



เครื่องตรวจวัดและรับส่งข้อมูลระยะไกล

REMOTE DATA



โดย  
 น.ส. นวรัตน์ ปานเทวัญ 35104211  
 น.ส. รุ่งฤดี อนุศาสน์ศิริ 35104350

วัน เดือน ปี... ๑ ก.ค. ๒๕๔๐  
 เลขทะเบียน... ๐๙๗๑๖๖  
 เลขเรียกหนังสือ... T ๐๘๒๕๙ ๒๖๙๙๑

ปริญญาบัตรสำหรับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปีการศึกษา 2538

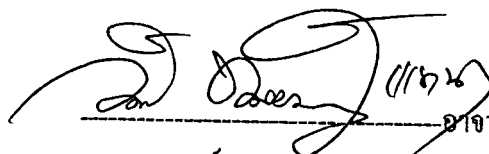
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร... 037166

ปริญญาโทปีการศึกษา 2538  
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ผู้จัดทำ

น.ส.นวรรตน์	ปานเทวัญ	35104211
น.ส.รุ่งฤดี	อนุศาสน์สิริ	35104350

  
อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รศ. พิพัฒน์ เลาทสวงกรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทนำ	ก
ความเป็นมาและวัตถุประสงค์	ข
บทที่ 1 ลักษณะของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ	1
1.1 ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัว	3
1.2 คุณสมบัติเฉพาะตัว	4
บทที่ 2 เซ็นเซอร์ (SENSOR) ที่ให้สัญญาณพัลส์ (PULSE)	5
2.1 พลังงานลมและการวัดความเร็วลม	5
2.2 วงจรฐานเวลา (TIME BASE) สำหรับในการเปิดเกต	8
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 (MICROCONTROLLER 8031)	10
3.1 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เบอร์ 8031	10
3.2 ลักษณะการจัดการกับหน่วยความจำภายนอก	10
3.3 การต่อหน่วยประมวลผลกลางกับหน่วยความจำภายนอก	14
บทที่ 4 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	18
4.1 อัตราความเร็ว (BAUD RATE)	18
4.2 บิตเริ่มต้น (START BIT)	19
4.3 พาริตีบิต (PARITY BIT)	20
4.4 บิตหยุด (STOP BIT)	21
4.5 การรับและส่งข้อมูลอนุกรมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031	22
บทที่ 5 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (ANALOG TO DIGITAL CONVERTERS)	25
5.1 คุณสมบัติของไอซี เบอร์ ADC 0804	25
5.2 ส่วนของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	25
5.3 ตัวอย่างการประมาณค่าโดยแสดงเทียบกับแผนผังการทำงาน	26
5.4 ความสัมพันธ์ของอินพุตและเอาต์พุตของไอซี	29
5.5 แรงดันอ้างอิงของวงจร (VOLTAGE REFERENCE)	29
บทที่ 6 ผลการทำงาน	30
บล็อกไดอะแกรม	30
6.1 การทดลองการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	31
6.2 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของเซ็นเซอร์	32
6.3 ส่วนเปรียบเทียบและขยายแรงดัน	34

เรื่อง

6.4 ผลการทำงานของวงจรฐานเวลา

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก ก รายละเอียดของโปรแกรม

ภาคผนวก ข ค่าคำชี้ท (DATA SHEET)

หน้า

38

42

43

83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
<b>บทที่ 1 ลักษณะของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ</b>	
ลักษณะรูปร่างและการต่อขาของ LM 335	1
วงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM 335	2
การปรับแต่งความถูกต้องโดยใช้ความต้านทานเพียงตัวเดียว	2
เวลาการตอบสนองของ LM 335 ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอากาศ	3
วงจรของ LM 335 ที่สามารถทำงานกับแหล่งจ่ายไฟได้ในย่านกว้าง	4
<b>บทที่ 2 เซ็นเซอร์ที่ให้สัญญาณพัลส์</b>	
วงจรฐานเวลาและสัญญาณอะสเตเบิลมีลติไวเบเตอร์ทางเอาต์พุตของ LM 555	8
บล็อกไดอะแกรมของการปล่อยสัญญาณพัลส์เพื่อเข้าสู่ตัวนับของไมโครคอนโทรลเลอร์	9
<b>บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031</b>	
การใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป	11
การใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปจำนวน 2 กิโลไบต์	11
แผนที่ของหน่วยความจำข้อมูล	12
แผนที่การกำหนดตำแหน่งบิต	13
ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SFR) และบิตแอสเซสของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ	14
<b>บทที่ 4 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม</b>	
การส่งข้อมูลอนุกรมซึ่งจะทำการส่งข้อมูลทีละ 1 บิต	18
สัญญาณของข้อมูลที่ถูกส่งไปตามสายส่งสัญญาณ	19
การเพิ่มบิตเริ่มต้นเข้าไปก่อนหน้าบิต DO ในกรณีที่มีบิต DO เป็น “1” และ “0” ตามลำดับ	20
การเพิ่มพาริตีที่เป็น “1” ลงไปในข้อมูลแต่ละไบต์	21
การเพิ่มพาริตีที่เป็น “0” ลงไปในข้อมูลแต่ละไบต์	21
การเพิ่มบิตต่างๆ ที่ใช้สำหรับป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	22
<b>บทที่ 5 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล</b>	
เวลาการทำงานของ ADC 0804	26

เรื่อง	หน้า
บล็อกไดอะแกรมของการประมาณค่า	28
<b>บทที่ 6 ผลการทำงาน</b>	
บล็อกไดอะแกรมของระบบทั้งหมด	30
การต่อวงจรของ ADC 0804	31
วงจรการตั้งค่าแรงดันของ LM 335	32
กราฟแสดงความเป็นเชิงเส้นของอุณหภูมิกับแรงดัน	33
วงจรรวมของส่วนการวัดอุณหภูมิ	33
ผลของสัญญาณพัลส์จากเซ็นเซอร์ตรวจจับเทียบกับสัญญาณจากวงจรฐานเวลา LM 555	38
ผลของสัญญาณจากวงจรฐานเวลา LM 555 เทียบกับสัญญาณนับพัลส์ที่จะถูกส่งไปยังขา T1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031	39
ผลที่ได้จากสัญญาณนับพัลส์เปิดเกทเทียบกับสัญญาณบริการร้องขอการอินเตอร์รัพท์	40
วงจรรวมของส่วนรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ก่อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031	41
FLOW CHART ของ MAIN MENU	44
FLOW CHART ของโปรแกรมอินเตอร์รัพท์ของการนับพัลส์และส่งค่าข้อมูลไปยัง Rs-232C	45
FLOW CHART ของโปรแกรมแสดงค่าอุณหภูมิ	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางค่าความเร็วลมตามลักษณะปรากฏการณ์ต่างๆ	6
ตารางแสดงค่าที่ต้องนำไปไว้ในรีจิสเตอร์ของไทม์เมอร์ 1 เมื่อใช้อัตราความเร็วมาตรฐานต่างๆ	23
ตารางผลการทดสอบค่าเอาต์พุทของ LM 335 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง	32
ตารางค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ แรงดันเอาต์พุท และค่าของเลขฐานสอง	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทนำ

จากลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทางวิศวกรรม ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิของบรรยากาศ หรือความเร็วลม ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการทางด้านวิศวกรรม ซึ่งถ้าไม่คำนึงถึงลักษณะทางกายภาพเหล่านี้แล้ว ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายกระบวนการได้

จากลักษณะทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อกระบวนการทางวิศวกรรมที่ยกตัวอย่างมานั้น เราก็สามารถนำเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมอย่าง MICROCONTROLLER มาประยุกต์ใช้กับตัว SENSOR และเครื่องมือวัด เพื่อที่จะแสดงผลการวัดลักษณะทางกายภาพที่ต้องการเหล่านั้นได้ด้วยความสะดวก ปลอดภัย และมีประโยชน์เป็นอย่างมาก

เราอาจนำเอาหลักการทั้งหลายที่จะได้กล่าวถึงนี้ ไปประยุกต์ใช้งานในหลายๆ ด้าน อาทิ เช่น การวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนในน้ำเสีย หรือการวัดอัตราการไหลของของเหลว เป็นต้น



## ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

ในหลักสูตรการศึกษาของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ ในวิชาโครงงานมีความสำคัญมากต่อนักศึกษา ซึ่งเป็นแนวทางปฏิบัติในทางทฤษฎีที่ได้ศึกษา มาคิดค้นและแก้ปัญหาได้ ทั้งยังจะต้องปฏิบัติงานร่วมกัน ซึ่งจะประโยชน์ในการที่จะนำไปเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติงานในสถานประกอบการต่างๆ เมื่อจบการศึกษาไปแล้ว

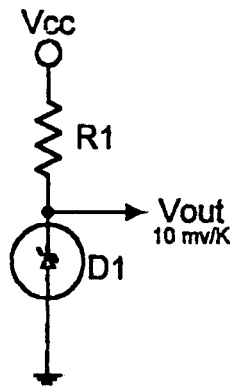
โครงงาน REMOTE DATA นี้ได้คำแนะนำจาก รศ. พิพัฒน์ เลหาสงคราม ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ได้ชี้แนะว่า เมื่อได้ศึกษาค้นทฤษฎีของตัว MICROCONTROLLER ตระกูล MCS-51 ในวิชา MICROPROCESSOR AND APPLICATIONS แล้ว ในโครงงานที่ทำการศึกษานำ MICROCONTROLLER ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้งาน เพื่อเป็นประโยชน์กับการศึกษา

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้เพื่อจะทำการศึกษาลังต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาอุปกรณ์การวัด ซึ่งได้แก่ ตัววัดอุณหภูมิ และหลักการของสัญญาณพัลส์ที่จะเข้าไปสู่ตัวนับของไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ศึกษาตัว MICROCONTROLLER ตระกูล MCS-51 (เบอร์ 8031) เพื่อใช้กับอุปกรณ์การวัด
3. ศึกษาวงจรต่อพ่วงกับอุปกรณ์ภายนอกของ MICROCONTROLLER อาทิ เช่น
  - หน่วยความจำ (EPROM) เบอร์ 2764
  - หน่วยความจำ (STATIC RAM) เบอร์ 6264
  - LATCHES เบอร์ 74LS373
4. วงจร ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้ MICROCONTROLLER
5. ศึกษาส่วนแสดงผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์
6. ทดลองวงจรส่วนต่างๆ ของด้าน HARDWARE ไซ้ร่วมกับ MICROCONTROLLER
8. ศึกษาทางด้าน SOFTWARE เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์การวัด ซึ่งได้แก่ ตัววัดอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์ที่ให้สัญญาณเป็นพัลส์
9. ศึกษาถึงการส่งข้อมูลระยะไกลจาก MICROCONTROLLER ตัวที่โปรแกรมการเก็บข้อมูลจากตัว SENSOR ทั้งสองโดยผ่าน RS-232 มายังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล และมีคีย์บอร์ดเป็นตัวเลือกโปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





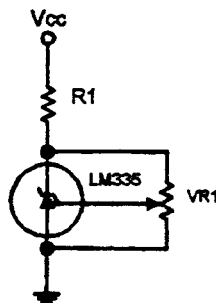
รูปที่ 2 วงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM 335

ที่อุณหภูมิที่  $25^{\circ}$  และที่กระแสเวอรัล 1 มิลลิแอมป์ แรงดันเอาต์พุตจากวงจรในรูปที่ 2 จะมีค่าความดัน ตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 2.98 โวลต์ (V.) ซึ่งได้จาก  $(273+25) \times 10^{-3}$  โดยมีข้อจำกัดทางด้านแรงดันต่ำสุดและสูงสุด มีค่าเท่ากับ 2.98 โวลต์ และ 3.04 โวลต์ ตามลำดับ ค่าของ  $R_1$  ที่ใช้สามารถคำนวณได้จากกระแสที่ไหลผ่านไอซีตัวนี้เท่ากับ 1 มิลลิแอมป์ โดยใช้สมการ

$$R1 = \frac{V - V_{out}}{0.001}$$

โดยที่ V คือแรงดันไฟเลี้ยงวงจรและ  $V_{out}$  คือ แรงดันเอาต์พุตของไอซี นี้ ซึ่ง  $R_1$  นี้จะมีค่าประมาณ  $(V-3)K$  โอห์มที่สำคัญของไอซี LM 335 นี้ก็คือ จะให้เอาต์พุตที่เป็นเชิงเส้นซึ่งไม่เหมือนกับเอาต์พุตที่ได้จากการตรวจจับอุณหภูมิส่วนใหญ่ซึ่งเอาต์พุตจะไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ ซึ่งที่จริงแล้วถ้าเรานำเอาค่าแรงดันเอาต์พุตมาเขียนเป็นกราฟระหว่างค่าแรงดันกับอุณหภูมิตลอดย่านการทำงานของไอซี ตัวนี้ เมื่อลากเส้นกราฟไปตัดแกนอุณหภูมิที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์ ค่าแรงดันที่อ่านได้จากกราฟจะเป็นศูนย์โวลต์

แม้ว่าเอาต์พุตของ LM 335 จากวงจรในรูปที่ 2 จะอยู่ภายในข้อจำกัดที่กำหนดมา เราก็ควรมีการต่อขาสำหรับปรับแต่งความถูกต้องซึ่งมีอยู่โดยการต่อตัวต้านทานปรับค่าเพียงตัวเดียว ครอบ LM 335 ดังแสดงในรูปที่ 3 ในการใช้งานให้ปรับค่า  $VR_1$  ให้เอาต์พุตเท่ากับ 2.982 โวลต์ เมื่ออุณหภูมิอยู่ที่  $25^{\circ}$  เพื่อที่จะให้เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้น ตลอดย่านอุณหภูมิที่ใช้งาน



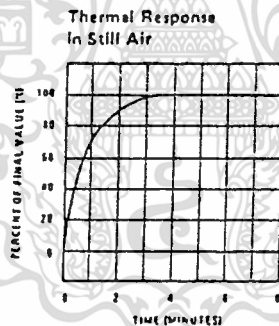
รูปที่ 3 การปรับแต่งความถูกต้องโดยใช้ความต้านทานเพียงตัวเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับความถูกต้องของอุณหภูมิเพียงครั้งเดียว จะให้ถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิที่ใช้งาน นั่นก็เนื่องจากเอาท์พุทจะแปรผันโดยเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยเอาท์พุทจะลดลงเป็น ศูนย์โวลท์ที่อุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ ดังนั้นการปรับค่าความลาดชันที่อุณหภูมิค่าหนึ่งให้ถูกต้อง จะทำให้เกิดความถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิ ซึ่งการปรับค่าความถูกต้องจะทำได้ง่ายกว่าพวก อุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น เช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เป็นต้น

### 1.1 ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัว

ไม่ว่าระบบตรวจจับอุณหภูมิใดๆ ก็ตาม ความร้อนใดๆ ที่เกิดขึ้นจากกระแสที่ไหลผ่าน อุปกรณ์ที่ตรวจจับจะมีผลต่อค่าอุณหภูมิของหัวมัน ตลอดจนแรงดันเอาท์พุทที่เกิดขึ้น สำหรับ LM 335 นั้นควรจะให้ทำงานที่กระแสต่ำสุด ซึ่งเพียงพอที่จะขับให้วงจรภายในไอซีทำงานได้ เมื่อ คำนวณค่าของ  $R_1$  จะยอมให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อขนานกับไอซี สำหรับที่ กระแสเอาท์พุทใดๆ โดยกระแสประมาณ 400 ไมโครแอมป์ จะเป็นกระแสต่ำสุดที่ไอซีนีทำงาน ได้ปกติ



รูปที่ 4 เวลาการตอบสนองของ LM 335 ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอากาศ

ถ้าตัวตรวจจับถูกใช้ในสถานที่ซึ่งค่าความต้านทานทางอุณหภูมิต่อสิ่งแวดล้อมนั้นมีค่าคงที่ ค่าความผิดพลาดจากความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวเองสามารถที่จะปรับให้ถูกต้องได้ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ นั้นทำงานด้วยกระแสคงที่ โดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์แต่ละแปรผัน โดยตรงกับ แรงดันซีเนอร์ และอุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังนั้นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากความร้อนใน ตัวเองจะแปรผันโดยตรงกับค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ และความเป็นเชิงเส้นของสเกลอุณหภูมิที่รักษาไว้

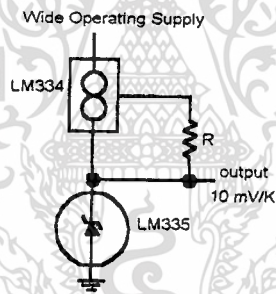
## 1.2 คุณสมบัติเฉพาะตัว

ในวงจรทั่วไปของ LM 335 ซึ่งไม่ได้ปรับค่าความถูกต้องไว้ให้ทำงานที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ ค่าความผิดพลาดเนื่องจากอุณหภูมิจะเท่ากับ  $2^\circ$  (สูงสุด  $6^\circ$ ) ที่อุณหภูมิ  $25^\circ$  หรือ  $4^\circ$  (สูงสุด  $9^\circ$ ) ตลอดย่านการทำงาน เมื่อได้มีการปรับค่าความถูกต้องไว้ ค่าความผิดพลาดที่อุณหภูมิจำกัดไว้เป็น  $2^\circ$  ความไม่เป็นเชิงเส้นที่ค่ากระแส 1 มิลลิแอมป์ จะเท่ากับ  $0.3^\circ$  ตลอดย่านที่ใช้งาน

ในอากาศ อุปกรณ์ตัวนี้ต้องใช้เวลาประมาณ 3 นาที ที่จะมีค่าอุณหภูมิสุดท้ายหลังจากที่อุณหภูมิได้เปลี่ยนไป (ในรูปที่ 4) ค่าคงที่ของเวลาจะมีค่าตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 80 วินาที

ในน้ำมันที่ไหลวนให้เคลื่อนไปมา ค่าอุณหภูมิสุดท้ายจะถึงภายในเวลาประมาณ 3 วินาที (ค่าคงที่ของเวลาจะเท่ากับ 1 วินาที ตามที่ออกแบบไว้) อุปกรณ์จะคงที่อยู่ภายในช่วง  $0.2^\circ$  ตลอด 1,000 ชั่วโมง ถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิ  $125^\circ$

ค่าไดนามิกอิมพีแดนซ์จะน้อยกว่า 1 โอห์ม ที่ความถี่สูงกว่า 1 กิโลเฮิรตซ์ (KHz) (ตามที่ออกแบบไว้) แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 20 โอห์ม-30 โอห์ม ที่ความถี่ 100 กิโลเฮิรตซ์



รูปที่ 5 วงจรที่สามารถทำงานกับแหล่งจ่ายไฟได้ในย่านกว้าง

วงจรในรูปที่ 2 และ 3 เหมาะสำหรับใช้เมื่อแรงดันไฟเลี้ยงวงจรมีค่าค่อนข้างคงที่ ถ้าคาดว่าแรงดันไฟเลี้ยงวงจรจะเปลี่ยนแปลงในย่านกว้าง ควรจะใช้ LM 334 ซึ่งเป็นตัวจ่ายกระแสคงที่ร่วมกับตัวต้านทานภายนอก ดังในรูปที่ 5 เพื่อกำหนดค่ากระแสของ LM 335 ให้ค่าประมาณ 1 มิลลิแอมป์ สำหรับทุกๆ ค่าของไฟเลี้ยงวงจร

## บทที่ 2

### วงจรเปิดเกตสำหรับอุปกรณ์ เซ็นเซอร์ (SENSOR) ที่ให้สัญญาณพัลส์ (PULSE)

วงจรเปิดเกตจะทำหน้าที่รับสัญญาณพัลส์ที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับเซ็นเซอร์ส่งผ่านให้กับ วงจรฐานเวลา (Time Base) เพื่อทำหน้าที่ในการเปิดเกต ซึ่งจะทำได้จำนวนพัลส์ที่จะไปป้อนให้ กับตัวนับ (Counter) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในส่วนของวงจรเปิดเกตสำหรับอุปกรณ์ เซ็นเซอร์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6

อุปกรณ์เซ็นเซอร์อาจจะเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์สารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น ฮอป โตรานส์ซิสเตอร์ (opto-transistor) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการตรวจจับวัตถุที่ผ่านเข้ามาตามสายงาน แล้วทำการนับด้วยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการขนถ่ายวัสดุในโรงงานอุตสาหกรรม หรืออาจจะใช้ในการตรวจจับค่าของความเร็วลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะขอ ยกตัวอย่างการใช้สัญญาณพัลส์ที่ได้จากเซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วลมป้อนให้กับวงจรเปิดเกตแล้ว ทำการนับสัญญาณพัลส์ที่ได้โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

#### 2.1 พลังงานลมและการวัดความเร็วลม

พลังงานลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งไม่มีวันหมดไปจากโลก เนื่องจากการเกิดของลมเป็นผล มาจากการไหลของอากาศ จากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า บริเวณที่มี อุณหภูมิสูงอากาศจะลอยขึ้นสูง ทำให้ความหนาแน่นลดลง อากาศบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะ ไหลเข้าไปชดเชยให้ความหนาแน่นเท่ากัน การที่ควงอาทิตย์ส่องแสงถูก โลกเพียงด้านเดียวเสมอ เป็นผลให้อุณหภูมิของผิวโลกในแต่ละภูมิภาค แต่ละแห่งไม่เท่ากัน จึงทำให้มีลมเกิดขึ้นใน โลกตลอดเวลา หรือกล่าวได้ว่า ลมคือการเคลื่อนที่ของอากาศนั่นเอง ซึ่งความเร็วลมจะแตกต่างกัน ไปแล้วแต่ลักษณะของภูมิภาค และ ณ ระดับความสูงต่างๆ ก็จะมีความเร็วลมต่างกัน ซึ่ง สูตรการคำนวณความเร็วลม ณ ระดับต่างๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

$$V_x = V_r (h/30)^{1/n}$$

เมื่อ  $V_x$  = ความเร็วลมที่ระดับความสูง  $h$  ระดับที่ต้องการทราบ

$V_r$  = ความเร็วลมที่ระดับอ้างอิง ความสูง 30 ฟุต

$h$  = ความสูงเหนือพื้นดิน

$1/n$  = เป็นค่าประมาณของการเพิ่มกำลัง

ปริมาณที่แทนค่าสำหรับค่า  $n$  ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิภาค

$n = 7$  ในกรณีที่เป็นที่โล่งแจ้ง ในชนบท ในทุ่งนา หรือที่ระดับภูมิภาคเป็นคลื่น เล็กน้อย

$n = 5$  ในกรณีที่เป็นที่คลื่นอย่างมาก และมีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่  $n = 3$  ในกรณีที่เป็นที่รอนเมืองและใกล้รอบเมือง และพื้นที่เต็มไปด้วยสิ่งกีดขวาง การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประมาณความเร็วลมอย่างหยาบๆ สามารถทำได้ด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ ตามตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความเร็วลม

ช่วงความเร็วลม (km/hr)	ปรากฏการณ์
0	ควีนลอยขึ้นตรงๆ
1-5	ทิศทางของลมแสดงโดยการเคลื่อนที่ของควีนในอากาศแต่ไม่ทำให้หางเสือของเรือซึ่งทิศทางลมเคลื่อนที่
6-11	รู้สึกว่าการกระทบผิวหนัง ใบไม้เคลื่อนไหว หางเสือของเรือซึ่งทิศทางลมเคลื่อนที่โดยง่าย
12-19	ใบและกิ่งเล็กๆของต้นไม้แกว่งด้วยความเร็วคงที่ ธงผืนเล็กๆ เคลื่อนไหว
20-29	พัดฝุ่น และกระดาษปลิวขึ้น กิ่งไม้เคลื่อนไหว
30-39	ต้นไม้เล็กๆ เริ่มเอน เกิดคลื่นเล็กๆ ในสระน้ำหรือทะเลสาบ
40-49	สายโทรเลขสั้นไหว ยากต่อการกางร่ม
50-59	ต้นไม้ใหญ่เอนตามลม เดินกลางสายลมลำบาก
60-69	กิ่งของต้นไม้ใหญ่หัก
70 ขึ้นไป	บ้านและสิ่งของต่างๆ ถูกลมพัดหรือถอน

การวัดความเร็วลมจะให้ค่าข้อมูลความเร็วลมในขณะที่สังเกต และการบันทึก การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน จะต้องบันทึกข้อมูลออกเป็นช่วงๆ เช่น ทุกๆ ชั่วโมง ซึ่งถ้าใช้วิธีการสังเกตและจดบันทึกจากเครื่องวัดความเร็วลมจะทำได้ลำบาก จึงจำเป็นที่จะให้เครื่องวัดความเร็วลมนั้นสามารถบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติได้ช่วย การบันทึกข้อมูลของเครื่องวัดความเร็วลมโดยอัตโนมัติทำได้โดยการประยุกต์ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) เข้ามาควบคุมการทำงาน ในการประยุกต์จะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8031 มาใช้ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์นี้มีข้อดีคือ

- มีการแยกหน่วยความจำข้อมูลกับหน่วยความจำโปรแกรมออกจากกัน ทำให้สะดวกในการเขียนโปรแกรมการทำงาน

- มีการทำงานทางคณิตศาสตร์ และอินพุท เอาท์พุทแยกบิตได้โดยตรง

เอกสารนี้จะมีพอร์ตอินพุท และพอร์ตเอาท์พุทในตัว 4 พอร์ต เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีหน่วยความจำชนิดแรม (RAM) ภายในตัวเองจำนวน 128 ไบต์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมภายในตัว
- ใช้งานที่มีความถี่สัญญาณนาฬิกาได้สูงถึง 16 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ทำให้ทำงานได้รวดเร็ว
- มีการขัดจังหวะ (interrupt) ในการใช้งานถึง 5 การขัดจังหวะ
- อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์บนชิป

หลังจากที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลของความเร็วลมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งติดตั้งอยู่กับเครื่องวัดความเร็วลมบนที่สูงๆ จึงเป็นการไม่สะดวกที่เราจะป็นขึ้นไปดูข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการส่งข้อมูลที่บันทึกไว้โดยผ่าน RS-232 ลงมายัง เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งไว้ข้างล่าง ซึ่งที่ตัวคอมพิวเตอร์นี่จะเป็นตัวส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวข้างบนทำการส่งข้อมูลลงมาแสดงผลที่จอของเครื่องคอมพิวเตอร์ ว่าขณะนั้นความเร็วลมมีค่าเป็นเท่าไร หรือว่าจะแสดงผลทุกๆ ชั่วโมง ทุก 5 นาที (ในกรณีที่เราเห็นว่าขณะนั้นมีความเร็วผิดปกติ) การส่งให้แสดงผลในช่วงเวลาใดนั้นเราสามารถทำได้โดยการโปรแกรมทางคีย์บอร์ด (keyboard) ที่อยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์ข้างล่าง

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการสะท้อนแสงจากแถบสีขาวมายังตัวรับของเครื่องวัด โดยที่ถ้ามีความเร็วลมมาก สัญญาณพัลส์ที่เกิดก็จะมีค่าถี่มาก ถ้ามีความเร็วลมต่ำ สัญญาณพัลส์ที่เกิดก็จะมีค่าต่ำด้วย จากนั้นสัญญาณพัลส์ดังกล่าวจะผ่านเข้าไปยังวงจรรูปร่างเวลาเปิดเกท เพื่อควบคุมการปล่อยสัญญาณพัลส์แล้วส่งต่อไปยังตัวนับของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ทำการประมวลผลต่อไป

เนื่องจากว่าจุดประสงค์ในการทำโครงการนี้ไม่ได้มุ่งเน้นไปในด้านเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเร็วลม และจะพบว่าเซ็นเซอร์ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้จึงใช้วิธีการสร้างสัญญาณพัลส์ที่ได้จากเซ็นเซอร์ดังกล่าว ด้วยเครื่องสร้างสัญญาณซิกแนลเจนเนอเรเตอร์ (signal generator) ผ่านวงจรมิททริกเกอร์ (schmitt-trigger) เพื่อกำเนิดสัญญาณพัลส์ (pulse) ขึ้นมา ซึ่งเปรียบเสมือนกับเป็นสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการสะท้อนแสงจากแถบสีขาวมายังตัวรับของเครื่องวัด โดยที่ถ้ามีความเร็วลมมาก สัญญาณพัลส์ที่เกิดก็จะมีค่าถี่มาก ถ้ามีความเร็วลมต่ำ สัญญาณพัลส์ที่เกิดก็จะมีค่าต่ำด้วย จากนั้นจะป้อนให้กับวงจรรูปร่างเวลาเปิดเกทปรับค่าได้ที่สร้างขึ้น เพื่อควบคุมการปล่อยสัญญาณพัลส์ โดยผ่านวงจรรวมกันกับสัญญาณที่มาจากเซ็นเซอร์ (ในที่นี้คือสัญญาณจากซิกแนลเจนเนอเรเตอร์) ก็จะได้สัญญาณพัลส์ที่เราจะนำไปนับที่ตัวนับของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 วงจรฐานเวลา (Time Base) สำหรับในการเปิดเกท

วงจรฐานเวลาจะสร้างสัญญาณเปิดเกทเพื่อให้สัญญาณพัลส์ผ่านเข้าไปยังตัวนับ (counter) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ซึ่งสามารถปรับช่วงเวลาการเปิดเกทได้ โดยใช้ไอซีเบอร์ LM 555 ต่อเป็นวงจรออสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์ (astable multivibrator) ซึ่งจะกำหนดช่วงเวลาการเปิด ( $t_1$ ) และช่วงเวลาการปิด ( $t_2$ ) ของสัญญาณทางเอาต์พุตได้ดังสมการต่อไปนี้

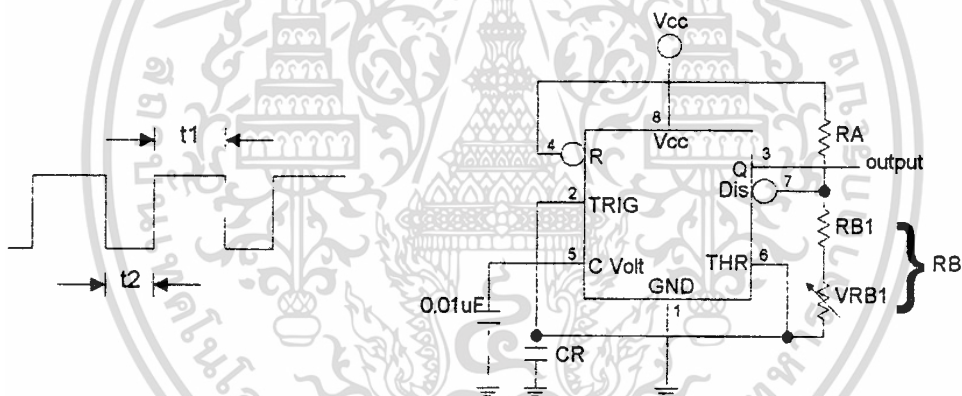
$$t_1 = 0.693(R_A + R_B)C_R$$

$$t_2 = 0.693R_B C_R$$

เมื่อ  $R_B$  = เป็นผลรวมของความต้านทานปรับค่าได้ VRB1 และ RB1 ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 7 กับขา 6 ของ LM 555

$R_A$  = ความต้านทานที่ต่ออยู่ระหว่างขา 7 กับแหล่งจ่าย VCC

$C_R$  = ค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ในการกำหนดพัลส์การเปิดเกท ซึ่งต่ออยู่ระหว่างขา 2 กับกราวด์



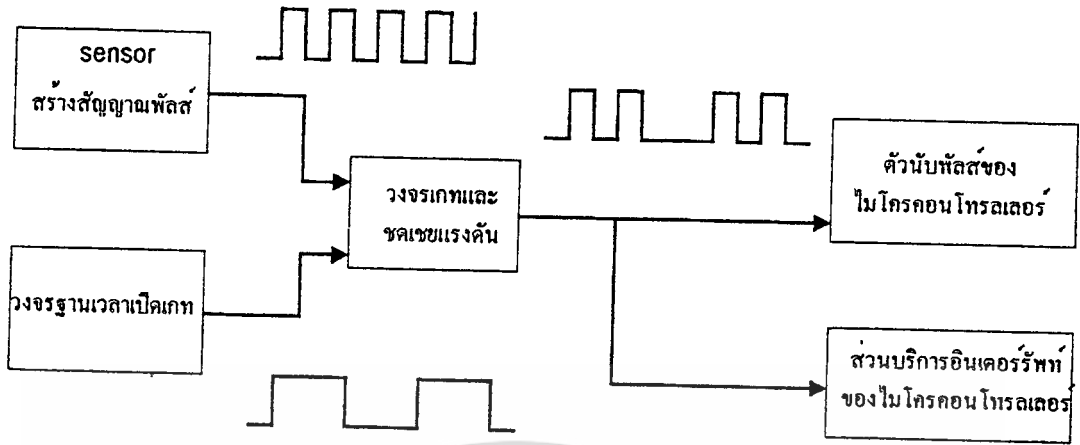
รูปที่ 6 ก.

รูปที่ 6 ข.

รูปที่ 6 แสดงวงจรฐานเวลาและสัญญาณออสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์ทางเอาต์พุตของ LM 555

จะเห็นได้ว่าช่วงเวลาของการ off ของสัญญาณ  $t_2$  จะแปรผันตามค่าความต้านทาน  $R_B$  และตัวเก็บประจุ  $C_R$  ทำให้สามารถปรับช่วงเวลาของการ off ของสัญญาณได้ โดยการปรับค่าของความต้านทาน  $R_B$

สัญญาณทางเอาต์พุตที่ได้จาก LM 555 (รูป 6 ก.) เมื่อนำมาผ่านวงจรถวนอินเวอร์เตอร์ (inverter) จะได้สัญญาณที่ใช้ในการเปิดเกทโดยที่ค่าของ  $t_2$  ก็คือช่วงเวลาในการนับพัลส์ที่เข้ามาจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ ดังรูปที่ 7 ซึ่งแสดงบล็อกไดอะแกรมของการปล่อยสัญญาณพัลส์แล้วจะถูกส่งผ่านเข้าไปยังตัวนับของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป



รูปที่ 7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการเล่นสัญญาณพัลส์เพื่อเข้าสู่ตัวนับของไมโครคอนโทรลเลอร์



## บทที่ 3

### MICROCONTROLLER 8031

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 เป็นซีพียู (CPU) ในตระกูล MCS-51 ของบริษัท อินเทล ถูกผลิตขึ้นมาให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานด้านระบบการควบคุมต่างๆ ในลักษณะที่เรียกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยว (single chip microcontroller) ดังนั้น ในโครงการนี้จึงได้ใช้ซีพียูเบอร์นี้เป็นตัวควบคุมการทำงานโดยจะเป็นตัวควบคุมการรับและส่งข้อมูลของหน่วยความจำโดยอาศัยหน่วยความจำภายนอกและพอร์ตอินพุต พอร์ตเอาต์พุตภายนอก เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ

#### 3.1 คุณสมบัติของซีพียูเบอร์ 8031 มีดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีขนาด 8 บิต (bit)
- หน่วยความจำภายใน 128 ไบต์ (byte)
- พอร์ต (port) สื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) 1 ช่อง
- ตัวจับเวลา/ตัวนับ (timer/counter) ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- โครงสร้างการอินเตอร์รัพต์ 5 แหล่ง
- สามารถอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- สามารถอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์บนชิป (chip)

#### 3.2 ลักษณะการจัดการกับหน่วยความจำภายนอก

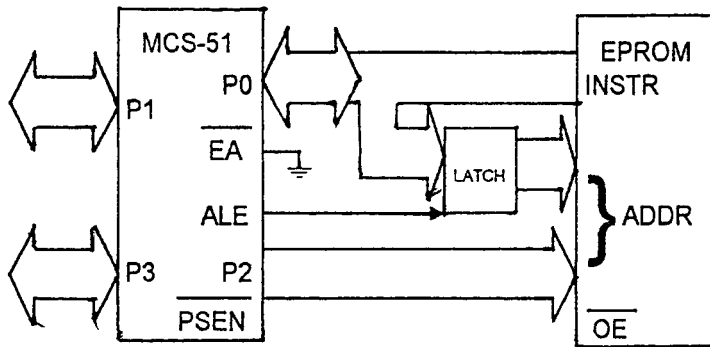
ในระบบของซีพียูเบอร์ 8031 จะมีการแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ลักษณะ ตามชนิดของข้อมูลที่เก็บดังนี้

- หน่วยความจำของข้อมูล (Data Memory)
- หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

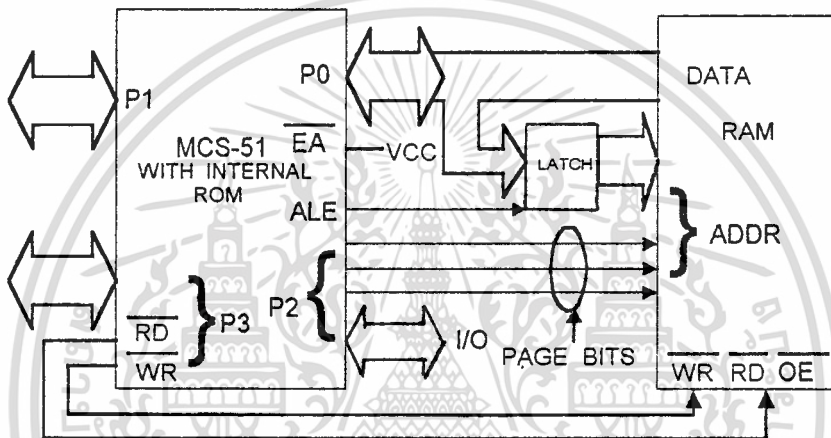
หน่วยความจำข้อมูล หมายถึง ส่วนที่เป็นแรม (RAM) ซึ่งเราสามารถอ่านหรือเขียนเป็นข้อมูล เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา แต่ไม่สามารถประมวลผลโปรแกรมบนหน่วยความจำนี้ได้

ส่วนหน่วยความจำโปรแกรม หมายถึง หน่วยความจำที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว (ROM) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่บรรจุโปรแกรมที่ต้องการให้ซีพียูทำงาน

โดยหน่วยความจำทั้ง 2 โปรแกรมนี้ ถูกแยกออกจากกันด้วยคำสั่งทางซอฟต์แวร์ (Software) และลักษณะการติดต่อกับฮาร์ดแวร์ (Hardware) ด้วย คือจะมีคำสั่งเฉพาะสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำชนิดใดชนิดหนึ่ง และจัดสัญญาณสตrobe (strobe signal) ในการติดต่อกับหน่วยความจำแต่ละชนิดแยกจากกันด้วย ดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 นี้ ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป



รูปที่ 9 แสดงการใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป กับหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปจำนวน 2 กิโลไบต์

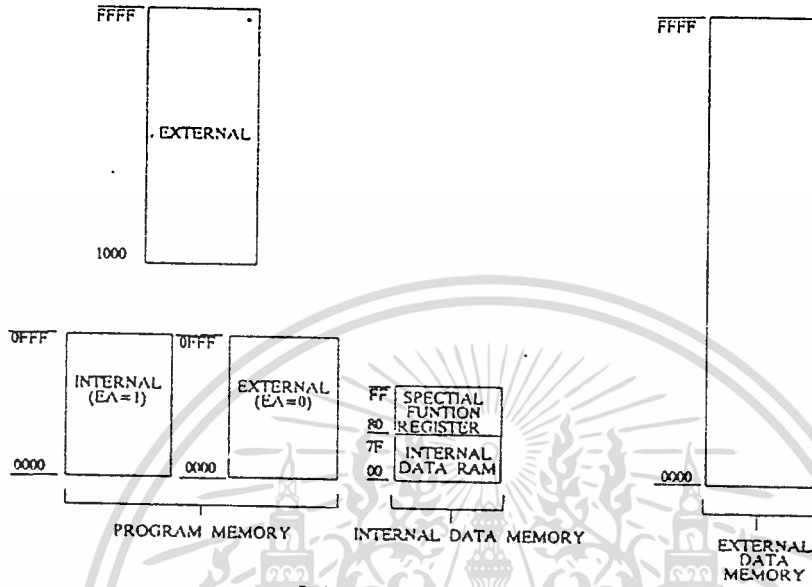
### หน่วยความจำโปรแกรม

ในหน่วยประมวลผลกลางเบอร์ 8031 จะไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเหมือน MCS 51 ดังนั้นต้องต่อร่วมกับหน่วยความจำภายนอกเพียงอย่างเดียว

### หน่วยความจำข้อมูล

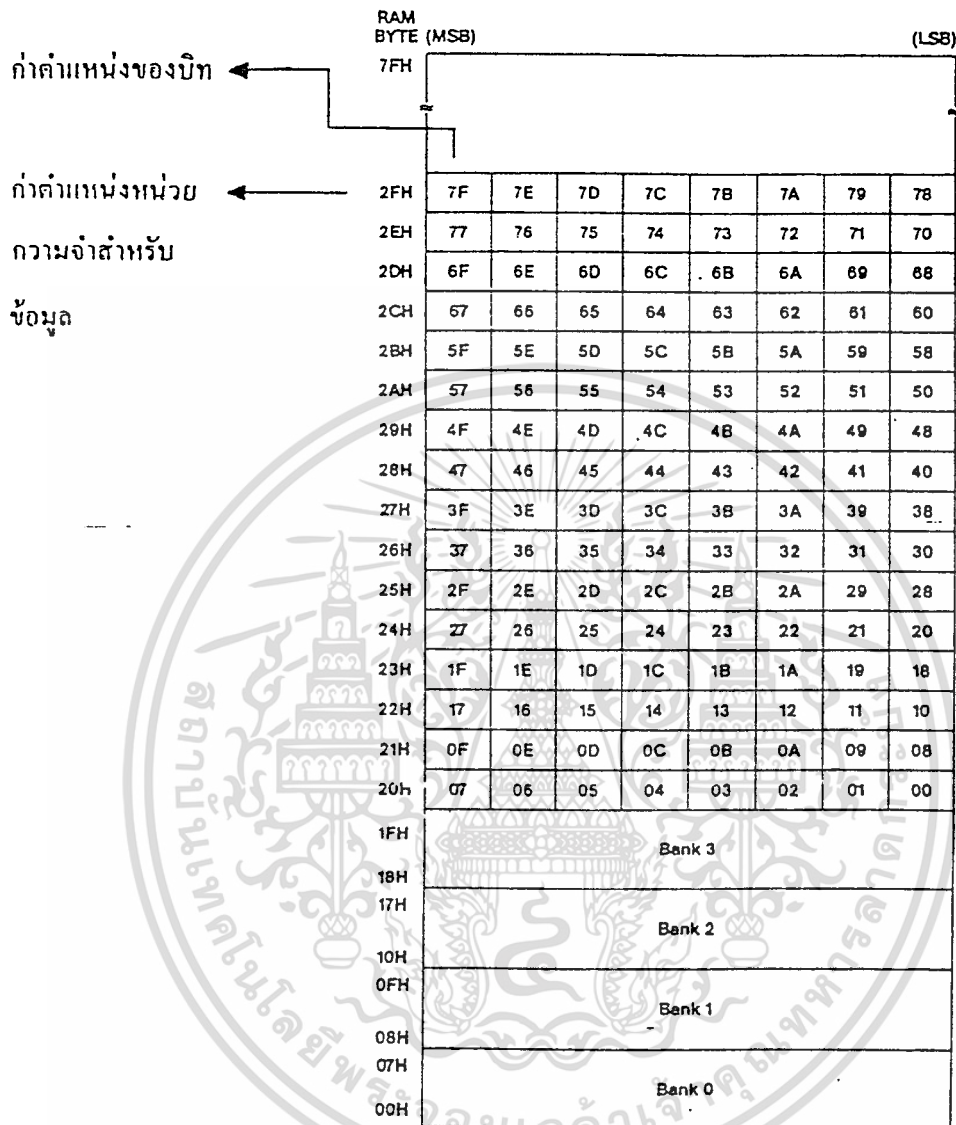
หน่วยความจำข้อมูลจะประกอบด้วยหน่วยความจำข้อมูลภายในและภายนอก หน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะเข้าถึงได้ด้วยการใช้คำสั่ง MOVX หน่วยความจำข้อมูลภายในจะแบ่งเป็นลักษณะงาน ดังนี้คือ จำนวน 128 ไบต์ ของบริเวณตำแหน่งล่างในเนื้อที่แรมภายใน และอีก 128 ไบต์ เป็นของบริเวณตำแหน่งบนของแรมภายใน ส่วนบนนี้จะมีเฉพาะในเบอร์ 8032/8052 เท่านั้น และส่วนของ 128 ไบต์ อีกบริเวณหนึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (SPECIAL FUNCTION REGISTER,SFR) ขณะที่ใช้ส่วนบนของแรมภายใน และบริเวณของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ ทั้งสองส่วนนี้จะถูกป้อนส่วนให้ใช้ค่าแอดเดรสภายใน แต่จะเข้าถึงในแต่ละบริเวณของทั้งสองบริเวณนี้ได้ด้วยการใช้โหมดการกำหนดเลขที่อยู่ที่แตกต่างกัน ซึ่งโหมดเหล่านี้จะอธิบายในหัวข้อต่อไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงถึงแผนที่ของหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงถึงแผนที่การกำหนดตำแหน่งบิต

รูปที่ 10 แสดงถึงแผนที่ของหน่วยความจำข้อมูล โดยแบ่งเป็น 4 แบนก์ (BANK) ในแต่ละแบนก์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัว มีตำแหน่งตั้งแต่ 0 ถึง 31 ในบริเวณกลางของ แรม แบนก์ เหล่านี้จะถูกเรียกใช้ให้อินาเบิ้ล (enable) ได้คราวละหนึ่งแบนก์เท่านั้น ด้วยการกำหนดเริ่มแรกภายในสองบิตของรีจิสเตอร์ PSWว่าจะเลือกใช้แบนก์ใดภายใน 4 แบนก์ และบริเวณตำแหน่งตั้งแต่ 20H ถึง 2FH จำนวน 16 ตำแหน่งๆ ละ 1 บิต สามารถที่จะกำหนดเลขที่อยู่ของแต่ละบิตได้ดังแสดงในรูปที่ 11 เป็นบิตแรมแอดเดรส จะได้พื้นที่ 128 บิตแอดเดรส เมื่อที่รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะสามารถที่จะกำหนดได้ดังแสดงในรูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Direct Byte Address	MSB								LSB								Hardware Register Symbol		
240	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0										B	
224	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0										ACC	
208	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV		P										PSW	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0											
184									PS	PT1	PX1	PT0	PX0						IP
	-	-	-	BC	BB	BA	B9	B8											
176	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0										P3	
168	EA			ES	ET1	EX1	ET0	EX0										IE	
	AF	-	-	AC	AB	AA	A9	A8											
160	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0										P2	
152	SM0	SM1	SM2	REN	THS	RB8	TI	RI										SCON	
	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98											
144	97	96	95	94	93	92	91	90										P1	
136	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0										TCON	
	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88											
128	87	86	85	84	83	82	81	80										P0	

รูปที่ 12 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ และ บิตแอดเดรสของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

### 3.3 การต่อหน่วยประมวลผลกลาง กับหน่วยความจำภายนอก

เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการจึงต้องมีการกำหนดขาของหน่วยประมวลผลกลางเข้ากับการต่อรวมกันกับวงจรภายนอก โดยอธิบายได้ดังนี้

ขา EA/Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขาีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขาีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิปหรือจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปด้วยการต่อขา EA กับไฟเลี้ยงหรือกราวด์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป เช่น 8031 ก็ให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

ขาพอร์ต 0 (P0) (ขา 32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0-P0.7) แบบขนานสองทิศทาง (Open Drain Bidirectional) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาท์พุตพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอยทำให้มีความต้านทานสูง (high impedance) นอกจากใช้งานเป็นอินพุตเอาท์พุตพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และข้อมูลภายนอกชิปด้วย โดยส่งค่าแอดเดรสไบต์ค่า (A0-A7) และมัลติเพล็กซ์ (multiplex) กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอกในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูล โดยมี วงจรพูลอัพ (pull up) ภายใน

ขาพอร์ต 2 (P2) (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) ขนาด 8 บิต แบบขนานสองทิศทาง พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุทเอาต์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งาน เป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะความ ต้านทานสูง นอกจากนี้จะใช้งานเป็นอินพุทเอาต์พุทพอร์ตทั่วไปแล้ว พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสไบต์ สูง (A8-A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน

ขาพอร์ต 3 (P3) (ขา 10-17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) สามารถใช้ งานเป็นอินพุทเอาต์พุทพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยัง แต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะความต้านทานสูง โดยใช้วงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้ งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ อีกหลายอย่างดังนี้

- ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลจากภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลออกไปภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณการขัดจังหวะชนิดที่ 0 (INT0)
- ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณการขัดจังหวะชนิดที่ 1 (INT1)
- ขา P3.4 สัญญาณอินพุทให้ตัวนับ (Counter) ของไทม์เมอร์ 0 (Timer 0)
- ขา P3.5 สัญญาณอินพุทให้ตัวนับของไทม์เมอร์ 1
- ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายนอกชิป
- ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายนอกชิป

ขา ALE/PROG (ขา 30) จะเป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการ แลตซ์ค่าแอดเดรสไบต์ค่า (Address latch enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความ จำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอก ขานี้ จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ไรต์ตลอดเวลา ดังนั้นเรา สามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่าง ติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป

ขา RD เป็นขาสัญญาณการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

ขา WR เป็นขาสัญญาณการเขียนข้อมูลจากหน่วยประมวลผลกลางไปยังหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญญาติเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ข้อมูลภายนอก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (Program strobe enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมจากภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบสองครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล (machine cycle) แต่ในช่วงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกหรือเมื่อใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้

การจัดการกับข้อมูลในการเข้าถึงตัวหน่วยประมวลผลกลาง, หน่วยความจำ, หน่วยพอร์ต อินพุตเอาต์พุตต่างๆ หน่วยตัวจับเวลาและตัวนับ, หน่วยควบคุมการขัดจังหวะ หน่วยการจัดการแปลงสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีลักษณะการใช้คำสั่งที่แตกต่างจากไมโครโปรเซสเซอร์ต่างๆ ไป โดยลักษณะทางสถาปัตยกรรม ซึ่งการเข้าถึงข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเร็วกว่า เนื่องจากคำสั่งการกำหนดตำแหน่งจะเรียกตำแหน่งที่อยู่จริงไม่ว่าจะเข้าถึงที่หน่วยใดของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งทุกหน่วยที่อยู่ภายในชิปตัวเดียวจะถือเป็นการกำหนดตำแหน่งนั้นโดยตรง หรือเป็นค่าตำแหน่งของรีจิสเตอร์หนึ่งในหลายๆ รีจิสเตอร์ของสถาปัตยกรรมตัวชิปนั้นๆ นอกจากต้องการกำหนดข้อมูลเข้าถึงนอกชิปที่ต้องต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมภายนอกเข้ามา ซึ่งชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะมี การเข้าถึงข้อมูลลักษณะนี้ได้เช่นกัน

การเข้าถึงของข้อมูลในรูปของคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแบ่งเป็นลักษณะงานได้ดังนี้

-การกำหนดเลขที่อยู่โดยรีจิสเตอร์

ด้วยการใช้ข้อมูลในรีจิสเตอร์ทำงานในแบงก์ที่ถูกเลือกในขณะนั้น ชื่อรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดสามารถใช้เป็นตัวถูกดำเนินการ เป็นได้ทั้งตัวต้นกำเนิดและตัวรับการถ่ายเทข้อมูลรีจิสเตอร์ A, DPTR, R0 ถึง R7 เท่านั้นที่ใช้เป็นชื่อส่วนหนึ่งของตัวถูกดำเนินการในนิวมอนิก แต่จะต้องระวังว่า R0 ถึง R7 ทำงานอยู่ในแบงก์ไหนในขณะนั้นด้วยการติดตั้งบิต RS0 และ RS1 ในรีจิสเตอร์ PSW ในการเลือกใช้งานแบงค์รีจิสเตอร์

-การกำหนดเลขที่อยู่โดยตรง

ด้วยการใช้เลขที่อยู่ตามตำแหน่งของแรมภายในพอร์ตไอโอ หรือกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ เป็นวิธีเดียวที่เข้าถึงข้อมูลทางฮาร์ดแวร์กลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ และแรมภายในขนาด 128 ไบต์ต่ำ (00H-7FH) ได้ ด้วยการใช้รหัสฮอปโค้ดของคำสั่งขนาดหนึ่งไบต์ที่เป็นตัวถูกดำเนินการชี้ตำแหน่งเหล่านี้

-การกำหนดเลขที่อยู่รีจิสเตอร์โดยอ้อม

ด้วยการใช้ค่าในรีจิสเตอร์ทำงานเป็นตัวชี้ตำแหน่ง ค่าข้อมูลของแรม ภายในชิป ซึ่งจะใช้ค่าข้อมูลที่อยู่ใน R0 และ R1 ของแบงก์ที่ถูกติดตั้งให้ทำงานเท่านั้นเป็นค่าดัชนีหรือตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลภายใน 256 ไบต์ แบ่งเป็นบล็อกจำนวน 128 ไบต์ของแรมภายใน และบล็อกสูงอีก 128 ไบต์ของแรมภายใน ซึ่งจะมีเฉพาะในเบอร์ 8032/8052 เครื่องหมายที่บ่งชี้การใช้โหมดนี้

ในตัวดำเนินการของนิวมอนิกคือเครื่องหมาย "at" (@) หมายความว่า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การกำหนดเลขที่อยู่ข้อมูลโดยทันที

ด้วยการใช้ข้อมูลขนาด 1 ไบต์คงที่ภายในคำสั่งซึ่งเป็นวิธีที่ธรรมดาที่สุดที่จะรับข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เป็นส่วนหนึ่งของรหัสคำสั่งไปยังตัวรับการถ่ายเทข้อมูล ดังนั้นข้อมูลต้นกำเนิดก็จะเป็นข้อมูลโดยทันทีจากรหัสคำสั่งของมันเอง ตัวถูกดำเนินการจะใช้เครื่องหมาย POUND (#) เป็นตัวบ่งชี้ว่าเป็นข้อมูลโดยทันที

โหมดสามโหมดแรกเป็นการเข้าถึงแรมภายใน และวงจรรีจิสเตอร์ต่างๆ ภายใน ตามโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของ MCS-51 นอกจากนี้จะเป็นตัวส่งข้อมูลในโอเปอร์เรนด์ฟิลด์แล้ว ยังใช้เป็นตัวรับการถ่ายเทข้อมูลในโอเปอร์เรนด์ฟิลด์ได้อีกด้วย ส่วนโหมดที่ 4 เนื่องจากโอเปอร์เรนด์ฟิลด์เป็นข้อมูลคงที่ จึงเป็นตัวส่งข้อมูลคงที่นี้โดยเฉพาะเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลโดยทั่วๆ ไปนั้น ข้อมูลทุกๆ บิต จะถูกรับหรือส่งออกไปในเวลาเดียวกัน เช่น การอ่าน (Read) หรือการเขียน (Write) ข้อมูลลงในหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งเราเรียกการรับส่งข้อมูลในลักษณะนี้ว่า "การรับส่งข้อมูลแบบขนาน (PARALLEL COMMUNICATION)"

สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงการรับส่งข้อมูลอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นการรับส่งข้อมูลที่ละบิต แทนที่จะทำการส่งข้อมูลพร้อมกันทุกบิตในเวลาเดียวกัน การรับส่งข้อมูลแบบนี้มีชื่อว่า "การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (SERIAL COMMUNICATION)"



รูปที่ 13 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งจะทำการส่งข้อมูลที่ละ 1 บิต

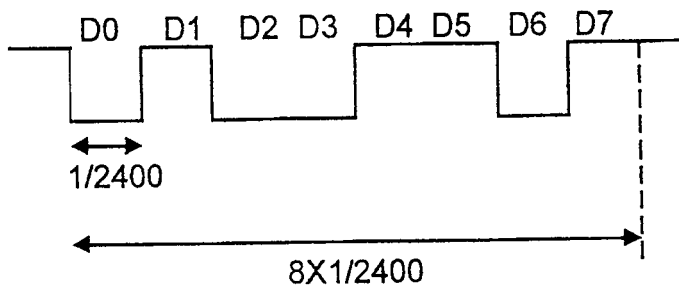
สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบขนานนั้น ถึงแม้ว่าจะมีความเร็วสูงกว่าแบบอนุกรมอยู่มากก็ตาม แต่ก็ต้องใช้จำนวนสายในการส่งผ่านข้อมูลเป็นจำนวนมากกว่าแบบอนุกรม ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการวางสายโดยไม่จำเป็น และยังมีการลดทอนของสัญญาณมากกว่าแบบอนุกรมอีกด้วย ทำให้เกิดความผิดพลาดในการส่งผ่านข้อมูลขึ้นได้ง่าย ดังนั้นในการส่งผ่านข้อมูลในระยะทางไกลๆ เรามักจะเลือกใช้การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เพื่อลดจำนวนของสายส่งซึ่งจะช่วยในการลดค่าใช้จ่ายในการวางสายลงได้อย่างมาก ถึงแม้ว่าการรับส่งข้อมูลแบบนี้จะมีความยุ่งยากและช้ากว่าการรับส่งข้อมูลแบบขนานอยู่บ้างก็ตาม

#### 4.1 อัตราความเร็ว (BAUD RATE)

สิ่งที่สำคัญมากสิ่งหนึ่งในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้ก็คือ ความถี่ที่ใช้ในการส่งข้อมูล ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กันระหว่างอุปกรณ์ที่ทำการรับและส่งข้อมูล ความถี่ที่ใช้นี้มีชื่อเรียกว่า "อัตราความเร็ว (baud rate)" ซึ่งมีความหมายถึง "อัตราการรับส่งข้อมูลเป็นจำนวนบิต ใน 1 วินาที" ถ้าหากว่าเครื่องส่งใช้ อัตราความเร็วที่ไม่สัมพันธ์กับเครื่องรับแล้ว ก็จะทำให้การรับส่งข้อมูลเกิดผิดพลาดขึ้นได้

โดยทั่วไปค่าของอัตราความเร็วนั้นจะใช้ค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ 110, 150, 300, 1200, 4800 และ 9600 บิตต่อวินาที สำหรับในที่นี้จะสมมติว่าต้องการที่จะส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยอัตรา 2400 baud (2400 บิตต่อวินาที) และข้อมูลที่ต้องการจะส่งก็คือ 0B2H หรือ 10110010B

ซึ่งเราสามารถที่จะแสดงได้ในรูปของสัญญาณดังรูปที่ 14 นั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 แสดงสัญญาณของข้อมูลที่ถูกส่งไปตามสายส่งสัญญาณ

จากรูปเห็นได้ถึงความกว้างของสัญญาณของแต่ละบิต จะมีค่าเท่ากับ  $1/\text{BAUD RATE}$  วินาที ซึ่งจากอัตราความเร็วที่เราต้องการใช้คือ 2400 baud นั้น จะทำให้ความกว้างของแต่ละบิตที่จะส่งไปตามสายส่งนี้ทำให้เราสามารถที่จะคำนวณเวลาที่จะต้องใช้ในการรับส่งข้อมูลแต่ละไบต์ (8 บิต) ได้เท่ากับ  $8 \times 416$  ไมโครวินาที ( $\mu\text{s}$ ) หรือ 3328 ไมโครวินาที อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ จึงมีการเพิ่มบิตต่างๆ ลงไปในแต่ละไบต์ ของข้อมูล เพื่อช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เครื่องรับได้รับเข้ามา (แต่ไม่ได้หมายความว่าเมื่อเพิ่มบิตต่างๆ เหล่านี้เข้าไปแล้ว จะทำให้การส่งผ่านข้อมูลมีความถูกต้อง 100%) สำหรับบิตต่างๆ ที่เพิ่มเข้ามานี้ ก็คือบิตเริ่มต้น (START BIT), บิตหยุด (STOP BIT) และ พาริตีบิต (PARITY BIT) ซึ่งจะทำให้ข้อมูลในแต่ละไบต์ที่ส่งออกไปนี้มีมากกว่า 8 บิต และเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลก็จะมากขึ้นตามไปนี้

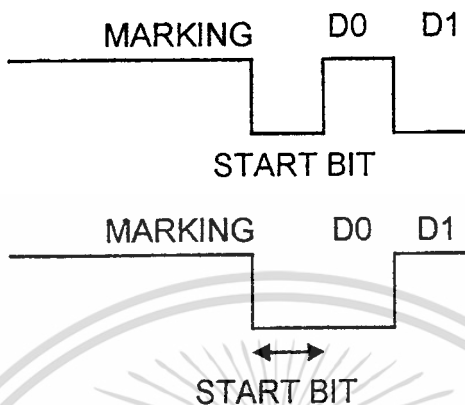
#### 4.2 บิตเริ่มต้น (START BIT)

ในการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมนี้ เราจำเป็นต้องทำให้อุปกรณ์ที่จะรับข้อมูลทราบว่าข้อมูลที่ส่งมานั้นเริ่มต้นที่จุดใด ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องเพิ่มข้อมูล 1 บิต ลงไปก่อนหน้าข้อมูลจริง (ACTUAL DATA) ที่จะทำการส่ง (การส่งอนุกรมจะส่งบิต D0 เป็นบิตแรก และบิต D7 เป็นบิตสุดท้าย) นั่นก็คือทำการเพิ่มบิตนี้ลงไปข้างหน้าบิต D0 นั่นเอง และเรียกบิตนี้ว่า "บิตเริ่มต้น (START BIT)"

หน้าที่ของบิตเริ่มต้นนี้นอกจากจะใช้ในการบอกว่าข้อมูลนั้นเริ่มต้นที่ใดแล้ว ยังทำงานร่วมกับบิตหยุด (STOP BIT) (ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป) เพื่อช่วยให้การแยกข้อมูลแต่ละชุดออกจากกัน และความกว้างของบิตนี้จะเท่ากับความกว้างของบิตอื่นๆ ในข้อมูลที่จะส่ง (D0-D7)

เมื่ออุปกรณ์ที่จะส่งข้อมูลยังไม่ได้ทำการส่งข้อมูลใดๆ ออกมานั้น สายส่งจะอยู่ในสถานะที่เรียกว่า "มาร์คกิ้ง (MARKING)" ซึ่งเป็นสถานะที่ไม่มีการรับส่งข้อมูลใดๆ เกิดขึ้นในที่นี้เราจะสมมติให้มาร์คกิ้งของสายส่งเป็นลอจิก "1" บิตเริ่มต้นที่จะเพิ่มเข้าไปนี้จะมีลอจิกที่ตรงข้ามกับลอจิกของมาร์คกิ้ง ดังนั้นในกรณีนี้บิตเริ่มต้นจะมีลอจิกเป็น "0"

สำหรับบิตเริ่มต้นนี้จะมี ความกว้างเท่ากับ 1 บิตของข้อมูล เช่น ใน 1 บิตของข้อมูลมีความยาวเท่ากับ 413 ไมโครวินาที บิตเริ่มต้นก็จะมี ความกว้างของสัญญาณเท่ากับ 413 ไมโครวินาทีด้วย ในรูปที่ 15 จะแสดงให้เห็นถึงบิตเริ่มต้นที่เพิ่มเข้าไปก่อนหน้าข้อมูล (ก่อนหน้า D0)



รูปที่ 15 แสดงการเพิ่มบิตเริ่มต้นเข้าไปก่อนหน้าบิต D0 ในกรณีที่บิต D0 เป็น "1" และ "0" ตามลำดับ

#### 4.3 พาริตีบิต (PARITY BIT)

สำหรับบิตนี้จะทำหน้าที่ในการบอกให้ส่วนรับข้อมูลทราบว่า ข้อมูลที่ได้รับเข้ามานั้นมีความถูกต้องเหมือนกับข้อมูลที่ถูกส่งออกมาหรือไม่ (ถึงแม้ว่าการตรวจสอบบิตนี้จะไม่พบความผิดพลาด แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าข้อมูลที่รับเข้ามานี้จะมีความถูกต้อง 100%) โดยที่บิตนี้จะทำหน้าที่ในการบอกให้ส่วนรับข้อมูลทราบว่าข้อมูลที่ส่งออกมาในแต่ละไบต์นั้นมีจำนวนบิตที่เป็น "1" อยู่เป็นจำนวนคี่ หรือจำนวนคู่ เช่นข้อมูล 54H หรือ 01010100B จะมีจำนวนบิตที่เป็น "1" อยู่เป็นจำนวนคี่ เป็นต้น สำหรับบิตที่ใช้ในการตรวจสอบนี้เรียกว่า "พาริตีบิต (PARITY BIT)"

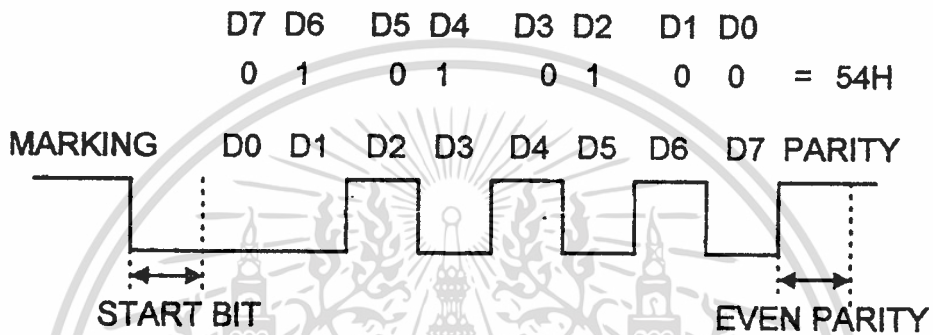
พาริตีบิตนี้จะถูกส่งออกมาโดยอุปกรณ์ส่งข้อมูล ซึ่งบิตนี้จะ เป็น "1" หรือ "0" นั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ส่งออกมา (D0-D7) ว่ามีจำนวนบิตที่เป็น "1" เป็นจำนวนคี่หรือคู่ และยังขึ้นอยู่กับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลด้วยว่าถูกออกแบบ (โปรแกรม) ไว้ให้รับส่งพาริตีบิตในลักษณะของพาริตีคู่ หรือ พาริตีคี่ อีกด้วย

ในกรณีที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูลถูกออกแบบไว้ให้เป็นพาริตีคู่ อุปกรณ์ส่งข้อมูลจะทำการส่งพาริตีบิตเป็นลอจิก "1" ออกไป เมื่อจำนวนบิตที่เป็น "1" ของข้อมูล (D0-D7) เป็นจำนวนคี่ และ จะทำการส่งพาริตีบิตเป็นลอจิก "0" เมื่อจำนวนบิตที่เป็น "1" ของข้อมูลเป็นจำนวนคู่ (คือจะทำให้จำนวนบิตที่เห็น "1" ของข้อมูล (D0-D7) รวมกับพาริตีบิตแล้วเป็นจำนวนคี่นั่นเอง) สำหรับพาริตีคี่ ก็เช่นกัน คือ พาริตีบิตจะเป็น "1" ในกรณีที่จำนวนบิตที่เป็น "1" ของข้อมูลเป็นจำนวนคู่ และจะเป็น "0" ในกรณีที่จำนวนบิตเป็นจำนวนคี่ ในที่นี้จะสมมติว่าอุปกรณ์ถูกออกแบบไว้สำหรับพาริตีคู่ และเราต้องการที่จะส่งข้อมูลออกไปให้กับส่วนรับข้อมูลเป็นจำนวน 2 ไบต์ คือ 54H และ 55H

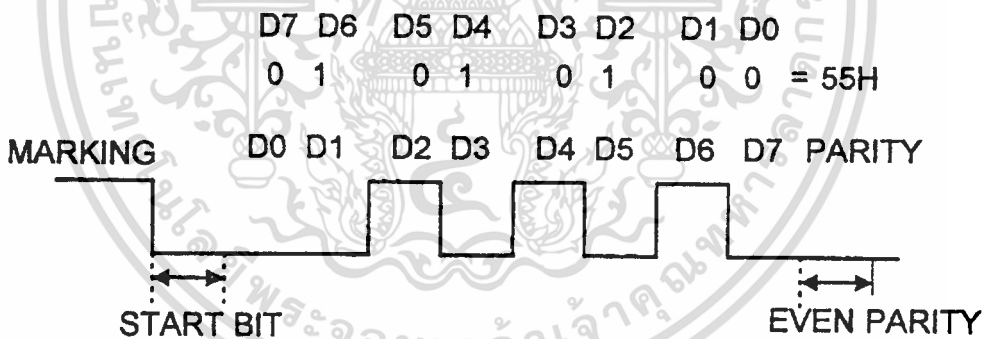
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราส่งข้อมูล 54H ออกไป ซึ่งมีจำนวนบิตที่เป็น "1" เป็นจำนวนที่ คำนวณในกรณีนี้อุปกรณ์ส่งข้อมูลก็จะทำการส่งพาริตีบิตเป็นลอจิก "1" ตามออกมาด้วย เพื่อจะให้จำนวนบิตที่เป็น "1" ของข้อมูล (54H) รวมกับพาริตีบิตแล้วได้เป็นจำนวนคู่ ส่วนข้อมูล 55H นั้นจำนวนบิตที่เป็น "1" นั้นเป็นจำนวนคี่อยู่แล้ว ดังนั้นอุปกรณ์ส่งข้อมูลก็จะส่งพาริตีบิตเป็น "0" ให้กับส่วนรับข้อมูล ดังในรูปที่ 16 และรูปที่ 17 สำหรับส่วนรับข้อมูลนั้น เมื่อทำการรับข้อมูลเข้ามาแล้วก็จะตรวจสอบสัญญาณว่า จำนวนบิตที่เป็น "1" ของข้อมูล รวมกับพาริตีบิตนั้นเป็นจำนวนคู่หรือไม่ ถ้าหากว่าเป็นจำนวนคี่ก็แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามามีความผิดพลาดเกิดขึ้น ( แต่ไม่ได้หมายความว่า ถ้าเป็นจำนวนคู่แล้วข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกต้องเสมอไป)



รูปที่ 16 แสดงการเพิ่มพาริตีที่เป็น "1" ลงไปในข้อมูลแต่ละไบต์



รูปที่ 17 แสดงการเพิ่มพาริตีที่เป็น "0" ลงไปในข้อมูลแต่ละไบต์

สิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งก็คือ ถ้าอุปกรณ์ส่งข้อมูลทำการส่งในลักษณะพาริตีคู่ หรือก็ทำตามส่วนรับข้อมูลก็ต้องทำการรับในลักษณะพาริตีเดียวกับอุปกรณ์ส่งข้อมูลด้วย เช่นในกรณีที่อุปกรณ์ส่งข้อมูลทำการส่งข้อมูลในลักษณะของพาริตีคู่ อุปกรณ์รับข้อมูลก็ต้องทำการรับข้อมูลในลักษณะของพาริตีคู่ด้วย เป็นต้น

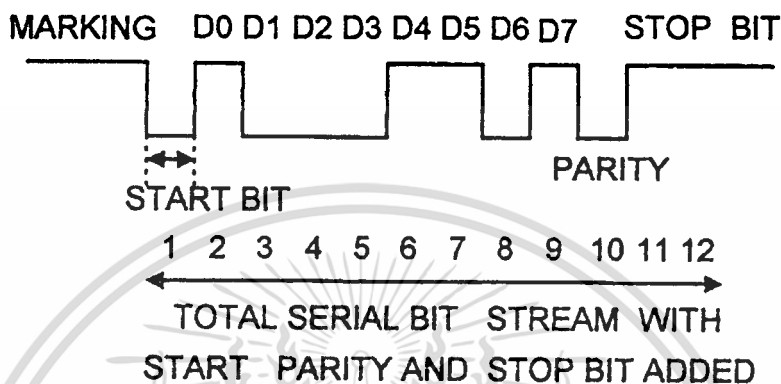
#### 4.4 บิตหยุด (STOP BIT)

สำหรับบิตสุดท้ายที่เพิ่มเข้าไปนี้ จะใช้ในการตรวจสอบจุดสิ้นสุดของข้อมูลบิตนี้จะถูกเพิ่มเข้าไปหลังพาริตีบิต ถ้าอุปกรณ์รับข้อมูลตรวจไม่พบบิตนี้ก็แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามามีความผิดพลาดเกิดขึ้น สำหรับบิตหยุดนี้ อาจมีจำนวนบิตเป็น 1 บิต ,1.5 บิต หรือ 2 บิต ก็ได้ รูปที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะแสดงข้อมูลทั้ง 8 บิต ที่ส่งออกมารวมทั้ง บิตเริ่มต้น, บิตหยุด และ พาริตีบิต ด้วย ซึ่งจะเห็นว่า สิ่งที่ส่งออกมาในแต่ละไบต์นั้นไม่ได้มีเพียงข้อมูล 8 บิตเท่านั้น แต่อาจจะมีได้ถึง 12 บิต (กรณีที่ส่งบิตหยุดออกมา 2 บิต) ดังนั้น ถ้าเราทำการส่งด้วยอัตรา 2400 BAUD เราจะต้องใช้เวลาในการส่งทั้งหมดเท่ากับ  $12 \times 416$  ไมโครวินาที หรือ 4.99 มิลลิวินาที ไม่ใช่ 3328 ไมโครวินาที ดังที่คำนวณไว้ในตอนต้น



รูปที่ 18 แสดงการเพิ่มบิตต่างๆ ที่ใช้สำหรับป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

#### 4.5 การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่าน 8031

สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 สามารถรับและส่งข้อมูลแบบ Universal Asynchronous Receive Transmitter (UART) แบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex) ที่สามารถเลือกรูปแบบในการรับส่งได้ถึง 4 แบบ

สำหรับในโครงการนี้เลือกใช้การรับและส่งข้อมูลในโหมด 2 โดยข้อมูลที่รับส่ง 1 ชุด มีขนาด 10 บิต

บิตเริ่มต้น (start bit) 1 บิต (ลอจิก 0)

บิตข้อมูล (data bit) 8 บิต

บิตหยุด (stop bit) 1 บิต (ลอจิก 1)

และอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลมีค่าเป็น 9600 บิตต่อวินาที โดยอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Baud rate} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \times \frac{\text{Oscillator Frequency}}{12 \times [256 - (\text{TH1})]}$$

ตารางที่ 4.1 เป็นค่าอัตราความเร็วค่าต่างๆที่ใช้กันมากและบอกว่าสามารถใช้ได้จากโหมด 1 อย่างไร

baud rate	ความถี่ของคริสตอล	บิต SMOD	โหมด		
			C/T	โหมด	ค่าที่ใช้
Mode 0 Max: 1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
Mode 2 Max: 375K	12 MHz	1	X	X	X
Modes 1,3: 62.5K	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2K	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.6K	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8K	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4K	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2K	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5K	11.986 MHz	0	0	2	1DH
110K	6 MHz	0	0	2	7FH
110K	12 MHz	0	0	1	FEFBH

ตารางที่ 4.1 ค่าที่ต้องนำไปไว้ในรีจิสเตอร์ของโหมด 1 เมื่อใช้ อัตราความเร็วมาตรฐาน ต่างๆ

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 0 จะมีความเร็วในการส่งมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับโหมดอื่นที่ความถี่คริสตอลค่าเดียวกัน และจะเห็นว่าหากเลือกใช้คริสตอลความถี่ 11.059 เมกะเฮิร์ตซ์ จะสามารถตั้งค่าอัตราความเร็ว ในโหมด 1 และโหมด 3 เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปได้ เช่น 1200,2400,4800,9600,19200 จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ในระบบควบคุมส่วนใหญ่เลือกใช้คริสตอลความถี่ 11.059 เมกะเฮิร์ตซ์ มากกว่า 12 เมกะเฮิร์ตซ์

ในตารางที่ 4.1 นอกจากจะแสดงค่าอัตราความเร็วค่าต่างๆ เปรียบเทียบให้เห็นแล้ว ตารางนี้ยังแสดงค่าที่ต้องโหลดไปไว้ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH1 ที่ค่าอัตราความเร็ว มาตรฐานต่างๆ ให้ทราบอีกด้วย ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำค่านี้ไปใช้ได้เลย

จากโครงการได้กำหนดใช้โหมด 1 ทำงานในโหมด 2 และความถี่ระบบเท่ากับ 11.059 เมกะเฮิร์ตซ์ บิต SMOD = 0 และ รีจิสเตอร์ TH1 = FDH (253)D

$$\text{Baud rate} = \frac{2^0}{32} \times \frac{11.059 \times 10^6}{12 \times [256 - 253]}$$

Baud rate = 9600 บิตต่อวินาที

การทำงานในการรับและส่งข้อมูล จะต้องใช้งาน SFR ต่างๆ ดังนี้

-SCON (Serial Port Control Register) เป็นรีจิสเตอร์ที่ควบคุมการรับและส่งข้อมูลแบบ

พอร์ตอนุกรม (serial port) ในที่นี้ได้กำหนดให้การรับส่งข้อมูลทำงานในโหมด 2 โดยข้อมูล 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขนาด 10 บิต ซึ่งประกอบด้วยบิตเริ่มต้น 1 บิต (ลอจิก 0) ,บิตข้อมูล 8 บิต และ บิตหยุด 1 บิต (ลอจิก 1) และเป็นรีจิสเตอร์เพื่อให้มีการรับข้อมูลเข้ามาทาง RXD

-TMOD (Timer/counter Mode Register) เป็นรีจิสเตอร์ที่กำหนดที่ควบคุมการทำงานของตัวจับเวลาหรือตัวนับ ในการใช้งานนี้ได้กำหนดใช้งานไทม์เมอร์ 1 และเลือกการทำงานของไทม์เมอร์ 1 ในโหมด 2 โดยทำงานแบบ "รีโหลด (Reload)" และ เป็นรีจิสเตอร์ที่เป็นตัวกำหนดให้วงจรในการรับส่งข้อมูลทำงาน

-TCON (Timer Control Register) เป็นรีจิสเตอร์เพื่อใช้ตรวจสอบสถานะการทำงานของตัวจับเวลา ในที่นี้ได้ใช้รีจิสเตอร์นี้ในการตรวจสอบว่ามีข้อมูลเข้ามาทาง RXD หรือไม่ และใช้ตรวจสอบในการส่งข้อมูล

-IE (Interrupt Enable Register) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมในการขัดจังหวะ (interrupt)

-PCON (Power Control Register) เป็นรีจิสเตอร์ที่ควบคุมการใช้งานในรูปแบบของการลดกำลังงาน และอัตราเร็วในการส่งข้อมูล

รีจิสเตอร์ทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะคงทำงานที่สอดคล้องกันหมด จึงจะทำให้การรับส่งข้อมูลแบบ Universal Asynchronous Receive Transmitter (UART) ทำงานในอัตราความเร็ว (baud rate) ที่กำหนด

## บทที่ 5

### วงจร ANALOG TO DIGITAL CONVERTERS

การทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (ANALOG TO DIGITAL CONVERTERS) ในโครงงานนี้ใช้ ไอซี ADC0804 (ADC 8 บิต) ซึ่งไอซี ADC นี้ จะเป็นส่วนที่แปลงสัญญาณเอาต์พุต (output) ที่เป็นแรงดันไฟฟ้าของส่วนที่วัดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ไอซีชนิดนี้สามารถรับสัญญาณอินพุตแบบอนาล็อกได้ โดยตรงสูงถึง +5V. ไอซี ADC จะรับสัญญาณเข้ามาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงของวงจร แล้วจึงเปลี่ยนค่าข้อมูลแบบดิจิทัล ซึ่งความเร็วในการสุ่มขนาดสัญญาณ (sampling rate) สามารถกำหนดได้จากความถี่สัญญาณนาฬิกาของวงจร ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสามารถกำหนดได้ โดยวงจร R และ C โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$F = 1/(1.1RC)$$

F คือ ค่าความถี่ของการสุ่มขนาดสัญญาณของไอซี

R คือ ค่าความต้านทานของ R ในวงจร

C คือ ค่าความจุของ C ในวงจร

#### 5.1 คุณสมบัติของไอซี

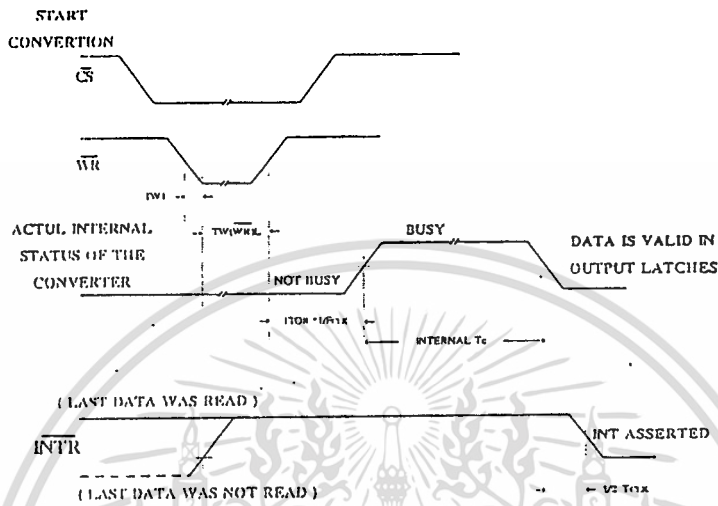
- เป็นไอซีประเภท ซีมอส (CMOS) มี 20 ขา
- ความผิดพลาดโดยรวมเกิดจากการปรับมีค่าไม่เกิน 1 บิต (total adjusted error  $\pm 1/2$  LSB)
- ความละเอียดขนาด 8 บิต ความละเอียด (resolution) = 256 ระดับ
- ใช้สัญญาณนาฬิกา 640 กิโลเฮิรตซ์
- มีช่วงเวลาการทำงานในการแปลงแต่ละบิต (conversion time) เท่ากับ 100 ไมโครวินาที
- ใช้แหล่งจ่ายไฟตรง (DC) 5 โวลต์
- กินกำลังไฟต่ำ (15 มิลลิวัตต์)

#### 5.2 ส่วนของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital)

ประกอบด้วยส่วนการประมาณค่าซักระยะ (successive) ส่วนของเอาต์พุตมัลติเพล็กซ์ (multiplex) และส่วนของสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

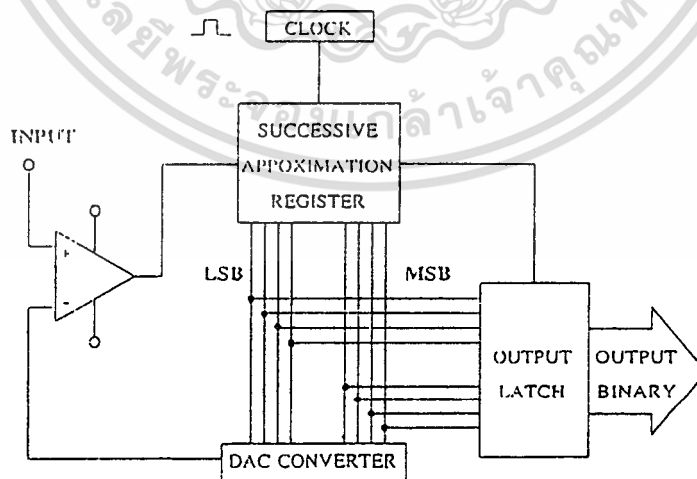
ไอซี ADC แบบนี้จะมีการเก็บสัญญาณเอาต์พุตเพิ่มเข้าไปด้วย เพื่อให้ค่าเอาต์พุตยังคงมีอยู่ แม้ว่าวงจรจะถูกปลดออกจากบัสในช่วงของเวลาก็ตาม ขณะที่วงจรทำการแปลงสัญญาณอยู่ ADC จะติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้นั้นต้องมีสัญญาณเลือกเป็นลอจิก "0" จากระบบเอาต์พุตไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุม ADC เมื่อขาเขียน (WR) เป็นลอจิก "0" ADC จะแปลงค่า V<sub>I</sub> ไม่่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณดิจิทัลเก็บไว้ในบัฟเฟอร์เอาท์พุท และไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านข้อมูลจาก ADC เมื่อสัญญาณเลือก (CS) เป็นลอจิก "0" และขาอ่าน (RD) เป็นลอจิก "0" พร้อมกันในแต่ละรอบของการแปลงค่า ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 แสดงเวลาการทำงานของ ADC 0804

การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ภายในตัวไอซี ADC เป็นแบบ ซักเซสซีฟอะพโรกซิเมท (Successive Approximation) เป็นการประมาณค่าอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 แสดงการทำงานแบบ ซักเซสซีฟอะพโรกซิเมททัน รีจิสเตอร์ (SAR)

### 5.3 ตัวอย่างการประมาณค่าโดยแสดงเทียบกับแผนผังการทำงาน

หลักการประมาณค่าจะทำโดยวิธีการสมมติว่า ADC เป็นขนาด 3 บิต ให้สัญญาณที่เข้ามาทางอินพุตมีค่าเปลี่ยนแปลงได้จาก 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ โดยที่ตัว ADC ตั้งค่าเปรียบเทียบไว้ที่ 2.5 โวลต์ ถ้าอินพุตมีค่า "0" โวลต์ ตัวเปรียบเทียบจะเทียบว่ามากกว่า หรือน้อยกว่า ในที่นี้น้อยกว่า ค่าบิตสูงสุดคือ D2 จะเท่ากับ "0" จากนั้นก็ไปเทียบกับค่าถัดไปคือ 1.5 โวลต์ ก็ยังน้อยกว่าอีก, บิตรองลงมาคือ D1 จะเท่ากับ "0" แล้วยังไปเทียบกับค่าถัดไปคือ 0.5 โวลต์ ยังน้อยกว่าเหมือนเดิม ค่าบิตสุดท้าย คือบิต D0 จะเท่ากับ "0" ได้บิตทางเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ "000" หน่วยในทางกลับกันให้อินพุตมีค่าเท่ากับ 5 โวลต์ เทียบกับ 2.5 โวลต์ มีค่ามากกว่าค่าบิตสูงสุดคือ D2 จะเท่ากับ "1" เทียบกับค่าถัดไป คือ 3.5 โวลต์ ก็มีค่ามากกว่า ค่าบิตรองลงมา คือ D1 จะเท่ากับ "1" ต่อไปเทียบกับ 4 โวลต์ ยังมีค่ามากกว่าค่าบิตสุดท้าย คือ D0 จะเท่ากับ "1" ได้บิตทางเอาต์พุตเท่ากับ "111" หน่วย เวลาที่ใช้ในการแปลงค่าจะแปรผันตามจำนวนบิต และความถี่ของสัญญาณคล็อก (Clock) หาได้จากสูตร

$$T_c = T(n+1)$$

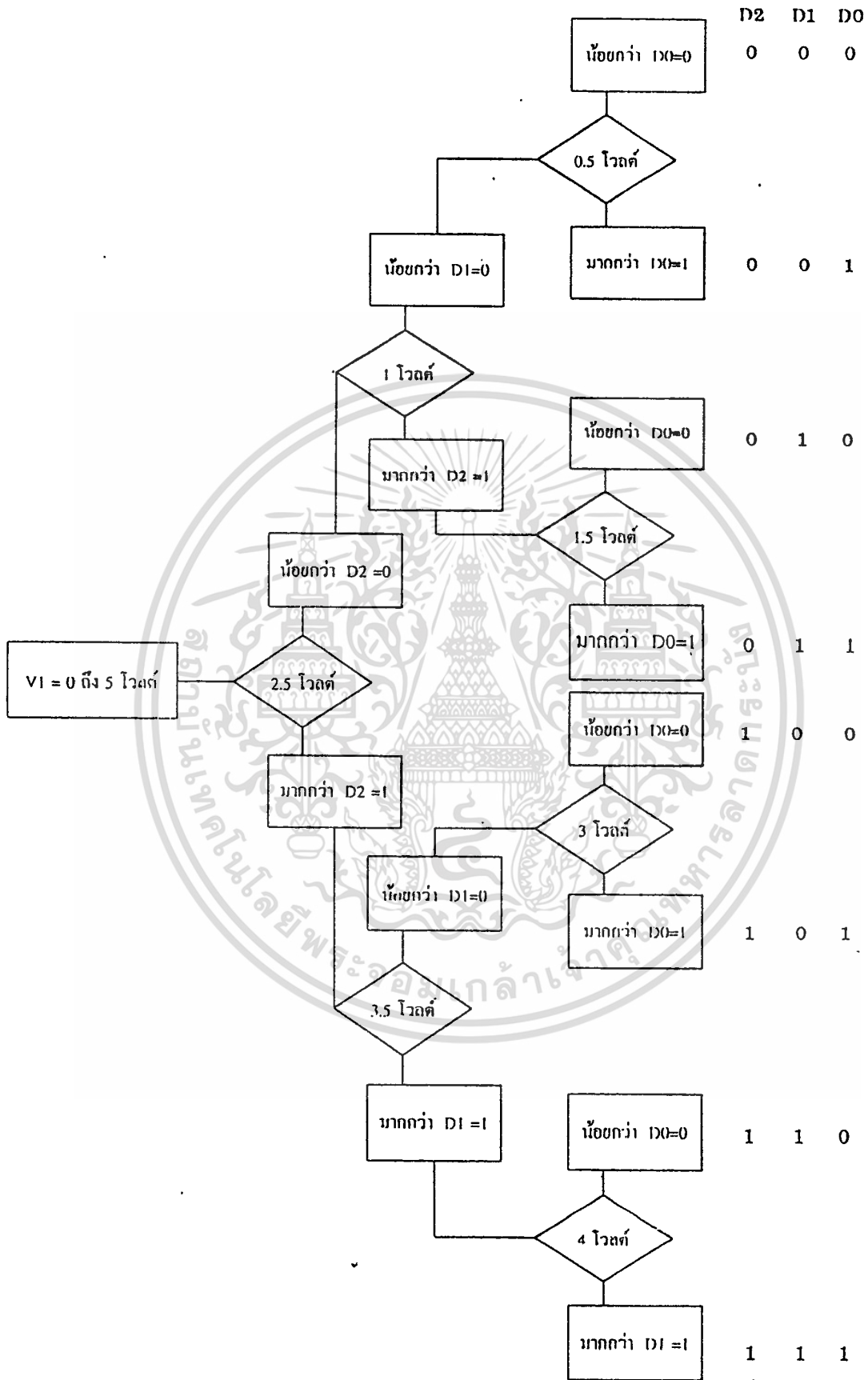
เมื่อ  $T_c$  คือ เวลาที่ใช้ในการแปลงค่า 1 รอบ

$T$  คือ เวลา 1 คาบของสัญญาณลูกคลื่น

$n$  คือ จำนวนบิตของวงจร

1 คือ สัญญาณ 1 ลูกคลื่นที่เพิ่มเข้าไปเพื่อรีเซ็ตวงจร SAR ในการทำงานแต่ละรอบ ดัง

แสดงในรูปที่ 21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการปฏิบัติงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 ความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาต์พุทของไอซี ADC

ดังได้กล่าวแล้วว่า ไอซี ADC จะใช้การเปรียบเทียบขนาดของสัญญาณอินพุทกับแรงดันอ้างอิงของวงจร แล้วจึงเปลี่ยนข้อมูลแบบดิจิทัล ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้คือ

- ถ้าค่าของขนาดสัญญาณอนาล็อกอินพุท เท่ากับขนาดของแรงดันอ้างอิง จะได้ข้อมูลมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุด

- ถ้าขนาดของสัญญาณอนาล็อกอินพุทมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันอ้างอิง จะได้ข้อมูลมีค่าสูงสุด

ซึ่งขนาดของสัญญาณอินพุทของวงจรถูกกำหนดโดยค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้คือ

#### 5.5 แรงดันอ้างอิงของวงจร (Voltage Reference หรือ $V_{ref}/2$ )

แรงดันอ้างอิงของวงจรนี้จะเป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานของวงจร เป็นตัวกำหนดความเที่ยงตรงในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งวงจรต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความเที่ยงตรงสูง เพราะถ้าหากแรงดันอ้างอิงของวงจรไม่มีความเที่ยงตรงแน่นอน มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว การทำงานของวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย นั่นก็คือ จะส่งผลให้ค่าสัญญาณข้อมูลดิจิทัลที่ได้ก็จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามไปด้วย ถึงแม้ขนาดอินพุทมีขนาดคงที่ก็ตาม และแรงดันอ้างอิงของวงจรยังเป็นตัวกำหนดค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุทบวกของวงจร โดยค่าสัญญาณของอินพุทบวกของวงจรจะถูกกำหนดให้มีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่า ของแรงดันอ้างอิง โดยมีจุดเริ่มต้นที่สัญญาณอินพุทลบของวงจรเสมอ

**สัญญาณอินพุทลบ (Voltage Input- หรือ VI-)** แรงดันอินพุทลบนี้ เป็นตัวกำหนดค่าอินพุทค่าต่ำของวงจร หรือจุดเริ่มต้นของการตรวจรับสัญญาณอินพุท ของวงจรมันเอง โดยสัญญาณอินพุทลบนี้ สามารถกำหนดได้ให้มีค่าไม่เกินแรงดันอ้างอิงสูงสุดของวงจร

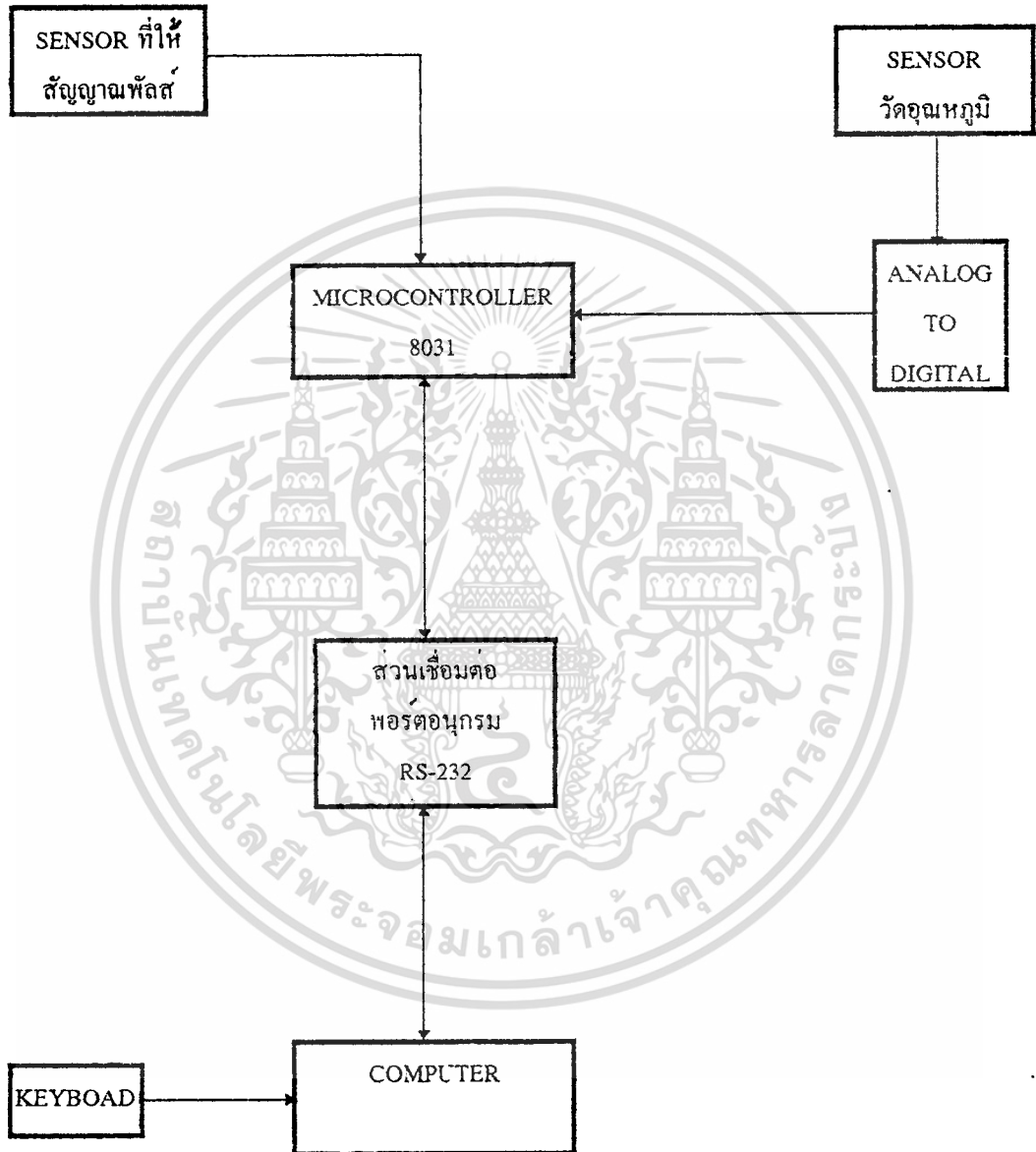
#### **สัญญาณอินพุทบวก (Voltage Input+ หรือ VI+)**

แรงดันอินพุทบวกนี้ ก็คือค่าแรงดันอินพุทของวงจรมันเอง ซึ่งต้องกำหนดให้มีขนาดสูงสุดไม่เกินกว่าค่าที่วงจร ADC (+5V) รับได้ ซึ่งต้องเป็นแรงดันอยู่ในช่วงบวกเนื่องด้วยไอซีไม่สามารถรับสัญญาณอินพุทที่มีค่าเป็นลบได้

## บทที่ 6

## ผลการทำงาน

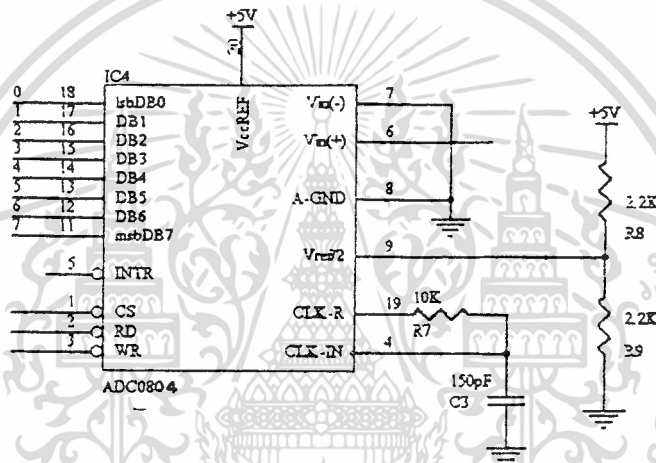
## BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.1 การทดลองการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

เป็นการทดลองการทำงานของไอซีเบอร์ ADC 0804 ที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งเนื่องจากว่าในการวัดค่าอุณหภูมิ ความดันหรืออัตราการไหลของก๊าซ หรือของเหลวสัญญาณที่รับจากตัวตรวจจับ (SENSOR) มายังไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่องที่อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานทางไฟฟ้า หรือเรียกได้อีกลักษณะหนึ่งว่าสัญญาณอนาล็อก (ANALOG SIGNAL) แต่ในการประมวลผลของเครื่องควบคุมชนิดไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถกระทำเฉพาะสัญญาณดิจิทัลเท่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องแปลงหรือเปลี่ยนสัญญาณเหล่านั้นให้เป็นสัญญาณดิจิทัลที่เทียบเท่ากันเสียก่อนแล้วจึงค่อยส่งข้อมูลเหล่านั้นให้ไมโครโปรเซสเซอร์ไปทำการประมวลผลต่อไป



รูปที่ 22 แสดงการต่อวงจรของ ADC 0804

การใช้งาน ADC 0804 ตามมาตรฐานทางด้านกรวัดในรูปของแรงดันจะให้อยู่ในย่าน 0-5 โวลต์ (V.) ดังนั้นช่วงของการวัดของสัญญาณอนาล็อกจึงเป็น 5-0 = 5 โวลต์ (V.) แต่เนื่องจากว่า ADC 0804 มีขนาด 8 บิต (BIT) ทางดิจิทัลจึงทำให้ย่านการวัดดังกล่าวถ้าเปลี่ยนเป็นดิจิทัลจะได้ข้อมูลเป็น 00h ถึง FFh หรือมีช่วงการวัดเท่ากับ 256 สเต็ป

ความละเอียดของการแปลงสัญญาณ โวลต์/สเต็ป (V./STEP) เป็น  $5/255 = 19.61$  มิลลิโวลต์/สเต็ป (mV./STEP) ดังตัวอย่างเช่น

สัญญาณอนาล็อกมีแรงดัน 1 โวลต์ ผ่านวงจร ADC ข้อมูลทางด้านเอาต์พุทของ ADC จะมีข้อมูลในเลขฐานสิบหกเท่ากับเท่าใด

จากแรงดันอินพุทจะมีช่วงแรงดันเป็น	1-0 = 1	โวลต์
ดังนั้นเมื่อคิดเป็นสเต็ปจะได้	$= 1/19.61 \times 10^{-3}$	สเต็ป
	= 51	สเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่า 51 สดัดไปแปลงให้เป็นเลขฐานสิบหกจะได้

$$51d = 33h$$

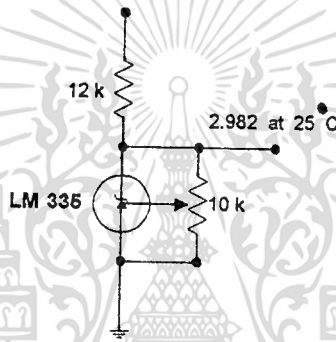
ดังนั้นแรงดันอนาล็อกขนาด 1 โวลต์ถ้าแปลงเป็นดิจิตอลแล้วจะได้เป็น 33h

## 6.2 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของเซ็นเซอร์

การทดลองนี้ เพื่อทดสอบความเป็นเชิงเส้นของความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันกับ อุณหภูมิของตัวเซ็นเซอร์

### ตอนที่ 1

ทำการต่อวงจรดังรูป แล้วปรับตั้งค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้ได้แรงดัน 2.982 โวลต์

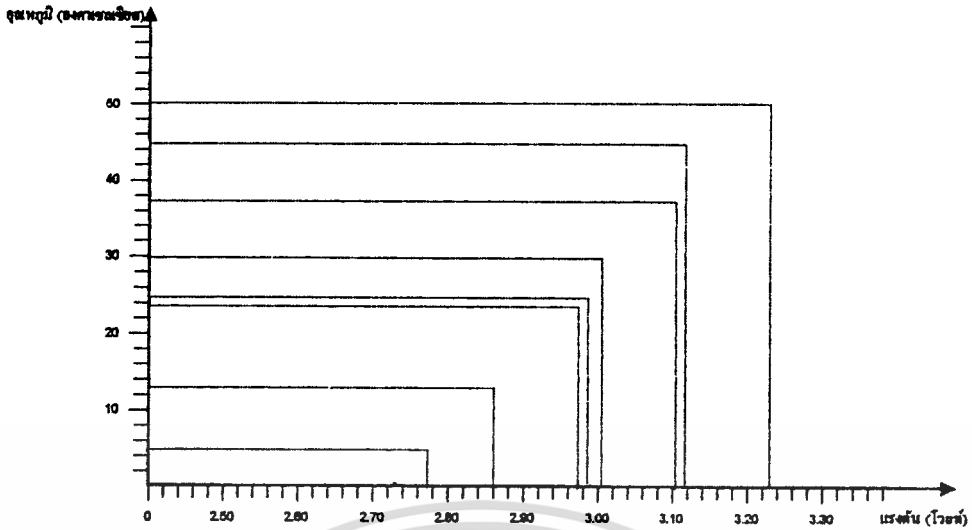


รูปที่ 23 แสดงวงจรการตั้งค่าแรงดันของ LM 335

### ผลการทดลอง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	แรงดันเอาต์พุต (โวลต์)
0	2.732
4.5	2.777
13.0	2.861
23.5	2.965
25.0	2.982
30.0	3.031
37.1	3.101
45.0	3.180
50.0	3.231

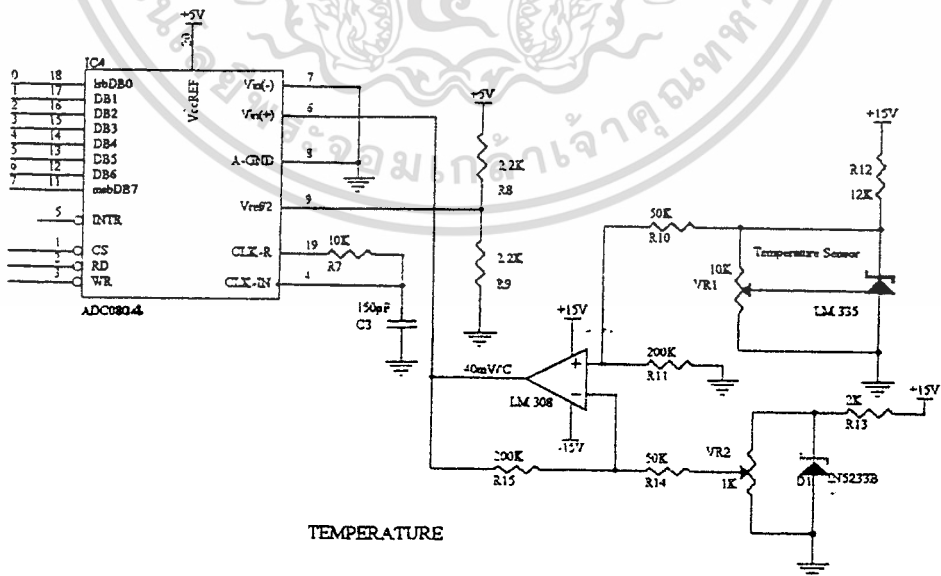
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับแรงดัน

ตอนที่ 2

เป็นการทดลองวงจรรวมของส่วนอุณหภูมิ โดยประกอบไปด้วยส่วนของเซ็นเซอร์ (SENSOR) ซึ่งให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงดันตรงเอาต์พุต 1 (OUTPUT 1=V<sub>1</sub>) ต่อเข้ากับวงจรขยายแรงดันแบบดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Amplifier) เพื่อขยายแรงดันให้มีขนาด 4 เท่า โดยใช้ไอซีเบอร์ LM 308 ก่อนที่จะนำสัญญาณเอาต์พุต (OUTPUT 2) ผ่านเข้าไปยังไอซีเบอร์ ADC 0804 เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล หลังจากนั้นจึงนำสัญญาณที่ได้นี้เข้าไปยัง Port 1 ของไมโครโปรเซสเซอร์ต่อไป



TEMPERATURE

รูปที่ 25 แสดงวงจรรวมของส่วนการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.3 ส่วนเปรียบเทียบและขยายแรงดัน

ในส่วนเปรียบเทียบและขยายแรง

ดันจะใช้ไอซีเบอร์ LM 308 ต่อแบบดิฟเฟอเรนเชียลมีเกณฑขยายเท่ากับ 4 เมื่อนำแรงดันที่ได้จากเอาต์พุตของเซ็นเซอร์เข้าทางขา 3 มาทำการเปรียบเทียบกับค่าแรงดันที่ขา 2 ของออปแอมป์ที่ปรับค่าได้ ซึ่งในที่นี่จะตั้งค่าไว้เท่ากับ 2.63 โวลต์ เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิง

จากสูตร

$$V_{OUT} = R_F / R_2 * (V_1 - V_2)$$

เมื่อ  $R_F = 200$  กิโลโอห์ม และ  $R_2 = 50$  กิโลโอห์ม

จะได้  $AG = 200 / 50 = 4$

สมมติให้ ที่  $V_1$  มีค่าเท่ากับ 2.73 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส  $V_2$  มีค่าเท่ากับ 2.63 โวลต์ตามที่ตั้งไว้ ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับ 0.40 โวลต์

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ แรงดันเอาต์พุต และค่าของเลขฐานสอง

อุณหภูมิ ( °C )	แรงดันเอาต์พุต (V.)	เลขฐานสอง
0.0	0.40	0001 0100
0.5	0.42	0001 0101
1.0	0.44	0001 0110
1.5	0.46	0001 0111
2.0	0.48	0001 1000
2.5	0.50	0001 1001
3.0	0.52	0001 1010
3.5	0.54	0001 1011
4.0	0.56	0001 1100
4.5	0.58	0001 1101
5.0	0.60	0001 1110
5.5	0.62	0001 1111
6.0	0.64	0010 0000
6.5	0.66	0010 0001
7.0	0.68	0010 0010
7.5	0.70	0010 0011
8.0	0.72	0010 0100
8.5	0.74	0010 0101

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดันเอาทพุท (V.)	เลขฐานสอง
9.0	0.76	0010 0110
9.5	0.78	0010 0111
10.0	0.80	0010 1000
10.5	0.82	0010 1001
11.0	0.84	0010 1010
11.5	0.86	0010 1011
12.0	0.88	0010 1100
12.5	0.90	0010 1101
13.0	0.92	0010 1110
13.5	0.94	0010 1111
14.0	0.96	0011 0000
14.5	0.98	0011 0001
15.0	1.00	0011 0010
15.5	1.02	0011 0011
16.0	1.04	0011 0100
16.5	1.06	0011 0101
17.0	1.08	0011 0110
17.5	1.10	0011 0111
18.0	1.12	0011 1000
18.5	1.14	0011 1001
19.0	1.16	0011 1010
19.5	1.18	0011 1011
20.0	1.20	0011 1100
20.5	1.22	0011 1101
21.0	1.24	0011 1110
21.5	1.26	0011 1111
22.0	1.28	0100 0000
22.5	1.30	0100 0001
23.0	1.32	0100 0010
23.5	1.34	0100 0011
24.0	1.36	0100 0100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่สามารถนำไปใช้

อุณหภูมิ ( °C )	แรงดันเอาทพุท (V.)	เลขฐานสอง
24.5	1.38	0100 0101
25.0	1.40	0100 0110
25.5	1.42	0100 0111
26.0	1.44	0100 1000
26.5	1.46	0100 1001
27.0	1.48	0100 1010
27.5	1.50	0100 1011
28.0	1.52	0100 1100
28.5	1.54	0100 1101
29.0	1.56	0100 1110
29.5	1.58	0100 1111
30.0	1.60	0101 0000
30.5	1.62	0101 0001
31.0	1.64	0101 0010
31.5	1.66	0101 0011
32.0	1.68	0101 0100
32.5	1.70	0101 0101
33.0	1.72	0101 0110
33.5	1.74	0101 0111
34.0	1.76	0101 1000
34.5	1.78	0101 1001
35.0	1.80	0101 1010
35.5	1.82	0101 1011
36.0	1.84	0101 1100
36.5	1.86	0101 1101
37.0	1.88	0101 1110
37.5	1.90	0101 1111
38.0	1.92	0110 0000
38.5	1.94	0110 0001
39.0	1.96	0110 0010
39.5	1.98	0110 0011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทั้งหมดมเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดันเอาทพุท (V.)	เลขฐานสอง
40.0	2.00	0110 0100
40.5	2.02	0110 0101
41.0	2.04	0110 0110
41.5	2.06	0110 0111
42.0	2.08	0110 1000
42.5	2.10	0110 1001
43.0	2.12	0110 1010
43.5	2.14	0110 1011
44.0	2.16	0110 1100
44.5	2.18	0110 1101
45.0	2.20	0110 1110
45.5	2.22	0110 1111
46.0	2.24	0111 0000
46.5	2.26	0111 0001
47.0	2.28	0111 0010
47.5	2.30	0111 0011
48.0	2.32	0111 0100
48.5	2.34	0111 0101
49.0	2.36	0111 0110
49.5	2.38	0111 0111
50.0	2.40	0111 1000
50.5	2.42	0111 1001
51.0	2.44	0111 1010
51.5	2.46	0111 1011
52.0	2.48	0111 1100
52.5	2.50	0111 1101
53.0	2.52	0111 1110
53.5	2.54	0111 1111
54.0	2.56	1000 0000
54.5	2.58	1000 0001
55.0	2.60	1000 0010

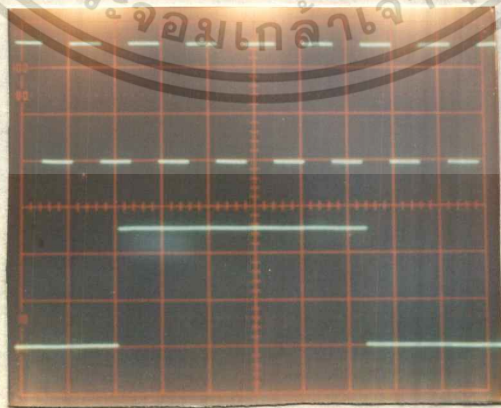
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดันเอาต์พุต (V.)	เลขฐานสอง
55.5	2.62	1000 0011
56.0	2.64	1000 0100
56.5	2.66	1000 0101
57.0	2.68	1000 0110
57.5	2.70	1000 0111
58.0	2.72	1000 1000
58.5	2.74	1000 1001
59.0	2.76	1000 1010
59.5	2.78	1000 1011
60.0	2.80	1000 1100

#### 6.4 ผลการทำงานของวงจรรฐานเวลา

จากการทำงานของวงจรรฐานเวลาที่แสดงในรูปที่ 6 แสดงวงจรรฐานเวลาและวงจรถูกเปิดเกต ซึ่งจะรับสัญญาณพัลส์จากตัวเซ็นเซอร์และวงจรรฐานเวลา LM 555 เพื่อปล่อยสัญญาณพัลส์ให้เข้าไปนับในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 สัญญาณฐานเวลาจาก LM 555 ส่วนหนึ่งจะถูกส่งออกไปผ่านวงจรถิฟเฟอเรนเชียล (differential) อาร์-ซี เน็ทเวิร์ก และวงจรมิททริกเกอร์ (schmitt trigger) เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์ ให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ รูปที่ 26 แสดงคลื่นของสัญญาณพัลส์จากเซ็นเซอร์ตรวจจับ (signal generator) กับสัญญาณฐานเวลาจาก LM 555 ซึ่งสัญญาณจากเซ็นเซอร์นี้จะผ่านวงจรมิททริกเกอร์เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ให้เป็นระดับแรงดันทีทีแอล (TTL)



รูปที่ 26 แสดงผลของสัญญาณพัลส์จากเซ็นเซอร์ตรวจจับเทียบกับสัญญาณจากวงจรรฐานเวลา

LM 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

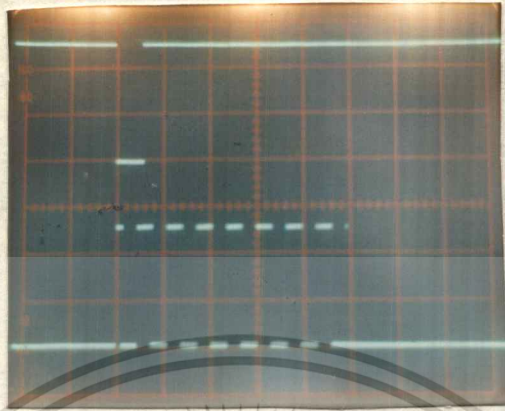
รูปที่ 26 แสดงสัญญาณจากตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับกับสัญญาณจากตัวเซ็นเซอร์เมื่อถูกทำเป็นสัญญาณพัลส์ระดับแรงดัน 0-5 โวลต์ (TTL) จากวงจรขมิททริกเกอร์แล้วก็จะถูกป้อนไปยังส่วนของวงจรถ่ายรูป กับสัญญาณฐานเวลา LM 555 เพื่อสร้างสัญญาณนับพัลส์ที่จะส่งต่อไปยังขา T1 ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการนับต่อไป รูปที่ 27 แสดงผลของสัญญาณจากวงจรถ่ายรูป LM 555 เทียบกับ สัญญาณนับพัลส์ที่จะถูกป้อนให้กับ ขา T1 ของ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์โดยวัด ณ จุดทดสอบสัญญาณ TP1 (test T1) กับจุดทดสอบสัญญาณ TP3 (test time base) ของบอร์ดวงจร



รูปที่ 27 แสดงผลของสัญญาณจากวงจรถ่ายรูป LM 555 เทียบกับสัญญาณนับพัลส์ที่จะถูกส่งไปยังขา T1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

ส่วนรูปที่ 28 เป็นผลที่ได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณนับพัลส์ ณ จุดวัด TP1 เทียบกับสัญญาณบริการร้องขออินเตอร์รัพท์ ณ จุดทดสอบสัญญาณ TP2

สัญญาณจากตัวเซ็นเซอร์ที่ต่อกับบอร์ดของวงจร นอกจากจะรับสัญญาณที่เป็นพัลส์ได้แล้ว ยังสามารถรับสัญญาณที่เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) หรือคลื่นรูปไซน์ (sine wave) ได้อีกด้วย เพราะว่าภายในบอร์ดทดลองมีส่วนของวงจรถ่ายรูปขมิททริกเกอร์เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์แบบที่ที่แอสลอยอยู่ จึงสะดวกต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับที่ให้สัญญาณเป็นรูปคลื่นแบบต่างๆ ได้



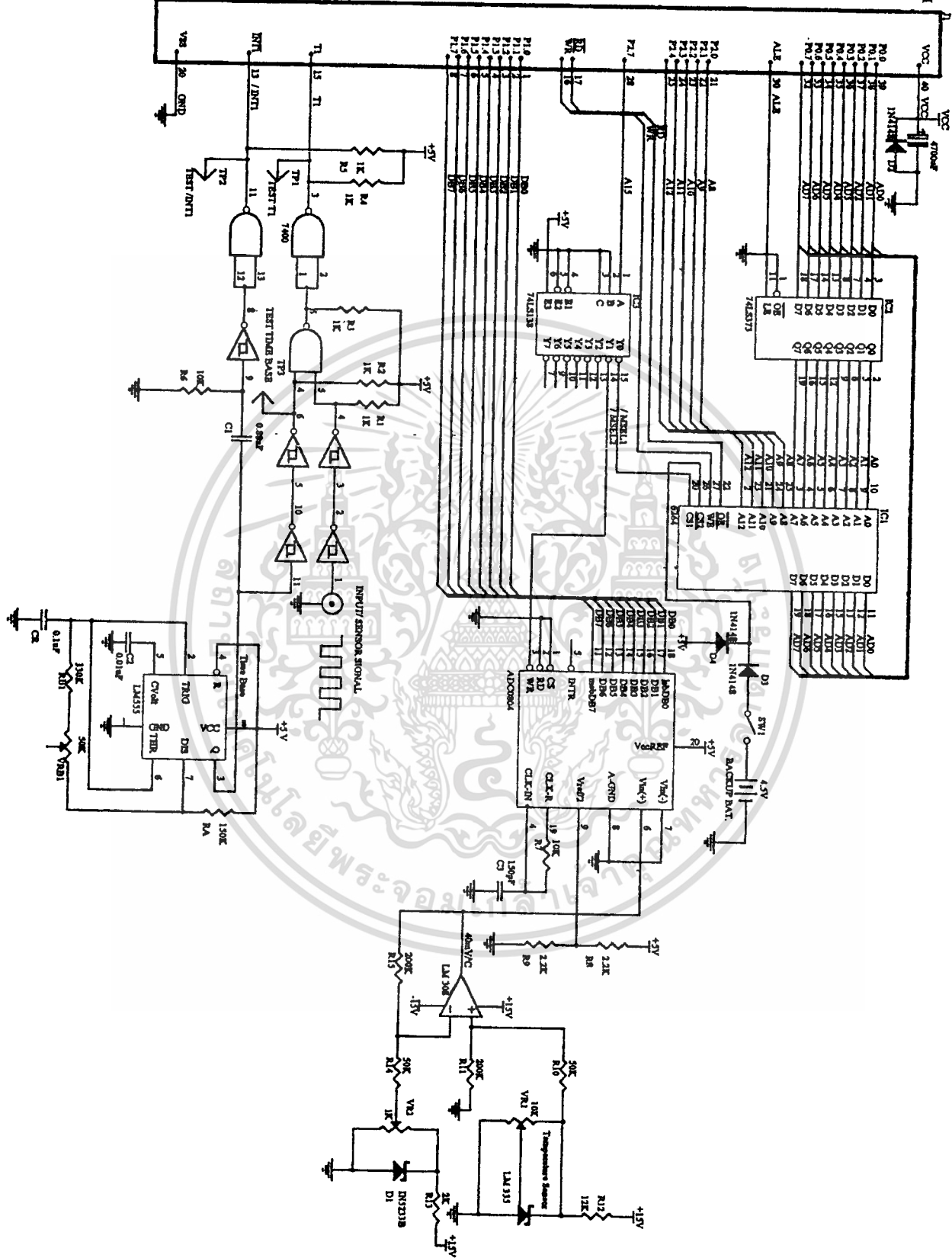
รูปที่ 28 แสดงผลที่ได้จากสัญญาณนับพัลส์เปิดเคทเทียบกับสัญญาณบริการร้องขอการ  
อินเทอร์เน็ต

#### แนวทางการพัฒนาและแก้ไข

ปริญญาโทระดับนี้ได้พัฒนาถึงระบบการรับส่งข้อมูลจากตัวเซ็นเซอร์มายังตัวควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะถูกควบคุมอยู่ ณ ห้องควบคุม (control room) ทำให้สามารถทราบถึงข้อมูลที่เกิดขึ้นจากตัวเซ็นเซอร์ได้และสะดวกต่อการนำไปประมวลผลต่อไป

การพัฒนาของระบบสู่อีกก้าวหนึ่งของการบันทึกข้อมูลเพื่อให้สามารถตรวจสอบข้อมูลที่ ถูกบันทึกไว้ได้ ซึ่งอาศัยหลักการตั้งเวลาบันทึกโดยจะต้องมีการพัฒนาตัวโปรแกรม (software) ให้เหมาะสมตลอดจนสามารถแสดงข้อมูลที่ได้ออกมาในรูปแบบกราฟฟิค (graphic) จะช่วยให้ ระบบของการรับส่งข้อมูลที่เรียกว่า “remote data” นี้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

SYSTEMS MICROBUS CONNECTORS



รูปที่ 29 แสดงวงจรรวมของส่วนรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ก่อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิพัฒน์ เลหาสงคราม เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้การ  
ประสิทธิ์ประสาทวิชาการแก่ผู้เขียน ตลอดจนช่วยแนะนำและให้คำปรึกษาในการทำปริญญาบัตร  
นี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมที่มีส่วน  
ช่วยเหลือและขอขอบคุณนาย ธนา พรวิศณุกุล นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมควบคุม  
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และนาย สัญญา พิณยกุล นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีส่วน  
ช่วยเหลือในการทำปริญญาบัตรนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

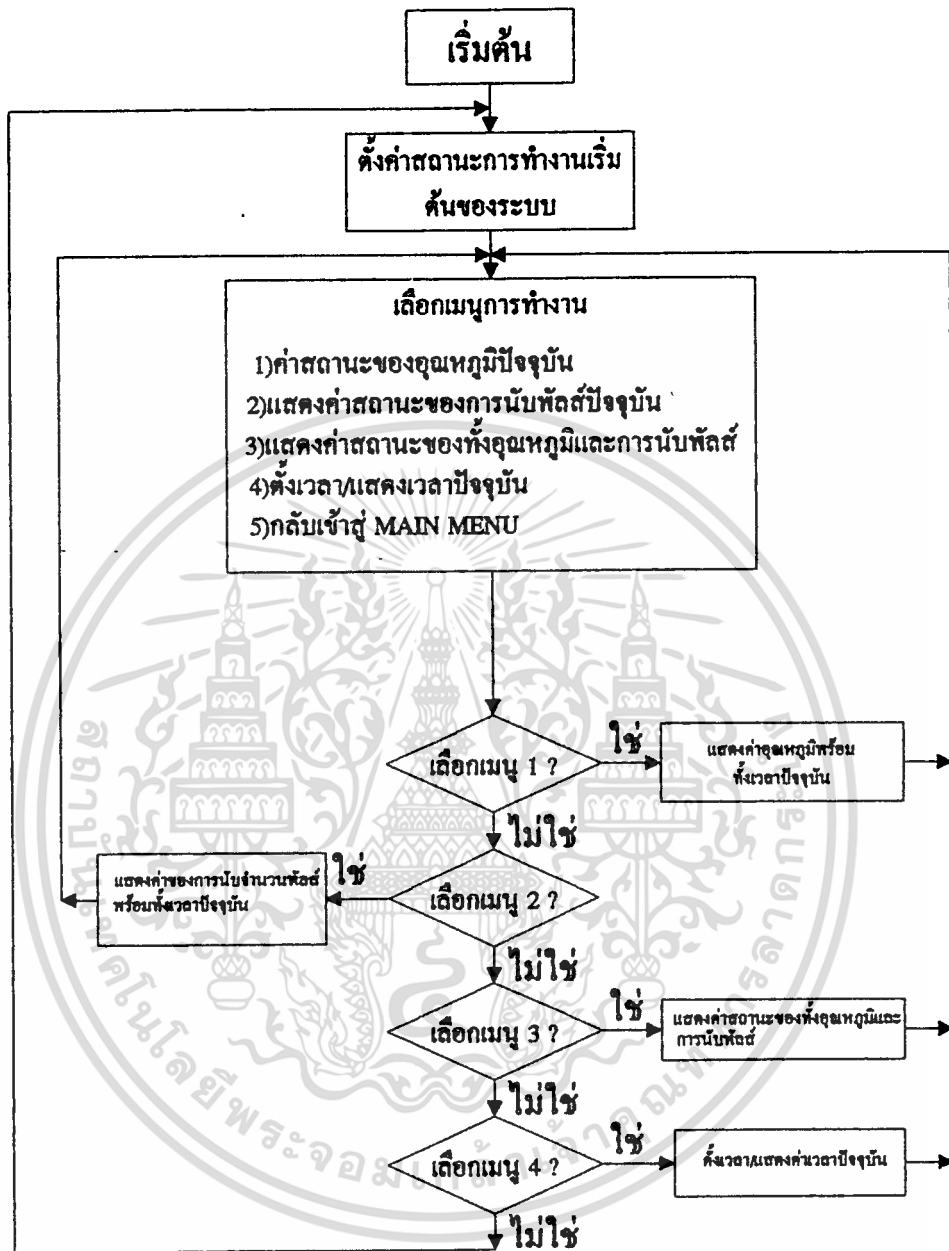
1. สุเจตน์ จันทรัมย์, "ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว 8051 (Single Chip Microcontroller 8051)", พิมพ์รวมเล่มครั้งที่ 1 ,พ.ศ.2535
2. สุนทร วิฑูรพจน์, "การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051"
3. ประเมษฐ์ ประนยานันท์, ปิยพงศ์ เผ่าวิช, "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 "
4. ร.ศ.พิพัฒน์ เลาสงคราม, "ภาษาแอสเซมบลีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", พิมพ์ครั้งที่ 1 ,พ.ศ.2537
5. สุนทร วิฑูรพจน์, "การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051"
6. Peter W. Gofton, เรียบเรียงโดย จิรศักดิ์ เหลืองอุไร, "คัมภีร์การใช้งานการสื่อสารอนุกรมบน PC (Mastering Serial Communications)", พ.ศ.2537



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

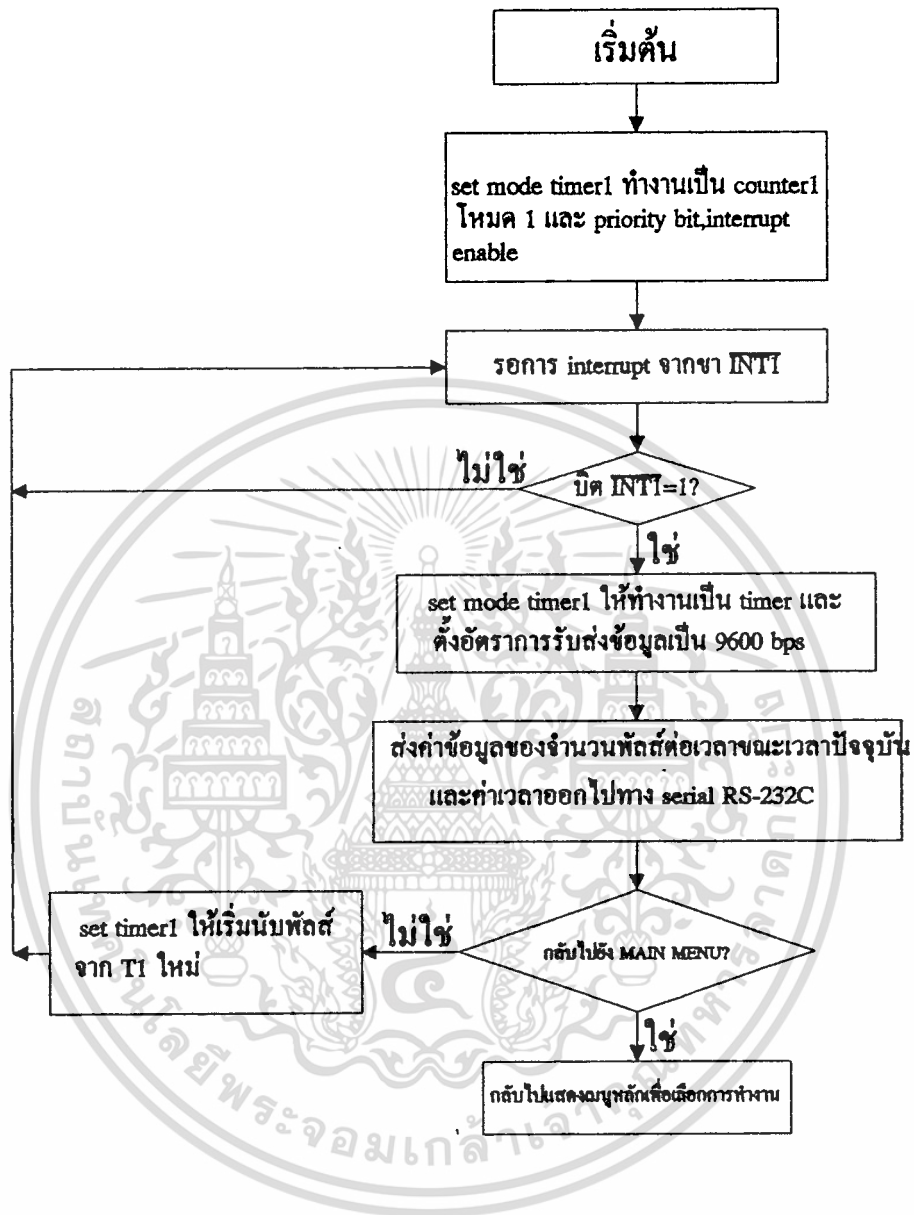


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

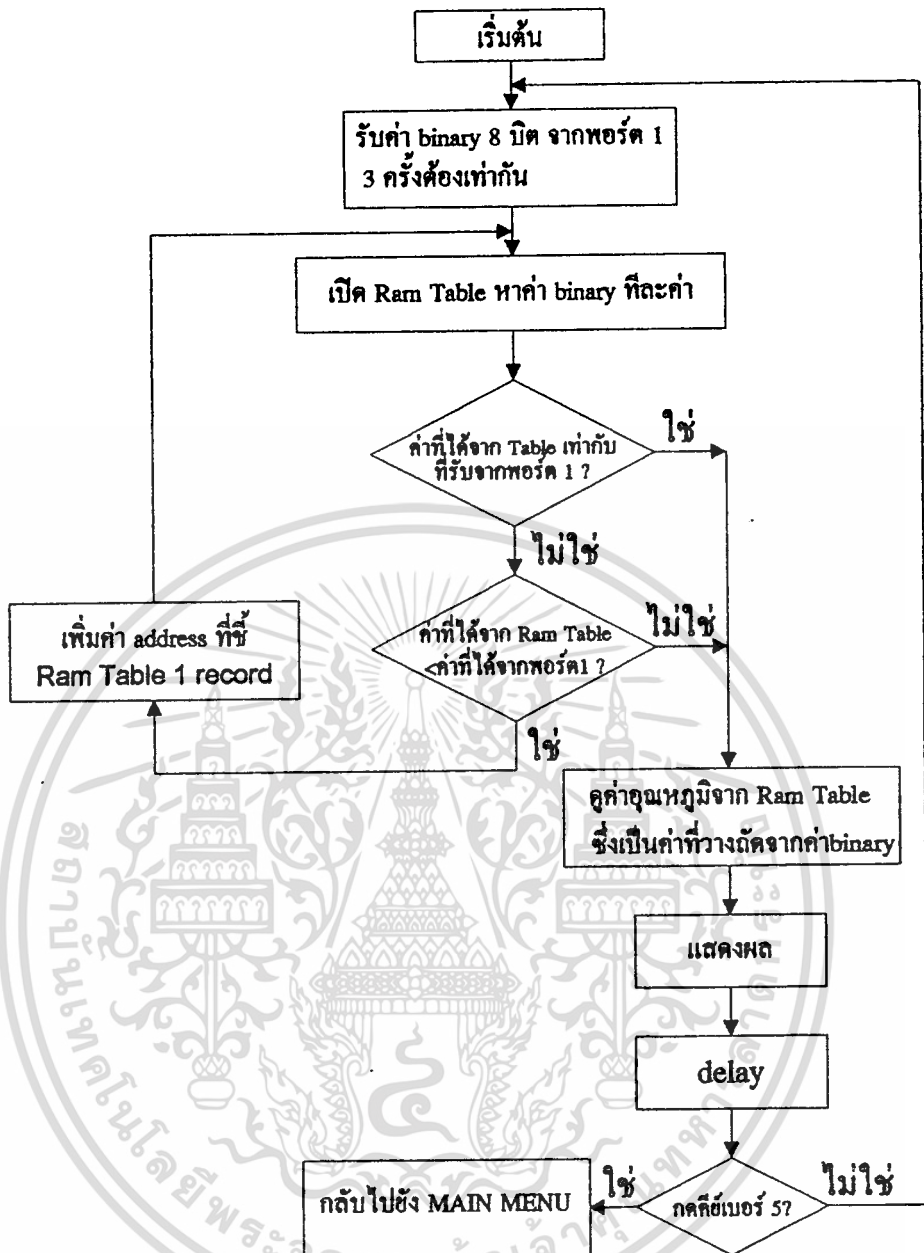


แสดง FLOW CHART ของ MAIN MENU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมอินเทอร์รัพท์ของการนับพัลส์และส่งค่าข้อมูล ไปยัง RS-232C



แสดง FLOW CHART ของโปรแกรมแสดงค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****;
; PROGRAM MONITOR
;*****;
; VARIABLE IDENTIFY
;
    ADCADDRESS EQU 8000H
;ASCII VALUE
    CR EQU 0DH
    LF EQU 0AH
    BELL EQU 07H
    BS EQU 08H
    CUP EQU 30D
    CDWN EQU 0AH; 31D
    CRHT EQU 32D ;00H; 28D
    CLFT EQU 08H ;29D

;COUNTER/TIMER PARAMETER
    BRAT_12 EQU 0B8H ;1200 BAUD RATE VAR.
    BRAT_24 EQU 0F4H ;2400
    BRAT_48 EQU 0FAH ;4800
    BRAT_96 EQU 0FDH ;9600
    TIME_VAR EQU 4100 ;TIME BASE VARIABLE
    HIGH_TIME_VAR EQU 10H
    LOW_TIME_VAR EQU 04H
;-----;
; RAM WORKING
;-----;
    DS 8
TIME_DIV: DS 1 ;15Hz COUNTER
TIME_BUF: DS 3 ;HH,MM,SS
TIME_MEM: DS 1
BCD: DS 2
VELO: DS 4
HEXTOD: DS 2
ENDRAM:
;-----;
WIND EQU 00
;-----;
; MAIN SOURCE CODE
;-----;
    ORG 0000H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

S JMP MAIN

ORG 0003H
RETI
; L JMP INTOSERVICE ;INT FROM RTC

ORG 000BH
L JMP TIME_UP ;TOSERVICE

ORG 0013H ;INTERUPT1 FROM WIND COUNTER
L JMP LATCH
;RETI

ORG 001BH
RETI

ORG 0023H
RETI

MAIN: MOV SP,#30H
SETB ETO
; CLR ETO

SETB IT1
ACALL DELAY
ACALL INTIMER1SERIAL
ACALL INTIMER0
ACALL INISERIAL

; MOV TIME_BUF,#00H
; MOV TIME_BUF+1,#00H
; MOV TIME_BUF+2,#00H

MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV DPTR,#M_HEADER
LCALL MESSAGE

MOV R5,#01D
LCALL CURSORUP
MOV R5,#18D
LCALL CURSORDOWN
SETB BA

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAINLOOP:

```
MOV R5,#01D
LCALL CURSORUP
MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#18D
LCALL CURSORDOWN
```

```
MOV DPTR,#M_MAINMENU
LCALL MESSAGE
```

LCALL WAITKEY ; LOOP UNTIL KEY PRESS

```
;A
MOV B,A
XRL A,#1'
JZ CALLTEMPLOOP
MOV A,B
XRL A,#2'
JZ CALLWINDLOOP
MOV A,B
XRL A,#3'
JZ CALLBOTHLOOP
MOV A,B
XRL A,#4'
JZ CALLSETTIMELOOP

SJMP MAINLOOP
```

CALLTEMPLOOP:

```
LCALL TEMPLOOP
SJMP MAINLOOP
```

CALLWINDLOOP:

```
LCALL WINDLOOP
SJMP MAINLOOP
```

CALLBOTHLOOP:

```
LCALL BOTHLOOP
SJMP MAINLOOP
```

CALLSETTIMELOOP:

```
LCALL SETTIMELOOP
SJMP MAINLOOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
; WAIT KEY SUBROUTINE
; WAIT FOR SERIAL IN
; OUTPUT A (ASCII)
;-----

```

WAITKEY:

```
CLR RI
```

SHOWTIMEWAITKEY:

```
LCALL SHOWTIME
```

```
JNB RI,SHOWTIMEWAITKEY
```

```
CLR RI
```

```
MOV A,SBUF
```

```
RET
```

```

;-----
; TEMPERATURE MEASURING LOOP
; IN BY LCALL TEMPLOOP
; OUT BY ANY CHARACTER (1-3)IN MENU
;-----

```

TEMPLOOP:

```
MOV R5,#01H
```

```
LCALL CURSORUP
```

```
MOV A,#CR
```

```
LCALL SERIALOUT
```

```
MOV R5,#18D
```

```
LCALL CURSORDOWN
```

```
MOV DPTR,#M_CENTIGRADE
```

```
LCALL MESSAGE
```

```
;MOV R5,#18D
```

```
;LCALL CURSORLEFT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REFRESHTEMP:

```

MOV R5,#01H
LCALL CURSORUP
MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#18D
LCALL CURSORDOWN
MOV DPTR,#M_NOWTEMPIS
LCALL MESSAGE
LCALL GETDATA

;ACALL DELAY
; MOV A,#F
; LCALL SERIALOUT
; SJMP MAINLOOP

;A
LCALL LOOKTABLE
;DPTR
INC DPTR
CLR A
MOVC A,@A+DPTR
ACALL SERIALOUT

INC DPTR
CLR A
MOVC A,@A+DPTR
ACALL SERIALOUT

INC DPTR
CLR A
MOVC A,@A+DPTR
ACALL SERIALOUT

INC DPTR
CLR A
MOVC A,@A+DPTR
ACALL SERIALOUT

MOV R5,#04D
LCALL BACKSPACE

```

```

LCALL SHOWTIME

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JNB  RL,STILLREFRESHTEMP
CLR  RI
MOV  A,SBUF
XRL  A,#5'
JZ   EXITTEMPLOOP

```

STILLREFRESHTEMP:

```
SJMP REFRESHTEMP
```

EXITTEMPLOOP:

```

MOV  A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV  DPTR,#M_MAINMENU
LCALL MESSAGE
RBT

```

```

;-----
; WIND VELOCITY MEASUREMENT
;-----

```

WINDLOOP:

```

MOV  R5,#01H
LCALL CURSORUP
MOV  A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV  R5,#18D
LCALL CURSORDOWN

MOV  DPTR,#M_PPS
LCALL MESSAGE
CLR  RI

```

REFRESHWIND:

```

LCALL SHOWTIME
MOV  R5,#01H
LCALL CURSORUP
MOV  A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV  R5,#18D
LCALL CURSORDOWN
MOV  DPTR,#M_NOWWINDIS
LCALL MESSAGE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL INICOUNTER1WIND
LCALL INTIMER1SERIAL
```

```
MOV A,VELO
LCALL SERIALOUT
MOV A,VELO+1
LCALL SERIALOUT
MOV A,VELO+2
LCALL SERIALOUT
MOV A,VELO+3
LCALL SERIALOUT
```

```
MOV R5,#04D
LCALL BACKSPACE
```

```
JNB RI,REFRESHWIND
MOV A,SBUF
XRL A,#5'
JZ ENDWIND
CLR RI
SJMP REFRESHWIND
```

```
ENDWIND:
```

```
RET
```

```
;-----
;BOTH WIND AND TEMPERATURE MEASUREMENT
;-----
```

```
BOTHLOOP:
```

```
MOV R5,#01H
LCALL CURSORUP
MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#15D
LCALL CURSORDOWN
```

```
MOV DPTR,#M_BOTHHEAD
LCALL MESSAGE
```

```
REFRESHBOTH:
```

```
LCALL SHOWTIME
```

```
MOV R5,#01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL CURSORUP
MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#18D
LCALL CURSORDOWN

```

```

MOV A,#**
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#14D
LCALL CURSORRIGHT

```

```

LCALL GETDATA

```

```

;A

```

```

LCALL LOOKTABLE

```

```

;DPTR

```

```

INC DPTR

```

```

CLR A

```

```

MOVC A,@A+DPTR

```

```

ACALL SERIALOUT

```

```

INC DPTR

```

```

CLR A

```

```

MOVC A,@A+DPTR

```

```

ACALL SERIALOUT

```

```

INC DPTR

```

```

CLR A

```

```

MOVC A,@A+DPTR

```

```

ACALL SERIALOUT

```

```

INC DPTR

```

```

CLR A

```

```

MOVC A,@A+DPTR

```

```

ACALL SERIALOUT

```

```

MOV R5,#20D

```

```

LCALL CURSORRIGHT

```

```

MOV A,#**

```

```

LCALL SERIALOUT

```

```

MOV R5,#18D

```

```

LCALL CURSORRIGHT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL INICOUNTER1WIND
LCALL INTIMER1SERIAL
```

```
MOV A,VELO
LCALL SERIALOUT
MOV A,VELO+1
LCALL SERIALOUT
MOV A,VELO+2
LCALL SERIALOUT
MOV A,VELO+3
LCALL SERIALOUT
```

```
MOV R5,#15D
LCALL CURSORRIGHT
MOV A,#*
```

```
JNB RI,REFRESHBOTH
CLR RI
MOV A,SBUF
XRL A,#5'
JZ EXITBOTHLOOP
```

EXITBOTHLOOP:

```
MOV R5,#01H
LCALL CURSORUP
MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#15D
LCALL CURSORDOWN

MOV DPTR,#M_CLEANBOTH
LCALL MESSAGE
```

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
; SETTIME LOOP
;-----

```

```
SETTIMELOOP:
```

```

MOV R5,#01H
LCALL CURSORUP
MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#18D
LCALL CURSORDOWN

MOV DPTR,#M_ENTERHOUR
LCALL MESSAGE
LCALL WAITKEY
ANL A,#0FH
MOV B,A
;B=TEN OF HOUR
MOV A,TIME_BUF
SWAP A
ANL A,#0FOH
ORL A,B
SWAP A
PUSH ACC ;ACC=HOUR WITH NEW TOH

LCALL WAITKEY
ANL A,#0FH
MOV B,A
;B=UNIT OF HOUR
POP ACC
ANL A,#0FOH
ORL A,B
MOV TIME_BUF,A

MOV R5,#01H
LCALL CURSORUP
MOV A,#CR
LCALL SERIALOUT
MOV R5,#18D

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCALL CURSORDOWN

MOV DPTR,#M\_ENTERMIN

LCALL MESSAGE

LCALL WAITKEY

ANL A,#0FH

MOV B,A

;B=TEN OF MIN

MOV A,TIME\_BUF+1

SWAP A

ANL A,#0FOH

ORL A,B

SWAP A

PUSH ACC ;ACC=HOUR WITH NEW TOH

LCALL WAITKEY

ANL A,#0FH

MOV B,A

;B=UNIT OF HOUR

POP ACC

ANL A,#0FOH

ORL A,B

MOV TIME\_BUF+1,A

MOV TIME\_BUF+2,#00H

RET

-----  
; SHOWTIME SUBROUTINE

SHOWTIME:

MOV R5,#01D

LCALL CURSORUP

MOV R5,#06D

LCALL CURSORDOWN

MOV A,#CR

LCALL SERIALOUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV DPTR,#M_TIMEIS
LCALL MESSAGE
LCALL SENDTIME

MOV R5,#01D
LCALL CURSORUP
MOV R5,#18D
LCALL CURSORDOWN
RET

```

```

;-----
; SEND TIME SUBROUTINE
;-----

```

```
SENDTIME:
```

```

DISP_1:  MOV  A,TIME_BUF+2
;CJNE  A,TIME_MEM,DISP_2
;SJMP  DISP_1

```

```

DISP_2:  MOV  TIME_MEM,A
MOV  A,TIME_BUF
LCALL S_BYTEH
MOV  A,#3AH
LCALL S_BYTE
MOV  A,TIME_BUF+1
LCALL S_BYTEH
MOV  A,#3AH
LCALL S_BYTE
MOV  A,TIME_BUF+2
LCALL S_BYTEH
LCALL S_LF
RET

```

```
***** S_BYTE SUBROUTINE *****;
```

```
; SEND BYTE
```

```
; IN = A
```

```
; REG = NO
```

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

```
S_BYTE:  JNB  TI,$           ;WAIT FOR SEND OK.
```

```
CLR  TI
```

```
MOV  SBUF,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

;\*\*\*\*\* S\_BYTEH SUBROUTINE \*\*\*\*\*;

; SEND 2 BYTE HEX FROM A

; IN = A

; REG = A,R2,R3

;\*\*\*\*\*;

S\_BYTEH: LCALL H\_A

MOV A,R2

LCALL S\_BYTE

MOV A,R3

LCALL S\_BYTE

RET

;\*\*\*\*\* S\_LF SUBROUTINE \*\*\*\*\*;

; PRINT CR/F

; REG = A

;\*\*\*\*\*;

S\_LF: MOV A,#0DH

LCALL S\_BYTE

MOV A,#0AH

LCALL S\_BYTE

RET

;\*\*\*\*\* R\_BYTE SUBROUTINE \*\*\*\*\*;

; OUT = A

; REG = A

;\*\*\*\*\*;

R\_BYTE: JNB RI,\$

CLR RI

MOV A,\$BUF

RET

;\*\*\*\*\* R\_BYTEH SUBROUTINE \*\*\*\*\*;

; READ HEX-&gt;ASCII FROM SERIAL (2BYTE)

; OUT = A

; REG = A,R2,R3

;\*\*\*\*\*;

R\_BYTEH: LCALL R\_BYTE

MOV R2,A

LCALL R\_BYTE

MOV R3,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สําคัญสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL A_H
```

```
RET
```

```
;***** HEXEMAL TO ASCII SUB.*****;
```

```
; CONVERT HEX TO ASCII
```

```
; IN = A
```

```
; OUT = R2,R3
```

```
; RBG = A,R2,R3
```

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

```
H_A:   PUSH  ACC
```

```
       SWAP  A
```

```
       LCALL HEX_A
```

```
       MOV   R2,A
```

```
       POP   ACC
```

```
       LCALL HEX_A
```

```
       MOV   R3,A
```

```
       RET
```

```
HEX_A: ANL   A,#0FH
```

```
       CJNE A,#0AH,$+3
```

```
       JNC  HEX_AS
```

```
       ORL  A,#30H
```

```
       RET
```

```
HEX_AS: SUBB  A,#9
```

```
       ORL  A,#40H
```

```
       RET
```

```
;***** ASCII TO HEX SUB.*****;
```

```
; ASCII TO HEX CONVERT
```

```
; IN = R2,R3
```

```
; OUT = A
```

```
; REG = A,R2
```

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

```
A_H:   MOV   A,R2
```

```
       LCALL A_HEX
```

```
       SWAP  A
```

```
       MOV   R2,A
```

```
       MOV   A,R3
```

```
       LCALL A_HEX
```

```
       ORL  A,R2
```

```
       RET
```

```
A_HEX: CJNE  A,#41H,$+3
```

```
       JC   AS_H
```

```
       ADD  A,#9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AS_H:   ANL  A,#0FH
        RET
```

```
;-----
; INNTIAL TIMER 1 SERIAL
; SET BAUDRATE
```

```
INITIMER1SERIAL:
```

```
CLR  TR1
ANL  TMOD,#00001111B
ORL  TMOD,#00100000B ;
MOV  TH1,#253D
MOV  TL1,#253D
SETB TR1
RET
```

```
;-----
; INNTIAL TIMER 1 WIND COUNTER
; SET MODE 2
```

```
INICOUNTER1WIND:
```

```
CLR  TR1
ANL  TMOD,#00001111B
ORL  TMOD,#01010000B ;
MOV  TH1,#00H
MOV  TL1,#00H
CLR  ET1
SETB IT1
SETB EX1
SETB TR1
CLR  WIND
```

```
WAIT_W: JNB  WIND,$
```

```
CLR  WIND
JNB  WIND,$
CLR  EX1
RET
```

```
;-----
; INNTIAL TIMER 0 15 HERZ INT
```

```
INTIMERO:
```

```
ANL  TMOD,#11110000B
ORL  TMOD,#00000001B ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV TH0,#HIGH_TIME_VAR
MOV TLO,#LOW_TIME_VAR
SETB ETO
SETB TR0
RET

```

```

;
;*****;
; the interrupt1 routine for latch new ;
; velocity from counter then convert ;
; to decimal and save in velocity buffer ;
; reg = r0,r2,r3,r5,a ;
;*****;

```

```

Latch: CLR EX1
        push ACC ;
                PUSH B
        push psw ;
        push 00 ;
                PUSH 01
        push 02 ;
        push 03 ;
                PUSH 04
        push 05 ;
        clr tr1 ;
        mov a,tl1 ;save (th1,tl1)
        mov hextod,a ;in hex then
        mov a,tl1 ;convert to dec
        mov hextod+1,a ;and save it in
        lcall btod ;velocity.
        mov a,bcd ;
        lcall htoa ;convert to ASCII
        mov velo,r4 ;
        mov velo+1,r5 ;
        mov a,bcd+1 ;
        lcall htoa ;
        mov velo+2,r4 ;
        mov velo+3,r5 ;
        mov th1,#00H ;clear th1 & tl1
        mov tl1,#00H ;
        setb WIND
                SETB TR1

```

```

                POP    04
pop    03      ;
pop    02      ;
                POP 01
pop    00      ;
pop    psw     ;
                POP B
pop    ACC

SETB   BX1    ;
RETI

```

```

;*****
; convert two bytes hexadecimal in hex ;
; to two bytes decimal in bcd code ;
; reg = r0,r2,r3,a ;
;*****

```

```

htod: clr     c      ;
      mov     bcd,#00H ;
      mov     bcd+1,#00H ;
      mov     r2,#10H ;
htod1: mov     r0,#bextod+1 ;
      mov     r3,#02H ;
htod2: mov     a,@r0 ;
      rlc     a      ;
      mov     @r0,a ;
      dec     r0     ;
      djnz   r3,htod2 ;
      mov     r0,#bcd+1 ;
      mov     r3,#02H ;
htod3: mov     a,@r0 ;
      addc   a,@r0 ;
      da     a      ;
      mov     @r0,a ;
      dec     r0     ;
      djnz   r3,htod3 ;
      djnz   r2,htod1 ;
      ret

```

```

;*****

```

```

; convert hexadecimal to ASCII code ;

```

```

; in = a

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

; out = r4,r5 ;
; reg = a,r4,r5 ;
;*****;
    htoa: push ACC ;
        swap a ;
        lcall htoas ;
        mov r4,a ;
        pop ACC ;
        lcall htoas ;
        mov r5,a ;
        ret ;
    htoas: anl a,#0fH ;
        cjne a,#0aH,$+3 ;
        jnc htoas1 ;
        ori a,#30H ;
        ret ;
    htoas1: subb a,#9 ;

    ori a,#40H ;
        ret ;
;*****;
;-----;
; DELAY
;-----;
DELAY: PUSH 07
        PUSH 06
        MOV R7,#0
DECR0: MOV R6,#0
        DJNZ R6,$
        DJNZ R7,DECR0
        POP 06
        POP 07
        RET

;-----;
DELAY2:
        PUSH 05
        MOV R5,#15
DECR5: ACALL DELAY
        DJNZ R5,DECR5
        POP 05
        RET

;-----;
INITIAL SERIALPORT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; 9600 N 8 1
```

```
INISERIAL:
```

```
ANL  PCON,#7FH    ;SMOD=0
MOV   SCON,#0101000B ; MODE 1
                        ;SINGLE PROCESSOR
                        ;ENABLE RECIEVE
                        ;BIT9 = 0
                        ;CLEAR INTERUPT FLAG

RET
```

```
SERIAL OUT
```

```
;INPUT A TI=0
```

```
;OUTPUT SERIAL
```

```
SERIALOUT:
```

```
PUSH  03
CLR   TI
MOV   SBUF,A
JNB  TI,$
MOV   R3,#0FFH
DJNZ  R3,$
DJNZ  R3,$
DJNZ  R3,$
DJNZ  R3,$
DJNZ  R3,$
DJNZ  R3,$
DJNZ  R3,$
DJNZ  R3,$
POP   03
RET
```

```
SERIAL IN
```

```
; INPUT SERIAL
```

```
; OUTPUT A
```

```
SERIALIN:
```

```
PUSH  03
CLR   RI
JNB  RI,$
MOV   A,SBUF
CLR   RI
POP   03
```

เอกสารนี้เป็น **RET** สารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
;   GET DATA FROM PORT1
; OUTPUT A
; USED R4
;-----

```

**GETDATA:**

```

PUSH B
PUSH 04
MOV R4,#00H
MOV DPTR,#ADCADDRESS

```

**NEWREAD:**

```

MOV P1,#0FFH
MOVX @DPTR,A
DJNZ R4,$
DJNZ R4,$
DJNZ R4,$

```

```

MOV A,P1
MOV B,A

MOV P1,#0FFH
MOVX @DPTR,A
DJNZ R4,$
DJNZ R4,$
DJNZ R4,$
MOV A,P1
XRL A,B
JNZ NEWREAD

```

```

MOV P1,#0FFH
MOVX @DPTR,A
DJNZ R4,$
DJNZ R4,$
DJNZ R4,$
MOV A,P1
XRL A,B
JNZ NEWREAD

```

```

MOV A,B

```

```
POP B
```

```
RET
```

```
;-----  
; LOOKUP TABLE
```

```
; INPUT A
```

```
; OUTPUT DPTR POINT AT BINARY
```

```
; USED R2=BINARY  
;-----
```

```
LOOKTABLE:
```

```
PUSH 02
```

```
PUSH B
```

```
MOV DPTR,#TEMPTABLE
```

```
MOV R2,A ;R2 =ADC VALUE
```

```
LOOPLOOK:
```

```
CLR A
```

```
MOVC A,@A+DPTR
```

```
XRL A,R2
```

```
JZ FOUNDTABLE
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
CLR A
```

```
MOVC A,@A+DPTR
```

```
CPL A
```

```
JZ ENDTABLE ;FOUND FF BINARY
```

```
CPL A
```

```
MOV B,R2
```

```
CLR C
```

```
SUBB A,B
```

```
JNC FOUNDTABLE
```

```
SJMP LOOPLOOK
```

```
FOUNDTABLE:
```

```
ENDTABLE:
```

```
ENDLOOKTABLE:
```

```
POP B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

```

;-----
; MESSAGE
; INPUT DPTR POINT AT ADDRESS WITH MESSAGE
; OUTPUT MESSAGE SHOW UNTIL FIND '$'
;-----

```

MESSAGE;CLR EX1

```

PUSH ACC
PUSH 03
MOV R3,#00H

```

OUTNEWCHAR:

```

CLR A
DJNZ R3,$
DJNZ R3,$
MOVC A,@A+DPTR
MOV B,A
XRL A,#'$'
JZ ENDMESSAGE
MOV A,B
LCALL SERIALOUT

INC DPTR
SJMP OUTNEWCHAR

```

ENDMESSAGE:

```

POP 03
POP ACC
; SETB EX1
RET

```

; BACK SPACE

; INPUT R5 NUMBER OF COLUMN TO BS

BACKSPACE:

PUSH ACC

NEWBS:

```

MOV A,#BS
LCALL SERIALOUT
DJNZ R5,NEWBS

```

POP ACC

RET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
;   CURSOR LEFT
; INPUT R5 NUMBER OF COLUMN TO LEFT
;-----

```

**CURSORLEFT:**

PUSH ACC

**NEWLEFT:**

MOV A,#CLFT

LCALL SERIALOUT

DJNZ R5,NEWLEFT

POP ACC

RET

```

;-----
;   CURSOR RIGHT
; INPUT R5 NUMBER OF COLUMN TO RIGHT
;-----

```

**CURSORRIGHT:**

PUSH ACC

**NEWRIGHT:**

MOV A,#CRHT

LCALL SERIALOUT

DJNZ R5,NEWRIGHT

POP ACC

RET

```

;-----
;   CURSOR UP
; INPUT R5 NUMBER OF COLUMN TO UP
;-----

```

**CURSORUP:**

PUSH ACC

**NEWUP:**

MOV A,#CUP

LCALL SERIALOUT

POP ACC

RET

```

;-----
;   CURSOR DOWN
; INPUT R5 NUMBER OF COLUMN TO DOWN
;-----

```

**CURSORDOWN:**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PUSH ACC
NEWDOWN:
MOV A,#CDWN
LCALL SERIALOUT
DJNZ R5,NEWDOWN

POP ACC
RET

```

```

;-----
; TIMER 0 SERVICE
;-----

```

```

TIME_UP: ; CLR EX1
PUSH ACC
PUSH PSW

MOV TH0,#HIGH_TIME_VAR ;RESET TIMER
MOV TL0,#LOW_TIME_VAR
INC TIME_DIV
MOV A,TIME_DIV
CJNE A,#15,TIME_UP9
; CLR ETO
; LCALL SHOWTIME
; SETB ETO
MOV TIME_DIV,#0

MOV A,TIME_BUF+2 ;SECOND
ADD A,#1
DA A
MOV TIME_BUF+2,A
CJNE A,#60H,TIME_UP9
MOV TIME_BUF+2,#0

MOV A,TIME_BUF+1 ;MINUTE
ADD A,#1
DA A
MOV TIME_BUF+1,A
CJNE A,#60H,TIME_UP9
MOV TIME_BUF+1,#0

MOV A,TIME_BUF ;HOUR
MOV PSW,#01H
ADD A,#1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DA    A
CJNE  A,#25H,HOUR_T
MOV   A,#00H
HOUR_T:  MOV   TIME_BUF,A

```

```

TIME_UP9:  POP   PSW
          POP   ACC
          ; SETB  EX1
          RETI

```

```

;-----
; MESSAGE LIBRARY
;-----

```

```
M_HEADER:
```

```

DB    CR
DB    *****',CR
DB    *      Monitor Program for Remote Wind Velocmeter and Remote Thermometer      *',CR
DB    *****',CR
DB    *DEVELOP BY: MISS NAWARAT  PANTAWAN                                     *',CR
DB    *      MISS RUNGRUDEB  ANUSATSIRI                                       *',CR
DB    *****',CR
DB    *TIME      :                                                                *',CR
DB    *****',CR
DB    *      Please Select Menu (1-5)                                           *',CR
DB    *      1). Status of Temperature .                                       *',CR
DB    *      2). Status of Wind Velocity                                       *',CR
DB    *      3). BOTH of Temperature and Wind Velocity.                       *',CR
DB    *      4). Set Time.                                                       *',CR
DB    *      5). EXIT TO MAIN MENU.                                             *',CR
DB    *****',CR
DB    *                                                                *',CR
DB    *                                                                *',CR
DB    *                                                                *',CR
DB    *      MAIN MENU* Please Select Menu (1-4)                               *',CR
DB    *                                                                *',CR
DB    *                                                                *',CR
DB    *                                                                *',CR
DB    *****$

```

```
M_CENTIGRADE:
```

```
DB    *      CENTIGRADES$
```

เอกสาร M\_NOWTEMPIS: ที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DB *      NOW TEMPERATURE IS $'
M_MAINMENU:
DB *      MAIN MENU* Please Select Menu (1-4)      $'
M_TIMEIS:
DB *TIME  : $'
M_ENTERHOUR:
DB *      ENTER 2 NUMBERS OF HOURS ?(00-23)      $'
M_ENTERMIN:
DB *      ENTER 2 NUMBERS OF MINUTES ?(00-59)    $'
M_PPS:
DB *      PULSES PER SECOUND. $'
M_NOWWINDIS:
DB *      NOW FREQUENCY FROM WINDCOUNTER IS $'
M_BOTHHEAD:
DB *      TEMPERRATURE *      WIND VELOCITY *',CR
DB *      *****',CR
DB *      *      *',CR
DB *      *      *',CR
DB *      *      *',CR
DB *      CENTIGRADES *      PULSE PER SECOUND *',CR
DB *      *      *$'
M_CLEANBOTH:
DB *      *',CR
DB *      *',CR
DB *      *',CR
DB *      *',CR
DB *      *',CR
DB *      *',CR
DB *      *$'

```

---

**TEMPTABLE:**

```

DB 000H
DB 'LWR'
DB 013H
DB 'LWR'
DB 014H
DB '00.0'
DB 015H
DB '00.5'
DB 016H
DB '01.0'
DB 017H

```

DB '01.5'  
 DB 018H  
 DB '02.0'  
 DB 019H  
 DB '02.5'  
 DB 01aH  
 DB '03.0'  
 DB 01bH  
 DB '03.5'  
 DB 01cH  
 DB '04.0'  
 DB 01dH  
 DB '04.5'  
 DB 01eH  
 DB '05.0'  
 DB 01fH  
 DB '05.5'  
 DB 020H  
 DB '06.0'  
 DB 021H  
 DB '06.5'  
 DB 022H  
 DB '07.0'  
 DB 023H  
 DB '07.5'  
 DB 024H  
 DB '08.0'  
 DB 025H  
 DB '08.5'  
 DB 026H  
 DB '09.0'  
 DB 027H  
 DB '09.5'  
 DB 028H  
 DB '10.0'  
 DB 029H  
 DB '10.5'  
 DB 02aH  
 DB '11.0'  
 DB 02bH  
 DB '11.5'  
 DB 02cH  
 DB '12.0'



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB 02dH  
 DB '12.5'  
 DB 02eH  
 DB '13.0'  
 DB 02fH  
 DB '13.5'  
 DB 030H  
 DB '14.0'  
 DB 031H  
 DB '14.5'  
 DB 032H  
 DB '15.0'  
 DB 034H  
 DB '15.5'  
 DB 035H  
 DB '16.0'  
 DB 036H  
 DB '16.5'  
 DB 037H  
 DB '17.0'  
 DB 038H  
 DB '17.5'  
 DB 039H  
 DB '18.0'  
 DB 03aH  
 DB '18.5'  
 DB 03bH  
 DB '19.0'  
 DB 03cH  
 DB '19.5'  
 DB 03dH  
 DB '20.0'  
 DB 03eH  
 DB '20.5'  
 DB 03fH  
 DB '21.0'  
 DB 040H  
 DB '21.5'  
 DB 041H  
 DB '22.0'  
 DB 042H  
 DB '22.5'  
 DB 043H



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB '23.0'  
 DB 044H  
 DB '23.5'  
 DB 045H  
 DB '24.0'  
 DB 046H  
 DB '24.5'  
 DB 047H  
 DB '25.0'  
 DB 048H  
 DB '25.5'  
 DB 049H  
 DB '26.0'  
 DB 04aH  
 DB '26.5'  
 DB 04bH  
 DB '27.0'  
 DB 04cH  
 DB '27.5'  
 DB 04dH  
 DB '28.0'  
 DB 04eH  
 DB '28.5'  
 DB 04fH  
 DB '29.0'  
 DB 050H  
 DB '29.5'  
 DB 051H  
 DB '30.0'  
 DB 052H  
 DB '30.5'  
 DB 053H  
 DB '31.0'  
 DB 054H  
 DB '31.5'  
 DB 055H  
 DB '32.0'  
 DB 056H  
 DB '32.5'  
 DB 057H  
 DB '33.0'  
 DB 058H  
 DB '33.5'



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB 059H  
 DB '34.0'  
 DB 05aH  
 DB '34.5'  
 DB 05bH  
 DB '35.0'  
 DB 05cH  
 DB '35.5'  
 DB 05dH  
 DB '36.0'  
 DB 05eH  
 DB '36.5'  
 DB 05fH  
 DB '37.0'  
 DB 060H  
 DB '37.5'  
 DB 061H  
 DB '38.0'  
 DB 062H  
 DB '38.5'  
 DB 063H  
 DB '39.0'  
 DB 064H  
 DB '39.5'  
 DB 065H  
 DB '40.0'  
 DB 067H  
 DB '40.5'  
 DB 068H  
 DB '41.0'  
 DB 069H  
 DB '41.5'  
 DB 06aH  
 DB '42.0'  
 DB 06bH  
 DB '42.5'  
 DB 06cH  
 DB '43.0'  
 DB 06dH  
 DB '43.5'  
 DB 06eH  
 DB '44.0'  
 DB 06fH



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB '44.5'  
 DB 070H  
 DB '45.0'  
 DB 071H  
 DB '45.5'  
 DB 072H  
 DB '46.0'  
 DB 073H  
 DB '46.5'  
 DB 074H  
 DB '47.0'  
 DB 075H  
 DB '47.5'  
 DB 076H  
 DB '48.0'  
 DB 077H  
 DB '48.5'  
 DB 078H  
 DB '49.0'  
 DB 079H  
 DB '49.5'  
 DB 07aH  
 DB '50.0'  
 DB 07bH  
 DB '50.5'  
 DB 07cH  
 DB '51.0'  
 DB 07dH  
 DB '51.5'  
 DB 07eH  
 DB '52.0'  
 DB 07fH  
 DB '52.5'  
 DB 080H  
 DB '53.0'  
 DB 081H  
 DB '53.5'  
 DB 082H  
 DB '54.0'  
 DB 083H  
 DB '54.5'  
 DB 084H



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB 085H  
 DB '55.5'  
 DB 086H  
 DB '56.0'  
 DB 087H  
 DB '56.5'  
 DB 088H  
 DB '57.0'  
 DB 089H  
 DB '57.5'  
 DB 08aH  
 DB '58.0'  
 DB 08bH  
 DB '58.5'  
 DB 08cH  
 DB '59.0'  
 DB 08dH  
 DB '59.5'  
 DB 08eH  
 DB '60.0'  
 DB 08fH  
 DB '60.5'  
 DB 090H  
 DB '61.0'  
 DB 091H  
 DB '61.5'  
 DB 092H  
 DB '62.0'  
 DB 093H  
 DB '62.5'  
 DB 094H  
 DB '63.0'  
 DB 095H  
 DB '63.5'  
 DB 096H  
 DB '64.0'  
 DB 097H  
 DB '64.5'  
 DB 098H  
 DB '65.0'  
 DB 09aH  
 DB '65.5'



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB '66.0'  
 DB 09cH  
 DB '66.5'  
 DB 09dH  
 DB '67.0'  
 DB 09eH  
 DB '67.5'  
 DB 09fH  
 DB '68.0'  
 DB 0a0H  
 DB '68.5'  
 DB 0a1H  
 DB '69.0'  
 DB 0a2H  
 DB '69.5'  
 DB 0a3H  
 DB '70.0'  
 DB 0a4H  
 DB '70.5'  
 DB 0a5H  
 DB '71.0'  
 DB 0a6H  
 DB '71.5'  
 DB 0a7H  
 DB '72.0'  
 DB 0a8H  
 DB '72.5'  
 DB 0a9H  
 DB '73.0'  
 DB 0aaH  
 DB '73.5'  
 DB 0abH  
 DB '74.0'  
 DB 0acH  
 DB '74.5'  
 DB 0adH  
 DB '75.0'  
 DB 0aeH  
 DB '75.5'  
 DB 0afh  
 DB '76.0'  
 DB 0b0H



เอกสารนี้เก็บโดย **DB '76.5'** ที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB 0b1H  
 DB 77.0'  
 DB 0b2H  
 DB 77.5'  
 DB 0b3H  
 DB 78.0'  
 DB 0b4H  
 DB 78.5'  
 DB 0b5H  
 DB 79.0'  
 DB 0b6H  
 DB 79.5'  
 DB 0b7H  
 DB 80.0'  
 DB 0b8H  
 DB 80.5'  
 DB 0b9H  
 DB 81.0'  
 DB 0baH  
 DB 81.5'  
 DB 0bbH  
 DB 82.0'  
 DB 0bcH  
 DB 82.5'  
 DB 0bdH  
 DB 83.0'  
 DB 0beH  
 DB 83.5'  
 DB 0bfH  
 DB 84.0'  
 DB 0c0H  
 DB 84.5'  
 DB 0c1H  
 DB 85.0'  
 DB 0c2H  
 DB 85.5'  
 DB 0c3H  
 DB 86.0'  
 DB 0c4H  
 DB 86.5'  
 DB 0c5H  
 DB 87.0'  
 DB 0c6H



DB '87.5'  
 DB 0c7H  
 DB '88.0'  
 DB 0c8H  
 DB '88.5'  
 DB 0c9H  
 DB '89.0'  
 DB 0caH  
 DB '89.5'  
 DB 0cbH  
 DB '90.0'  
 DB 0cdH  
 DB '90.5'  
 DB 0ceH  
 DB '91.0'  
 DB 0cfH  
 DB '91.5'  
 DB 0d0H  
 DB '92.0'  
 DB 0d1H  
 DB '92.5'  
 DB 0d2H  
 DB '93.0'  
 DB 0d3H  
 DB '93.5'  
 DB 0d4H  
 DB '94.0'  
 DB 0d5H  
 DB '94.5'  
 DB 0d6H  
 DB '95.0'  
 DB 0d7H  
 DB '95.5'  
 DB 0d8H  
 DB '96.0'  
 DB 0d9H  
 DB '96.5'  
 DB 0daH  
 DB '97.0'  
 DB 0dbH  
 DB '97.5'  
 DB 0dcH



เอกสารนี้ DB '98.0' เป็นการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB OddH  
 DB '98.5'  
 DB OdeH  
 DB '99.0'  
 DB OddH  
 DB '99.5'  
 DB OFFH  
 DB 'OVER'

END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

### General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 25611 products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

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

### Features

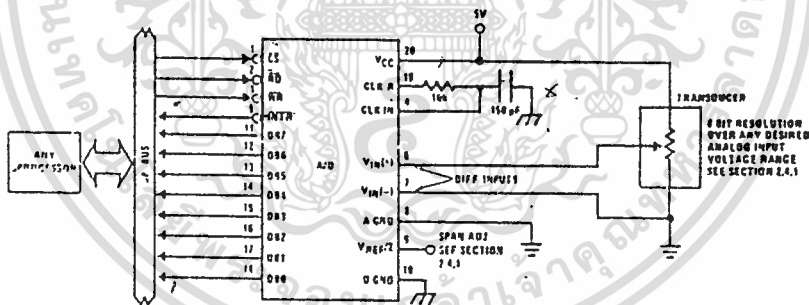
- Compatible with 8080  $\mu$ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 125 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub>, 2.5 V<sub>DC</sub>, or analog span adjusted voltage reference

### Key Specifications

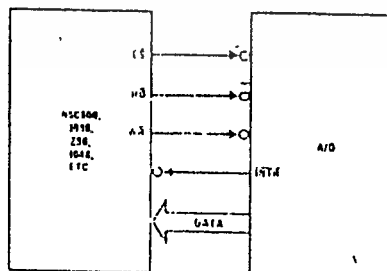
- Resolution: 8 bits
- Total error:  $\pm 1/4$  LSB,  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Conversion time: 100  $\mu$ s

### Typical Applications



TL/H/5671-1

### 8080 Interface



TL/H/5671-31

### Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V <sub>REF</sub> /2 = 2.500 V <sub>DC</sub> (No Adjustments)	V <sub>REF</sub> /2 = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		$\pm 1$ LSB	
ADC0805			$\pm 1$ LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

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

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

## Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0801/02LJ	-55°C $\leq T_A \leq$ +125°C
ADC0801/02/03/04LCJ	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0804LCN	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/03/04LCV	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/03/04LCWM	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
Range of $V_{CC}$	4.5 V <sub>DC</sub> to 6.3 V <sub>DC</sub>

## Electrical Characteristics

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

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

## AC Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$T_C$	Conversion Time	$f_{CLK} = 640\text{ kHz}$ (Note 6)	103		114	$\mu\text{s}$
$T_C$	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	1/ $f_{CLK}$
$f_{CLK}$	Clock Frequency Clock Duty Cycle	$V_{CC} = 5\text{V}$ , (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTF tied to $\overline{WR}$ with $\overline{CS} = 0\text{ V}_{DC}$ , $f_{CLK} = 640\text{ kHz}$	8770		9708	conv/s
$t_{W(WR)}$	Width of $\overline{WR}$ Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS} = 0\text{ V}_{DC}$ (Note 7)	100			ns
$t_{ACC}$	Access Time (Delay from Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid)	$C_L = 100\text{ pF}$		135	200	ns
$t_{HL, LOH}$	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of $\overline{RD}$ to Hi-Z State)	$C_L = 10\text{ pF}$ , $R_L = 10\text{ k}$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
$t_{FL, LOF}$	Delay from Falling Edge of $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$ to Reset of INTF			300	450	ns
$C_{IN}$	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
<b>CONTROL INPUTS</b> (Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately)						
$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 5.25\text{ V}_{DC}$	2.0		15	V <sub>DC</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC Electrical Characteristics (Continued)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

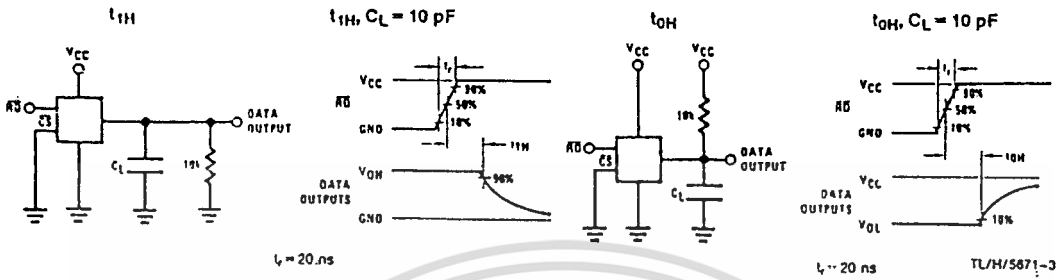
Note 8: None of these A/D's requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 5.

Note 9: The  $V_{REF/2}$  pin is the center point of a two resistor divider connected from  $V_{CC}$  to ground. Each resistor is 2.2k, except for the ADC0804LCJ where each resistor is 10k. Total ladder input resistance is the sum of the two equal resistors.

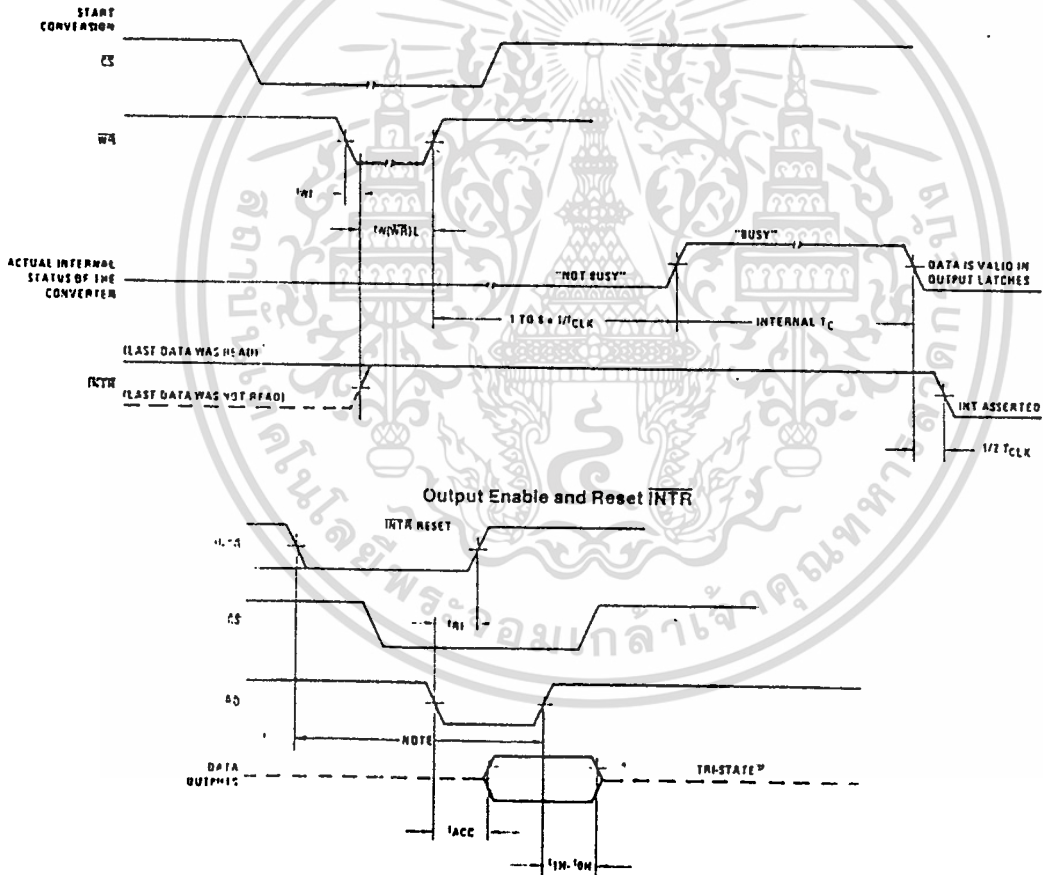
Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



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



Interrupt strobe must occur 6 clock periods ( $6/T_{CLK}$ ) after assertion of interrupt to guarantee reset of INTN.

TL/H/5671-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LM108/LM208/LM308 Operational Amplifiers

### General Description

The LM108 series are precision operational amplifiers having specifications a factor of ten better than FET amplifiers over a  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$  temperature range.

The devices operate with supply voltages from  $\pm 2\text{V}$  to  $\pm 20\text{V}$  and have sufficient supply rejection to use unregulated supplies. Although the circuit is interchangeable with and uses the same compensation as the LM101A, an alternate compensation scheme can be used to make it particularly insensitive to power supply noise and to make supply bypass capacitors unnecessary.

The low current error of the LM108 series makes possible many designs that are not practical with conventional amplifiers. In fact, it operates from  $10\text{ M}\Omega$  source resistances,

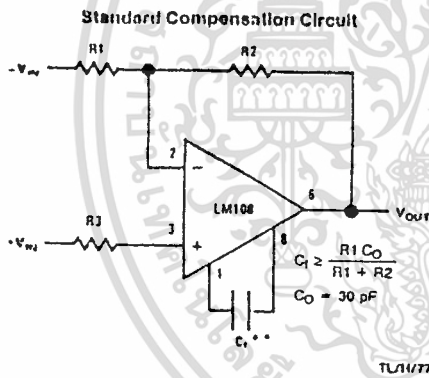
introducing less error than devices like the 709 with  $10\text{ k}\Omega$  sources. Integrators with drifts less than  $500\ \mu\text{V}/\text{sec}$  and analog time delays in excess of one hour can be made using capacitors no larger than  $1\ \mu\text{F}$ .

The LM108 is guaranteed from  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ , the LM208 from  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$ , and the LM308 from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$ .

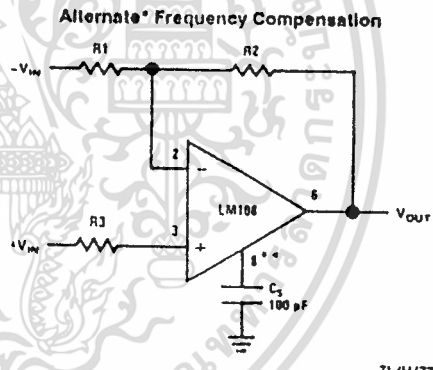
### Features

- Maximum input bias current of  $3.0\ \text{nA}$  over temperature
- Offset current less than  $400\ \text{pA}$  over temperature
- Supply current of only  $300\ \mu\text{A}$ , even in saturation
- Guaranteed drift characteristics

### Compensation Circuits



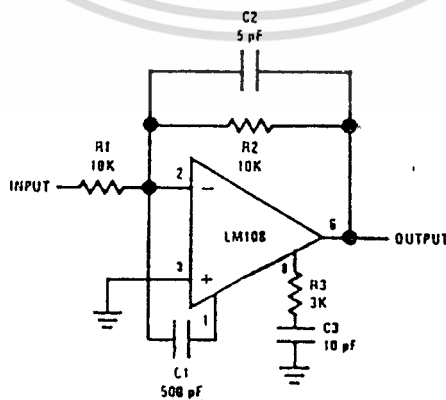
\*\*Bandwidth and slew rate are proportional to  $1/C_1$



\*Improves rejection of power supply noise by a factor of ten.

\*\*Bandwidth and slew rate are proportional to  $1/C_3$

### Feedforward Compensation



## Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.  
(Note 5)

	LM108/LM208	LM308
Supply Voltage	± 20V	± 18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW
Differential Input Current (Note 2)	± 10 mA	± 10 mA
Input Voltage (Note 3)	± 15V	± 15V
Output Short-Circuit Duration	Indefinite	Indefinite
Operating Temperature Range (LM108)	-55°C to + 125°C	0°C to + 70°C
(LM208)	-25°C to + 85°C	
Storage Temperature Range	-65°C to + 150°C	-65°C to + 150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	260°C	260°C
DIP	300°C	300°C
HI Package Lead Temp (Soldering 10 seconds)		
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	
Infrared (15 seconds)	220°C	

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.  
ESD rating to be determined.

## Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Condition	LM108/LM208			LM308			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.7	2.0	2.0	7.5		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.05	0.2	0.2	1		nA
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.8	2.0	1.5	7		nA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$	30	70		10	40		MΩ
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.3	0.6	0.3	0.8		mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 15\text{V}$ $V_{OUT} = \pm 10\text{V}, R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	50	300		25	300		V/mV
Input Offset Voltage				3.0		10		mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage			3.0	15	6.0	30		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current				0.4		1.5		nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current			0.5	2.5	2.0	10		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current				3.0		10		nA
Supply Current	$T_A = + 125^\circ\text{C}$		0.15	0.4				mA
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}, V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	25			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}, R_L = 10\text{ k}\Omega$	± 13	± 14		± 13	± 14		V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Parameter	Condition	LM108/LM208			LM308			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Voltage Range	$V_S = \pm 15V$	$\pm 13.5$			$\pm 14$			V
Common Mode Rejection Ratio		85	100		80	100		dB
Supply Voltage Rejection Ratio		80	96		80	96		dB

Note 1: The maximum junction temperature of the LM108 is 150°C, for the LM208, 100°C and for the LM308, 85°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient, or 45°C/W, junction to case. The thermal resistance of the dual-in-line package is 100°C/W, junction to ambient.

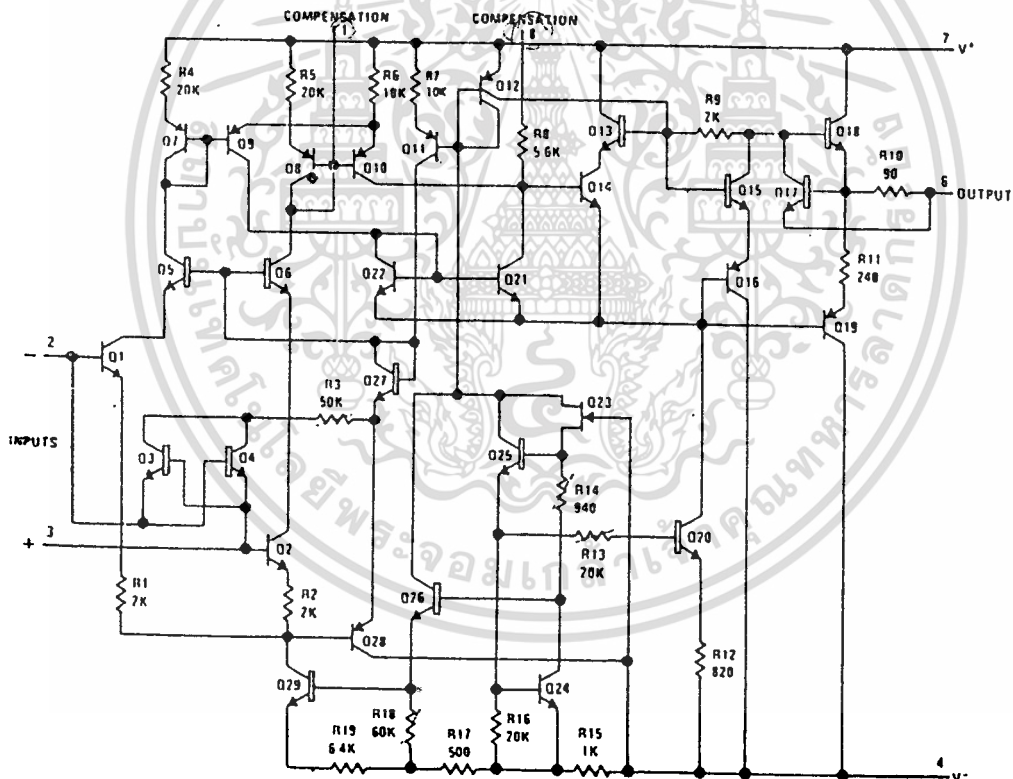
Note 2: The inputs are shunted with back-to-back diodes for overvoltage protection. Therefore, excessive current will flow if a differential input voltage in excess of 1V is applied between the inputs unless some limiting resistance is used.

Note 3: For supply voltages less than  $\pm 15V$ , the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 4: These specifications apply for  $\pm 5V \leq V_S \leq +20V$  and  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ , unless otherwise specified. With the LM208, however, all temperature specifications are limited to  $-25^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$ , and for the LM308 they are limited to  $0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$ .

Note 5: Refer to RETS108X for LM108 military specifications.

## Schematic Diagram



TU/H/7758-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

### General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at  $+10 \text{ mV}/^\circ\text{K}$ . With less than  $1 \Omega$  dynamic impedance the device operates over a current range of  $400 \mu\text{A}$  to  $5 \text{ mA}$  with virtually no change in performance. When calibrated at  $25^\circ\text{C}$  the LM135 has typically less than  $1^\circ\text{C}$  error over a  $100^\circ\text{C}$  temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

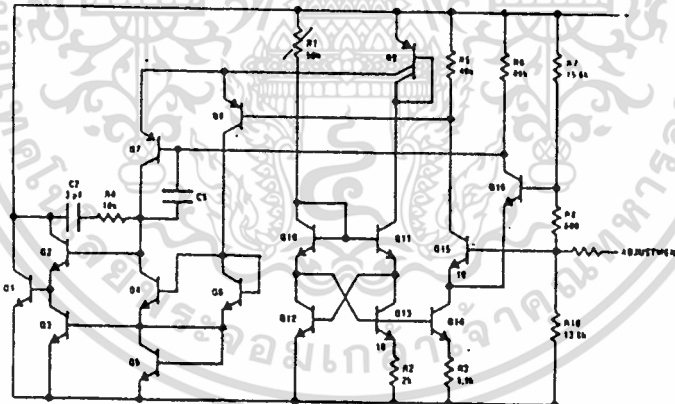
Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a  $-55^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

The LM135 operates over a  $-55^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range while the LM235 operates over a  $-40^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$  temperature range. The LM335 operates from  $-40^\circ\text{C}$  to  $+100^\circ\text{C}$ . The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

### Features

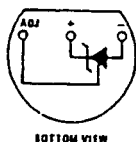
- Directly calibrated in  $^\circ\text{Kelvin}$
- $1^\circ\text{C}$  initial accuracy available
- Operates from  $400 \mu\text{A}$  to  $5 \text{ mA}$
- Less than  $1 \Omega$  dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- $200^\circ\text{C}$  overrange
- Low cost

### Schematic Diagram



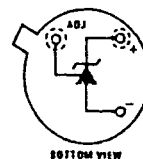
### Connection Diagrams

TO-92  
Plastic Package



Order Number LM335Z or LM335AZ  
See NS Package Number Z03A

TO-46  
Metal Can Package\*



\*Case is connected to negative pin  
Order Number LM135H, LM235H,  
LM335H, LM135AH, LM235AH or LM335AH  
See NS Package Number H03H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.  
(Note 4)

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	
TO-18 Package	-60°C to +180°C
TO-92 Package	-60°C to +150°C

## Specified Operating Temp. Range

	Continuous	Intermittent (Note 2)
	LM135, LM135A	-55°C to +150°C
LM235, LM235A	-40°C to +125°C	125°C to 150°C
LM335, LM335A	-40°C to +100°C	100°C to 125°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)		
TO-92 Package:		260°C
TO-18 Package:		300°C

## Temperature Accuracy LM135/LM235, LM135A/LM235A (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	0.5		0.3	1	°C

## Temperature Accuracy LM335, LM335A (Note 1)

Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}, I_R = 1\text{ mA}$		1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}, I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1.5		0.3	1.5	°C

## Electrical Characteristics (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage Change with Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 5\text{ mA}$ At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV
Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.5			0.6		$\Omega$
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125^\circ\text{C}$		0.2			0.2		°C/yr

Note 1: Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self heating must be considered.

Note 2: Continuous operation at those temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

Note 3: Thermal Resistance  
 $\theta_{JA}$  (junction to ambient) TO-92 TO-18  
 $\theta_{JC}$  (junction to case) 20°C/W 40°C/W  
 170°C/W N/A

Note 4: Refer to RETS135H for military specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Application Hints

### CALIBRATING THE LM135

Included on the LM135 chip is an easy method of calibrating the device for higher accuracies. A pot connected across the LM135 with the arm tied to the adjustment terminal allows a 1-point calibration of the sensor that corrects for inaccuracy over the full temperature range.

This single point calibration works because the output of the LM135 is proportional to absolute temperature with the extrapolated output of sensor going to 0V output at 0°K (-273.15°C). Errors in output voltage versus temperature are only slope (or scale factor) errors so a slope calibration at one temperature corrects at all temperatures.

The output of the device (calibrated or uncalibrated) can be expressed as:

$$V_{OUT_T} = V_{OUT_{T_0}} \times \frac{T}{T_0}$$

where T is the unknown temperature and T<sub>0</sub> is a reference temperature, both expressed in degrees Kelvin. By calibrating the output to read correctly at one temperature the output at all temperatures is correct. Nominally the output is calibrated at 10 mV/°K.

To insure good sensing accuracy several precautions must be taken. Like any temperature sensing device, self heating can reduce accuracy. The LM135 should be operated at the lowest current suitable for the application. Sufficient current, of course, must be available to drive both the sensor and the calibration pot at the maximum operating temperature as well as any external loads.

If the sensor is used in an ambient where the thermal resistance is constant, self heating errors can be calibrated out. This is possible if the device is run with a temperature stable current. Heating will then be proportional to zener voltage and therefore temperature. This makes the self heating error proportional to absolute temperature the same as scale factor errors.

### WATERPROOFING SENSORS

Meltable inner core heat shrinkable tubing such as manufactured by Raychem can be used to make low-cost waterproof sensors. The LM335 is inserted into the tubing about 1/2" from the end and the tubing heated above the melting point of the core. The unfilled 1/2" end melts and provides a seal over the device.

## Typical Applications

Basic Temperature Sensor



TL/H/5698-2

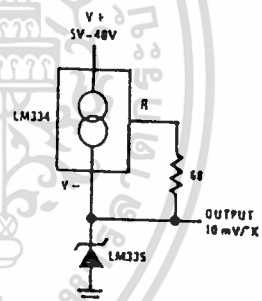
Calibrated Sensor



TL/H/5698-9

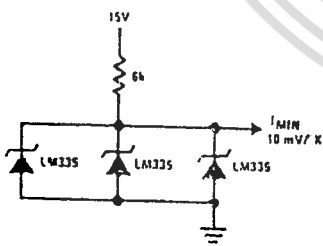
\*Calibrate for 2.982V at 25°C

Wide Operating Supply



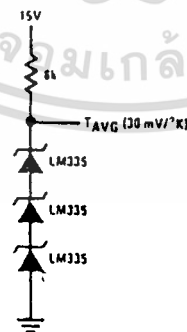
TL/H/5698-10

Minimum Temperature Sensing



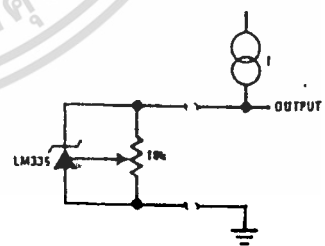
TL/H/5698-4

Average Temperature Sensing



TL/H/5698-18

Remote Temperature Sensing



TL/H/5698-19

Wire length for 1°C error due to wire drop

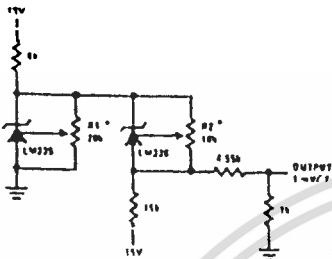
AWG	FEET	FEET
14	4000	8000
16	2500	5000
18	1600	3200
20	1000	2000
22	625	1250
24	400	800

\*For I<sub>R</sub> = 0.5 mA, the trim pot must be deleted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Applications (Continued)

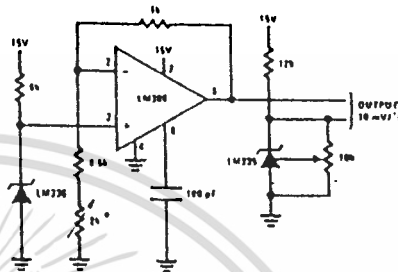
### Ground Referred Fahrenheit Thermometer



\*Adjust R2 for 2.554V across LM336  
Adjust R1 for correct output

TL/H/5698-22

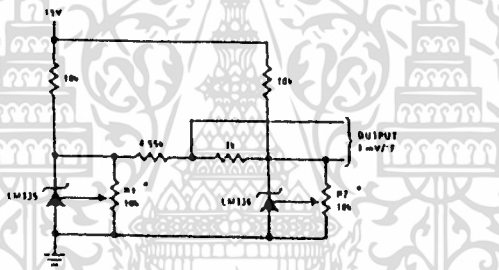
### Centigrade Thermometer



\*Adjust for 2.7315V at output of LM306

TL/H/5676-23

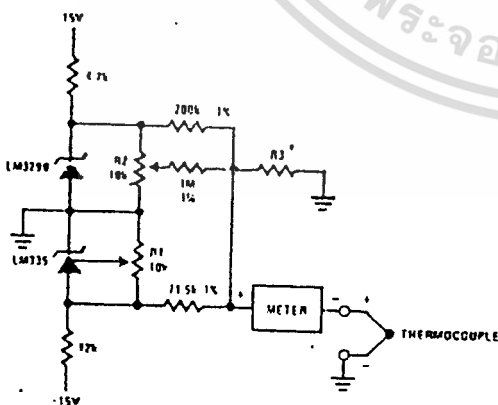
### Fahrenheit Thermometer



\*To calibrate adjust R2 for 2.554V across LM335.  
Adjust R1 for correct output.

TL/H/5691-24

### THERMOCOUPLE COLD JUNCTION COMPENSATION Compensation for Grounded Thermocouple



TL/H/5698-6

\*Select R3 for proper thermocouple type

THERMO- COUPLE	R3 (± 1%)	SEEBECK COEFFICIENT
J	377Ω	52.3 μV/°C
T	308Ω	42.8 μV/°C
K	293Ω	40.8 μV/°C
S	45.8Ω	6.4 μV/°C

Adjustment: Compensates for both sensor and resistor tolerances

1. Short LM329B
2. Adjust R1 for Seebeck Coefficient times ambient temperature (in degrees K) across R3.
3. Short LM335 and adjust R2 for voltage across R3 corresponding to thermocouple type

J	14.32 mV	K	11.17 mV
T	11.79 mV	S	1.768 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LM555/LM555C Timer**

**General Description**

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For stable operation as an oscillator, the free running frequency and duty-cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

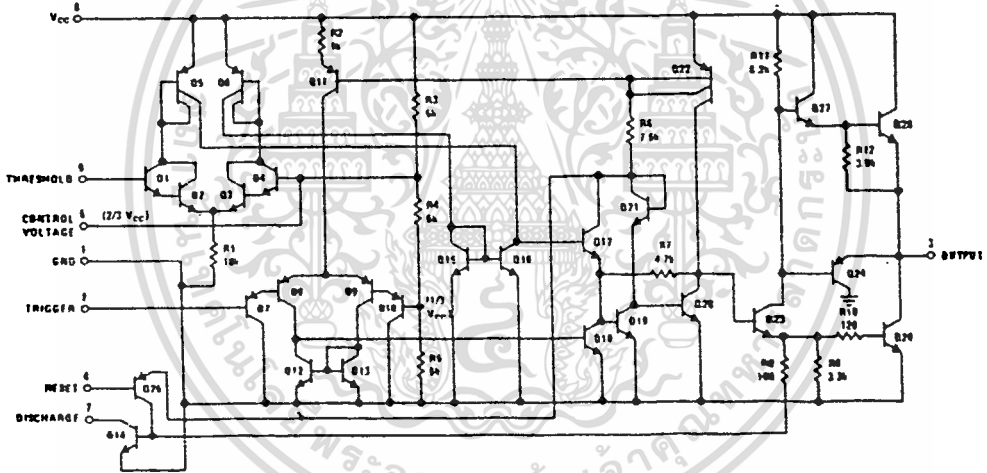
**Features**

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes

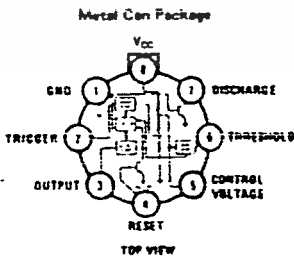
**Applications**

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

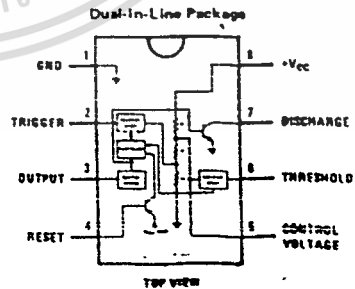
**Schematic Diagram**



**Connection Diagrams**



Order Number LM555H, LM555CH



Order Number LM555CN  
See NS Package NOBB  
Order Number LM555J or LM555CJ  
See NS Package JOBA

## Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 1)	600 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
LM555	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

## Electrical Characteristics (T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = +5V to +15V, unless otherwise specified)

PARAMETER	CONDITIONS	LIMITS						UNITS
		LM555			LM555C			
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		18	V
Supply Current	V <sub>CC</sub> = 5V, R <sub>L</sub> = ∞		3	5		3	6	mA
	V <sub>CC</sub> = 15V, R <sub>L</sub> = ∞		10	12		10	15	mA
	(Low State) (Note 2)							
Timing Error, Monostable								
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> = 1k to 100k, C = 0.1μF. (Note 3)		30			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature			80			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		× V <sub>CC</sub>
Trigger Voltage	V <sub>CC</sub> = 15V	4.8	5	5.2		5		V
	V <sub>CC</sub> = 5V	1.45	1.67	1.9		1.67		V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	V <sub>CC</sub> = 15V	9.6	10	10.4	9	10	11	V
	V <sub>CC</sub> = 5V	2.9	3.33	3.8	2.8	3.33	4	V
Pin 7 Leakage (Output High)			1	100		1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 5)								
Output Low	V <sub>CC</sub> = 15V, I <sub>T</sub> = 15 mA		150			180		mV
Output Low	V <sub>CC</sub> = 4.5V, I <sub>T</sub> = 2 mA		70	100		80	200	mV
Output Voltage Drop (Low)	V <sub>CC</sub> = 15V							
	I <sub>SINK</sub> = 10 mA		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	I <sub>SINK</sub> = 50 mA		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	I <sub>SINK</sub> = 100 mA		2	2.2		2	2.5	V
	I <sub>SINK</sub> = 200 mA		2.5			2.5		V
	V <sub>CC</sub> = 5V							
	I <sub>SINK</sub> = 8 mA		0.1	0.25				V
	I <sub>SINK</sub> = 5 mA					0.25	0.35	V
Output Voltage Drop (High)	I <sub>SOURCE</sub> = 200 mA, V <sub>CC</sub> = 15V		12.5			12.5		V
	I <sub>SOURCE</sub> = 100 mA, V <sub>CC</sub> = 15V	13	13.3		12.75	13.3		V
	V <sub>CC</sub> = 5V	3	3.3		2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100			100		ns
Fall Time of Output			100			100		ns

Note 1: For operating at elevated temperatures the device must be derated based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of +45°C/W junction to case for TO-5 and +150°C/W junction to ambient for both packages.

Note 2: Supply current when output high typically 3 mA less at V<sub>CC</sub> = 5V.

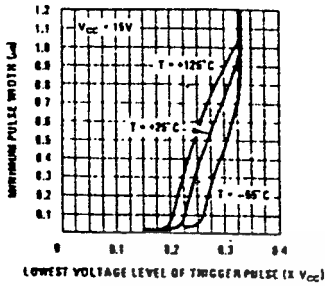
Note 3: Tested at V<sub>CC</sub> = 5V and V<sub>CC</sub> = 15V.

Note 4: This will determine the maximum value of R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub> for 15V operation. The maximum total (R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub>) is 20 MΩ.

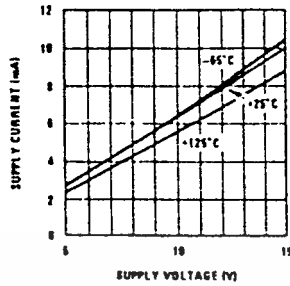
Note 5: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

# Typical Performance Characteristics

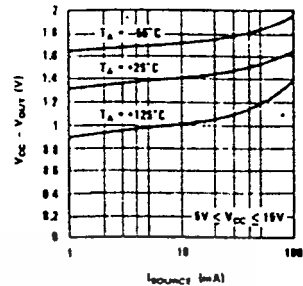
Minimum Pulse Width Required for Triggering



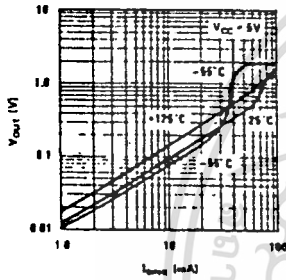
Supply Current vs Supply Voltage



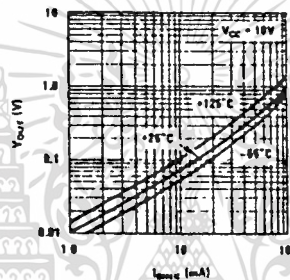
High Output Voltage vs Output Source Current



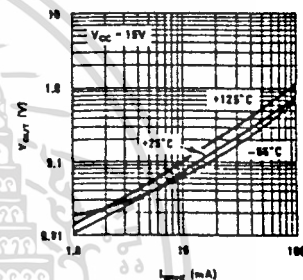
Low Output Voltage vs Output Sink Current



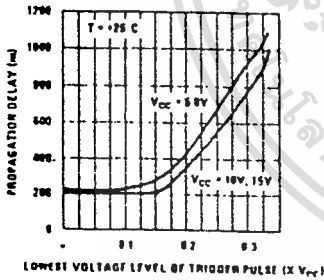
Low Output Voltage vs Output Sink Current



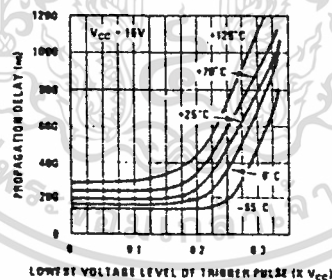
Low Output Voltage vs Output Sink Current



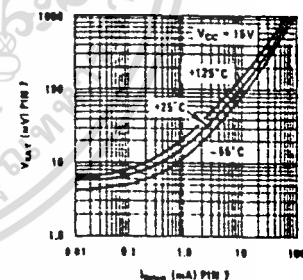
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



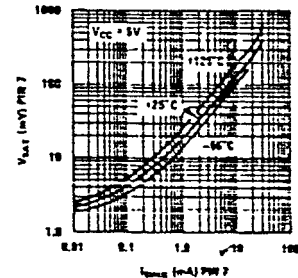
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



# Applications Information

## MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

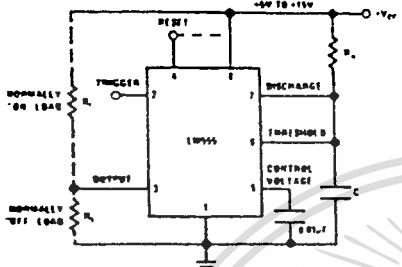


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.

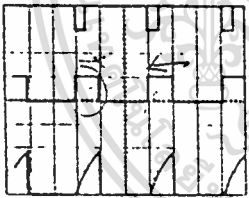


Fig. 2 - 5V  
 100V - 0.1µV/DIV  
 RA = 0.5µs  
 C = 0.01µF  
 Top Trace: Input (5V/DIV)  
 Middle Trace: Output (5V/DIV)  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage (2V/DIV)

FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

## ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a

$$R_1 = 0.17 \times 10^3, R_2 = 0.94$$

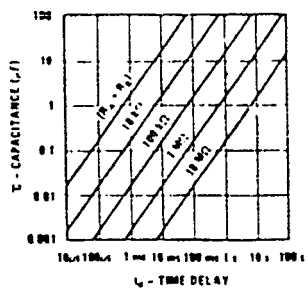


FIGURE 3. Time Delay

multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

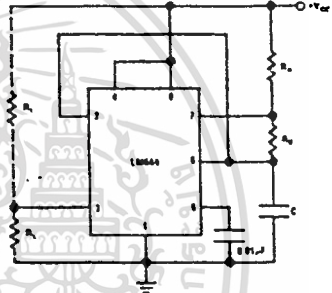
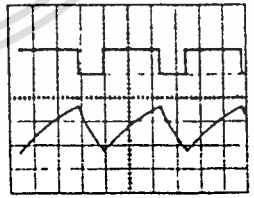


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



VCC = 5V  
 100V - 0.1µV/DIV  
 RA = 3.0µs  
 RB = 3.0µs  
 C = 0.01µF  
 Top Trace: Output (5V/DIV)  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage (2V/DIV)

FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:  
 $t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$

And the discharge time (output low) by:  
 $t_2 = 0.693 (R_B) C$

Thus the total period is:  
 $T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$

## Applications Information (Continued)

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:

$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

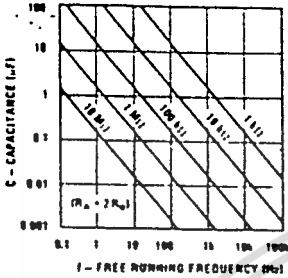


FIGURE 6. Free Running Frequency

### FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

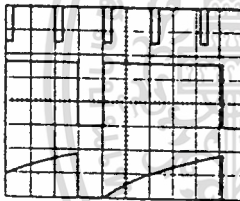


FIGURE 7. Frequency Divider  
 V<sub>CC</sub> = 1V  
 100ns = 20μs/DIV  
 Modulo Trace: Output 1V/5ns  
 R<sub>A</sub> = 9.1kΩ  
 C = 0.01μF

FIGURE 7. Frequency Divider

### PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

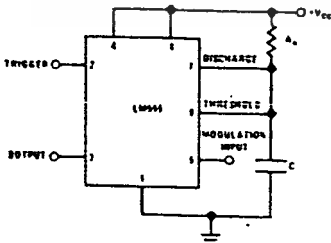


FIGURE 8. Pulse Width Modulator

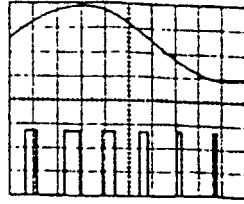


FIGURE 9. Pulse Width Modulator  
 V<sub>CC</sub> = 1V  
 TIME = 0.2 μs/DIV  
 R<sub>A</sub> = 9.1kΩ  
 C = 0.01μF

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

### PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for stable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

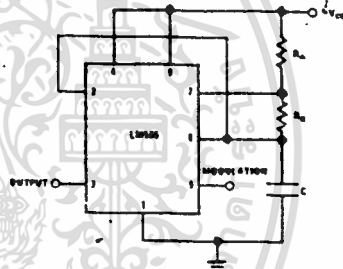


FIGURE 10. Pulse Position Modulator

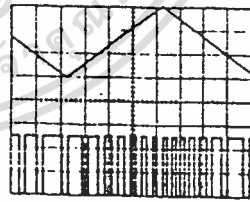


FIGURE 11. Pulse Position Modulator  
 V<sub>CC</sub> = 1V  
 TIME = 0.1 μs/DIV  
 R<sub>A</sub> = 22kΩ  
 R<sub>B</sub> = 2.2kΩ  
 C = 0.01μF

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

### LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R<sub>A</sub>, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is

## Applications Information (Continued)

generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

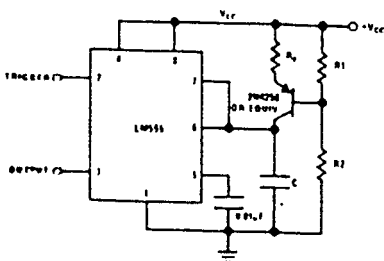


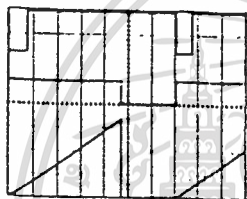
FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$V_{BE} \approx 0.6V$



$V_{CC} = 5V$   
 $R_E = 75k\Omega$   
 $R_1 = 47k\Omega$   
 $R_2 = 100k\Omega$   
 $R_3 = 2.7k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

Top Trace: Output 5V/Div  
 Middle Trace: Output 5V/Div  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div

FIGURE 13. Linear Ramp

### 50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors  $R_A$  and  $R_B$  may be connected as in Figure 14. The time period for the out-

put high is the same as previous,  $t_1 = 0.693 R_A C$ . For the output low it is  $t_2 =$

$$\left[ \frac{(R_A R_B)/(R_A + R_B)}{2R_B - R_A} \right] \ln \left[ \frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

Thus the frequency of oscillation is  $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

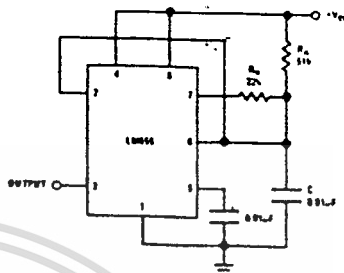


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if  $R_B$  is greater than  $1/2 R_A$  because the junction of  $R_A$  and  $R_B$  cannot bring pin 2 down to  $1/3 V_{CC}$  and trigger the lower comparator.

### ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is  $0.1\mu F$  in parallel with  $1\mu F$  electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as  $10\mu s$  when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to  $10\mu s$  minimum.

Delay time reset to output is  $0.47\mu s$  typical. Minimum reset pulse width must be  $0.3\mu s$ , typical.

Pin 7 current switches within 30 ns of the output (pin 3) voltage.