สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดปริมาณและควบคุมการใช้น้ำประปา

A TAP WATER USAGE MONITOR

โดย

นายจิโรจ ไทเศรษฐวัฒน์กุล

นายณัฐพล บุญแก้ว

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62531
วัน,เดือน,ปี 19 ส.ค. 2549

b 11202248
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

กณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดปริมาณและควบคุมการใช้น้ำประปา

A TAP WATER USAGE MONITOR

โดย

นายจิโรจ ไทเศรษฐวัฒน์กุล 46015172

นายณัฐพล บุญแก้ว 46015174

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา2548

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดปริมาณและควบคุมการใช้น้ำประปา

A TAP WATER USAGE MONITOR

ผู้จัดทำ

1. นายจิโรจ ไทเศรษฐวัฒน์กุล
2. นายณัฐพล บุญแก้ว

.....

(ดร.กิติพล ชิดสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดปริมาณและควบคุมการใช้น้ำประปา

จิโรจ ไพเศรษฐวัฒน์กุล
ณัฐพล บุญแก้ว
ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับการสร้างเครื่องวัดปริมาณและควบคุมการใช้น้ำประปา โดยเอามาตรวัดน้ำแบบเดิมมาดัดแปลงให้มีสัญญาณพัลส์ไฟฟ้า โดยการใช้การตัดต่อของหรีดสวิตช์กับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ ซึ่งใช้การดูดของแม่เหล็กถาวร ที่ติดอยู่กับใบพัดของมาตรวัดน้ำ สัญญาณพัลส์ไฟฟ้าที่ได้จะนำมาควบคุมปริมาณการใช้น้ำและแสดงผลเป็นแบบตัวเลขดิจิตอลโดยการกำหนดปริมาณน้ำและจำนวนวันที่ต้องการใช้ในแต่ละเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A TAP WATER USAGE MONITOR

Mr. JIROJ THAISEDTAWATKUL

Mr. NATTAPON BOONKAEW

Dr. KITTIPHON CHITSAKUL (Advisor)

Year 2548

Abstract

This thesis is the presentation about "A TAP WATER USAGE MONITOR" by modified a convenience water meter to provide electric pulse signals. By using a reed switch and 5 voltage source. Due to the force from a permanent magnet attached to the fan of water meter, The reed switch turn on/off the voltage source. And then , this electric pulse signals is taken to control quantity of using water can digital display.
By limiting quantity of water and days in each month.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญานิพนธ์นี้จัดทำสำเร็จได้ก็เนื่องมาจากได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน โดยบุคคลแรกที่ขอกล่าวก็คือ ดร. กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้ให้ความเลี้ยงดูผู้เขียนเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

จิโรจ ไทเศรษฐวัฒน์กุล

นายจิโรจ ไทเศรษฐวัฒน์กุล

นายณัฐพล บุญแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 หลักการทำงานเบื้องต้น	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.1.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51	3
2.1.2 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต	6
2.1.3 หน่วยความจำข้อมูล	7
2.1.4 รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ	9
2.1.5 รีจิสเตอร์ B	9
2.1.6 โปรแกรมเคาน์เตอร์	9
2.1.7 สเต็กพอยน์เตอร์	9
2.1.8 รีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์	10
2.1.9 รีจิสเตอร์พอร์ต	10
2.1.10 รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม	10
2.1.11 รีจิสเตอร์ไทเมอร์	10
2.1.12 รีจิสเตอร์แคปเจอร์	10
2.1.13 รีจิสเตอร์ควบคุม	11
2.2 มิเตอร์ปริมาณ	11
2.2.1 แทงค์ตวง	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 POSITIVE DISPLACEMENT METER 11
2.2.3 มิเตอร์จานแกว่งไปมา 12
2.2.4 มิเตอร์ชนิดใบพัดหมุน 13
2.3 จอแสดงผล LCD module 14
2.3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD 14
2.3.2 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD 15
2.3.3 โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด 16
2.3.4 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD 17
2.4 ระบบบัสแบบ I^2C 20
2.5 ไอซีฐานเวลาจริง DS1307 23
2.6 หรีดรีเลย์ 28
บทที่ 3 ส่วนประกอบของโครงงานและหลักการทำงาน 39
3.1 ส่วนประกอบของโครงงาน 39
3.2 หลักการทำงาน 39
3.3 มาตรวัดน้ำ 39
3.4 ภาคจ่ายไฟ 40
3.5 จอแสดงผลโมดูล LCD แบบตัวอักษรขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด 42
3.6 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน 42
3.7 การเชื่อมต่อ DS1307 กับไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 43
บทที่ 4 การทดลอง 45
4.1 การทดลองหาจำนวนพัลส์ต่อปริมาตรน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร 45
4.2 การตรวจวัดสัญญาณ จากตัวตรวจจับสัญญาณ 47
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 48
5.1 สรุปผลการทดลอง 48
5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน 48
5.3 วิจารณ์การทดลอง 48
เอกสารอ้างอิง 49
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ปัจจุบันในการวัดปริมาณการไหลเป็นสิ่งที่สำคัญอันหนึ่ง ทั้งในห้องปฏิบัติการและในงานทางด้านอุตสาหกรรม ข้อกำหนดในการเลือกมิเตอร์วัดการไหลจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของการไหลและความต้องการของโรงงาน(Plant) ตัวอย่างเช่น มิเตอร์วัดน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยานต้องการความกะทัดรัด และต้องไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในทิศทาง แต่ต้องใช้กับของไหลที่สะอาด และไม่กัดกร่อน อีกด้านหนึ่งมิเตอร์วัดปริมาณการไหลในงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการทำงานกับของไหล ซึ่งอาจมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนหรือบรรจุด้วยสารแปลกปลอม แต่เครื่องมือเหล่านี้มีขนาดใหญ่กว่าและเป็นชนิดคงที่ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ควบคุมการเลือกใช้มิเตอร์วัดการไหล ซึ่งก็คือพารามิเตอร์ต่างๆหลายอย่าง จำพวกย่านการวัดความเที่ยงตรง ความสามารถในการกระทำซ้ำ กัน (Repeatability) การตอบสนองสัญญาณทางไดนามิก ชนิดของเอาท์พุทที่อาจจะเป็นอนาลอกหรือดิจิตอล เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นความต้องการอื่นๆที่เหลือ อาจเป็นการชี้แสดงผลหรือการบันทึกของอัตราการไหล และการไหลทั้งหมด หรืออาจเป็นทั้งสองอย่าง

มิเตอร์วัดการไหลโดยทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ กล่าวคือ อุปกรณ์ปฐมภูมิ (Primary Device) หรือมิเตอร์ปริมาณ (Quantity Meter) และอุปกรณ์ทุติยภูมิ (Secondary Device) ซึ่งมักรู้จักกันในชื่อของมิเตอร์ความเร็ว (Rate Meter) ความแตกต่างระหว่างมิเตอร์ทั้งสองขึ้นอยู่กับลักษณะของอุปกรณ์รับรู้ (Sensing Element) ที่มีปฏิกิริยากับการไหลของของไหล เอาท์พุทของอุปกรณ์รับรู้จะถูกนำไปปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับการชี้แสดงผลหรือบันทึกผลของของไหลที่ต้องการวัด การวัดปริมาณด้วยมวลหรือปริมาตรโดยปกติทำได้โดยการนับส่วนที่ถูกตัด (แยก) อย่างต่อเนื่องเป็นการแสดงจำนวนของของไหลที่ไหลผ่านจุดที่กำหนดในช่วงเวลาที่แน่นอน นอกจากนี้ ยังเป็นที่น่าสังเกตว่ามิเตอร์ปริมาณโดยทั่วไปถูกใช้เพื่อการทดสอบมิเตอร์ความเร็ว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างระบบตรวจสอบและควบคุมปริมาณการใช้น้ำประปาในชีวิตประจำวัน ตามปริมาณและเวลาที่กำหนดไว้ และมีการแสดงผลอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ตัวโครงงานสร้างในลักษณะเครื่องต้นแบบ เพื่อใช้ในการควบคุมและตรวจสอบการใช้น้ำประปา โดยกำหนดปริมาตรน้ำ จำนวนวัน ที่เราต้องการจะควบคุมการใช้น้ำในแต่ละครั้ง อีกทั้งยังสามารถดูปริมาตรน้ำที่ใช้ไปได้ตลอดเวลา

1.4 ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่จะได้รับเมื่อโครงงานแล้วเสร็จนั้น จะทำให้สามารถนำไปตรวจสอบและควบคุมปริมาณการใช้น้ำประปาในชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังสามารถพัฒนานำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้

1.5 หลักการทำงานเบื้องต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต คือส่วนที่สำคัญที่สุดที่ทำหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น จอแสดงผล LCD ปุ่มสวิตช์สั่งงาน รวมทั้งการตรวจจับการหมุนของใบพัดของมาตรวัดน้ำจากตัวตรวจจับ (Sensor) ซึ่งได้นำจำนวนรอบของใบพัด ที่ทำจากการตรวจจับมาคำนวณเป็นปริมาณในหน่วยลูกบาศก์เมตรและมีการติดต่อกับวงจรฐานเวลาจริงเพื่อใช้อ้างอิงสำหรับตรวจเช็คเวลา

ในส่วนการทำงานจะต้องทำการกำหนดจำนวนปริมาตรน้ำ จำนวนวัน เครื่องจะนับจำนวนน้ำจากการหมุนของใบพัดซึ่งมีแผ่นแม่เหล็กติดอยู่หมุนผ่านหรีดสวิตช์ ซึ่งหรีดสวิตช์จะทำหน้าที่เปิดปิดวงจร ซึ่งต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟตรง ทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ หลังจากนั้นก็จะเป็นหน้าที่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะนำสัญญาณที่ได้ไปคำนวณและแสดงผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ CPU ขนาด 8 บิต
-ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
-หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์อาจมีหน่วยความจำแบบอีพรอมเพิ่มเติม
-ขาพอร์ตเป็นแบบ 2 ทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
-มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
-ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต อย่างน้อย 2 ตัว
-สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
-มามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
-มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่กายในชิป
-มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

2.1.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟล์เลี้ยง +5v

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

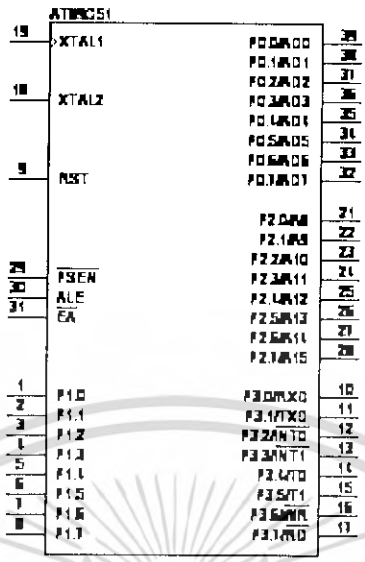
ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้อการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดแดรสไบท์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดแดรสและขาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ในอนุกรม AT89C51

ขาพอร์ต (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต (P3.0-P3.7)มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา IN

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา TO

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต (Reset) ใช้รีเซตในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา $\overline{\text{ALE}}$/PROG(Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขา 2 ครั้งในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา

ขา $\overline{\text{EA}}$ / Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.2 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต การกำหนดให้เป็นพลร์ตอินพุต ต้องเริ่มด้วยการเขียนข้อมูล "1" มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

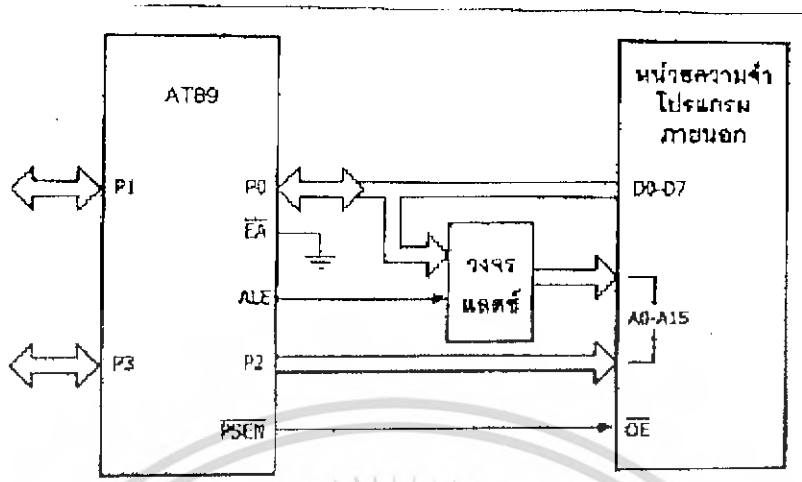
เอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น "1" สามารถรับสัญญาณลอจิก "0" จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไปเมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานให้สภาวะลอจิก "0" จะดีและสะดวกที่สุด

การใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุตโดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาท์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูล "0" ออกไปทางเอาท์พุตก็ให้เขียนข้อมูล "0" ไปที่วงจรแล็ตช์ซึ่งจะส่งต่อไปขับแฟตทำให้แฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานจะเกิดลอจิก "0" หากต้องการส่งข้อมูล "1" ออกไปก็ให้เขียนข้อมูล "1" ไปยังวงจรแล็ตช์วงจรขับก็จะหยุดทำงานทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก "1" ที่ขาพอร์ตนั้น จะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตเพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่ถ้าเป็นเอาท์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาท์พุต

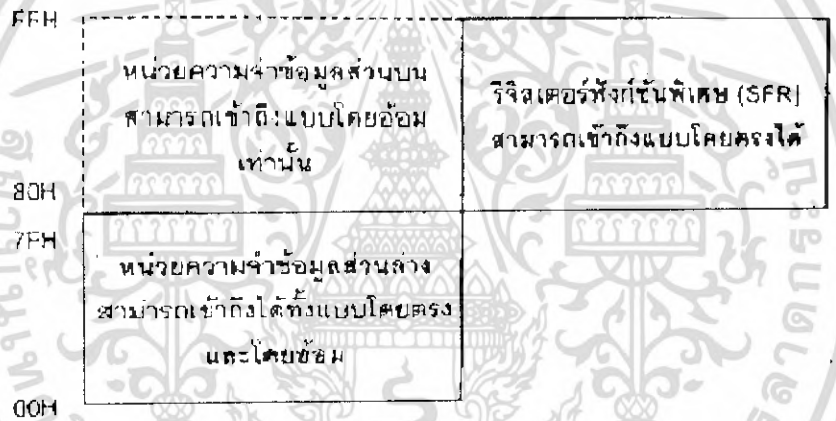
2.1.3 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

มีด้วยกัน 2 แบบคือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายใน MCS – 51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (Lower) , ส่วนบน (upper) และรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR : Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ แสดงการจัดสรรในรูปที่ 2 และรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช



รูปที่ 2.3 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช

จะเห็นได้ว่า หน่วยความจำข้อมูลส่วนบนและรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษมีตำแหน่งสับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกัน ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 แบบแฟลชแท้จริงมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกันจึงดูเสมือนว่ามีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดแดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม หน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์ มีแอดแดรสอยู่ที่ 80H-FFH สามารถเข้าถึงได้โดยอ้อมเท่านั้น ขนาดที่รีจีสเตอร์ SFR มีแอดแดรสอยู่ที่ 80H-FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน แต่สำหรับรีจีสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง

2.1.4 รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register : SFR)

รีจีสเตอร์ SFR มีแอดแดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง (direct addressing) ในรูปที่ 3-7 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตอร์ SFR แต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจีสเตอร์ SFR มีดังนี้

2.1.4.1 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Word : PSW)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต มีแอดเดรสอยู่ที่ D0H ทำหน้าที่เก็บสถานะของการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้นจะเรียกสถานะต่างๆ ของโปรแกรมว่า แฟลก (flag) เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมาปรากฏที่บิตต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ PSW

2.1.4.2 แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator : ACC)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้ให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป อาจเรียกสั้น ๆ ว่า รีจิสเตอร์ A หรือ ACC สามารถเข้าถึงระดับบิตได้

2.1.5 รีจิสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ F0H มีหน้าที่พิเศษคือ หากต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ ต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณหรือหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไป

2.1.6 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Couter : PC)

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจิสเตอร์ PC เป็นรีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้รวมกับรีจิสเตอร์ SFR ตัวอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรม

2.1.7 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer : SP)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81H ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวชี้สแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อยหรือกระโดดโปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น ค่าของรีจิสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H ดังนั้นแอดเดรสแรกของพื้นที่ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ 08H

2.1.8 รีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer : DPTR)

มีขนาด 16 บิต แบ่งเป็นรีจิสเตอร์ชนิดชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPH รีจิสเตอร์ DPTR ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

2.1.9 รีจิสเตอร์พอร์ต (Port Resister)

มีขนาด 8 บิต ที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโคคอนโทรลเลอร์ มี 4 ตัว คือ รีจิสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H , รีจิสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H , รีจิสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H ,รีจิสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจิสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์นี้ทุกครั้ง

2.1.10 รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช โดยภายในรีจิสเตอร์ SUBF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer resister) และรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล (receive buffer resister) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.11 รีจิสเตอร์ไทเมอร์ (Timer Resister)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต แบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ DPTR รีจิสเตอร์ไทเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ (counter) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน บางทีเรียกว่า รีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์

2.1.12 รีจิสเตอร์แคปเจอร์ (Capture Resister)

มีขนาด 16 บิต มีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้นเนื่องจากต้องใช้ร่วมกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 โดยมีรีจิสเตอร์แคปเจอร์นี้มีชื่อเรียกอย่างย่อว่า รีจิสเตอร์ RCAP2 ซึ่งแบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2L มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CAH และไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.13 รีจิสเตอร์ควบคุม (Control Resister)

2.1.13.1 รีจิสเตอร์ PCON เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช

2.1.13.2 รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช

2.1.13.3 รีจิสเตอร์ TCON และ T2CON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช โดย T2CON ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช

2.1.13.4 รีจิสเตอร์ TMOD และ T2MOD เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลช โดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

2.1.13.5 รีจิสเตอร์ IE และ IP เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ โดย IE เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเอ็นเอเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ว่า จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดการอินเตอร์รัปต์ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง

2.2 มิเตอร์ปริมาณ

2.2.1 แทงค์ตวง (Volumetric Tank)

อัตราการไหลของของเหลวที่ไม่ระเหยจำพวกน้ำ สามารถวัดโดยง่าย โดยการวัดปริมาณหรือน้ำหนักของของไหลโดยตรง เวลาที่ใช้เพื่อการสะสมจำนวนของของไหลจะถูกหาและอัตราการไหลเฉลี่ยก็สามารถคำนวณได้ การเพิ่มความเที่ยงตรงได้โดยตรงการวัดเวลาอย่างถูกต้องและใช้เวลาที่นานพอสมควร เช่นเดียวกันการวัดปริมาตรหรือน้ำหนัก ต้องทำด้วยความถูกต้องเที่ยงตรงมากๆ เทคนิคการวัดปริมาณเช่นนี้ มักจะนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อการสอบเทียบมิเตอร์วัดการไหลของน้ำ หรือของไหลอื่นๆ อย่างไรก็ตามมันไม่เหมาะสมสำหรับการวัดการไหลชั่วขณะ (Transient Flow)

2.2.2 POSITIVE DISPLACEMENT METER

มิเตอร์ชนิดนี้เป็นอุปกรณ์วัดการไหลที่มีการออกแบบให้ของไหลที่ต้องการวัด ถูกบรรจุและถูกทำให้ว่างเปล่าจากช่องว่างที่รู้ปริมาตร โดยกระทำซ้ำๆกัน หลักการวัดก็คือของเหลวที่ไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านมิเตอร์จะไปเคลื่อนที่อุปกรณ์วัด ที่กั้นห้องวัดเป็นตอนๆ แต่ละตอนมีปริมาตรเท่าๆกัน ห้องวัดแต่ละห้องจะถูกบรรจุด้วยของไหลอย่างต่อเนื่อง จากของไหลที่ไหลเข้าทางเข้าและว่างเปล่าที่ทางออกของมิเตอร์ อีกอย่างหนึ่งเรากล่าวได้ว่า มิเตอร์ชนิดนี้จะตัดการไหลออกเป็นชิ้นๆที่รูขนาดแล้วนับจำนวนชิ้นของของไหลนั่นเอง มิเตอร์เหล่านี้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง ใช้ในงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง และมีความสามารถในการกระทำซ้ำๆกันสูง (High Repeatability) ภายใต้การไหลที่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามเพราะว่ามีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ในมิเตอร์เหล่านี้ การสึกหรอของชิ้นส่วนเหล่านี้อาจทำให้ความเที่ยงตรงเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเครื่องมือเหล่านี้จึงต้องการการสอบเทียบ หรือการปรับแต่งเมื่อใช้ไปได้ระยะเวลาหนึ่ง นอกจากนี้มิเตอร์เหล่านี้เป็นอุปกรณ์วัดปริมาณการไหลทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่สามารถแสดงอัตราการไหลชั่วขณะได้ มิเตอร์ชนิด Positive Displacement ส่วนใหญ่นั้น การส่งถ่ายการไหลทำอยู่ในรูปของการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบ ดังนั้นมิเตอร์เหล่านี้จึงเป็นไฮดรอลิกหรือนิวแมติกมอเตอร์ซึ่งรอบของการหมุนถูกบันทึกโดยตัวนับ พลังงานจะถูกดูดออกมาจากการไหลเพื่อขับเคลื่อนมิเตอร์เหล่านี้ทำให้เกิดความสูญเสียความดันในระบบการไหล แต่พลังงานที่ต้องการเพื่อเอาชนะความเสียดทานในระบบนั้นมีน้อยมาก มิเตอร์ชนิดนี้ที่นิยมใช้กันทั่วไปมีดังนี้

2.2.3 มิเตอร์จานแกว่งไปมา (Nutating Disc Meter)

มิเตอร์จานแกว่งไปมาถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการวัดน้ำ สำหรับในที่พักอาศัยแต่ก็ถูกนำไปใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมอย่างมากมายเช่นกัน ประกอบด้วย จาน (Disc) ที่กำหนดให้เป็นแฉกถูกยึดติดอยู่บน Ball Bearing ดังแสดงในรูป 1 สลักเสลา (axialpin) อันหนึ่งถูกผูกติดอยู่กับ Ball ซึ่งจะเคลื่อนที่โดยการหมุนเป็นวงกลม และขับเคลื่อนลูกเบี้ยวที่ถูกต่อเข้ากับขบวนเฟือง (Gear Train) และตัวบันทึกผลการไหลทั้งหมด จานจะใส่ลงไปพอดีใน Chamber ที่ใช้ในการวัด ซึ่งจะแบ่ง Chamber ออกเป็นปริมาตรที่มี 4 ส่วนซึ่ง 2 ส่วนจะอยู่ที่ด้านบนของจานทางด้านขาเข้า และอีก 2 ส่วนที่เหลือจะอยู่ที่ด้านล่างของจานทางด้านขาออก

เมื่อของเหลวไหลผ่านมิเตอร์ ความดันจะตกลงทางขาเข้าไปที่ขาออก เป็นเหตุให้จานทีการเคลื่อนที่ส่ายหรือแกว่งไปมา แต่ละครั้งที่จานมีการแกว่ง ปริมาตรที่แน่นอนของของเหลวจะเท่ากับ Chamber ที่ใช้ในการวัดลบด้วยปริมาตรของส่วนที่เป็นจาน และปริมาตรนี้ก็จะไหลผ่านมิเตอร์ การเคลื่อนที่ของจานจะถูกส่งโดยขบวนเฟืองไปที่ตัวบันทึกผลการไหลทั้งหมด

มิเตอร์วัดการไหลชนิดนี้มีความเที่ยงตรงประมาณ $\pm$ 1% ถึง $\pm$ 2 % มันถูกติดตั้งในท่อที่มีขนาดเล็กและความจุสูงสุดของมันประมาณ 1500 gpm

ข้อดีของมิเตอร์ชนิดนี้ คือ

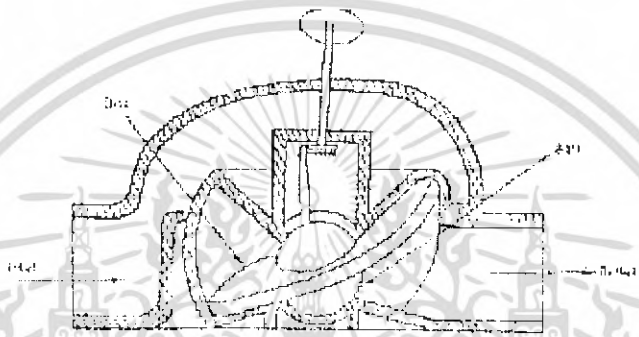
1. ราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับมิเตอร์ชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้ได้กับระบบ batching ของเหลวอัตโนมัติ
3. ความดันสูญเสีย มีขนาดปานกลาง
4. สร้างได้จากวัสดุหลายชนิด

ข้อเสีย คือ

1. จะถูกจำกัดเรื่องขนาดของท่อและความจุ
2. ให้ความเที่ยงตรงพอใช้
3. จะต้องใช้กับของไหลที่สะอาด



รูปที่ 2.4 มิเตอร์จานแกว่งไปมา Nutating Disc Meter

2.2.4 มิเตอร์ชนิดใบพัดหมุน (Rotating Vane Meter)

มิเตอร์ใบพัดชนิดหมุนถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม และถูกใช้เพื่อการวัดน้ำมันเบนซินและน้ำมันดิบ มันประกอบด้วยตัวหมุนทรงกระบอกหนึ่งตัวที่หมุน Ball Bearing รอบเพลากลาง (Center Shaft) และลูกเบี้ยวที่อยู่กับที่ ดังแสดงในรูป เมื่อของเหลวไหลต้านกับใบพัด (Blade) ที่ยื่นออกมาเป็นผลให้มีการหมุนของตัวหมุนและการกระทำของลูกเบี้ยวจะเป็นเหตุให้ใบพัดทำหน้าที่เหมือนกับตัวติดตามลูกเบี้ยว และสร้าง Chamber ห้องวัดเพื่อวัดการไหลผ่านของของไหล การกระทำที่เป็นรูเล็กๆ (Capilary Action) ของของไหลที่ถูกวัดจะอุดรูรั่วของใบพัดอย่างได้ผล เพื่อสร้างช่องว่างที่ใช้ในการวัด

มิเตอร์ชนิดนี้จะให้ความเที่ยงตรงมากที่เดียว และสามารถนำไปใช้กับท่อที่มีขนาดถึง 400 มม. มันมีความเที่ยงตรงโดยปรกติประมาณ $\pm$ 0.1 % ส่วนความเที่ยงตรงประมาณ $\pm$ 0.05% จะพบในมิเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ มิเตอร์เหล่านี้ถูกสร้างขึ้นมาจากวัสดุหลายชนิดและสามารถใช้กับอุณหภูมิและความดันที่สูงพอควร ซึ่งจำกัดด้านบนสุดอยู่ที่ประมาณ 177 °C และ 1000 psig (6.9 Mpa) มิเตอร์ชนิดนี้สามารถนำไปใช้ในการวัดการไหลของของเหลวที่สะอาด ความหนืดต่ำในย่านตั้งแต่ไม่กี่แกลลอนต่อนาทีไปจนถึง 17500 แกลลอนต่อนาที (66.5 ลิตร/นาที)

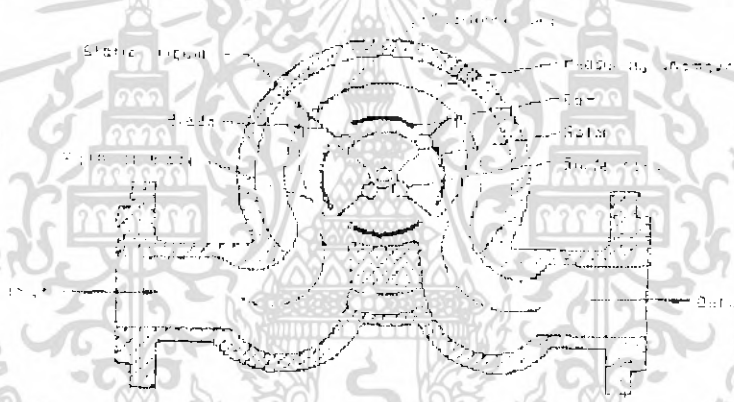
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของมิเตอร์ใบพัดหมุน คือ

1. ความดันสูญเสียต่ำ
2. ใช้ได้อย่างกว้างขวางทั้งในแก๊สและของเหลว รวมทั้งของไหลที่มีความหนืด
3. ใช้ได้กับความดันและอุณหภูมิที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับมิเตอร์ชนิดอื่น
4. สร้างได้จากวัสดุหลายชนิด
5. ให้ความเที่ยงตรงสูง

ข้อเสียคือ

1. มีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก
2. มีราคาแพง เมื่อเปรียบเทียบกับมิเตอร์ชนิดอื่น
3. ง่ายต่อการเสียหายจากไอที่ติดมากับของไหล
4. ความเที่ยงตรงจะลดลงที่อัตราการไหลต่ำ



รูปที่ 2.5 มิเตอร์ชนิดใบพัดหมุน (Rotating Vane Meter)

2.3 จอแสดงผล LCD module

2.3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD

ในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วนดังนี้

ตัวแสดงผล (display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

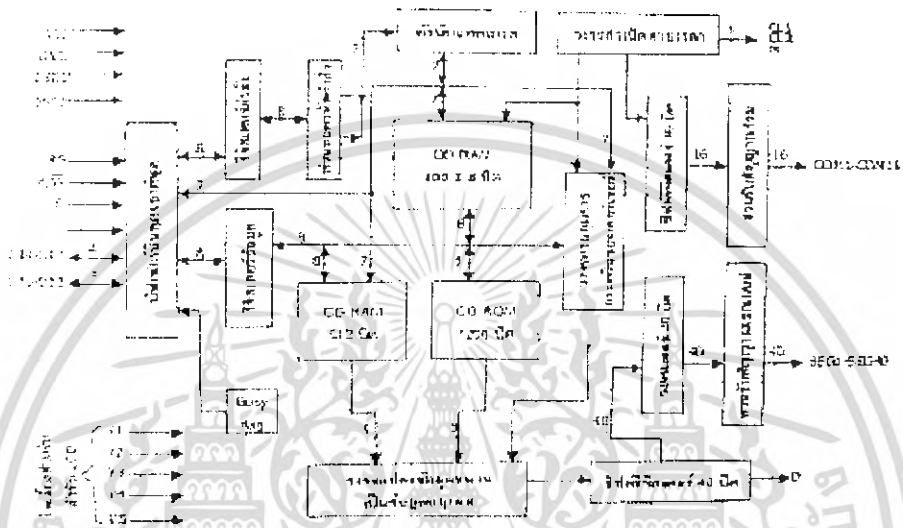
ตัวควบคุม (control) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น

ตัวขับ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้แสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD

การใช้งานโมดูล LCD ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุม จากรูปที่ 1 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูล LCD แบบอักขระ ประกอบด้วย



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักขระ

บัฟเฟอร์อินพุตเอาท์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Resister : IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Resister : DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data Ram : DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up - lable) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงผลที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Character Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรมเก็บตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต

แฟลก BUSY เป็นส่วนที่แจ้งสถานการณ์ทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ทราบว่า ตัวข้อมูลพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน

2.3.3 โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x1)

โมดูล LCD เป็นโมดูลที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อย่างไรก็ตามคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือเบอร์เดียวกันนั่นเองคือเบอร์ HD44750 ของฮิตาชิ

โมดูล LCD ขนาด 16x1 มีขาต่อไฟเลี้ยงใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดการดังในรูปที่ 2 สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

รูปที่ 2.7 แสดงรูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักขระ

V_{SS} (ขา 1) : ต่อกราวด์

V_{DD} (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง + 5 โวลต์

V_0 (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น "0" ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น "1" ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น "0" เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น "1" จะเป็นการอ่านข้อมูล

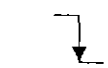
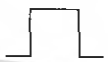
E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

D0 - D7 (ขา 7 – 14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต

อนึ่งขา RS , R/W และ E จะใช้งานร่วมกัน โดยมีความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 1

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของโมดูล LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS , R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักขระ

2.3.4 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมีคำสั่งดังนี้

2.3.4.1 คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (clear display)

มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่าง หรือ space เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมเอ็กซิคิวต์คำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM เป็น 0 เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D ให้เป็น 1

2.3.4.2 คำสั่ง return home

ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น "1" เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ข้อมูลคำสั่งของคำสั่งนี้จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

2.3.4.3 คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry mode Set)

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62531

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมรการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น "1" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผล ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น "0" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว แอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรส โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น "0" แอดเดรสจะลดลง

ดังนั้น ข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H – 07H (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อยคือ 06H หมายถึงกำหนดให้เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ และแอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้น

2.3.4.4 คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดของรูปแบบคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	1	D	C	B

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น "0" จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลบนจอแสดงผล ต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น "1" ถ้ากำหนดให้เป็น "0" จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์ หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น "1" เคอร์เซอร์จะกระพริบ

ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H – 0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์ และ 0FH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แสดงเคอร์เซอร์ และสั่งให้เคอร์เซอร์กระพริบ

2.3.4.5 คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย หากบิตที่ N เป็น "0" แอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H – 0CFH และถ้าบิต N เป็น "1" แอดเดรสของ DDRAM จะมี 2 ช่วงคือ 8CH – 87H และ 0C0H – 0C7H

2.3.4.9 คำสั่งอ่านแฟลก BUSY และแอดเดรส

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

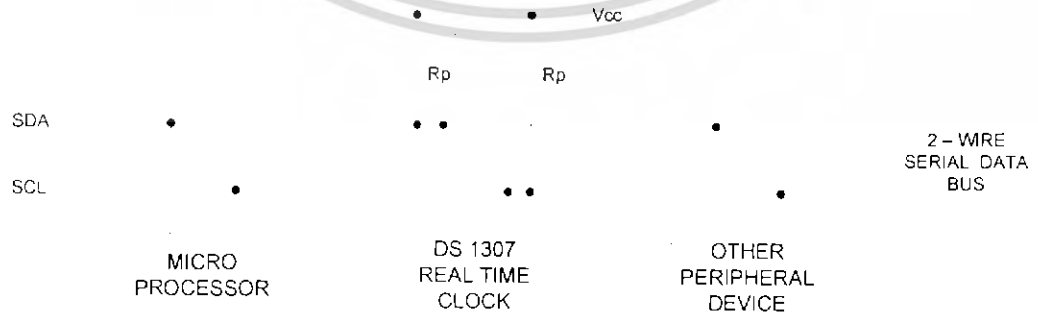
บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
BF	A	A	A	A	A	A	A

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟลก BUSY (BF) โดยแฟลกนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น "0" แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง แต่ถ้าเป็น "1" แสดงว่า ขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ ยังไม่พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการอ่านแฟลกต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น "1" ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น "0" อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วย โดยบิต 0 – 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

2.4 ระบบบัสแบบ I^2C

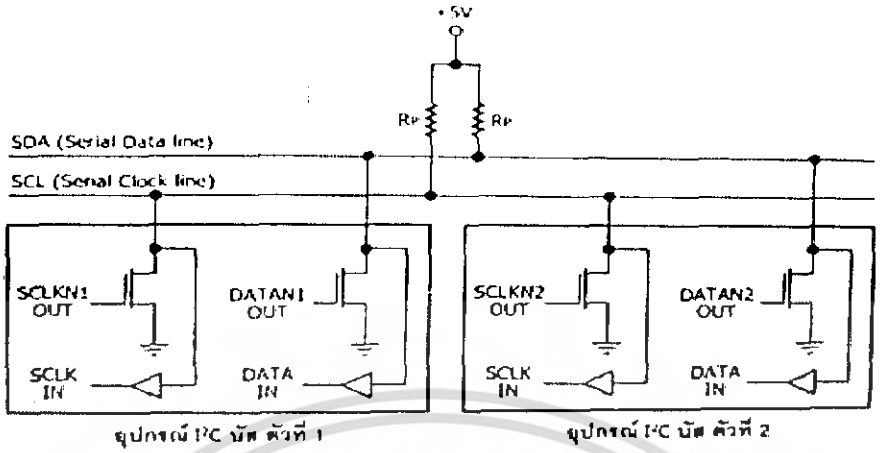
ระบบสัมผัสแบบ I^2C ย่อมาจาก Inter-IC Communication สำหรับเชื่อมต่อชิปต่าง ๆ กับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรมโดยใช้สายสัญญาณเพียงสองเส้น เส้นหนึ่งเป็นสายข้อมูลอีกเส้นหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดจังหวะการสื่อสารข้อมูล ปัจจุบันได้มีชิปสนับสนุนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวที่ใช้ในการเชื่อมต่อระบบบัสแบบนี้

สายรับข้อมูลที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีชื่อว่า Serial Date Line (SDA) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกาควบคุมมีชื่อว่า Serial Clock Line (SCL) สายทั้งสองนี้จะรับส่งข้อมูลได้สองทิศทาง วงจรทางเอาท์พุตของอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบนี้จะเป็นแบบวงจรเดรนเปิด (open-drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (open-collector) ดังนั้นการต่อบัสแบบนี้จะต้องมีตัวต้านทานต่อพูลอัพกับแรงดันไฟ +5 โวลต์ ด้วยดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การเชื่อมต่อด้วยระบบแบบ I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 วงจรทางเอาต์พุตของชิปที่ใช้ระบบบัสแบบ I^2C

ระบบบัสแบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลได้สองทิศทางด้วยความเร็วสูง 100 กิโลบิตต่อวินาที และสามารถใช้กับไอซีทีที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่างกันได้ ระบบบัสแบบนี้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้หลายตัวโดยที่อุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่ออยู่กับระบบบัสแบบนี้สามารถส่งข้อมูลถึงกันได้ โดยใช้รูปแบบการรับส่งข้อมูลหรือโพรโทคอล (protocol) ที่อุปกรณ์ทุกตัวรู้จัก อุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีค่าแอดเดรสประจำตัวมัน ถ้าหากต้องการให้อุปกรณ์ตัวดีรับข้อมูล ตัวส่งจะส่งแอดเดรสของอุปกรณ์ตัวนั้นออกไปก่อน ถ้าหากอุปกรณ์ตัวใดมีแอดเดรสตรงกันก็จะรับข้อมูลนั้นไป สำหรับอุปกรณ์ที่ต้องการส่งข้อมูลตัวนั้นจะเรียกว่ามาสเตอร์ (master) โดยจะเป็นตัวที่สร้างจังหวะสัญญาณแบบต่าง ๆ บนระบบบัส ส่วนอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือเป็นตัวรับข้อมูลจะถูกเรียกว่าสเลฟ (slave)

ถ้าหากทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ I^2C หลายตัว ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการส่งข้อมูล ตัวมันจะทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ และจะส่งสัญญาณไปบนบัส โดยส่งค่าแอดเดรสไปก่อน ถ้าค่าแอดเดรสออกไปก่อน ถ้าค่าแอดเดรสนี้ตรงกับแอดเดรสของชิปตัวใด ชิปตัวนั้นจะส่งสัญญาณตอบรับ (ACK) ออกมา และชิปตัวนั้นก็จะถูกไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม แต่ถ้าค่าแอดเดรสไม่ตรงกับชิปตัวใดก็ไม่เกิดอะไรขึ้น

การส่งข้อมูลต่าง ๆ จะต้องเกิดขึ้นเมื่อระบบบัสว่างขึ้นเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วสภาวะที่มีบนระบบบัสแบบนี้จะมี 5 สภาวะ คือ

1. บัสว่าง (bus not busy) สภาวะนี้ค่าลอจิกบนสาย SDA และ SCL จะเป็นลอจิกสูงทั้งคู่
2. เริ่มส่งข้อมูล (start date transfer) สภาวะนี้สาย SCL จะเป็นลอจิกสูง แต่สาย SDA จะเปลี่ยนลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำ เรียกว่าสภาวะเริ่มต้น (start)
3. สภาวะหยุด (stop) สภาวะนี้สาย SCL จะเป็นลอจิกสูง จะเปลี่ยนจากลอจิกต่ำไปเป็นลอจิกสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

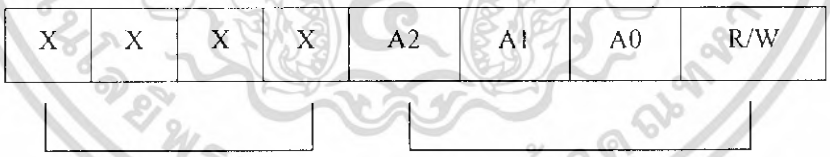
4. สภาวะข้อมูล (date valid) สภาวะนี้จะอยู่ระหว่างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะหยุด โดการรับส่งข้อมูลต่าง ๆ จะเกิดในสภาวะนี้ การรับส่งข้อมูลแต่ระบิตจะใช้สัญญาณนาฬิกาหนึ่งลูก โดยข้อมูลบน SDA จะต้องคงที่ ขณะที่ SCL เป็นลอจิกสูง และบิตข้อมูลใน SDA จะเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่ SCL เป็นลอจิกต่ำ ถ้าหากบิตบน SDA มีการเปลี่ยนแปลงขณะที่ SCL เป็นลอจิกสูง ระบบจะตีความมาว่าเป็นสภาวะเริ่มต้นหรือส่งข้อมูล หรือสภาวะหยุดแทน

5. สภาวะตอบรับ (acknowledge) เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ส่งข้อมูลออกมาครบหนึ่งไบต์แล้วในช่วงสัญญาณ SCL มาสเตอร์จะส่งข้อมูลลอจิกสูงออกมา และถ้าตัวรับได้รับข้อมูลครบแล้วมันจะส่งสัญญาณตอบรับ ACK โดยทำให้ระดับลอจิกสูงบนสัญญาณ SDA ให้กลับเป็นระดับลอจิกต่ำ แต่ถ้าตัวรับได้รับข้อมูลไม่ถูกต้องตัวรับจะบังคับให้ตัวส่งหยุดในสภาวะรอ

ในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างสภาวะเริ่มและสภาวะหยุดสามารถโอนถ่ายข้อมูลได้ไม่จำกัด แต่เมื่อ สเลฟได้รับข้อมูลแต่ละไบต์แล้ว มันจะส่งสัญญาณกลับมาทุกครั้ง

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ระบบบัสแบบ I^2C นั้นเราสามารถใช้อุปกรณ์หลาย ๆ ตัวมาต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ แต่ใช้สายสัญญาณทั้งหมดเพียงสองเส้นเท่านั้น ดังนั้นการติดต่อกับอุปกรณ์แต่ละตัวจะต้องระบุด้วยว่าจะต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ตัวใด ขั้นตอนการเขียนข้อมูลที่ใช้กับระบบบัสแบบ I^2C มีสามขั้นตอนดังนี้

1. เขียนข้อมูลอ้างแอดเดรส (addressing) ข้อมูลไบต์แรกที่มาสเตอร์จะส่งออกไปคือข้อมูลที่ใช้อ้างแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ โดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่กำหนดแอดเดรสจะมีจำนวน 7 บิต ดังรูป ที่ 2.11



รูปที่ 2.10 ไบต์แอดเดรส

จากรูปจะเห็นว่าบิตต่ำสุดจะเป็นตัวระบุว่าอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อนั้นเราจะใช้อ่านหรือเขียนข้อมูลลงไป ถ้าบิตนี้เป็นลอจิก "0" หมายความว่าจะใช้เขียนข้อมูลลงไป ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าจะใช้อ่านข้อมูล ส่วน 7 บิตบนจะเป็นบิตแอดเดรส ซึ่งแบ่งออกเป็นบิตแอดเดรสคงที่ (fixed address bit) จำนวน 4 บิตบน ซึ่งจะถูกโปรแกรมมาจากโรงงานที่ผลิตชิปแต่ละประเภท ส่วนอีก 3 บิตต่อมาจะเป็นบิตแอดเดรสที่ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเขียนไบต์ควบคุม (control byte) ข้อมูลไบต์นี้จะขึ้นกับอุปกรณ์แต่ละประเภท เพื่อกำหนดการทำงานต่าง ๆ ของตัวมัน อุปกรณ์บางประเภทอาจไม่ต้องมีการเขียนไบต์นี้ก็ได้
2. การเขียนไบต์ข้อมูล (data byte) เป็นข้อมูลที่จะโอนถ่ายในระบบ ระหว่างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะหยุดจะมีการอ่านเขียนข้อมูลจำนวนกี่ไบต์ก็ได้

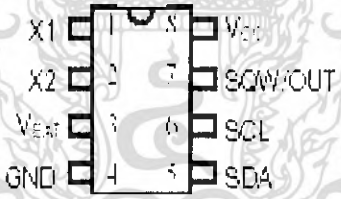
2.5 ไอซีฐานเวลาจริง DS1307

การใช้งานไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (RTC)

DS1307 มีหน้าที่สร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์โดย DS1307 จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นค่าของเวลาที่ระเอียดถึงวินาที นาที ชั่วโมง วันที่ วันในสัปดาห์ เดือน ปี โดยสามารถปรับวันเดือนปีได้ คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญมีดังนี้

- เป็นไอซีรีลไทม์คล็อกให้ข้อมูลตั้งแต่วินาทีจนถึงปี
- มีหน่วยความจำ นอนโวลาไทล์แรม 56 ไบต์อยู่ภายใน สามารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้
- ใช้การเชื่อมต่อแบบระบบบัส I^2C
- มีวงจรตรวจจับไฟเลี้ยงหรือหายไปอย่างอัตโนมัติ และสามารถรักษาข้อมูลเอาไว้ได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยงไอซี

รายละเอียดขาต่อใช้งานของ DS1307



DS1307 8-Pin DIP (300 mil)

ในรูปที่ 2.11 แสดงการจัดขาของ DS1307 แต่ละขามีหน้าที่และการใช้งานดังนี้

V_{CC} , GND (ขา 8,4) ต่อกับไฟเลี้ยง +5 V

V_{BAT} (ขา 3) ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3 V ให้คงอยู่ต่อไปว่าไม่มีไฟเลี้ยงจ่ายให้แก่ DS1307 ชนิดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมที่คือ แบตเตอรี่แบบลิเธียม ซึ่งมีความจุ 40 mAhr หรือมากกว่าจะสามารถรักษาข้อมูลได้นาน 10 ปีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

SDA , SCL (ขา 5 และ 6) เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์บนระบบบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

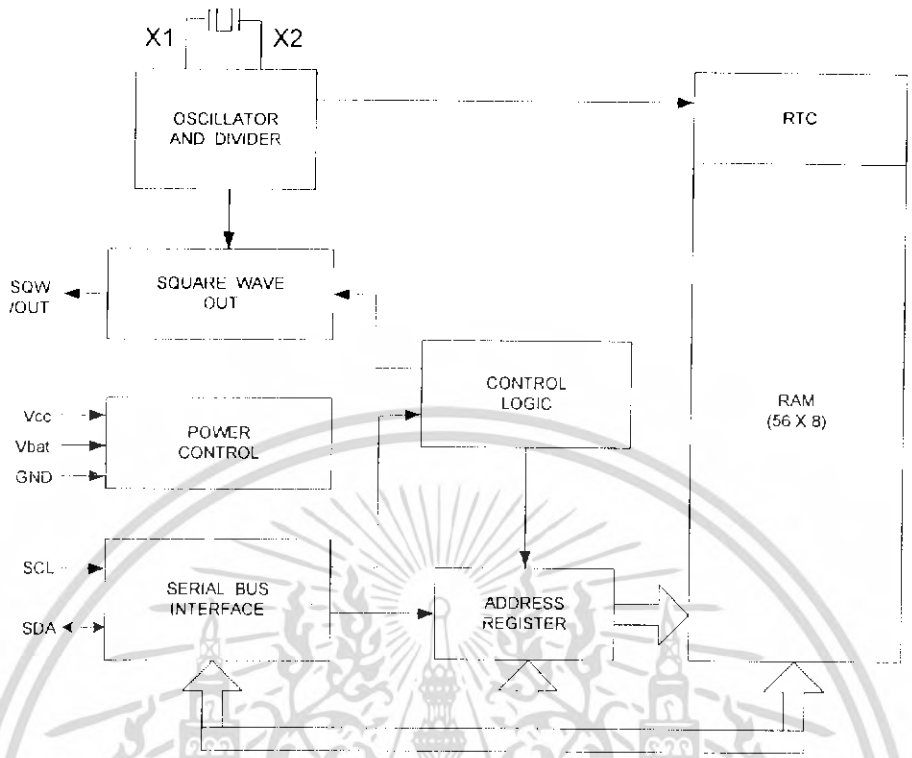
$\overline{\text{SQW OUT}}$ (ขา 7) ที่ขานี้จะมีสัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยมส่งออกมา โดยสามารถเลือกความถี่ได้ 1Hz , 4.096kHz , 8.192kHz และ 32kHz ในการใช้งานต้องต่อตัวต้านทาน 1k พูลอัปที่ขานี้ด้วย

X1 , X2 (ขา 1 และ 2) ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768kHz เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการสร้างค่าใช้เวลาจริง ในการใช้งานต้องต่อคริสตอลเข้ากับขาทั้งสองนี้และที่แต่ละขาต้องต่อตัวเก็บประจุค่าต่างๆ ประมาณ 15 pF ครอบขากราวด์ด้วย

การทำงานของ DS1307

ไอซี DS1307 จะทำงานเป็นอุปกรณ์สเลฟเสมอ ดังนั้นการติดต่อเพื่อการใช้งานจึงต้องกำหนดรูปแบบตามที่กำหนดไว้ในการติดต่อแบบ I^2C ในรูปที่ 2.12 แสดงส่วนประกอบหลักที่สำคัญและไดอะแกรมการทำงานของ DS1307 วงจรออกซิลเลเตอร์ถือเป็นหัวใจสำคัญหลักของไอซี เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อมูลเวลาจริง ในขณะที่ DS1307 ทำงานที่ขา SQW/OUT จะมีสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมส่งออกมาตลอดเวลาในกรณีที่มีการอีนาเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่รีจิสเตอร์ควบคุม ค่าความถี่ของสัญญาณนี้สามารถเลือกได้ 4 ค่า คือ 1Hz , 4.096kHz , 8.192kHz และ 32kHz พร้อมกันนั้นก็จะมีการควบคุม ค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจำนอนโวลาไทล์แรม ซึ่งมีขนาดรวม 64 ไบต์ ใช้เก็บข้อมูลเวลา 8 ไบต์ และเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ใช้งานอีก 56 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



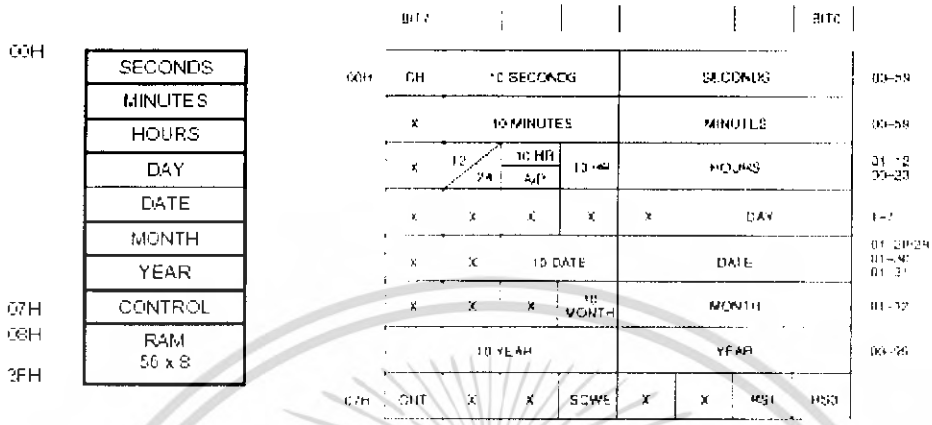
รูปที่ 2.12 โครงสร้างภายในของไอซีรีลไทม์คล็อกเบอร์ DS1307

วงจรควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะคอยตรวจสอบสภาวะของไฟเลี้ยงไอซี หากไฟเลี้ยงต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ ก็จะควบคุมให้ DS1307 หยุดการทำงานรีเซตค่าตัวนับแอดเดรสภายใน ทำให้ไม่สามารถติดต่อกับ DS1307 ได้ ดังนั้นในการใช้งาน DS1307 ต้องระมัดระวังอย่าให้ไฟเลี้ยงต่ำกว่า 3.75 V ในกรณีที่ใช้ V_{BAT} เท่ากับ 3 V ถ้าหากไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า V_{BAT} ไอซี DS1307 จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลกระแสต่ำทันที จะไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขา SQW/OUT แต่วงจรสร้างฐานเวลายังคงทำงานเพื่อให้ค่าของเวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด เมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง DS1307 ก็จะสามารถให้ค่าของเวลาที่เป็นจริงแก่ผู้ใช้งาน

วงจรสื่อสารอนุกรมภายใน DS1307 ได้รับการกำหนดให้ทำงานตามรูปแบบของบัส I^2C เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่าง DS1307 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าเวลาและหน่วยความจำทั่วไปได้โดยการเขียนข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนดในระบบบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดสรรหน่วยความจำใน DS1307



(ก) (ข)

รูปที่ 2.13 (ก) การจัดสรรหน่วยความจำแรมภายใน DS1307

(ข) รายละเอียดของรีจิสเตอร์เก็บค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมของ DS1307

ในรูปที่ 2.13 (ก) แสดงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำภายใน DS1307 พื้นที่ 7 ไบต์แรก ตั้งแต่แอดเดรส 00H-06H เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ค่าเวลาที่ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลา ไบต์ต่อมาที่แอดเดรส 07H เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของ DS1307 ในรูปที่ 2.13 (ข) แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมของ DS1307

ด้วยการจัดสรรพื้นที่แบบนี้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกข้อมูลเวลาออกมาได้ตามที่ต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องอ่านออกมาทั้งหมดก็ได้ ค่าของเวลาทั้งหมดจะอยู่ในรูปของเลขฐานสิบ สำหรับการแสดงเวลาในรูปของชั่วโมงสามารถเลือกได้ว่าต้องการแบบ 12 หรือ 24 ชั่วโมง โดยกำหนดที่บิต 6 ของแอดเดรส 02 และเมื่อเลือกแบบ 12 ชั่วโมง ที่บิต 5 ในแอดเดรสเดียวกันจะใช้ในการแสดงค่า AM/PM โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" หมายถึง ค่าชั่วโมงในขณะนี้เป็นช่วงเวลาหลังเที่ยงวัน ในกรณีที่เป็นแบบ 24 ชั่วโมง บิตนี้จะใช้ในการแสดงค่า 2 ของหลักสิบในหน่วงชั่วโมง

รีจิสเตอร์ควบคุม

มีแอดเดรสอยู่ที่ 07H มีรายละเอียดของแต่ละบิตดังนี้

OUT (Output Control) : ใช้ในการควบคุมระดับเลอจิกที่ขา $\overline{\text{SQW OUT}}$ ในกรณีที่ดิสเอเบิลการกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" ที่ขา $\overline{\text{SQW OUT}}$ ก็จะเป็น "1" ถ้าบิตนี้เป็น "0" ที่ขา $\overline{\text{SQW OUT}}$ ก็จะเป็น "0"

SQWE (Square Wave Enable) : ใช้ในการเอ็นเนเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ขา SQW OUT ถ้าต้องการให้มีสัญญาณสี่เหลี่ยมออกให้กำหนดบิตนี้เป็น "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS1 , RS0 (Rate Select) : ใช้ในการเลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ออกจากขา AQW OUT มีรายละเอียดต่อไปนี้

RS1	RS0	ค่าความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม
0	0	1HZ
0	1	4.096kHz
1	0	8.192kHz
1	1	32.768kHz

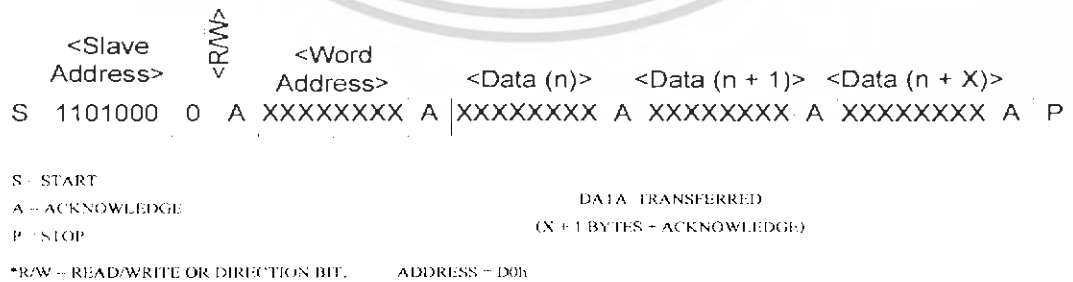
ตารางที่ 2.3 แสดงการเลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม

โหมดการทำงานของ DS1307

มีด้วยกัน 2 โหมด คือ โหมดเขียนข้อมูลและโหมดอ่านข้อมูล ในการใช้งาน DS1307 ตามปกติจะใช้งานเฉพาะโหมดอ่านข้อมูลเท่านั้น เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับ DS1307 เพื่ออ่านข้อมูลของเวลาไปใช้งาน โหมดการเขียนข้อมูลจะถูกใช้งานก็ต่อเมื่อต้องการตั้งค่าเวลาใหม่และต้องการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำใช้งานทั่วไป อย่างไรก็ตามเมื่อเริ่มต้นติดต่อกับ DS1307 จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าสู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อนเพื่อกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านข้อมูล จากนั้นจึงเปลี่ยนโหมดการทำงานมาเป็นโหมดการอ่านข้อมูล

โหมดการเขียนข้อมูล

มีรูปแบบดังรูปที่ 2.14 เริ่มต้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการกำหนดสภาวะเริ่มต้น (START : S) จากนั้นส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรส 1101000 ตามด้วยข้อมูลเลือกการเขียน นั่นคือค่า 0 จากนั้นจะรอการตอบรับจาก DS1307 ขั้นตอนต่อมาคือ ส่งข้อมูลเพื่อเลือกแอดเดรสที่ต้องการเขียน จากนั้นรอการตอบรับจาก DS1307 เมื่อมีการตอบรับมาเรียบร้อย ก็เริ่มทยอยเขียนข้อมูลลงไปครั้งละแอดเดรส หลังจากเขียนข้อมูลในแต่ละแอดเดรส จะต้องหยุดรอกรตอบรับจาก DS1307 ทุกครั้ง จึงจะสามารถเขียนข้อมูลต่อไปได้ เมื่อเขียนเรียบร้อยแล้วให้ส่งสภาวะหยุด (STOP : P) เป็นอันสิ้นสุดกระบวนการเขียนข้อมูล

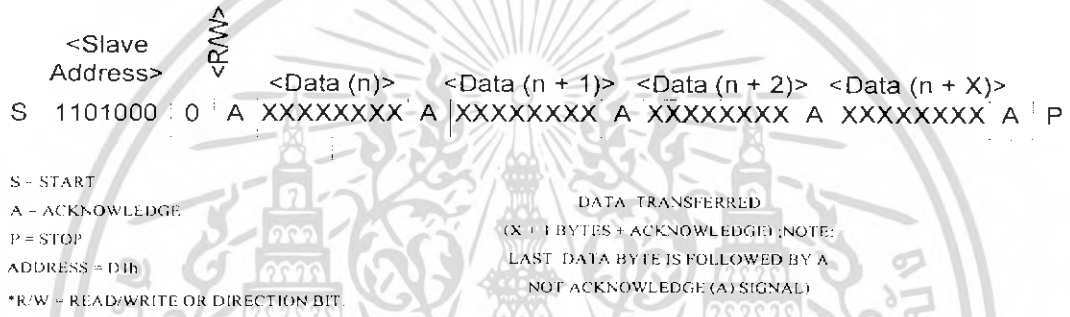


รูปที่ 2.14 แสดงรูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการอ่านข้อมูล

มีรูปแบบแสดงในรูปที่ 2.15 เริ่มต้นการทำงานเหมือนกับโหมดการเขียนข้อมูลคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์กำหนดสภาวะเริ่มต้นแล้วส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสตามด้วยข้อมูลเลือกการอ่านซึ่งเท่ากับ 1 จากนั้นรอการตอบรับจาก DS1307 เมื่อตอบรับเรียบร้อย DS1307 จะทยอยส่งข้อมูลออกมาให้ไมโครคอนโทรเลอร์คราวละ 1 แอดเดรส หรือ 1 ไบต์ โดยแอดเดรสที่เลือกอ่านข้อมูลจะต้องมีการกำหนดมาก่อนล่วงหน้าด้วยโหมดการเขียนข้อมูล วิธีการง่าย ๆ คือ เข้าสู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อนเมื่อถึงจังหวะที่ต้องเขียนข้อมูล ให้ทำการสร้างสภาวะเริ่มต้นและส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสใหม่อีกครั้ง ตามด้วยเลือกโหมดการอ่านข้อมูล ข้อมูลที่ออกมาจาก DS1307 ก็จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้



รูปที่ 2.15 แสดงรูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล

2.6 หรีดรีเลย์ (Reed Relay)

หรีดรีเลย์ (Reed Relay) เป็นรีเลย์ประเภทหนึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เป็นโลหะที่มีความไวต่อสนามแม่เหล็ก เรียกว่า หรีด (Reed) โดยปกติหรีดจะมี 2 อัน หรีดทั้งสองจะอยู่ในหลอดแก้วซึ่งมีก๊าซเฉื่อยบรรจุอยู่ . หลอดแก้วที่บรรจุหรีด จะถูกนำไปใส่ไว้ในขดลวดอีกทีหนึ่ง เมื่อจ่ายกระแสผ่านขอลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก มีผลทำให้หรีดในหลอดแก้วต่อกัน หรือ แยกออกจากกันได้.

รีเลย์มี 3 ชนิด ด้วยกัน คือ

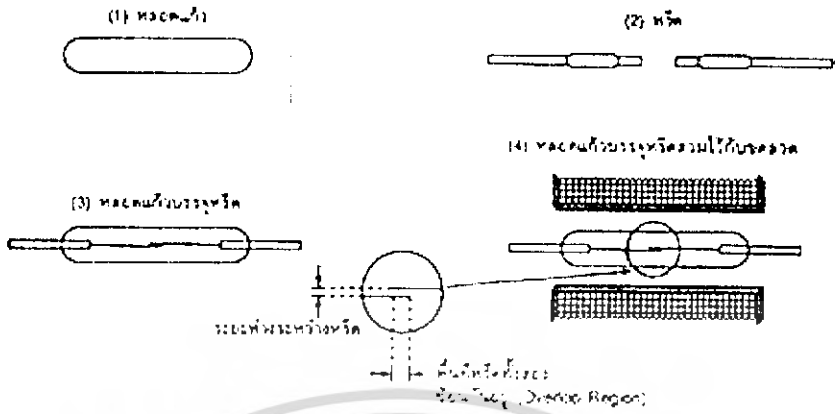
Dry Reed Relay

Ferreed Relay

Mercury - wetted contact relay

นอกจากหรีดรีเลย์ทั้ง 3 แบบที่กล่าวถึงแล้ว ยังมีรีเลย์อีกประเภทหนึ่ง คือ Resonant Reed Relay รีเลย์แบบนี้ แม้จะมีคำว่าหรีด (reed) อยู่ด้วยก็ตาม. จะไม่จัดให้อยู่รวมกับรีเลย์ทั้ง 3 แบบ รีเลย์ประเภทนี้เป็นรีเลย์ที่ ไวต่อความถี่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



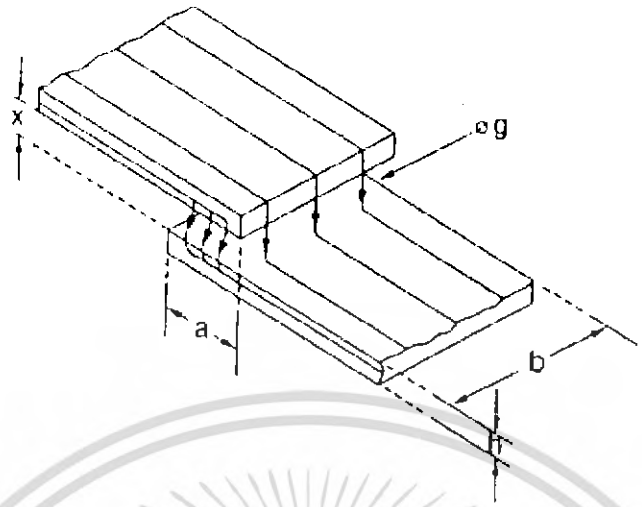
รูปที่ 2.16 แสดงส่วนประกอบของหรีดรีเลย์

จากรูป จะเห็นว่า หรีดรีเลย์ ประกอบด้วยหลอดแก้ว ลิ้นโลหะ หรือ หรีด และ ขดลวด เมื่อเอาหลอดแก้วบรรจุหรีด ไปสวมเข้ากับขดลวดก็จะกลายเป็นหรีดรีเลย์ขึ้นมา ปลายของหรีดทั้งสองที่อยู่นอกหลอดแก้ว เป็นส่วนที่ต่อออกไปใช้งาน.

หลอดแก้ว ใช้บรรจุหรีด ปลายทั้งสองข้างของหลอดแก้วเป็นตัวยึดหรีดไว้ อย่างมั่นคง ภายในหลอดแก้ว จะใส่ก๊าซเฉื่อยไว้ ใน 100 ส่วนของก๊าซเฉื่อยประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน ประมาณ 97 ส่วนที่เหลืออีก 3 ส่วน เป็นก๊าซไฮโดรเจน. ผู้ผลิตรีเลย์หลายแห่ง อาจจะบรรจุส่วนผสมของก๊าซเฉื่อยไว้ด้วยก๊าซฮีเลี่ยมเป็นส่วนใหญ่. ก๊าซที่ใส่ไว้ในหลอดแก้วมีจุดมุ่งหมาย เพื่อควบคุมแรงดันเบรคดาวน์ (breadown potential) พร้อมกันนั้นอาร์กที่เกิดขึ้นจะถูกขจัดไป.

หรีด (reed) หรีดทำด้วยสารแม่เหล็กอย่างอ่อน โดยจะใช้โลหะผสมระหว่างเหล็กกับนิเกิล ปกติในหลอดแก้ว 1 หลอด จะมีหรีด อยู่ 2 อัน (แต่ไม่เสมอไป) เมื่อมีสนามแม่เหล็กที่เกิดจากการจ่ายกระแสผ่านขดลวดที่อยู่รอบหลอดแก้ว มากระทำต่อหรีด หรีดทั้งสองก็จะกลายเป็นแม่เหล็ก ด้วยเหตุว่า หรีด มี 2 อัน ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะต่างกัน หรีด จะดึงดูดเข้าหากัน หรีด ทำหน้าที่หลายๆ อย่างภายในตัวเอง คือ เป็น หน้าสัมผัส (contact) เป็นสปริง และ เป็น อาร์เมเจอร์แม่เหล็ก (magnetic armature) ตอนหลายของหรีดทั้งสองที่อยู่ภายในหลอดแก้ว และ ทำหน้าที่เป็นหน้าสัมผัสนั้นจะชุบไว้ด้วยโลหะประเภททอง เงิน หรือ โรเดียม . โลหะแต่ละชนิดที่ใช้ทำเป็นหน้าสัมผัสจะเหมาะสมกับโหลดขนาดต่างๆ กัน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ส่วนขยายของหรีด

จากรูปที่ 2.17 ซึ่งเป็นส่วนของหรีด

a = ส่วนที่หรีดทั้งสองซ้อนกัน

b = ความกว้างของหรีด

h = ความหนาของหรีด

x = ระยะห่างระหว่างหรีด

Qg = เส้นแรงแม่เหล็กที่พื้น

แรงดึงดูดที่ทำให้หรีดที่ขนานกันดึงดูดเข้าหากันได้นั้น เป็นไปตามกฎแมกซ์เวล คือ

$$F = \frac{(\phi g)^2}{8\pi ab}$$

เมื่อ F = แรงดึงดูด

π = ค่าคงที่

a , b และ เส้นผ่านศูนย์กลางg เป็นค่าที่กล่าวถึงแล้วในรูป

ขณะที่หรีดทั้งสองยังไม่ต่อกัน ถ้าเราจ่ายกระแสผ่านขดลวด. เมื่อถึงจุดที่มีเส้นแรงแม่เหล็กมากพอ พื้นที่ ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสของหรีดจะต่อกัน พอเราลดกระแสของขดลวดลง สนามแม่เหล็กก็จะลดลงด้วย ทำให้ แรงดึงดูดระหว่างหรีดลดลง เมื่อถึงจุดหนึ่งที่แรงดึงดูดไม่สามารถจะเอาชนะแรงสปริงของหรีดได้ หรีดก็จะแยกออกจากกันด้วยแรงสปริงภายในตัวเอง หน้าสัมผัสก็จะเปิด.

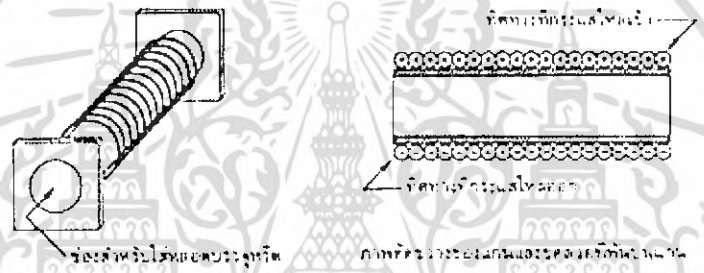
การนำหรีดใส่ไว้ในหลอดแก้ว และ ยังมีก๊าซเฉื่อยบรรจุอยู่อีกทำให้หรีด กับอากาศภายนอก ถูกแยกจากกันโดยสิ้นเชิง. ดังนั้นสิ่งสกปรกต่างๆ จากภายนอกจึงไม่มี ผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานของหรีดรีเลยเลย ซึ่งถ้าเป็นหรีดรีเลย์แบบอาร์เมเจอร์ แม้ว่าเวลาใช้งานจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝาพลาสติกครอบอยู่ สิ่งสกปรกจำพวกฝุ่นละอองจากภายนอก ก็ยังมีโอกาสเข้าไปเกาะตามหน้าสัมผัสต่างๆ อันจะเกิดผลเสียต่อการใช้งานได้.

ระยะห่างระหว่างหรีด ทั้งสองซึ่งอยู่ในรูปที่ 2 กำหนดให้ เท่ากับ X นั้น จะเป็นฉนวนระหว่างหรีดทั้งสอง ได้อย่างดีในกรณีที่หรีดยังไม่ต่อกัน. ฉนวนนี้มีค่าถึงประมาณ 5 x 10^5 เมกะโอห์ม ซึ่งนับว่ามีค่าสูงมาก. ขนาดของหลอดแก้วที่บรรจุหรีดมีขนาดเล็กมากเมื่อใช้ร่วมกับขดลวดแก้ว ก็จะมีขนาดโตขึ้นอีกไม่มากนัก. ดังนั้น หรีด รีเลย์ จึงมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับรีเลย์ แบบอื่น. อุปกรณ์ที่ออกแบบโดยใช้หรีดรีเลย์จำนวนมากๆ จึงมีขนาดเล็กลง.

สำหรับขดลวดที่ใช้ร่วมกับหรีดนั้น ก็เป็นขดลวดอาบน้ำยาธรรมดานี่เอง พันไว้บนแกนที่ทำด้วยวัสดุประเภทพลาสติก เพื่อไม่ให้เกิดปฏิกิริยาต่อสนามแม่เหล็ก ที่แกนของขดลวดจะมีช่องไว้สำหรับใส่หลอดแก้วที่บรรจุหรีด ดังในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของแกนขดลวด

แบบของหน้าสัมผัส

ในสเปกของรีเลย์ บริษัทผู้ผลิตจะบอกสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ใช้เอาไว้ เช่น ค่าแรงดันใช้งาน ค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องการ ค่ากระแส และ ค่าความต้านทาน เป็นต้น. นอกจากนี้ สิ่งที่จะลืมเสียไม่ได้ ก็คือ แบบของหน้าสัมผัส หรือ คอนแทค . ผู้ผลิตรีเลย์เขาจะบอกมาว่า หน้าสัมผัสของรีเลย์ตัวนี้เป็นแบบใด และ มีจำนวนกี่ชุด. ถ้าเขาบอกมาโดยการเขียนเป็นตัวเต็มมาก็คงไม่มีปัญหาแต่ถ้าหากเขาบอก มาเป็นตัวย่อ เราจะมีวิธีสังเกตอย่างไร.

การที่จะทราบว่า หน้าสัมผัสของรีเลย์เป็นแบบใดนั้น ทางสมาคมผู้ผลิตรีเลย์ หรือ National Association of relay Manufacturers (NARM) ได้นำแบบของหน้าสัมผัสมารวมไว้เป็นตาราง พร้อมทั้งให้ชื่อไว้ด้วยว่า ชื่อของตัวอักษรตัวใดจะตรงกับหน้าสัมผัสแบบใด. ในที่นี้จะไม่นำตารางนั้นมาลงละครับ. สมมติว่าผู้ผลิตเขียนมาในสเปกว่ารีเลย์ตัวนั้นเป็นแบบ A (Form A) ก็หมายถึงหน้าสัมผัสของรีเลย์ตัวนั้น ในสภาพปกติจะเปิดอยู่ (Normally open) และ หน้าสัมผัสเป็นแบบ SPST ถ้าจะเขียนเป็นสัญลักษณ์ ก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเวลาทำงานหน้าสัมผัสถึงจะต่อกันหน้าสัมผัสในแบบ A นี้ เราจะเรียกว่า " Make " ก็ได้ ถ้าเป็นหน้าสัมผัสแบบ B (Form B) หมายถึง หน้าสัมผัสของรีเลย์ในสภาพปกติจะปิด (Normally closed) และเป็นแบบ SPST เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ คือ

หน้าสัมผัสแบบนี้ เวลาทำงานหน้าสัมผัสจะแยกออกจากกัน หน้าสัมผัสแบบ B นี้ เรียกว่า " bread " ก็ได้

หน้าสัมผัสแบบ C (Form C) แบบนี้เรียกว่า " break , make หรือ transfer เป็นหน้าสัมผัสแบบ SPDT เขียนสัญลักษณ์ได้ ดังนี้

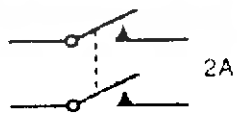
หน้าสัมผัสในแบบ C จะมีอยู่ด้วยกัน 3 อัน. ในขณะที่ รีเลย์ยังไม่ทำงาน หน้าสัมผัส 1 และ 2 จะต่อกันอยู่ เมื่อรีเลย์ทำงานหน้าสัมผัส 1 และ หน้าสัมผัส 2 จะแยกกัน. เมื่อแยกกันแล้ว หน้าสัมผัส 1 จะมาต่อกับหน้าสัมผัส 3 แทน. พอรีเลย์หยุดทำงานหน้าสัมผัส 1 กับ 2 ก็จะต่อกันตามเดิม.

สำหรับจำนวนชุดของหน้าสัมผัสนั้นจะบอกเป็นตัวเลข และ เขียนไว้หน้าตัวอักษรที่แสดงแบบของหน้าสัมผัส เช่น 1A , 1B , 2B , 2A.

1A หมายถึง หน้าสัมผัสเป็นแบบ A และ มีจำนวนหน้าสัมผัส 1 ชุด

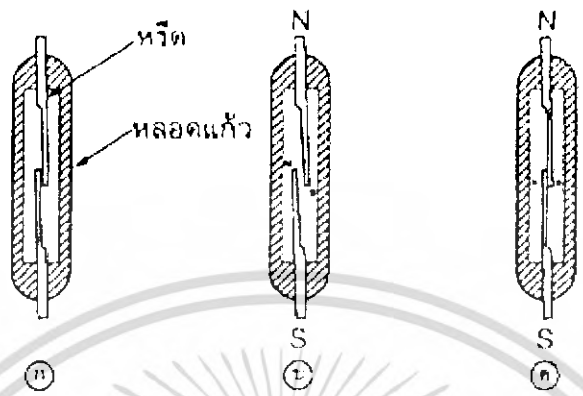
1B หมายถึง หน้าสัมผัสเป็นแบบ B และ มีจำนวนหน้าสัมผัส 1 ชุด

2A หมายถึง หน้าสัมผัสเป็นแบบ A มีจำนวนหน้าสัมผัส 2 ชุด เมื่อรีเลย์ทำงานหน้าสัมผัสทั้งสอง ก็จะทำงานพร้อมกัน.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของหรีดรีเลย์

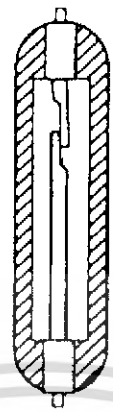


รูปที่ 2.19 แสดงการทำงานของหรีดรีเลย์หน้าสัมผัสแบบ A

จากรูป เป็นหรีดรีเลย์แบบ A คือ ขณะยังไม่ทำงานหน้าสัมผัสยังไม่ต่อกัน ในรูป 2.20 ก. เป็นรีเลย์ในสภาพปกติ ยังไม่มีกระแสผ่านขอลวดซึ่งอยู่รอบๆ หลอดแก้ว (ในที่นี้ไม่แสดงขอลวดให้เห็น) หรีดทั้งสอง ที่อยู่ในหลอดแก้ว มีความยาวเท่ากัน และ จะเคลื่อนตัวได้เมื่อเกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้น. พอจ่ายกระแสผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และ มี ขั้วต่างกัน ดังในรูปที่ 2.19 ข. สนามแม่เหล็กเมื่อมีค่ามากพอหรีดทั้งสองก็จะต่อกัน. ดังรูปที่ 2.19 ค. เมื่อหยุดจ่ายกระแสให้ขดลวดสนามแม่เหล็ก ก็จะลดลงจนถึงจุดที่ไม่สามารถจะเอาชนะแรงสปริงของหรีดได้. หรีดก็จะแยกออกจากกันกลับสู่สภาพเดิม ดังในรูปที่ 2.19 ก. อีกครั้ง.

ในรูปที่ 2.20 เป็นหรีดรีเลย์ซึ่งมีหน้าสัมผัสเป็น แบบ B หรือ Break หน้าสัมผัสในสภาพปกติจะต่อกันอยู่จะสังเกตุ ได้ว่า หรีดรีเลย์ในรูปนี้มีความยาวของหรีดไม่เท่ากัน. หรีดที่อยู่ส่วนบนจะสั้นกว่า หรีด อันล่าง ขณะที่รีเลย์ทำงาน จะมีหรีดเพียงอันเดียวเท่านั้นที่เคลื่อนที่ คือ หรีด อันล่าง ส่วนหรีดอันบนนั้น จะถูกตรึงอยู่กับที่.

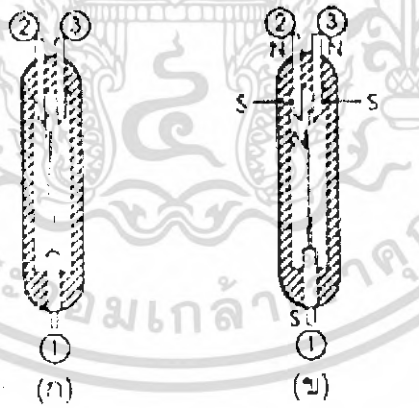
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 หรีดรีเลย์หน้าสัมผัสแบบ B

หรีดทั้งสองต่อกันได้ด้วยแรงขับดันทางกลไก ดังนั้น จึงอาจจะเรียกรีเลย์แบบนี้ว่า " machanically biased " หลักการทำงานของหรีดรีเลย์แบบนี้ก็เช่นเดียวกับหรีดรีเลย์หน้าสัมผัสแบบ A ต่างกันก็ตรงที่ว่า หรีด รีเลย์ แบบ B นี้ เมื่อจ่ายกระแสผ่านขดลวดจะทำให้หน้าสัมผัสอันล่างแยกออกจากหน้าสัมผัสอันบน. พอหยุดจ่ายกระแสหน้าสัมผัสก็จะกลับมาต่อกันอีก.

รูปที่ 2.21 เป็นหรีดรีเลย์แบบ C เป็นแบบ Bread make หรือ transfer. หรีดรีเลย์แบบ C มีหน้าสัมผัสอยู่ 3 อัน. สองอันบนมีความยาวเท่ากัน อันล่างยาวที่สุด และ จะเป็นตัวเคลื่อนที่ระหว่างหรีดสองอันข้างบนอยู่กับที่.



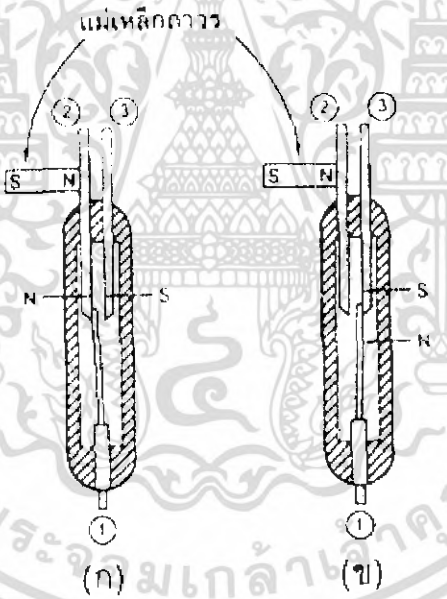
รูปที่ 2.21 หรีดรีเลย์หน้าสัมผัสแบบ C

รูปที่ 2.21 ก. รีเลย์ยังไม่ทำงาน หน้าสัมผัส 1 และ 2 จะต่อกันอยู่โดยการบังคับทางกลไก. เมื่อจ่ายกระแสผ่านขดลวด ทำให้หรีดทั้ง 3 อัน กลายเป็นแม่เหล็ก. หรีดอันบนทั้งสองจะมีขั้วเหมือนกัน ส่วนหรีดอันล่างจะมีขั้วต่างกับสองอันข้างบน (ดูรูป 2.21 ข.) เมื่อสนามแม่เหล็กมีค่ามากพอ หรีด 1 จะไปต่อกับหรีด 3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะสงสัยว่า หรีด 2 กับหรีด 3 นั้น. ต่างก็มีความยาวเท่ากัน มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกัน มิหนำซ้ำ หรีด 2 กับหรีด 1 ก็ต่อกันอยู่แล้วขณะที่เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้น หรีด 1 กับหรีด 2 น่าจะต่อกันได้แน่นยิ่งขึ้นแต่เหตุไฉนหรีด 1 จึงเลื่อนไปต่อกับหรีด 3 ได้. การที่หรีด 1 ไปต่อกับหรีด 3 ได้เนื่องจากโครงสร้างของหรีด 2 และ หรีด 3 ไม่เหมือนกัน กล่าวคือ หรีด 2 นั้น เฉพาะที่ผิวของหรีดจะติดไว้ด้วยสารที่ไม่เป็นแม่เหล็ก ดังนั้น หรีด 3 จึงมีผลตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กได้ดีกว่าหรีด 2 แม้ว่า หรีด 2 กับหรีด 1 จะมีแรงบังคับให้ต่อกันอยู่ก็ตาม พอหยุดจ่ายกระแสผ่านขอลวดหรีด 1 ก็จะกลับไปต่อหรีด 2 ตามเดิม.

รูปที่ 2.22 เป็นหรีดรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสเป็นแบบ C เช่นเดียวกับในรูปที่ 2.22 แต่หรีด 1 กับหรีด 2 ถูกบังคับให้ต่อกัน โดยอาศัยอำนาจของแม่เหล็กถาวรซึ่งติดอยู่ตอนกลางของหรีด 2 . หรีดรีเลย์แบบนี้เป็นแบบ " magnetically biased " คือ อาศัยอำนาจแม่เหล็กถาวรบังคับให้หรีดต่อกันขณะที่รีเลย์ยังไม่ทำงาน หรีดจะอยู่ในสภาพดังรูปที่ 2.22 ก. สนามแม่เหล็กอันเกิดจากการจ่ายกระแสผ่านขอลวดจะทำให้หรีด 1 ไปต่อกับหรีด 3 ดังในรูปที่ 2.22 ข.



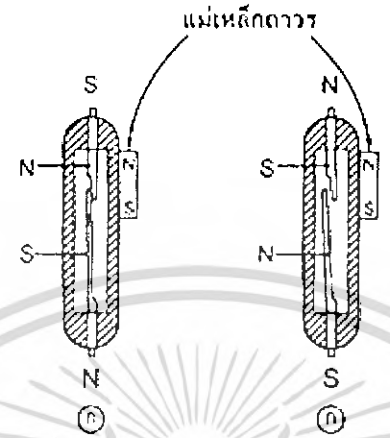
รูปที่ 2.22 หรีดรีเลย์หน้าสัมผัสแบบบ C ใช้แม่เหล็กถาวร

การทำงานให้หรีดต่อกันโดยใช้แม่เหล็กถาวรช่วย หรือ ที่เรียกว่า magnetically bias นอกจากจะใช้กับหรีดรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสแบบ C แล้ว ยังใช้ได้กับหน้าสัมผัสแบบ B ด้วย ดังในรูปที่ 8.

แม่เหล็กถาวรซึ่งวางแนบอยู่ทางด้านข้างของหลอดแก้ว ต่อกันดังรูปที่ 2.23 ก. เมื่อมีสนามแม่เหล็กของหรีดเปลี่ยนไป ในทิศทางตรงกันข้าม. สนามแม่เหล็กจากขดลวดจะทำให้หรีดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกันอยู่แยกออกดังรูปที่ 2.24 ข. พอหยุดจ่ายกระแสให้ขดลวดแม่เหล็กถาวร ก็จะมีอำนาจดึงดูดทำให้หรีดต่อกันอีก.



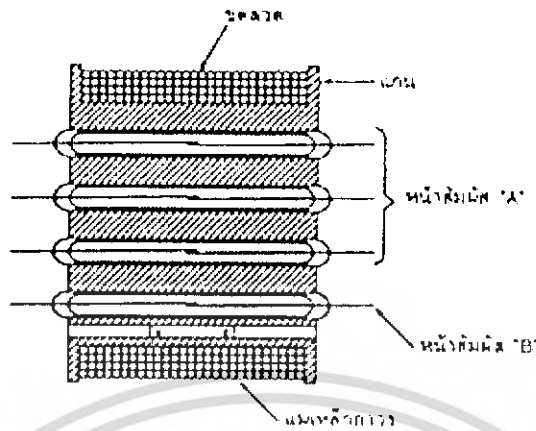
รูปที่ 2.24 หรีดรีเลย์หน้าสัมผัสแบบ B ใช้แม่เหล็กถาวร

หรีดรีเลย์แบบอื่น ๆ

หรีดรีเลย์นั้น ประกอบด้วยหลอดแก้วบรรจุหรีด และขดลวด หลอดจะสวมอยู่ในขดลวดอีกที่หนึ่ง ขดลวด 1 ชุด ไม่จำเป็นต้องมีหลอดแก้วบรรจุหรีดเพียงหลอดเดียว. อาจจะมีจำนวนหลายๆ หลอดก็ได้.

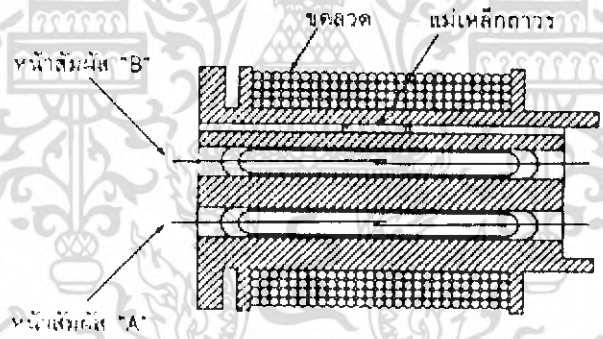
จากรูปที่ 2.25 จะเห็นว่าภายในขดลวด 1 ชุด ประกอบด้วยหลอดแก้วบรรจุหรีดถึง 4 หลอดด้วยกัน. หรีดรีเลย์ในรูปนี้มีหน้าสัมผัสอยู่ 2 แบบ คือ แบบ A และ แบบ B . หรีด 3 ชุดบนเป็นหน้าสัมผัสแบบ A อันล่างสุดเป็นหน้าสัมผัสแบบ B . หรีดรีเลย์ตัวนี้จึงเขียนสัญลักษณ์เป็น 3A - 1B . หน้าสัมผัสแบบ B ที่อยู่ล่างสุดนั้นต่อกันได้โดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กถาวรที่วางไว้ใต้หลอดแก้ว แม่เหล็กถาวรดังกล่าว ผู้ออกแบบจะพยายามไม่ ให้มีผลกระทบต่อการทำงานของหรีดอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง. หรีดที่อยู่ล่างสุดจึงได้รับอิทธิพลจากสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรเพียงอันเดียว.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 หรีดรีเลย์ หน้าสัมผัสแบบ 3A-1B

รูปที่ 2.26 เป็นหรีดรีเลย์อีกแบบหนึ่ง ประกอบด้วยหรีด 2 ชุด มีหน้าสัมผัสแบบ A และแบบ B ต่อกันได้ด้วยแม่เหล็กถาวร ที่วางไว้ส่วนบน หน้าสัมผัสแบบ A อยู่ข้างล่าง เมื่อรีเลย์ทำงาน หน้าสัมผัสแบบ B จะ " เปิด " และ หน้าสัมผัสแบบ A จะ " ปิด " ทั้งแบบ A และ แบบ B ต่างก็มีหน้าสัมผัส 1 ชุด จึงเขียนสัญลักษณ์เป็น 1A - 1B.



รูปที่ 2.26 หรีดรีเลย์ หน้าสัมผัสแบบ 1A-1B

ภายในขดลวด 1 ชุด จะสามารถใส่ " Pole " ไว้ได้หลายๆ อันดังได้กล่าวมาแล้ว (คำว่า " Pole " ในที่นี้ หมายถึง แต่ละคู่ของหน้าสัมผัสที่อยู่ในหลอดแก้วของตัวเอง) การที่ใส่ " Pole " หลายๆ อันไว้ในขดลวดเพียงชุดเดียว อาจจะเกิดปัญหาขึ้นได้ กล่าวคือ เนื่องจาก Pole มีหลายอันจึงเป็นการยาก ที่จะทำให้หรีดทุกอันภายในขดลวดนั้นทำงานพร้อมกันได้ เพราะสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดจะไม่เท่ากัน โดยตลอด. สนามแม่ เหล็กจะแรงที่สุดที่ขอบนอกสุดของขดลวด. ผลของสนามแม่เหล็กจะทำให้หรีดที่อยู่ริม ทำงานก่อนหรีดที่อยู่ตรงกลาง ผู้ผลิตรีเลย์พยายามหลีกเลี่ยงปัญหาข้อนี้ โดยจะเอาหรีดที่มีความไวกว่าใส่ไว้ตรงกลาง (สนามแม่เหล็กอ่อนที่สุด) และเอาหรีดที่มีความไวน้อยกว่าไว้ริม (สนามแม่เหล็กแรงที่สุด) ซึ่งก็พอจะแก้ไขปัญหาได้ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าหรีดรีเลย์จะถูกสร้างขึ้นมานานแต่การใช้งานของมันยังคงเป็นไปอย่างกว้างขวาง และได้รับการพัฒนาอยู่ เสมอ . วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วๆ ไป เป็นจำนวนไม่น้อยที่มีหรีดรีเลย์เข้าไปเกี่ยวข้อง วงจรบางวงจรในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่ต้องการความรวดเร็วในการทำงานก็ใช้หรีดรีเลย์ช่วย ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์ระบบครอสบาร์ (crossbar) หรือ โทรศัพท์ระบบอิเล็กทรอนิกส์ก็ตาม จะประกอบด้วยหรีดรีเลย์เป็นจำนวนมากนอกเหนือไปจากรีเลย์แบบธรรมดา และ อุปกรณ์ประเภทโซลิดสเตทอื่นๆ.

หรีด รีเลย์มีข้อได้เปรียบอยู่อย่างหนึ่ง คือ ความเล็ก . ด้วยเหตุนี้บริษัทผู้ผลิตนาฬิกาข้อมือประเภทที่แสดงเวลาเป็นตัวเลข หรือ รู้กันโดยทั่วไปว่า นาฬิกาคอมพิวเตอร์ . บางบริษัท จึงนำอาหรีดเข้าไปใส่ไว้ในตัวเรือนนาฬิกา เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยแสดงเวลา (display) การใช้งานของหรีดในนาฬิกาประเภทนี้ ไม่ใช้สนามแม่เหล็กจากขดลวดไปทำงานแต่จะใช้แม่เหล็กถาวรแท่งเล็กๆ ช่วย เช่น ถ้าจะให้หรีดต่อกันก็เลื่อนแท่งแม่เหล็กออกให้ห่าง จะเห็นว่าการทำงานของหรีดขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของแท่งแม่เหล็ก ดังนั้นหรีดประเภทนี้จึงเรียกว่า หรีดสวิตช์ (Reed Switch)

นอกจากนี้หรีดรีเลย์ ถูกนำไปใช้เป็นสเต็ปปิ้งสวิตช์ (Stepping Switch) หรือ แซมปลิ้งสวิตช์ (Sampling Switch) ของระบบคอนเวอร์เตอร์ ที่เปลี่ยนระบบจากอะนาล็อก ให้เป็นดิจิตอล (analog to digital converter system) อีกด้วย. การใช้งานของหรีดรีเลย์ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ยังมีอีกมากมายนัก เชื่อแน่ว่าในอนาคตหากยังไม่มีอุปกรณ์อันใดที่มีคุณสมบัติ และ ความสามารถเท่าเทียมกับหรีดรีเลย์ หรือ เหนือกว่าหรีดรีเลย์ แล้ว. หรีดรีเลย์จะยังคงเป็นอุปกรณ์ที่มีความหมายต่อการใช้งานไปอีกนานทีเดียว.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ส่วนประกอบของโครงงานและหลักการทำงาน

3.1 ส่วนประกอบของโครงงาน

ในการสร้างและออกแบบโครงงานนี้ได้เริ่มจากการแยกส่วนต่างๆที่ต้องใช้ในการสร้างโครงงานออกเป็นส่วนๆ ก่อนแล้วจึงนำส่วนต่างๆที่ได้ออกแบบไว้นี้มาประกอบรวมเป็นตัวโครงงาน โดยส่วนต่างๆที่ได้นำมาทดลองมีดังนี้

1. มาตรวัดน้ำ (Water Flow Measure)
2. ภาคจ่ายไฟ (Power Supply)
3. จอแสดงผลโมดูล LCD แบบตัวอักษรขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด
4. วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน (Comparator)
5. วงจรฐานเวลาจริง

3.2 หลักการทำงาน

เมื่อมีน้ำไหลเข้าผ่านท่อน้ำเข้าสู่มาตรวัดน้ำ จะทำให้ใบพัดของมาตรวัดน้ำหมุน แผ่นแม่เหล็กที่ติดอยู่กับใบพัดก็จะเคลื่อนที่ตัดผ่านหรีดสวิตช์ซึ่งต่อวงจรไฟเลี้ยง 5 โวลท์เอาไว้ทำให้หน้าสัมผัสของหรีดสวิตช์ สัมผัสกัน และทำให้เกิดสัญญาณ พัลส์ ที่มีขนาดแรงดัน ประมาณ 5 โวลท์ ค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์จะเท่ากับความเร็วในการหมุนตัดผ่านหรีดสวิตช์ ของแม่เหล็กหรือความเร็วในการหมุนของใบพัด เรานำสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปเข้าตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนับจำนวนรอบของการหมุนของใบพัดมาตรวัดน้ำ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการนับจำนวนพัลส์ และนำค่าที่นับได้มาคำนวณ ให้มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร แล้วนำค่าที่คำนวณได้แสดงผลที่หน้าจอ LCD

3.3 มาตรวัดน้ำ (WATER FLOW MEASURE)

มาตรวัดน้ำที่นำมาใช้ในการทดลองนี้จะเป็นมาตรวัดน้ำแบบใบพัดหมุนที่ใช้ตามบ้านทั่วๆไป ซึ่งมีค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ 50 ลิตรต่อนาที หรือ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เรานำมาตรวัดน้ำนี้มาใช้ในการทดลอง โดยให้ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (Sensing Element) ซึ่งสัญญาณที่ตรวจจับได้ก็คือค่าอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านท่อน้ำเข้าสู่มาตรวัดน้ำ

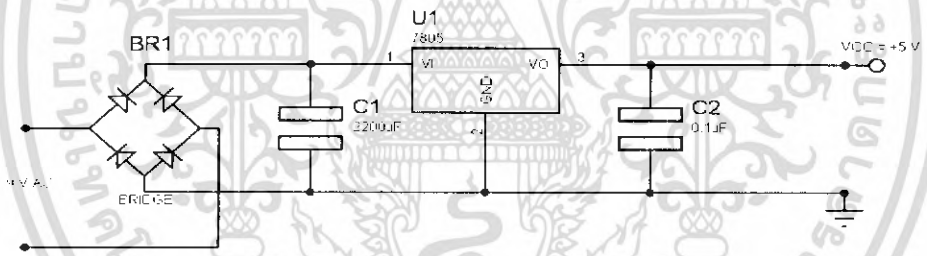
หลักการทำงานก็คือเมื่อมีน้ำไหลผ่านเข้าสู่ท่อน้ำเข้าสู่มาตรวัดน้ำจะทำให้ใบพัดของมาตรวัดน้ำหมุน เส้นแรงแม่เหล็กของแผ่นแม่เหล็กจะเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสของสวิตช์ให้สัมผัสกันเมื่อแผ่นแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้ามาใกล้หรีดสวิตช์ที่สุด ซึ่งได้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลท์ ทำให้เกิดเป็นสัญญาณพัลส์ขึ้นมา โดยค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพัดของมาตรวัดน้ำ หรือความเร็วในการไหลของน้ำที่ไหลผ่านมาตรวัดน้ำนั่นเองวิธีการทำเพื่อใช้ในการตรวจจับจะใช้การฝังแผ่นแม่เหล็กที่ใบพัดของมาตรวัดน้ำ โดยเจาะส่วนบนของใบพัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 6 × 6 มิลลิเมตรแล้วฝังแผ่นแม่เหล็กลงไปในช่องว่างที่ถูกตัดออกไปจากนั้นใช้กาวอีพอกซี่ทาปิดทับเตรงรอยต่อเพื่อกันไม่ให้แผ่นแม่เหล็กหลุดออกมาจากใบพัด ซึ่งจะต่อแม่เหล็ก 2 ฝั่งของใบพัด นอกจากนี้ก็จะต้องติดหรีดสวิตช์ (Reed Switch) ที่ด้านใต้ของส่วนที่เป็นตัวเฟืองขับและตัวแสดงผลของมาตรวัดน้ำ เพื่อใช้เป็นตัวส่งสัญญาณพัลส์ไปให้กับวงจรโดยทำการเจาะรูที่ด้านข้างของตัวแสดงผลเพื่อให้สายร้อยออกมาได้จากนั้นทาด้วยกาวซิลิโคน เพื่อกันน้ำรั่วออกมา ซึ่งสายที่ต่อออกมาข้างนอกนี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลท์ เพื่อเป็นสัญญาณอินพุท ป้อนให้กับวงจรต่อไป

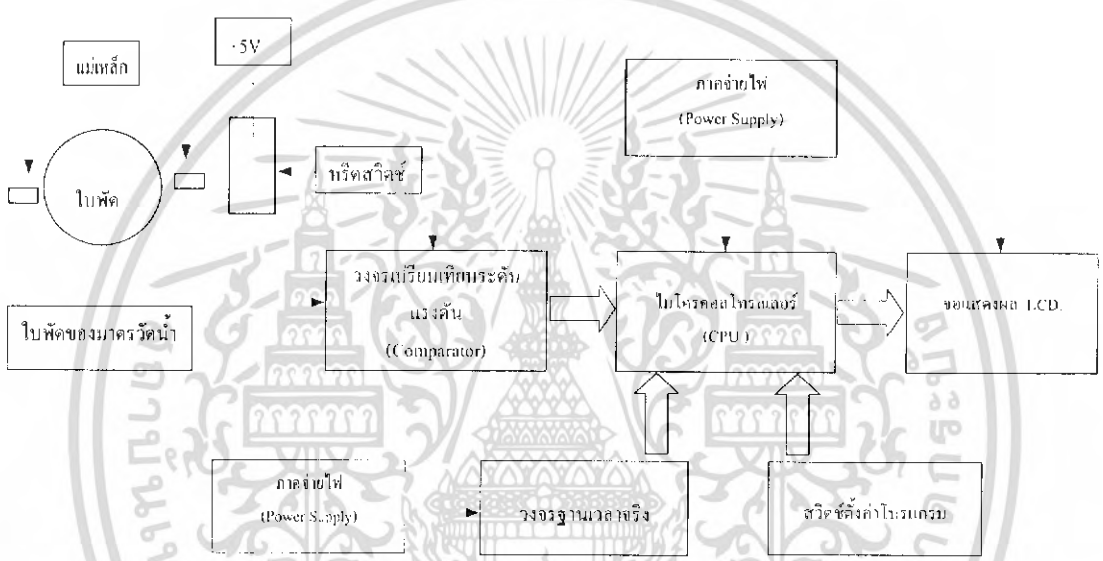
3.4 ภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

ส่วนของภาคจ่ายไฟที่ใช้เลี้ยงวงจรนั้นเป็นส่วนที่ต้องจ่ายไฟให้กับวงจร ของไอซีดิจิตอลต่างๆรวมทั้งชุดกำเนิดสัญญาณพัลส์ ซึ่งมีขนาด 5 โวลท์ ดีซี มีพิกัดกระแสประมาณ 1.5 แอมป์ โดยใช้ บริดจ์ไดโอด (Bridge Diode) เป็นตัวเรียงกระแส จากนั้นต่อป้อนให้วงจรรักษาระดับแรงดัน (Regurator) ซึ่งจะได้แหล่งจ่ายไฟดีซีขนาดประมาณ 5 โวลท์



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรของภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

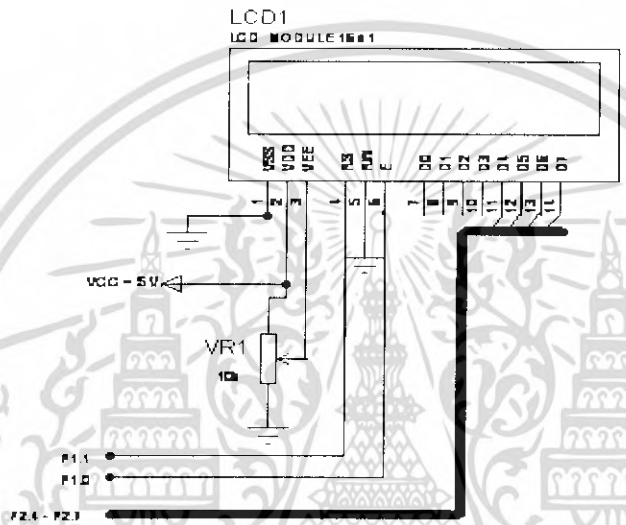


แสดงส่วนประกอบการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 จอแสดงผลโมดูล LCD แบบตัวอักษรขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด

จอแสดงผล LCD ถูกนำมาใช้ เพื่อแสดง ปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านมาตรวัดน้ำ และแสดงการตั้งค่าโปรแกรม เพื่อสั่งให้เครื่องทำงานตามคำสั่ง โดยหลักการใช้ LCD โมดูลได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 คือจะต้องมีการส่งรหัส ควบคุมให้กับ LCD ก่อนแล้วจึงส่งรหัส ASCII ให้ LCD แสดงผล ในการทดลองนี้จะต่อวงจรสื่อสารข้อมูลแบบ 4 บิต กับไมโครคอนโทรลเลอร์

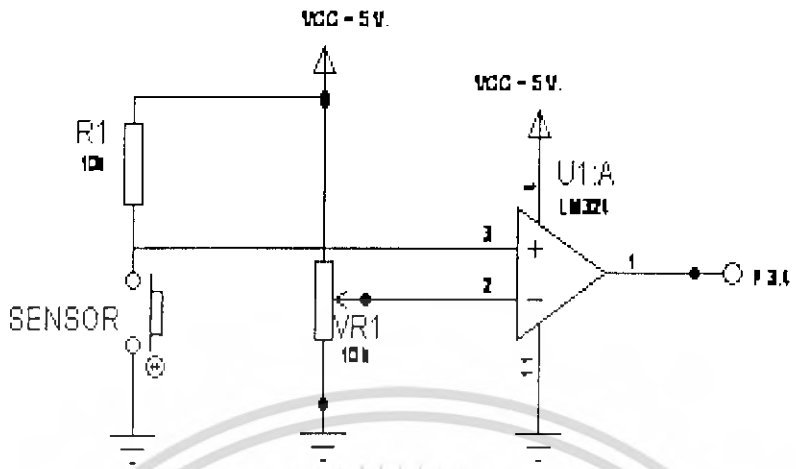


รูปที่3.3 แสดงวงจรทดลองจอแสดงผล LCD

3.6 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน (COMPARATOR)

วงจงเปรียบเทียบระดับแรงดันถูกนำมาต่อกับสัญญาณพัลส์ที่ออกมาจาก มาตรวัดน้ำ เนื่องจากสัญญาณพัลส์ที่ได้จากมาตรวัดน้ำนั้นจะมีสถานะที่ไม่แน่นอนจึงต้องมีระดับแรงดันอ้างอิงเพื่อให้สัญญาณที่ออกมามีค่าเป็น High หรือ Low ให้ไมโครคอลโทรลเลอร์ตรวจสอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

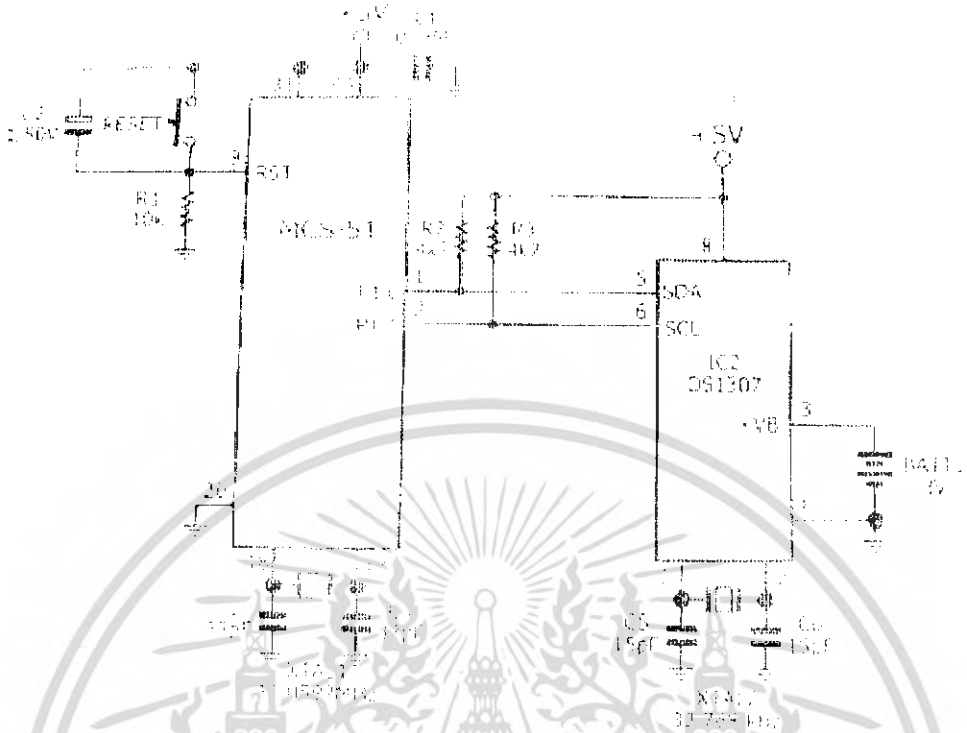


รูปที่ 3.4 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน

3.7 การเชื่อมต่อ DS1307 กับไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51

ตัวอย่างวงจรแสดงในรูปที่ เห็นได้ว่ามีลักษณะการต่อเหมือนกับอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C ตัวอื่นๆ ทุกประการ และสามารถที่จะต่อไอซีทั้งหมดร่วมกันบนสาย SDA และ SCL ได้ เป็นการย้ำให้เห็นถึงความสามารถพิเศษของระบบบัส I^2C ที่ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกันในหน้าที่ก็ทำงานบนสายสัญญาณเดียวกันได้ ถึงการทดลองนี้ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส I^2C ได้ถึง 3 ตัว 3 ลักษณะการทำงาน โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอลโทรเลอร์ MCS-51กับไอซีรีลไทม์คล็อก

จากวงจรในรูปที่ 3.5 ไอซี DS1307 จำเป็นจะต้องต่อแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อรักษาการทำงานของวงจรภายใน DS1307 ให้ยังคงทำงานต่อเนื่องไป เมื่อใดที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูล ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นจริงตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 การทดลองหาความเป็นเชิงเส้นของจำนวนพัลส์ต่อปริมาตรของน้ำ

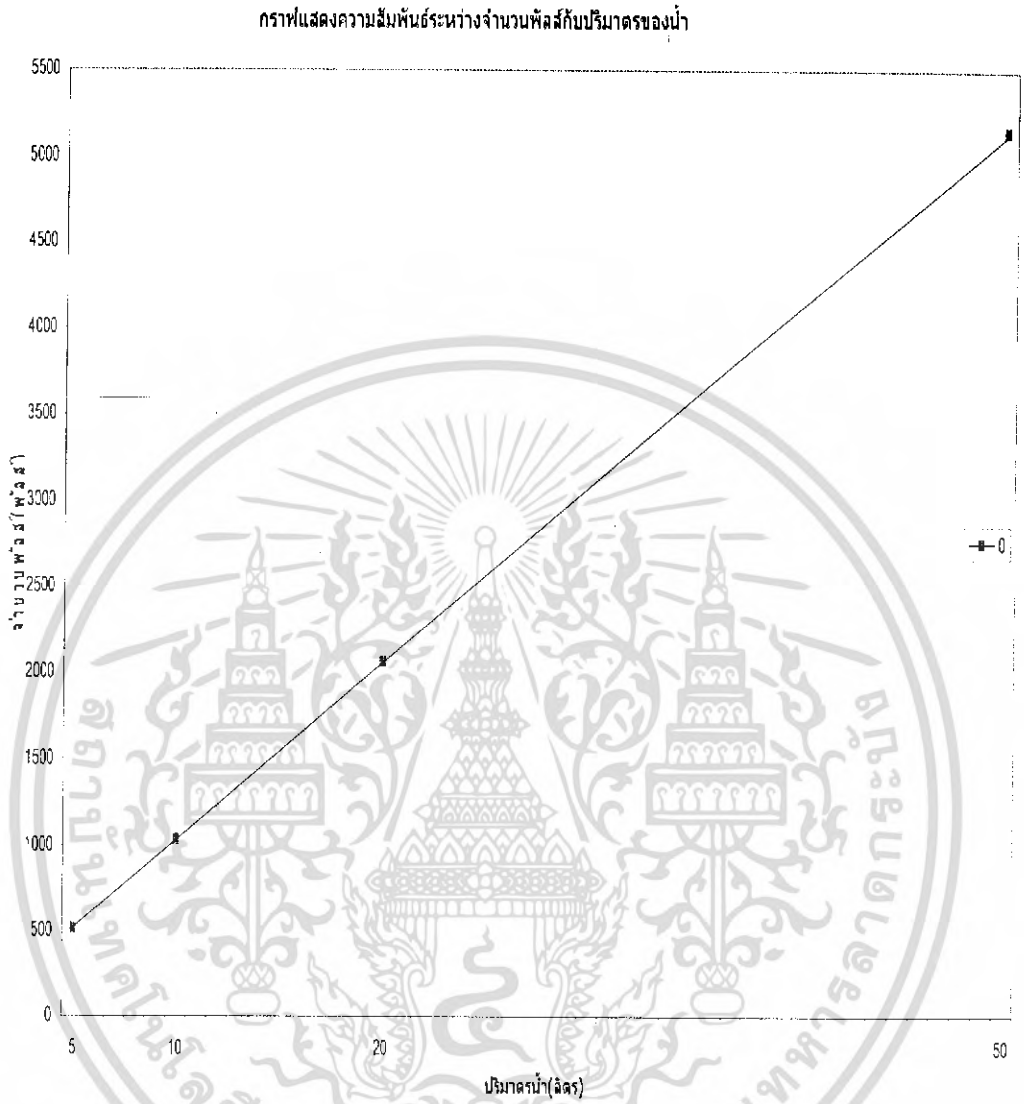
การทดลองนี้ได้ทำการวัดปริมาตรของน้ำที่ 4 ค่า คือ 5 ลิตร 10 ลิตร 20 ลิตร และ 50 ลิตร ตามลำดับ โดยจะทำการทดลองซ้ำกัน 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแต่ละค่า ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ปริมาตร / ครั้งที่	5 ลิตร	10 ลิตร	20 ลิตร	50 ลิตร
1	513	1030	2058	5152
2	514	1032	2061	5150
3	510	1035	2055	5153
4	511	1029	2062	5147
5	518	1032	2057	5140
6	516	1030	2062	5152
7	514	1033	2058	5150
8	518	1027	2067	5150
9	519	1032	2059	5150
10	513	1030	2064	5148
ค่าเฉลี่ย	514.6	1031.0	2060.4	5149.4

การทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

จากนั้นนำค่าจำนวนพัลส์ที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยแต่ละ ปริมาตร แล้วนำไปพล็อตกราฟ จะได้รูปกราฟดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



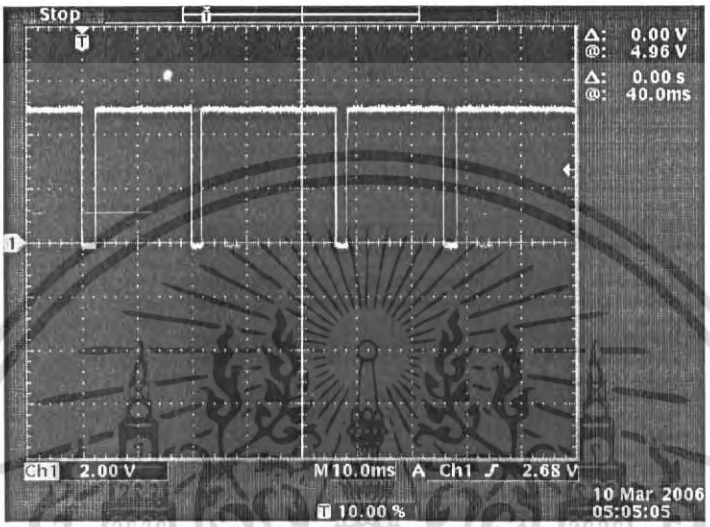
กราฟที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรน้ำกับจำนวนพัลส์

จากกราฟ สังเกตได้ว่าเป็นเชิงเส้นและสัมพันธ์กันจริง จึงสามารถนำไปอ้างอิงกับปริมาตรน้ำ1 ลูกบาศก์เมตรได้ ดังนั้นเมื่อทำการลากเส้นกราฟไปเรื่อยๆ จนถึง 1 ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,000 ลิตร นั้นจะมีจำนวนพัลส์ ประมาณ 103,000 พัลส์ จึงนำจำนวนพัลส์ที่ได้นี้ไปทำการอ้างอิงในโปรแกรม ที่จะเขียนลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

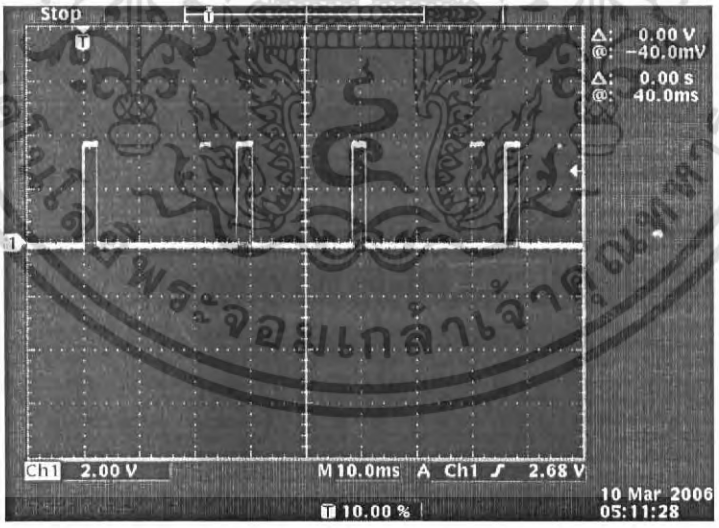
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การตรวจวัดสัญญาณ จากตัวตรวจจับสัญญาณ

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการตรวจจับสัญญาณที่เป็น 0 จาก วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน จึงได้ทำการวัดสัญญาณ ที่ออกมาจาก หรีดสวิตช์ และ ที่ออกมาจากวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน เพื่อตรวจสอบว่าจะมีสัญญาณรบกวนแทรกมา ด้วยหรือไม่



รูปที่ 4..1 แสดงสัญญาณก่อนเข้าวงจรคอมพาราเตอร์



รูปที่ 4..2 แสดงสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรคอมพาราเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆสามารถทำงานได้ปกติ จากผลการทดลองพบว่ามีความเป็นเชิงเส้น อย่างมาก และมีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นน้อยมาก จึงสามารถนำไปตรวจสอบการใช้น้ำประปาในชีวิตประจำวันได้

5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน

1. เนื่องจากวงจรนี้ใช้แหล่งจ่ายไฟเดียวกันทั้งหมด เมื่อวงจร RELAY ON แล้วจะกินกระแสต่อนข้างมาก ในขณะที่วงจร COMPARATOR ยังตรวจจับสัญญาณ อยู่นั้นจึงทำให้ RELAY off และ on ตลอดเวลาตามจังหวะสัญญาณพัลส์ที่เข้ามาจึงต้องทำการ Reset เพื่อตั้งค่าการใช้งานใหม่ และในบางครั้งก็ทำให้เกิดการรวนของโปรแกรม จึงต้องนำไปตั้งค่าเวลาให้กับ ไอซี ฐานเวลาจริงใหม่

2. ในส่วนของโปรแกรมที่ทำการควบคุมส่วนของเวลาจริง ทั้งในโหมด วันที่ และเวลานั้นจะต้องรอการนับพัลส์ก่อน จึงจะสามารถสั่งงาน RELAY ได้จึงต้องทำการปรับปรุงโปรแกรมในส่วนนี้ให้มีความสมบูรณ์ ต่อไป

5.3 วิจารณ์การทดลอง

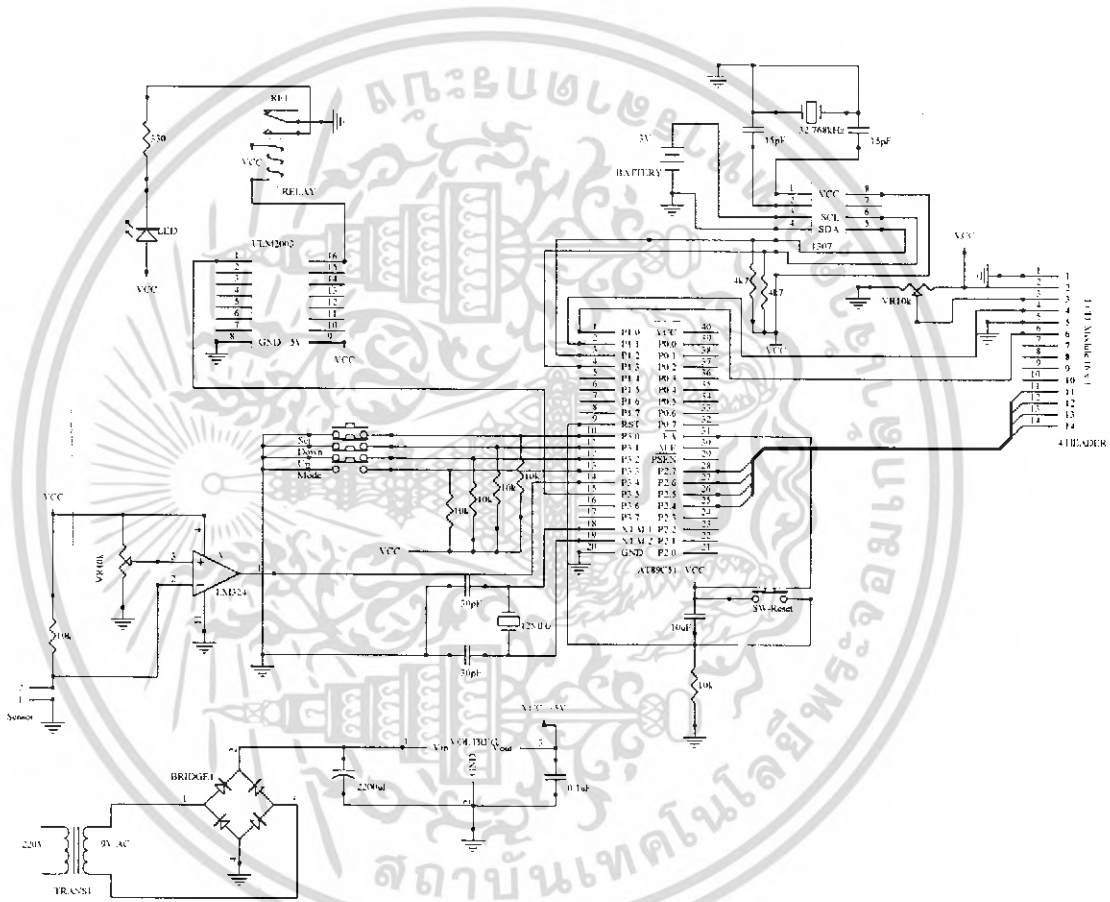
ในการทดลองในโครงงานนี้ ได้ทำการศึกษาในการลดความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องตรวจจับสัญญาณพัลส์ จึงได้เพิ่มแม่เหล็กติดที่ใบพัดฝั่งตรงข้ามของใบพัดเดิม จึงทำให้เกิดความสมดุลมากขึ้นค่าที่ทดลองได้จึงมีค่าใกล้เคียงกันมาก จึงได้ทำการศึกษาในเรื่องของการใช้น้ำในปริมาตรต่างๆ เพิ่มขึ้น และผลออกมาเป็นกราฟเชิงเส้นซึ่งสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ส่วนแนวทางในการพัฒนาโครงงานนี้ก็น่าจะเป็นเรื่องของโปรแกรม เพราะอาจเพิ่มฟังก์ชั่นการทำงานให้สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายออกมาแสดงผลเพิ่มเติมได้ หรืออาจจะพัฒนาไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

- **วงจรและการใช้งาน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title

A TAP WATER USAGE MONITOR

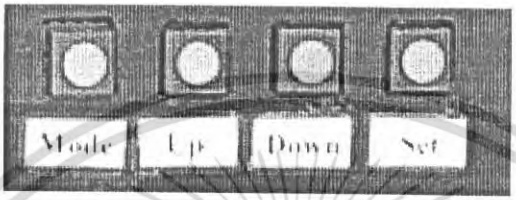
Size	Number	Revision
B		
Date:	21-Mar-2006	Sheet of
File:	E:\21Mar49 New Folder\work.Ddb	Drawn By:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเครื่อง

1. หน้าที่ของปุ่มต่างๆ

- Mode เป็นปุ่มเลือกการทำงานของเครื่อง
- Up เป็นปุ่มเลื่อนค่าขึ้น 1 ค่า
- Down เป็นปุ่มเลื่อนค่าลง 1 ค่า
- Set เป็นปุ่มยืนยันค่าที่ตั้งไว้
- Reset เป็นปุ่มให้เครื่องเริ่มทำงานใหม่ (อยู่ด้านหลังเครื่อง)

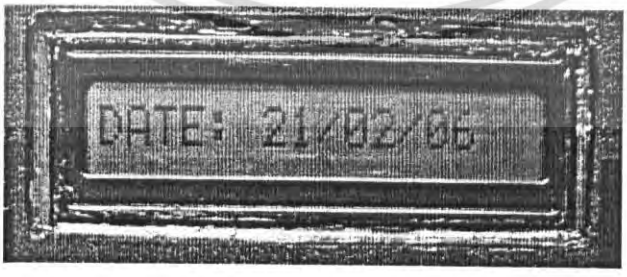


รูปที่ 1 แสดงปุ่มต่างๆ

2. การเลือก Mode

เมื่อเปิดเครื่องหน้าจอ LCD จะแสดงเวลาปัจจุบัน เช่น Time = XX:XX:XX (ชั่งโมง : นาที : วินาที ตามลำดับ) ถ้าต้องการจะดูวันเดือนปีให้กดปุ่ม " Down " ค้างไว้ จะปรากฏ Date : XX / XX / XX (วัน เดือน / ปี / ตามลำดับ) แต่ห้ามกดปุ่ม " Set " เด็ดขาด เพราะจะเป็นการตั้งค่าของวันและเวลาให้กับ IC Real Time ซึ่งจะกลับไปยังวันและเวลาที่ได้ทำการตั้งไว้ในครั้งแรก

รูปที่ 2 แสดงเวลา " ชั่วโมง : นาที : วินาที "

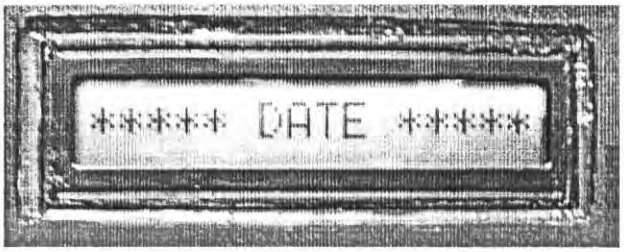


รูปที่ 3 แสดงวัน " วันที่ / เดือน / ปี "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

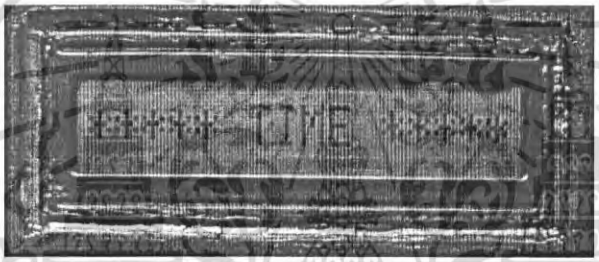
Mode การทำงานมี 4 Mode โดยให้กดปุ่ม Mode เพื่อเลือก Mode คือ

- Date เมื่อกดปุ่ม Date หน้าจอ LCD จะปรากฏ " * * * * * DATE * * * * * "



รูปที่ 4 แสดงการกดปุ่มเลือกโหมด วันที่

- Time เมื่อกดปุ่ม Time หน้าจอ LCD จะปรากฏ " ***** TIME ***** "

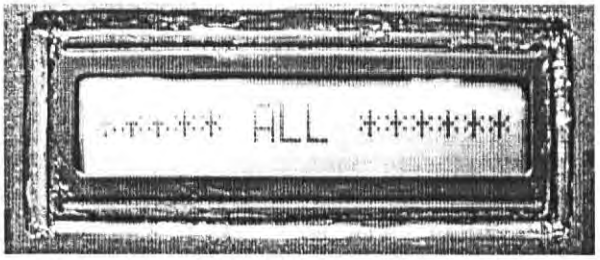


รูปที่ 5 แสดงการกดปุ่มเลือกโหมดเวลา

- Volume เมื่อกดปุ่ม Volume หน้าจอ LCD จะปรากฏ " **** VOULUME **** "

รูปที่ 6 แสดงการกดปุ่มเลือกโหมดปริมาตร

- All เมื่อกดปุ่ม All หน้าจอ LCD จะปรากฏ " ***** All ***** "



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 แสดงการกดปุ่มเลือกโหมด All

เมื่อเลือกโหดการทำงานได้แล้วให้กดปุ่ม Set เพื่อยืนยันการเลือก Mode

3. การตั้งค่าในแต่ละ Mode

3.1 Date เมื่อเลือก Mode Date

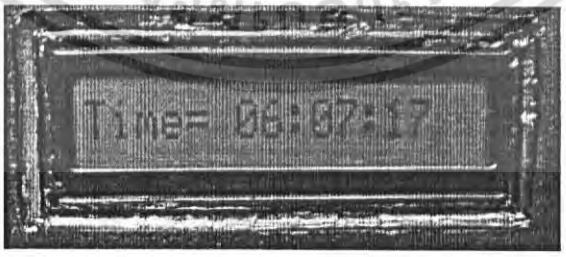
หน้าจอ LCD ก็จะปรากฏวันเดือนปี ปัจจุบันของเครื่อง " Date : XX / XX / XX " (วัน / เดือน / ปี ตามลำดับ) ให้กดปุ่ม UP หรือ Down เพื่อทำการตั้งค่า วัน เมื่อได้ค่าที่ต้องการให้กดปุ่ม SET เพื่อยืนยันค่า

รูปที่ 8 แสดงวันที่เมื่อเลือก Mode Date

จากนั้นให้ตั้งค่าเดือน / และปี ด้วยวิธีเดียวกับการตั้งวัน เมื่อตั้งค่าทั้ง 3 เรียบร้อยแล้ว หน้าจอ LCD จะปรากฏ " Volume = 00.00 LM " แต่หน้าจอนี้จะปรากฏเมื่อมีการหมุนของใบพัดแล้วเท่านั้น และ หน่วยที่แสดงให้เห็นคือ หลักสิบ หลักหน่วย และทศนิยม 2 ตำแหน่ง มีหน่วยเป็นลูกบาศ์กเมตร เมื่อปริมาตรน้ำไหลผ่านไปตามที่กำหนดไว้แล้วนั้น LED จะติดซึ่งแสดงถึงสถานะ Relay On เมื่อต้องการให้เครื่องทำงานใหม่ให้ กดปุ่ม Reset หลังเครื่อง

3.2 Time เมื่อเลือก Mode Time

หน้าจอ LCD จะแสดงเวลาปัจจุบัน " Time = XX : XX (ชั่วโมง : นาที ตามลำดับ) กดปุ่ม Upหรือ Down เพื่อตั้งค่าชั่วโมงจากนั้นยืนยันค่าโดยการกดปุ่ม Set และตั้งค่านาที เช่นเดียวกัน จากนั้นหน้าจอ LCD จะปรากฏ " Volume = 00.00 LM " เช่นเดียวกับ Mode Date เมื่อถึงเวลาตามที่กำหนดไว้ LED จะติด เมื่อต้องการให้เครื่องทำงานใหม่ให้กดปุ่ม Reset หลังเครื่อง

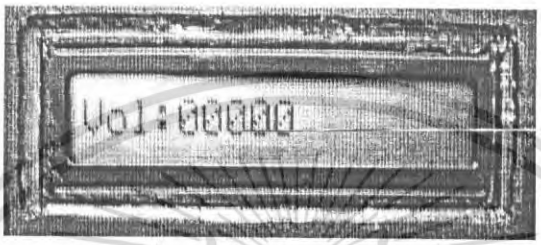


รูปที่ 9 แสดงเวลาเมื่อเลือก Mode Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Volume เมื่อเลือก Mode Volume

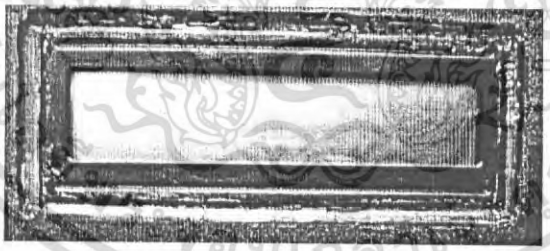
หน้าจอ LCD จะแสดงปริมาตรเริ่มต้น คือ (Volume : 0 0 0 0 0) กดปุ่ม Upหรือ Down เพื่อตั้งค่าปริมาตรจากนั้นยืนยันค่าโดยการกดปุ่ม Set จากนั้นหน้าจอ LCD จะปรากฏ " Volume = 00.00 LM " เช่นเดียวกับ Mode Time เมื่อถึงปริมาตรที่กำหนดไว้ LED จะติด เมื่อต้องการให้เครื่องทำงานใหม่ให้กดปุ่ม Reset หลังเครื่อง



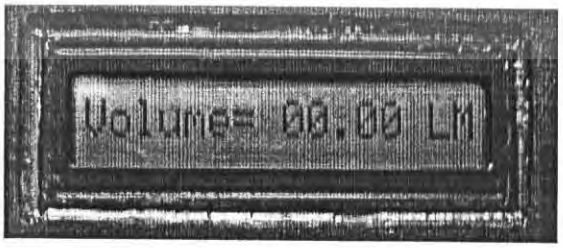
รูปที่ 10 แสดงปริมาตรเมื่อเลือก Mode Volume

3.4 All เมื่อเลือก Mode All

หน้าจอ LCD จะปรากฏ " Date : XX / XX / XX " ให้ตั้งค่าเช่นเดียวกับ Mode Date จากนั้นจอ LCD จะเปลี่ยนเป็น "Time = XX : XX ให้ตั้งค่าเช่นเดียวกับ Mode Time จากนั้นจอ LCD จะเปลี่ยนเป็น " Volume = 00000 " เมื่อตั้งค่าทั้ง 3 โหมดเสร็จเรียบร้อยแล้ว หน้าจอ LCD จะปรากฏ " Volume = 00.00 LM " จากนั้นเครื่องก็จะทำการเช็คค่าทั้ง 3 Mode ไปพร้อมๆ กัน ถ้ามี Mode ใดที่ค่าถึงตรงตามที่ตั้งไว้ LED ก็จะติด ซึ่งแสดงว่า Relay On



รูปที่ 11 แสดงก่อนสัญญาณพัลส์เข้า



รูปที่ 12 แสดงหลังสัญญาณพัลส์เข้า

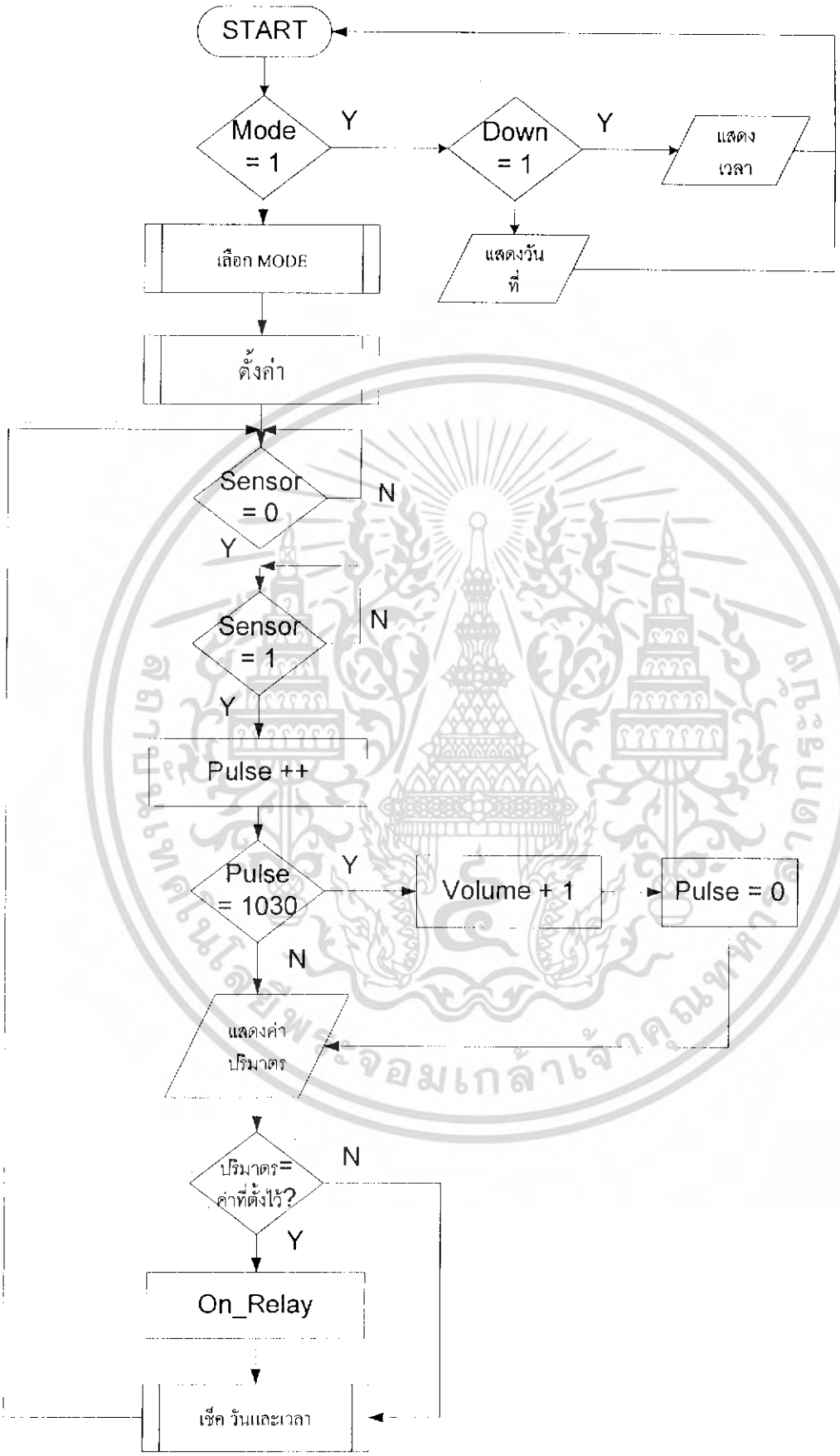
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

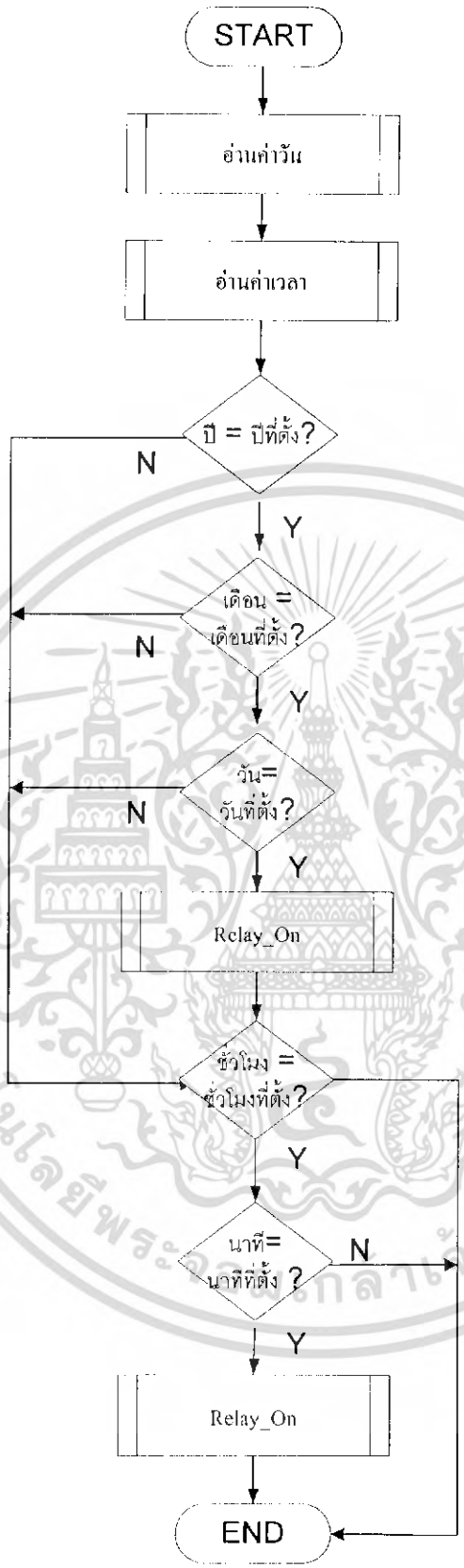
- โฟลว์ชาร์ตและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลว์ชาร์ต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Main Program

```
#include<reg51.h>
#include<string.h>
#include<i2c.h>                    // Module function i2c bus
#include<lcd(ji).h>                // Module function LCD
#define DS1307_ID 0xD0             // Define constant DS1307_ID
sbit relay=P3^5;
sbit sensor=P3^4;
sbit mode=P3^3;
sbit up=P3^2;
sbit down=P3^1;
sbit set=P3^0;
unsigned char stop=0xff;
unsigned char Digit[4];
unsigned char ASCII[10]={0x30,0x31,0x32,0x33,0x34,0x35,0x36,0x37,0x38,0x39};// ASCII 0-9
unsigned char modeselect;
unsigned int valueV;
unsigned char ValueVI[5];
unsigned char sec,min,hour,day,date,month,year,control;   // For keep Date and Time
unsigned char DISBUF[6];
unsigned char DISBUF2[6];
unsigned int minset,hourset,dateset,monthset,yearset;
unsigned char Date_Set[6],Time_Set[4]; // Value for set Date and Time to be off relay
void Show_LCD()
{
        Display_LCD(0x80,"Volume= ");
        Display_LCD(0xC0,&Digit[0]);
        Display_LCD(0xC1,&Digit[1]);
        Display_LCD(0xC2,".");
        Display_LCD(0xC3,&Digit[2]);
        Display_LCD(0xC4,&Digit[3]);
        Display_LCD(0xC5," ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Display_LCD(0xC6,"LM");
}
void Convert(unsigned int dat)
{
        unsigned int temp;
        Digit[0]=ASCII[dat/1000];
        temp=dat%1000;
        Digit[1]=ASCII[temp/100];
        temp=temp%100;
        Digit[2]=ASCII[temp/10];
        Digit[3]=ASCII[temp%10];
}
void Set_Mode()
{
        unsigned char count;
        while(set){
        if(mode==0){
        count++;
        delay(2000);
        if(count==4)count=0;
        }
                switch(count){
                        case 0:Display_LCD(0x80,"***** DA");Display_LCD(0xC0,"TE
*****");modeselect=1;break;
                        case 1:Display_LCD(0x80,"***** TI");Display_LCD(0xC0,"ME
*****");modeselect=2;break;
                        case 2:Display_LCD(0x80,"**** VOL");Display_LCD(0xC0,"UME
****");modeselect=3;break;
                        case 3:Display  LCD(0x80,"***** AL");Display_LCD(0xC0,"L
******");modeselect=4;break;
                }
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
void Convert_Volume(unsigned int dat)
{
        unsigned int temp;
        ValueVl[0]=ASCII[dat/10000];
        temp=dat%10000;
        ValueVl[1]=ASCII[temp/1000];
        temp=temp%1000;
        ValueVl[2]=ASCII[temp/100];
        temp=temp%100;
        ValueVl[3]=ASCII[temp/10];
        ValueVl[4]=ASCII[temp%10];
}
void Convert_min(unsigned int dat)
{
        Time_Set[2]=ASCII[dat/10];
        Time_Set[3]=ASCII[dat%10];
}
void Convert_hour(unsigned int dat)
{
        Time_Set[0]=ASCII[dat/10];
        Time_Set[1]=ASCII[dat%10];
}
void Convert_date(unsigned int dat)
{
        Date_Set[0]=ASCII[dat/10];
        Date_Set[1]=ASCII[dat%10];
}
void Convert_month(unsigned int dat)
{
        Date_Set[2]=ASCII[dat/10];
        Date_Set[3]=ASCII[dat%10];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
void Convert_year(unsigned int dat)
{
        Date_Set[4]=ASCII[dat/10];
        Date_Set[5]=ASCII[dat%10];
}
/************************************ Function read data from DS1307
************************************/
unsigned char DS1307_rd(unsigned char addr)
{
        unsigned char ret;              // For keep return value
        i2c_start();                    // i2c start condition
        i2c_wrdata(DS1307_ID);          // Write DS1307 ID for connect
        i2c_wrdata(addr);               // Write RAM address on DS1307 for connect
        i2c_start();                    // i2c start condition
        i2c_wrdata(DS1307_ID+1);        // Write DS1307 ID for Read Mode connect
        ret = i2c_rddata();             // Read data and keep to ret
        i2c_stop();                     // i2c stop condition
        return(ret);                    // return value
}
/********************************** Function write hour/min/sec on chip DS1307
**************************/
void DS1307_wrtime(unsigned char hh,unsigned char mm,unsigned char ss)
{
        i2c_start();                    // i2c start condition
        i2c_wrdata(DS1307_ID);          // Write DS1307 ID for connect
        i2c_wrdata(0x00);               // Write control byte to access RAM address 00H
        i2c_ wrdata(ss);                // Write sec on RAM address 00H
        i2c_wrdata(mm);                         // Write min on RAM address 01H
        i2c_ wrdata(hh);                // Write hour on RAM address 02H
        i2c_stop();                     // i2c stop condition
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/********************************** Function write date/month/year on chip DS1307
**********************/
void DS1307_wrdate(unsigned char dd,unsigned char mm,unsigned char yy)
{
        i2c_start();                    // i2c start condition
        i2c_wrdata(DS1307_ID);          // Write DS1307 ID for connect
        i2c_wrdata(0x04);               // Write control byte to access RAM address 04H
        i2c_wrdata(dd);                 // Write date on RAM address 04H
        i2c_wrdata(mm);                         // Write month on RAM address 05H
        i2c_wrdata(yy);                 // Write year on RAM address 06H
        i2c_stop();                     // i2c stop condition
}
void Read_Date()
{

                day = DS1307_rd(0x03);          // Read day before show on LCD
                date = DS1307_rd(0x04);                 // Read date before show on LCD
                month = DS1307_rd(0x05);        // Read month before show on LCD
                year = DS1307_rd(0x06);                 // Read year before show on LCD
}
void Read_Time()
{
                sec = DS1307_rd(0x00);          // Read sec before show on LCD
                min = DS1307_rd(0x01);          // Read min before show on LCD
                hour = DS1307_rd(0x02);                 // Read hour before show on LCD
}

unsigned char hex_to_dec_h(unsigned char x)
{
        x=x&0xf0;
        return(x>>4);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unsigned char hex_to_dec_l(unsigned char x)
{
        x=x&0x0f;
        return(x);
}
void ConvertT()
{
        DISBUF[0]=ASCII[hex_to_dec_h(hour)];
        DISBUF[1]=ASCII[hex_to_dec_l(hour)];
        DISBUF[2]=ASCII[hex_to_dec_h(min)];
        DISBUF[3]=ASCII[hex_to_dec_l(min)];
        DISBUF[4]=ASCII[hex_to_dec_h(sec)];
        DISBUF[5]=ASCII[hex_to_dec_l(sec)];
}
void ConvertD()
{
        DISBUF2[0]=ASCII[hex_to_dec_h(date)];
        DISBUF2[1]=ASCII[hex_to_dec_l(date)];
        DISBUF2[2]=ASCII[hex_to_dec_h(month)];
        DISBUF2[3]=ASCII[hex_to_dec_l(month)];
        DISBUF2[4]=ASCII[hex_to_dec_h(year)];
        DISBUF2[5]=ASCII[hex_to_dec_l(year)];
}
        /*************** Set Value of Date ******************/
        /****************************************************/
void Sub_Date()
{
                Display_LCD(0x80,"Date:");
                Display_LCD(0xC0,"        ");
                        Read_Date();
                        dateset=(hex_to_dec_h(date)*10)+(hex_to_dec_l(date));
                        monthset=(hex_to_dec_h(month)*10)+(hex_to_dec_l(month));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        yearset=(hex_to_dec_h(year)*10)+(hex_to_dec_l(year));
/********** Set Date *****************/
while(set)
{
        if(up==0){dateset++;delay(1000);}
                if(dateset>31)dateset=0;
        else if(down==0){dateset--;delay(1000);}
                if(dateset<=0)dateset=1;
        Convert_date(dateset);
        Convert_month(monthset);
        Convert_year(yearset);
        Display_LCD(0x85,&Date_Set[0]);
        Display_LCD(0x86,&Date_Set[1]);
        Display_LCD(0x87,"/");
        Display_LCD(0xC0,&Date_Set[2]);
        Display_LCD(0xC1,&Date_Set[3]);
        Display_LCD(0xC2,"/");
        Display_LCD(0xC3,&Date_Set[4]);
        Display_LCD(0xC4,&Date_Set[5]);
}
delay(3000);
/***************** Set Month ************/
while(set)
{
        if(up==0){monthset++;delay(1000);}
                if(monthset>12)monthset=0;
        else if(down==0){monthset--;delay(1000);}
                if(monthset<=0)monthset=1;
        Convert_month(monthset);
        Convert_year(yearset);
        Display_LCD(0x85,&Date_Set[0]);
        Display_LCD(0x86,&Date_Set[1]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Display_LCD(0x87,"/");
                Display_LCD(0xC0,&Date_Set[2]);
                Display_LCD(0xC1,&Date_Set[3]);
                Display_LCD(0xC2,"/");
                Display_LCD(0xC3,&Date_Set[4]);
                Display_LCD(0xC4,&Date_Set[5]);
        }
        delay(3000);
        /***************** Set Year *************/
        while(set)
        {
                if(up==0){yearset++;delay(1000);}
                        if(yearset>=99)yearset=0;
                else if(down==0){yearset--;delay(1000);}
                        if(yearset<=0)yearset=0;
                Convert_year(yearset);
                Display_LCD(0x85,&Date_Set[0]);
                Display_LCD(0x86,&Date_Set[1]);
                Display_LCD(0x87,"/");
                Display_LCD(0xC0,&Date_Set[2]);
                Display_LCD(0xC1,&Date_Set[3]);
                Display_LCD(0xC2,"/");
                Display_LCD(0xC3,&Date_Set[4]);
                Display_LCD(0xC4,&Date_Set[5]);
        }
}
/*************** Set Value of Time *****************/
/*****************************************************/
void Sub_Time()
{
        Display_LCD(0x80,"      ");
        Display_LCD(0xC0,"      ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Display_LCD(0x80,"Time= ");
        Read_Time();
        minset=(hex_to_dec_h(min)*10)+(hex_to_dec_l(min));
        hourset=(hex_to_dec_h(hour)*10)+(hex_to_dec_l(hour));
/************** Set minutes ***********/
while(set)
{
        if(up==0){minset++;delay(1000);}
                if(minset>59)minset=0;
        else if(down==0){minset--;delay(1000);}
                if(minset<=0)minset=0;
        Convert_min(minset);
        Convert_hour(hourset);
        Display_LCD(0x86,&Time_Set[0]);
        Display_LCD(0x87,&Time_Set[1]);
        Display_LCD(0xC0,":");
        Display_LCD(0xC1,&Time_Set[2]);
        Display_LCD(0xC2,&Time_Set[3]);
        Display_LCD(0xC3,"    ");
}
delay(3000);
/****************** Set hours ***************/
while(set)
{
        if(up==0){hourset++;delay(1000);}
                if(hourset>24)hourset=0;
        else if(down==0){hourset--;delay(1000);}
                if(hourset<=0)hourset=0;
        Convert_hour(hourset);
        Display_LCD(0x86,&Time_Set[0]);
        Display_LCD(0x87,&Time_Set[1]);
        Display_LCD(0xC3,"    ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }
}
/*************** Set Value of Volume ******************/
void Sub_Volume()
{
        while(set)
        {
                if(up==0){valueV++;delay(500);}
                        if(valueV>=65535)valueV=0;
                else if(down==0){valueV--;delay(500);}
                        if(valueV==0)valueV=0;
                Display_LCD(0x80,"Vol:");
                Convert_Volume(valueV);
                Display_LCD(0x84,&ValueVl[0]);
                Display_LCD(0x85,&ValueVl[1]);
                Display_LCD(0x86,&ValueVl[2]);
                Display_LCD(0x87,&ValueVl[3]);
                Display_LCD(0xC0,&ValueVl[4]);
                Display_LCD(0xC1,"      ");
  }
}

void Set_Value()
{
        while(set)
        {
                if(modeselect==1) // Date Set
                {
                        Sub_Date();
                }
                else if(modeselect==2)                  // Time Set
                {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Sub_Time();
            }
            else if(modeselect==3)                  // Volume Set
            {
                Sub_Volume();
            }
            else if(modeselect==4)                  //ALL Set
            {
                Sub_Date();
                delay(3000);
                Sub_Time();
                delay(3000);
                Sub_Volume();
            }
            else;
        }
}
void count_pulse()
{
        unsigned int c;
        delay(2000);
        DS1307_wrtime(0x20,0x40,0x00);          // Write Time(hh/mm/ss)
        DS1307_wrdate(0x13,0x02,0x06);          // Write Date(dd/mm/yy)
        Display_LCD(0x80,"          ");
        Display_LCD(0xC0,"          ");
        while(set)
        {
                if(sensor==0)
                {
                        while(!sensor);
                        c++;
                        Convert_Volume(c);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Display_LCD(0x85,&ValueVl[0]);
                    Display_LCD(0x86,&ValueVl[1]);
                    Display_LCD(0x87,&ValueVl[2]);
                    Display_LCD(0xC0,&ValueVl[3]);
                    Display_LCD(0xC1,&ValueVl[4]);
                    Display_LCD(0xC2,"          ");
                        if(c==100)relay=1;
                }
        }relay=0;
}

void Check_DateTime()
{
        relay=0;
                        Read_Date();
                        Read_Time();
                            relay=0;

        if(yearset==((hex_to_dec_h(year)*10)+(hex_to_dec_l(year))))
                                {

        if(monthset==((hex_to_dec_h(month)*10)+(hex_to_dec_l(month))))
                                {

        if(dateset==((hex_to_dec_h(date)*10)+(hex_to_dec_l(date))))
                                relay=1;
                            }
                        }


        if(hourset==((hex_to_dec_h(hour)*10)+(hex_to_dec_l(hour))))
                                {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if(minset==((hex_to_dec_h(min)*10)+(hex_to_dec_l(min))))
                                                        relay=1;
                                                    }
}

/************************************** Main loop
*************************************************************/
void main()
{
        unsigned int pulse,volumnshow,temp;
        relay=0;
        delay(100);
        Init_LCD();
                    while(mode)
                    {
                        if(set==0)count_pulse();
                        else if(down!=0)
                        {
                            Read_Time();
                            ConvertT();
                            Display_LCD(0x80,"Time= ");
                            Display_LCD(0x86,&DISBUF[0]);
                            Display_LCD(0x87,&DISBUF[1]);
                            Display_LCD(0xC0,":");
                            Display_LCD(0xC1,&DISBUF[2]);
                            Display_LCD(0xC2,&DISBUF[3]);
                            Display_LCD(0xC3,":");
                            Display_LCD(0xC4,&DISBUF[4]);
                            Display_LCD(0xC5,&DISBUF[5]);
                            Display_LCD(0xC6,"      ");
                        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                else
                {
                        Read_Date();
                        ConvertD();
                        Display_LCD(0x80,"DATE: ");
                        Display_LCD(0x86,&DISBUF2[0]);
                        Display_LCD(0x87,&DISBUF2[1]);
                        Display_LCD(0xC0,"/");
                        Display_LCD(0xC1,&DISBUF2[2]);
                        Display_LCD(0xC2,&DISBUF2[3]);
                        Display_LCD(0xC3,"/");
                        Display_LCD(0xC4,&DISBUF2[4]);
                        Display_LCD(0xC5,&DISBUF2[5]);
                        Display_LCD(0xC6,"      ");
                }
        }
delay(4000);
Set_Mode();
delay(4000);
Set_Value();
Display_LCD(0x80,"          ");
Display_LCD(0xC0,"          ");
while(1){
        /************ Condition from input Volume ************/
        if(sensor==0)
                {
                        while(!sensor);

                                pulse++;
                                if(pulse==1030)  // 1030 pulse = 0.01 mmm
                                {
                                        volumnshow++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                pulse=0;
            }
            Convert(volumnshow);
            Show_LCD();
            temp=volumnshow/100;
                if(temp==valueV)relay=1;
            Check_DateTime();
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sub Program1

```
#include<string.h>
sbit RS=P1^1;
sbit E=P1^0;
void delay(int time)
{
        int i,j;
                for(i=0;i<time;i++)
                for(j=0;j<10;j++);
}
void Enable()
{
        E=1;
        delay(1);
        E=0;
        delay(1);
}
void W_COMMAND(unsigned command)
{
        char temp;
        RS=0;
        temp=command;
        command=command&0xf0;
        P2=command;
        Enable();
        temp=temp<<4;
        temp=temp&0xf0;
        P2=temp;
        Enable();
        delay(1);
}
void W_DATA(unsigned dat)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
        char temp;
        RS=1;
        temp=dat;
        dat=dat|0x0f;
        P2=dat;
        Enable();
        temp=temp<<4;
        temp=temp|0x0f;
        P2=temp;
        Enable();
        delay(1);
}
void Init_LCD()
{
        W_COMMAND(0x33);
        W_COMMAND(0x32);
        W_COMMAND(0x28);
        W_COMMAND(0x0c);
        W_COMMAND(0x06);
        W_COMMAND(0x01);
        W_COMMAND(0x1C);
}

void Display_LCD(unsigned char x,unsigned char *str)
{
        unsigned char i,count;
        count=strlen(str);
        W_COMMAND(x);
        for(i=0;i<count;i++)
                W_DATA(str[i]);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sub Program 2

```
#include<intrins.h>
sbit SDA = P1^2;
sbit SCL = P1^3;
void i2c_delay(void)
{
        unsigned char i;
        for(i=0;i<20;i++)
        _nop_();
}
void i2c_clk(void)
{
        i2c_delay();
        SCL = 1;
        i2c_delay();
        SCL = 0;
}
void i2c_start(void)
{
        if(SCL)
        SCL = 0;
        SDA = 1;
        SCL = 1;
        i2c_delay();
        SDA = 0;
        i2c_delay();
        SCL = 0;
}
void i2c_stop(void)
{
        if(SCL)
        SCL = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SDA = 0;
        i2c_delay();
        SCL = 1;
        i2c_delay();
        SDA = 1;
}
bit i2c_wrdata(unsigned char dat)
{
        bit data_bit;
        unsigned char i;
        for(i=0;i<8;i++)
        {
                data_bit = dat & 0x80;
                SDA = data_bit;
                i2c_clk();
                dat = dat<<1;
        }
        SDA = 1;
        i2c_delay();
        SCL = 1;
        i2c_delay();
        data_bit = SDA;
        SCL = 0;
        i2c_delay();
        return(data_bit);                       // if send_bit = 0 i2c OK!
}
unsigned char i2c_rddata(void)
{
        bit rd_bit;
        unsigned char i,dat;
        dat = 0x00;
        for(i=0;i<8;i++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
                i2c_delay();
                SCL = 1;
                i2c_delay();
                rd_bit = SDA;
                dat = dat<<1;
                dat = dat | rd_bit;
                SCL = 0;
        }
        SDA = 1;
        i2c_delay();
        i2c_clk();
        SCL = 1;
        return(dat);
}
/*
void i2c_NACK()
{
        SDA = 1;
        i2c_delay();
        i2c_clk();
        SCL = 1;
}
*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

- **Data Sheet**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1307
64 X 8 Serial Real Time Clock

www.dalsemi.com

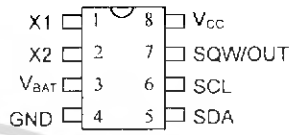
FEATURES

- Real time clock counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 56 byte nonvolatile RAM for data storage
- 2-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500 nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Recognized by Underwriters Laboratory

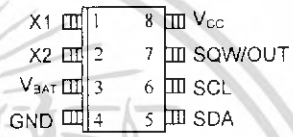
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP
DS1307Z	8-Pin SOIC (150 mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300 mil)



DS1307Z 8-Pin SOIC (150 mil)

PIN DESCRIPTION

V_{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768 kHz Crystal Connection
V_{BAT}	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square wave/Output Driver

DESCRIPTION

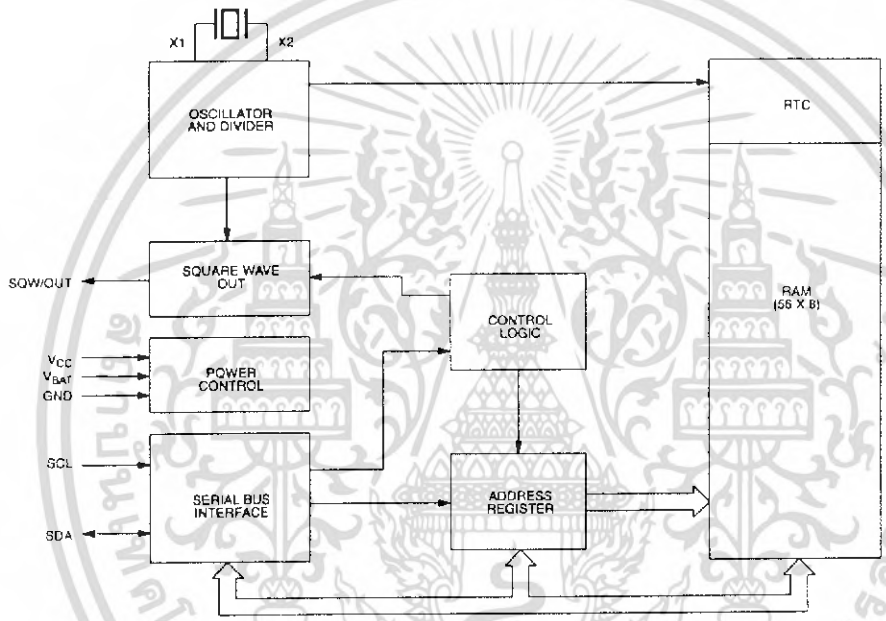
The DS1307 Serial Real Time Clock is a low power, full BCD clock/calendar plus 56 bytes of nonvolatile SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit which detects power failures and automatically switches to the battery supply.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below 1.25 x V_{BAT} the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low current battery backup mode. Upon power up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than V_{BAT} +0.2V and recognizes inputs when V_{CC} is greater than 1.25 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the Serial Real Time Clock.

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC}, GND - DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5 volt input. When 5 volts is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3-volt battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 x V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the Timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V_{BAT}.

V_{BAT} - Battery input for any standard 3-volt lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0 and 3.5 volts for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the real time clock and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A lithium battery with 48 mAhr or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at 25 degrees C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL (Serial Clock Input) - SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

SDA (Serial Data Input/Output) - SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pullup resistor.

SQW/OUT (Square Wave/ Output Driver) - When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1 Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz). The SQW/OUT pin is open drain which requires an external pullup resistor. SQW/OUT will operate with either Vcc or Vbat applied.

X1, X2 - Connections for a standard 32.768 kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5 pF.

For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real Time Clocks." The DS1307 can also be driven by an external 32.768 kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The real time clock registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The real time clock registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the Binary-Coded Decimal (BCD) format. Bit 7 of Register 0 is the Clock Halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

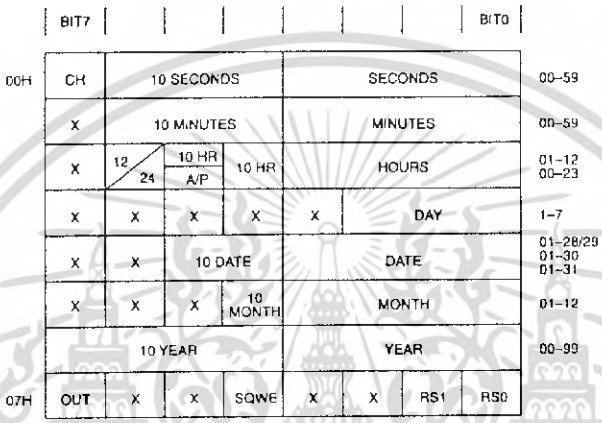
Please note that the initial power on state of all registers is not defined. Therefore it is important to enable the oscillator (CH bit=0) during initial configuration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

On a 2-wire START, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to re-read the registers in case of an update of the main registers during a read.

DS1307 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3



CONTROL REGISTER

The DS1307 Control Register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

OUT (Output control): This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square wave output is disabled. If SQWE=0, the logic level on the SQW/OUT pin is 1 if OUT=1 and is 0 if OUT=0.

SQWE (Square Wave Enable): This bit, when set to a logic 1, will enable the oscillator output. The frequency of the square wave output depends upon the value of the RS0 and RS1 bits.

RS (Rate Select): These bits control the frequency of the square wave output when the square wave output has been enabled. Table 1 lists the square wave frequencies that can be selected with the RS bits.

SQUAREWAVE OUTPUT FREQUENCY Table 1

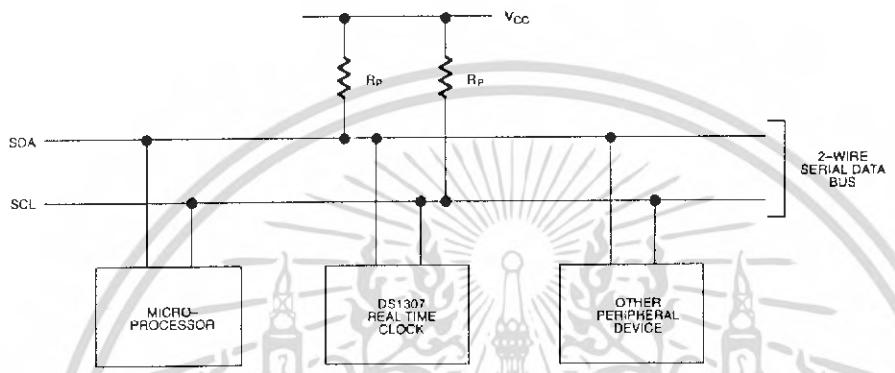
RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1 Hz
0	1	4.096 kHz
1	0	8.192 kHz
1	1	32.768 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-WIRE SERIAL DATA BUS

The DS1307 supports a bi-directional 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are referred to as slaves. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the 2-wire bus. A typical bus configuration using this 2-wire protocol is show in Figure 4.

TYPICAL 2-WIRE BUS CONFIGURATION Figure 4



Figures 5, 6, and 7 detail how data is transferred on the 2-wire bus.

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is high will be interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

Bus not busy: Both data and clock lines remain HIGH.

Start data transfer: A change in the state of the data line, from HIGH to LOW, while the clock is HIGH, defines a START condition.

Stop data transfer: A change in the state of the data line, from LOW to HIGH, while the clock line is HIGH, defines the STOP condition.

Data valid: The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal. The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

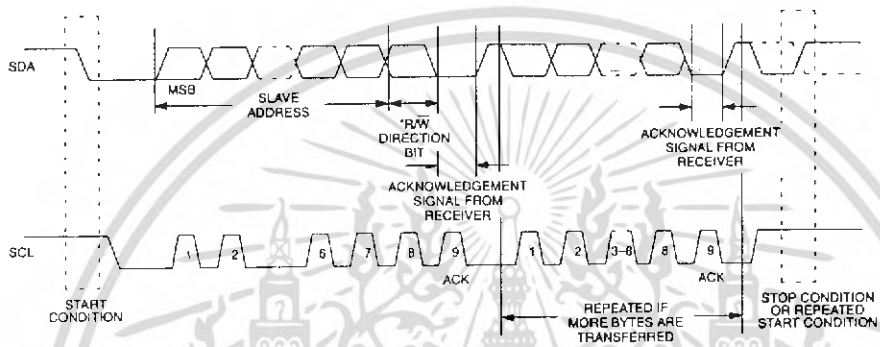
Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between START and STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte-wise and each receiver acknowledges with a ninth bit. Within the 2-wire bus specifications a regular mode (100 kHz clock rate) and a fast mode (400 kHz clock rate) are defined. The DS1307 operates in the regular mode (100 kHz) only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Acknowledge: Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master must signal an end of data to the slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave must leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

DATA TRANSFER ON 2-WIRE SERIAL BUS Figure 5



Depending upon the state of the R/$\overline{W}$ bit, two types of data transfer are possible:

1. **Data transfer from a master transmitter to a slave receiver.** The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

2. **Data transfer from a slave transmitter to a master receiver.** The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a 'not acknowledge' is returned.

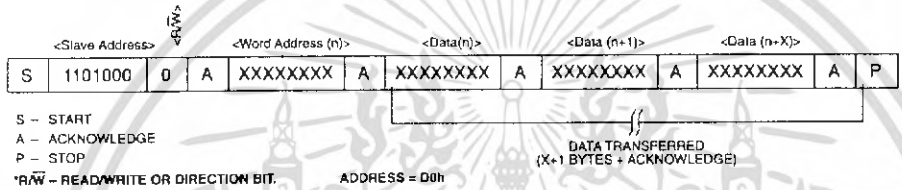
The master device generates all of the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The DS1307 may operate in the following two modes:

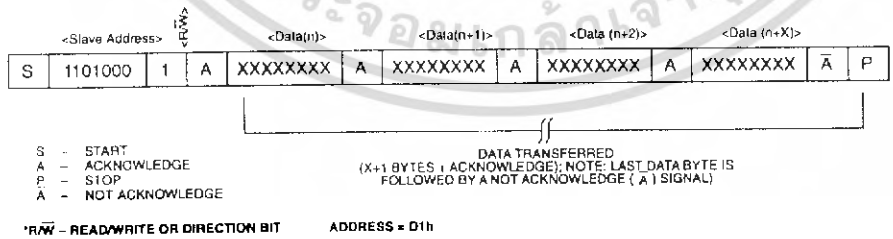
1. **Slave receiver mode (DS1307 write mode):** Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and *direction bit (See Figure 6). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7 bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the *direction bit (R/$\overline{W}$) which, for a write, is a 0. After receiving and decoding the address byte the device outputs an acknowledge on the SDA line. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a register address to the DS1307 This will set the register pointer on the DS1307. The master will then begin transmitting each byte of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The master will generate a stop condition to terminate the data write.

DATA WRITE - SLAVE RECEIVER MODE Figure 6



2. **Slave transmitter mode (DS1307 read mode):** The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the *direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. Serial data is transmitted on SDA by the DS1307 while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (See Figure 7). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the *direction bit (R/$\overline{W}$) which, for a read, is a 1. After receiving and decoding the address byte the device inputs an acknowledge on the SDA line. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The DS1307 must receive a Not Acknowledge to end a read.

DATA READ - SLAVE TRANSMITTER MODE Figure 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Operating Temperature	0°C to 70°C (-40°C to 85°C for industrial)
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds DIP See JPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(0°C to 70°C or -40°C to +85°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	1
Logic 1	V_{IH}	2.2		V_{CC}+0.3	V	1
Logic 0	V_{IL}	-0.3		+0.8	V	1
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}	2.0		3.5	V	1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C or -40°C to +85°C; V_{CC}=4.5V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage	I_{LI}			1	µA	10
I/O Leakage	I_{LO}			1	µA	11
Logic 0 Output	V_{OL}			0.4	V	2
Active Supply Current	I_{CCA}			1.5	mA	9
Standby Current	I_{CCS}			200	µA	3
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}		300	500	nA	4
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32 kHz)	I_{BAT2}		480	800	nA	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C or -40°C to +85°C; V_{CC}=4.5V to 5.5V)

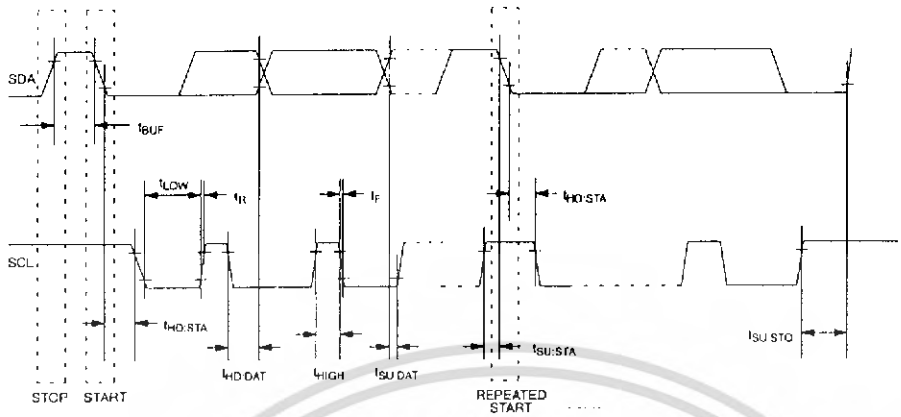
PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SCL Clock Frequency	f_{SCL}	0		100	kHz	
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t_{BUF}	4.7			µs	
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HD:STA}$	4.0			µs	5
LOW Period of SCL Clock	t_{LOW}	4.7			µs	
HIGH Period of SCL Clock	t_{HIGH}	4.0			µs	
Set-up Time for a Repeated START Condition	$t_{SU:STA}$	4.7			µs	
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$	0			µs	6, 7
Data Set-up Time	$t_{SU:DAT}$	250			ns	
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t_R			1000	ns	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t_F			300	ns	
Set-up Time for STOP Condition	$t_{SU:STO}$	4.7			µs	
Capacitive Load for each Bus Line	C_B			400	pF	8
I/O Capacitance	$C_{I/O}$		10		pF	
Crystal Specified Load Capacitance			12.5		pF	

NOTES:

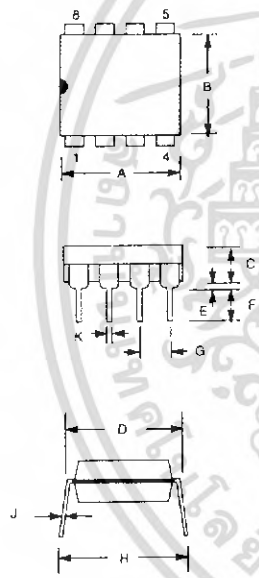
1. All voltages are referenced to ground.
2. Logic zero voltages are specified at a sink current of 5 mA at V_{CC}=4.5V, V_{OL}=GND for capacitive loads.
3. I_{CCS} specified with V_{CC}=5.0V and SDA, SCL=5.0V.
4. V_{CC}=0V, V_{BAT}=3V.
5. After this period, the first clock pulse is generated.
6. A device must internally provide a hold time of at least 300 ns for the SDA signal (referred to the $V_{IH:MIN}$ of the SCL signal) in order to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.
7. The maximum $t_{HD:DAT}$ has only to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.
8. C_B - total capacitance of one bus line in pF.
9. I_{CCA} - SCL clocking at max frequency = 100 kHz.
10. SCL only.
11. SDA and SQW/OUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAM Figure 8



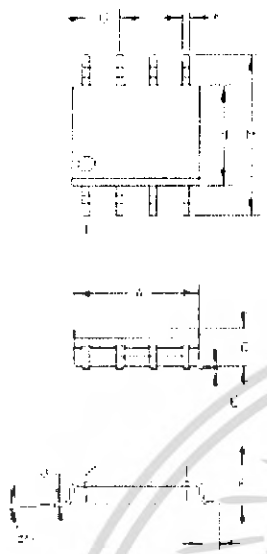
DS1307 64 X 8 SERIAL REAL TIME CLOCK
8-PIN DIP MECHANICAL DIMENSIONS



PKG	8-PIN	
DIM	MIN	MAX
A IN.	0.360	0.400
MM	9.14	10.16
B IN.	0.240	0.260
MM	6.10	6.60
C IN.	0.120	0.140
MM	3.05	3.56
D IN.	0.300	0.325
MM	7.62	8.26
E IN.	0.015	0.040
MM	0.38	1.02
F IN.	0.120	0.140
MM	3.04	3.56
G IN.	0.090	0.110
MM	2.29	2.79
H IN.	0.320	0.370
MM	8.13	9.40
J IN.	0.008	0.012
MM	0.20	0.30
K IN.	0.015	0.021
MM	0.38	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1307Z 64 X 8 SERIAL REAL TIME CLOCK
8-PIN SOIC (150-MIL) MECHANICAL DIMENSIONS



PKG	8-PIN (150 MIL)	
DIM	MIN	MAX
A IN.	0.188	0.196
MM	4.78	4.98
B IN.	0.150	0.158
MM	3.81	4.01
C IN.	0.048	0.062
MM	1.22	1.57
E IN.	0.004	0.010
MM	0.10	0.25
F IN.	0.053	0.069
MM	1.35	1.75
G IN.	0.050 BSC	
MM	1.27 BSC	
H IN.	0.230	0.244
MM	5.84	6.20
J IN.	0.007	0.011
MM	0.18	0.28
K IN.	0.012	0.020
MM	0.30	0.51
L IN.	0.016	0.050
MM	0.41	1.27
phi	0°	8°

56-G2008-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A2003, A2004, A2023, A2024

High Voltage High Current Darlington Arrays

Last Time Buy

These parts are in production but have been determined to be LAST TIME BUY. This classification indicates that the product is obsolete and notice has been given. Sale of this device is currently restricted to existing customer applications. The device should not be purchased for new design applications because of obsolescence in the near future. Samples are no longer available.

Date of status change: May 2, 2005

Deadline for receipt of LAST TIME BUY orders: October 28, 2005

Recommended Substitutions:

NOTE: For detailed information on purchasing options, contact your local Allegro field applications engineer or sales representative.

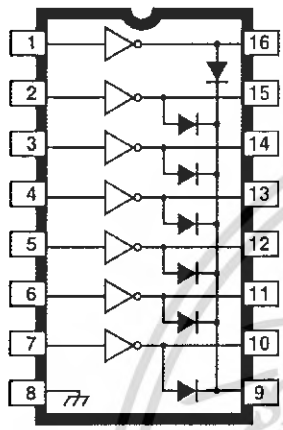
Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, revisions to the anticipated product life cycle plan for a product to accommodate changes in production capabilities, alternative product availabilities, or market demand. The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024

Data Sheet 29304F

HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



Dwg. No. A-9594

Note that the ULN20xxA series (dual in-line package) and ULN20xxL series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, V_{CE}
(ULN200xA and ULN200xL) ..... **50 V**
(ULN202xA and ULN202xL) ..... **95 V**
Input Voltage, V_{IN} ..... **30 V**
Continuous Output Current,
I_C ..... **500 mA**
Continuous Input Current, I_{IN} ..... **25 mA**
Power Dissipation, P_D
(one Darlington pair) ..... **1.0 W**
(total package) ..... **See Graph**
Operating Temperature Range,
T_A ..... **-20°C to +85°C**
Storage Temperature Range,
T_S ..... **-55°C to +150°C**

Ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads, the Series ULN20xxA/L high-voltage, high-current Darlington arrays feature continuous load current ratings to 500 mA for each of the seven drivers. At an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned ON simultaneously, typical power loads totaling over 230 W (350 mA x 7, 95 V) can be controlled. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULN2003A/L and ULN2023A/L have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULN2004A/L and ULN2024A/L have series input resistors for operation directly from 6 to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULN2003A/L and ULN2004A/L are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the OFF state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULN2023A/L and ULN2024A/L will withstand 95 V in the OFF state.

These Darlington arrays are furnished in 16-pin dual in-line plastic packages (suffix "A") and 16-lead surface-mountable SOICs (suffix "L"). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. All devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C. Most (see matrix, next page) are also available for operation to -40°C; to order, change the prefix from "ULN" to "ULQ".

FEATURES

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

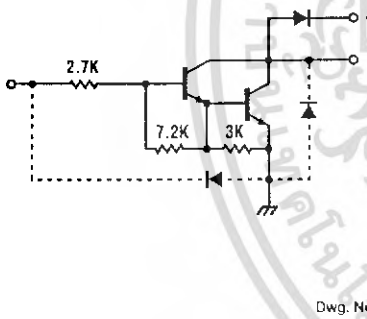
DEVICE PART NUMBER DESIGNATION

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_{C(MAX)}$	500 mA	500 mA
Logic	**Part Number**	
5V TTL, CMOS	ULN2003A* ULN2003L*	ULN2023A* ULN2023L
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2004A* ULN2004L*	ULN2024A ULN2024L

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

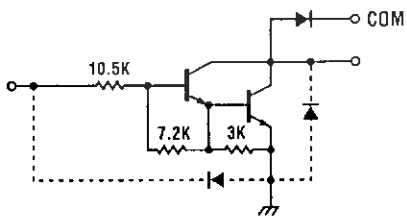
PARTIAL SCHEMATICS

ULN20x3A/L (Each Driver)

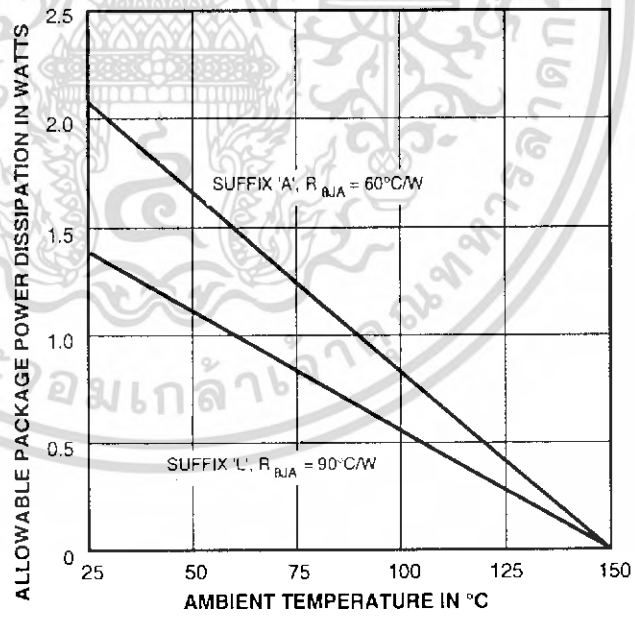


Dwg. No. A-9651

ULN20x4A/L (Each Driver)



Dwg. No. A-9838A



Dwg. GP-006A

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

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

Copyright © 1974, 1998 Allegro MicroSystems, Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2004A, and ULN2004L
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	V_{CE} = 50 V, T_A = 25°C	—	< 1	50	µA
				V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C	—	< 1	100	µA
		1B	ULN2004A/L	V_{CE} = 50 V, T_A = 70°C, V_{IN} = 1.0 V	—	< 5	500	µA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	I_C = 100 mA, I_B = 250 µA	—	0.9	1.1	V
				I_C = 200 mA, I_B = 350 µA	—	1.1	1.3	V
				I_C = 350 mA, I_B = 500 µA	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2003A/L	V_{IN} = 3.85 V	—	0.93	1.35	mA
			ULN2004A/L	V_{IN} = 5.0 V	—	0.35	0.5	mA
				V_{IN} = 12 V	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	I_C = 500 µA, T_A = 70°C	50	65	—	µA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2003A/L	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	2.4	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA	—	—	2.7	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA	—	—	3.0	V
			ULN2004A/L	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA	—	—	5.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	6.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA	—	—	7.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA	—	—	8.0	V
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	µs
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	µs
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	V_R = 50 V, T_A = 25°C	—	—	50	µA
				V_R = 50 V, T_A = 70°C	—	—	100	µA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	I_F = 350 mA	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

Types ULN2023A, ULN2023L, ULN2024A, and ULN2024L
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I_{CEX}	1A	All	V_{CE} = 95 V, T_A = 25°C	—	< 1	50	µA
				V_{CE} = 95 V, T_A = 70°C	—	< 1	100	µA
		1B	ULN2024A/L	V_{CE} = 95 V, T_A = 70°C, V_{IN} = 1.0 V	—	< 5	500	µA
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	I_C = 100 mA, I_B = 250 µA	—	0.9	1.1	V
				I_C = 200 mA, I_B = 350 µA	—	1.1	1.3	V
				I_C = 350 mA, I_B = 500 µA	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULN2023A/L	V_{IN} = 3.85 V	—	0.93	1.35	mA
			ULN2024A/L	V_{IN} = 5.0 V	—	0.35	0.5	mA
				V_{IN} = 12 V	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	I_C = 500 µA, T_A = 70°C	50	65	—	µA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULN2023A/L	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	2.4	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA	—	—	2.7	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA	—	—	3.0	V
			ULN2024A/L	V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA	—	—	5.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA	—	—	6.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA	—	—	7.0	V
				V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA	—	—	8.0	V
Input Capacitance	C_{IN}	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t_{PLH}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	µs
Turn-Off Delay	t_{PHL}	8	All	0.5 E_{IN} to 0.5 E_{OUT}	—	0.25	1.0	µs
Clamp Diode Leakage Current	I_R	6	All	V_R = 95 V, T_A = 25°C	—	—	50	µA
				V_R = 95 V, T_A = 70°C	—	—	100	µA
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	7	All	I_F = 350 mA	—	1.7	2.0	V

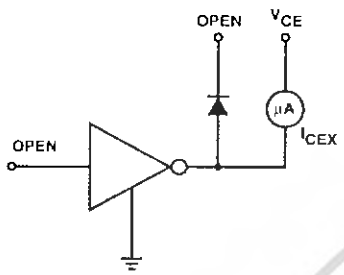
Complete part number includes suffix to identify package style: A = DIP, L = SOIC.

Allegro® MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

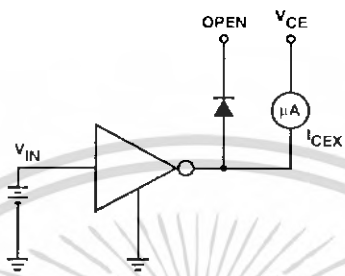
TEST FIGURES

FIGURE 1A



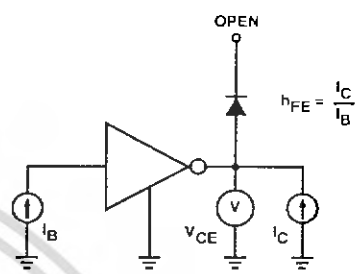
Dwg. No. A-9729A

FIGURE 1B



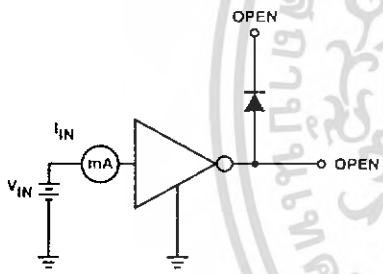
Dwg. No. A-9730A

FIGURE 2



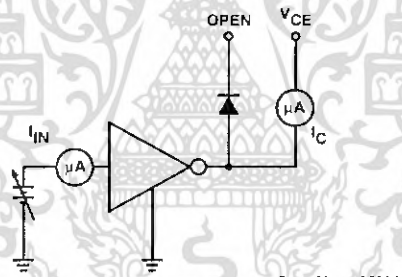
Dwg. No. A-9731A

FIGURE 3



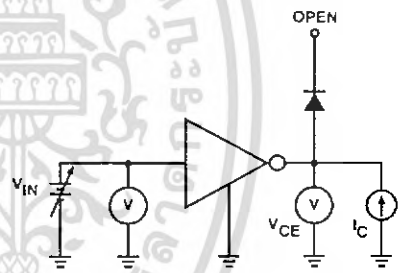
Dwg. No. A-9732A

FIGURE 4



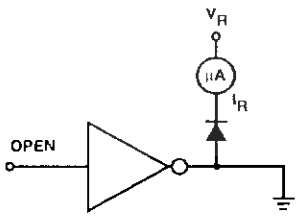
Dwg. No. A-9733A

FIGURE 5



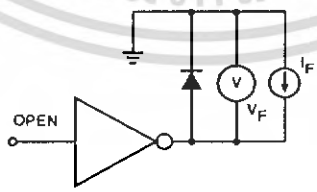
Dwg. No. A-9734A

FIGURE 6



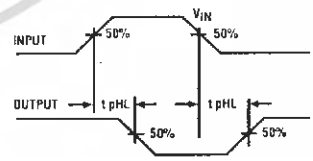
Dwg. No. A-9735A

FIGURE 7

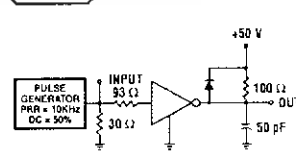


Dwg. No. A-9736A

FIGURE 8



	V_{IN}
ULN20X3*	3.5 V
ULN20X4*	12 V



* Complete part number includes a final letter to indicate package.

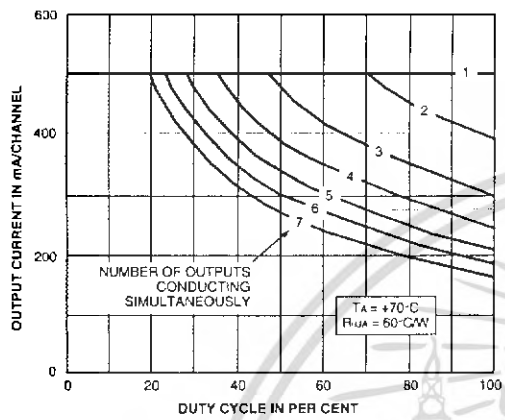
X = Digit to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

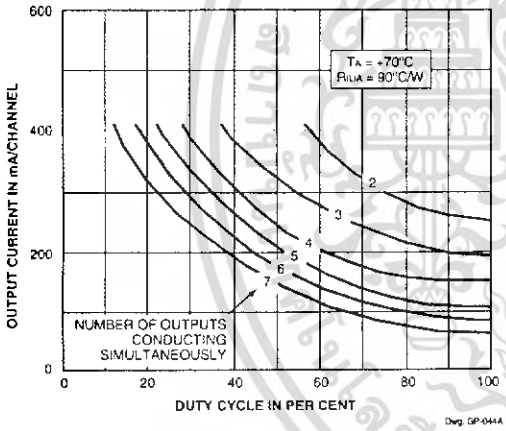
2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE

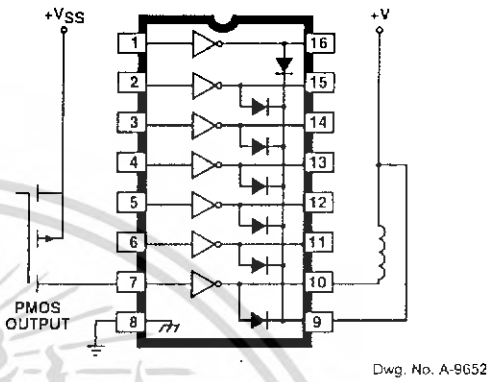
(Dual In-line-Packaged Devices, Suffix 'A')



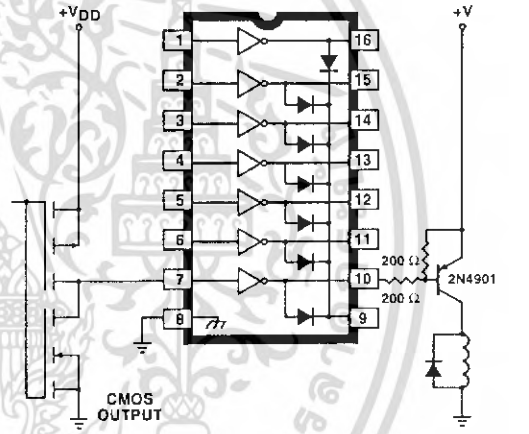
(Small-Outline-Packaged Devices, Suffix 'L')



TYPICAL APPLICATIONS

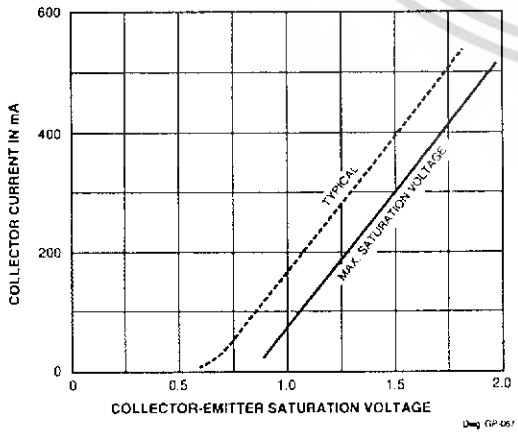


Dwg. No. A-9652

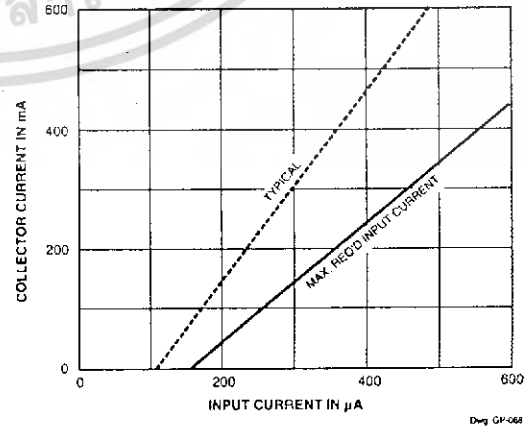


Dwg. No. A-9654A

SATURATION VOLTAGE AS A FUNCTION OF COLLECTOR CURRENT



COLLECTOR CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT CURRENT



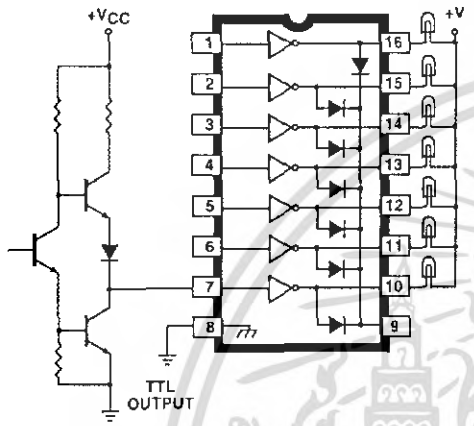
Allegro MicroSystems, Inc.

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

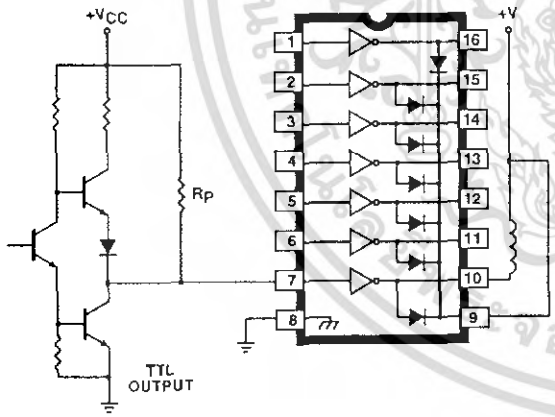
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

TYPICAL APPLICATIONS



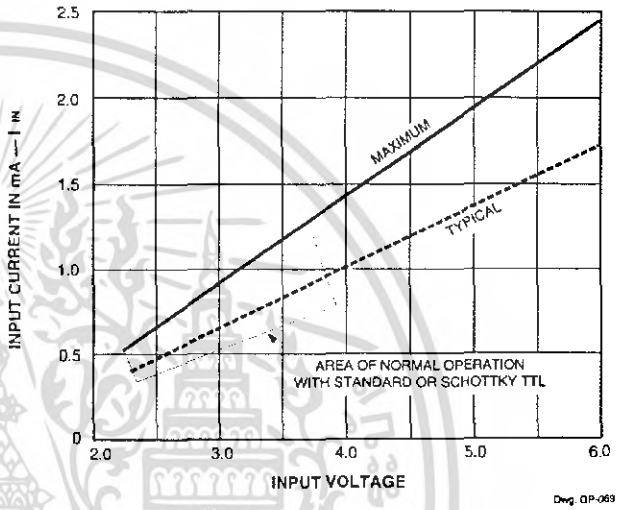
Dwg. No. A-9653A



Dwg. No. A-10,175

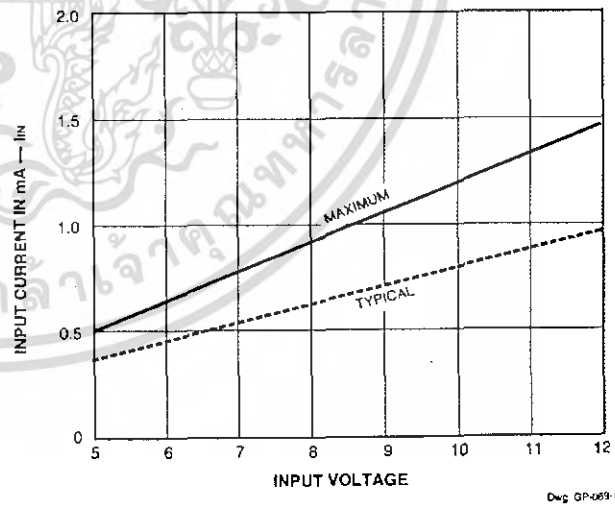
INPUT CURRENT AS A FUNCTION OF INPUT VOLTAGE

Types ULN2003A, ULN2003L, ULN2023A, and ULN2023L



Dwg. GP-069

Types ULN2004A, ULN2004L, ULN2024A, and ULN2024L

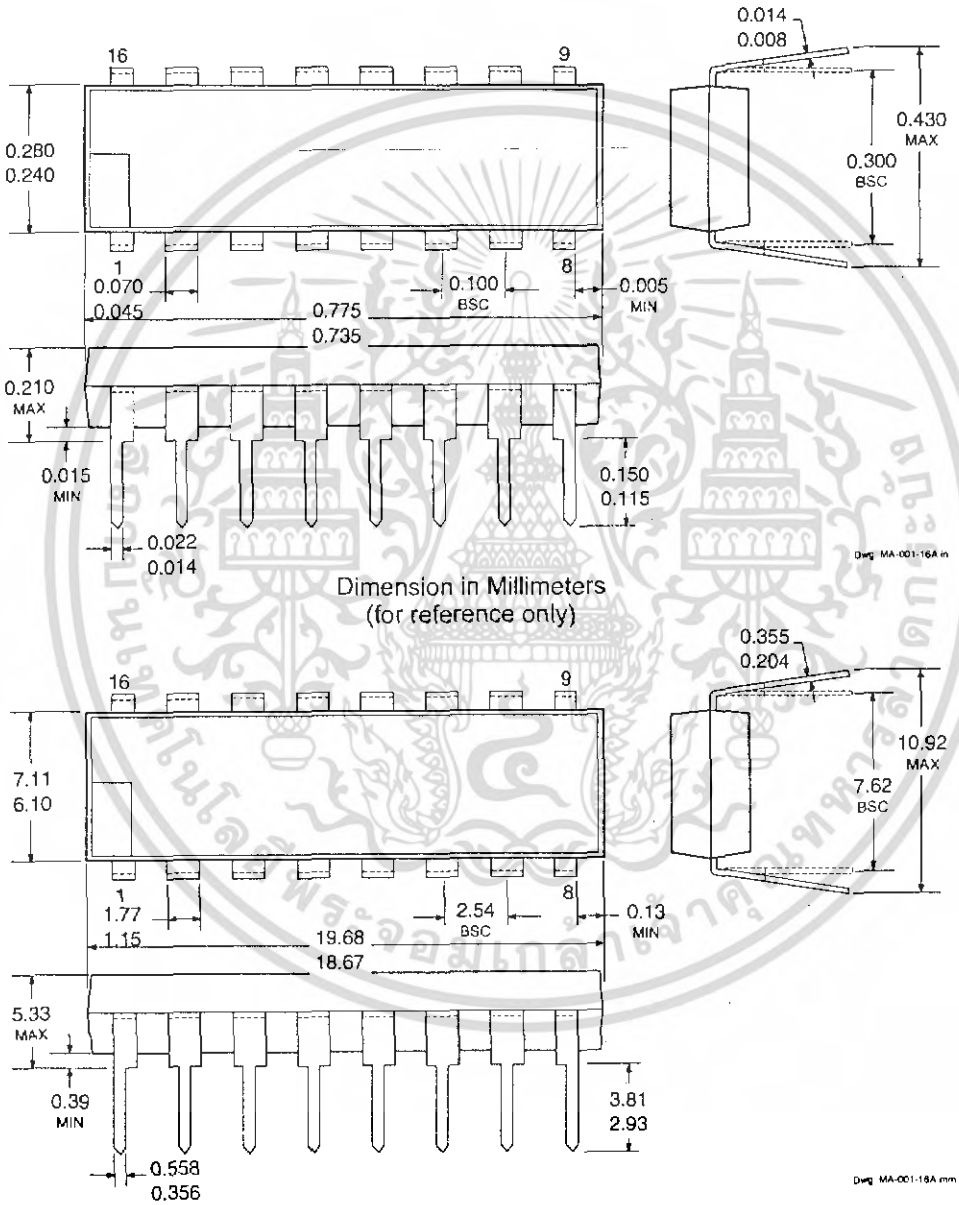


Dwg. GP-069-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DESIGNATOR "A"

Dimensions in Inches
(controlling dimensions)



Dimension in Millimeters
(for reference only)

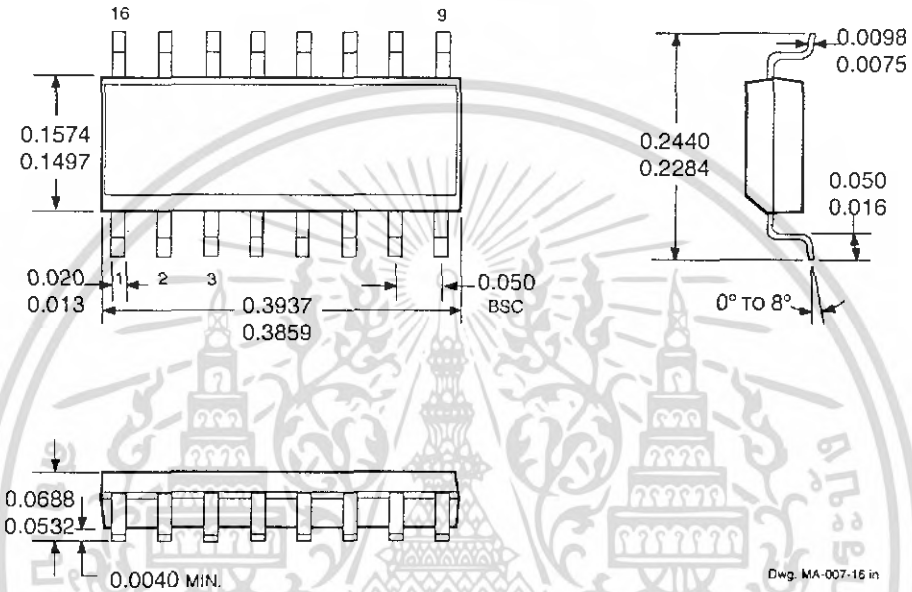
NOTES: 1. Leads 1, 8, 9, and 16 may be half leads at vendor's option.
2. Lead thickness is measured at seating plane or below.
3. Lead spacing tolerance is non-cumulative.
4. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

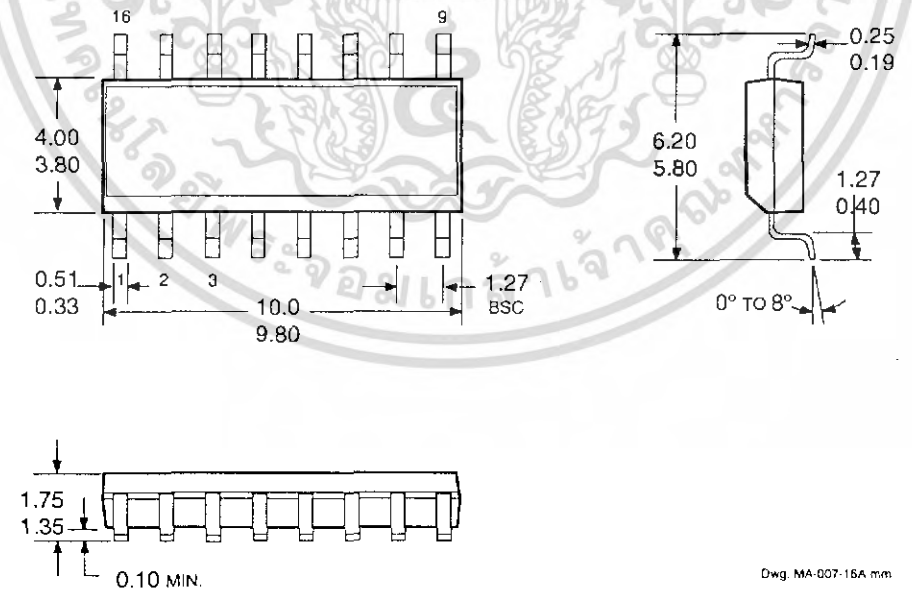
PACKAGE DESIGNATOR "L"

Dimensions in Inches
(for reference only)



Dwg. MA-007-16 in

Dimension in Millimeters
(controlling dimensions)



Dwg. MA-007-16A mm

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2003 THRU 2024
HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

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

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

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

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

Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff, Box 15036
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล "การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี" สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น) กรุงเทพ , 2540 หน้า 89 - 92
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอลโทรลเลอร์MCS – 51" อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ กรุงเทพ , 2540 หน้า 7 – 27 , 236 – 243 , 309 - 314
3. บัณฑิต จามารภูติ, "คู่มือการใช้งาน Protel 99" ซีเอ็ดยูเคชั่น ,2540 หน้า 22-169
4. www.dalsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้