
| 4.2.5 ลำดับขั้นตอนการทดลองในการปล่อยน้ำตาล | 55 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 5 บทสรุป | 56 |
| 5.1 สรุป | 56 |
| 5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข | 57 |
| 5.3 แนวทางการพัฒนา | 57 |
| บรรณานุกรม | 58 |
| ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ | 59 |
| ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์ | 61 |
| ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์ | 76 |
| ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม | 81 |
| ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน | 98 |
| ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ | 103 |
| ประวัติผู้แต่ง | 117 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3 | 5 |
| 2.2 รูปแบบของรหัสเพื่อการแสดงตัวเลขที่แอลอีดีเจ็ดส่วน | 11 |
| 2.3 การเปรียบเทียบการชงกับลักษณะการบดของกาแฟ | 23 |
| 2.4 มาตราส่วนเปรียบเทียบที่ควรทราบในการชงกาแฟ | 26 |
| 2.5 การเปรียบเทียบคาเฟอีนกับเครื่องดื่มชนิดต่างๆ | 32 |
| 4.1 ผลการทดลองการบดกาแฟปริมาณ 1 ช้อนชา | 53 |
| 4.2 ผลการทดลองการปล่อยครีมปริมาณ 1 ช้อนชา | 54 |
| 4.3 ผลการทดลองการปล่อยน้ำตาลปริมาณ 1 ช้อนชา | 55 |
| ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุม | 77 |
| ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 78 |
| ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรทำความร้อน | 78 |
| ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์ | 79 |
| ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรรับค่าคีย์และแสดงผลเมนูกำหนดส่วนผสม | 79 |
| ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรรับค่าคีย์คีย์และแสดงผลเมนูสูตรกาแฟ | 80 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 การจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 | 5 |
| 2.2 หน้าที่ของพอร์ตเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก | 6 |
| 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 | 7 |
| 2.4 รูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของ LED ตัวเลข 7 ส่วน | 9 |
| 2.5 โครงสร้างภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วน แบบแคโทดร่วมและแอโนดร่วม | 10 |
| 2.6 การจัดขาของ LED ตัวเลข 7 ส่วน ทั้งแบบตัวเดี่ยวและตัวคู่ | 10 |
| 2.7 ย่านความถี่ของคลื่นละความยาวคลื่นแสง | 12 |
| 2.8 วงจรสร้างสัญญาณอินฟาเรด | 13 |
| 2.9 โฟโต้ทรานซิสเตอร์และการต่อใช้งาน | 14 |
| 2.10 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก | 15 |
| 2.11 การวางตัวของโรเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรเป็นมุม 45 องศา | 16 |
| 2.12 ขดลวดชนิดยูนิโพลาร์ | 16 |
| 2.13 โครงสร้างภายในเบอร์ ULN 2065 B | 18 |
| 2.14 ลักษณะการนำต่อใช้งาน ULN 2065 B | 18 |
| 2.15 วงจรสมมูลของโซลิดสเตทรีเลย์ | 19 |
| 2.16 การเชื่อมต่อสวิตซ์แบบต่อโดยตรงกับพอร์ต | 22 |
| 2.17 เครื่องบดกาแฟแบบใช้มือหมุน | 24 |
| 2.18 เครื่องบดแบบกาไฟฟ้า | 25 |
| 2.19 เครื่องชงกาแฟแบบกด | 27 |
| 2.20 เครื่องชงกาแฟแบบไอน้ำหรือ Moka Express | 27 |
| 2.21 เครื่องชงกาแฟแบบ Espresso Pot | 28 |
| 2.22 เครื่องชงกาแฟแบบสำเร็จรูป | 28 |
| 3.1 โครงสร้างการทำงานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 34 |
| 3.2 วงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 | 39 |
| 3.3 วงจรคีย์สวิตซ์ | 40 |
| 3.4 ชุดปล่อยน้ำตาลและครีม | 40 |
| 3.5 วงจรแสดงผลอแลอีดี 7 ส่วน | 41 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 3.6 วงจรชุดทำความร้อน | 41 |
| 3.7 ชุดบดเมล็ดกาแฟ | 42 |
| 3.8 วงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว | 42 |
| 3.9 วงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์ | 43 |
| 3.10 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 43 |
| 4.1 ตัวเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 45 |
| 4.2 สถานะการทำงานปัจจุบันของเครื่องด้วยแอลอีดี ในส่วนด้านหน้าของตัวเครื่อง | 46 |
| 4.3 วางแก้วกาแฟลงในช่องวางแก้ว | 47 |
| 4.4 เมนูเลือกสูตรกาแฟ | 47 |
| 4.5 ชุดกรองกากกาแฟนำกากกาแฟเททิ้งลงในกล่องที่รับกาก | 48 |
| 4.6 รับกาแฟที่ชงเสร็จทางช่องรับแก้ว | 48 |
| 4.7 สถานะการทำงานปัจจุบันของเครื่องด้วยแอลอีดี ในส่วนด้านหน้าของตัวเครื่อง | 49 |
| 4.8 วางแก้วกาแฟลงในช่องวางแก้ว | 50 |
| 4.9 กำหนดปริมาณของน้ำตาลที่ต้องการใส่ลงในกาแฟ | 50 |
| 4.10 กำหนดปริมาณของครีมที่ต้องการใส่ลงในกาแฟ | 51 |
| 4.11 กดคีย์สวิตซ์ในตำแหน่ง “ผสม” เพื่อให้เครื่องเริ่มการทำงาน | 52 |
| 4.12 รับกาแฟที่ชงเสร็จทางช่องรับแก้ว | 52 |
| ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 60 |
| ก.2 ภาพด้านในของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 60 |
| ข.1 วงจรควบคุม | 62 |
| ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุม | 63 |
| ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม | 64 |
| ข.4 วงจรชุดทำความร้อน | 64 |
| ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรชุดทำความร้อน | 64 |
| ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรชุดทำความร้อน | 65 |
| ข.7 วงจรแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน | 65 |
| ข.8 วงจรคีย์สวิตซ์ | 66 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| ข.9 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรคีย์สวิตซ์ (Auto) | 66 |
| ข.10 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรคีย์สวิตซ์ (Auto) | 67 |
| ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรคีย์สวิตซ์ (Manual) และวงจรแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน | 68 |
| ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรคีย์สวิตซ์ (Manual) และ วงจรแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน | 69 |
| ข.13 วงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว | 70 |
| ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว | 70 |
| ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว | 70 |
| ข.16 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 71 |
| ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 72 |
| ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ | 73 |
| ข.19 วงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์ | 74 |
| ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์ | 74 |
| ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์ | 75 |
| ง.1 แผนผังการทำงานระบบ MANUAL | 82 |
| ง.2 แผนผังการทำงานระบบ AUTO | 83 |
| ง.3 แผนผังการทำงานระบบ AUTO (ต่อ) | 84 |
| ง.4 แผนผังการทำงานระบบ AUTO (ต่อ) | 85 |
| ง.5 แผนผังการทำงานระบบ AUTO (ต่อ) | 86 |
| ง.6 แผนผังการทำงานการตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้น | 87 |
| ง.7 แผนผังการทำงานการตรวจสอบระดับน้ำ | 88 |
| จ.1 ส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ | 100 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมดื่มกาแฟกันแพร่หลายมากขึ้น จึงทำให้มีการผลิตตู้ขายกาแฟอัตโนมัติ เพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภคกาแฟเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ แต่ในการซื้อกาแฟจากตู้ขายอัตโนมัติหรือตามร้านมินิมาร์ท ผู้ซื้อจะไม่สามารถกำหนดหรือระบุอัตราส่วนผสมกาแฟได้ว่าต้องการปริมาณของผงครีมเท่าไร และปริมาณของน้ำตาลที่ต้องการได้ จึงทำให้รสชาติของกาแฟที่ได้ไม่ถูกใจผู้บริโภค และปัญหาอีกส่วนคือ เครื่องขายกาแฟอัตโนมัติที่มีอยู่ทั่วไปจะมีปัญหาในเรื่องของความสะอาดเพราะว่าในส่วนของท่อที่จ่ายน้ำกาแฟลงในแก้วจะมีคราบของกาแฟติดสะสมอยู่ทำให้ไม่ถูกสุขลักษณะและอาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ดังนั้นจึงได้คิดประดิษฐ์เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติขึ้น ซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาของเครื่องชงกาแฟที่มีอยู่เดิมได้ในระดับหนึ่ง เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคให้ตรงกับความต้องการและถูกสุขลักษณะมากที่สุด

## 1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานมีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถเลือกระบบในการใส่ส่วนผสมได้ 2 แบบคือ แบบ AUTO และ MANUAL
2. สามารถเลือกส่วนผสมการปรุงแต่งรสชาติได้สองอย่างคือ ครีมและน้ำตาล
3. สามารถปรุงแต่งรสชาติของกาแฟตามปริมาณและอัตราส่วนที่กำหนดได้/ต่อแก้วในแต่ละครั้ง
4. ในการเติมส่วนผสมต่างๆ ให้กับระบบ สามารถชงกาแฟได้ทั้งหมด 30 แก้ว
5. สามารถแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่องชงกาแฟได้
6. สามารถถอดทำความสะอาดชุดชงกาแฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ มีขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของสถาปัตยกรรม โครงสร้างของพอร์ตต่างๆ ชุดคำสั่ง และการเข้าถึงรีจิสเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-AT89C52 อุปกรณ์ด้านเซ็นเซอร์แสง สเต็ปเปอร์มอเตอร์ โซลินอยด์ เครื่องบดกาแฟและการชงกาแฟ

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับโครงสร้างการทำงานของโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น ชุดบดเมล็ดกาแฟ ชุดปล่อยผงครีม, น้ำตาลทราย ชุดทำความร้อน วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ และชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-AT89C52

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการทดลองและผลทดสอบของวงจรต่างๆ ที่ใช้ในชุดทดลอง ที่สร้างขึ้นว่ามีผลการทดลองการทำงานเป็นตามที่ออกแบบไว้และทำการทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพของชุดควบคุมเครื่องชงกาแฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-AT89C52

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับเครื่องชงกาแฟและการทำงานซึ่งรวมไปถึงด้านโปรแกรมด้วย อภิปรายถึงสาเหตุข้อบกพร่อง และแนวทางการแก้ไขและพัฒนาต่อไป

ภาคผนวกแสดงรายละเอียดของโปรแกรม วงจรขับมอเตอร์ ชุดบดเมล็ดกาแฟ ชุดปล่อยผงครีมและน้ำตาลทราย ชุดทำความร้อน วงจรควบคุมเครื่องชงกาแฟโดย MCS-AT89C52 และรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้จัดทำโครงงานดังต่อไปนี้

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข แสดงรายละเอียดวงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ผังงาน และโปรแกรม

ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละวงจร

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการ

## 2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่จะนำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน โดยประกอบด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรแต่ละวงจรที่ใช้ในการสร้างโครงงาน ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

## 2.2 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีดังนี้

1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต

2) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี

3) มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตขนาด 32 บิต

4) สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data) โดยอ้างตำแหน่งหน่วยความจำได้ถึง 64 กิโลไบต์

5) สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Program Memory) โดยสามารถอ้างตำแหน่งหน่วยความได้ถึง 64 กิโลไบต์

6) มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (On-Chip Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8031 และ M8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้

7) มีหน่วยความจำภายในตัว (On-Chip Data Memory) ขนาด 12 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์

8) มีหน่วยความจำบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุม หรือ การตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายขึ้น

9) มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (Timers/Counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) การอินเตอร์รัพทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเตอร์รัพได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัพยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

11) มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)

12) มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์

13) ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว

## 2.3 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้

1) ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์

2) ขา Vss เป็นกราวด์

3) ขาพอร์ต 0 (PORT 0) มี 8 ขาได้แก่ P0.0 – P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับการใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการเขียนค่าเป็น 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองมี่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพิแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ (A0 - A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0 - D7)

4) ขาพอร์ต 1 (PORT 1) มี 8 ขา ได้แก่ขา P1.0 - P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับการใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการเขียนค่าเป็น 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต

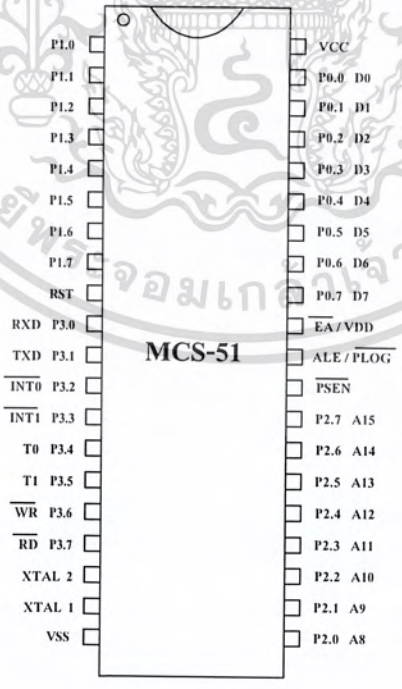
5) ขาพอร์ต 2 (PORT 2) มี 8 ขา ได้แก่ขา P2.0 - P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับการใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการเขียนค่าเป็น 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตนอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วยโดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำและใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพิแดนซ์สูงได้ นอกจากความจำไบต์สูง (A8-A15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3

| ขาพอร์ต | หน้าที่พิเศษ |
|---|---|
| P3.0 | RXD (Serial Input Port) |
| P3.1 | TXD (Serial Output Port) |
| P3.2 | $\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt 0) |
| P3.3 | $\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt 1) |
| P3.4 | T0 (Timer 0 External Input) |
| P3.5 | T1 (Timer 1 External Input) |
| P3.6 | $\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) |
| P3.7 | $\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe) |

6) ขาพอร์ต 3 (PORT 3) มี 8 ขา ได้แก่ขา P3.0 – P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับการใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการเขียนค่าเป็น 1 ไปยังแต่ละบิต




**รูปที่ 2.1** การจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

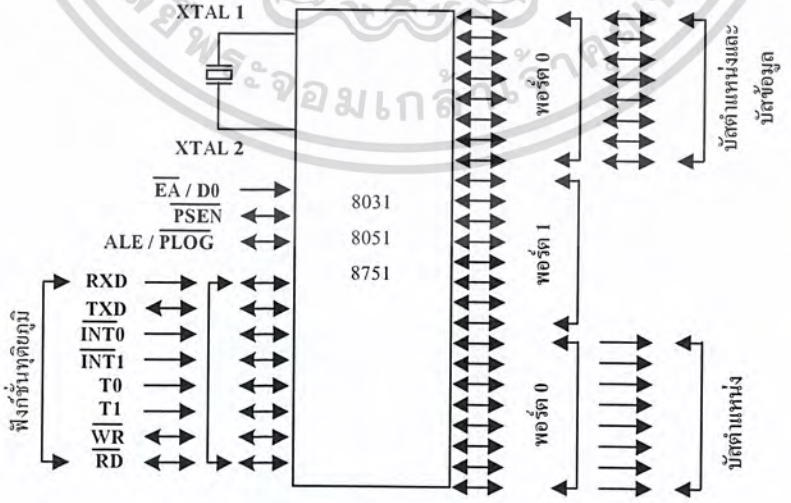
การกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตนี้นอกจากจะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

7) ขารีเซตใช้สำหรับรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 รอบการทำงานของคำสั่ง ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

8) ขา ALE / $\overline{\text{PROG}}$ เป็นขาสัญญาณที่ทำหน้าที่ควบคุมการค้างสภาวะ (Latch) ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกและทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำตำแหน่งภายใน EPROM

9) ขา $\overline{\text{PSEN}}$ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละรอบการทำงานของคำสั่ง แต่ถ้ามีการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

10) ขา $\overline{\text{EA}}$ /Vpp เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายใน หรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (Security Bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vpp) ขนาด 12 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM



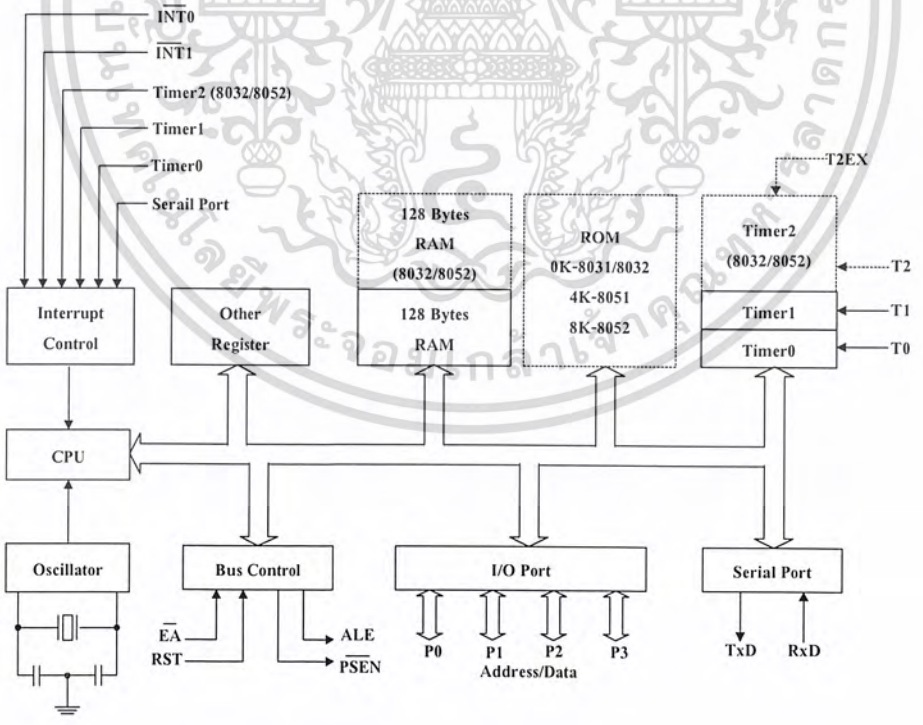

**รูปที่ 2.2** หน้าที่ของพอร์ตเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) ขา XTAL1, XTAL2 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (Inverting Oscillator Amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

## 2.4 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52

1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
2) ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้ 1 หมื่นครั้ง
3) หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นความจำแบบแรม 256 ไบต์ แบบอีพรอม 2 กิโลไบต์
4) ขาพอร์ตเป็นแบบ 2 ทิศทาง สามารถใช้งานได้เป็นทั้งอินพุต และเอาต์พุต
5) มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
6) ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว
7) สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง
8) มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
9) มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว




**รูปที่ 2.3** โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลซมีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 มีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง สามารถเป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุต สำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออกทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลซมีวงจรแลตซ์ วงจรขับบัฟเฟอร์อินพุตส่วนที่พอร์ต 0 กับ พอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต เอาต์พุตสำหรับงานทั่วไป และใช้ในการติดต่อ กับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ต และพอร์ต 1 บางขานอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก

### 2.5.1 การใช้งานพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลซสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องกำหนดลักษณะการทำงานให้พอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลซ

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล “1” มาทีละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของแฟลซที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของพอร์ตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรงส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “1” สามารถรับสัญญาณ “0” จากอุปกรณ์ได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่ออุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลซควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก “0”

### 2.5.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้วพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถ ส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายและตรงไปตรงมา เมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุต ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตซ์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงานที่ขาพอร์ต ที่กำหนดให้ ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไปก็ให้เขียนข้อมูล “1” ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมากเพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่ ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่กรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูล ที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

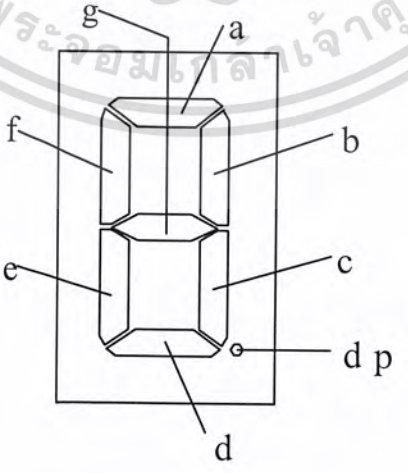
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลซเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขาของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสซอร์ส ได้สูงสุด 10 มิลลิแอมป์ และทุกขารวมกันในพอร์ต 0 (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 มิลลิแอมป์และ 15 มิลลิแอมป์ สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

## 2.6 จอแสดงผลแบบ 7 ส่วน

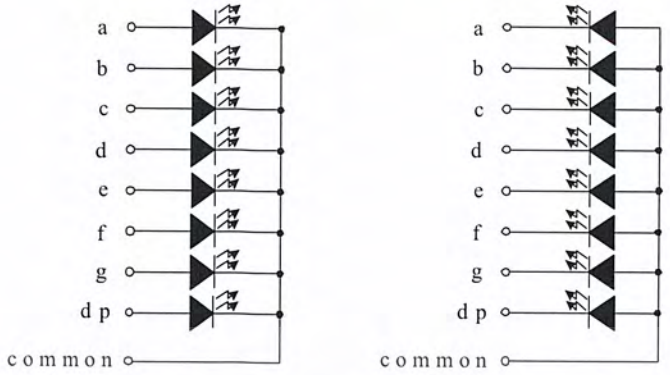
จอแสดงผล ตัวเลข 7 ส่วนประกอบขึ้นจาก LED จำนวน 7 ตัวที่บรรจุอยู่ในตัวถังเดียวกัน และได้รับการจัดเรียงเป็นรูปตัวเลข LED แต่ละตัวจะถูกเรียกว่า ส่วนหรือเซกเมนต์ (Segment) แต่ละส่วนหรือเซกเมนต์มีชื่อรียกแตกต่างกันตามตำแหน่งที่ได้รับการจัดวางคือ a, b, c, d, e, f และ g ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ส่วน dp เป็น LED อีก 1 ตัวที่บรรจุอยู่ใน LED ตัวเลข 7 ส่วนนี้ใช้เป็นตัวแสดงจุดทศนิยมในกรณีที่มีการแสดงผลในลักษณะเลขที่มีทศนิยม

LED ทุกตัวที่บรรจุอยู่ใน LED ตัวเลข 7 ส่วนนี้มีขาต่อร่วมกัน ซึ่งก็มีทั้งแบบต่อขาแคโทดร่วมกันเรียกว่า แบบแคโทดร่วมและแบบต่อขาแอโนดร่วมกันเรียกว่า แบบแอโนดร่วม การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วมสว่างจะต้องจ่ายไฟลบเข้าที่ขาร่วม แล้วจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาแอโนด ซึ่งก็คือขาของแต่ละเซกเมนต์นั่นเอง ดังแสดงใน รูปที่ 2.5 (ก) ในขณะที่ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแอโนดร่วมจะต้องจ่ายไฟบวกเข้าที่ ขาร่วม แล้วจ่ายไฟลบเข้าที่ขาแคโทด ซึ่งเป็นขาของแต่ละเซกเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ข)

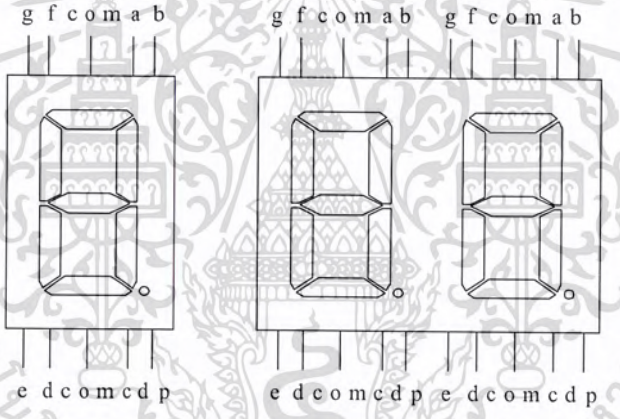



**รูปที่ 2.4** รูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของ LED ตัวเลข 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5** โครงสร้างภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วน แบบแคโทดร่วมและแอโนดร่วม




**รูปที่ 2.6** การจัดขาของ LED ตัวเลข 7 ส่วนทั้งแบบตัวเดี่ยวและตัวคู่

LED ตัวเลข 7 ส่วนมีทั้งแบบตัวเดี่ยว, ตัวคู่ และแบบที่มีมากกว่า 2 หลัก แต่ที่นิยมใช้งานและหาได้ง่ายมี 2 แบบคือ แบบตัวเดี่ยวและแบบตัวคู่โดยมีการจัดขาดังแสดงในรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่า LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวเดี่ยวมีขาต่อใช้งาน 10 ขาคือ a, b, c, d, e, f, g, dp และ ขาร่วม (common) ซึ่งมี 2 ขา ถ้าเป็น LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวคู่มีขาต่อใช้งาน 20 ขา แบ่งเป็นขา a, b, c, d, e, f, g และ dp อย่างละ 2 ขารวม 16 ขาและขาร่วมอีกหลักละ 2 ขา การต่อขาร่วมอีกหลักละ 2 ขา การต่อขาร่วมของแต่ละหลักทั้ง 2 ขานั้น สามารถต่อใช้งานเพียงขาเดียวได้ เนื่องจาก ในโครงสร้างภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วน ขาร่วมนี้ต่อถึงกันอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2** รูปแบบของรหัสเพื่อการแสดงตัวเลขที่แอลอีดีเจ็ดส่วน

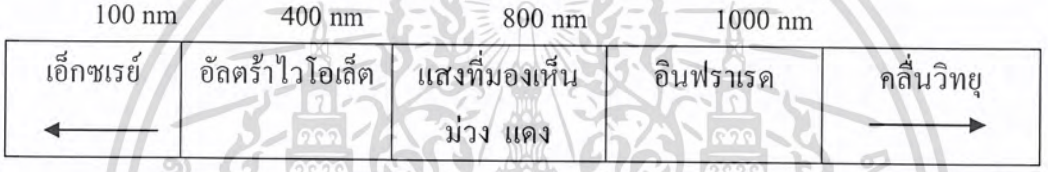
| เลข | D7<br>dp | D6<br>g | D5<br>f | D4<br>e | D3<br>d | D2<br>c | D1<br>b | D0<br>a | รหัส |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3F |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 06 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 5B |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4F |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 66 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 6D |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 7D |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 07 |
| 8 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7F |
| 9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6F |
| A | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 77 |
| B | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7C |
| C | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 39 |
| D | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5E |
| E | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 79 |
| F | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 71 |
| 8. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0FF |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 อุปกรณ์ตรวจจับทางแสง

### 2.7.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับเส้นทางแสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กแบบหนึ่งที่มีความเร็ว 3 x $10^8$ เมตรต่อวินาที แสงที่มองเห็นได้ (VisibleLight) เป็นค่าสเปกตรัมหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.4 ไมโครเมตร (แสงสีม่วง) ไปถึง 0.8 ไมโครเมตร (แสงสีแดง) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับแสง หรือที่เรียกว่าออปโต้อิเล็กทรอนิกส์นั้นจะมีการใช้งานที่มากกว่าย่านแสงที่ มองเห็นสเปกตรัมของคลื่นไฟฟ้า และสเปกตรัมย่านการใช้งานของอุปกรณ์ออปโต้อิเล็กทรอนิกส์



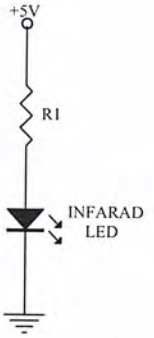

**รูปที่ 2.7** ย่านความถี่ของคลื่นและความยาวคลื่นแสง

อุปกรณ์ตรวจจับทางแสงเป็นการนำเอาผลของแสงสว่างมาเปลี่ยนแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อสามารถนำมาใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้

### 2.7.2 อุปกรณ์ส่งสัญญาณแสง

ในการควบคุมด้วยสัญญาณแสงสัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณแสงก่อน ลักษณะของแสงที่ใช้ในการส่งสัญญาณแบ่งเป็นสองประเภทตามความถี่ของแสง คือประเภทที่มองเห็นได้และประเภทแสงที่มองไม่เห็น ซึ่งมักจะได้แก่แสงของความถี่ย่านอินฟราเรดหรือเหนือแสงสีแดงในระบบของแสงที่มองเห็นได้ ความเข้มของแสงที่ใช้รับส่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะไม่เช่นนั้นแสงทั่วไปอาจส่งผลกระทบต่อวงจรภาครับได้ง่ายในย่านความถี่อินฟราเรด สามารถตัดปัญหารบกวนของแสงที่ความถี่อื่นได้โดยเด็ดขาด มีความน่าเชื่อถือในการใช้งานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.8 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรด

**1) อินฟราเรดแอลอีดี (Infrared LED)** อินฟราเรดแอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟราเรด เมื่ออินฟราเรดแอลอีดีนำกระแส อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษและเกิดการรวมตัวกับโฮล (Recombine) ทำให้เกิดพลังงานโปรตอนหรือพลังงานแสง การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันทีที่มีกระแสไหลผ่านอินฟราเรดแอลอีดี สามารถกำเนิดแสงอินฟราเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่น คือ อินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนต์ (Gallium Arsenide : GaAs) จะให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตรและอินฟราเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนต์ (GaAlAs) จะกำเนิดแสงอินฟราเรดความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

### 2.7.3 อุปกรณ์รับสัญญาณแสง

**1) โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo transistor)**

เป็นตัวตรวจจับทางแสงที่ทำงาน ได้ดีกว่าโฟโต้เซลล์มาก ซึ่งสามารถที่จะตอบสนองได้รวดเร็วถึง 1 ไมโครวินาที มีหลักการทำงานคล้ายกับโฟโต้ไดโอด แต่โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีการขยายกระแสผ่านออกมาที่เอาท์พุตด้วย ทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โฟโต้ทรานซิสเตอร์ทุกแบบ จะมีโครงสร้างเป็นชนิด NPN สารที่ถูกนำมาใช้ผลิตได้แก่ ซีลีเนียม ซิลิกอน หรือ เยอรมันเนียม สารแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงในย่านที่แตกต่างกันออกไป

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างมาจากสารซิลีเนียม จะสามารถตอบสนองต่อสเปกตรัมของคลื่นแสงที่คนเราสามารถมองเห็นได้ ซึ่งมีลักษณะการตอบสนองได้ใกล้เคียงกับสายตาของคนเรา

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างมาจากสารซิลิกอน จะมีการตอบสนองได้ดีต่อสเปกตรัมของแสงในย่านของแสงอินฟราเรดหรือใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่สร้างมาจากสารเยอรมันเนียม จะมีการตอบสนองต่อแสงได้ในช่วง ที่ค่อนข้างกว้าง ซึ่งอาจรวมถึงย่านของแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วย

เมื่อมีแสงมาตกกระทบโฟโต้ทรานซิสเตอร์ กระแสเบสจะถูกขยายด้วยอัตราการขยายของและถ้าไบแอสขาเบสด้วยกระแสเบสภายนอกก็จะถูกขยายรวมกับกระแสเนื่องจากแสงด้วย

ถ้าให้

$\Delta I_p$ = การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เกิดจากแสง

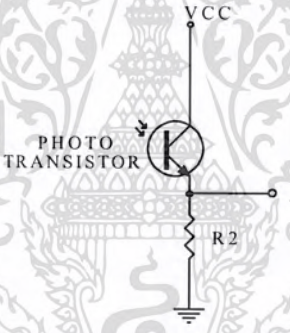
$I_b$ = กระแสเบสที่มาจากภายนอก

$I_e$ = กระแส อิมิเตอร์

$H_{FE}$ = อัตราขยายของทรานซิสเตอร์

จากสมการของทรานซิสเตอร์คือ

$$I_e = (h_{FE} + 1)I_b + \Delta I_p \qquad (2.1)$$




**รูปที่ 2.9** โฟโต้ทรานซิสเตอร์และการต่อใช้งาน

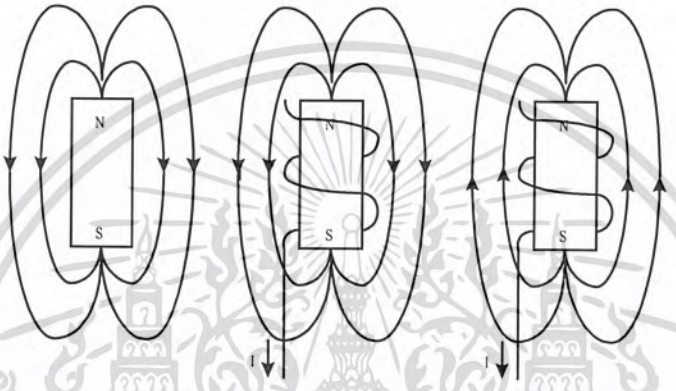
## 2.8 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor)

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ เป็นเครื่องจักรกลที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณข้อมูลที่เป็นแบบดิจิตอล (Digital Information) ให้เป็นการเคลื่อนที่ทางกล (Mechanical Movement) อย่างได้สัดส่วนกัน โดยที่แกนหมุน (Rotor) ของมอเตอร์ชนิดนี้จะถูกควบคุมให้หมุนเป็นสเต็ป (Discontinuous) ประโยชน์จากการใช้งานสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้สัญญาณดิจิตอลในการควบคุม คือมีความถูกต้องเที่ยงตรงและสามารถเปลี่ยนตำแหน่งการหมุนที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วเนื่องจาก แต่ละอินพุตซึ่งมีลักษณะเป็นพัลส์ จะทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเต็ปเป็นไปอย่างเที่ยงตรง โดยผ่านวงจรขับกระแส (Driver) เพื่อเพิ่มค่ากระแสให้เพียงพอกับความต้องการของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.8.1 โครงสร้างและหลักการทำงาน

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ประกอบด้วย สเตเตอร์ โรเตอร์ และขดลวด ตัวโรเตอร์เป็นแกนเหล็กอ่อนที่มีคุณสมบัติที่พยายามปรับตัวเองให้อยู่ในแนวเส้นแรงแม่เหล็กผ่านมากที่สุด โดยการหมุนตัวทำให้เกิดมุมของการหมุนขึ้นและมอเตอร์หยุดหมุนเมื่อเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดผ่านตัวมันถึงจุดที่มากที่สุดหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก ดังแสดงในรูป 2.10




**รูปที่ 2.10** สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก

### 2.8.2 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

จะแบ่งตามสนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากการพันขดลวดบนตัวสเตเตอร์แบ่งออกได้เป็นชนิดยูนิโพลาร์ กับไบโพลาร์ รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่เกิดขึ้นในขดลวดเมื่อให้พลังงานแก่ขดใดขดหนึ่งจะทำให้โรเตอร์หมุนไปเป็นมุม 90 องศา

จากรูปที่ 2.11 ถ้าให้พลังงานแก่ขดลวดสองขดพร้อมกันโรเตอร์จะหมุนเพียง 45 องศา แต่จะสร้างแรงบิดและมุมที่เปลี่ยนไปจะหาได้จาก มุมที่เปลี่ยนไป = ค่ามุมต่อสเต็ป * จำนวนพัลซ์ที่ป้อน

รูปที่ 2.12 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์คล้ายกับแบบไบโพลาร์โดยคิดเพียงขดเดียว ในแต่ละเฟสของยูนิโพลาร์จะมีแทปกลาง ซึ่งจะมีขนาดเป็น 2 ขดดังรูปที่ 2.10 เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กกระแสจะไม่เปลี่ยนทิศทางการไหล เนื่องจากแบบยูนิโพลาร์จะมีแทปจึงเป็นผลให้ได้ค่าเป็นแอมแปร์ซึ่งเป็นค่าฟลักซ์มีค่าน้อยกว่าแบบไบโพลาร์ โดยสนามแม่เหล็กที่ได้จะน้อยก็ตามแรงบิดที่เกิดขึ้นสูงกว่าเมื่อเทียบกับไบโพลาร์ขนาดเดียวกัน

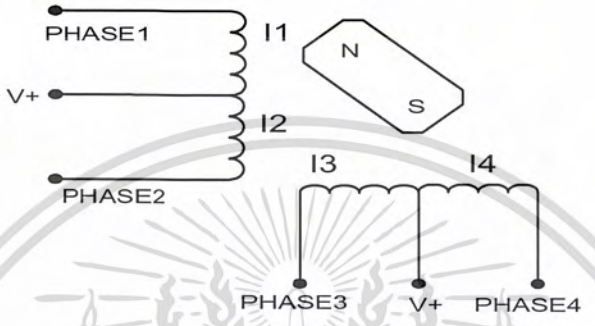
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1) ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิดคือ**

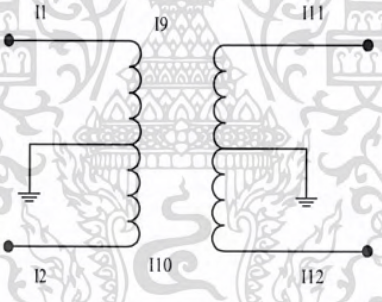
1.1) วาร์ริเอเบิล (Variable Reluctance, VR)

1.2) เปอร์มิแนนซ์ แมกเนส (Permanent Magnet, PM)

1.3) ไฮบริดส์ สเต็ปเปอร์ (Hybrid Stepper, HSM)




**รูปที่ 2.11** การวางตัวของโรเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรเป็นมุม 45 องศา




**รูปที่ 2.12** ขดลวดชนิดยูนิโพลาร์

1.1) สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบวาร์ริเอเบิล (VR Stepper Motor)

เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ถูกกล่าวถึงและนำไปใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะแบบ 4 เฟส โรเตอร์และสเตเตอร์ทำมาจากเหล็กผสมซิลิกอนเพลาของมอเตอร์จะหมุนไปเป็นค่ามุมคงที่มีมุม ($Ø_S$) ต่างๆ กัน คือ 0.72, 0.9, 1.8, 2.0, 3.6, 6.0, 7.5 และ 15 องศาต่อสเต็ป สำหรับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้วงจรขับแบบยูนิโพลาร์การหามุมต่อสเต็ปหาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



$$Ø_S = mNr \quad (2.2)$$

โดย $Ø_S$ = มุมเสต็ป

M = จำนวนเฟส

Nr = จำนวนฟันของโรเตอร์

1.2) สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบเปอร์มิแนนซ์แมกเนส (PM Stepper Motor)

เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบที่ตัวโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร สเต็ปเปอร์มอเตอร์มีลักษณะการหมุนแบบไบโพลาร์ ซึ่งจะจ่ายไฟบวกและไฟลบเข้าแต่ละเฟสของมอเตอร์โดยตรง

1.3) สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบไฮบริด (HSM Stepper Motor)

เป็นแบบผสมระหว่างแบบ VR และ PM จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์จะไม่เท่ากันสเต็ปเปอร์มอเตอร์ จะมีลักษณะการทำงานที่ซับซ้อนจึงไม่นิยมใช้งานมากนัก

**2.8.3 ลักษณะการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์**

ลักษณะการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์มี 3 แบบ

1) การจ่ายกระแสไฟฟ้าเฟสเดียวเวียนกันหรือ One Excitation หรือ Half Drive คือ จะได้เป็น 1000, 0100, 0010, 0001

2) แบบจ่ายกระแสไฟให้พร้อมกันที 2 เฟส หรือ Two Excitation หรือ Full Step คือ 1001, 1100, 0110, 0011 หมุนเวียนกันไปแบบนี้แรงบิดจะมาก

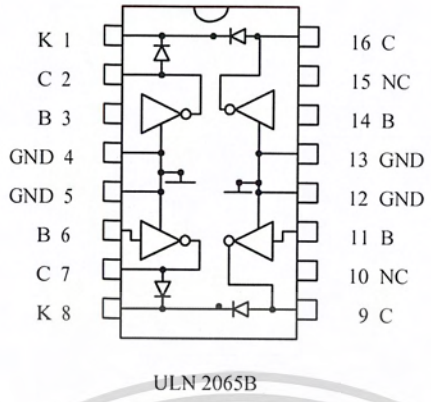
3) จ่ายกระแสไฟให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส เรียกว่า One Two Excitation จำนวนสเต็ปจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของสองแบบแรกแต่แรงบิดเฉลี่ยจะน้อย การหมุนจะเป็นแบบ 1000, 1100, 0110, 0010, 1001

**2.8.4 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์**

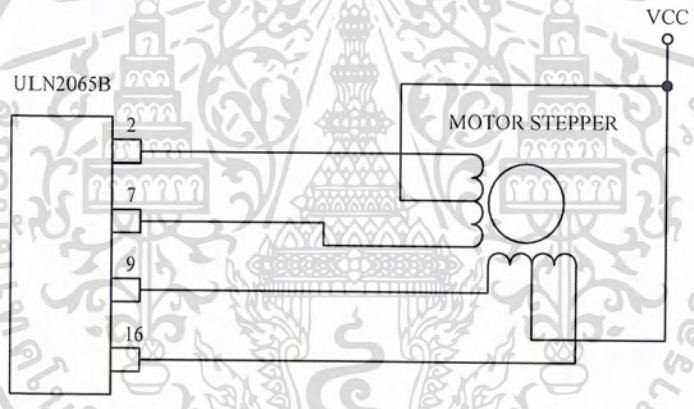
จากเอาต์พุตของส่วนวงจรสร้างพัลส์ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ถูกนำมาเป็นอินพุตของวงจรกำลังของมอเตอร์ วงจรนี้เราอาจเรียกว่า วงจรขับกระแส ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้หลายแบบ เช่น ใช้ทรานซิสเตอร์ หรือ ไอซีสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51853




**รูปที่ 2.13** โครงสร้างภายในเบอร์ ULN2065B




**รูปที่ 2.14** ลักษณะการนำไปต่อใช้งาน ULN2065B

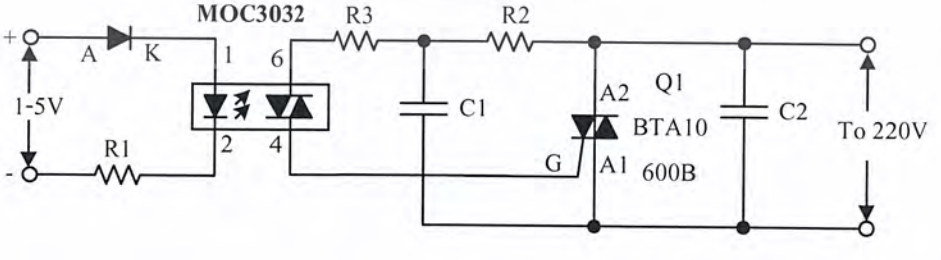
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 โซลิดสเตทรีเลย์แบบไร้หน้าสัมผัส

รีเลย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายโดยนำมาใช้เป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แรงดันไฟตรงควบคุมระดับต่ำประมาณ 5 – 24 โวลต์ และมีหน้าสัมผัสที่ทำงานเหมือนสวิตซ์สำหรับต่อไปใช้ควบคุมการป้อนกำลังไฟให้กับโหลดซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแรงดันไฟสูงจึงมักถูกนำมาใช้ในวงจรควบคุมโหลดที่เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านที่มีการควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นวงจรตั้งเวลา, วงจรสวิตซ์สัมผัส เป็นต้น

รีเลย์ มีข้อดีคือ สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย หาซื้อง่าย มีหลายรุ่นหลายแบบให้เลือกใช้ ซึ่งบางรุ่นภายในตัวเดียวอาจมีหน้าสัมผัสให้ต่อใช้งานมากกว่า 1 ชุด ทำให้สามารถต่อควบคุมโหลดหลายๆ ตัวได้ในเวลาเดียวกัน แต่ข้อเสียที่สำคัญของรีเลย์ก็คือ ใช้หลักการทำงานแบบกลไก การตัดและต่อหน้าสัมผัสทำได้จากการเคลื่อนหน้าสัมผัสไปเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ ทำให้เกิดการสึกหรอของกลไกและอาจมีประกายไฟเกิดขึ้นที่หน้าสัมผัสขณะตัดหรือต่อวงจร สาเหตุเหล่านี้จึงทำให้รีเลย์มีอายุการใช้งานสั้นลงและมีเสียงดังขณะทำงาน

เพื่อแก้ไขปัญหาของรีเลย์แบบกลไกจึงได้มีการคิดค้นรีเลย์แบบใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมาทำหน้าที่แทนหน้าสัมผัสรีเลย์แบบกลไก ซึ่งทำให้การทำงานทั้งหมดไม่มีส่วนที่ต้องมีกลไกการเคลื่อนที่อีกและไม่มีประกายไฟ ตลอดจนไม่มีเสียงดังขณะทำงาน รีเลย์แบบนี้เรียกว่าโซลิดสเตทรีเลย์ นอกจากนั้นยังปลอดภัยกับผู้ใช้งานและส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมากขึ้นด้วยโดยออกแบบให้มีการส่งผ่านการควบคุมระหว่างด้านแรงดันไฟต่ำและแรงดันไฟสูงผ่านทางแสดงทำให้การทำงานทั้ง 2 ส่วนแยกจากกันอย่างสิ้นเชิง ข้อสำคัญอีกประการหนึ่งคือโซลิดสเตทรีเลย์สามารถนำไปต่อร่วมในวงจรแทนรีเลย์แบบกลไกได้โดยตรงจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาในด้านการนำไปใช้ในวงจรเดิมที่ใช้งานอยู่แล้วแต่ต้องการเปลี่ยนมาใช้โซลิดสเตทรีเลย์




**รูปที่ 2.15** วงจรสมบูรณ์ของโซลิดสเตทรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.9.1 หลักการทำงาน

วงจรสมบูรณ์ของโครงงานโซลิดสเตทรีเลย์ ดังในรูปที่ 2.15 นี้ วงจรด้านควบคุมแรงดันไฟต่ำจะมี D1, R1 และ IC1 ทำงานร่วมกัน โดย D1 ทำหน้าที่ป้องกันการต่อแรงดันไฟควบคุม 5 – 15 โวลต์ผิดขั้ว R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟที่ไหลผ่าน ส่วน IC1 จะเชื่อมต่อกับขา 1 และ 2 ซึ่งภายในจะเป็น แอลอีดี เพื่อใช้ในการกำเนิดแสงภายในตัวไอซีเชื่อมโยงการควบคุมทางแสงไปยังด้านเอาต์พุต IC1 เบอร์ MOC3032 ในที่นี้จึงจัดอยู่ในกลุ่มประเภทไอซีออปโตคัปเปลอร์ที่มีอินพุตเป็น แอลอีดีในขณะที่เอาต์พุตเป็นไดแอก

วงจรด้านแรงดันไฟสูงประกอบด้วย R2 – R3, C1 – C2, Q1 และ IC1 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมคือ เอาต์พุตที่เป็นไดแอกของ IC1 ทำหน้าที่ในการควบคุมการทริกของ Q1 ซึ่งเป็นไตรแอก เบอร์ BTA10-600B มีพิกัดในการทำงานสูงสุดที่ 10A, 600V ให้ทำงานโดยกระแสจะสามารถไหลผ่าน Q1 ผ่านไปยังโหลดได้เสมือนเป็นสวิตซ์ปิดวงจร

การทำงานของวงจรทั้งหมดจะเริ่มต้นจากเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟตรง 5 – 15 โวลต์ผ่านเข้ามาทางอินพุตจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน D1, IC1 และ R1 LED ภายใน IC1 จะทำงานส่งผลให้ไดแอกภายใน IC1 ทำงานตามไปด้วยทำให้เกิดกระแสไหลผ่านไปทริกขาเกตของเกตของ ไตรแอก Q1 และทำให้ไตรแอกเริ่มทำงานนำกระแสไฟด้านเอาต์พุตไหลผ่านไปยังโหลดได้ แต่เมื่อหยุดการป้อนแรงดันไฟตรงควบคุม IC1 จะหยุดทำงานและส่งผลให้ไตรแอก Q1 หยุดทำงานไม่นำกระแสไฟไปยังโหลด ข้อสังเกตประการหนึ่งก็คือ การเชื่อมโยงการควบคุมระหว่างแรงดันไฟต่ำและไฟสูงภายใน IC1 ใช้หลักการทางแสงจึงเสมือนการควบคุมทั้ง 2 ส่วนแยกจากกันอย่างสิ้นเชิงในทางไฟฟ้าจึงเชื่อมั่นได้ถึงความปลอดภัยของวงจรในส่วนควบคุมแรงดันไฟต่ำกว่าจะไม่เสียหายจากการรั่วของแรงดันไฟสูงและนั่นหมายถึงความปลอดภัยที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน

### 2.9.2 การสร้างวงจรโซลิดสเตทรีเลย์

การสร้างวงจรโซลิดสเตทรีเลย์รายละเอียดทั่วไปจะเหมือนกับการสร้างโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป คือ เริ่มจากจัดเตรียมอุปกรณ์ตามรายการให้ครบพร้อมทั้งแผ่นวงจรพิมพ์ จากนั้นก็เริ่มลงอุปกรณ์ทั้งหมดโดยไล่ตามความสูงจากต่ำสุดไปหาสูงสุดเพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง สำหรับ IC1 ซึ่งมีจำนวน 6 ขา ในวงจรให้ใส่ซ็อกเก็ตไอซีเป็นแบบ 8 ขา แล้วจึงเสียบไอซีให้อยู่ที่ด้านบนของซ็อกเก็ตหรือที่ตำแหน่งขา 1 ของไอซี ส่วนซ็อกเก็ตไอซีอีก 2 ขาด้านล่างที่เหลือให้ ปล่อยว่างทิ้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนไตรแอก Q1 ให้ติดตั้งแผ่นระบายความร้อนขนาดเล็กด้วย ถ้าใช้โหลดไม่เกิน 2 แอมป์ แต่ถ้าใช้โหลดมากกว่า 3 แอมป์ ควรใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่และการเชื่อมต่อ Q1 กับแผ่นวงจรพิมพ์ให้ใช้การเดินสายแทน และควรรองแผ่นไมก้าระหว่าง Q1 กับแผ่นระบายความร้อนในการติดตั้งด้วยเสมอ อย่างไรก็ตามการนำโหลดมาต่อใช้งานต้องอย่าลืมว่าวงจรนี้สามารถขับโหลดได้สูงสุดไม่เกิน 10 แอมป์เท่านั้น

ก่อนที่จะเริ่มทดสอบให้ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรทั้งหมดจนแน่ใจอีกครั้ง จากนั้นให้นำโหลดซึ่งอาจเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าบ้านอะไรก็ได้มาต่อแต่ในที่นี้ขอแนะนำว่าควรจะใช้หลอดไฟแสงสว่างขนาดวัตต์ต่ำๆ มาทดลองจะปลอดภัยและเห็นผลการทำงานชัดเจนกว่า หลังจากเชื่อมต่อโหลดแล้วก็ป้อนแรงดันไฟบ้าน 220 โวลต์เข้าสู่วงจร ในขณะแรกโหลดจะยังไม่ทำงาน ถ้าโหลดทำงานทันทีอาจเกิดจากมีการลัดวงจรที่ C1, C2 , IC1 หรือ Q1 หากโหลดไม่ทำงานให้ทดลองต่อไปโดยป้อนแรงดันไฟตรง 5 – 15 โวลต์เข้าทางด้านอินพุตให้ถูกขั้ว ขณะนี้โหลดจะทำงาน ซึ่งถ้าเป็นหลอดไฟก็จะติดสว่าง ในกรณีถ้าโหลดไม่ทำงานอาจเกิดจาก D1, R1 หรือ IC1 ขาดวงจรหรือต่อไฟตรงผิดขั้ว อย่างไรก็ตามถ้าการทำงานเป็นไปอย่างถูกต้องก็สามารถนำโซลิดสเตทรีเลย์นี้ไปใช้งานได้ทันที

สำหรับคำเตือนที่ควรระมัดระวัง ในการสร้างและทดสอบโครงงานนั้นคือ ภายในแผ่นวงจรพิมพ์และอุปกรณ์บางตัวมีแรงดันไฟสูง 220 โวลต์ ปลดแรงดันไฟสูงออกจากวงจรก่อนที่จะจับต้องวงจรส่วนใดๆ เสมอเพื่อความปลอดภัย

**2.9.3 การนำไปใช้งาน**

การนำโซลิดสเตทรีเลย์ไปใช้งานสามารถทำได้โดยการนำโหลดที่ไม่เกิน 10 แอมป์เชื่อมต่อด้านเอาต์พุต ส่วนการควบคุมให้โหลดทำงานหรือหยุดการทำงานทำได้โดยการป้อนหรือหยุดป้อนแรงดันไฟตรง 5 – 15 โวลต์ ทางด้านอินพุต ซึ่งต่อมาจากวงจรควบคุมภายนอกหรือแหล่งจ่ายไฟตรงอื่นๆ แล้วแต่การนำไปประยุกต์ใช้งานของแต่ละท่าน สำหรับในกรณีที่ต้องการใช้แรงดันไฟตรงควบคุมมากกว่า 15 โวลต์ ทำได้โดยการเปลี่ยนค่า R1 เป็น 2 กิโลโอห์ม แรงดันไฟตรงควบคุมจะใช้ได้ในช่วง 16 – 30 โวลต์แทน

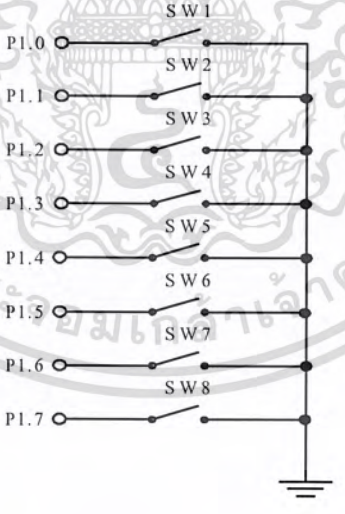
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 การอินเตอร์เฟสกับคีย์บอร์ด

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือโครงงานที่สร้างขึ้นโดยส่วนมากแล้วจำเป็นที่ต้องติดต่อกับอุปกรณ์อินพุต เช่น ตัวเซนเซอร์ต่างๆ หรือคีย์บอร์ด โดยเฉพาะคีย์บอร์ดซึ่งใช้เป็นตัวป้อนคำสั่งหรือข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่อง ซึ่งการอินเตอร์เฟสกับคีย์บอร์ดก็มีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป

### 2.10.1 แบบเชื่อมต่อสวิตซ์โดยตรงกับพอร์ต

การเชื่อมต่อสวิตซ์โดยตรงกับพอร์ตซึ่งเป็นแบบที่ง่ายที่สุด การกดสวิตซ์แต่ละตัวจะทำให้ขาพอร์ตถูกต่อลงกราวด์โดยตรงซึ่งไม่จำเป็นต้องมีวงจรจำกัดกระแสก็ได้เพราะภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มีตัวต้านทานพูลอัพต่ออยู่แล้ว การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากโดยการใช้คำสั่งตรวจสอบสถานะของแต่ละบิตในพอร์ต เช่น คำสั่ง JB หรือ JNB ข้อเสียของวงจรแบบนี้คือสิ้นเปลืองจำนวนขาพอร์ตจำนวนมาก ถ้าต้องการใช้สวิตซ์มากเท่าใด ก็ต้องขยายพอร์ตให้มากตามไปด้วยซึ่งเป็นเรื่องยุ่งยาก เช่น ถ้าต้องการออกแบบเป็นคีย์บอร์ดสำหรับป้อนตัวอักษรขนาด 60 คีย์ ผู้ออกแบบต้องจัดสร้างขาพอร์ตให้ได้ถึง 60 ขาพอร์ต ซึ่งแทบจะเป็นไปได้ยากและสิ้นเปลืองอุปกรณ์มาก




**รูปที่ 2.16** การเชื่อมต่อสวิตซ์แบบต่อโดยตรงกับพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 การบดกาแฟและเครื่องบดเมล็ดกาแฟ

### 2.11.1 การบดกาแฟ

การบดเมล็ดกาแฟให้เหมาะสมกับเครื่องชงมีส่วนสำคัญมาก ดังนั้นเมื่อใช้เครื่องชงแบบไหนก็ควรจะบดเมล็ดกาแฟให้เหมาะสมกับเครื่องแบบนั้น

การบดเมล็ดกาแฟมี 4 แบบ คือ

1) แบบหยาบ

2) แบบหยาบปานกลาง

3) แบบละเอียด

4) แบบละเอียดมาก

จากตารางข้างล่างจะแสดงให้เห็นว่าการบด ระยะเวลาที่ใช้ในการบด, ปริมาณกาแฟ และเวลาที่ใช้ในการชงที่เหมาะสมกับเครื่องชงแบบต่างๆ

**ตารางที่ 2.3** การเปรียบเทียบการชงกับลักษณะการบดของกาแฟ

| ลักษณะการบด | แบบกด | แบบต้ม | แบบกรอง | เครื่องชง | เวลาที่ใช้ในการบด |
|---|---|---|---|---|---|
| บดหยาบ | * | | | | 8- 10 วินาที |
| บดหยาบปาน -กลาง | | * | | | 12-15 วินาที |
| บดละเอียด | | | | | |
| บดละเอียดมาก | | | * | | 20-25 วินาที |
| เวลาใช้ในการชง | | | | * | 25-30 วินาที |
| ปริมาณน้ำกาแฟ/ถ้วย | 4-6 นาที<br>4 ออนซ์ | 4-6 นาที<br>2 ออนซ์ | 1-4 นาที<br>2 ออนซ์ | 10-20 วินาที<br>2 ออนซ์ | |

หมายเหตุ * หมายถึง การชงที่เหมาะสมกับการบดของกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.11.2 เครื่องบดกาแฟ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการชงมีหลายชนิด แต่ละชนิดย่อมต้องการการบดเมล็ดกาแฟที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องใช้เครื่องบดให้มีความสัมพันธ์กับการชง ในอดีตการบดใช้วิธีการตำในครก ต่อมาได้มีการประดิษฐ์เครื่องบดด้วยมือ ปัจจุบันมีเครื่องบดกาแฟไฟฟ้าที่สามารถบดกาแฟได้เองที่บ้านเครื่องบดที่นิยมใช้ คือ "เครื่องบดไฟฟ้า" ที่สามารถปรับความหยาบและความละเอียดของ การบดได้

**1) ข้อควรจำในการบดกาแฟ**

1.1) เมล็ดกาแฟที่ยิ่งบดละเอียด โอกาสที่เนื้อกาแฟจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและสัมผัสกับน้ำมีมากขึ้น ดังนั้นระยะเวลาที่จะชงและกรองกากกาแฟ จะต้องใช้เวลาน้อย

1.2) ถ้ากาแฟบดหยาบ ปริมาณเนื้อกาแฟจะสัมผัสกับอากาศและน้ำน้อยลง และการชงก็ต้องใช้เวลามากขึ้น

**รูปที่ 2.17** เครื่องบดกาแฟแบบใช้มือหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.18 เครื่องบดแบบกาไฟฟ้า

**2) ข้อควรระวังในการเก็บรักษากาแฟที่บดแล้ว**

2.1) ไม่ควรเทหรือเปลี่ยนกาแฟที่บดแล้วจากขวดหนึ่งไปยังอีกขวดหนึ่งโดยไม่จำเป็น เพราะการทำเช่นนี้ เป็นการทำให้กาแฟเสียเร็วเนื่องจากถูกอากาศพยายามเก็บรักษากาแฟไว้ในขวดสุญญากาศที่มีขนาดพอเหมาะกับปริมาณกาแฟ

2.2) ไม่ควรให้มีช่องว่างระหว่างฝาปิดกับตัวเนื้อกาแฟมากเกินไป

2.3) ไม่ควรเก็บกาแฟที่บดแล้วในช่องแช่แข็ง แต่ควรนำกาแฟที่บดแล้วในปริมาณไม่มากใส่ถุงพลาสติกสุญญากาศและรีดไล่อากาศออกให้หมดและเก็บไว้ในตู้เย็นในช่องธรรมดา

2.4) การเก็บรักษากาแฟที่ดีที่สุด คือ ซื้อกาแฟในปริมาณพอชงทานในหนึ่งสัปดาห์และในปริมาณพอชงต่อครั้ง

**3) เทคนิคและศิลปะการชงกาแฟ**

ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีของเครื่องชงกาแฟ เราสามารถที่จะชงกาแฟให้อร่อยได้ โดยไม่ละเลยข้อควรปฏิบัติต่อไปนี้

3.1) หมั่นดูแลเครื่องชงกาแฟให้สะอาดอยู่เสมอ ล้างเครื่องชงกาแฟก่อนและหลังใช้งานทุกครั้ง

3.2) น้ำที่ใช้ชงควรจะเป็นน้ำเย็น สะอาด และปราศจากกลิ่นโดยเฉพาะกลิ่นคลอรี

3.3) ควรใช้กาแฟที่ผ่านการบดมาใหม่ๆ

3.4) ควรใช้เวลาในการต้มกาแฟที่เหมาะสม ไม่นานเกินไปหรือน้อยเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5) ใช้กาแฟในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการชงกาแฟแต่ละชนิด

3.6) ต้มหรือชงกาแฟด้วยน้ำร้อนในอุณหภูมิที่ถูกต้อง

3.7) ห้ามใช้น้ำเดือด

3.8) เสิร์ฟกาแฟทันทีที่ชงเสร็จ

**4) มาตราส่วนเปรียบเทียบที่ควรทราบในการชงกาแฟ**

**ตารางที่ 2.4** มาตราส่วนเปรียบเทียบที่ควรทราบในการชงกาแฟ

| ปริมาณ | เท่ากับ |
|---|---|
| 1 ออนซ์ | 28 กรัม |
| 1 ปอนด์ | 440 กรัม |
| กาแฟ 5.7 กรัม | 1 ช้อนโต๊ะพูน |
| กาแฟ 2.7 กรัม | 1 ช้อนชาพูน |
| กาแฟ 55 กรัม | 10 ช้อนโต๊ะพูน |
| 50 มิลลิลิตร | 2 ออนซ์ |
| 1 ลิตร | 3 ออนซ์ |
| ถ้วยกาแฟเอสเปรสโซ 1 ถ้วย | 2.5 ออนซ์ |
| กาแฟเอสเปรสโซ 1 ถ้วย | 1.5 ออนซ์ |

## 2.11.3 อุปกรณ์สำหรับชงกาแฟ

**1) หม้อต้มกาแฟพร้อมเครื่องกรอง**

อุปกรณ์ต้มกาแฟชนิดนี้เป็นที่นิยมกันมากตามบริษัทและตามห้องอาหารในโรงแรม การใช้ก็ง่ายเพียงแต่ใส่กาแฟที่บดแล้วลงไปในหม้อกรองแล้วเทน้ำร้อนลงไปก็เรียบร้อย ข้อดีของเครื่องชงนี้คือชงได้ครั้งละหลายแก้ว แต่ข้อเสียก็คือเมื่อทิ้งไว้บนเตาอุ่นกลิ่นและรสชาติก็จะหายไป

**2) เครื่องชงกาแฟแบบกด**

เครื่องชงแบบนี้เหมาะสำหรับชงกาแฟดื่มคนเดียว มีหลายขนาด การชงก็ไม่ยากเพียงแต่ใส่กาแฟที่บดแล้วลงไป ตามด้วยน้ำร้อน เอาช้อนคนเล็กน้อย เอาที่กดปิดไว้ 3-4 นาที แล้วค่อยๆ กดลงไปให้กากกาแฟนอนก้น แล้วจึงรินกาแฟใส่ถ้วย ก็จะได้กาแฟสดที่รสชาติกลมกล่อม

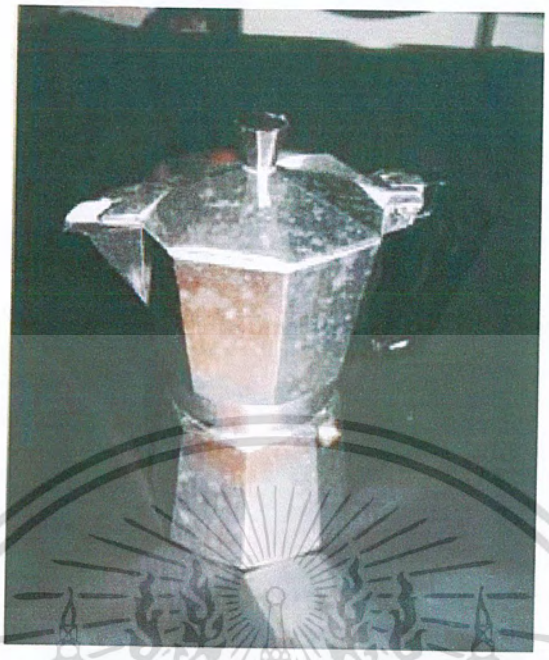
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.19** เครื่องชงกาแฟแบบกด

**3) เครื่องชงกาแฟแบบใช้ไอน้ำ (Espresso Pot, Moka Pot)**

เครื่องชงแบบนี้จะแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนแรก คือส่วนที่ใส่น้ำสำหรับต้ม ส่วนที่สองไว้ใส่กาแฟที่จะต้ม และส่วนที่สามเป็นส่วนที่รองรับกาแฟที่ผ่านการต้มแล้ว ขั้นตอนการใช้เริ่มจากการเทน้ำเย็นใส่หม้อตามปริมาณที่ต้องการ ใส่กาแฟที่บดแล้วลงไปในภาชนะที่ให้มาส่วนที่จะรองรับกาแฟครอบลงไปแล้วหมุนเกลียวให้แน่น นำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าที่มีความร้อนปานกลาง เมื่อความร้อนได้ที่ ไอน้ำจะพ่นผ่านกาแฟบดและกลั่นตัวเป็นหยดกาแฟที่มีกลิ่นหอมชวนดื่ม เครื่องชงชนิดนี้ควรทำด้วยสเตนเลสซึ่งจะมีคุณภาพดีกว่าที่ทำจากอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.20** เครื่องชงกาแฟแบบไอน้ำ หรือ Moka Express

**รูปที่ 2.21** เครื่องชงกาแฟแบบEspresso Pot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.22** เครื่องชงกาแฟแบบสำเร็จรูป

**4.) ข้อควรจำในการชงกาแฟ**

4.1) ขนาดของการบดกาแฟมีผลต่อการชงกาแฟ

4.2) น้ำกับผงกาแฟ ควรจะมีสัดส่วนที่เหมาะสม

4.3) คุณภาพของน้ำไม่ควรใช้น้ำแร่

4.4) อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ชงจะต้องเหมาะสม ไม่ควรใช้น้ำเดือด

4.5)ระยะเวลาที่กาแฟต้มหรือแช่อยู่ในน้ำร้อน จะต้องเหมาะสมกับวิธีการชง

ปริมาณกาแฟที่ใช้ชงไม่มีสูตรตายตัว ขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละคน แต่สิ่งหนึ่งที่ต้องเอาใจใส่คือ การชงหรือต้มกาแฟจะต้องไม่ใช้น้ำเดือด เพราะถ้าใช้น้ำเดือด และปล่อยให้เดือด โอกาสที่กาแฟจะเปลี่ยนรสมีสูงมาก และถ้าทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที กลิ่นก็จะค่อยๆ จางหายไป

## 2.11.4 ข้อผิดพลาดในการชงกาแฟแบบกรองและแบบกด

**1) กาแฟที่ชงมีรสชาติขม อาจมีสาเหตุมาจาก**

1.1) น้ำน้อยเกินไป

1.2) ผงกาแฟถูกบดละเอียดเกินไป

1.3) ตั้งกาแฟบนเตานานเกินไป หลังจากที่ผ่านการกรองแล้ว

1.4) นำกาแฟที่เย็นมาต้มใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2) กาแฟที่ชงมีรสชาติอ่อน อาจมีสาเหตุมาจาก**

2.1) ใช้กาแฟน้อยไป

2.2) กาแฟถูกบดหยาบเกินไป

2.3) น้ำร้อนไม่พอ

2.4) ถ้าเป็นเครื่องแบบกด กดที่กรองกากเร็วเกินไป

**3) สาเหตุที่ทำให้รสชาติของกาแฟเปลี่ยนแปลง**

3.1) อายุและคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่เก็บ

3.2) ต้นพันธุ์และอายุของต้นพันธุ์

3.3) พื้นที่ปลูก, ความสูงจากระดับน้ำทะเล

3.4) สารเคมีที่ใช้

3.5) ภูมิอากาศ

3.6) คุณภาพของน้ำ

3.7) การดูแลรักษา

3.8) การเก็บเกี่ยว, การทำความสะอาด, การตาก และการเก็บรักษา

3.9) ระยะเวลาที่เก็บไว้ในโกดัง

3.10) เทคนิคการคั่ว

3.11) การเก็บรักษากาแฟที่คั่วและระยะเวลาที่เก็บหลังจากคั่วและหลังจากบด

3.12) ขนาดของการบดเมล็ดกาแฟก่อนชง

3.13) วิธีการชง

3.14) ปริมาณการเติมนม, น้ำตาล หรือน้ำเชื่อม

### 2.11.5 เอสเปรสโซ (Espresso)

**1) การชงกาแฟเอสเปรสโซจากเครื่องชงอัตโนมัติ**

การชงกาแฟเอสเปรสโซจากเครื่องชงอัตโนมัติ สามารถทำได้โดยการกดปุ่มที่กำหนดไว้ เครื่องก็จะทำการชงให้โดยอัตโนมัติ แล้วปล่อยน้ำกาแฟออกมาตามปริมาณที่ตั้งไว้โดยอัตโนมัติ ถึงแม้จะเป็นการชงที่สะดวก แต่ปริมาณกาแฟมักจะไม่ถูกต้องคือ จะมีปริมาณมากกว่าที่ควรจะมี โดยปกติกาแฟเอสเปรสโซ 1 ถ้วยหรือ 1 shot จะมีปริมาณประมาณ 1-1.5 ออนซ์ แต่ปริมาณที่ออกจากเครื่องจะมีประมาณ 2-2.5 ออนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกประการหนึ่ง ในการชงกาแฟเอสเปรสโซจากเครื่องชงอัตโนมัติผู้ชงจะต้องคอยสังเกตปริมาณการไหล และสีของน้ำกาแฟที่ไหลออกมาเมื่อสีของน้ำกาแฟที่ไหลออกมาเปลี่ยนสีจากสีเข้มเป็นสีเจือจาง ต้องยกถ้วยที่รองกาแฟออกทันทีเพราะน้ำกาแฟที่เจือจางตอนสุดท้ายนี้จะทำลายรสชาติของกาแฟ

**2) เอสเปรสโซในชื่อต่างๆ**

เอสเปรสโซ ความจริงมีเพียงอย่างเดียว แต่เป็นจินตนาการของนักชงที่พยายามค้นหาวิธีการชงแบบแปลกๆ และตั้งชื่อให้แตกต่างกันออกไป เพื่อสร้างจุดขายและเอาใจผู้ที่ไม่ชอบดื่มเอสเปรสโซแบบดั้งเดิม เช่น

2.1) เอสเปรสโซ ที่เติมฟองนมลงไปปิดหน้าฟองสีทองของเอสเปรสโซก็จะมีชื่อเรียกว่า เอสเปรสโซ แมคชีอาโต (Espresso Macchiato) วิธีสร้างความแตกต่างก็คือ เติมฟองนมประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ปิดหน้ากาแฟ หรือกลบฟองสีทองของกาแฟที่ลอยอยู่ข้างบน

2.2) เอสเปรสโซ คอน ปานนา (Espresso Con Panna) จะเปลี่ยนจากฟองนมมาเป็นวิปครีมก้อนเล็กๆ

2.3) เอสเปรสโซ โรมาโน (Espresso Romano) จะนำมะนาวฝานบางๆ มาใส่ในกาแฟเพื่อเพิ่มกลิ่นและรส

สำหรับนักดื่มที่นิยมดื่มเหล้า จะมีการเติมวิสกี้ บรั่นดี หรือลิคเกอร์ (Liqueur) ลงไปประมาณ 0.5-1 ออนซ์ เรียกว่า เอสเปรสโซ คอเรคโต (Espresso Corretto) เอสเปรสโซที่ผสมเหล้าหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ นิยมดื่อหลังอาหารค่ำซึ่งเชื่อว่าจะช่วยให้ระบบการย่อยอาหารทำงานดีขึ้น

2.4) เอสเปรสโซ ดอปปีโอ (Espresso Doppio) คือกาแฟที่มีปริมาณกาแฟมากกว่าเอสเปรสโซปกติ 2 เท่า แต่คงความเข้มข้นเหมือนเดิม

2.5) เอสเปรสโซ ริสเตรตโต (Espresso Ristretto) คือชงกาแฟแบบปกติ แต่ใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่า โดยทั่วไปจะไม่เกิน 1 ออนซ์

กาแฟเอสเปรสโซที่แท้จริงนั้นไม่ต้องเติมน้ำตาลหรือครีมเลย

**3) ข้อแตกต่างของเอสเปรสโซกับกาแฟดำ**

3.1) ถ้วยเสิร์ฟ เอสเปรสโซจะเสิร์ฟในถ้วยที่มีขนาดไม่เกิน 2 ออนซ์ หรือถ้าขนาดถ้วยใหญ่กว่า 3 ออนซ์ จะมีปริมาณกาแฟเพียง 1-1.5 ออนซ์เท่านั้น หรืออยู่ที่ก้นถ้วย ส่วนกาแฟดำจะเสิร์ฟด้วยถ้วยที่มีขนาด 4-6 ออนซ์ และมีปริมาณกาแฟมากกว่าเอสเปรสโซ 2-3 เท่า

3.2) เอสเปรสโซจะเสิร์ฟโดยไม่มีน้ำตาล หรือนม/ครีม ส่วนกาแฟดำจะเสิร์ฟคู่กับน้ำตาล หรือนม/ครีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) เอสเปรสโซที่ชงถูกวิธีจะมีฟองสีทองลอยอยู่ข้างบนและฟองนี้จะติดเป็นคราบอยู่ที่ถ้วยแม้จะดื่มกาแฟหมดแล้วก็ตาม ส่วนกาแฟดำจะไม่มีฟองสีทองลอยอยู่ข้างบน

3.4) รสชาติของเอสเปรสโซจะติดปากอีกประมาณ 15-30 นาที หลังจากดื่ม ส่วนกาแฟดำรสชาติจะติดปากไม่เกิน 5 นาที หรืออาจจะไม่มีเลย

3.5) การดื่มเอสเปรสโซที่ถูกวิธีไม่นิยมใช้ช้อนคน ยกเว้นในกรณีที่เติมน้ำตาลลงไป และต้องดื่มให้หมดถ้วยในอึกเดียว หรือ 2 อึก นี่คือที่มาของชื่อ เอสเปรสโซ จะไม่วางทิ้งหรือค่อยๆ จิบเหมือนกาแฟดำ

**4) วิธีการดื่มกาแฟเอสเปรสโซที่ถูกต้อง**

การดื่มกาแฟเอสเปรสโซมีขั้นตอนคล้ายกับการดื่มไวน์ วิธีการดื่มที่ถูกต้องมีดังนี้

4.1) ยกถ้วยขึ้นมาดม

4.2) ซดกาแฟในถ้วยเล็กน้อยและอมไว้ในปากสักครู่หนึ่งแล้วจึงกลืน การซดที่ถูกวิธีจะต้องมีเสียงซดด้วย

4.3) จากนั้นจึงซดกาแฟที่เหลือ อมไว้ในปากสักครู่แล้วกลืน

4.4) เอสเปรสโซนั้นนิยมดื่มกันตอนกลางวันหรือตอนเย็นหลังอาหาร

**ตารางที่ 2.5** การเปรียบเทียบคาเฟอีนในกาแฟเอสเปรสโซกับเครื่องดื่มชนิดต่างๆ

| ประเภท | ขนาด | ชนิดกาแฟ | การชง | คาเฟอีน |
|---|---|---|---|---|
| กาแฟดำ | 1 ถ้วย 6 ออนซ์ | โรบัสต้า | แบบกรอง | 100-250 มก. |
| กาแฟดำ | 1 ถ้วย 6 ออนซ์ | แบบผสม | แบบกรอง | 50-170 มก. |
| กาแฟดำ | 1 ถ้วย 6 ออนซ์ | อาราบิก้า | แบบกรอง | 50-100 มก. |
| กาแฟดำ | 1 ถ้วย | สำเร็จรูป | ผสมน้ำร้อน | 40-120 มก. |
| เอสเปรสโซ | 1 ถ้วย 1.5 ออนซ์ | แบบผสม | กรองกากอัตโนมัติ | 30-70 มก. |
| เอสเปรสโซ | 1 ถ้วย 1.5 ออนซ์ | อาราบิก้า | กรองกากอัตโนมัติ | 10-20 มก. |
| น้ำชา | 1 ถ้วย | ใบชา | น้ำเดือด | 45-70 มก. |
| โค้ก | 1 กระป๋อง | - | - | 40-50 มก. |
| ช็อกโกแลตดำ | 100 กรัม | - | - | 40-200 มก. |
| ช็อกโกแลตนม | 100 กรัม | - | - | 10-50 มก. |
| กาแฟดี - คาเฟอีน | 1 ถ้วย | แบบผสม | แบบผสม | 1-6 มก. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

## 3.1 กล่าวนำ

การออกแบบและการสร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการออกแบบวงจรประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ วงจรควบคุม การชงกาแฟ ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของการออกแบบโปรแกรมควบคุมในส่วนต่างๆ และส่วนที่ 3 คือ ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างภายนอกของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

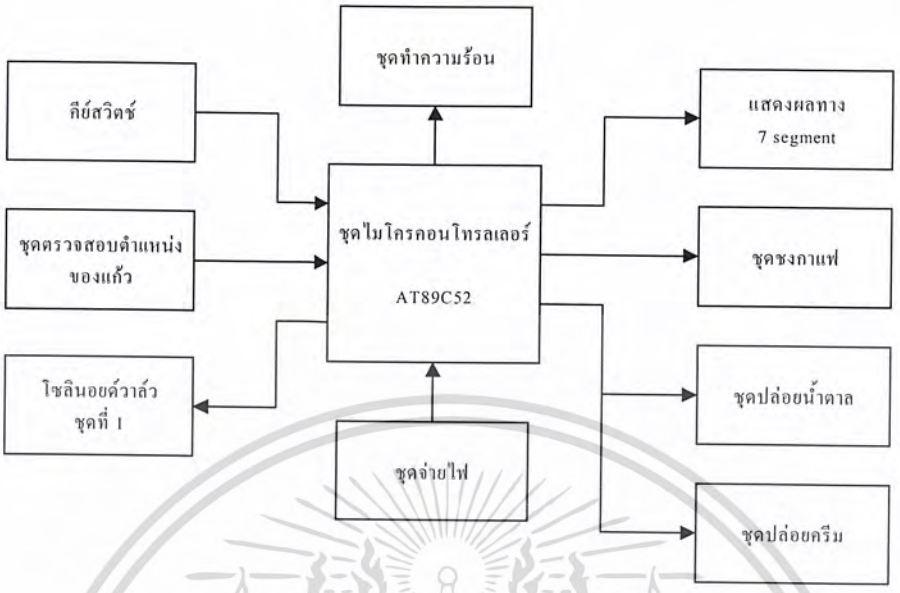
ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการออกแบบวงจรที่ใช้ประมวลผลและควบคุมการชงกาแฟโดยที่ส่วนผสมต่างๆ ของกาแฟจะถูกบรรจุอยู่ในหลอดแก้วที่เตรียมไว้สำหรับส่วนผสมแต่ละอย่าง ซึ่งหลอดแก้วแต่ละหลอดจะอยู่บนชุดจ่ายส่วนผสมอัตโนมัติทั้งสิ้น 3 ชุด และชุดทำน้ำร้อน 1 ชุด

โดยในการชงกาแฟอัตโนมัติจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 โดยรับข้อมูลจากคีย์สวิตซ์ วงจรแสดงผลบนแอลอีดี 7 ส่วน และวงจรจ่ายไฟเลี้ยง

ส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนของการออกแบบโปรแกรมควบคุมส่วนต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย โปรแกรมรับค่าจากคีย์สวิตซ์ โปรแกรมแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน โปรแกรมตรวจสอบตำแหน่งแก้วชงกาแฟเพื่อตรวจสอบตำแหน่งของแก้วชงกาแฟให้อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับจุดปล่อยส่วนผสมของกาแฟ โปรแกรมรับค่าจากคีย์สวิตซ์เพื่อรับค่าปริมาณอัตราส่วนของส่วนผสมที่ผู้ใช้กำหนดและเลือกรูปแบบของการทำงาน โปรแกรมควบคุมชุดชงกาแฟเพื่อควบคุมขั้นตอนต่างๆ ในการชงกาแฟให้มีความสัมพันธ์และต่อเนื่องกัน โดยสามารถแสดงโครงสร้างการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติได้ดังรูปที่ 3.1

ส่วนที่ 3 ประกอบด้วยส่วนของการออกแบบโครงสร้างของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.1** โครงสร้างการทำงานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

## 3.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

การออกแบบวงจรของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้คือ ส่วนของวงจรควบคุมซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นวงจรย่อยๆ ได้ดังนี้คือ วงจรรับข้อมูลจากคีย์สวิตช์ วงจรแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน วงจรตรวจสอบตำแหน่งของแก้วกาแฟ วงจรชุดทิ้งกากกาแฟ วงจรปล่อยส่วนสมของกาแฟ วงจรชุดทำความร้อน และวงจรตรวจสอบระดับน้ำ ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบวงจร การทำงานของวงจร และลายวงจรดังนี้

### 3.2.1 ส่วนของวงจรควบคุม

**1) การออกแบบวงจรควบคุม**

ในขั้นตอนการออกแบบวงจรควบคุมนั้น สิ่งแรกก็คือ กำหนดส่วนที่ต้องการให้ควบคุมและต้องทราบจำนวนบิตที่ใช้เพื่อนำไปเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้อุปกรณ์ซึ่งได้แก่ ในส่วนของชุดชงกาแฟ มีบิตที่ใช้ในการควบคุมจำนวน 17 บิต ส่วนของชุดแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน มีบิตที่ใช้ในการแสดงผลจำนวน 8 บิต และส่วนของคีย์สวิตช์มีบิตที่ใช้จำนวน 9 บิต โดยควบคุมผ่านทางพอร์ตของ MCS-51 ทั้งสิ้น จากนั้นเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมโดยได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ 74LS145 จำนวน 2 ตัว โดยที่ตัวแรกใช้ดีโค้ดเดอร์ที่พอร์ต P2.0 - P2.2 เพื่อใช้สั่งงานการควบคุมชุดชงกาแฟ และตัวที่สองใช้ ดีโค้ดเดอร์ที่พอร์ต P2.4 - P2.2 เพื่อใช้สั่งงานการควบคุมในส่วนของการแสดงผล ซึ่งในการนำ ไอซีเบอร์ 74LS145 มาทำการดีโค้ดเดอร์ที่พอร์ต P2 ในลักษณะของการทำงานแบบนี้ระบบจะทำงาน เป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งการรดีโค้ดเดอร์ดังกล่าวจะสามารถสั่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมระบบแต่ละส่วนได้มากขึ้นกว่าการใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยตรงซึ่งจะใช้งานได้เพียง 8 บิต เท่านั้น แต่ถ้าใช้การดีโค้ดเดอร์จะใช้พอร์ตไป 6 บิต แต่จะได้พอร์ตใช้งานเพิ่มขึ้นเป็น 16 บิต แต่การใช้การ ดีโค้ดเดอร์ก็มีข้อเสียอยู่ที่การรดีโค้ดเดอร์จะต้องสั่งงานเป็นลำดับคือจะสั่งงานพร้อมกันไม่ได้จะต้องสั่งงานครั้งละ 1 บิต เท่านั้น

**2) การทำงานของวงจรควบคุม**

วงจรควบคุมการชงกาแฟประกอบไปด้วย วงจรรับข้อมูลจากคีย์สวิตช์ วงจรแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน วงจรตรวจสอบตำแหน่งที่วางแก้ว วงจรทำความร้อน วงจรควบคุมการปล่อยน้ำตาลและครีม วงจรชุดบดเมล็ดกาแฟ วงจรควบคุมโซลินอยด์ และวงจรควบคุมการเทกากกาแฟ โดยในส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะทำหน้าที่ควบคุมการรับข้อมูลจากการกดคีย์สวิตช์ของผู้ใช้ เพื่อนำไปประมวลผลว่าผู้ใช้ระบุอัตราส่วนผสมในการชงเท่าไรและจะแสดงค่าที่ผู้ใช้ระบุทางแอลอีดี 7 ส่วน ให้ผู้ใช้ทราบ จากนั้นก็จะรอรับการกดคีย์สวิตช์เพื่อให้เครื่องเริ่มทำงานตามขั้นตอน โดยในการชงกาแฟผู้ใช้จะต้องเลือกระบบในการทำงานว่าจะให้เครื่องชงกาแฟจากสุตรที่กำหนดไว้ให้หรือจะให้เครื่องชงจากอัตราส่วนที่ผู้ใช้กำหนดเอง โดยเครื่องจะแสดงปริมาณของส่วนผสมให้ผู้ใช้ทราบเป็นตัวเลขทางด้านหน้าของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติโดยแสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูปที่ 3.2

**2.1) ส่วนของวงจรรับข้อมูลจากคีย์สวิตช์**

ทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูลจากการกดเพื่อเลือกรูปแบบการทำงานและกำหนดปริมาณอัตราส่วนของส่วนผสมที่ผู้ใช้ต้องการ โดยวงจรรูปคีย์สวิตช์แสดงในรูปที่ 3.3

จากการทำงานของวงจรคีย์สวิตช์จะเริ่มเมื่อมีการกดคีย์ สัญญาณจากการกดจะต่อเข้าที่พอร์ต P1 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าจากการกดคีย์ คือการอ่านค่าจากพอร์ต P1 จากนั้นจะตรวจสอบการกดคีย์ว่าค่าที่ได้จากการกดคีย์เป็นค่าที่ได้จากการกดคีย์ตัวใด

**2.2) ส่วนของวงจรแสดงผล**

ในส่วนของการแสดงผลจะใช้แอลอีดี 7 ส่วน ทำหน้าที่ในการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รับข้อมูลจากคีย์สวิตช์โดยการแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วนจะแสดงปริมาณอัตราส่วนของส่วนผสมที่ต้องการใส่ในการชงกาแฟ

การทำงานของวงจรแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน เมื่อกดคีย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 จะรับค่าที่ได้มาแล้วส่งข้อมูลที่มา แล้วส่งค่าออกทางพอร์ต P0 ไปยังไอซี 74LS374 เพื่อรอที่จะส่งค่าดังกล่าวไปยังแอลอีดี 7 ส่วน และเมื่อมีการส่งสัญญาณนาฬิกา มาให้กับไอซี 74LS374 ก็จะทำให้ตัวไอซี74LS374 ส่งค่าออกไปแสดงผลยังแอลอีดี 7 ส่วน การต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ส่วนของวงจรชุดชงกาแฟ

**1) การออกแบบชุดปล่อยน้ำตาลและครีม**

การออกแบบปล่อยน้ำตาลและครีมขั้นแรกคือ เลือกชุดกลไกที่ทำหน้าที่ปล่อยน้ำตาลและครีม โดยใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ในการปล่อย ตามหลักการสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะเป็นตัวที่ทำหน้าที่หมุนแกนสำหรับปล่อยน้ำตาลและครีม โดยตัวที่หนึ่งสำหรับใช้ในการปล่อยน้ำตาลและตัวที่สองใช้สำหรับในการปล่อยครีม ต้องปรับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทั้งสองตัวให้ปล่อยน้ำตาลและครีมออกมาได้อย่างถูกต้อง โดยที่ปริมาณจะคิดเป็นช้อนชา ซึ่งต้องหาค่าเวลาที่มอเตอร์ปล่อยน้ำตาลและครีมแล้วได้ปริมาณท่ากับ 1 ช้อนชา แล้วนำค่าคงที่ ที่ได้มาใช้ในการกำหนดการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ในการควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะใช้การควบคุมโดยการปล่อยสัญญาณควบคุมจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ให้กับไอซี 74LS244 ซึ่งเป็น Buffer เพื่อเลือกการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ว่าจะให้ตัวใดทำงาน

**2) การทำงานชุดปล่อยน้ำตาลและครีม**

ในส่วนของชุดปล่อยน้ำตาลและครีม ซึ่งถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT98C52 ผ่านพอร์ต P2 โดยการทำงานของวงจรชุดปล่อยน้ำตาลและครีมนั้นจะทำงาน เมื่อผ่านขั้นตอนการกำหนดรูปแบบและปริมาณอัตราส่วนของส่วนผสม จนเข้าสู่ขั้นตอนการปล่อยน้ำตาลและครีม เมื่อผู้ใช้ได้กำหนดปริมาณอัตราส่วนที่ต้องการและกดคีย์เพื่อเริ่มทำงานค่าดังกล่าวผ่านพอร์ต P1 เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 จากนั้นส่งพัลส์ 0 เข้าทริกที่ไอซี 74LS244 ซึ่งเป็น Buffer ของวงจรชุดปล่อยน้ำตาลและครีม เพื่อสั่งเลือกการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ทั้งนี้การทำงานของ สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะต้องสัมพันธ์กับชุดตรวจสอบตำแหน่งแก้ว วงจรชุดปล่อยน้ำตาลและครีมแสดงดังรูปที่ 3.5

**3) การออกแบบวงจรชุดทำความร้อน**

การออกแบบวงจรชุดทำความร้อนจะต้องออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมโหลดที่ต้องการแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่สูงๆ หรือเป็นโหลดทางไฟสลับ หากใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าไปควบคุมโดยตรงอาจส่งผลเสียต่อระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เนื่องจากที่โหลดกำลังไฟฟ้าสูงนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันและกระแสไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจจะเกิดความเสียหายต่อระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ดังนั้นจึงต้องแยกระบบกราวด์ทางไฟฟ้าของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากโหลด จึงเลือกใช้ออปโต้คัปเปิ้ลเป็นอุปกรณ์ที่มีการแบ่งส่วนอินพุตและเอาต์พุตออกจากกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง การถ่ายทอดสัญญาณระหว่างอินพุตและเอาต์พุตจะใช้การเชื่อมโยงทางแสงเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถกำหนดให้ทางอินพุตเป็นวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรทางเอาต์พุตเป็นวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสสลับได้และนำเอาออปโต้คัปเปิ้ลแบบที่มีเอาต์พุตเป็นโฟโตไดแอกแล้วนำไปกระตุ้นให้ไตรแอกทำงาน ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านตัวฮีทตอร์ วงจรชุดทำความร้อนแสดงดังรูปที่ 3.6

**4) การทำงานของวงจรชุดทำความร้อน**

วงจรชุดทำความร้อนจะเริ่มทำเมื่อมีการส่งสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ให้แก่ LED อินฟาเรดภายในตัวออปโต้คัปเปิ้ล เมื่อ LED นำกระแสก็จะกำเนิดแสงอินฟาเรดไปตกกระทบที่โฟโตไดแอกทำให้ ทำให้โฟโตไดแอกนำกระแส จะเกิดกระแสไหลผ่านจากขาแอโนด1 (A1) ไปยังแอโนด2 (A2) โดยแหล่งจ่ายแรงดันทางเอาต์พุต สามารถที่จะแยกกับทางอินพุตได้อย่างอิสระเมื่อมีกระแสไหลผ่านโฟโตไดแอกก็จะทำให้มีการทริกที่ขาเกตของไตรแอก ทำให้ไตรแอกเปรียบเสมือนลัดวงจรจะมีกระแสไหลจาก MT2 ไปยัง MT1 ทำให้ฮีทเตอร์เริ่มทำงานและจะทำงานตลอดเวลาจนกว่าจะมีการตัดสัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ที่ต่อกับออปโต้คัปเปิ้ลที่ขา 1 จึงจะทำให้วงจรชุดทำความร้อนหยุดทำงาน

**5) การออกแบบชุดบดเมล็ดกาแฟ**

การออกแบบชุดบดเมล็ดกาแฟนั้น ขั้นตอนแรกเลือกชุดกลไกที่ทำหน้าที่บดเมล็ดกาแฟ โดยออกแบบเฟืองบดเมล็ดกาแฟ ที่สามารถปรับระดับความละเอียดของผงกาแฟ โดยใช้เฟืองเหล็กหล่อ 2 ชิ้น ประกบกันในการบด ตามหลักการออกแบบเฟืองบดชิ้นที่ 1 จะยึดติดอยู่กับที่ติดกับห้องปล่อยเมล็ดกาแฟ ส่วนเฟืองบดชิ้นที่ 2 จะทำหน้าที่ประกบกับเฟืองบดชิ้นที่ 1 ในการปรับความละเอียดของกาแฟ โดยเฟืองบดชิ้นที่ 2 จะมีแกนปรับระดับความละเอียดของผงกาแฟ จากนั้นติดตั้งมอเตอร์ในการช่วยบดเมล็ดกาแฟ พร้อมที่จะปล่อยกาแฟเมื่อมีผู้ใช้บริการ

นอกจากนี้ยังมีวงจรขับมอเตอร์มาช่วยเพิ่มกระแสและแรงดันเพื่อป้อนให้มอเตอร์ทำงาน เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 นั้น สามารถขับแรงดันได้ไม่เกิน 5 โวลต์และขับกระแสได้น้อยเป็นหน่วยมิลลิแอมป์ ทำให้ไม่สามารถต่อวงจรในการขับมอเตอร์โดยตรงได้จึงจำเป็นต้องนำวงจรขับมอเตอร์มาช่วยในการต่อวงจร ชุดบดเมล็ดกาแฟแสดงดังรูปที่ 3.7

**6) การทำงานของชุดบดเมล็ดกาแฟ**

ในส่วนของชุดบดเมล็ดกาแฟ ซึ่งถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ผ่านพอร์ต P2 โดยการทำงานของชุดบดเมล็ดกาแฟนั้นจะทำงานเมื่อผ่านขั้นตอนการกดคีย์การทำงานของเครื่องชงกาแฟ ก่อนที่จะมีการรับค่าส่วนผสมน้ำตาลและครีม นั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ ให้กับไอซี 74LS145 จะทำหน้าที่เลือกการทำงานการหมุนของมอเตอร์ชุดบดเมล็ดกาแฟทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตรวจสอบชุดบดเมล็ดกาแฟว่าได้บดเมล็ดกาแฟในปริมาณที่ต้องการนั้นจะตรวจสอบได้โดยการกำหนดเวลาในการหมุนมอเตอร์ซึ่งจะถูกควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ควบคุม

**7) การออกแบบวงจรตรวจสอบตำแหน่งของแก้ว**

การตรวจสอบตำแหน่งของแก้วมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะให้ตำแหน่งของแก้วอยู่ในจุดที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการตรวจสอบตำแหน่งจึงใช้การเซนเซอร์ด้วยแสงโดยใช้ LED อินฟาเรดเป็นตัวส่งและโฟโตไดโอดทำหน้าที่เป็นตัวรับ จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของแสง ถ้าไม่มีแสงมากระทบที่โฟโตไดโอดถาดวางแก้วหยุดหมุน แต่ถ้ามีแสงมาตกกระทบที่โฟโตไดโอดถาดวางแก้วก็จะหมุนไปเรื่อยๆ ซึ่งวงจรตรวจสอบตำแหน่งนี้จะต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 เพื่อนำค่าจากการตรวจสอบตำแหน่งของแก้วมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ วงจรตรวจสอบตำแหน่งของแก้วแสดงดังรูปที่ 3.8

**8) การทำงานของวงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว**

การทำงานของวงจรเริ่มจากตัวต้านทาน R2 ทำหน้าที่พูลอัพให้กับขา OUTPUT ของโฟโตไดโอดในสภาวะที่ขา OUT จะมีค่าเป็น “1” เนื่องจากโฟโตไดโอดได้รับแสงอินฟาเรดจาก LED อินฟาเรดที่เป็นตัวส่งแต่เมื่อตำแหน่งของแก้วหมุนมาถึงจุดที่กำหนดก็จะถูกบังแสงหรือตัดแผ่นพลาสติกบังแสงอินฟาเรด ทำให้ สัญญาณ OUTPUT ของโฟโตไดโอดมีค่าเป็น “0” ทำให้ของแก้วหยุดหมุน

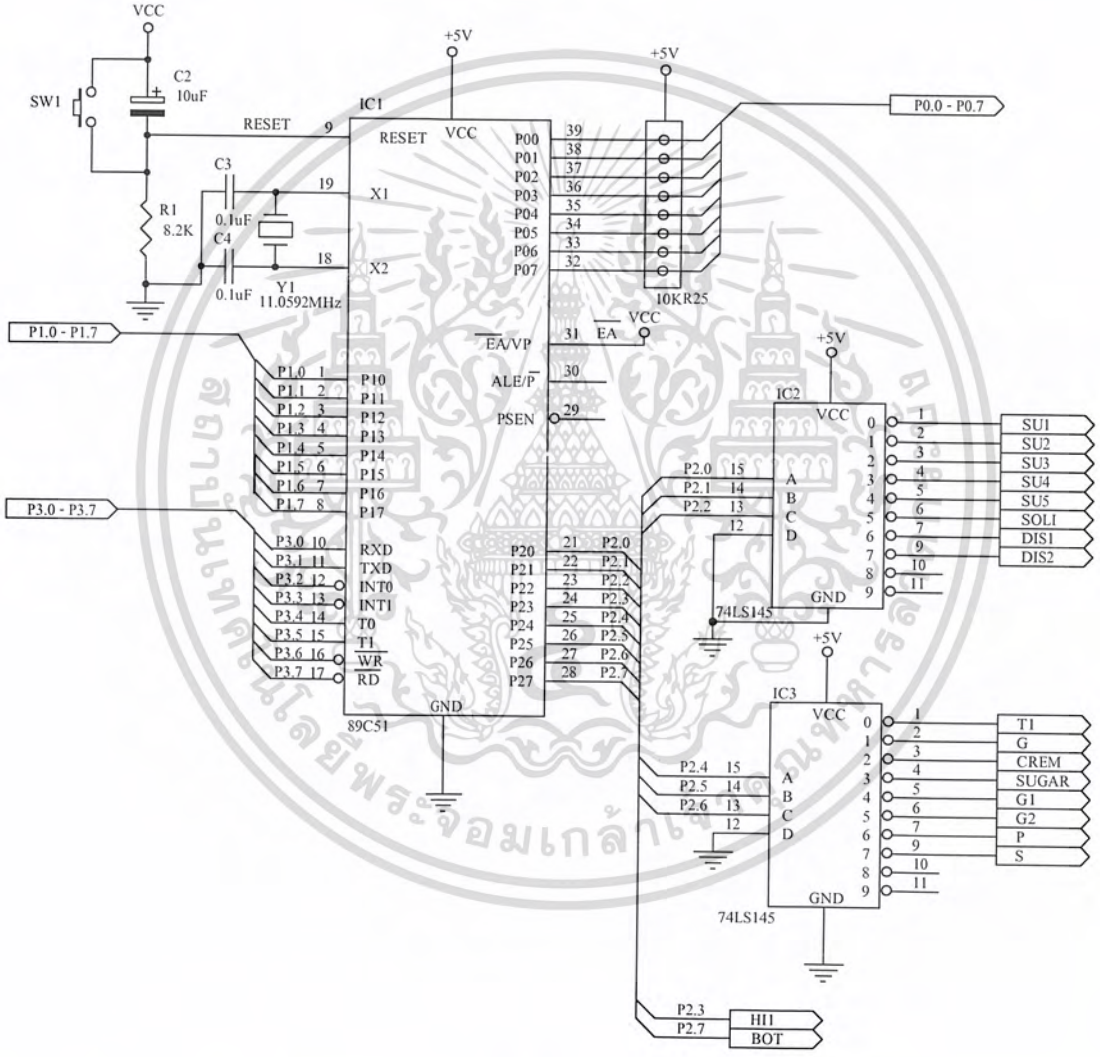
## 3.3 การออกแบบและการทำงานของโปรแกรมเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

ในการออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัตินั้นได้เลือกใช้โปรแกรมแอสเซมบลี สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 เนื่องจากในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 เป็นที่นิยมกันแพร่หลาย และได้พัฒนาให้มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบแฟลช สามารถลบเขียนใหม่ได้นับพันรอบ โดยไม่ต้องพึ่งพาโปรแกรมมอนิเตอร์หรือดีบักเกอร์ ที่สำคัญผู้ใช้งานสามารถเขียนโปรแกรมทั้งหมดได้ด้วยตนเอง การทำงานของโปรแกรมแบ่งออกเป็นหลายๆ ส่วนด้วยกันคือ การเขียนโปรแกรมรับข้อมูลจากคีย์สวิตซ์ โปรแกรมแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน โปรแกรมควบคุมการชงกาแฟ โปรแกรมชุดทำความร้อน โปรแกรมตรวจสอบตำแหน่งของแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

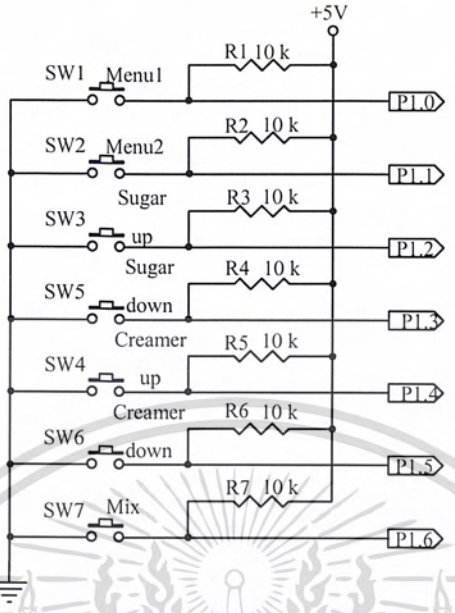
### 3.3.1 การออกแบบโปรแกรมของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

ในการออกแบบโปรแกรมของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ได้แบ่งออกเป็นส่วนได้ดังนี้คือ ส่วนของการรับข้อมูลจากคีย์สวิตซ์ การแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน การชงกาแฟ การทำความร้อน การตรวจสอบตำแหน่งของแก้ว และการควบคุมการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ในชุดในระบบกลไก ดังแสดงในภาคผนวก ข

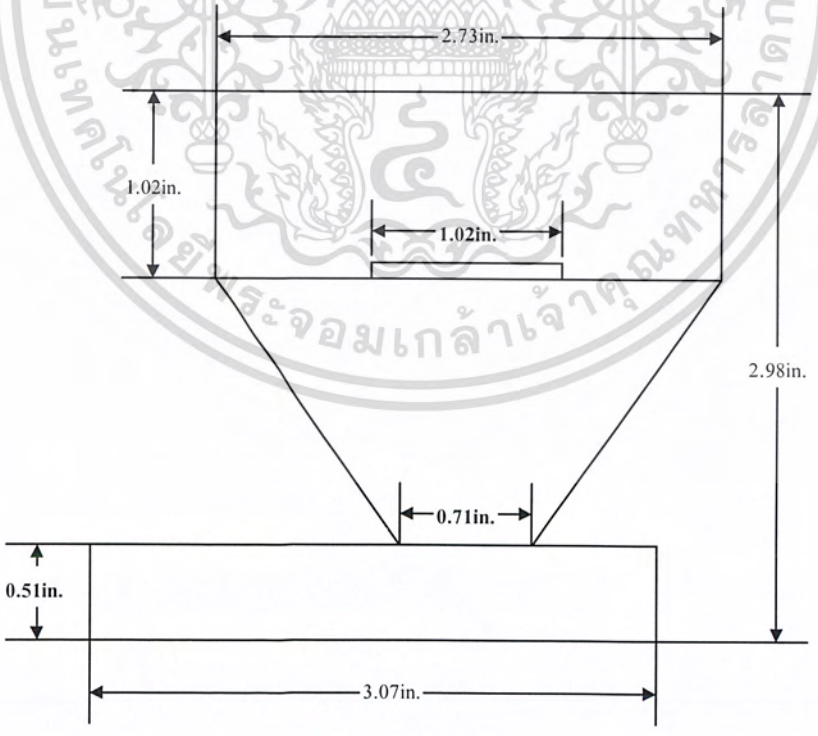



**รูปที่ 3.2** วงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

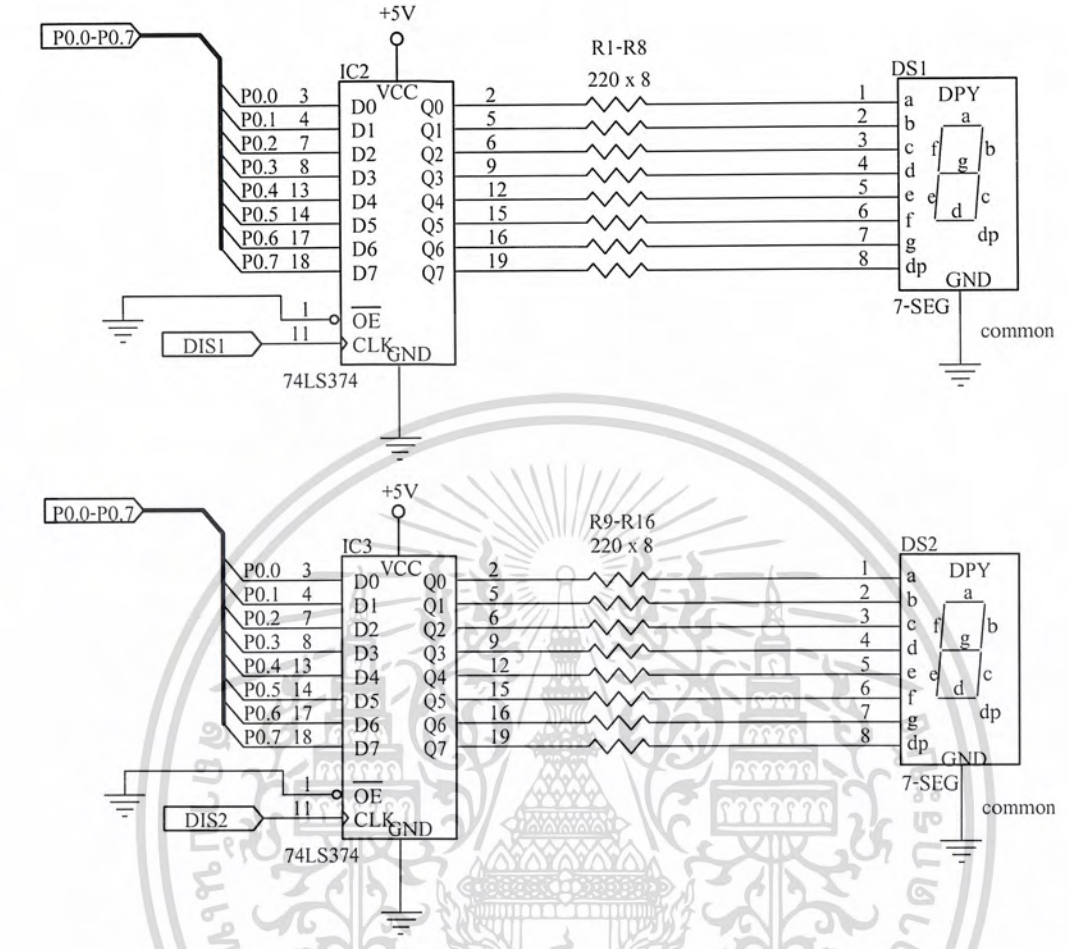



**รูปที่ 3.3** วงจรคีย์สวิตซ์

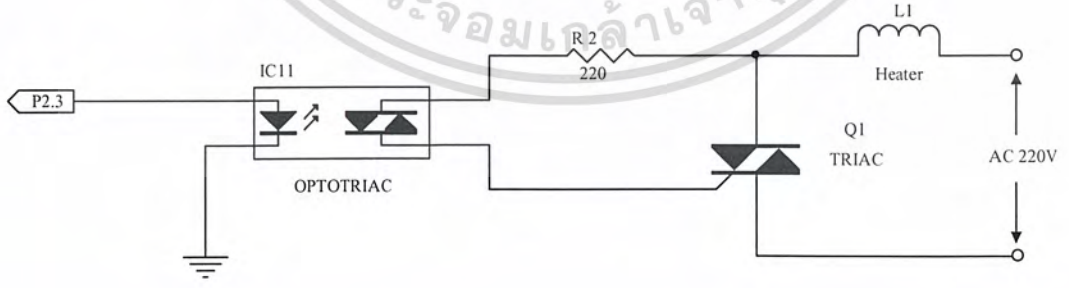



**รูปที่ 3.4** ชุดปล่อยน้ำตาลและครีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

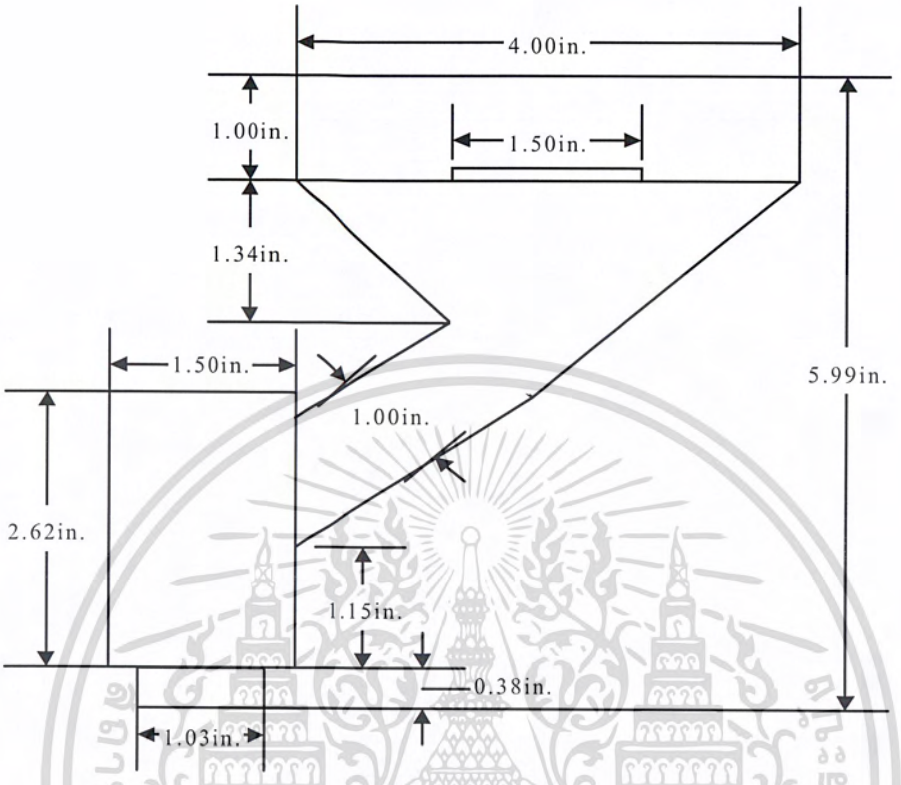



**รูปที่ 3.5** วงจรแสดงผลอแลอีดี 7 ส่วน

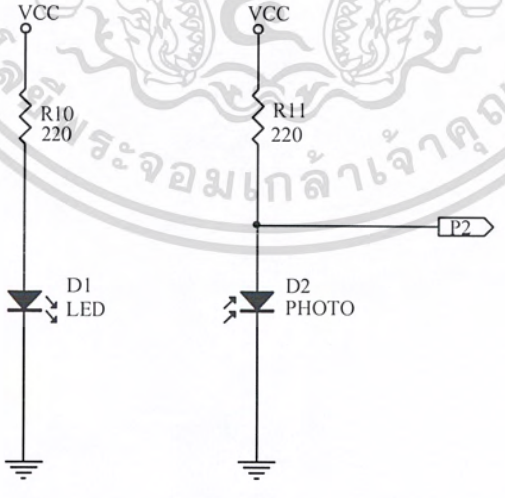



**รูปที่ 3.6** วงจรชุดทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

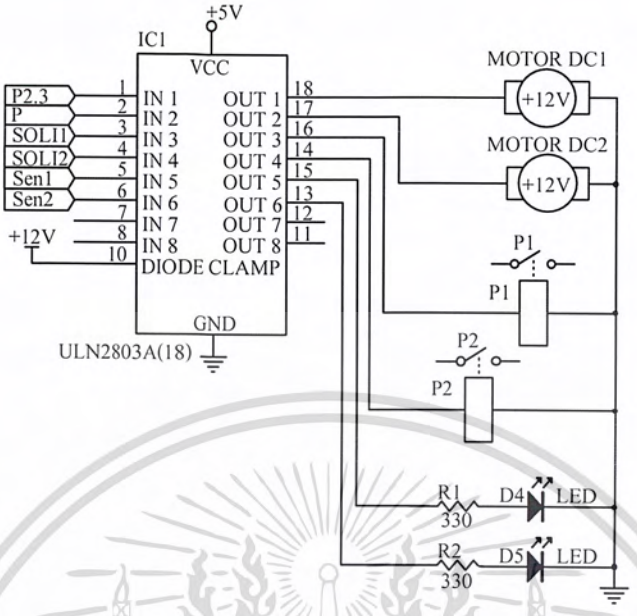



**รูปที่ 3.7** ชุดบดเมล็ดกาแฟ

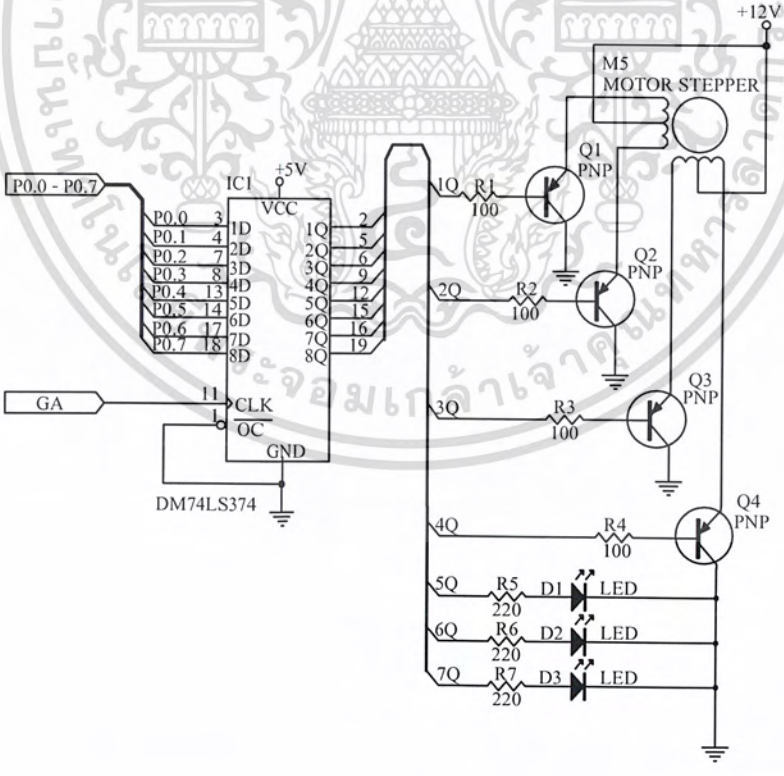



**รูปที่ 3.8** วงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.9** วงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์




**รูปที่ 3.10** วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การทดลองและผลการทดลอง

## 4.1 กล่าวนำ

สำหรับเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ หลักการทำงานส่วนใหญ่ของเครื่องจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ในการควบคุมการทำงานไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการรับข้อมูลจากคีย์สวิตซ์ การปล่อยส่วนผสม การแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณของส่วนผสมที่กำหนด การทำความร้อน ดังนั้นในการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ก็คือการทดลองการทำงานของโปรแกรมควบคุม โดยการทดลองจะแสดงผลจากวงจรต่างๆ ที่นำมาใช้งานซึ่งได้ผ่านการทดลองการทำงานของวงจรมาก่อนแล้ว นำมาประกอบเป็นเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ การทลองการทำงานนั้น เป็นการใช้งานจริงของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติทำการชงกาแฟตามลำดับขั้นตอน บันทึกผลการทดลองเป็นจำนวนครั้ง ยกตัวอย่างเช่น ทำการชงกาแฟโดยให้ใส่ครีม 2 ช้อน น้ำตาล 3 ช้อน จำนวน 10 ครั้ง เกิดความผิดพลาดกี่ครั้ง ผิดพลาดตรงส่วนใด ทำการแก้ไขในส่วนที่ผิดพลาด และในส่วนของขั้นตอนในการกำหนดส่วนผสมในการชงกาแฟมีความซับซ้อนเกินไปหรือไม่ การทดลองส่วนนี้ผู้ใช้เครื่องจะเป็นผู้ทดลองและแสดงความคิดเห็นที่ผู้ใช้ต้องการ โดยทดลองให้ผู้ใช้ทดลองใช้งานเครื่องเมื่อทราบผลการทดลองในส่วนนี้นำมาแก้ไขปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการ ของผู้ใช้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

## 4.2 การทดลองการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

ทำการต่อวงจรส่วนต่างๆ ของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติเข้าด้วยกัน หลังจากนั้นทดสอบการใช้งานเสร็จแล้วจึงนำไปประกอบลงในตัวเครื่องเพื่อพร้อมที่จะนำไปใช้งานจริง ทำการทดลองการชงกาแฟตามลำดับขั้นตอนโดยได้แสดงคำอธิบายขั้นตอนในการชงกาแฟไว้ที่ด้านหน้าของตัวเครื่อง ทางคณะผู้จัดทำจะเป็นผู้ทดลองการทำงานเพื่อหาข้อผิดพลาดในขั้นตอนต่างๆ และแก้ไข จากนั้นผู้ใช้จะเป็นผู้ทดลองการทำงานของเครื่องเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ไขให้เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีประสิทธิภาพและลำดับขั้นในการชงกาแฟให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แบ่งเป็นการทดลองในส่วนของผู้ใช้ การบดกาแฟ และการปล่อยครีมและน้ำตาล โดยมีลำดับขั้นตอนในการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.1 ลำดับขั้นตอนในการทดลองในส่วนของผู้ใช้ระบบ

1) ทำการต่อวงจรในส่วนต่างๆ ของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติเข้าด้วยกันและทดลองการทำงาน

2) นำวงจรส่วนต่างๆ ที่ต่อเข้าด้วยกันแล้วนำไปประกอบลงในตัวเครื่องดังรูปที่ 4.1

**รูปที่ 4.1** ตัวเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

3) ทำการทดลองการชงกาแฟในรูปแบบของการชงแบบอัตโนมัติ

ในการทดลองการชงกาแฟในรูปแบบของการชงอัตโนมัติ เครื่องจะรอรับค่าจากการกดคีย์สวิตซ์เมนู ในส่วนทางด้านของการชงอัตโนมัติ ผู้ใช้จะต้องมีการกดคีย์สวิตซ์เพื่อเลือกสูตรในการชงกาแฟที่มีไว้ให้เลือกทางด้านหน้าของเครื่อง จากนั้นเครื่องก็จะทำการชงกาแฟให้และจะจ่ายกาแฟลงในแก้ว แล้วเลื่อนตำแหน่งแก้วกาแฟสู่ช่องรับแก้วทางด้านหน้าของเครื่อง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้

3.1) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ แสดงสถานะการทำงานปัจจุบันของเครื่องด้วยแอลอีดีในส่วนด้านหน้าของตัวเครื่อง ดังรูปที่ 4.2

3.2) วางแก้วกาแฟลงในช่องรับแก้วที่อยู่ตรงส่วนหน้าของเครื่องดังรูปที่ 4.3

3.3) ทำการกดคีย์สวิตซ์ เพื่อเลือกสูตรในการชงโดยจะมีให้เลือก 2 สูตรคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีเลือกสูตรที่ 1 คือสูตร Espresso Classic เครื่องจะทำการชงกาแฟ โดยมีส่วนผสมในการชงคือ กาแฟเอสเปรสโซไม่เติมน้ำตาลและครีม

กรณีเลือกสูตรที่ 2 คือสูตร Coffee Balance เครื่องจะทำการชงกาแฟ โดยมีส่วนผสมในการชงคือ กาแฟเอสเปรสโซเติมน้ำตาลและครีมอย่างละ 2 ช้อนชา

เลือกสูตรที่ต้องการชงและทำการกดสวิตซ์ในตำแหน่ง “ตกลง” เพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน โดยการทำงานของเครื่องจะเริ่มจากถาดวางแก้วเลื่อนตำแหน่งของแก้วเข้าไปในตัวเครื่องเพื่อที่จะใส่ส่วนผสมต่างๆ ลงในแก้วกาแฟดังรูปที่ 4.4

**รูปที่ 4.2** สถานะการทำงานปัจจุบันของเครื่องด้วยแอลอีดี ในส่วนด้านหน้าของตัวเครื่อง

3.4) เมื่อใส่ส่วนผสมครบทุกอย่าง แก้วกาแฟก็จะเลื่อนกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งของช่องรับแก้วและชุดกรองกากกาแฟก็จะนำกากกาแฟที่ได้เททิ้งลงในกล่องที่รับกากดังรูปที่ 4.5

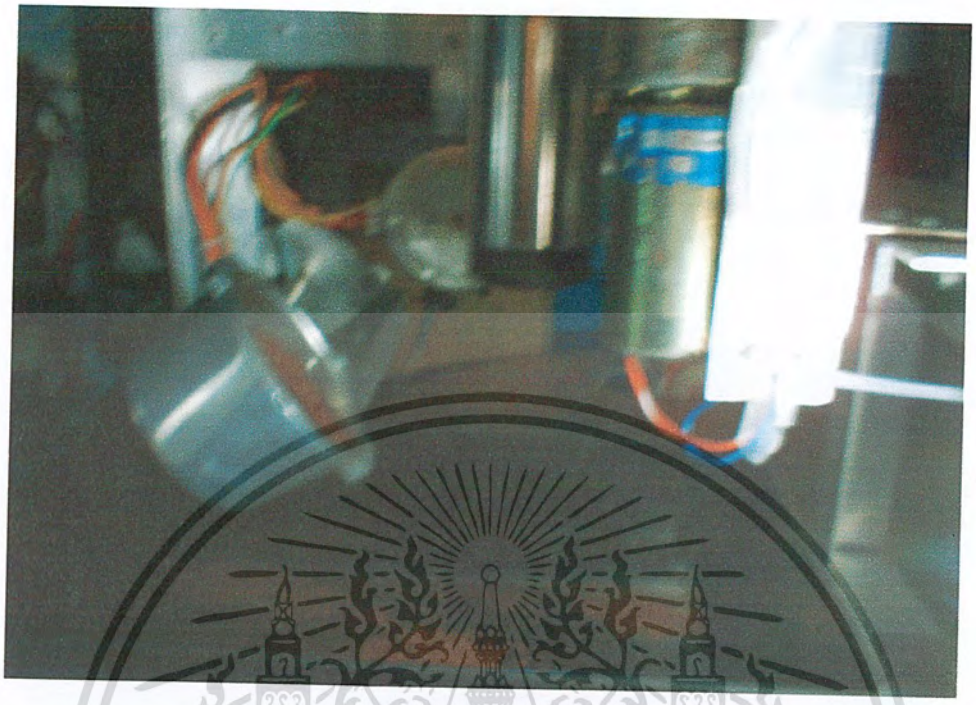
3.5) รับกาแฟที่ชงเสร็จทางช่องรับแก้ว ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.3** วางแก้วกาแฟลงในช่องวางแก้ว

**รูปที่ 4.4** เมนูเลือกสูตรกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.5** ชุดกรองกากกาแฟนำกากกาแฟเททิ้งลงในกล่องที่รับกาก

**รูปที่ 4.6** รับกาแฟที่ชงเสร็จทางช่องรับแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.2 ลำดับขั้นตอนการทดลองการชงแบบกำหนดส่วนผสมเอง

1) ทำการต่อวงจรส่วนต่างๆ ของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติเข้าด้วยกันและทดลองการทำงาน

2) นำวงจรส่วนต่างๆ ที่ต่อเข้าด้วยกันไปประกอบลงในตัวเครื่อง

3) ทำการทดลองการชงกาแฟ ในรูปแบบของการชงกาแฟแบบกำหนดส่วนผสมเอง

ในการทดลองการชงกาแฟในรูปแบบของการชงแบบกำหนดส่วนผสมเครื่องจะทำ การรอรับค่าจากการกดคีย์สวิตซ์เมนูในส่วนทางด้านของการชงแบบกำหนดส่วนผสมผู้ใช้จะต้องมีการกดคีย์สวิตซ์ เพื่อกำหนดปริมาณของน้ำตาล ครีม และกาแฟ จากเมนูหน้าเครื่อง จากนั้นเครื่อง ก็จะทำการชงกาแฟให้ตามปริมาณของส่วนผสมทผู้ใช้กำหนด

3.1) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ แสดงสถานการณ์ทำงานปัจจุบันของเครื่องด้วยแอลอีดี ในส่วนด้านหน้าของเครื่อง ดังรูปที่ 4.7

3.2) วางแก้วกาแฟลงในช่องรับแก้ว ที่อยู่ตรงส่วนหน้าของเครื่อง ดังรูปที่ 4.8

3.3) ทำการกดคีย์สวิตซ์ที่ตำแหน่ง ↓ หรือ ↑ ในส่วนของการกำหนดปริมาณของน้ำตาลให้มากหรือน้อย โดยจะมีแอลอีดี 7 ส่วน แสดงปริมาณของน้ำตาลที่กำหนดที่ต้องการใส่ลงในกาแฟให้ทราบ ดังรูปที่ 4.9

**รูปที่ 4.7** สถานะการทำงานปัจจุบันของเครื่องด้วยแอลอีดี ในส่วนด้านหน้าของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.8** วางแก้วกาแฟลงในช่องวางแก้ว

**รูปที่ 4.9** กำหนดปริมาณของน้ำตาลที่ต้องการใส่ลงในกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4) ทำการกดคีย์สวิตซ์ที่ตำแหน่ง ↓ หรือ ↑ ในส่วนของการกำหนดปริมาณของครีมให้มากหรือน้อย โดยจะมีแอลอีดี 7 ส่วน แสดงปริมาณของครีมที่กำหนดที่ต้องการใส่ลงในกาแฟให้ทราบ ดังรูปที่ 4.10

**รูปที่ 4.10** กำหนดปริมาณของครีมที่ต้องการใส่ลงในกาแฟ

3.5) ทำการกดคีย์สวิตซ์ในตำแหน่ง “ตกลง” เพื่อให้เครื่องเริ่มการทำงานเครื่องทำการชงกาแฟให้ตามส่วนผสมที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 4.11 โดยที่ถาดรองแก้วจะเลื่อนไป ที่ตำแหน่งในการเติมน้ำตาลก่อนแล้วจึงเลื่อนไปยังตำแหน่งของกาแฟและสุดท้ายจึงเลื่อนไปยังตำแหน่งของครีม

3.6) รับกาแฟที่ชงเสร็จแล้วจากช่องรับแก้วดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.11** กดคีย์สวิตช์ในตำแหน่ง "ตกลง" เพื่อให้เครื่องเริ่มการทำงาน

**รูปที่ 4.12** รับกาแฟที่ชงเสร็จทางช่องรับแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 ลำดับขั้นตอนการทดลองในการบดกาแฟ

ในการทดลองการบดเมล็ดกาแฟนั้นจะทดลองบดกาแฟในปริมาณ 7 กรัม ต่อ 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ปริมาณของกาแฟที่บดแล้วต่อการชงกาแฟ 1 แก้ว แล้วหาค่าเวลาที่ใช้ในการบดกาแฟแต่ละครั้งเพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปใช้ในการควบคุมการทำงานจริงซึ่งมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1) ทดลองบดกาแฟจำนวน 10 ครั้ง

2) บันทึกผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดลองการบดกาแฟปริมาณ 7 กรัม

| ครั้งที่ทดลอง | เวลาที่ใช้ในการบด |
|---|---|
| 1 | 1.17 วินาที |
| 2 | 1.17 วินาที |
| 3 | 1.15 วินาที |
| 4 | 1.13 วินาที |
| 5 | 1.15 วินาที |
| 6 | 1.14 วินาที |
| 7 | 1.14 วินาที |
| 8 | 1.12 วินาที |
| 9 | 1.15 วินาที |
| 10 | 1.15 วินาที |

3) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าเฉลี่ย

4) นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง

ผลจากการทดลองค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการควบคุมการบดกาแฟในปริมาณ 7 กรัม ที่ได้เท่ากับ 1.147 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.4 ลำดับขั้นตอนการทดลองในการปล่อยครีม

ในการทดลองการปล่อยครีมนั้นจะทดลองเพื่อหาค่าเวลาที่ใช้ปล่อยครีม ให้ได้ในปริมาณ 1 ช้อนชา ซึ่งจะนำมาใช้ในการกำหนดส่วนผสมในการชงแต่ละครั้งแล้วหาค่าเวลาที่ใช้ในการปล่อยครีม แต่ละครั้งเพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปใช้ในการควบคุมการทำงานจริงซึ่งมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1) ทดลองบดกาแฟจำนวน 10 ครั้ง

2) บันทึกผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ผลการทดลองการปล่อยครีมปริมาณ 1 ช้อนชา

| ครั้งที่ทดลอง | เวลาที่ใช้ในการปล่อย |
|---|---|
| 1 | 5.1 วินาที |
| 2 | 5.1 วินาที |
| 3 | 5.3 วินาที |
| 4 | 5.0 วินาที |
| 5 | 5.1 วินาที |
| 6 | 4.9 วินาที |
| 7 | 4.7 วินาที |
| 8 | 4.8 วินาที |
| 9 | 5.0 วินาที |
| 10 | 5.0 วินาที |

3) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าเฉลี่ย

4) นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง

ผลจากการทดลองค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการควบคุมการปล่อยครีมในปริมาณ 1 ช้อนชา ที่ได้เท่ากับ 5.00 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.5 ลำดับขั้นตอนการทดลองในการปล่อยน้ำตาล

ในการทดลองการปล่อยน้ำตาลนั้นจะทดลองเพื่อหาค่าเวลาที่ใช้ปล่อยน้ำตาล ให้ได้ในปริมาณ 1 ช้อนชา ซึ่งจะนำมาใช้ในการกำหนดส่วนผสมในการชงแต่ละครั้งแล้วหาค่าเวลาที่ใช้ในการปล่อยน้ำตาล แต่ละครั้งเพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปใช้ในการควบคุมการทำงานจริงซึ่งมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้

1) ทดลองบดกาแฟจำนวน 10 ครั้ง

2) บันทึกผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลการทดลองการปล่อยน้ำตาลปริมาณ 1 ช้อนชา

| ครั้งที่ทดลอง | เวลาที่ใช้ในการปล่อย |
|---|---|
| 1 | 5.0 วินาที |
| 2 | 5.0 วินาที |
| 3 | 5.3 วินาที |
| 4 | 5.0 วินาที |
| 5 | 5.1 วินาที |
| 6 | 4.9 วินาที |
| 7 | 4.9 วินาที |
| 8 | 4.8 วินาที |
| 9 | 5.1 วินาที |
| 10 | 5.1 วินาที |

3) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าเฉลี่ย

4) นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง

ผลจากการทดลองค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการควบคุมการปล่อยน้ำตาลในปริมาณ 1 ช้อนชา ที่ได้เท่ากับ 5.02 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทสรุป

## 5.1 บทสรุป

การออกแบบและการสร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการออกแบบวงจรประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ วงจรควบคุม การชงกาแฟ ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของการออกแบบโปรแกรมควบคุมในส่วนต่างๆ และส่วนที่ 3 คือ ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างภายนอกของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

การออกแบบวงจรของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้คือ ส่วนของวงจรควบคุมซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นวงจรย่อยๆ ได้ดังนี้คือ วงจรรับข้อมูลจากคีย์สวิตซ์ วงจรแสดงผลทางแอลอีดี 7 ส่วน วงจรตรวจสอบตำแหน่งของแก้วกาแฟ วงจรชุดทิ้งกากกาแฟ วงจรปล่อยส่วนสมของกาแฟ วงจรชุดทำความร้อน และวงจรตรวจสอบระดับน้ำ

การทดลองการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติทดลองโดยทำการต่อวงจรส่วนต่างๆ ของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติเข้าด้วยกัน หลังจากนั้นทดสอบการใช้งานเสร็จแล้วจึงนำไปประกอบลงในตัวเครื่องเพื่อพร้อมที่จะนำไปใช้งานจริง ทำการทดลองการชงกาแฟตามลำดับขั้นตอนโดยได้แสดงคำอธิบายขั้นตอนในการชงกาแฟไว้ที่ด้านหน้าของตัวเครื่อง ทางคณะผู้จัดทำจะเป็นผู้ทดลองการทำงานเพื่อหาข้อผิดพลาดในขั้นตอนต่างๆ และแก้ไข จากนั้นผู้ใช้จะเป็นผู้ทดลองการทำงานของเครื่องเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ไขให้เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีประสิทธิภาพและลำดับขั้นในการชงกาแฟให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แบ่งเป็นการทดลองในส่วนของผู้ใช้ การบดกาแฟ และการปล่อยครีมและน้ำตาล

เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ สามารถเลือกการทำงานได้ 2 แบบ คือแบบ Auto และ แบบ Manual ซึ่งเครื่องนี้จะใช้เมล็ดกาแฟสดผ่านชุดบดเมล็ดกาแฟในการชงและในการชงกาแฟนั้นสามารถเลือกใส่ส่วนผสมได้ 2 อย่าง คือครีมและน้ำตาล และยังสามารถถอดทำความสะอาดชุดกรองกากกาแฟได้อีกด้วย โดยในการทำงานของเครื่องชงกาแฟทั้งหมดนั้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 เป็นตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

**5.2.1 ปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์**

**1. ปัญหา** กระแสไฟฟ้าที่ป้อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้ขับถาดที่วางแก้วนั้นน้อยเกินไปทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์มีกำลังในการหมุนถาดน้อย

**แนวทางแก้ไข** เปลี่ยนทรานซิสเตอร์ที่ใช้จากเดิม 4 แอมป์ เป็น 15 แอมป์

**2. ปัญหา** มอเตอร์ที่ใช้บดเมล็ดกาแฟมีขนาดเล็กทำให้มีแรงบิดในการบดน้อยเกิดการติดขัดในการบดเมล็ดกาแฟ

**แนวทางแก้ไข** เปลี่ยนมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและย้ายมอเตอร์จากด้านบนไปไว้ด้านล่างและใช้โซ่ช่วยในการขับมอเตอร์

**3. ปัญหา** ชุดกรองกากกาแฟมีความละเอียดของรูที่เล็กและกากกาแฟไปอุดรูทำให้น้ำไหลผ่านลงมาได้ช้ามาก จึงทำให้การชงกาแฟแต่ละครั้งต้องใช้เวลามาก

**แนวทางการแก้ไข** เจาะรูที่ชุดกรองกากให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและบดกาแฟให้หยาบขึ้น

**5.2.2 ปัญหาทางด้านซอฟต์แวร์**

**1. ปัญหา** การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีนั้นการแก้ไขการควบคุมการทำงานแต่ละส่วนทำได้ยากกว่าการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีเพราะเป็นภาษาระดับต่ำ คำสั่งที่ใช้งานมีความซับซ้อนทำให้เกิดการผิดพลาดได้ง่าย

**แนวทางแก้ไข** เขียนโปรแกรมแยกออกเป็นส่วนย่อย ของการทำงานแต่ละส่วนแล้วค่อยนำมารวมเข้าด้วยกันและทำความเข้าใจคำสั่งที่ใช้ให้มากขึ้น

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

1. การเพิ่มส่วนผสมในการชงให้มากขึ้น เช่น นม เพื่อเพิ่มรสชาติและให้ถูกใจผู้บริโภคได้มากที่สุด

2. การเพิ่มชนิดของกาแฟที่ใช้ชงให้มากขึ้นเพื่อให้เกิดความหลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

3. ศึกษาภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ภาษาซี หรือ ภาษาเบสิก ซึ่งจะทำให้สามารถเขียนสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายขึ้น

4. การออกแบบโครงสร้างภายนอกให้มีความสวยงามมากขึ้น ใช้งานได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วมากขึ้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

นภัทร วัจนเทพินทร์. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : บริษัทสกายบุ๊กส์จำกัด. 2536

สมคิด วิริยประสิทธิ์ชัย และคณะ. **ความรู้เบื้องต้นทางอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

กฤษดา ใจเย็น. **เรียนรู้การเชื่อมต่อ PC กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม.** กรุงเทพฯ : บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์จำกัด. 2542

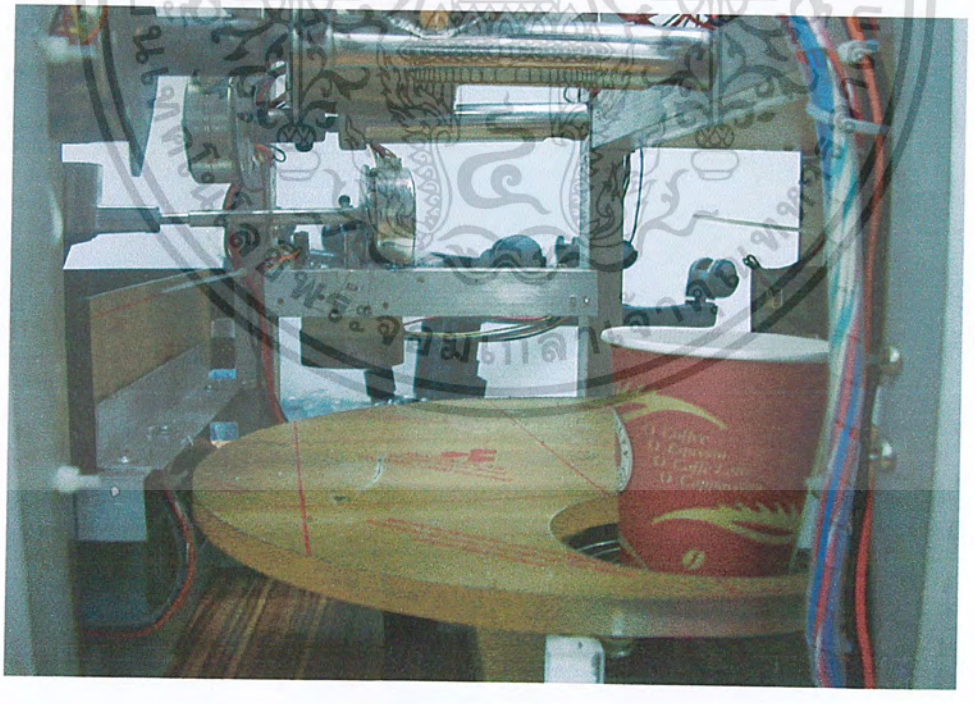
ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ**

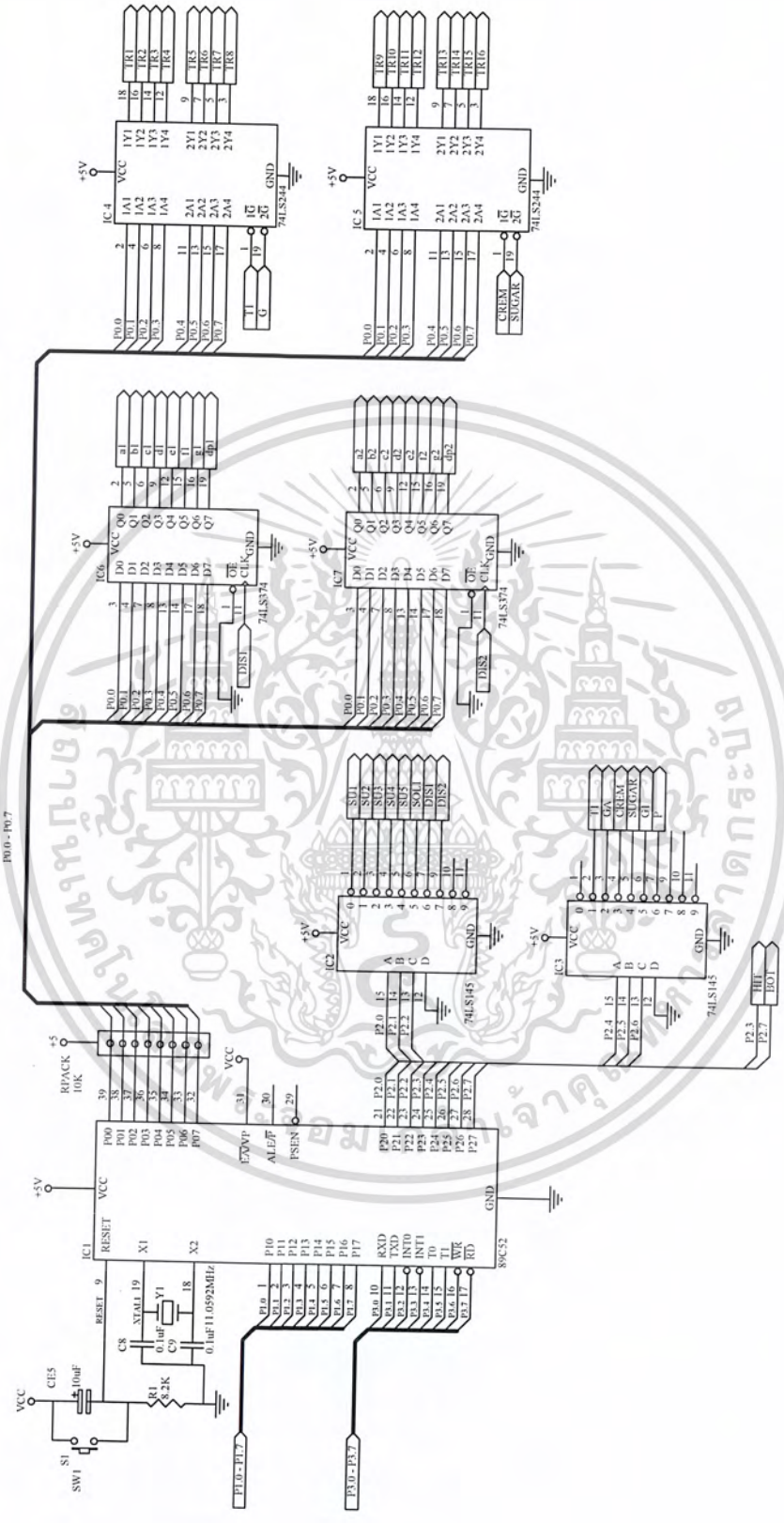


**รูปที่ ก.2 ภาพด้านในของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

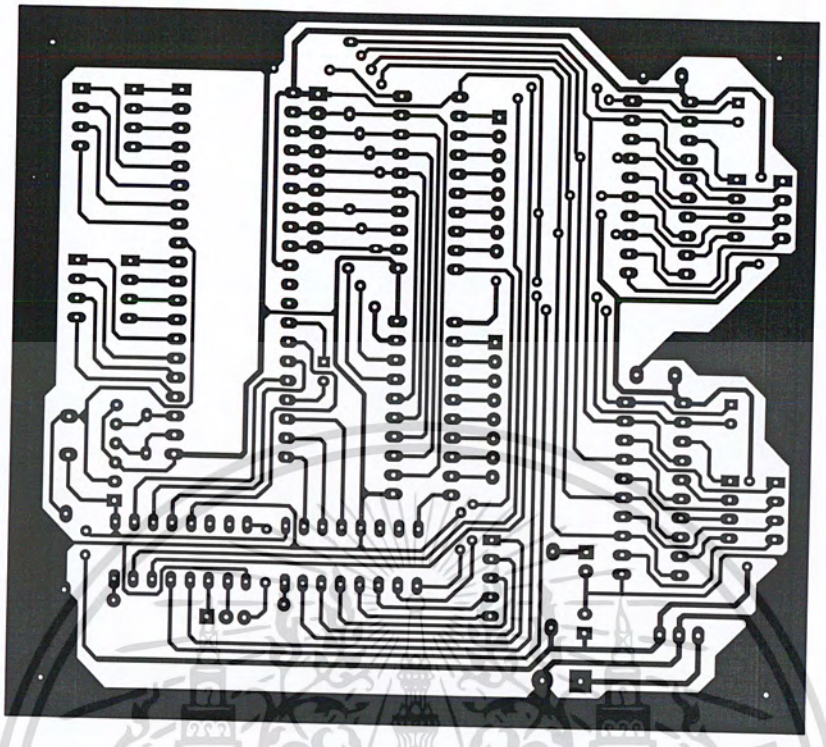
# ภาคผนวก ข
# วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



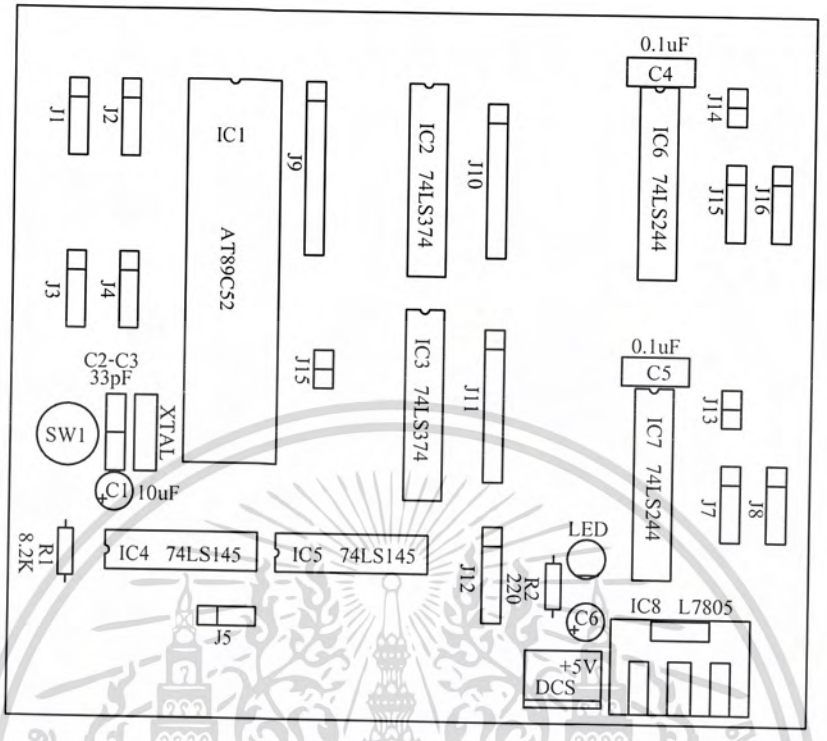

**รูปที่ ข.1** วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

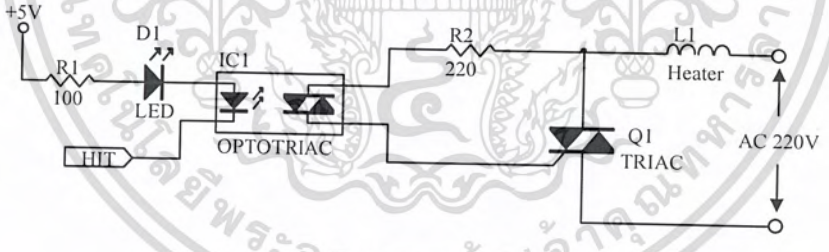


**รูปที่ ข.2** แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุม

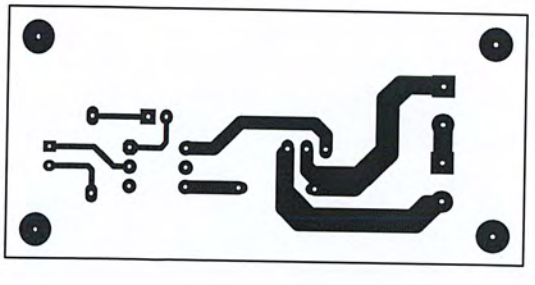
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ข.3** ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม

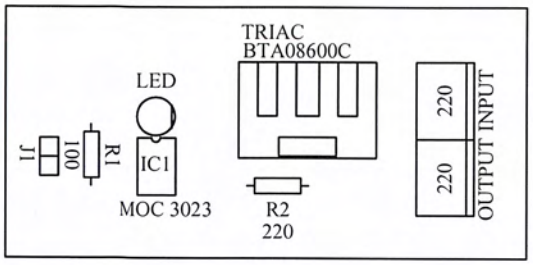



**รูปที่ ข.4** วงจรชุดทำความร้อน

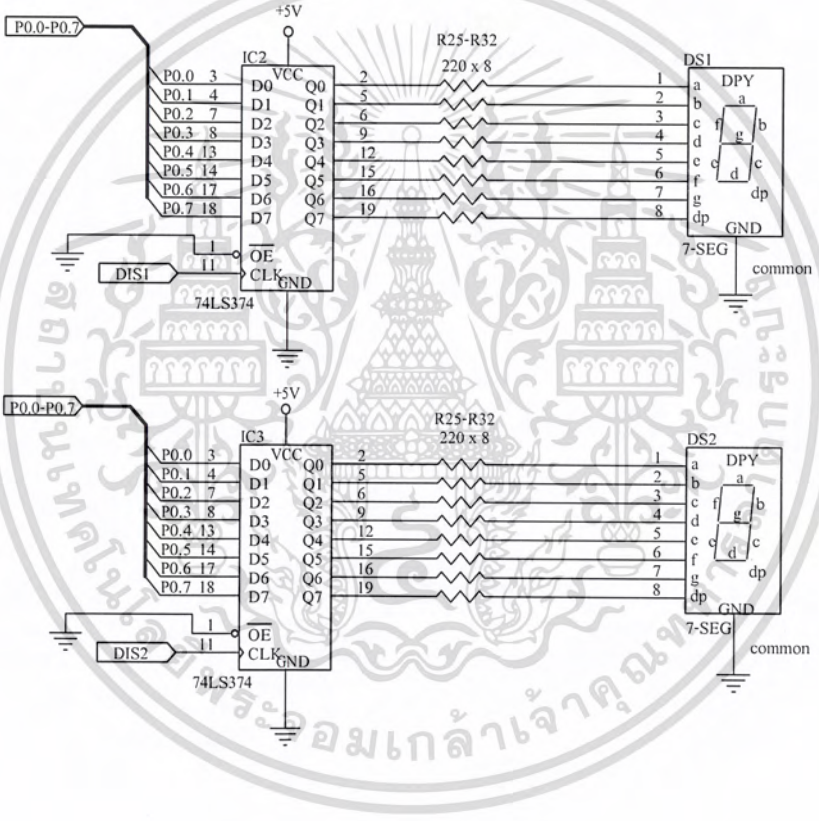


**รูปที่ ข.5** แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรชุดทำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

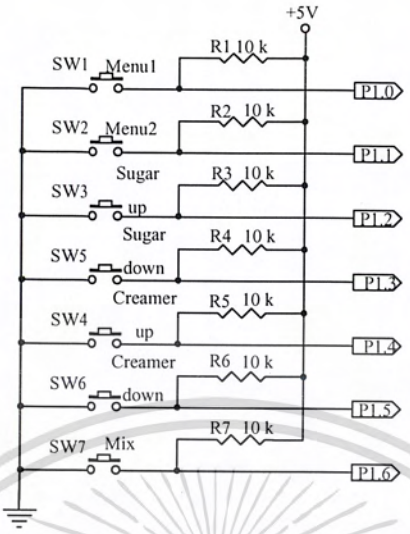



**รูปที่ ข.6** ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรชุดทำความร้อน

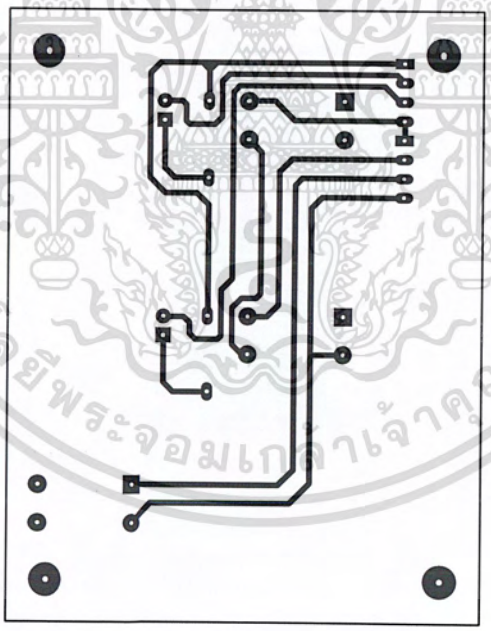



**รูปที่ ข.7** วงจรแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

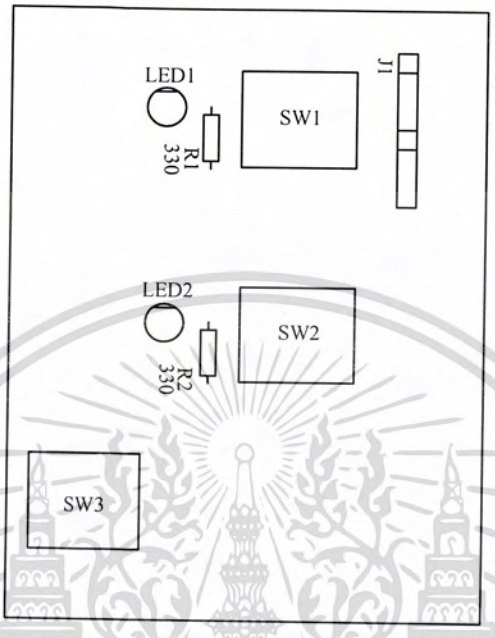



**รูปที่ ข.8** วงจรคีย์สวิตซ์



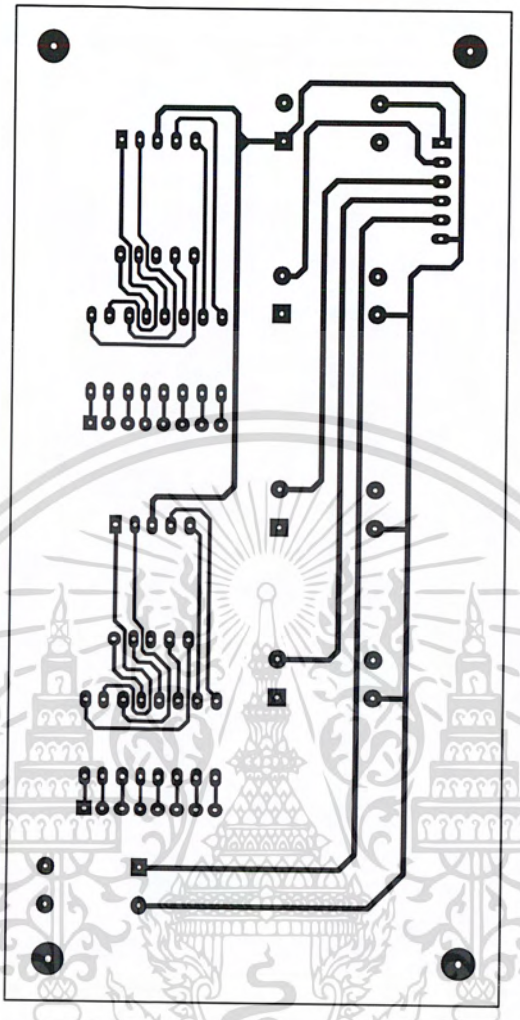
**รูปที่ ข.9** แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรคีย์สวิตซ์ (Auto)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



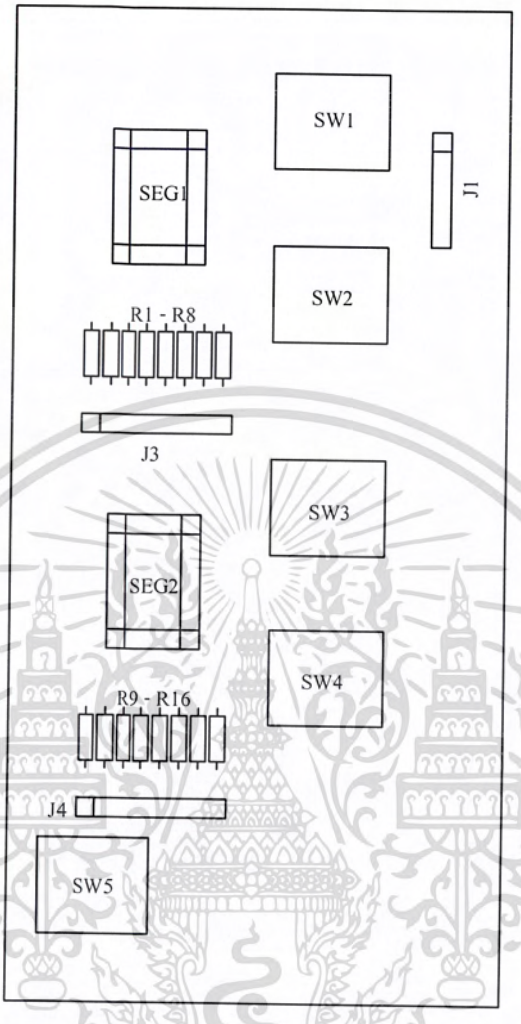

**รูปที่ ข.10** ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรคีย์สวิตช์ (Auto)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



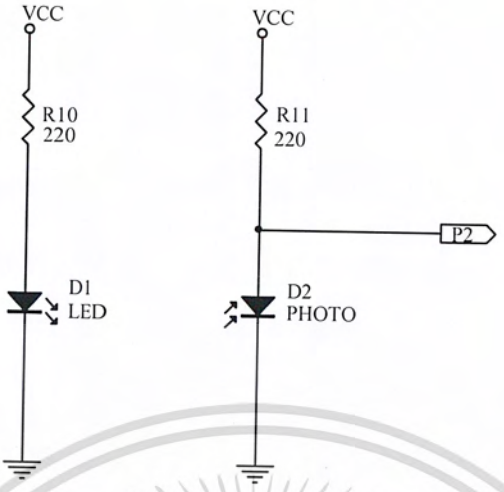
**รูปที่ ข.11** แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรคีย์สวิตซ์ (Manual) และวงจรแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

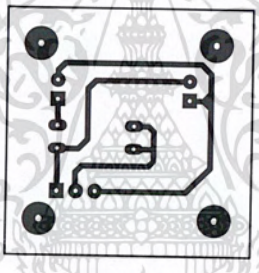



**รูปที่ ข .10** ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรคีย์สวิตซ์ (Manual) และวงจรแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน

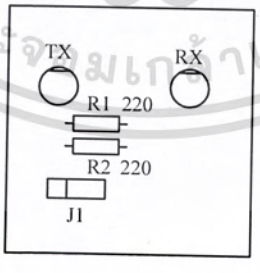
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ข.13** วงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว

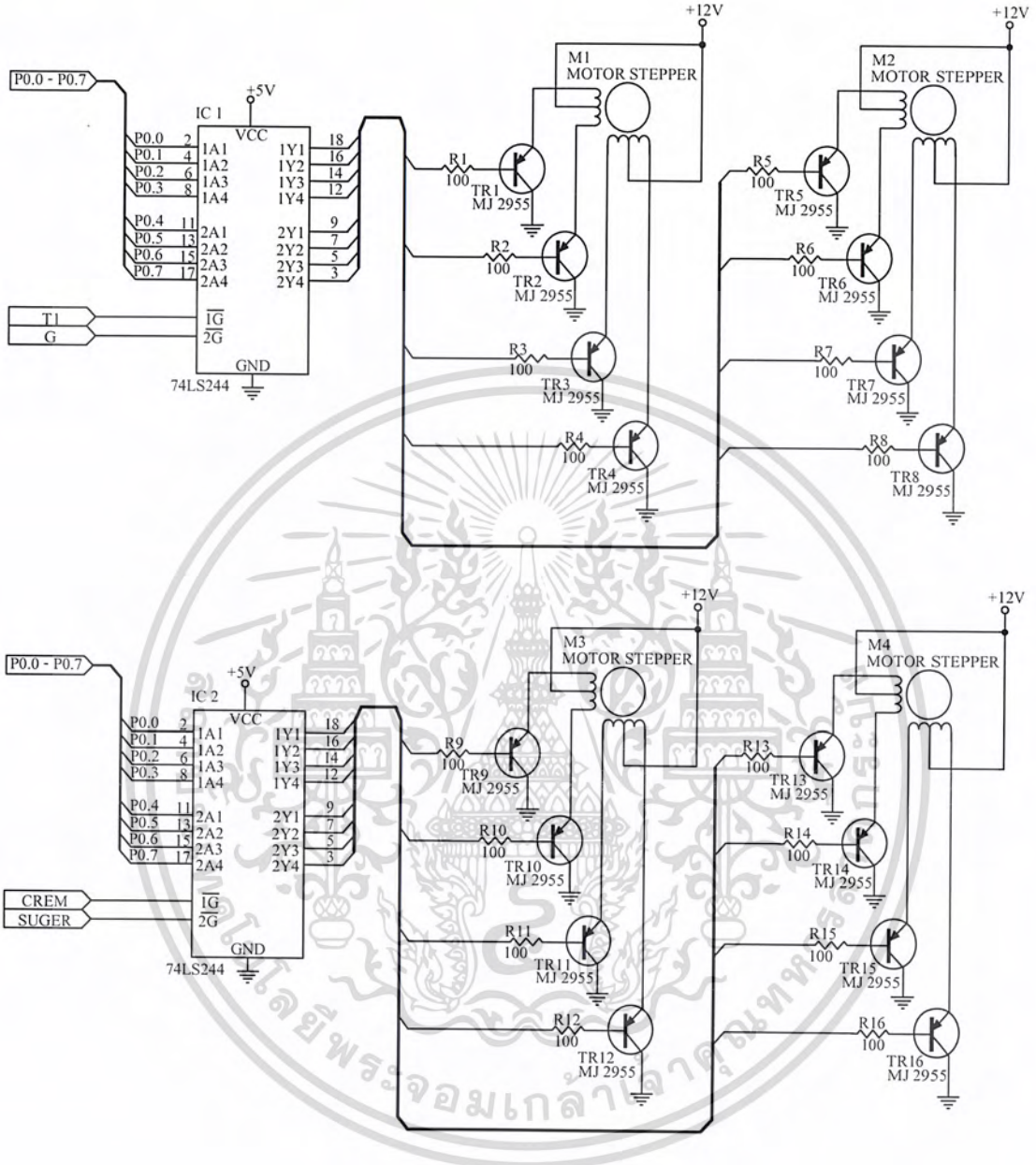


**รูปที่ ข.14** แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว



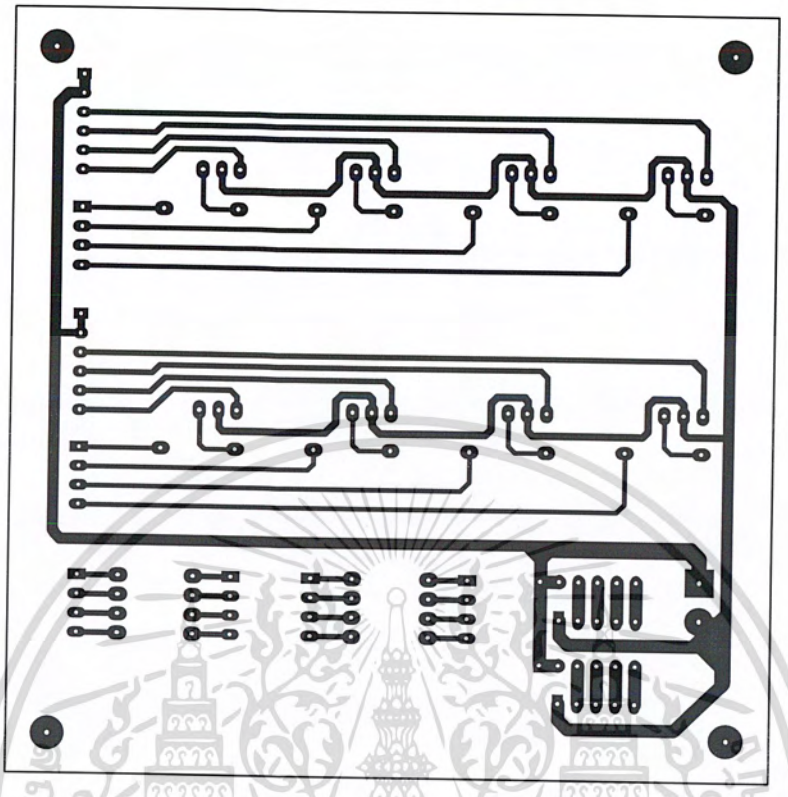

**รูปที่ ข.15** ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจสอบตำแหน่งแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



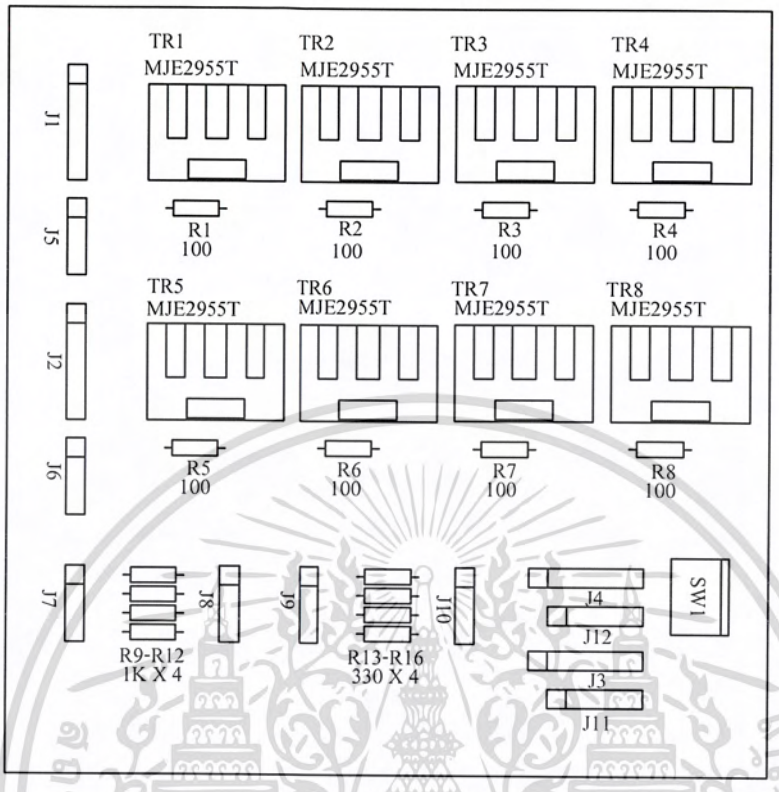

**รูปที่ ข.16** วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



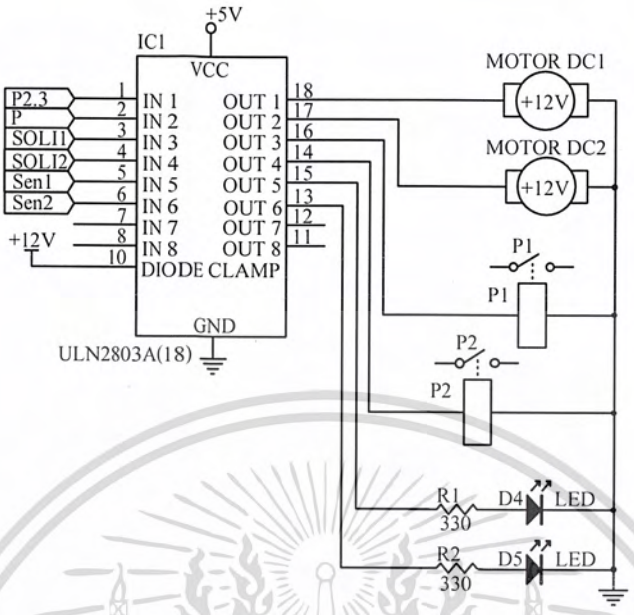
**รูปที่ ข.17** แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

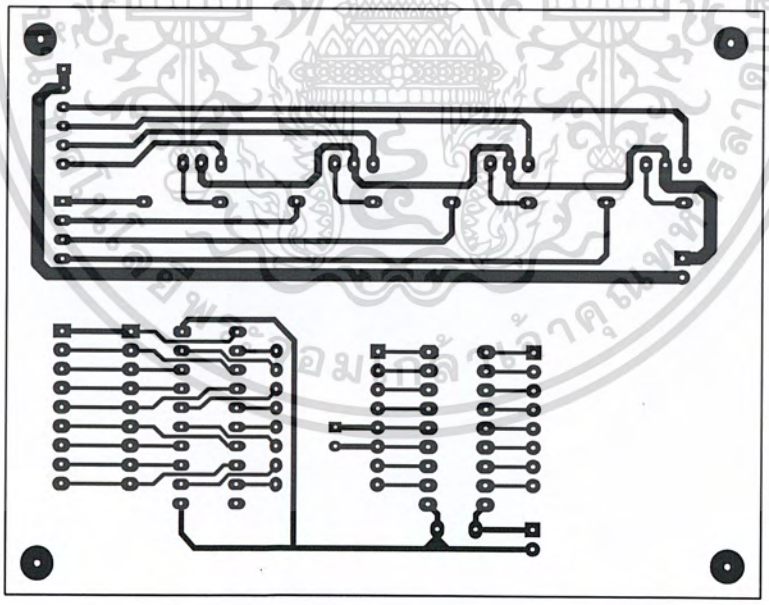



**รูปที่ ข.18** ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

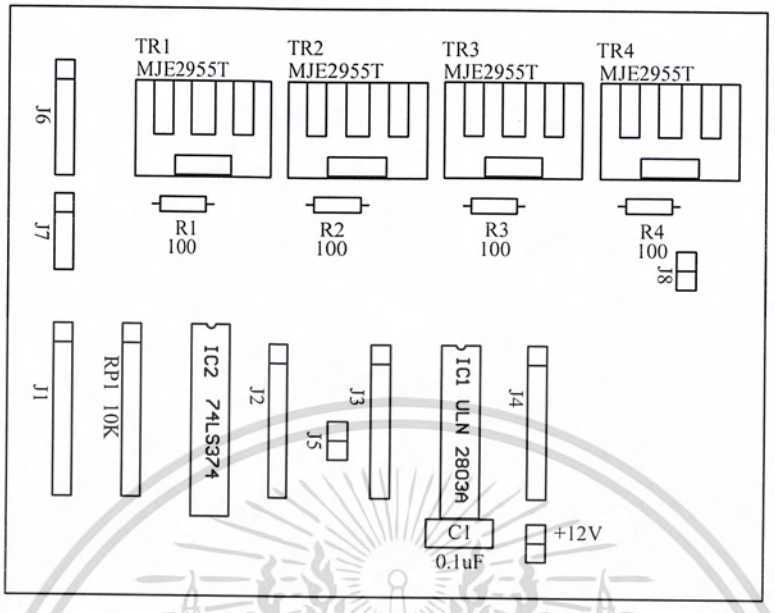



**รูปที่ ข.17** วงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์



**รูปที่ ข.18** แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ข.21** ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

# รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค.1** รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุม

| ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|
| **วงจรรวม** | | |
| IC1 | AT89C52 | 1 ตัว |
| IC2, IC3 | 74LS145 | 2 ตัว |
| IC4, IC5 | 74LS244 | 2 ตัว |
| IC6, IC7 | 74LS374 | 2 ตัว |
| IC8 | L7805 | 1 ตัว |
| **ตัวเก็บประจุ** | | |
| C1 | 47 $\mu$ F 50 V | 1 ตัว |
| C2 | 10 $\mu$ F 16 V | 1 ตัว |
| C3, C4 | 33 pF เซรามิค | 2 ตัว |
| C5, C6 | 0.1 $\mu$ F โพลีแอสเตอร์ | 2 ตัว |
| **ตัวความต้านทาน** | | |
| R1 | 220 $\Omega$ | 1 ตัว |
| R2 | 8.2 k $\Omega$ | 1 ตัว |
| **อุปกรณ์อื่นๆ** | | |
| Y1 | XTAL 11.0592 MHz | 1 ตัว |
| S1 | ไมโครสวิตซ์ | 1 ตัว |
| D1 | LED สีแดง | 1 ตัว |
| J1 – J8 | Connector 4 pin | 8 ตัว |
| J9 – J11 | Connector 8 pin | 3 ตัว |
| J12 | Connector 5 pin | 1 ตัว |
| J13 | Connector 3 pin | 1 ตัว |
| J14 | Therminal 2 pin | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค.2** รายการอุปกรณ์ของวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

| ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|
| **ตัวความต้านทาน** | | |
| R1-R8 | 100Ω | 8 ตัว |
| R9 – R12 | 330Ω | 4 ตัว |
| R13 – R16 | 1 kΩ | 4 ตัว |
| **อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ** | | |
| TR1-TR8 | MJ2955 | 8 ตัว |
| TR9-TR16 | MJE2955T | 8 ตัว |
| **อุปกรณ์อื่นๆ** | | |
| J1-J8 | Conecter 4 Pin | 8 ตัว |
| J9-J12 | Conecter 6 Pin | 4 ตัว |
| J13 | Therminal 2 pin | 1 ตัว |

**ตารางที่ ค.3** รายการอุปกรณ์ของวงจรทำความร้อน

| ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|
| **วงจรรวม** | | |
| IC1 | BTA08600C | 1 ตัว |
| **ตัวความต้านทาน** | | |
| R1 | 220Ω | 1 ตัว |
| R2 | 100Ω | 1 ตัว |
| **อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ** | | |
| Q1 | MOC3032 | 1 ตัว |
| **อุปกรณ์อื่นๆ** | | |
| J1 | Therminal 2 Pin | 2 ตัว |
| L1 | Heater | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรขับดีซีมอเตอร์และโซลินอยด์

| ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|
| **วงจรรวม** | | |
| IC1 | 74LS374 | 1 ตัว |
| IC2 | 2803A | 1 ตัว |
| **ตัวเก็บประจุ** | | |
| C1 | 0.1 $\mu$ F โพลีแอสเตอร์ | 1 ตัว |
| **ตัวความต้านทาน** | | |
| R1-R4 | 100 $\Omega$ | 4 ตัว |
| R5 | 10 k$\Omega$ Rpack | 1 ตัว |
| **อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ** | | |
| TR1 – TR4 | MJE2955T | 4 ตัว |
| **อุปกรณ์อื่นๆ** | | |
| J1 – J4 | Connector 8 pin | 4 ตัว |
| J5 | Connector 6 pin | 1 ตัว |
| J6 | Connector 4 pin | 1 ตัว |
| J7 – J8 | Connector 2 pin | 2 ตัว |

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรรับค่าคีย์และแสดงผลเมนูกำหนดส่วนผสม

| ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|
| **ตัวความต้านทาน** | | |
| R1 | 100 $\Omega$ | 16 ตัว |
| **อุปกรณ์อื่นๆ** | | |
| J1 | Connecter 8 Pin | 2 ตัว |
| J2 | Connector 6 pin | 1 ตัว |
| SW1 – SW5 | ไมโครสวิตซ์ | 5 ตัว |
| LED1 – LED2 | 7 Segment | 2 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค.6** รายการอุปกรณ์ของวงจรรับค่าคีย์คีย์และแสดงผลเมนูสูตรกาแฟ

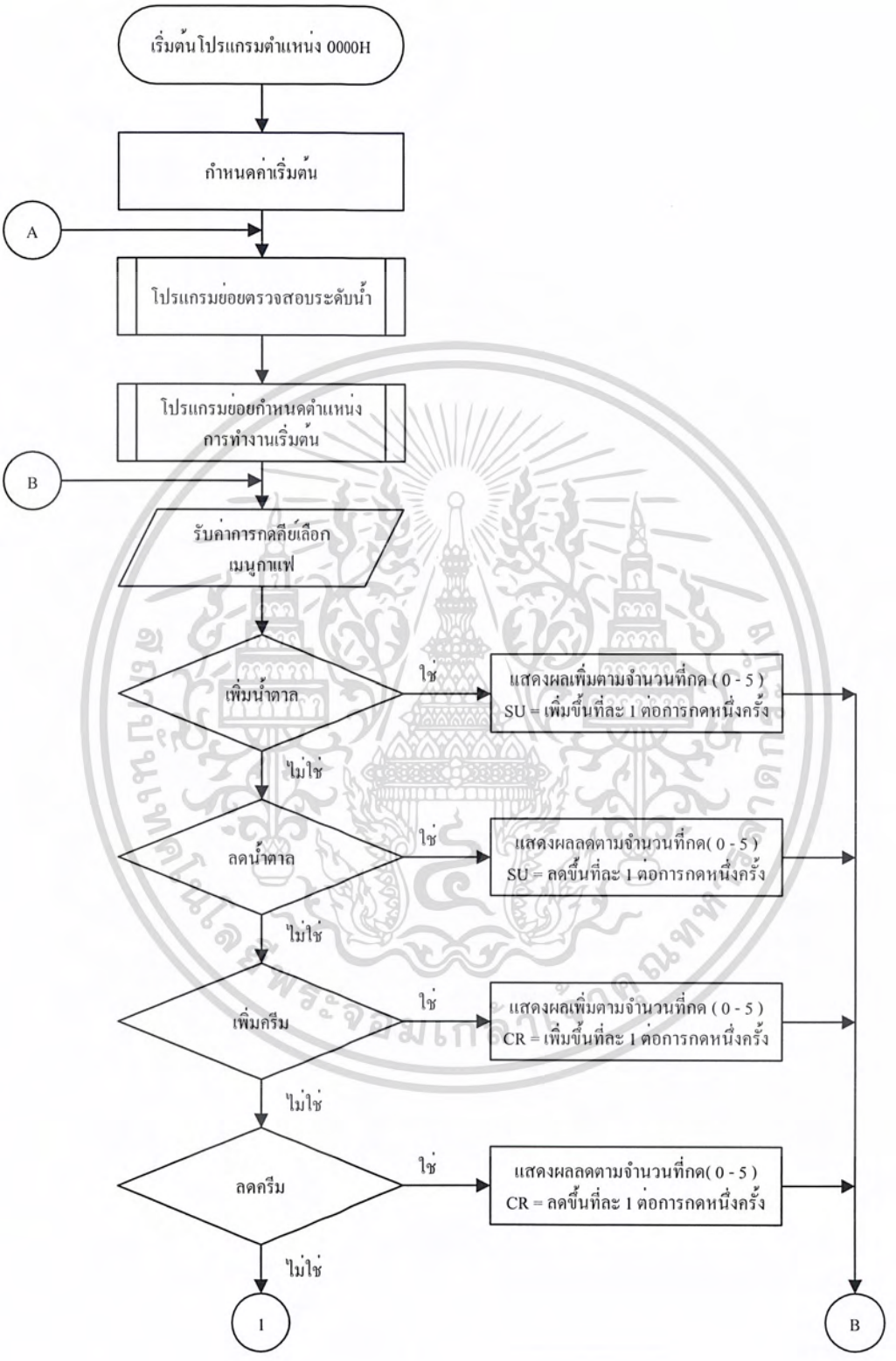
| ชื่ออุปกรณ์ | รายละเอียด | จำนวน |
|---|---|---|
| **อุปกรณ์อื่นๆ** | | |
| SW1- SW3 | ไมโครสวิตซ์ | 3 ตัว |
| LED1 – LED2 | ไดโอดเปล่งแสงสีแดง | 2 ตัว |
| J1 | Connector 8 pin | 1 ตัว |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

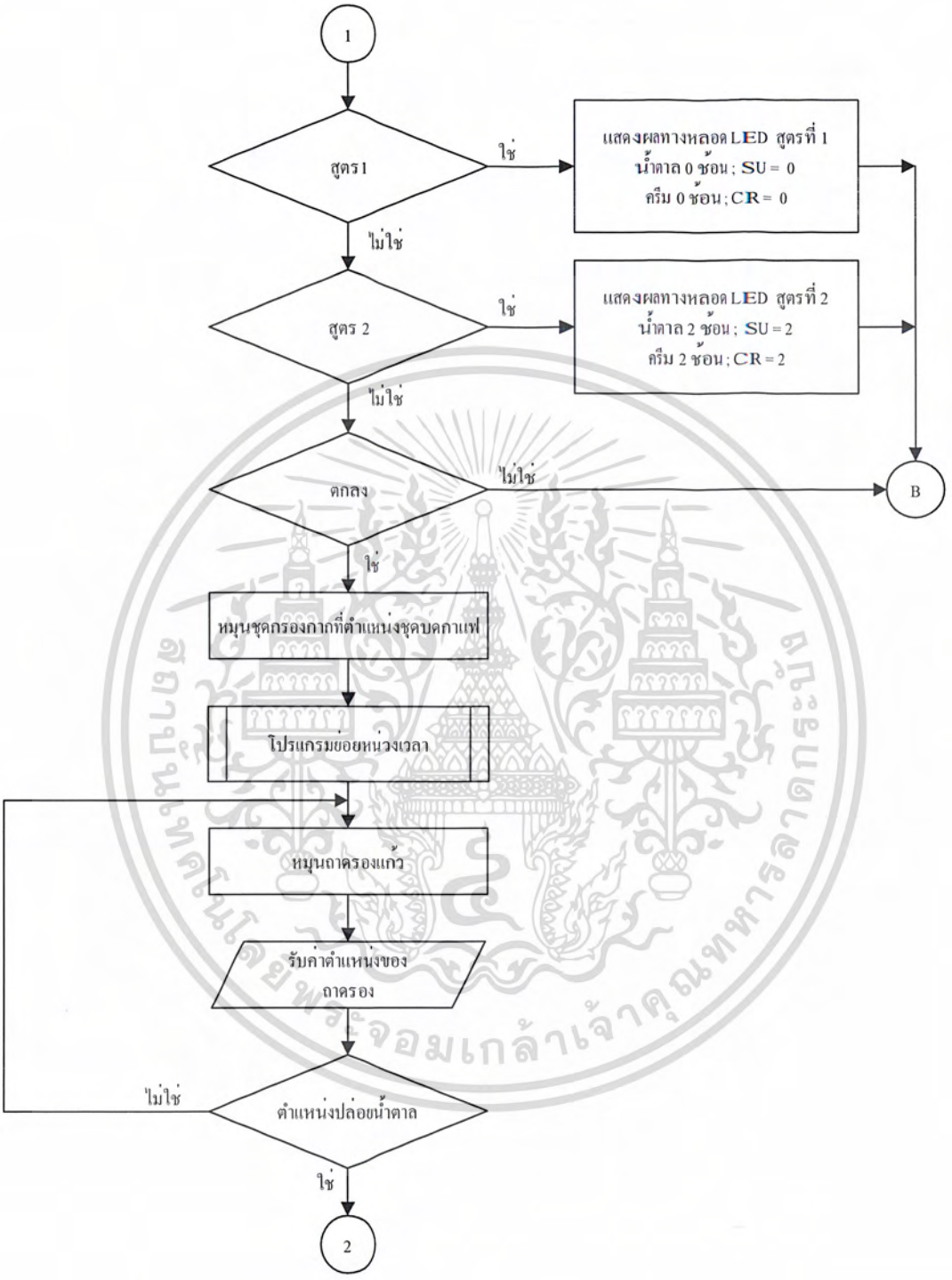
# ภาคผนวก ง
# แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



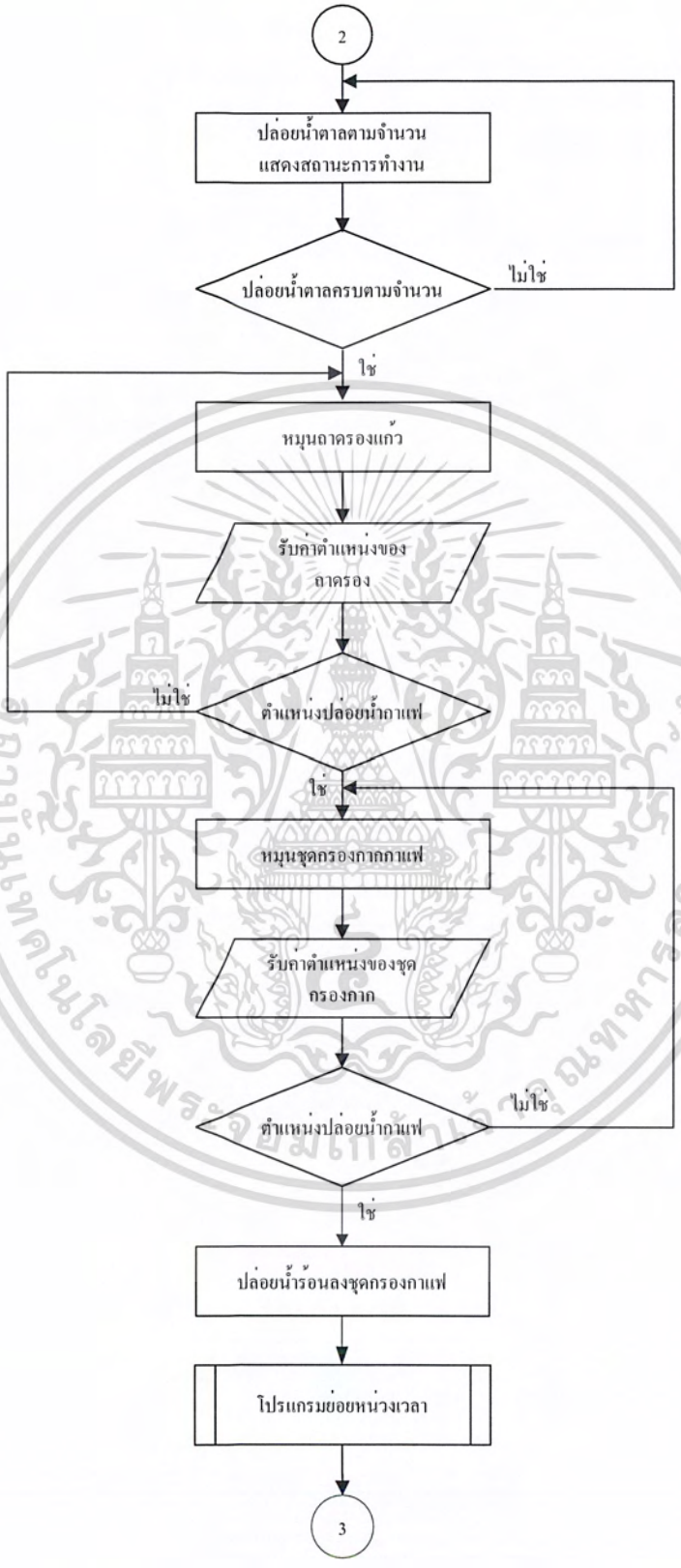

**รูปที่ ง.1** แผนผังการทำงานระบบ MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



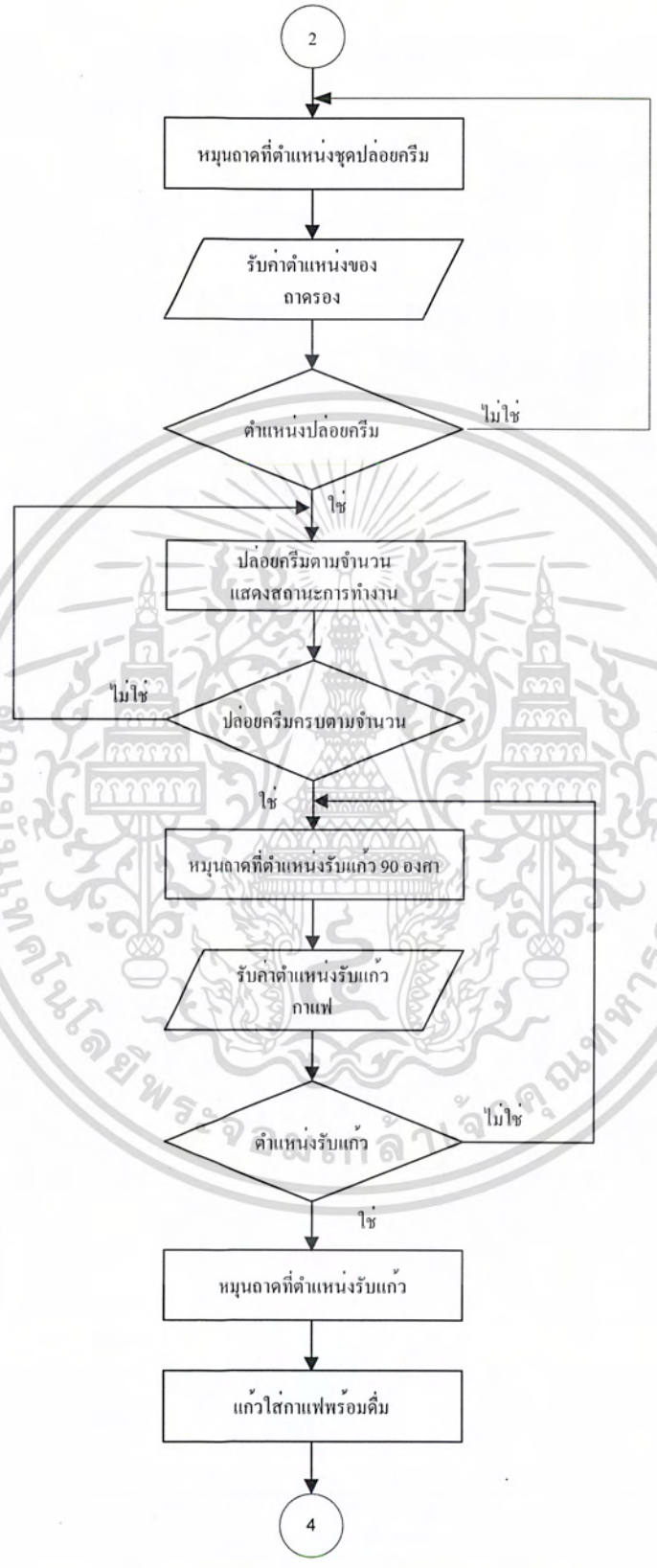

**รูปที่ ง.2** แผนผังการทำงานระบบ AUTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



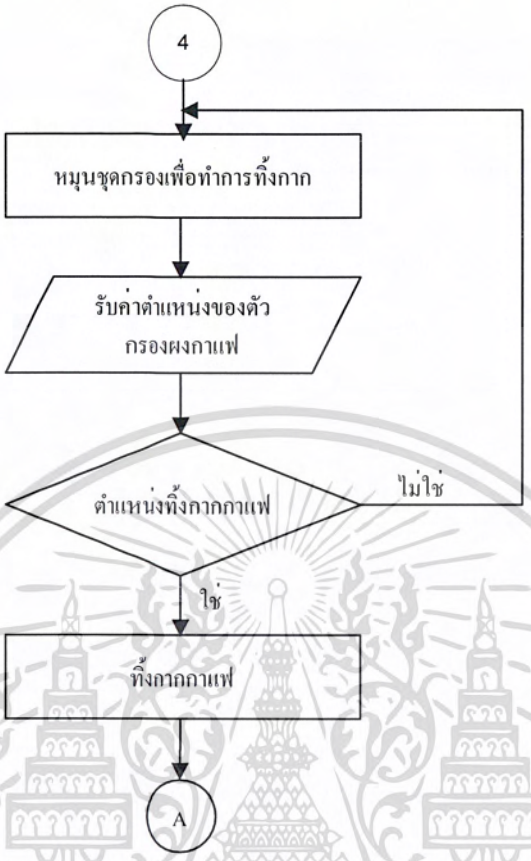

**รูปที่ ง.3** แผนผังการทำงานระบบ AUTO (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



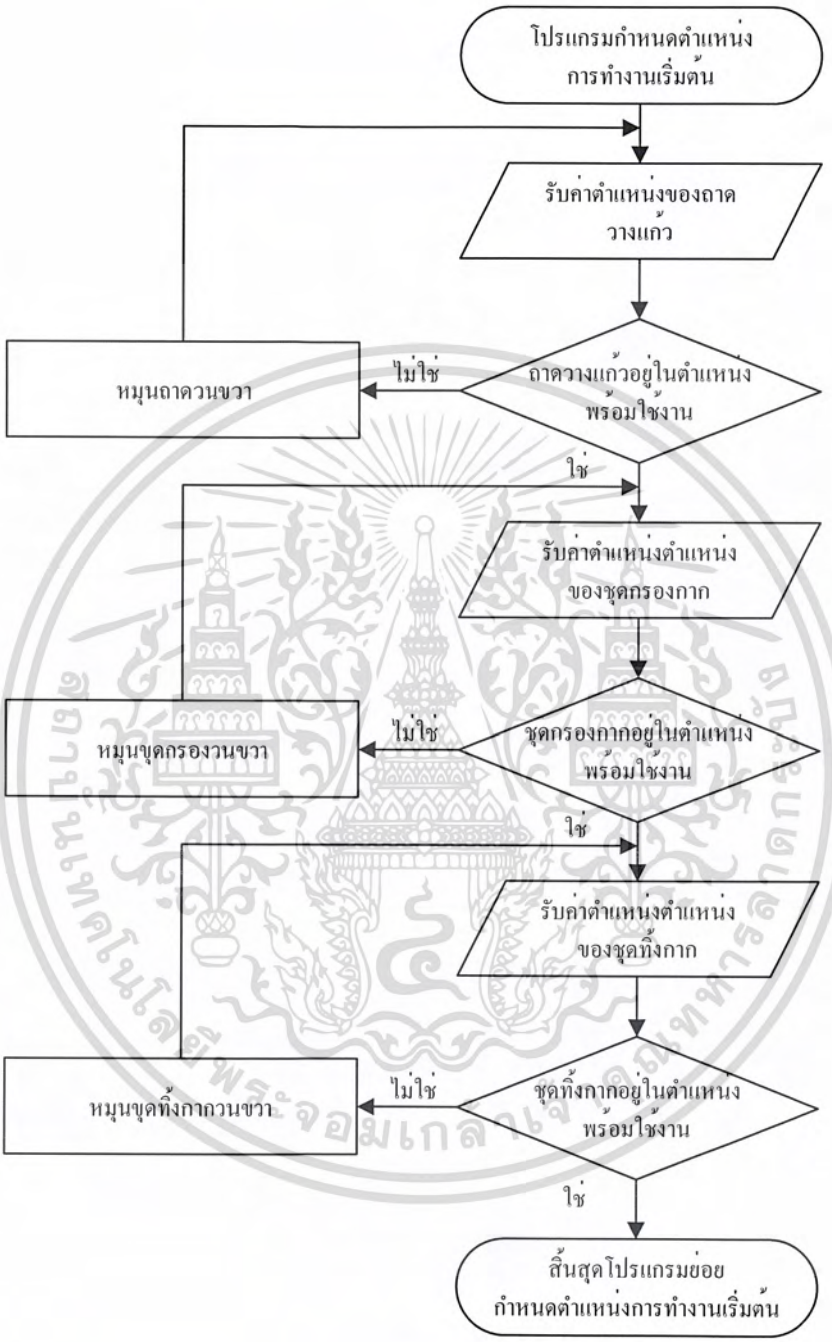

**รูปที่ ง.4** แผนผังการทำงานระบบ AUTO (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



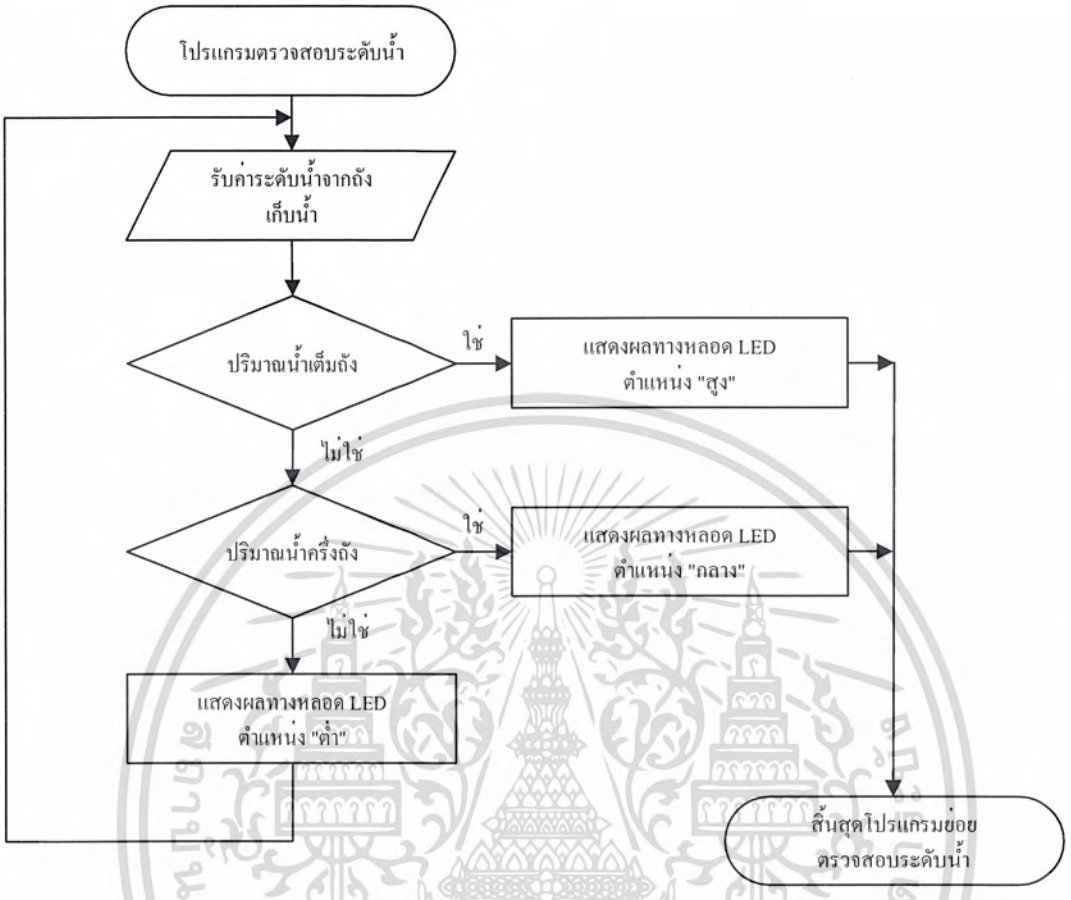

**รูปที่ ง.5** แผนผังการทำงานระบบ AUTO (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ง.6** แผนผังการทำงานการตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ง.7** แผนผังการทำงานการตรวจสอบระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# โปรแกรมควบคุมเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

```
          ORG     0000H
          LJMP    MAIN
          ORG     0030H
MAIN:
CUP       EQU     20H
TAD       EQU     21H
WA        EQU     22H
SU        EQU     23H                ;SUGER
CR        EQU     24H                ;CREAM
KK        EQU     25H                ;CLOCK
BUF       EQU     26H                ;BUFFER P2
TIME1     EQU     30H
TIME2     EQU     31H
TIME3     EQU     32H
TIME4     EQU     33H
TIME5     EQU     34H
FLAG      EQU     28H
NUM       EQU     29H
SEE       EQU     2AH
SEE1      EQU     2BH
AS        EQU     2CH
          MOV     SU,#00H
          MOV     CR,#00H
;*************************************************************
;         CLEAR DISPLAY
;*************************************************************
AAAA:     MOV     SEE,#00H
          MOV     SEE1,#00H
          MOV     IE,#00H
          MOV     AS,#00H
          MOV     R6,#00H
          MOV     R5,#05H
          MOV     R4,#01H
          MOV     R3,#0FFH           ;R3 WATER,CAFE
          MOV     P0,#00H
          MOV     BUF,#80H           ;BUFFER P2
          MOV     P2,#80H
          ACALL   CCR                ;clear display
          MOV     FLAG,#00H
          MOV     P0,#3FH            ;SETMANAUL
          MOV     KK,#06H
          ACALL   CK
          MOV     KK,#07H
          ACALL   CK
;*************************************************************
;         CHACK   WATER
;*************************************************************
MOO1:
WATER:    MOV     P0,#00H
          MOV     KK,#50H
          ACALL   CK
          JB      P3.6,MEN
          MOV     A,#6FH             ;FULL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          LJMP    DISS
MEN:      JB      P3.7,WATER          ;JLMP LOW
          MOV     A,#2FH              ;MEN

DISS:     MOV     R3,A
          MOV     P0,A
          MOV     KK,#50H
          ACALL   CK
;*********************************************************************
START:    MOV     DPTR,#TABLE2
          MOV     R2,#10H             ;MOTOR      TAD FOR P2
SR1:      MOV     R0,#08H
STA:      ACALL   MOTOR4
          JB      P3.2,ST1
          DJNZ    R0,STA
          LJMP    SR1                 ;GA
ST1:      ACALL   MOTOR3
;````````````````````````````````````````````````````````````````````
          ACALL   ST2
          MOV     A,R3
          ANL     A,#0FFH
          MOV     P0,A
          MOV     KK,#50H
          LCALL   CK

;*********************************************************************
;         CHACK   KEY
;*********************************************************************
KEY:      MOV     DPTR,#TABLE         ;7
          MOV     TIME1,#80H
          MOV     TIME2,#00H
          MOV     R1,P1               ;R1=KEYINPUT
          CJNE    R1,#0FFH,NEXT
          LJMP    KEY                 ;OFF KEY

NEXT:     ACALL   DELAY               ;NOKEY
          MOV     R1,P1               ;หน่วงเวลาการรับค่าคีย์
          CJNE    R1,#0FFH,UPS
          LJMP    KEY

;*********************************************************************
;         SUGER   UP / DOWN
;*********************************************************************
UPS:      CJNE    R1,#0FEH,DOWNS      ;NOKEY
          ACALL   CCRA          ;SET MODE MANNUAL
          MOV     A,SU
          CJNE    A,#05H,US
          LJMP    SUGER
US:       INC     SU
          LJMP    SUGER
DOWNS:    CJNE    R1,#0FDH,UPC
          ACALL   CCRA
          MOV     A,SU
          CJNE    A,#0H,DS
          LJMP    SUGER
DS:       DEC     SU
          LJMP    SUGER
;*********************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;          CREAM    UP / DOWN
;*************************************************************************
UPC:       CJNE     R1,#0FBH,DOWNC
           ACALL    CCRA
           MOV      A,CR
           CJNE     A,#05H,UC
           LJMP     CREAM
UC:        INC      CR
           LJMP     CREAM

DOWNC:     CJNE     R1,#0F7H,SU1
           ACALL    CCRA
           MOV      A,CR
           CJNE     A,#0H,DC
           LJMP     CREAM
DC:        DEC      CR
           LJMP     CREAM
;*************************************************************************
;          SUD      1/2
;*************************************************************************
SU1:       CJNE     R1,#0EFH,SU2
           MOV      SU,#00H
           MOV      CR,#00H
           ACALL    CCR
           CLR      P2.1
           SETB     P2.0
           ACALL    OFF
           SETB     FLAG.0              ;AUTO SET
           LJMP     KEY

SU2:       CJNE     R1,#0DFH,MMX
           MOV      SU,#02H
           MOV      CR,#02H
           ACALL    CCR
           CLR      P2.0
           SETB     P2.1
           ACALL    OFF
           SETB     FLAG.0
           LJMP     KEY

MMX:       CJNE     R1,#7FH,FINAL
           MOV      A,FLAG
           CJNE     A,#00H,CO           ;KEY ON
           LJMP     KEY
CO:        LJMP     BLAN
FINAL:     LJMP     KEY

;*************************************************************************
;          DISPLAY MANUAL
;*************************************************************************
SUGER:     MOV      DPTR,#TABLE
CREAM:     MOV      A,SU
           MOVC     A,@A+DPTR
           MOV      P0,A
           ACALL    DELAY
           MOV      KK,#06H
           ACALL    CK
           CLR      FLAG.0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          MOV     A,CR
          MOVC    A,@A+DPTR
          MOV     P0,A
          ACALL   DELAY
          MOV     KK,#07H           ;DECODE
          ACALL   CK                ;CLOCK
          CLR     FLAG.0
          LJMP    KEY

;*************************************************************************
;         BLANDER
;*************************************************************************
BLAN:     MOV     BUF,#00H
          MOV     DPTR,#TABLE2
          ACALL   MOTOR3
          ACALL   ST2

          MOV     DPTR,#TABLE3      ;GA
          MOV     TIME1,#0FFH
          MOV     TIME2,#10H
          MOV     R1,#06H
LOOP:     MOV     R0,#08H
DISP:     MOV     A,R0
          MOVC    A,@A+DPTR
          ANL     A,R3
          MOV     P0,A
          MOV     KK,#50H
          LCALL   CK
          ACALL   DELAY
          CJNE    R1,#01H,RRO

          CJNE    R0,#05H,RRO
          LJMP    MO1
RRO:      DJNZ    R0,DISP
          DJNZ    R1,LOOP

;*************************************************************************
MO1:      MOV     DPTR,#TABLE2
          MOV     R2,#10H           ;MOTOR    TAD FOR P2
          ACALL   MOTOR

;*************************************************************************
MOSU:     MOV     A,SU
          CJNE    A,#0H,NMOSU
          LJMP    MO2
          ACALL   DELAY
          ACALL   DELAY

NMOSU:    MOV     R2,#30H
          MOV     NUM,SU
          ACALL   M1
          ACALL   DELAY
          ACALL   DELAY
;*************************************************************************
MO2:      MOV     R2,#10H           ;MOTEOR TAD
          ACALL   MOTOR
;*************************************************************************
CAFE:     MOV     A,#10H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          ADD     A,R3
          MOV     R3,A
          MOV     P0,A
          MOV     KK,#50H
          LCALL   CK

          MOV     TIME1,#0FFH
          MOV     TIME2,#0FFH
          MOV     TIME3,#0FFH
          MOV     TIME4,#0FFH
          MOV     P2,#08H
          ACALL   DELAY1
          ACALL   DELAY1

GA5:      MOV     DPTR,#TABLE3      ;L GA WATER
          MOV     R0,#08H
LGA:      LCALL   MOTOR5
          JB      P3.5,NCAFE
          LJMP    WW
NCAFE:    DJNZ    R0,LGA
          LJMP    GA5

          MOV     BUF,#03H
          MOV     R2,#60H
          MOV     TIME1,#0FFH
          MOV     TIME2,#0FFH
WW:       ACALL   AD
          ACALL   DELAY
          ACALL   SB
          DJNZ    R5,WW
          MOV     A,R3
          SUBB    A,#10H
          MOV     R3,A
          MOV     P0,A
          MOV     KK,#50H
          LCALL   CK
;*************************************************************************
MO3:      MOV     DPTR,#TABLE2
          MOV     R2,#10H           ;MOTEOR TAD
          ACALL   MOTOR
;*************************************************************************
MOCR:     MOV     A,CR
          CJNE    A,#0H,NMOCR
          LJMP    MAIN
NMOCR:    MOV     R2,#40H
          MOV     NUM,CR
          ACALL   M1
          ACALL   DELAY
          ACALL   DELAY
;*************************************************************************

MO4:      MOV     R2,#10H
          ACALL   MOTOR             ;MOTEOR TAD
          LJMP    MAIN
;*************************************************************************


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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;          MOTOR+ SENSER
;*************************************************************************
MOTOR1:    MOV      TIME1,#0FFH
           MOV      TIME2,#15H
           ACALL    AD                  ;DECODE
TAD2:      MOV      R1,#0FH
LOOP2:     MOV      R0,#08H
DISP2:     MOV      A,R0
           MOVC     A,@A+DPTR
           MOV      P0,A
           ACALL    DELAY

KEY2:      CJNE     R4,#01H,SEN2
           JB       P3.2,STOP2  ;HI JP      ;SENSER 90
           LJMP     DDL2

SEN2:      CJNE     R1,#0FH,KEY3       ;SENSER DELAY
           LJMP     DDL2          ; =0F

KEY3:      CJNE     R4,#06H,AA
AA:        JB       P3.1,STOP2
DDL2:      DJNZ     R0,DISP2
           DJNZ     R1,LOOP2
           LJMP     TAD2
STOP2:     INC      R4
           ACALL    DELAY
           ACALL    SB
           RET


;*************************************************************************
;          MOTOR+ GA
;*************************************************************************
MOTOR3:    MOV      TIME1,#0FFH
           MOV      TIME2,#20H
TAD3:      MOV      R1,#0FH
LOOP3:     MOV      R0,#08H
DISP3:     MOV      A,R0
           MOVC     A,@A+DPTR
           ANL      A,R3
           MOV      P0,A
           MOV      KK,#50H
           ACALL    CK
           ACALL    DELAY
           JB       P3.3,NS
           LJMP     STOP3
NS:        DJNZ     R0,DISP3
           DJNZ     R1,LOOP3
           LJMP     TAD3

STOP3:     ACALL    DELAY
           RET
;*************************************************************************
;          MOTOR+ GA BET
;*************************************************************************
MOTOR4:    MOV      TIME1,#0FFH
           MOV      TIME2,#15H
           ACALL    AD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DISP4:    MOV     A,R0
          MOVC    A,@A+DPTR
          ANL     A,R3
          MOV     P0,A
          ACALL   DELAY
          ACALL   SB
          RET

MOTOR:    MOV     TIME1,#0FFH
          MOV     TIME2,#20H
          ACALL   AD                ;DECODE
TAD6:     MOV     R1,#0FH
LOOP6:    MOV     R0,#08H
DISP6:    MOV     A,R0
          MOVC    A,@A+DPTR
          MOV     P0,A
          ACALL   DELAY

SEN:      CJNE    R1,#0FH,KEY6      ;SENSER DELAY
          LJMP    DDL6              ; =0F
KEY6:     JB      P3.1,STOP6  ;HI JP ;SENSER 90
DDL6:     DJNZ    R0,DISP6
          DJNZ    R1,LOOP6
          LJMP    TAD6
STOP6:    ACALL   DELAY
          ACALL   SB
          RET

MOTOR5:   MOV     TIME1,#0FFH
          MOV     TIME2,#20H
          MOV     A,R0
          MOVC    A,@A+DPTR
          ANL     A,R3
          MOV     P0,A
          MOV     KK,#50H
          ACALL   CK
          ACALL   DELAY
          RET

;*************************************************************
;         MOTOR SUGER+ CREAM
;*************************************************************
M1:       MOV     TIME1,#0FFH
          MOV     TIME2,#20H
          ACALL   AD          ;DECODE
GON:      MOV     R1,#20H
LOOP1:    MOV     R0,#08H
DISP1:    MOV     A,R0
          MOVC    A,@A+DPTR
          MOV     P0,A
          ACALL   DELAY
          DJNZ    R0,DISP1
          DJNZ    R1,LOOP1
          DJNZ    NUM,GON
STOP1:    ACALL   DELAY
          ACALL   SB
          RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AD:       MOV     A,BUF             ;SELEC BUF
          ADD     A,R2
          MOV     P2,A
          ACALL   DELAY
          RET
SB:       MOV     A,BUF
          MOV     P2,A
          ACALL   DELAY
          RET
;*********************************************************************
;         CLOCK DISPLAY
;*********************************************************************
CK:       MOV     A,BUF             ;CLOCK
          ADD     A,KK
          MOV     P2,A
          NOP
          SUBB    A,KK
          MOV     P2,A
          RET

;*********************************************************************
;         CLEAR   DISPLAY MANNUAL
;*********************************************************************
CCR:      MOV     P0,#40H           ; -
          MOV     KK,#06H
          ACALL   CK
          MOV     KK,#07H
          ACALL   CK
          RET

;*********************************************************************
;         SET MODE MANNUAL
;*********************************************************************
CCRA:     SETB    FLAG.1
          JBFLAG.0,G
          LJMP    GO
G:        MOV     SU,#00H
          MOV     CR,#00H
GO:       RET

;*********************************************************************
;         KEY     OFF
;*********************************************************************
OFF:      MOV     R1,P1
          CJNE    R1,#0FFH,OFF
          RET

;*********************************************************************
;         BET     GA
;*********************************************************************
ST2:      MOV     R2,#20H
          MOV     R0,#08H
TT2:      ACALL   MOTOR4
          JB      P3.4,NTT2
          LJMP    ETT2
NTT2:     DJNZ    R0,TT2
          LJMP    ST2
ETT2:     RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*********************************************************************
;          DELAY
;*********************************************************************
DELAY:     MOV       R6,TIME1
DEL:       MOV       R7,TIME2
           DJNZ      R7,$
           DJNZ      R6,DEL
           RET

DELAY1:    MOV       R1,TIME1
DEL1:      MOV       R2,TIME2
T3:        MOV       R6,TIME3
T4:        MOV       R7,TIME4
           MOV       P2,#08H
           DJNZ      R7,$
           DJNZ      R6,T4
           DJNZ      R2,T3
           DJNZ      R1,DEL
           RET

ITIME1:    PUSH      ACC
           MOV       TMOD,#01H
           MOV       TCON,#00H
T:         MOV       TH0,TIME3
           MOV       TL0,TIME4
           SETB      TR0
           JNB       TF0,$
           NOP
           CLR       TF0
           INC       SEE
           MOV       A,SEE
           CJNE      A,#0FFH,T
           MOV       SEE,#00H
           INC       SEE1
           MOV       A,SEE1
           CJNE      A,#04H,T

           MOV       SEE,#00H
           MOV       SEE1,#00H
           CLR       TR0
           CLR       P2.3
           POP       ACC
           RET

TABLE:     DB        3FH,06H,5BH,4FH,66H
           DB        6DH,7DH,07H,7FH,6FH
TABLE1:    DB        00H,0F8H,0F4H,0F2H,0F1H,0F8H,0F4H,0F2H,0F1H
TABLE2:    DB        00H,0F1H,0F3H,0F2H,0F6H,0F4H,0FCH,0F8H,0F9H      ;R
TABLE3:    DB        00H,0F9H,0F8H,0FCH,0F4H,0F6H,0F2H,0F3H,0F1H      ;L
TABLE4:    DB        00H,01H,03H,02H,06H,04H,0CH,08H,09H
           DB        01H,03H,02H,06H,04H,0CH,08H,09H
           DB        00H,09H,08H,0CH,04H,06H,02H,03H,01H
           DB        01H,03H,02H,06H,04H,0CH,08H,09H
           END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ
# คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คู่มือการใช้งาน
# เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

**สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์**

**คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

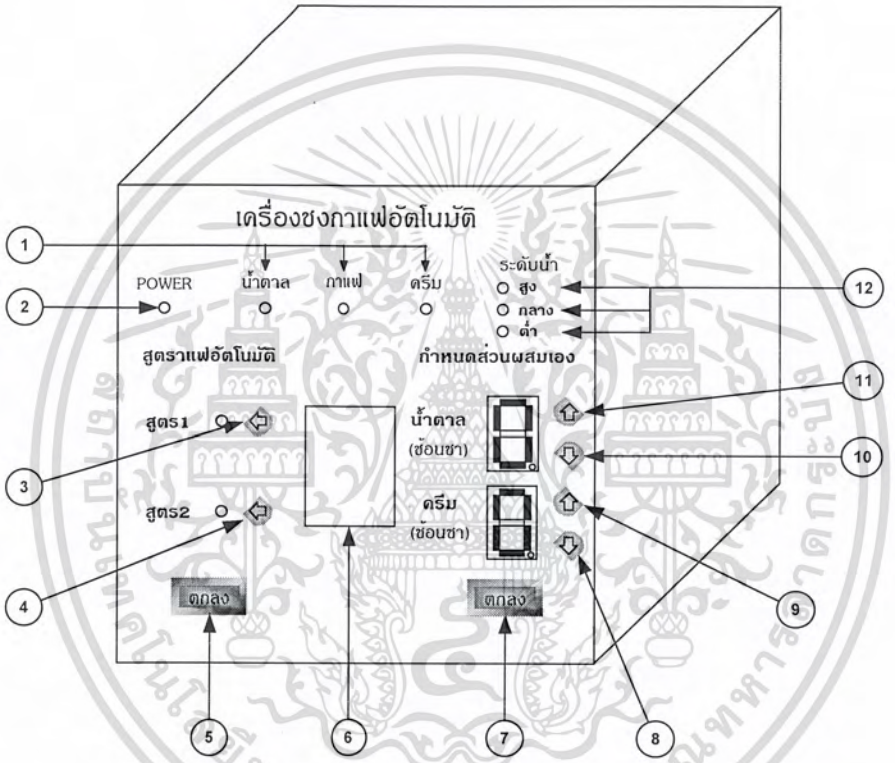
**ปีการศึกษา 2546**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนลงมือใช้งานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ควรศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจก่อนเพื่อการใช้งานที่ถูกต้องทั้งยังเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติได้

## 2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม




**รูปที่ จ.1** ส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. ไฟแสดงสถานะขั้นตอนการทำงาน
2. ไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่อง
3. ปุ่มกดใช้เลือกสูตรกาแฟอัตโนมัติสูตร 1
4. ปุ่มกดใช้เลือกสูตรกาแฟอัตโนมัติสูตร 2
5. ปุ่มกดผสมสูตรกาแฟอัตโนมัติทั้ง 2 สูตร
6. ช่องวางแก้ว, รับแก้ว
7. ปุ่มกดผสมหลังจากกำหนดส่วนผสมเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) ปุ่มลดปริมาณครีม
(9) ปุ่มเพิ่มปริมาณครีม
(10) ปุ่มลดปริมาณน้ำตาล
(11) ปุ่มเพิ่มปริมาณน้ำตาล
(12) ไฟแสดงสถานะของระดับน้ำ

## 3. การติดตั้งและการใช้งาน

3.1 เติมน้ำลงในถังพักน้ำให้อยู่ในตำแหน่ง สูง

3.2ใส่ส่วนผสมต่างๆ ลงในโหลแก้วที่อยู่บนตัวเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติโดยจะต้องใส่ส่วนผสมให้ถูกต้องตรงตามที่กำหนด

3.3 เสียบปลั๊กไฟของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติเข้ากับไฟฟ้า 220 V

3.4 เปิดสวิตซ์ POWER ที่ด้านหลังของเครื่องให้อยู่ในสภาวะพร้อมที่จะทำงาน

3.5 วางแก้วกาแฟลงในช่องรับแก้ว

3.6 เลือกรูปแบบการชงกาแฟจากหน้าเครื่อง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

-ส่วนของการชงแบบอัตโนมัติ

-ส่วนของการชงแบบเลือกกำหนดส่วนผสมเอง

3.7 ถ้าเลือกรูปแบบการชงแบบอัตโนมัติ

-ให้เลือกสูตรของกาแฟที่แสดงอยู่บนหน้าเครื่องว่าต้องการกาแฟสูตรใด

-กดปุ่ม “ตกลง” เพื่อให้เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติทำงาน

-รอรับกาแฟที่ชงสำเร็จจากช่องรับแก้ว

3.8 ถ้าเลือกรูปแบบของการชงแบบเลือกกำหนดส่วนผสมเอง

-กำหนดปริมาณของน้ำตาลและครีมโดยการกดปุ่ม ↑ เพื่อเพิ่มปริมาณของน้ำตาล และกดปุ่ม ↓ เพื่อลดปริมาณของน้ำตาล โดยการกำหนดปริมาณของน้ำตาลจะกำหนดได้ไม่เกิน 5 ช้อนชา ซึ่งจะมีการแสดงผลเป็นตัวเลขเพื่อให้ทราบปริมาณของน้ำตาลที่ได้กำหนดไป

-กดปุ่ม “ตกลง” เพื่อให้เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติทำงาน

-รอรับกาแฟที่ชงสำเร็จจากช่องรับแก้ว

## 4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ สามรถตรวจสอบแนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| อาการ | สาเหตุและ/หรือวิธีการแก้ไข |
|---|---|
| เครื่องไม่ทำงาน | ตรวจสอบระดับน้ำในถังเก็บน้ำ , ตรวจสอบแก้วในช่องรับแก้ว, ไม่ได้เปิดสวิตซ์ POWER |
| เครื่องไม่เติมส่วนผสมที่กำหนด | ตรวจสอบปริมาณของส่วนผสมที่อยู่ในหลอดแก้ว |

## 5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

### 5.1 การดูแลรักษา

1) เติมน้ำให้อยู่ในระดับปกติเสมอ
2) เช็ดทำความสะอาดถาดรองน้ำอยู่เสมอ
3) ตรวจให้ระดับของส่วนผสมอยู่ในระดับที่พร้อมใช้งานอยู่เสมอ
4) ทำความสะอาดชุดกรองกากกาแฟ

### 5.2 ข้อควรระวัง

1) ระวังอย่าให้หลอดแก้วกระแทกกัน
2) ในการเปิด-ปิดฝาหลอดแก้วต้องระวังอย่าให้แกนกวนกระแทกกับกับหลอดแก้ว
3) ขณะเครื่องเริ่มทำงานห้ามเอามือจับถาดวางแก้ว
4) ไม่ควรนำเอาภาชนะอื่นที่ไม่ใช่แก้วกาแฟใส่ในช่องวางแก้ว

## 6. ข้อมูลจำเพาะ

| คุณสมบัติ | รายละเอียด |
|---|---|
| แหล่งจ่ายไฟ | DC 12 โวลต์, AC 12 โวลต์ และ 220 โวลต์ |
| ไมโครคอนโทรลเลอร์ | ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C52 |
| เซ็นเซอร์ | อินฟาเรด |
| ระบบการชง | มอเตอร์ |
| ชนิดกาแฟ | กาแฟสด |
| น้ำหนัก | 10 กิโลกรัม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ฉ

# รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K 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
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

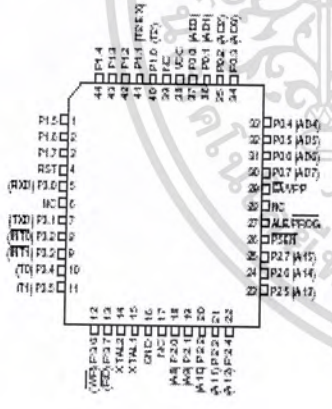
## Description

The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K 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 80C51 and 80C52 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 AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

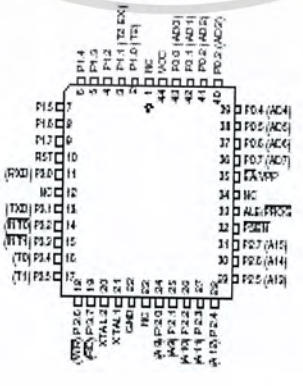
## Pin Configurations

PDIP

PQFP/TQFP



PLCC

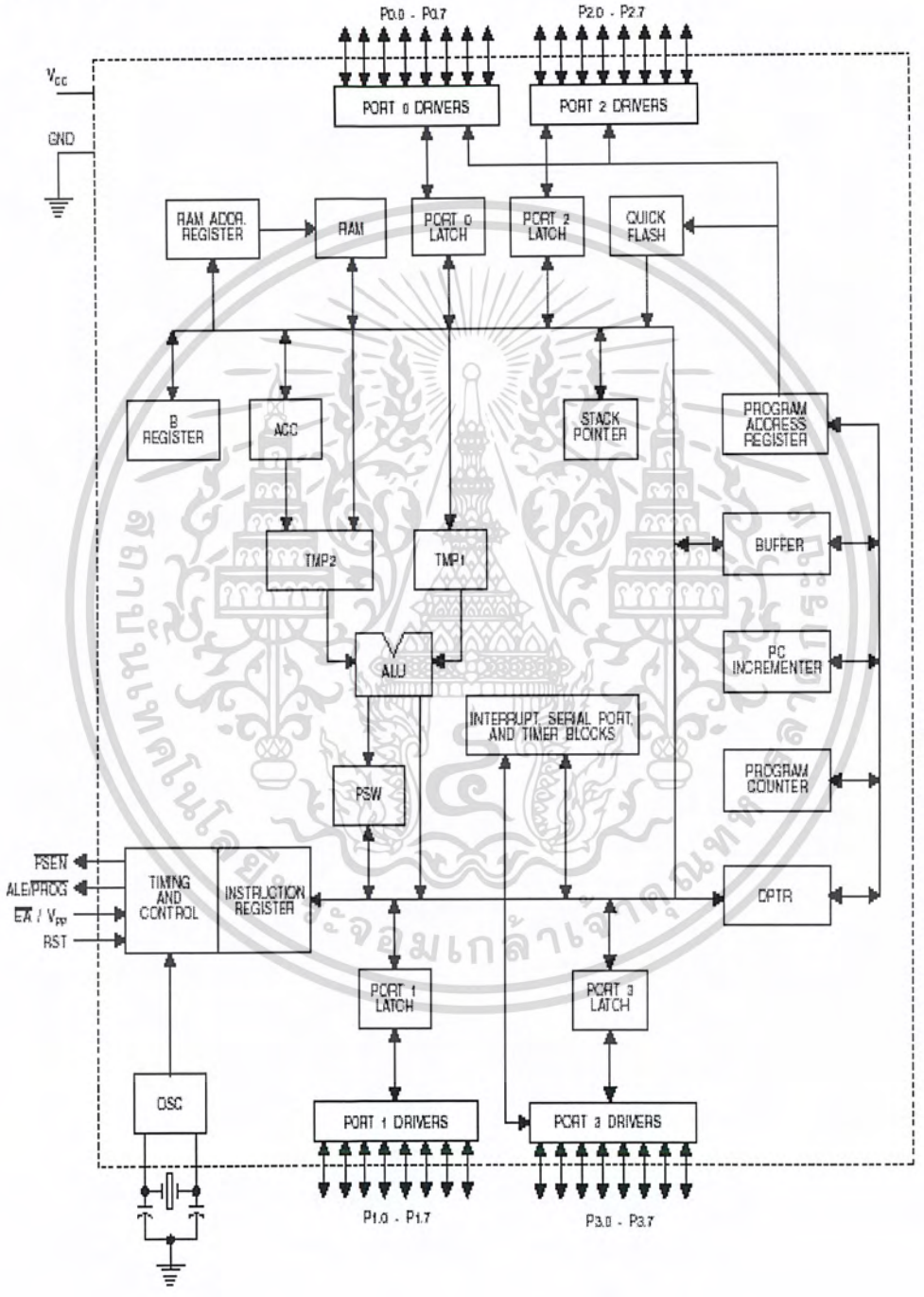


8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Block Diagram






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full-duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 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

### VCC

Supply voltage.

### GND

Ground.

### Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional 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 can 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 bi-directional 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.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

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

| Port Pin | Alternate Functions |
|---|---|
| P1.0 | T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out |
| P1.1 | T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control) |

### Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional 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, Port 2 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 bi-directional 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 shown in the following table.

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

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

### RST

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

### ALE/$\overline{PROG}$

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 MOVC 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 AT89C52 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/VPP**

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 $V_{CC}$ for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ($V_{PP}$) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

**XTAL1**

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

**XTAL2**

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0F8H | | | | | | | | 0FFH |
| 0F0H | B<br>00000000 | | | | | | | 0F7H |
| 0E8H | | | | | | | | 0EFH |
| 0E0H | ACC<br>00000000 | | | | | | | 0E7H |
| 0D8H | | | | | | | | 0DFH |
| 0D0H | PSW<br>00000000 | | | | | | | 0D7H |
| 0C8H | T2CON<br>00000000 | T2MOD<br>XXXXXX00 | RCAP2L<br>00000000 | RCAP2H<br>00000000 | TL2<br>00000000 | TH2<br>00000000 | | 0CFH |
| 0C0H | | | | | | | | 0C7H |
| 0B8H | IP<br>XX000000 | | | | | | | 0BFH |
| 0B0H | P3<br>11111111 | | | | | | | 0B7H |
| 0A8H | IE<br>0X000000 | | | | | | | 0AFH |
| 0A0H | P2<br>11111111 | | | | | | | 0A7H |
| 98H | SCON<br>00000000 | SBUF<br>XXXXXXXX | | | | | | 9FH |
| 90H | P1<br>11111111 | | | | | | | 97H |
| 88H | TCON<br>00000000 | TMOD<br>00000000 | TL0<br>00000000 | TL1<br>00000000 | TH0<br>00000000 | TH1<br>00000000 | | 8FH |
| 80H | P0<br>11111111 | SP<br>00000111 | DPL<br>00000000 | DPH<br>00000000 | | | | PCON<br>0XXX0000 | 87H |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.r

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Registe

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

| Bit | TF2 | EXF2 | RCLK | TCLK | EXEN2 | TR2 | C/$\overline{T2}$ | CP/$\overline{RL2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| Symbol | Function |
|---|---|
| TF2 | Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1. |
| EXF2 | Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1). |
| RCLK | Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock. |
| TCLK | Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock. |
| EXEN2 | Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX. |
| TR2 | Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer. |
| C/$\overline{T2}$ | Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered). |
| CP/$\overline{RL2}$ | Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow. |

## Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

## Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/$\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

| RCLK +TCLK | CP/$\overline{RL2}$ | TR2 | MODE |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 16-bit Auto-reload |
| 0 | 1 | 1 | 16-bit Capture |
| 1 | X | 1 | Baud Rate Generator |
| X | X | 0 | (Off) |

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

### Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

### Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. Timer in Capture Mode

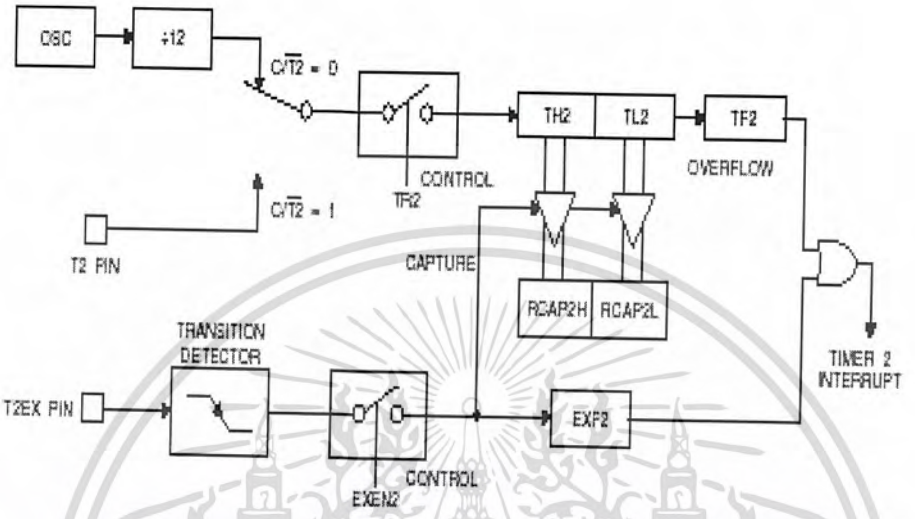



Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture ModeRCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

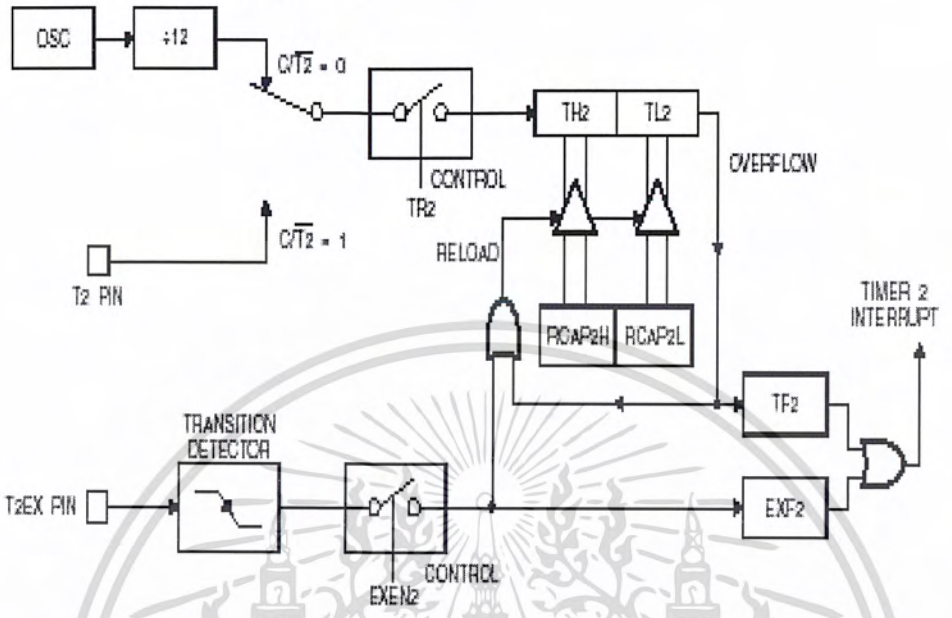



Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H — Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

| | - | - | - | - | - | - | T2OE | DCEN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

| Symbol | Function |
|---|---|
| - | Not implemented, reserved for future |
| T2OE | Timer 2 Output Enable bit. |
| DCEN | When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 3.** Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

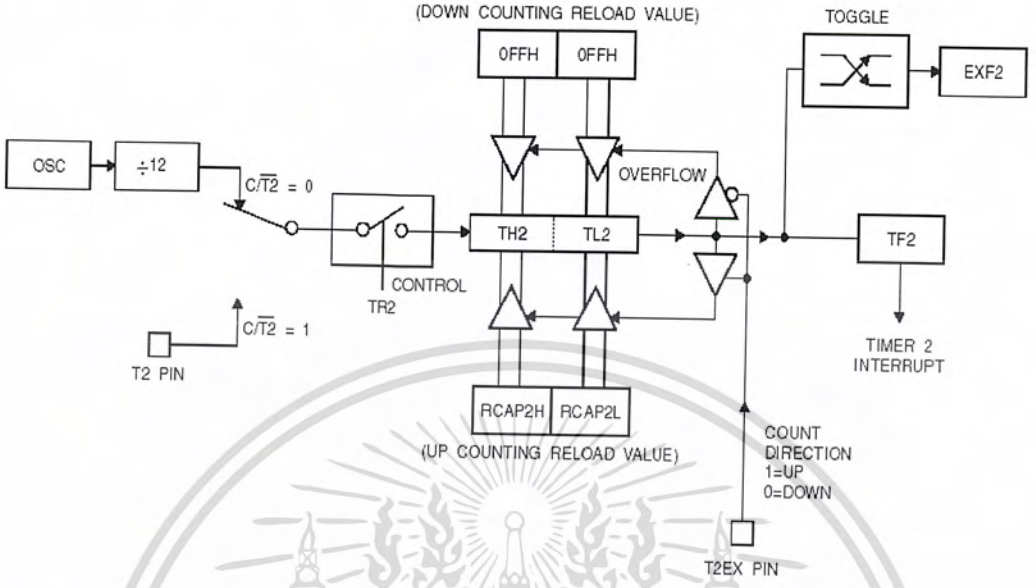
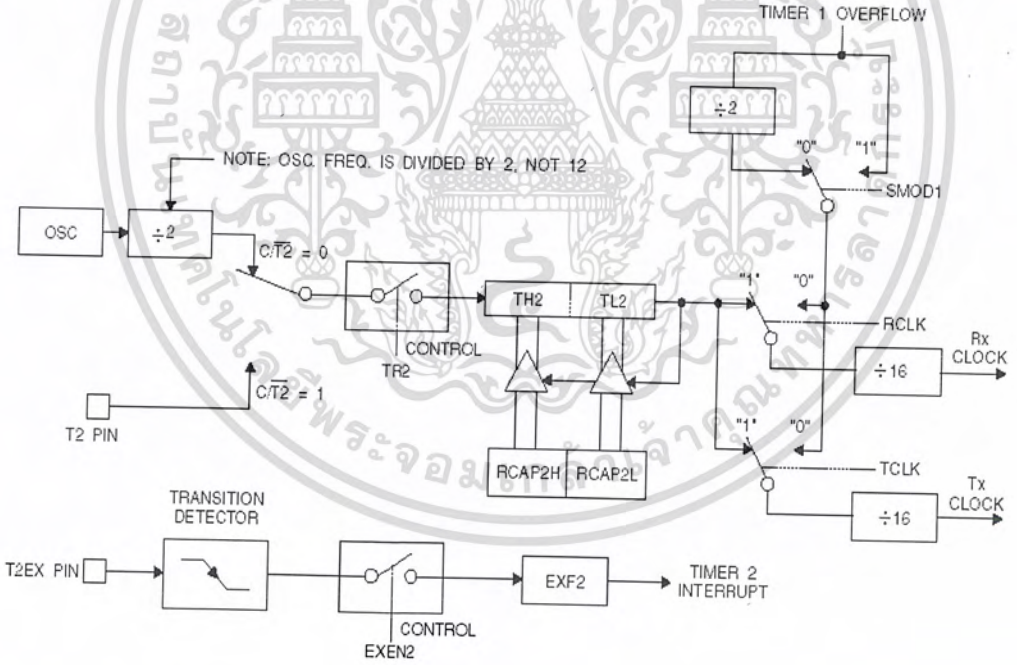



**Figure 4.** Timer 2 in Baud Rate Generator Mode




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation (CP/$\overline{T2}$ = 0). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

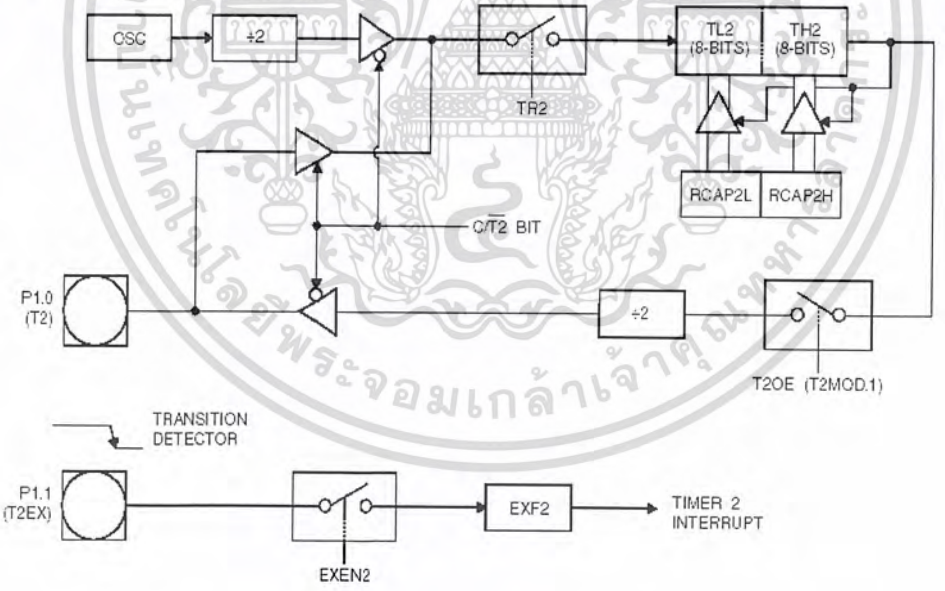
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running (TR2 = 1) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

**Figure 5.** Timer 2 in Clock-out Mode




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit $C/\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

## UART

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

## Interrupts

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

**Table 5.** Interrupt Enable (IE) Register

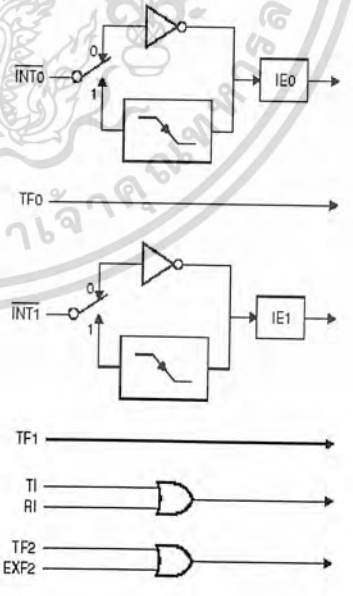
| (MSB) | | | | | | | (LSB) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EA | – | ET2 | ES | ET1 | EX1 | ET0 | EX0 |

Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

| Symbol | Position | Function |
|---|---|---|
| EA | IE.7 | Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit. |
| – | IE.6 | Reserved. |
| ET2 | IE.5 | Timer 2 interrupt enable bit. |
| ES | IE.4 | Serial Port interrupt enable bit. |
| ET1 | IE.3 | Timer 1 interrupt enable bit. |
| EX1 | IE.2 | External interrupt 1 enable bit. |
| ET0 | IE.1 | Timer 0 interrupt enable bit. |
| EX0 | IE.0 | External interrupt 0 enable bit. |
| User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products. | | |

**Figure 6.** Interrupt Sources




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. 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 8. 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

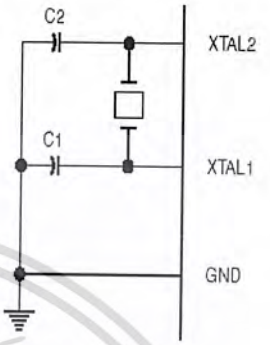
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware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

Note that when idle mode 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 mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

## Power-down Mode

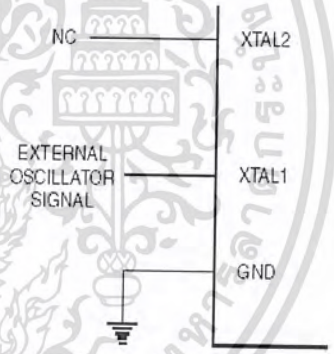
In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines 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.

**Figure 7.** Oscillator Connections




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

**Figure 8.** External Clock Drive Configuration




## Status of External Pins During Idle and Powe-down Modes

| Mode | Program Memory | ALE | $\overline{PSEN}$ | 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 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Program Memory Lock Bits

The AT89C52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

## Lock Bit Protection Modes

| Program Lock Bits | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | LB1 | LB2 | LB3 | Protection Type |
| 1 | U | U | U | No program lock features. |
| 2 | P | U | U | MOVC 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 memory is disabled. |
| 3 | P | P | U | Same as mode 2, but verify is also disabled. |
| 4 | P | P | P | Same as mode 3, but external execution is also disabled. |

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. The latched value of $\overline{EA}$ must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

## Programming the Flash

The AT89C52 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 AT89C52 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C52 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 | AT89C52<br>xxxx<br>yyww | AT89C52<br>xxxx - 5<br>yyww |
| Signature | (030H) = 1EH<br>(031H) = 52H<br>(032H) = FFH | (030H) = 1EH<br>(031H) = 52H<br>(032H) = 05H |

The AT89C52 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.*

**Programming Algorithm** Before programming the AT89C52, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 9 and Figure 10. To program the AT89C52, 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/$\overline{PROG}$ 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 AT89C52 features $\overline{Data}$ 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 data on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/$\overline{Busy}$** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate $\overline{BUSY}$. 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/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all 1s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be reprogrammed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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) = 52H indicates 89C52
(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/$V_{PP}$ | 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 | H |
| | Bit - 2 | H | L | | H/12V | H | H | L | L |
| | Bit - 3 | H | L | | H/12V | H | L | H | L |
| Chip Erase | | H | L | (1) | H/12V | H | L | L | L |
| Read Signature Byte | | H | L | H | H | L | L | L | L |

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 9.** Programming the Flash Memory

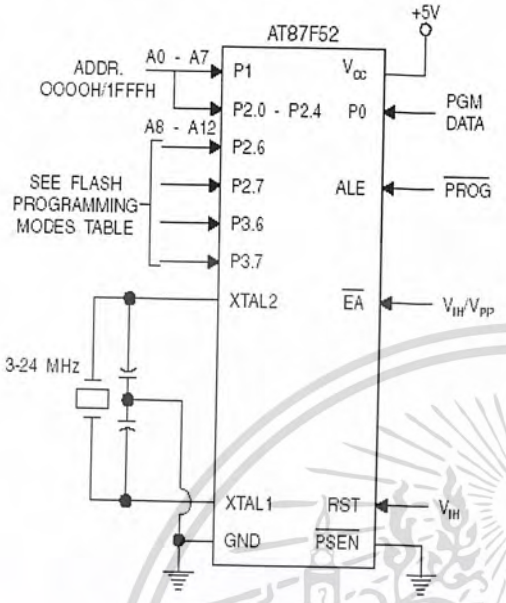
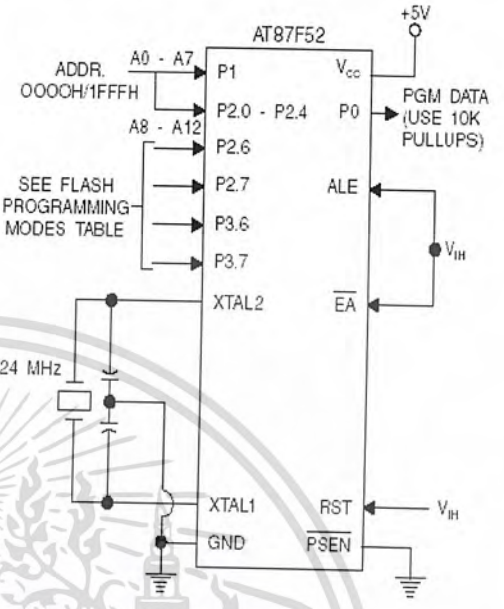



**Figure 10.** Verifying the Flash Memory




## Flash Programming and Verification Characteristics

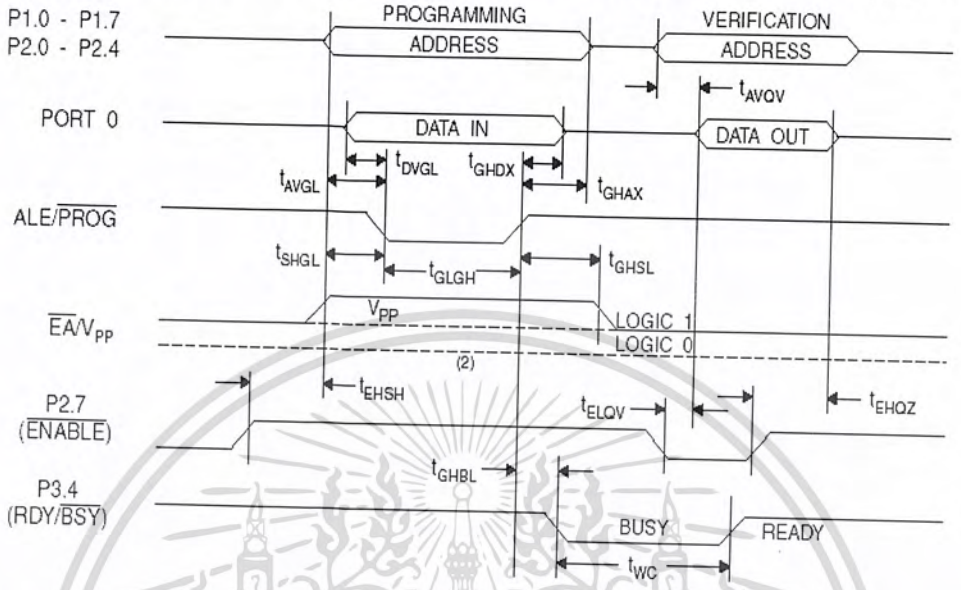
$T_A$ = 0°C to 70°C, $V_{CC}$ = 5.0 ± 10%

| Symbol | Parameter | Min | Max | Units |
|---|---|---|---|---|
| $V_{PP}$[1] | Programming Enable Voltage | 11.5 | 12.5 | V |
| $I_{PP}$[1] | Programming Enable Current | | 1.0 | mA |
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | 3 | 24 | MHz |
| $t_{AVGL}$ | Address Setup to $\overline{PROG}$ Low | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{GHAX}$ | Address Hold after $\overline{PROG}$ | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{DVGL}$ | Data Setup to $\overline{PROG}$ Low | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{GHDX}$ | Data Hold After $\overline{PROG}$ | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{EHSH}$ | P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to $V_{PP}$ | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{SHGL}$ | $V_{PP}$ Setup to $\overline{PROG}$ Low | 10 | | µs |
| $t_{GHSL}$[1] | $V_{PP}$ Hold after $\overline{PROG}$ | 10 | | µs |
| $t_{GLGH}$ | $\overline{PROG}$ Width | 1 | 110 | µs |
| $t_{AVQV}$ | Address to Data Valid | | $48t_{CLCL}$ | |
| $t_{ELQV}$ | $\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid | | $48t_{CLCL}$ | |
| $t_{EHQZ}$ | Data Float after $\overline{ENABLE}$ | 0 | $48t_{CLCL}$ | |
| $t_{GHBL}$ | $\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low | | 1.0 | µs |
| $t_{WC}$ | Byte Write Cycle Time | | 2.0 | ms |

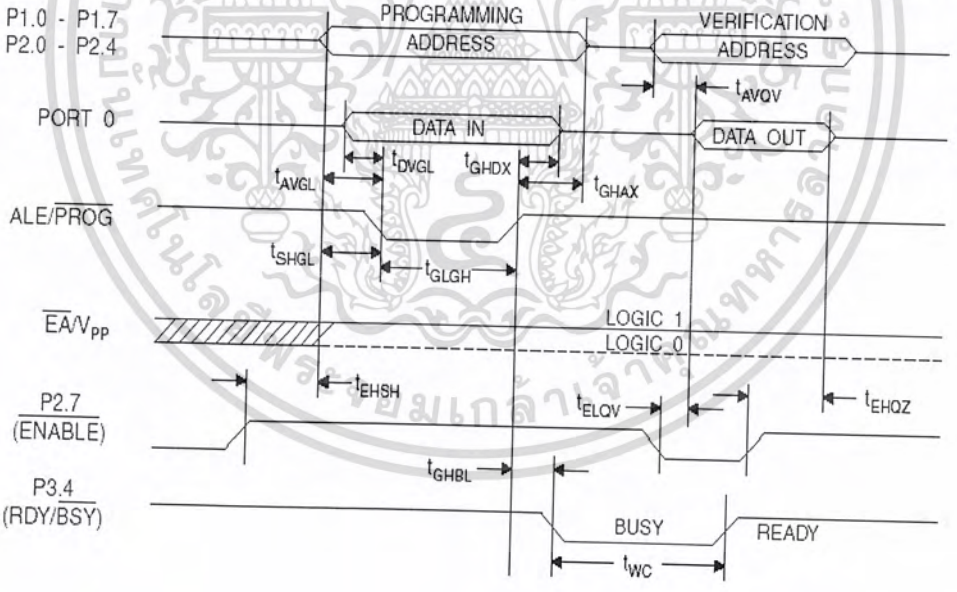
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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

The values shown in this table are valid for $T_A$ = -40°C to 85°C and $V_{CC}$ = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

| Symbol | Parameter | Condition | Min | Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IL}$ | Input Low-voltage | (Except $\overline{EA}$) | -0.5 | 0.2 $V_{CC}$-0.1 | V |
| $V_{IL1}$ | Input Low-voltage ($\overline{EA}$) | | -0.5 | 0.2 $V_{CC}$-0.3 | V |
| $V_{IH}$ | Input High-voltage | (Except XTAL1, RST) | 0.2 $V_{CC}$+0.9 | $V_{CC}$+0.5 | V |
| $V_{IH1}$ | Input High-voltage | (XTAL1, RST) | 0.7 $V_{CC}$ | $V_{CC}$+0.5 | V |
| $V_{OL}$ | Output Low-voltage[1] (Ports 1,2,3) | $I_{OL}$ = 1.6 mA | | 0.45 | V |
| $V_{OL1}$ | Output Low-voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$) | $I_{OL}$ = 3.2 mA | | 0.45 | V |
| $V_{OH}$ | Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$) | $I_{OH}$ = -60 µA, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | 2.4 | | V |
| | | $I_{OH}$ = -25 µA | 0.75 $V_{CC}$ | | V |
| | | $I_{OH}$ = -10 µA | 0.9 $V_{CC}$ | | V |
| $V_{OH1}$ | Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode) | $I_{OH}$ = -800 µA, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | 2.4 | | V |
| | | $I_{OH}$ = -300 µA | 0.75 $V_{CC}$ | | V |
| | | $I_{OH}$ = -80 µA | 0.9 $V_{CC}$ | | V |
| $I_{IL}$ | Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3) | $V_{IN}$ = 0.45V | | -50 | µA |
| $I_{TL}$ | Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3) | $V_{IN}$ = 2V, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | | -650 | µA |
| $I_{LI}$ | Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$) | 0.45 < $V_{IN}$ < $V_{CC}$ | | ±10 | µA |
| RRST | Reset Pulldown Resistor | | 50 | 300 | KΩ |
| $C_{IO}$ | Pin Capacitance | Test Freq. = 1 MHz, $T_A$ = 25°C | | 10 | pF |
| $I_{CC}$ | Power Supply Current | Active Mode, 12 MHz | | 25 | mA |
| | | Idle Mode, 12 MHz | | 6.5 | mA |
| | Power-down Mode[1] | $V_{CC}$ = 6V | | 100 | µA |
| | | $V_{CC}$ = 3V | | 40 | µA |

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC Characteristics

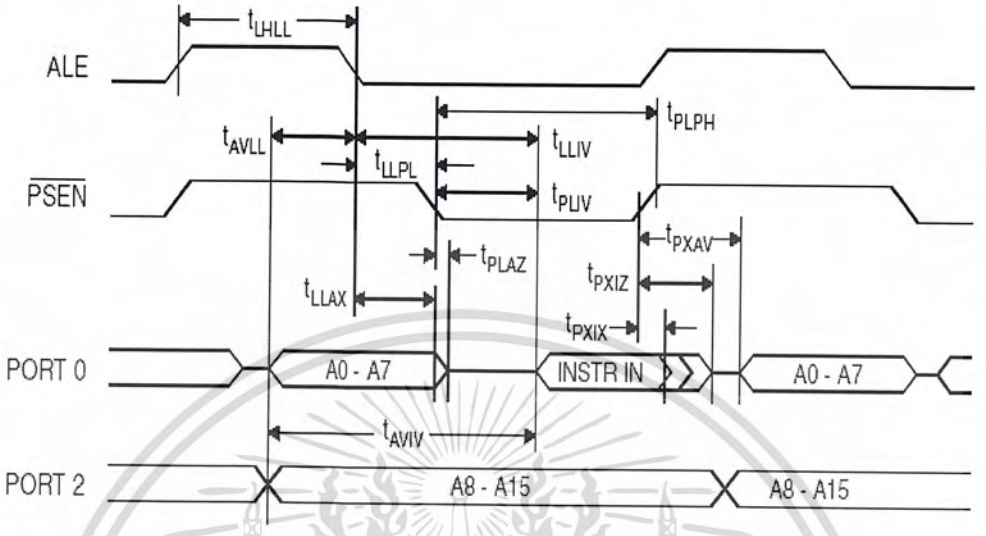
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

## External Program and Data Memory Characteristics

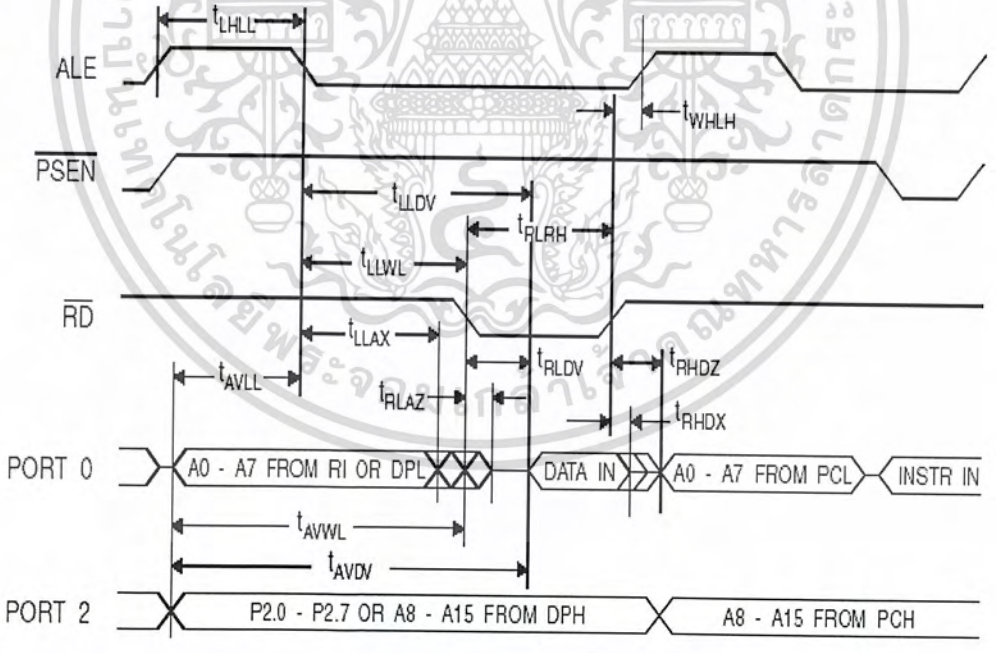
| Symbol | Parameter | 12 MHz Oscillator | | Variable Oscillator | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | Min | Max | |
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | | | 0 | 24 | MHz |
| $t_{LHLL}$ | ALE Pulse Width | 127 | | $2t_{CLCL}$-40 | | ns |
| $t_{AVLL}$ | Address Valid to ALE Low | 43 | | $t_{CLCL}$-13 | | ns |
| $t_{LLAX}$ | Address Hold After ALE Low | 48 | | $t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{LLIV}$ | ALE Low to Valid Instruction In | | 233 | | $4t_{CLCL}$-65 | ns |
| $t_{LLPL}$ | ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low | 43 | | $t_{CLCL}$-13 | | ns |
| $t_{PLPH}$ | $\overline{PSEN}$ Pulse Width | 205 | | $3t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{PLIV}$ | $\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In | | 145 | | $3t_{CLCL}$-45 | ns |
| $t_{PXIX}$ | Input Instruction Hold after $\overline{PSEN}$ | 0 | | 0 | | ns |
| $t_{PXIZ}$ | Input Instruction Float after $\overline{PSEN}$ | | 59 | | $t_{CLCL}$-10 | ns |
| $t_{PXAV}$ | $\overline{PSEN}$ to Address Valid | 75 | | $t_{CLCL}$-8 | | ns |
| $t_{AVIV}$ | Address to Valid Instruction In | | 312 | | $5t_{CLCL}$-55 | ns |
| $t_{PLAZ}$ | $\overline{PSEN}$ Low to Address Float | | 10 | | 10 | ns |
| $t_{RLRH}$ | $\overline{RD}$ Pulse Width | 400 | | $6t_{CLCL}$-100 | | ns |
| $t_{WLWH}$ | $\overline{WR}$ Pulse Width | 400 | | $6t_{CLCL}$-100 | | ns |
| $t_{RLDV}$ | $\overline{RD}$ Low to Valid Data In | | 252 | | $5t_{CLCL}$-90 | ns |
| $t_{RHDX}$ | Data Hold After $\overline{RD}$ | 0 | | 0 | | ns |
| $t_{RHDZ}$ | Data Float After $\overline{RD}$ | | 97 | | $2t_{CLCL}$-28 | ns |
| $t_{LLDV}$ | ALE Low to Valid Data In | | 517 | | $8t_{CLCL}$-150 | ns |
| $t_{AVDV}$ | Address to Valid Data In | | 585 | | $9t_{CLCL}$-165 | ns |
| $t_{LLWL}$ | ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low | 200 | 300 | $3t_{CLCL}$-50 | $3t_{CLCL}$+50 | ns |
| $t_{AVWL}$ | Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low | 203 | | $4t_{CLCL}$-75 | | ns |
| $t_{QVWX}$ | Data Valid to $\overline{WR}$ Transition | 23 | | $t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{QVWH}$ | Data Valid to $\overline{WR}$ High | 433 | | $7t_{CLCL}$-120 | | ns |
| $t_{WHQX}$ | Data Hold After $\overline{WR}$ | 33 | | $t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{RLAZ}$ | $\overline{RD}$ Low to Address Float | | 0 | | 0 | ns |
| $t_{WHLH}$ | $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High | 43 | 123 | $t_{CLCL}$-20 | $t_{CLCL}$+25 | ns |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## External Program Memory Read Cycle

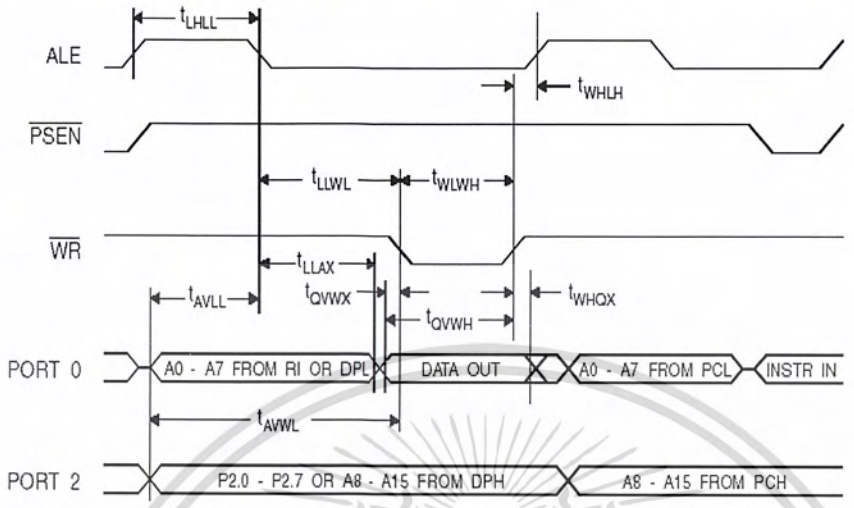



## External Data Memory Read Cycle

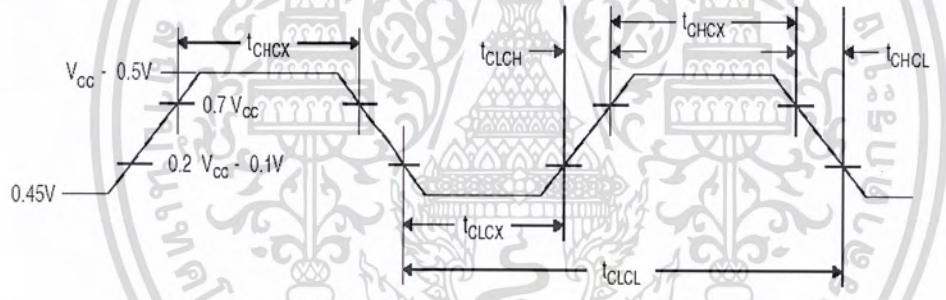



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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 |

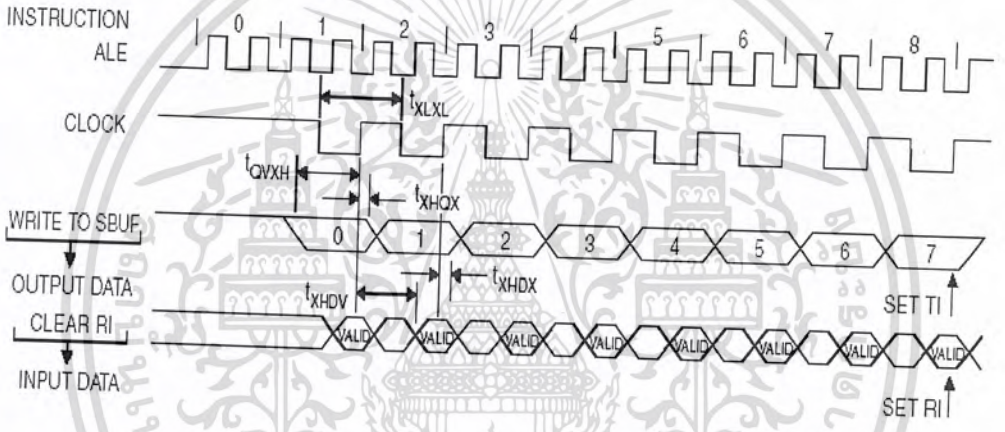
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

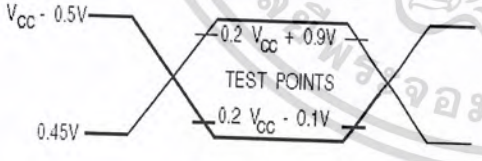
The values in this table are valid for $V_{CC}$ = 5.0V ± 20% and Load Capacitance = 80 pF.

| Symbol | Parameter | 12 MHz Osc | | Variable Oscillator | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | Min | Max | |
| $t_{XLXL}$ | Serial Port Clock Cycle Time | 1.0 | | $12t_{CLCL}$ | | µs |
| $t_{QVXH}$ | Output Data Setup to Clock Rising Edge | 700 | | $10t_{CLCL}$-133 | | ns |
| $t_{XHQX}$ | Output Data Hold After Clock Rising Edge | 50 | | $2t_{CLCL}$-117 | | ns |
| $t_{XHDX}$ | Input Data Hold After Clock Rising Edge | 0 | | 0 | | ns |
| $t_{XHDV}$ | Clock Rising Edge to Input Data Valid | | 700 | | $10t_{CLCL}$-133 | ns |

## Shift Register Mode Timing Waveforms

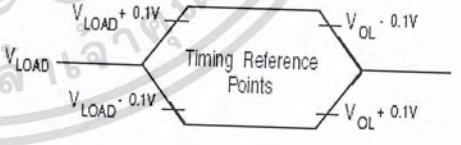



## AC Testing Input/Output Waveforms(1)




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 a 100 mV change from the loaded $V_{OH}/V_{OL}$ level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ordering Information

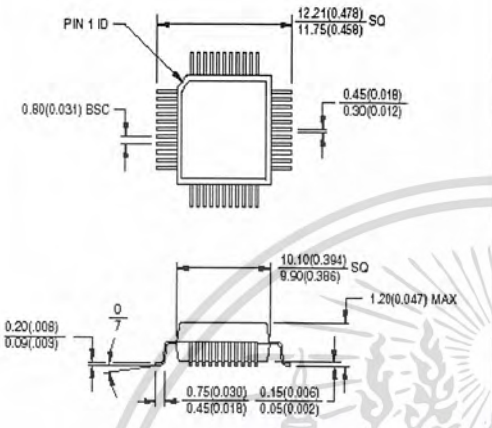
| Speed (MHz) | Power Supply | Ordering Code | Package | Operation Range |
|---|---|---|---|---|
| 12 | 5V ± 20% | AT89C52-12AC<br>AT89C52-12JC<br>AT89C52-12PC<br>AT89C52-12QC | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Commercial<br>(0°C to 70°C) |
| | | AT89C52-12AI<br>AT89C52-12JI<br>AT89C52-12PI<br>AT89C52-12QI | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
| 16 | 5V ± 20% | AT89C52-16AC<br>AT89C52-16JC<br>AT89C52-16PC<br>AT89C52-16QC | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Commercial<br>(0°C to 70°C) |
| | | AT89C52-16AI<br>AT89C52-16JI<br>AT89C52-16PI<br>AT89C52-16QI | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
| 20 | 5V ± 20% | AT89C52-20AC<br>AT89C52-20JC<br>AT89C52-20PC<br>AT89C52-20QC | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Commercial<br>(0°C to 70°C) |
| | | AT89C52-20AI<br>AT89C52-20JI<br>AT89C52-20PI<br>AT89C52-20QI | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
| 24 | 5V ± 20% | AT89C52-24AC<br>AT89C52-24JC<br>AT89C52-24PC<br>AT89C52-24QC | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Commercial<br>(0°C to 70°C) |
| | | AT89C52-24AI<br>AT89C52-24JI<br>AT89C52-24PI<br>AT89C52-24QI | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |

| 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

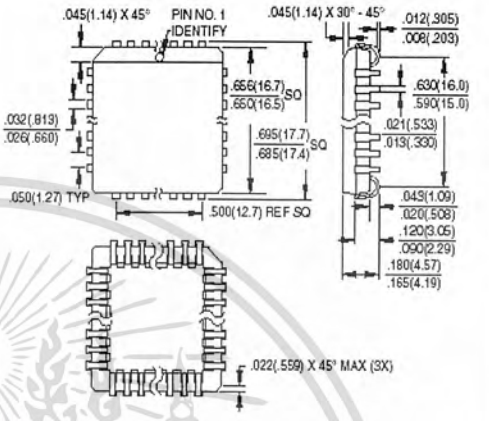
## Packaging Information

**44A,** 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-026 ACB

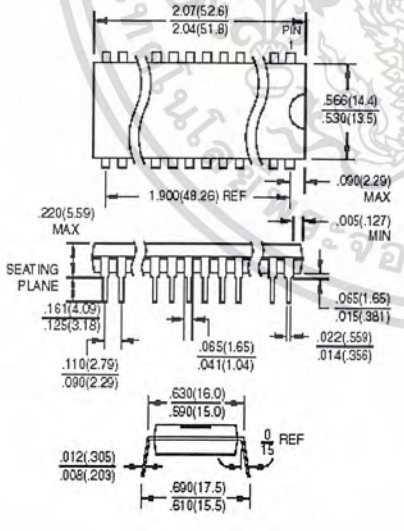



Controlling dimension: millimeters

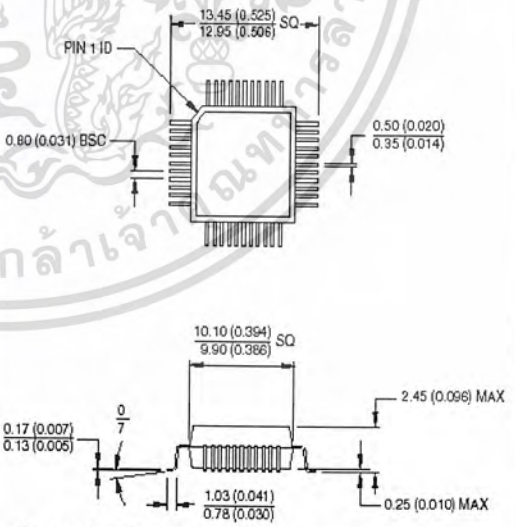
**44J,** 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-018 AC




**40P6,** 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)




**44Q,** 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*
JEDEC STANDARD MS-022 AB




Controlling dimension: millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Atmel Headquarters

*Corporate Headquarters*
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

*Europe*
Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

*Asia*
Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

*Japan*
Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

## Atmel Operations

*Atmel Colorado Springs*
1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

*Atmel Rousset*
Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

*Fax-on-Demand*
North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

*e-mail*
literature@atmel.com

*Web Site*
http://www.atmel.com

*BBS*
1-(408) 436-4309



**© Atmel Corporation 1999.**
Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.

Printed on recycled paper.


0313H–02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

# ULN2803
# ULN2804

# Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open–collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

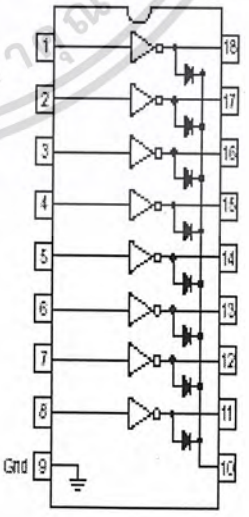
A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

MAXIMUM RATINGS ($T_A$ = 25°C and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

| Rating | Symbol | Value | Unit |
|---|---|---|---|
| Output Voltage | $V_O$ | 50 | V |
| Input Voltage (Except ULN2801) | $V_I$ | 30 | V |
| Collector Current – Continuous | $I_C$ | 500 | mA |
| Base Current – Continuous | $I_B$ | 25 | mA |
| Operating Ambient Temperature Range | $T_A$ | 0 to +70 | °C |
| Storage Temperature Range | $T_{stg}$ | −65 to +150 | °C |
| Junction Temperature | $T_J$ | 125 | °C |

$R_{\theta JA}$ = 55°C/W
Do not exceed maximum current limit per driver.

PIN CONNECTIONS




ORDERING INFORMATION

| Device | Characteristics | | |
|---|---|---|---|
| | Input Compatibility | $V_{CE}$(Max)/$I_C$(Max) | Operating Temperature Range |
| ULN2803A<br>ULN2804A | TTL, 5.0 V CMOS<br>6 to 15 V CMOS, PMOS | 50 V/500 mA | $T_A$ = 0 to + 70°C |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | นางสาวทิพย์สุดา สุดประเสริฐ |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 27 ธันวาคม พ.ศ. 2524 |
| **ภูมิลำเนา** | 19 หมู่ 3 ตำบลคลองตะเคียน |
| | อำเภอพระนครศรีอยุธยา |
| | จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000 |

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนอิสลามศรีอยุธยา มูลนิธิ |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนอิสลามศรีอยุธยา มูลนิธิ |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ | วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง | วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ |
| | ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม |
| | คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |
| คติพจน์ | ทำวันนี้ให้ดีที่สุด |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | นายปัญญา ภูมิเจริญ |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 26 พฤษภาคม พ.ศ 2525 |
| **ภูมิลำเนา** | 237/182 ถ. เอกชัย ตำบลมหาชัย อำเภอเมือง |
| | จังหวัดสมุทรสาคร 74000 |
| | โทรศัพท์ 0-3483-6702 |

## ประวัติการศึกษา

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนมหาชัยคริสเตียนวิทยา |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ | วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง | วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ |
| | ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม |
| | คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล | รางวัลชมเชยสอบทักษะไมโครโปรเซสเซอร์ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | นายวิกรม เพ็ชรสดใส |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 30 ตุลาคม พ.ศ 2523 |
| **ภูมิลำเนา** | 49/1 หมู่ 4 ตำบลจุกเฌอ อำเภอเมือง<br>จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000 |

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนอนุบาลวัดปิตุลาธิราชรังสฤษฎิ์ |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ | วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง | วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | นายสิทธิชัย ขุนทองปาน |
| **วัน เดือน ปีเกิด** | 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ 2525 |
| **ภูมิลำเนา** | 26 หมู่ 2 ตำบลยุโป อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000 |

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนนิบงชนูปถัมภ์ |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนสตรียะลา |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ | วิทยาลัยเทคนิคยะลา |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง | วิทยาลัยเทคนิคยะลา |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้