



ปีการศึกษา 2533  
ปฏิญยานิพนธ์ เรื่อง  
"DATA LOGGER"

โดย

|               |                |        |
|---------------|----------------|--------|
| นาย ปราโมทย์  | พานุกหลาย      | 326210 |
| นาย สุทธิ     | ท้ายเมือง      | 326227 |
| นาย สุรศักดิ์ | เกษรติสุวรรณ   | 326234 |
| นาย อนวัช     | สุขเจริญ       | 326237 |
| นาย อนพงษ์    | เครือสุวรรณเวส | 326239 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วิริยะ กอบรัตน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

วิทยาเขต เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



ปฏิญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

เรื่อง DATA LOGGER

ผู้จัดทำ

- |    |               |                |        |
|----|---------------|----------------|--------|
| 1. | นาย ปราโมทย์  | พานุกกลาง      | 326210 |
| 2. | นาย สุธี      | ท้ายเมือง      | 326227 |
| 3. | นาย สุรศักดิ์ | เกษรตีสวรรณ์   | 326234 |
| 4. | นาย อนุวัฒน์  | สุขเจริญ       | 326237 |
| 5. | นาย อนุพงษ์   | เครือสุวรรณเวส | 326239 |



*(Handwritten Signature)*  
 ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
 (อาจารย์ วิริยะ กษยรัตน์)

เลขที่ T33035 หน้า  
 เลขทะเบียน 024868  
 วัน, เดือน, ปี 12 ก.ย. 34

## คำนำ สื่อกเกอร์

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| โดย. ปราโมทย์ | พานุกกลาง       |
| สุธี          | ท้ายเมือง       |
| สุรศักดิ์     | เกียรติสุวรรณ   |
| อณูวัฒน์      | สุขเจริญ        |
| อนุพงษ์       | เครือสุวรรณ เวส |

|                  |        |          |
|------------------|--------|----------|
| อาจารย์ที่ปรึกษา | วิริยะ | กองรัตน์ |
| ปีการศึกษา       | 2533   |          |

### บทคัดย่อ

โครงการนี้ เป็นโครงการที่นำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ มาประกอบเป็นวงจรตรวจวัด และ เก็บข้อมูล เป็นเครื่องที่เรียกว่า "DATA LOGGER" ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถอ่านข้อมูล ได้หลายช่อง อินพุท ในเวลา ไล่เสี่ยกัน โดยข้อมูลที่อ่านนี้ จะเป็นสัญญาณ ANALOG และนำมา แปลงเป็นสัญญาณ DIGITAL โดยวงจร ADC (ANALOG to DIGITAL CONVERTER) ก่อนจะนำมา เก็บในหน่วยความจำ (MEMORY)

ในการทำงาน ของเครื่องมือนี้ จะมีลักษณะการทำงานเป็นวงรอบโดยจะ เริ่มต้นการทำงาน จากการอ่านค่าเวลาเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นก็จะอ่านค่า อินพุทต่างๆ มาเก็บ ในเวลาไล่เสี่ยกัน

เครื่องมือนี้ เป็นเครื่องมือที่สามารถอ่าน และ เก็บข้อมูลได้เสรีจันตัวเอง และทำการ แสดงผล ออกทางจอ LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY) โดยเลือกช่วงเวลาที่ต้องการ แสดงผลได้ และยังสามารคมพิมพ์รายงานการวัด ทั้งหมดออกทางเครื่องพิมพ์ได้ทุกขณะ พร้อมทั้งกำกับ เวลาในการพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DATA LOGGER

By. Pramot Pharnkularb  
Suthee Thaimuang  
Surasak Kiatsuwan  
Anoovat Sookcharoen  
Anupong Kruasuwannvas

ADVISOR Wiriya Kongrat

ACADEMIC YEAR 1990

## ABSTRACT

The purpose of this project work is to introducing the "Microprocessor" to apply with the measuring circuit and recorder. The application is consequently result as a "DATA LOGGER" which can read out the data in multichannel input within simultaneous continuous time scan.

All the data will be carried by analog reading. Then by the ADC (Analog to Digital converter), the data will be forward to memory section by digital signal. The equipment will repeat its working cycle continuously from reading to memory which resulting in multi input record in simultaneously consecutive.

Also the result will represent itself on LCD monitor (Liquid Crystal Display) which can be arbitrarily selected the result interval on the monitor. The selected time interval with its result represent can also be printed to be reference to any time needed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

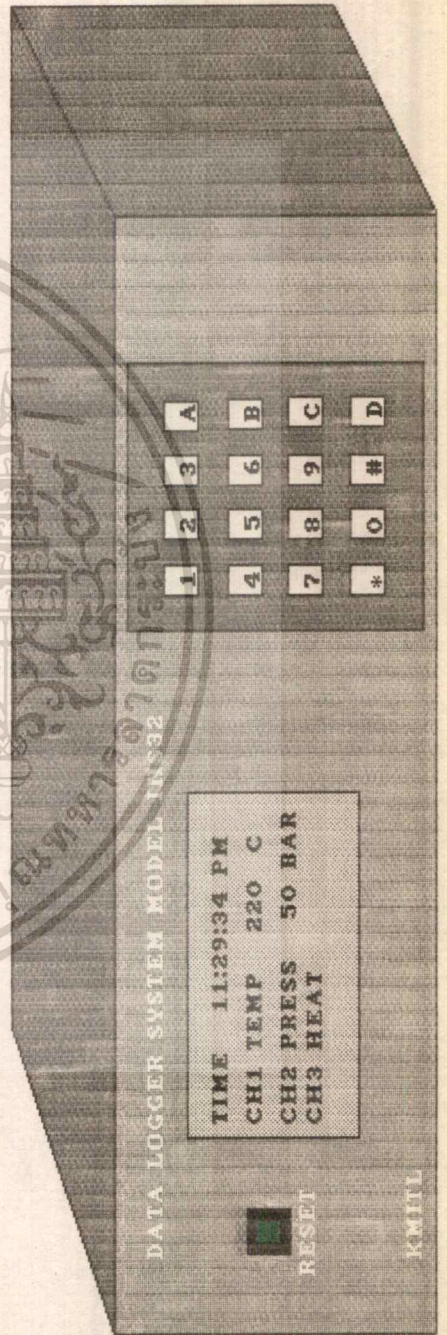
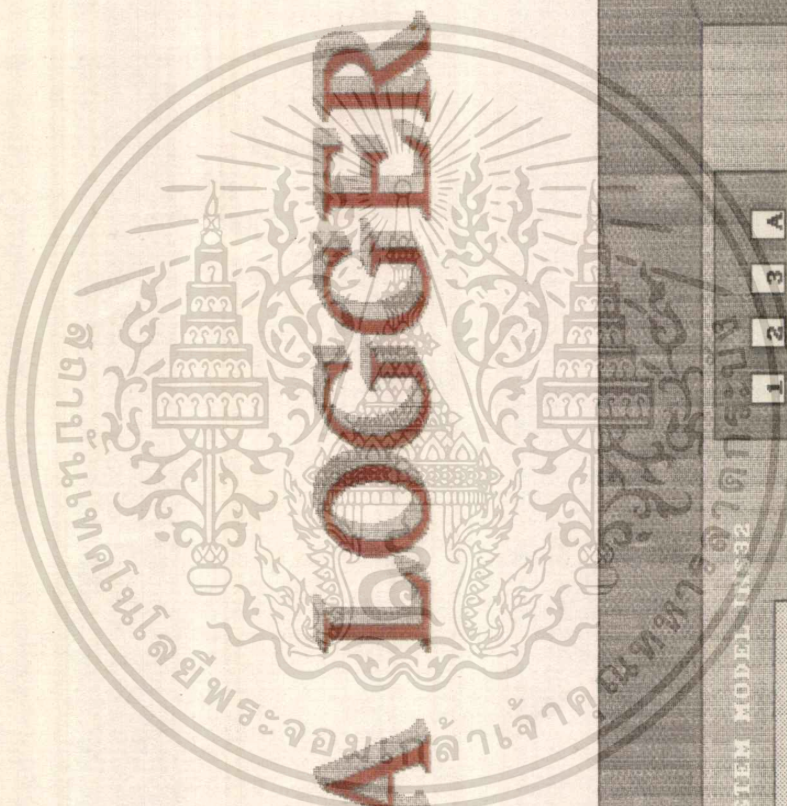
# DATA LOGGER



BACK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DATA LOGGER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| บทนำ               |   | 1  |
| บทที่ 1            | อาร์มกบท                                  | 2  |
| บทที่ 2            | TRANSDUCER                                | 3  |
|                    | - THERMOCOUPLE                            |    |
|                    | - RESISTANCE THERMOMETER                  |    |
|                    | - THERMISTER                              |    |
| บทที่ 3            | BLOCK DIAGRAM ของระบบ                     | 18 |
| บทที่ 4            | ข้อกำหนดของระบบ และ ข้อพิจารณาในการออกแบบ | 25 |
| บทที่ 5            | แนวความคิดในการพัฒนาโครงการ               | 27 |
|                    | - FLOW CHART ของเครื่อง                   | 27 |
|                    | - SOFTWARE ส่วนที่เป็นภาษา ASSEMBLY       | 35 |
| บทสรุป และ วิจารณ์ |   |    |
| กิตติกรรมประกาศ    |   |    |
| บรรณานุกรม         |   |    |

## บทนำ

โครงการ DATA LOGGER นี้ สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัย หรือในการทดลองที่ต้องติดตามค่าอยู่ตลอดเวลา สำหรับสัญญาณเข้า ได้กำหนดให้เป็นโวลต์ เดจ ๐ ถึง 5 โวลต์

ในบทที่ 1 กล่าวถึง แนวความคิดของ DATA LOGGER ส่วนในบทที่ 2 เป็นการแนะนำ TRANSDUCERS แบบต่าง ๆ ที่น่าสนใจสำหรับบทที่ 3 และ 4 เป็นเนื้อหาของโครงการนี้โดยตรง ซึ่งในบทที่ 3 กล่าวถึง BLOCK DIAGRAM และขั้นตอนต่าง ๆ ตลอดจนแนวความคิดในการสร้างโครงสร้างงานนี้ขึ้นมา ส่วนบทที่ 4 แสดงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งถูกกำหนดโดยคุณสมบัติต่าง ๆ ของ IC หรือความสามารถของไมโครคอมพิวเตอร์ รวมทั้ง HARDWARE ที่นำมาประกอบเป็นวงจร

สำหรับบทที่ 4 ได้แสดง BLOCK DIAGRAM และ SOFTWARE ของระบบทั้งหมด โดยได้แยกเป็นส่วน ๆ

การนำไมโครโปรเซสเซอร์ มาประยุกต์ใช้งานด้าน CONTROL

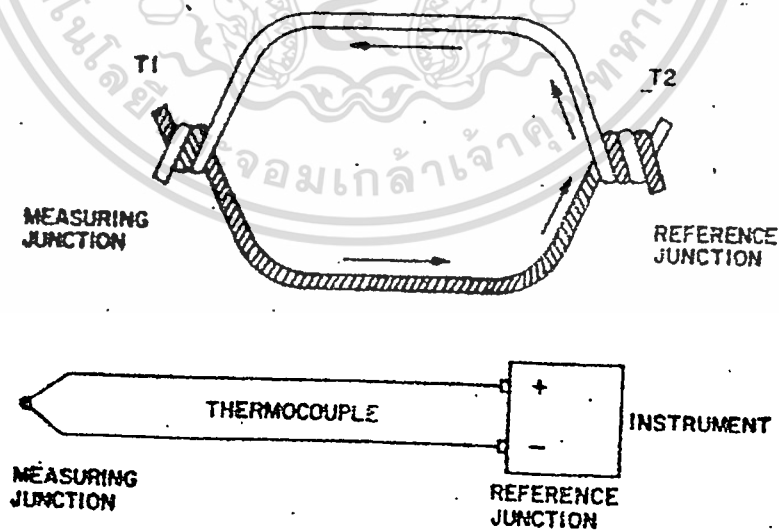
การนำ ไมโครโปรเซสเซอร์ มาประยุกต์ใช้งานทางด้าน CONTROL เริ่มมีขึ้นหลังจากที่เทคโนโลยีได้พัฒนาจนสามารถแปลงหรือเปลี่ยน สัญญาณทาง ANALOG กับ DIGITAL ได้ เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมจึงได้รับการพัฒนาขึ้น โดยการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้งาน

DATA LOGGER เป็นเครื่องมือแบบหนึ่งที่น่า ไมโครโปรเซสเซอร์ มาประยุกต์ใช้งานทางด้าน PROCESS เครื่องมือนี้สามารถเก็บค่าของตัวแปรต่าง ๆ ใน PROCESS ข้อมูลต่าง ๆ นี้สามารถนำมาประมวลผลเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับ PROCESS นั้น ๆ นอกจากนี้ ไมโครโปรเซสเซอร์ ยังสามารถเก็บข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ ลักษณะการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลขึ้นอยู่กับการ PROGRAME การป้อนคำสั่งต่าง ๆ เข้าไปในเครื่อง

**THERMOCOUPLES**

Thermocouples เป็นอุปกรณ์ซึ่งใช้ในการวัดและควบคุมอุณหภูมิ ในปี ค.ศ. 1821 Seebeck ได้ค้นพบกฎเกี่ยวกับไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อน (thermoelectricity) ขึ้น เขาพบว่า จะเกิดมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force : emf) ขึ้นในวงจรปิด (closed-circuit) ซึ่งประกอบด้วยโลหะต่างชนิดกันสองชนิดต่อกันอยู่เมื่อจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน ค่าไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นจากความร้อนโดยตรงนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการวัดและควบคุมอุณหภูมิตั้งแต่ค่าอุณหภูมิต่ำ ๆ จนถึงอุณหภูมิสูง ๆ

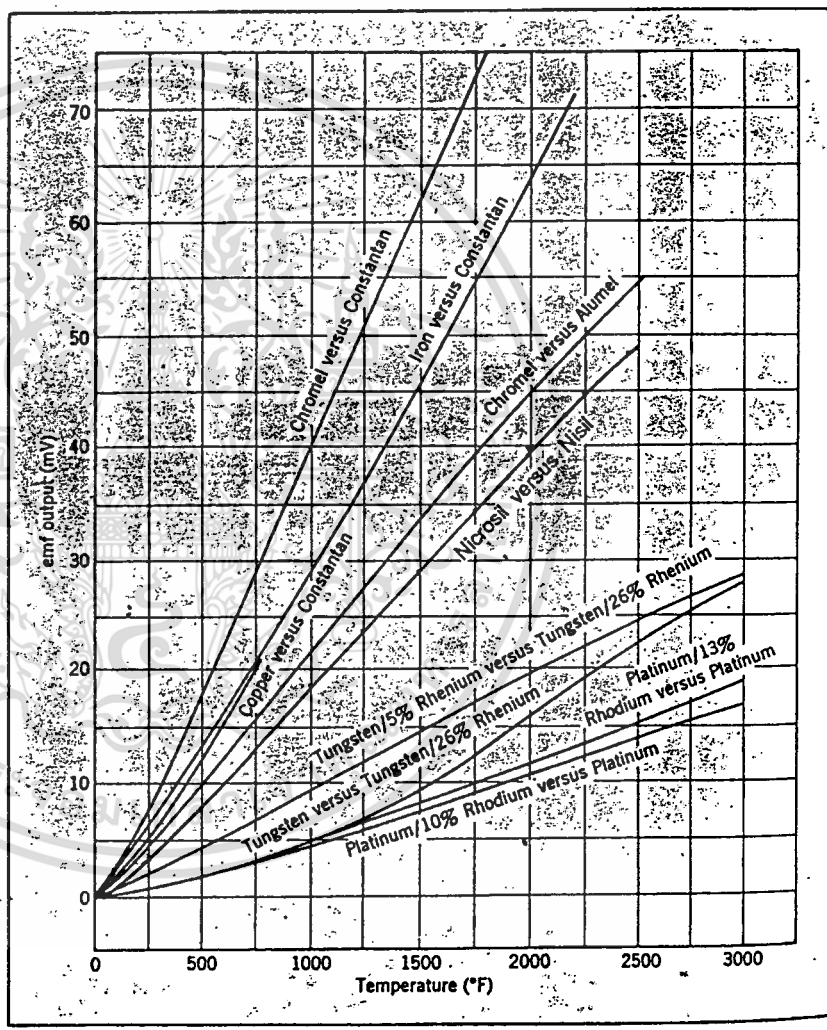
Thermocouple ประกอบด้วยโลหะต่างชนิดกันสองชนิด เช่น เส้นลวดเหล็ก และเส้นลวด constantan ต่อกันอยู่ดังแสดงในรูป 1 เมื่ออุณหภูมิของจุดต่อกันทั้งสองต่างกันก็จะเกิดมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าในวงจร จุดต่อสำหรับวัด (measuring junction) ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่า hot junction นี้จะถูกนำไปไว้ยังที่ที่ต้องการจะวัดอุณหภูมิ ส่วนจุดต่ออ้างอิง (reference junction) ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่า cold junction นั้น จะเปิดปลายไว้และจะนำไปต่อกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (ดังในรูป 1)



รูป 1 Thermocouple

เมื่ออุณหภูมิแตกต่างกันระหว่าง hot junction กับ cold junction เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่ามากตามไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถที่จะทำการปรับเทียบ (calibrate) เครื่องมือที่ใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้แสดงค่าหรืออ่านค่าเป็นอุณหภูมิได้โดยตรง รูป 1 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าในหน่วยมิลลิโวลต์กับค่าอุณหภูมิในหน่วย deg.F ของ thermocouple ที่นิยมใช้กันอยู่ จากรูปจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมินี้จะเป็นเชิงเส้นซึ่งมีการเบี่ยงเบนน้อยกว่า 1%

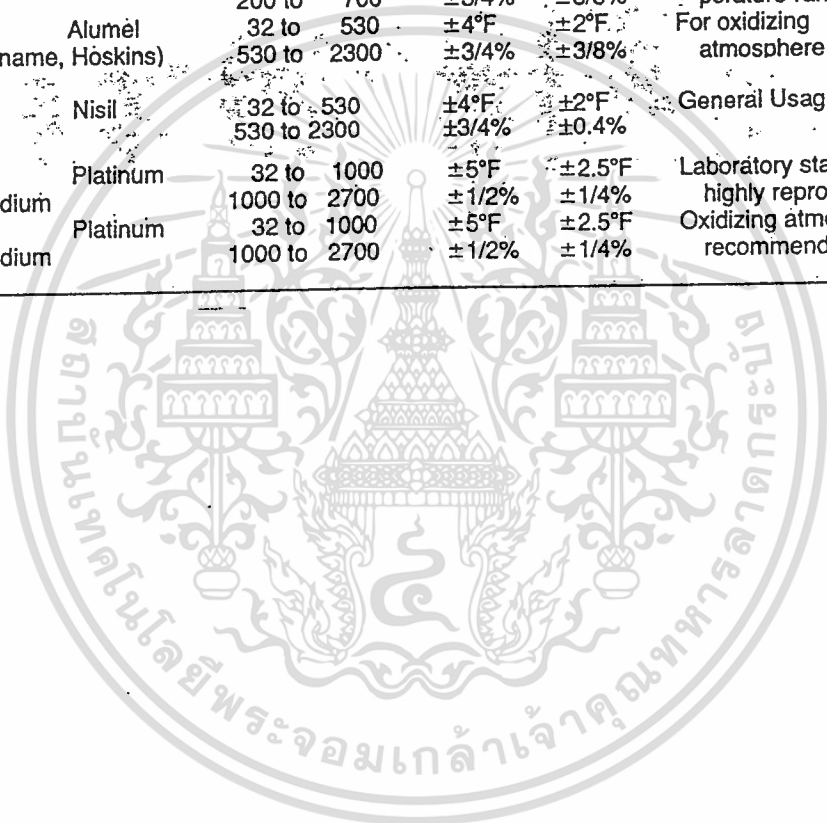
FIGURE 1. Temperature versus EMF of the 7 common thermocouple types (E,J,K,R,S,T,N), and also high-temperature type-B (tungsten-rhenium). Reference junction is 32°F. Note that base-metal couples produce about 25  $\mu\text{V}/\text{F}^\circ$ , precious metals about 5  $\mu\text{V}/\text{F}^\circ$ .



รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิล

TABLE 1. COMMON THERMOCOUPLES AND APPLICATION FACTORS

| ISA CODE | CONDUCTOR                        |            | TEMPERATURE RANGE °F                                    | LIMITS OF ERROR  |  | APPLICATION NOTES   | SEEBECK COEFFICIENT          |                              |
|----------|----------------------------------|------------|---|--|--|---|------------------------------|------------------------------|
|          | POSITIVE                         | NEGATIVE   |   | STANDARD   | SPECIAL  |   | $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ | $\mu\text{V}/^\circ\text{F}$ |
| E        | Chromel                          | Constantan | 32 to 600<br>632 to 1600                                | $\pm 3^\circ\text{F}$<br>$\pm 1/2\%$                       | —  | Highest output of common thermocouples                                      | 62                           | 34                           |
| J        | Iron                             | Constantan | 32 to 530<br>530 to 1400                                | $\pm 4^\circ\text{F}$<br>$\pm 3/4\%$                       | $\pm 2^\circ\text{F}$<br>$\pm 3/8\%$                 | Reducing atmosphere recommended   | 51                           | 28                           |
| T        | Copper                           | Constantan | -300 to -75<br>-150 to -75<br>-75 to +200<br>200 to 700 | —<br>$\pm 2\%$<br>$\pm 1-1/2^\circ\text{F}$<br>$\pm 3/4\%$ | $\pm 1\%$<br>$\pm 1\%$<br>$\pm 3/4\%$<br>$\pm 3/8\%$ | Excellent in oxidizing and reducing atmosphere within its temperature range | 40                           | 22                           |
| K        | Chromel<br>(Trade name, Hoskins) | Alumel     | 32 to 530<br>530 to 2300                                | $\pm 4^\circ\text{F}$<br>$\pm 3/4\%$                       | $\pm 2^\circ\text{F}$<br>$\pm 3/8\%$                 | For oxidizing atmosphere  | 40                           | 22                           |
| N        | Nicrosil                         | Nisil      | 32 to 530<br>530 to 2300                                | $\pm 4^\circ\text{F}$<br>$\pm 3/4\%$                       | $\pm 2^\circ\text{F}$<br>$\pm 0.4\%$                 | General Usage   | 38                           | 24                           |
| S        | Platinum<br>10% Rhodium          | Platinum   | 32 to 1000<br>1000 to 2700                              | $\pm 5^\circ\text{F}$<br>$\pm 1/2\%$                       | $\pm 2.5^\circ\text{F}$<br>$\pm 1/4\%$               | Laboratory standard, highly reproducible                                    | 7                            | 4                            |
| R        | Platinum<br>13% Rhodium          | Platinum   | 32 to 1000<br>1000 to 2700                              | $\pm 5^\circ\text{F}$<br>$\pm 1/2\%$                       | $\pm 2.5^\circ\text{F}$<br>$\pm 1/4\%$               | Oxidizing atmosphere recommended  | 7                            | 4                            |



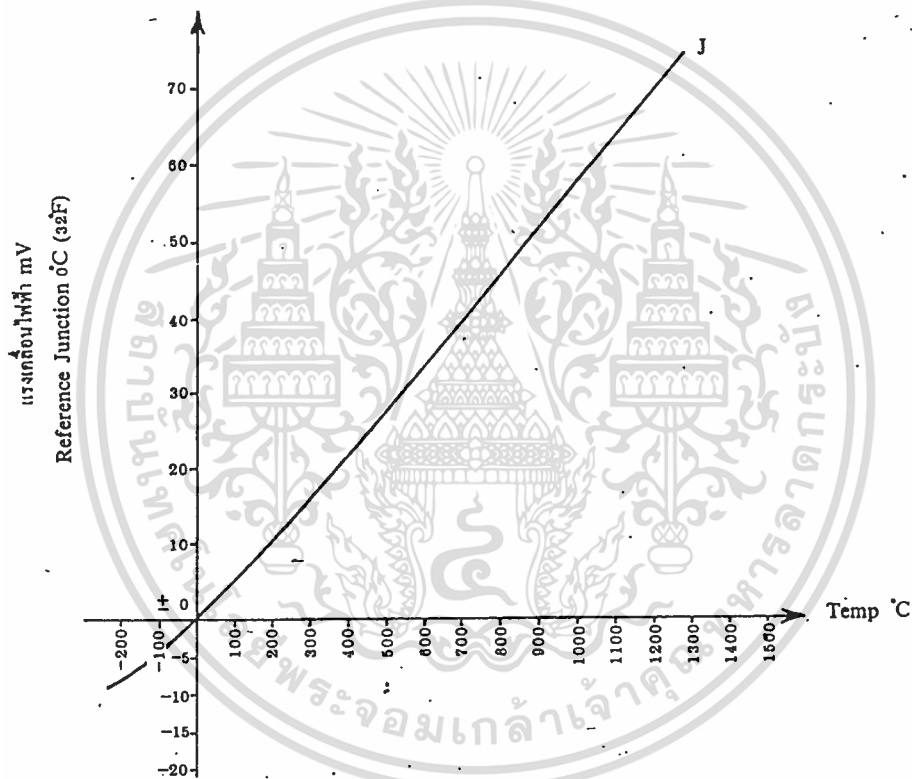
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

เทอร์โมคัปเปิลแบบ J (Type J Iron v.S. Constantan)

เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้สายบวกทำด้วยเหล็ก และสายลบทำด้วย constantan

(โลหะผสมระหว่าง 60% ของทองแดง + 40% ของนิกเกิล)



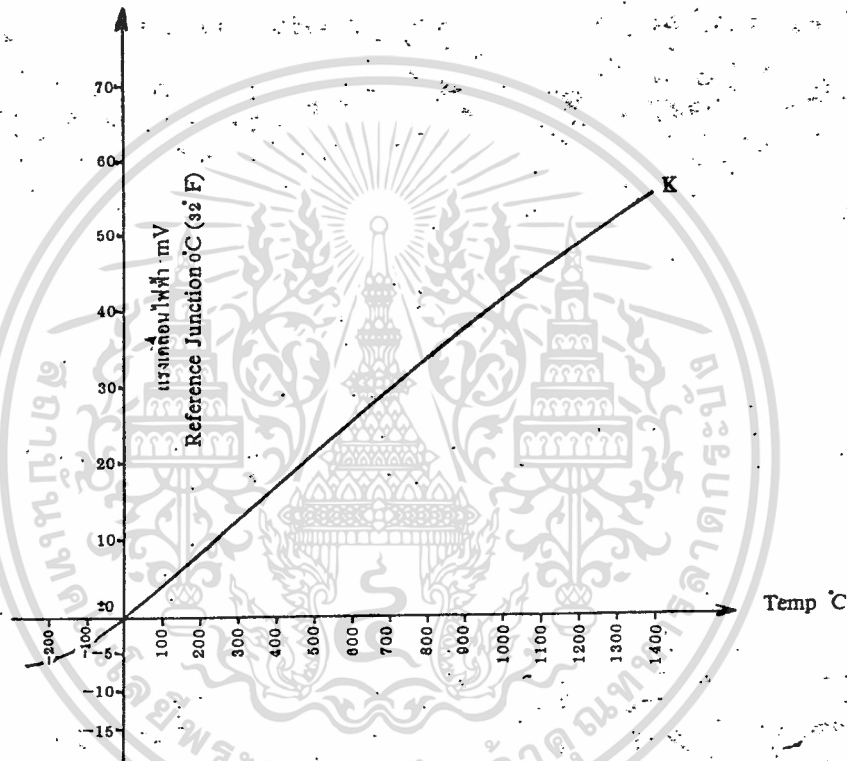
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J เหมาะสำหรับสภาพงานที่เป็น vacuum, oxidizing, reducing หรือ inert ที่อุณหภูมิไม่เกิน 760 deg.C ไม่เหมาะสำหรับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 deg.c และที่อุณหภูมิสูงกว่า 538 deg.C (1000 deg.F) สายที่เป็นเหล็กจะเกิด oxidization ด้วยอัตราสูงกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K Chromel V.S. Alumel)

สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่าง นิกเกิล 10% + โครเมียม 90% และสายลบทำจากโลหะผสมระหว่าง นิกเกิล 95% + 5% ของส่วนผสมระหว่าง อลูมิเนียม, แมงกานีส และซิลิกอน สามารถใช้กับสภาวะงานที่เป็น oxidizing หรือ inert ได้ดีกว่าแบบอื่น สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1260 deg.C (2300 deg.F) และที่อุณหภูมิต่ำถึง -250 deg.C (-420 deg.F) ในสภาวะงานที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อนแบบ K ก็สามารถใช้งานได้ดี



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K คุณสมบัติที่เด่นมากของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K คือให้แรงเคลื่อนเอาต์พุตสูงกว่าแบบอื่น ๆ

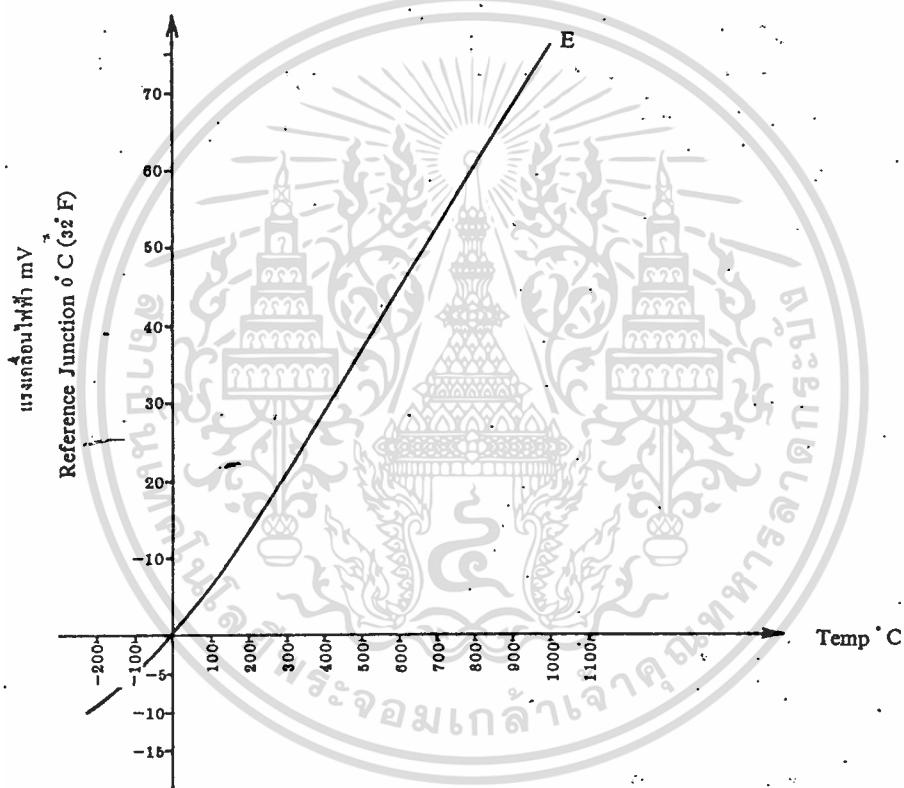
ข้อควรระวัง ไม่ควรใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ K สัมผัสโดยตรงกับ

1. ในสภาวะงานที่เป็น reducing หรือเป็นการใช้งานสลับกันระหว่าง oxidizing และ reducing
2. สภาวะงานที่มีไอของซิลเฟออร์ เพราะซิลเฟออร์จะทำลายโลหะทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิล โดยเฉพาะสายลบจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
3. สภาวะงานที่เป็น vacuum ยกเว้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เทอร์โมคัปเปิลแบบ E (Type E Chromel V.S. constantan) .-

สายบวกทำจากส่วนผสมระหว่าง 10% ของโครเมียม + 90% ของนิกเกิล และสายลบทำจาก constantan อุณหภูมิใช้งานปกติอยู่ระหว่าง  $-250 \text{ deg.C}$ - $871 \text{ deg.C}$  เหมาะกับสภาพงานที่เป็น oxidizing คุณสมบัติด้านอื่น ๆ คล้ายกับเทอร์โมคัปเปิลแบบ K



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## อาร์ทีดี (RTD)

Resistance temperature detectors เป็น sensor ใช้ในการวัดอุณหภูมิระบบไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าในเส้นลวดโลหะตามอุณหภูมิ ดังสมการ

$$R_t = R_o (1 + \alpha T) \text{ หรือ } dR_t/dT = \alpha R_o$$

เมื่อ

$R_t$  คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ  $t$  C

$R_o$  คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ  $0$  C

$\alpha$  คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้า ต่ออุณหภูมิ  $1$  deg.C (ohm/ohm/deg.C) (temperature coefficient of resistance)

ซึ่งค่า  $\alpha$  มีค่าเปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะ เช่น พลาตินัม  $0.00392$  ohm/ohm/deg.C จากย่านอุณหภูมิ  $0$  deg.C -  $100$  deg.C, นิกเกิล  $0.0063$  ohm/ohm/deg.C ทองแดง  $0.00425$  ohm/ohm/deg.C

ในทางปฏิบัติ ค่า  $\alpha$  ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ละช่วงจะไม่แปรผันเป็นเส้นตรง (nonlinearity) ในห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ที่ต้องการค่าแน่นอน สามารถทำได้โดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$R_t = R_o (1 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^4 \dots)$$

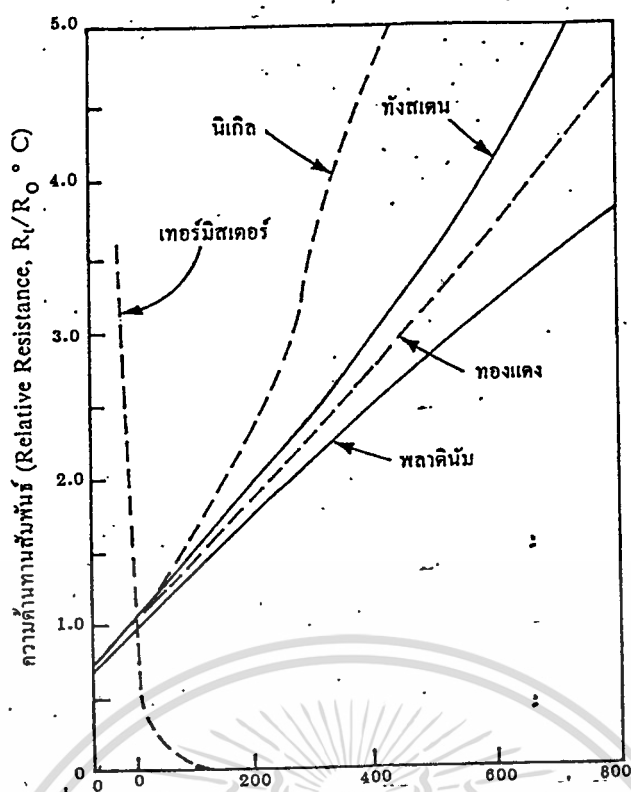
ค่า  $\alpha, \beta$  และ  $\gamma$  ได้จากการทดลอง (empirical quantity) ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดมา เช่น พลาตินัม

$$\alpha = 3.985 \times 10^{-4}$$

$$\beta = -5.856 \times 10^{-8}$$

$$\gamma = 4.330 \times 10^{-12}$$

สูตรนี้สามารถใช้ได้ตลอดทั้งย่านการใช้งาน ที่ต้องการ accuracy สูง แต่โดยทั่ว ๆ ไป การคำนวณจะใช้สูตร  $R_t = R_o(1 + \alpha T)$  โดยเลือกใช้ค่า  $\alpha$  ตามตาราง

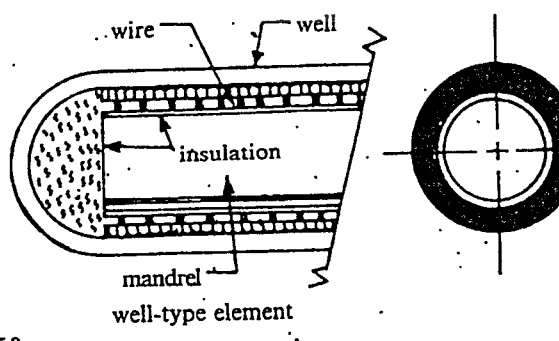
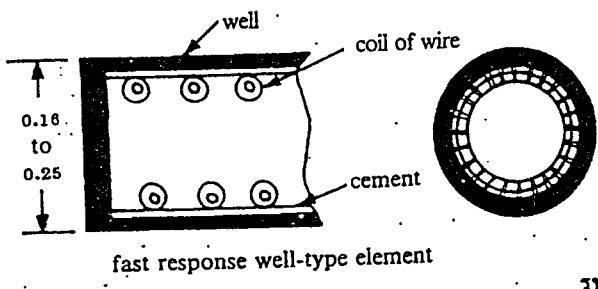
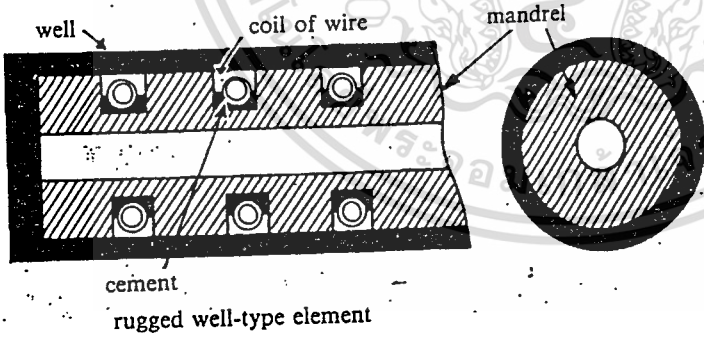
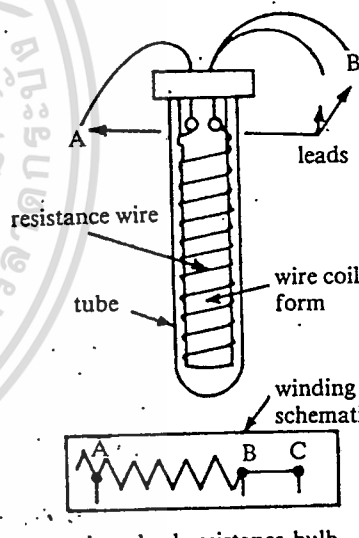
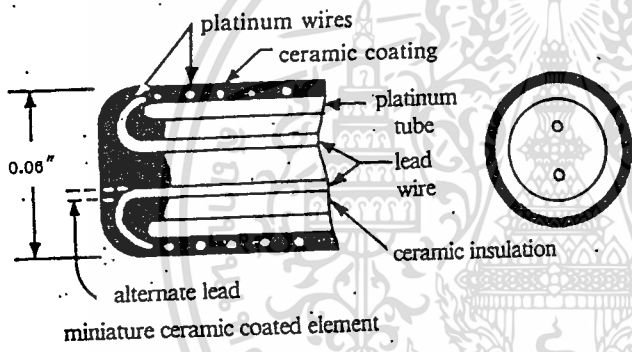
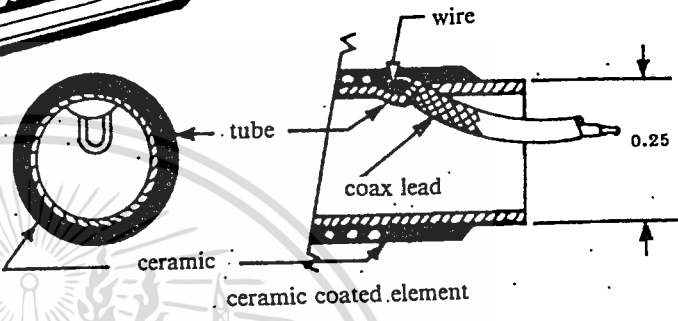
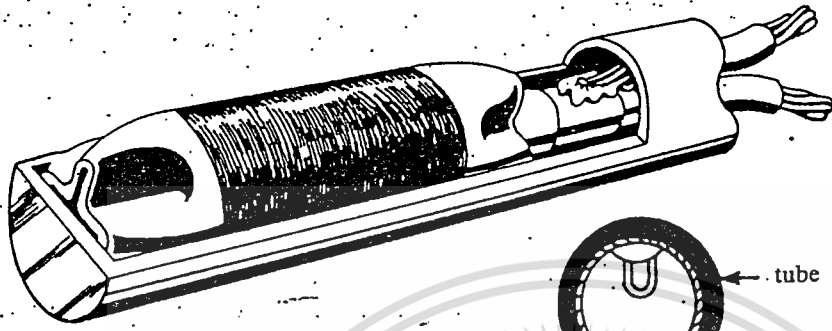
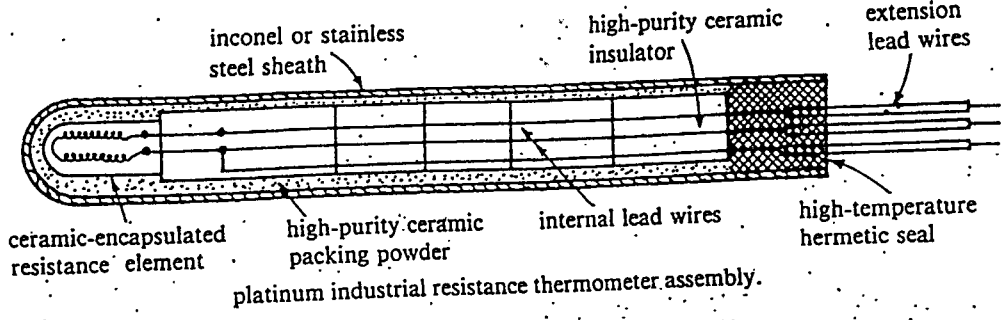


รูปแสดงอัตราส่วนของความต้านทานของโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดี เทียบกับค่าความต้านทานของมันที่ 0 deg. C

สถาบันและสมาคมหลายแห่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาร์ทีดี ได้กำหนดมาตรฐานต่างกันไป ได้กำหนด Calibration Curve ของอาร์ทีดี แบบแพลตินัมใหม่ และเป็นที่ยอมรับของสมาคม ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 400 deg. C ค่าผิดพลาดไม่เกิน + 0.2 deg. C และที่ช่วงอุณหภูมิ 400 deg. C - 600 deg. C ค่าผิดพลาดไม่เกิน + 0.5 deg. C กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของอาร์ทีดีที่ทำจากโลหะชนิดต่าง ๆ แกนในแนวดิ่งจะบอกค่าความต้านทานที่อุณหภูมิ  $T(R_t)$  จะมีค่าเป็นกี่เท่าของความต้านทานที่ 0 deg. C ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ถึง 5 เท่าหรือมากกว่าอาร์ทีดีแบบแพลตินัมเป็นแบบที่ใช้กันมากที่สุดในงานอุตสาหกรรม มีค่ามาตรฐาน 100 โอห์ม ที่ 0 deg. C และเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปหรือเรียกว่าแบบ Standard Platinum Resistance-Thermometers (SPRTs) ในช่วงอุณหภูมิสูงถึง 600 deg. C ควรใช้อาร์ทีดีแพลตินัมแบบ 10 โอห์ม เพราะจะให้เสถียรภาพดีกว่าแบบ 100 โอห์ม

นิเกิล อาร์ทีดีไม่ใช่แบบมาตรฐานเหมือนแพลตินัม เพราะต่างบริษัทก็กำหนดค่าความต้านทานที่ 0 deg. C ต่างกันออกไปทำให้การเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น ทรานสมิตเตอร์, เครื่องควบคุม, เครื่องบันทึก เฉพาะของบริษัทนั้น ๆ บางบริษัทกำหนดค่าความต้านทาน 235.116 โอห์ม ที่ 0 deg. C นิเกิล อาร์ทีดี วัดอุณหภูมิได้ไม่สูงเท่ากับแพลตินัม ย่านการใช้งานอยู่ในช่วง -195 deg. C - 360 deg. C ค่าผิดพลาดต่ำกว่าแบบแพลตินัม แต่ให้ลิเนียร์ดีดีกว่าแบบแพลตินัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.58

RTD elements are fabricated to minimize the effects of mechanical shock. (courtesy of rosemont, inc.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาร์ทีดีแบบทองแดงเป็นแบบที่ให้ลิเนียร์ดี ในการวัดดีที่สุดแต่ย่านการใช้งานแคบ ประมาณ  $-200 \text{ deg. C} - 150 \text{ deg. C}$  และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ ปกติจะมีค่าความต้านทาน  $10 \text{ โอห์มที่ } 0 \text{ deg. C}$  ค่าผิดพลาด  $+ 0.25 \text{ deg. C}$

อาร์ทีดีแบบทังสเตนก็มีที่ใช้อยู่บ้าง แต่ไม่เป็นที่แพร่หลาย เพราะมีเสถียรภาพไม่ดี (คุณสมบัติเปลี่ยนไปเมื่อผ่านการใช้งานไปแล้ว) แต่มีข้อดีคือมีความแข็งแรง

(Strength) สูงกว่าแบบอื่น ๆ สามารถทนอุณหภูมิได้สูง

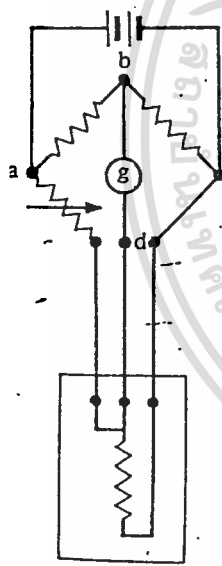
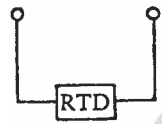
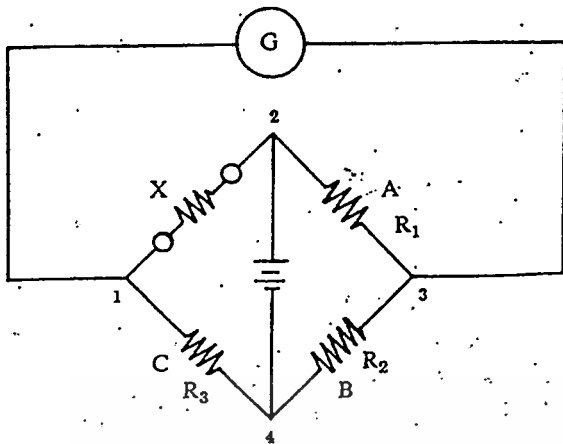
อาร์ทีดีแบบพลาตินัม  $100 \text{ โอห์ม}$  จะเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยเฉลี่ย  $0.385 \text{ โอห์ม ต่อ } 1 \text{ deg. C}$  ในการใช้งานปกติมีแหล่งจ่ายกระแสคงที่ (current source)  $1 \text{ m.A}$  เลี้ยง อาร์ทีดีอยู่ทุก ๆ  $1 \text{ deg. C}$  ที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดค่าโวลเตจเปลี่ยนแปลง  $0.385 \text{ mV}$ . ซึ่งมากกว่าเทอร์โมคัปเปิลแบบ K ถึง  $10$  เท่า ดังนั้นที่สัญญาณรบกวนค่าเดียวกันจะมีผลต่ออาร์ทีดีน้อยกว่าเทอร์โมคัปเปิล

### โครงสร้างของอาร์ทีดี

อาร์ทีดี ทำด้วยลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่งซึ่งทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต้องการ ณ อุณหภูมิ  $0 \text{ deg. C}$  ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่ใช้เป็นสารประเภทเซรามิคหรือแก้ว เช่น อลูมินาบริสุทธิ์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษในขบวนการผลิตคือ ขณะใช้งานขดลวดนี้ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความสั่นสะเทือนได้ ทั้งนี้เพราะเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัว เมื่อเย็นลงจะหดตัว แกนที่ใช้พันจะต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวดการพันขดลวดจะทำขณะที่ขดลวดร้อนจนอ่อนตัว หลังจากนั้นต้องผ่านกรรมวิธีการอบร้อนคลายความเครียดที่มีอยู่ในขดลวด (stress relieve) ด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย  $500 \text{ deg. C}$  เป็นเวลา  $24$  ชั่วโมง สภาพภายนอกของอาร์ทีดีเหมือนเทอร์โมคัปเปิล อาร์ทีดีจะถูกบรรจุอยู่ใน sheath (ฝักโลหะ) ตามรูปเป็นภาพตัดและขยายให้เห็นส่วนประกอบของอาร์ทีดี ฉนวนที่ใช้เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่มีผลต่อการวัดโดยตรง (sensitive portion) อยู่ตรงส่วนปลายของ sheath อาจยาว  $0.5$  ถึง  $2.5$  นิ้ว

### วงจรรต่อใช้งานของอาร์ทีดี

วงจรรต่อใช้งานพื้นฐานของอาร์ทีดี คือ "วีธีสโตน บริดจ์" ให้ "X" คือตัวอาร์ทีดี ซึ่งติดตั้งอยู่ที่จุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ วีธีสเตอร์ประกอบอีก 3 ตัวคือ A, B และ C อยู่ในทรานสมิตเตอร์ในอุณหภูมิบรรยากาศ วีธีสเตอร์ A, B และ C ที่ใช้เป็นแบบที่มีความถูกต้องสูง ค่า drift ต่ำกว่า (การเปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิบรรยากาศเปลี่ยน)



วงจรบริดจ์นี้จะอยู่ในภาวะสมดุล เมื่อ อาร์ทีดีอยู่ในอุณหภูมิ  $0 \text{ deg. C}$  ซึ่งจะทำให้อัตราส่วน  $X = A$  กล่าวโนมิเตอร์จะชี้ที่  $0 \text{ deg. C}$  วงจรนี้ใช้ได้เมื่อตัวทรานสมิตเตอร์ อยู่ใกล้กับตัวอาร์ทีดีมาก ๆ เท่านั้น เพราะถ้าสายยาว ค่าผิดพลาดจะเกิดขึ้นเนื่องจากความต้านทานของสาย ค่าผิดพลาดนี้ขึ้นอยู่กับ ความยาวของสายตัวนำจากอาร์ทีดีและ อณหภูมิของสายตัวนำนี้ ถ้ามีค่ามากขึ้นค่าผิดพลาดก็จะสูงขึ้น วงจรแบบ สองสายจึงเหมาะสำหรับการวัดที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงนัก

วงจรอาร์ทีดีแบบ 3 สายเป็นแบบมาตรฐานที่นิยมใช้กันมากที่สุดในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป สายทั้งสาม A, B และ C จากอาร์ทีดีที่ต่อเข้าวงจรบริดจ์จะต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทานของทั้งสามสายเปลี่ยนแปลงไปในขนาดและทิศทางเดียวกัน เป็นการชดเชยความผิดพลาดอันเกิดจากการลากสายตัวนำยาวในสภาวะงานที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จากวงจรเมื่อบริดจ์อยู่ในภาวะสมดุล

$$X = C \quad A \text{ ให้ } B = C$$

(ปกติจะออกแบบให้เท่ากัน)

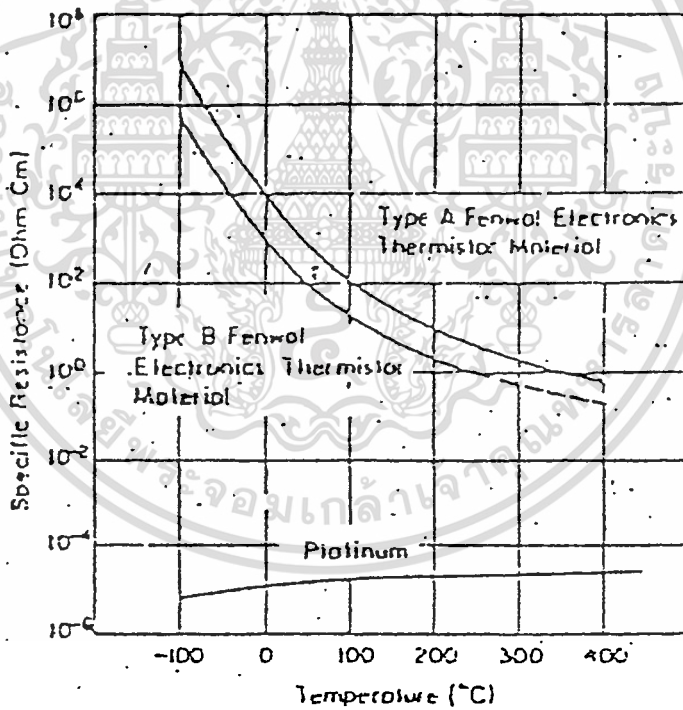
เนื่องจาก  $a = b = c$ ,  $X + b$  จึงเท่ากับ  $A + a$  ค่าอุณหภูมิของการวัดจึงขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของอาร์ทีดี "X" เพียงตัวเดียว วงจรการวัดแบบ 3 สายนี้เป็นแบบที่มีให้ความถูกต้องสูง

### เทอร์มิเตอร์ (Thermistors)

เทอร์มิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเหมือนอาร์ทีดี แต่เทอร์มิสเตอร์ใช้คาร์บอน และสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่นพวกออกไซด์ ของโลหะ เช่น นิเกิล, โคบอล, แมงกานีส, เหล็ก, ทองแดง, เซอร์มันเนียม, แมกนีเซียมและไททาเนียม โดยปกติทำจาก ออกไซด์ของแมงกานีสกับทองแดง และออกไซด์ของนิเกิลกับทองแดงมีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นลบ คือถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานของ thermistor จะลดลง Thermistor มีความไว (sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดีมาก ดังนั้น จึงนิยมใช้ thermistor ในการวัดและควบคุมตลอดจนการชดเชยอุณหภูมิต่ำ ๆ ตั้งแต่  $-100 \text{ deg.C} \rightarrow 300 \text{ deg.C}$

Thermistor มีคุณลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่

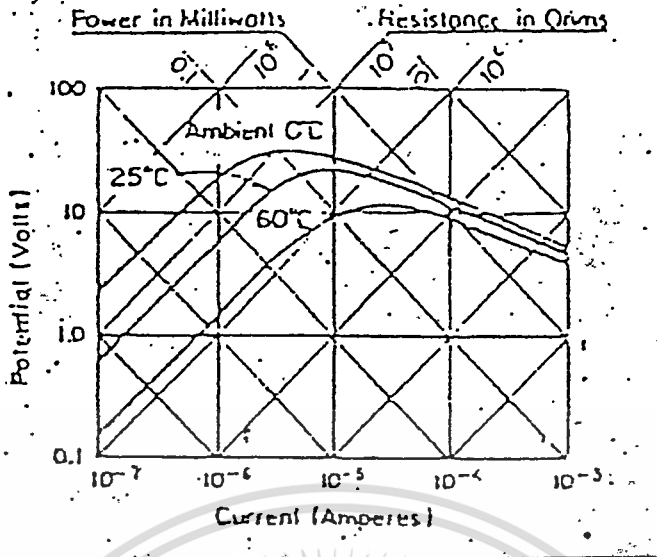
1. คุณลักษณะของค่าความต้านทาน-อุณหภูมิ
2. คุณลักษณะของแรงดัน-กระแสไฟฟ้า
3. คุณลักษณะของกระแส-เวลา



รูป (ก) คุณลักษณะของค่าความต้านทาน - อุณหภูมิ

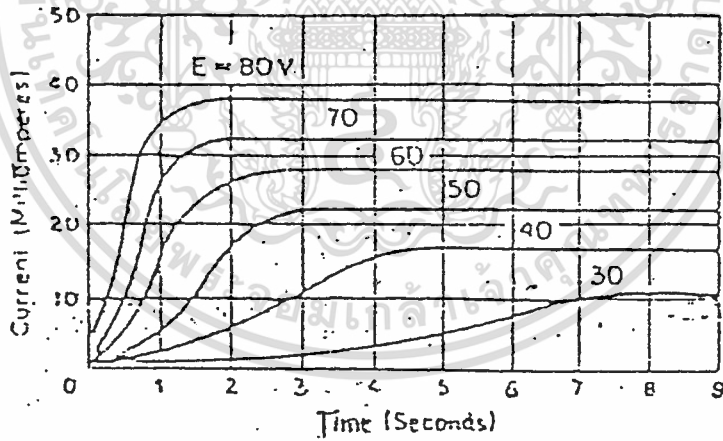
จากรูป ก) แสดงสัมประสิทธิ์ของค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิของ thermistor เป็นแบบลบ และมีค่าสูงมาก ทำให้ thermistor เป็น transducer ที่นิยมใช้ในการวัด นอกจากนี้ ยังเปรียบเทียบถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิของวัสดุ 2 ชนิด ที่นิยมใช้ในการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป (ข) คุณลักษณะของแรงดัน - กระแสไฟฟ้า

จากรูป (ข) แสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม thermistor จะลดลง ขณะที่กระแสเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนนี้ thermistor จะมีคุณลักษณะของความต้านทานเป็นลบ



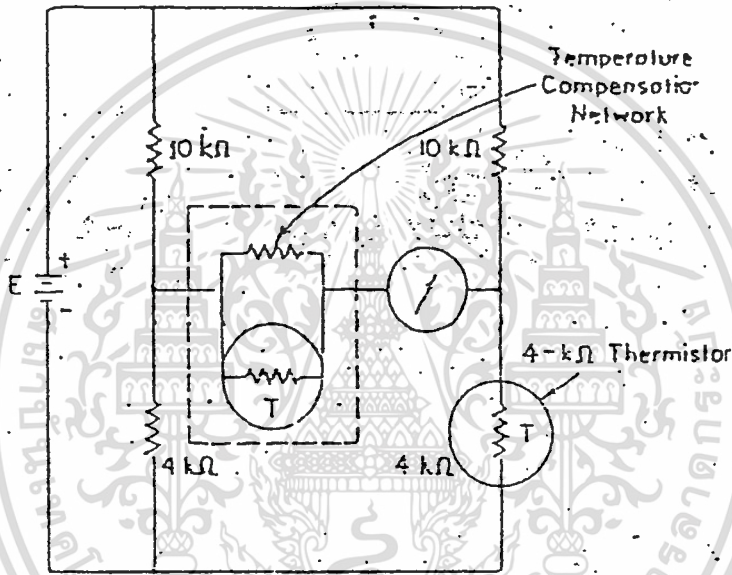
รูป (ค) คุณลักษณะของกระแส - เวลา

คุณลักษณะที่สำคัญสามประการของ thermistor

จากรูป (ค) แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของกระแสต่อเวลา กระแสจะมีค่าสูงสุด เมื่อเวลาผ่านไปเล็กน้อย แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน

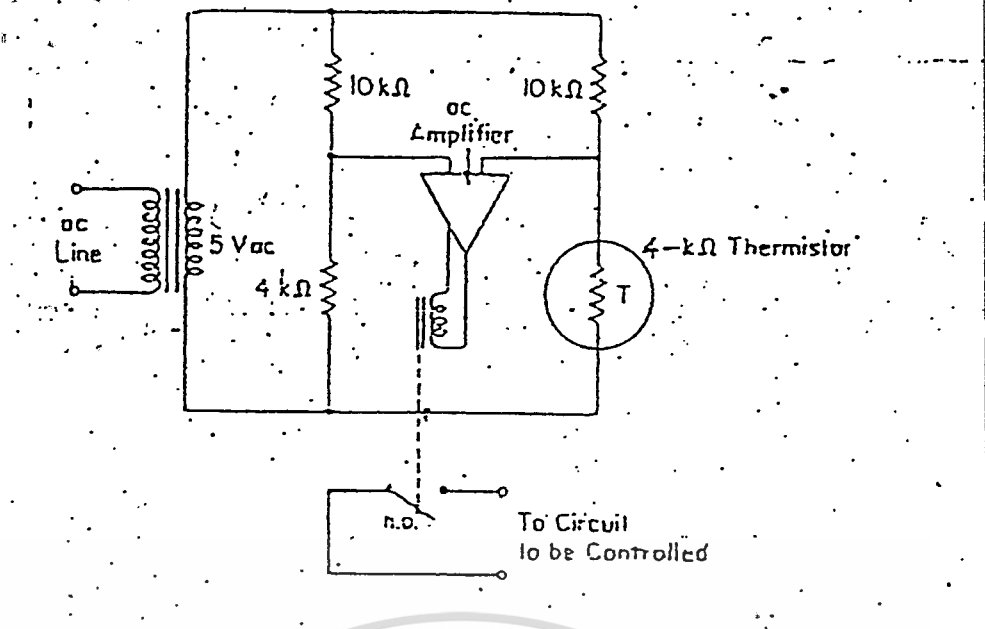
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thermistor ที่ใช้งานในอุตสาหกรรมทั่วไป จะมีค่าความต้านทาน 2,000 โอห์ม ที่ 20 deg.C และมีค่าสัมประสิทธิ์ 2.9% / deg.C นั่นคือค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไป 58 โอห์มต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 1 deg.C การวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้ thermistor นิยมใช้ร่วมกับวงจรบริดจ์ซึ่งทำให้มีความไวสูง



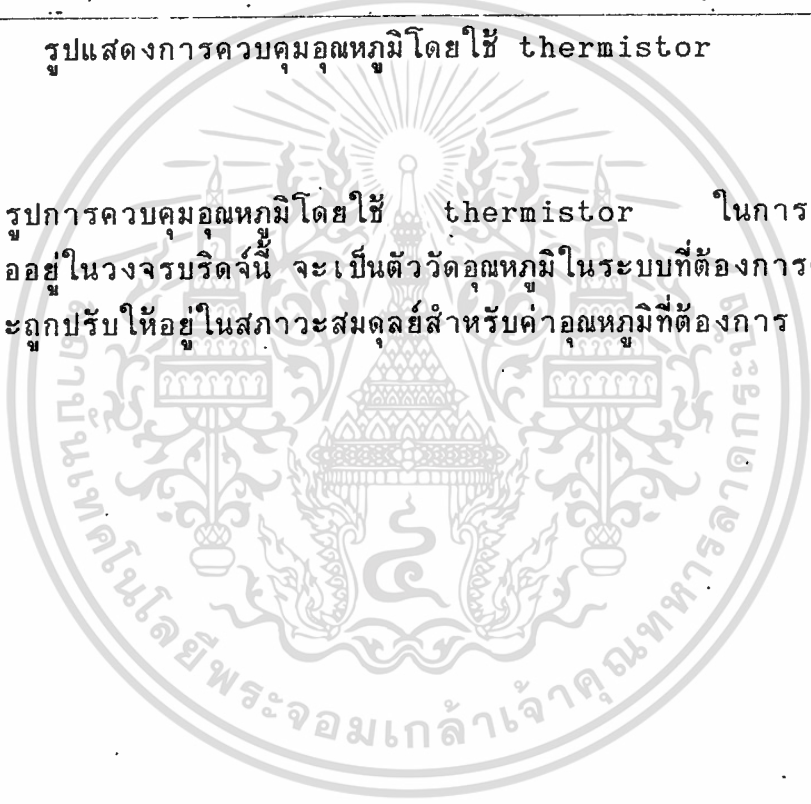
รูปแสดงการวัดอุณหภูมิโดยใช้ thermistor ต่อในวงจรบริดจ์

จากรูปแสดงถึงการวัดอุณหภูมิโดยใช้ thermistor ขนาด  $4 \times 10^3$  โอห์ม ร่วมกับวงจรบริดจ์ วงจรในรูปนี้สามารถวัดค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปได้ละเอียดถึง 0.005 deg.C



รูปแสดงการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ thermistor

จากรูปการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ thermistor ในการควบคุมอุณหภูมิ thermistor ที่ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์นี้ จะเป็นตัววัดอุณหภูมิในระบบที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ และวงจรบริดจ์นี้จะถูกปรับให้อยู่ในสภาวะสมดุลย์สำหรับค่าอุณหภูมิที่ต้องการ



## บล็อกโต๊ะแกรมของระบบ

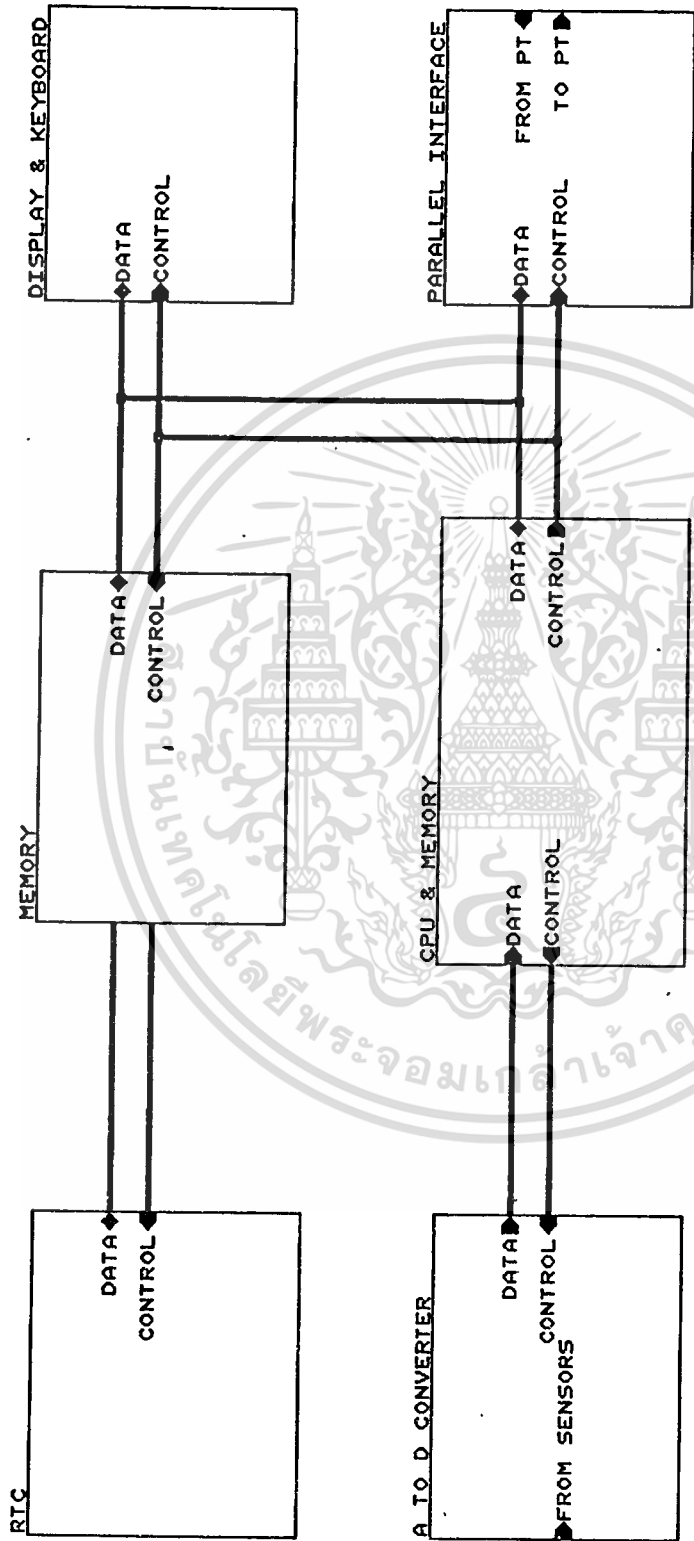
DATA LOGGER ชุดนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของ DATA LOGGER SYSTEM คือ สามารถ อ่านข้อมูล ค้นหาข้อมูล และแสดงผลออกทางจอ LCD นอกจากนี้ยังสามารถพิมพ์ข้อมูลออกทาง เครื่องพิมพ์ด้วย

ส่วนประกอบของวงจร

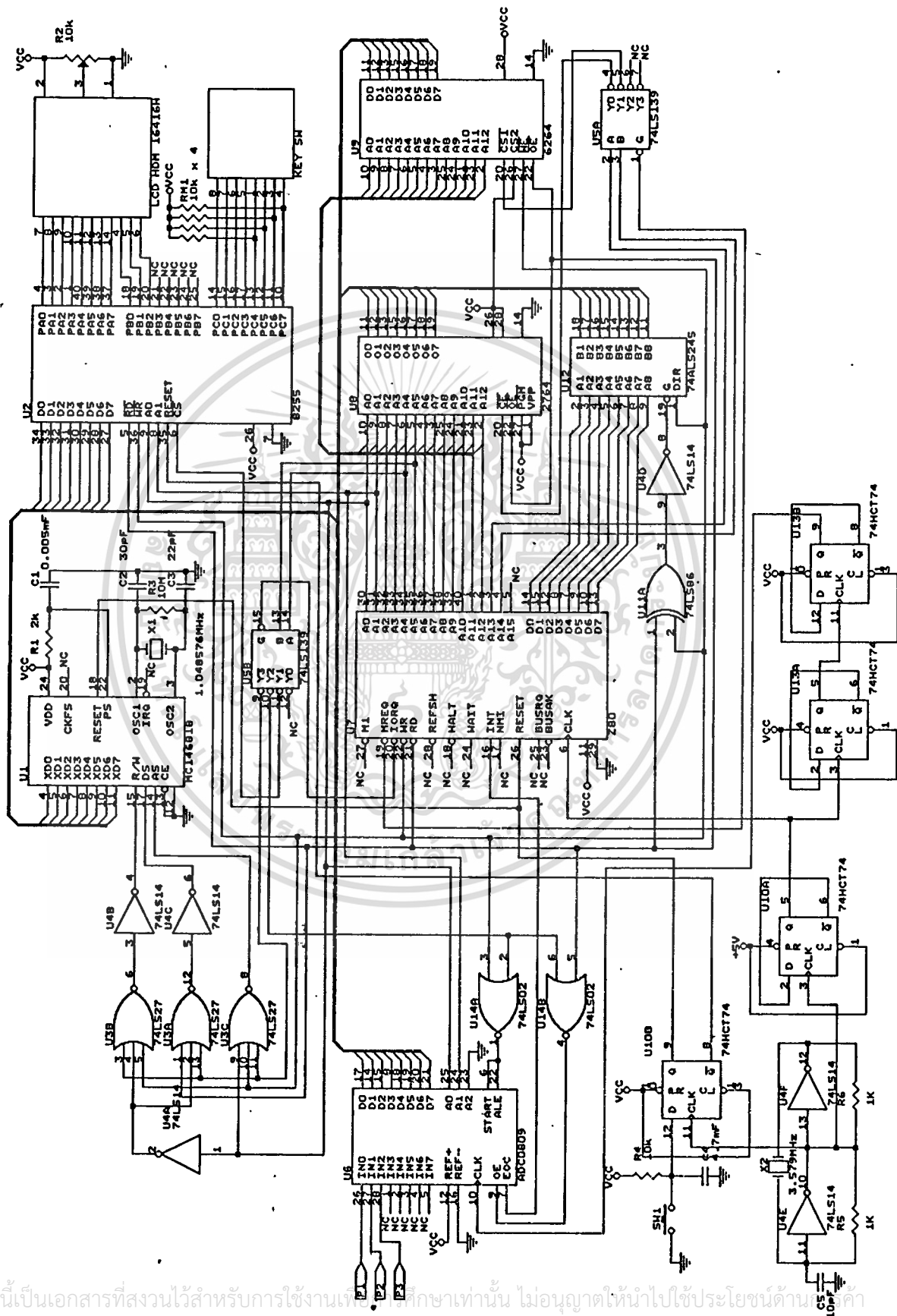
- 1.หน่วยประมวลผลกลาง (CENTRAL PROCESSING UNIT)
- 2.หน่วยความจำ (MEMORY)
- 3.นาฬิกาฐานเวลาจริง (REAL TIME CLOCK)
- 4.ภาคแสดงผลและแป้นพิมพ์ (DISPLAY & KEYBOARD)
- 5.ภาคส่งข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์ (PARALLEL INTERFACE)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

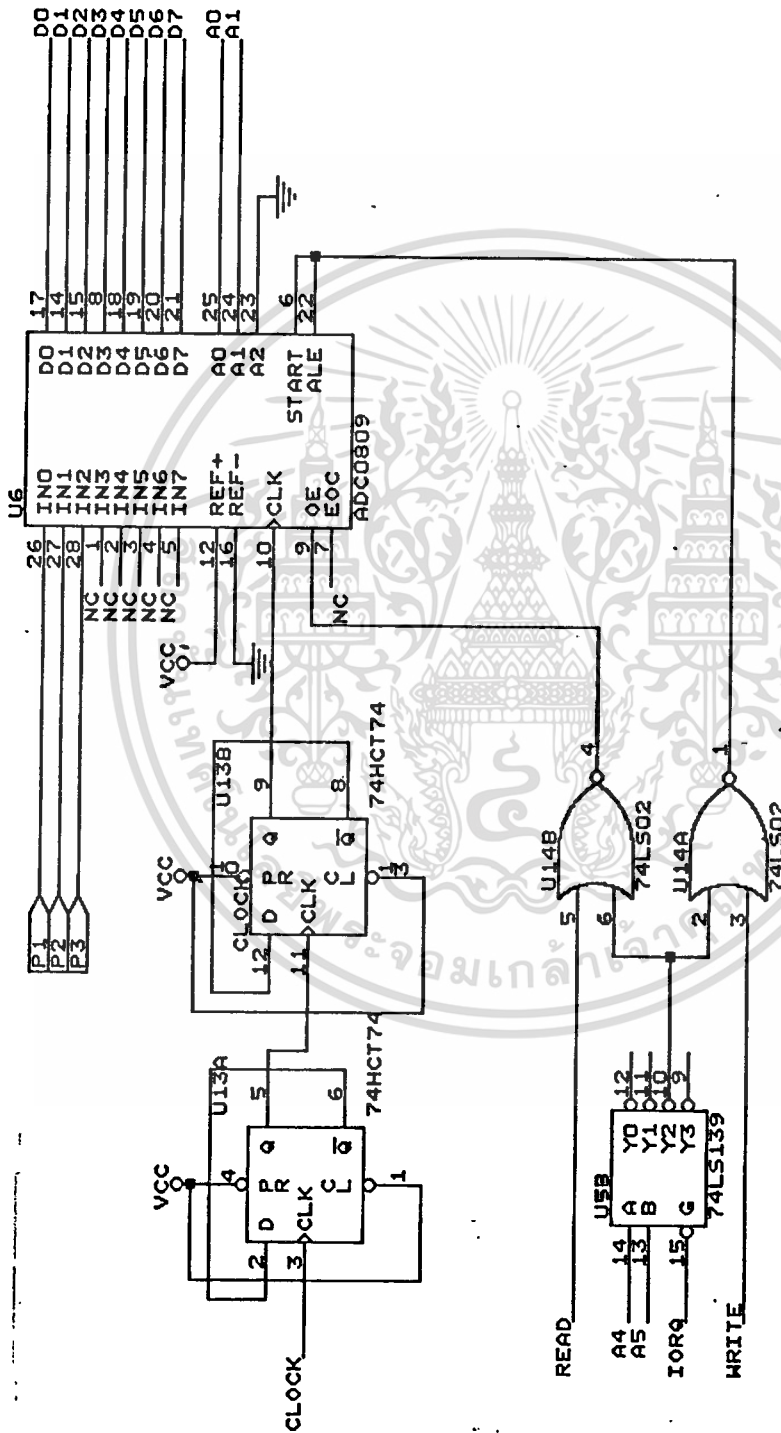


|                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| ANOOVAT SOOKCHAROEN 32.6237 |                             |
| Title                       |                             |
| BLOCK DIAGRAM DATA LOGGER   |                             |
| Size Document Number        |                             |
| A                           | REV                         |
| Date:                       | March 29, 1991 Sheet 1 of 1 |



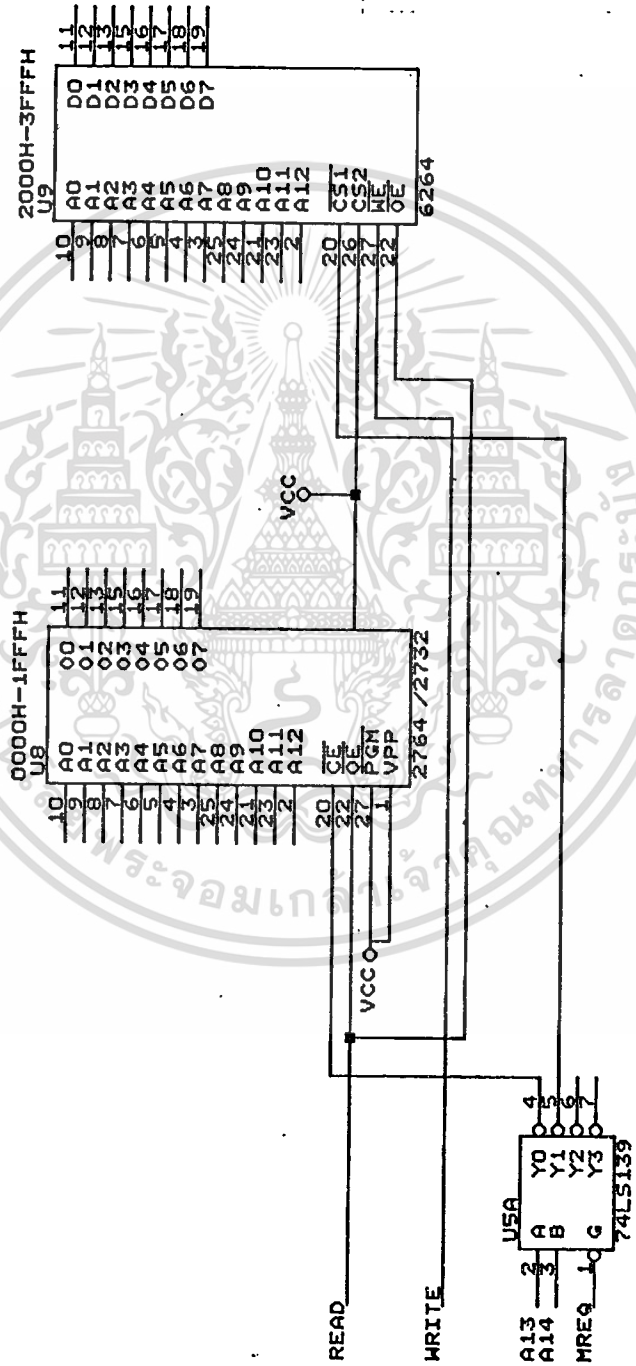
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน

ใด ๆ ภายใต้งานวิจัย และเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร



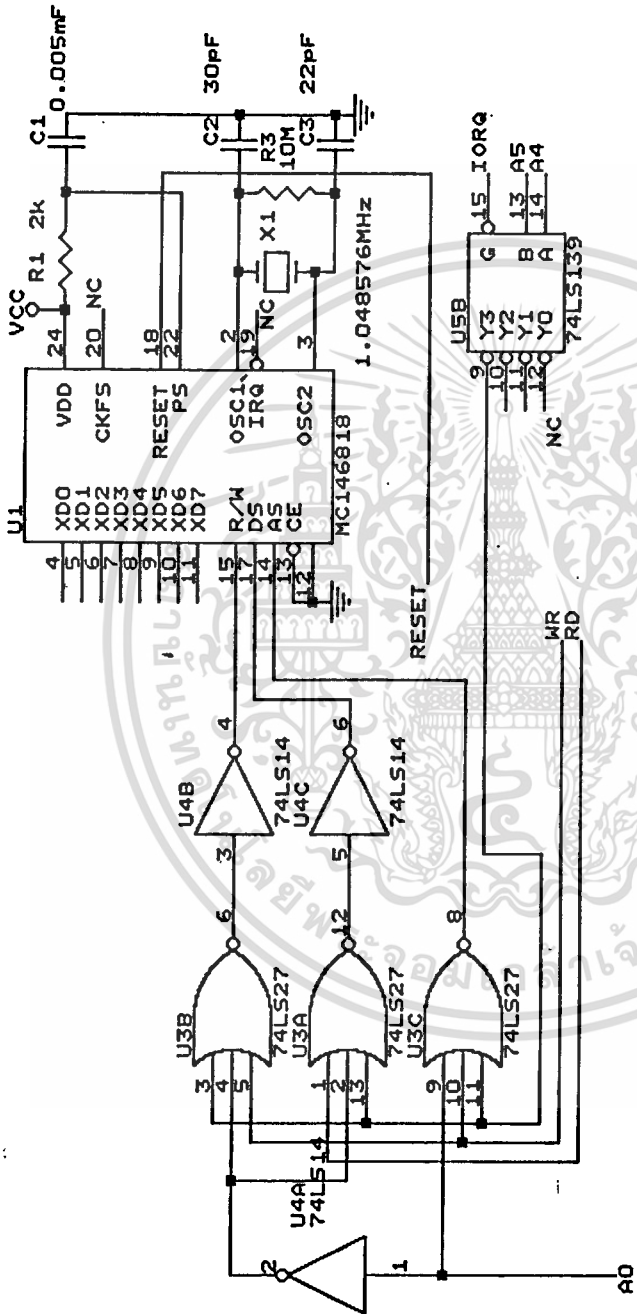
|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| DESIGNED BY ANOOVAT SOOKCHAROEN |              |
| Title                           |              |
| ANALOG TO DIGITAL CONVERTER     |              |
| Size Document Number            |              |
| A                               | REV          |
|                                 | 1.0          |
| Date: March 29, 1991            | Sheet 2 of 3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



|                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| DESIGNED BY ANOOVAT SOOKCHAROEN |                 |
| Title                           | MEMORY          |
| Size                            | Document Number |
| A                               | REV             |
| Date: March 29, 1991            | Sheet 3 of 3    |

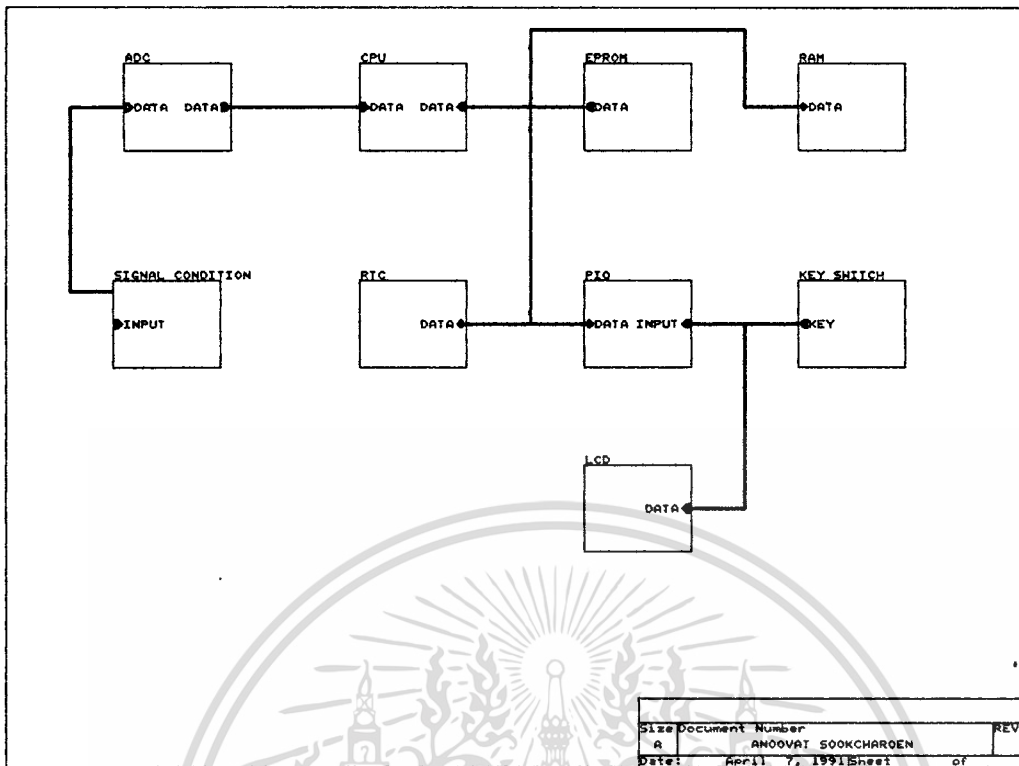
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกร้นำไปใช้



|       |                 |                 |
|-------|-----------------|-----------------|
| Title |                 | REAL TIME CLOCK |
| Size  | Document Number | REV             |
| A     |                 |                 |
| Date: | March 29, 1991  | Sheet of        |



โครงสร้างของระบบ



|       |                     |          |
|-------|---------------------|----------|
| Size  | Document Number     | REV      |
| A     | ANOOVAT SOOKCHAROEN |          |
| Date: | April 7, 1991       | Sheet of |

หน้าที่ของส่วนต่างๆ ของระบบ

1. signal condition เนื่องจากอินพุตที่วัดเข้ามาจาก transducer และ sensor ต่างๆ เป็นสัญญาณที่มีค่าต่ำ จึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาวัดค่าได้ จึงต้องผ่าน signal conditioning เพื่อผ่านขบวนการเพื่อให้ได้สัญญาณที่มีขนาดเพียงพอ มีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะเชิงเส้น
2. ADC ( Analog to Digital Conversion ) มีหน้าที่ เปลี่ยนสัญญาณ analog จาก signal condition ให้อยู่ในรูปของสัญญาณ digital เพื่อให้ microprocessor สามารถรับรู้สัญญาณที่วัดเข้ามาได้ เพื่อนำค่าที่ได้ไปประเมินผลต่อไป
3. CPU ( Central processing Unit ) เป็นหน่วยประเมินผลกลางของระบบ ในการใช้เชื่อมต่อส่วนต่างๆ ใหทำงานเป็นไปตามระบบ ควบคุมวัดสัญญาณ การอ่านค่าเวลา การ scan keyswitch และการแสดงผล พร้อมกับการเก็บข้อมูล
4. EPROM ( Erasable Programmable Read Only Memory ) เป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลคำสั่งต่างๆ ที่สั่งให้ระบบทำงาน โดย CPU จะทำการอ่านค่าคำสั่งจากหน่วยความจำนี้ แล้วนำไปปฏิบัติเพื่อให้ระบบทำงานตามลำดับขั้นตอนและถูกต้องตามโปรแกรมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ออกแบบไว้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. RAM ( Random Access Memory ) เป็นหน่วยความจำที่มีหน้าที่ เก็บข้อมูลที่วัดได้ มีทั้งค่าเวลา และค่าของข้อมูลที่ได้ตลอดเวลา และยังเป็นหน่วยความจำให้กับระบบของ

โปรแกรมหลักอีกด้วย

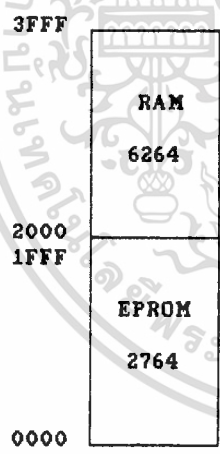
6. RTC ( Real Time Clock ) มีหน้าที่บอกเวลาให้กับระบบที่เป็นเวลาจริงสามารถรับรู้การอ่านข้อมูลที่ค่าเวลาใดๆ และเมื่อต้องการจะดูข้อมูลในช่วงเวลาใด

7. PIO ( Parallel Input Output port ) เป็น port แบบขนาน ที่มีหน้าที่ให้หน่วยประมวลผลกลางติดต่อกับส่วนแสดงผล และอินพุทที่เป็น keyswitch

8. Keyswitch เป็น input ที่ใช้สำหรับตั้งเวลาให้กับ RTC พร้อมทั้งสั่งให้ระบบทำงานเลือกเวลาในการดูค่าข้อมูล

9. LCD ( Liquid crystal Display ) เป็นภาคแสดงผลในรูปแบบที่แท้จริง ที่ทำการวัดเข้ามา แสดงเวลาที่ เป็นเวลาจริง และค่าของข้อมูลกับเวลาที่ log ไว้เข้ามาดูได้

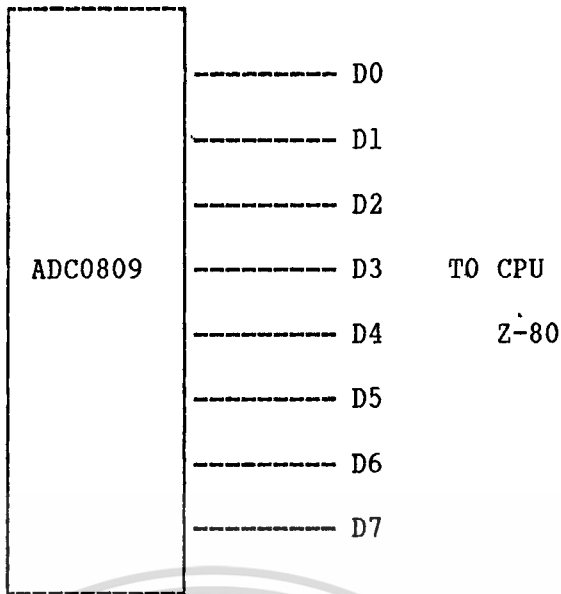
HARDWARE SYSTEM



MEMORY MAP

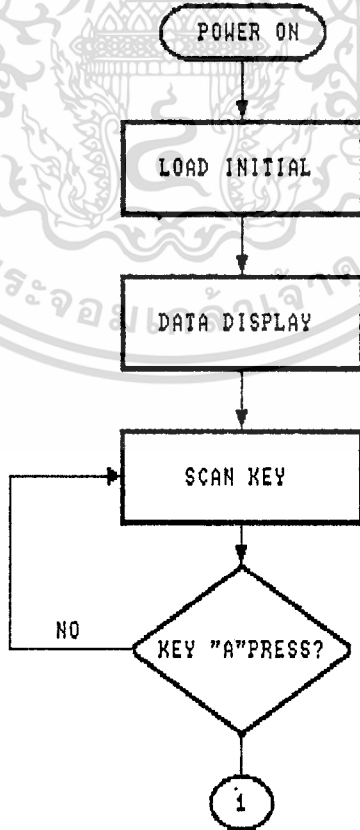
|    |         |        |
|----|---------|--------|
| 10 | A       | PIO    |
| 11 | B       |        |
| 12 | C       |        |
| 20 | CH1     | ADC    |
| 21 | CH2     |        |
| 22 | CH3     |        |
| 30 | ADDRESS | RTC    |
| 31 | DATA    |        |
|    |         | 146818 |

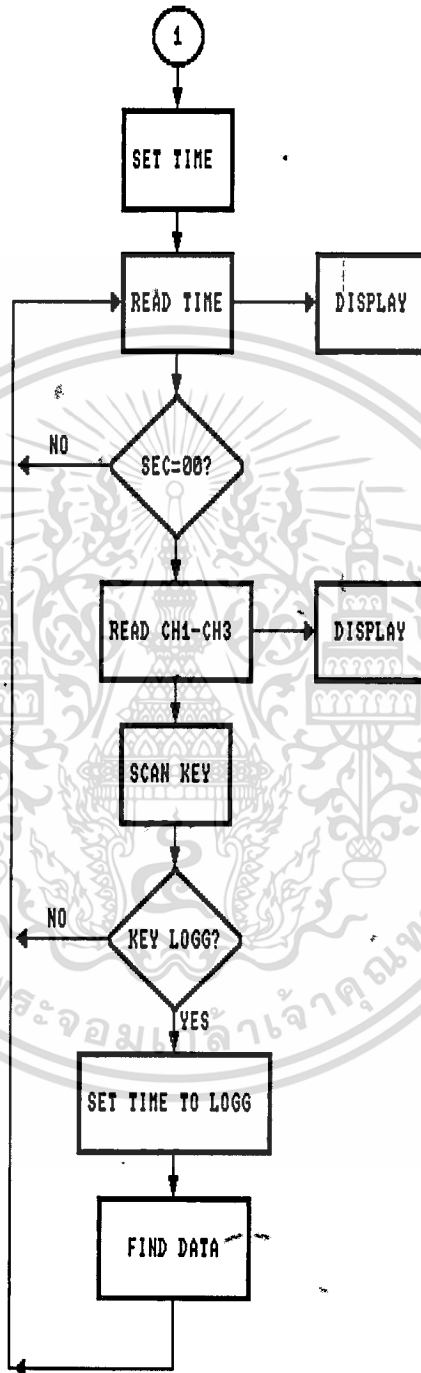
I/O ADDRESS MAP



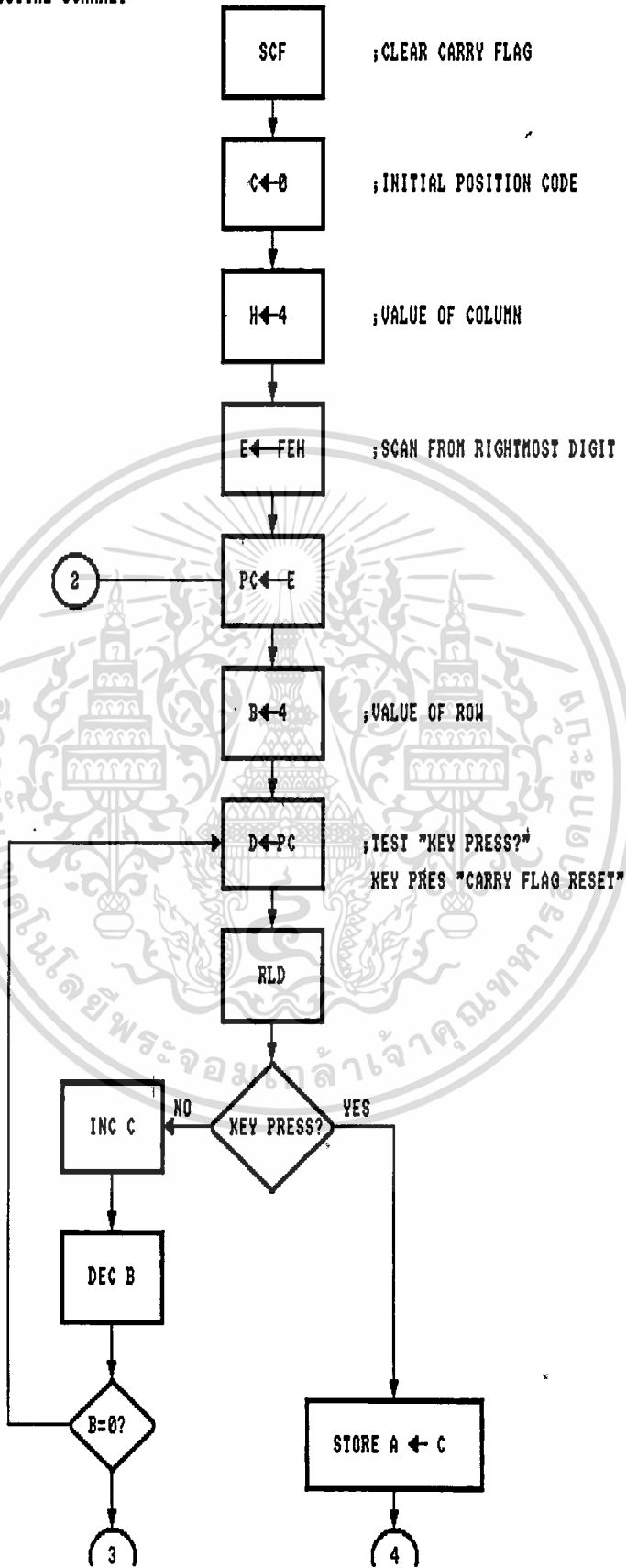
SOFTWARE SYSTEM

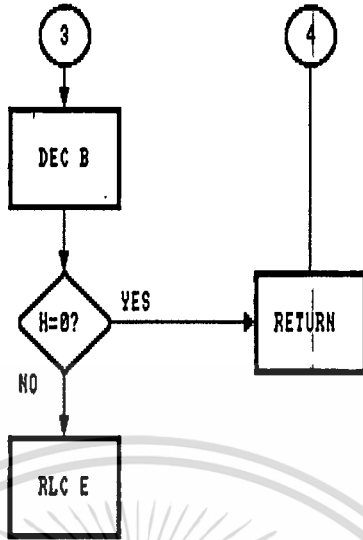
โปรแกรมมอเนเตอร์ซึ่งจะเขียนเป็นภาษาแอสเซมบลี (Assembly language) ที่ถูกเก็บไว้ใน EPROM เป็นหัวใจในการดำเนินการของระบบให้เป็นไปตามขั้นตอนของระบบ ซึ่งโปรแกรมนี้จะต้องสอดคล้องกับส่วนของฮาร์ดแวร์ โปรแกรมส่วนนี้จะประกอบด้วยโปรแกรมการเริ่มต้นของระบบ โปรแกรมย่อยต่างๆ ของระบบ





SUBROUTINE SCANKEY





Scank 1 :

(Function) scan keyboard

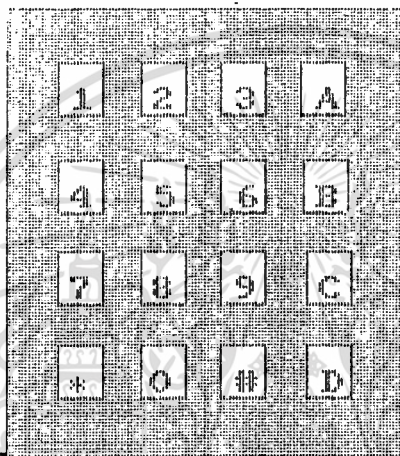
( Input ) keyboard

( output ) 1. if no key - in , then error flag = 1

2. if key - in , carry flag = 0 and the position

code of the key is store in register A

Position code ( mode set time )



key " 0 - 9 " Number

key " A " Set time ( mode time ) , set logg (mode logg)

key " B " Run RTC ( mode time ) , Find data ( mode logg )

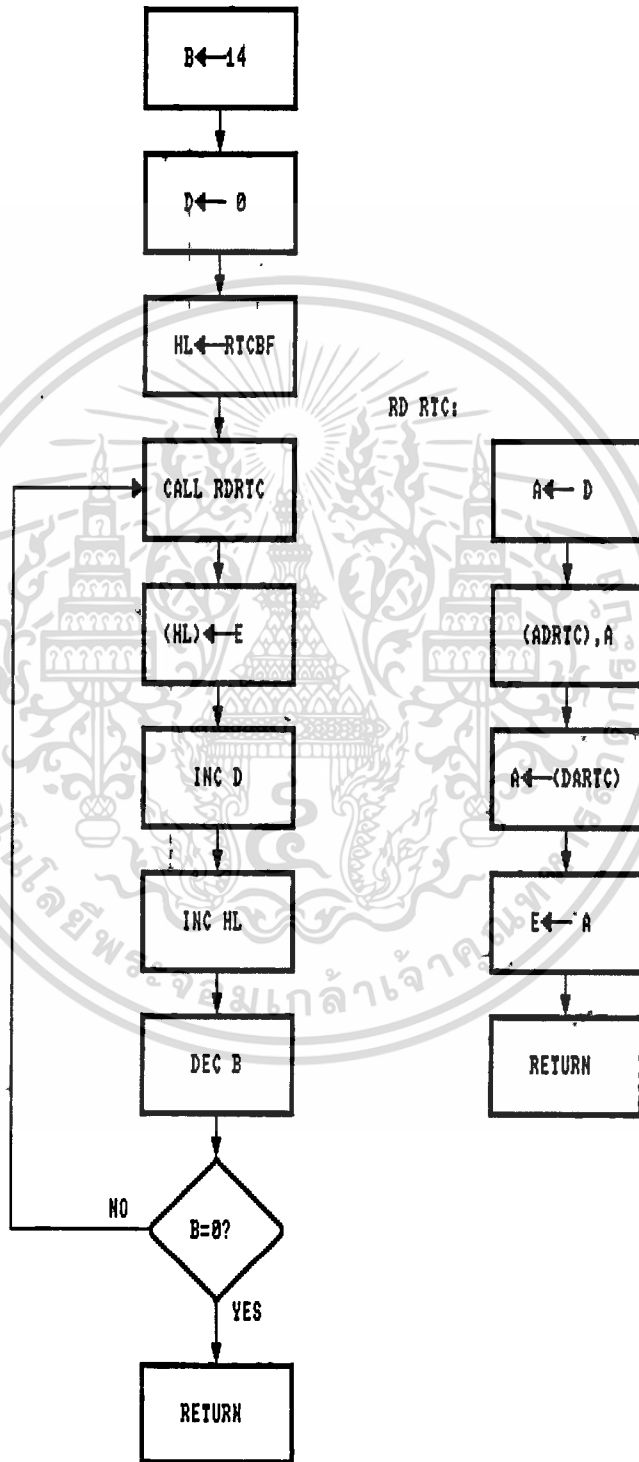
key " C " Change mode time to mode logg

key " D " Return mode logg to mode time

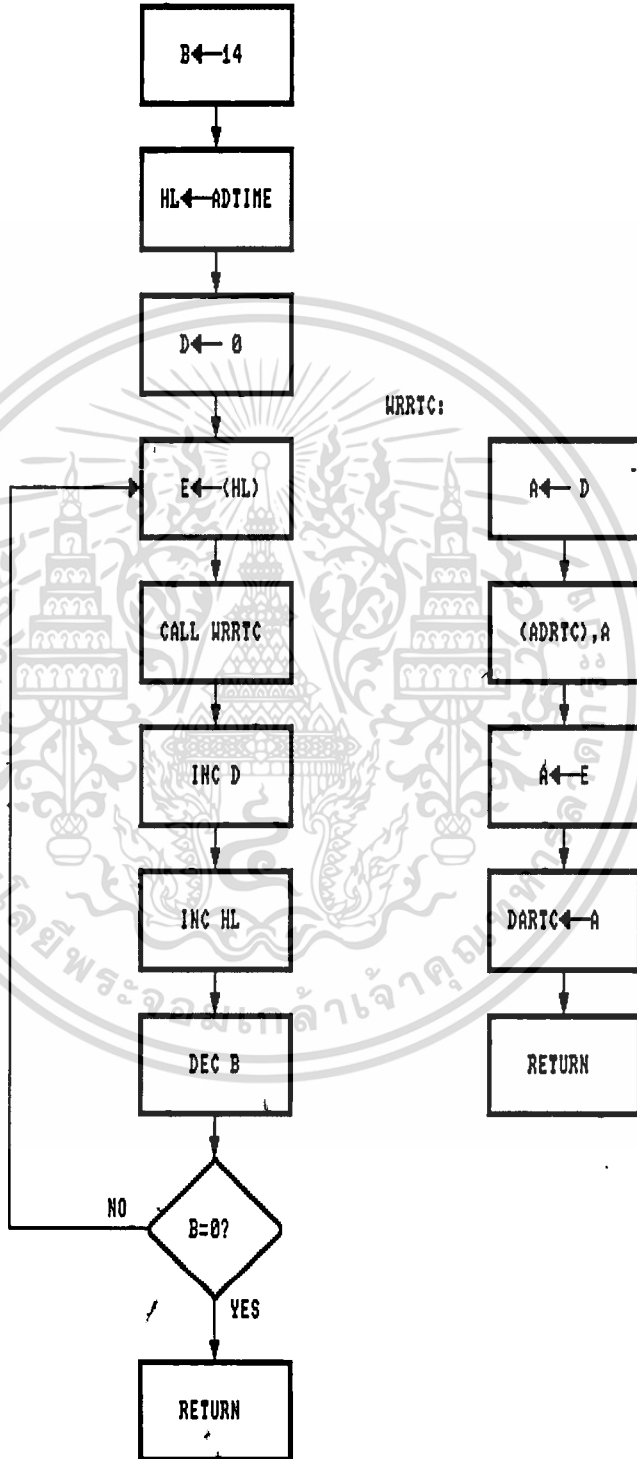
key " # " Increase time logg

key " \* " Decrease time logg

READ RTC

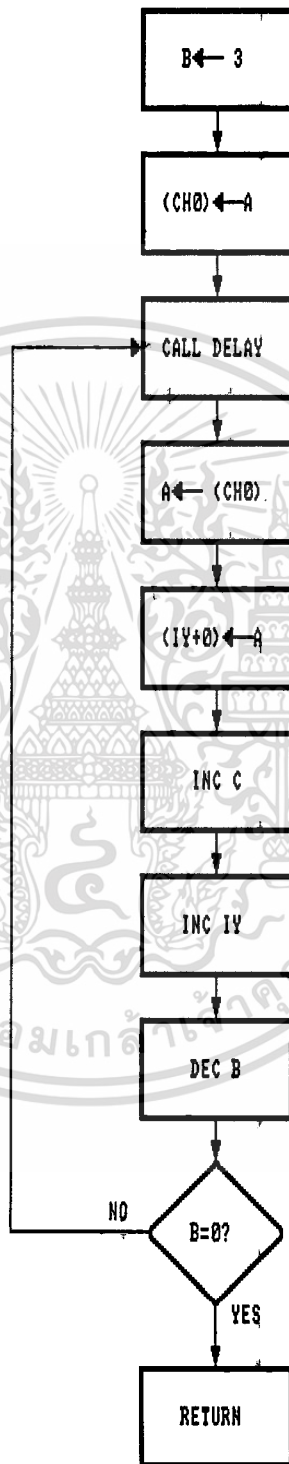


WRITE RTC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READDATA "ADC"



-----  
 INPUT FILENAME : TEST1.Z80  
 OUTPUT FILENAME : TEST1.OBJ

```

0000                                ORG    0000H
0000    06 00                        LD     B,0
0002    10 FE                        DRT:   DJNZ  DRT
0004    31 00 3E                      LD     SP,SYSSTK
0007    CD E8 02                      CALL  INITTAB
000A    3E 88                        LD     A,88H
000C    D3 13                        OUT   (13H),A
000E    CD D6 00                      CALL  INITLCD
0011    CD A9 01                      START1: CALL  INITDSP
0014    AF                            XOR   A
0015    32 31 3E                      LD     (STATE),A
0018    32 30 3E                      LD     (TEST),A
001B    21 2E 3E                      LD     HL,TIMTEMP
001E    77                            LD     (HL),A
001F    23                            INC   HL
0020    77                            LD     (HL),A
0021    CD 07 02                      CALL  SETINT
0024    CD 16 02                      SCANK: CALL  SCAN
0027    3A 31 3E                      LD     A,(STATE)
002A    FE 04                        CP     4
002C    20 F6                        JR     NZ,SCANK
002E    CD D7 02                      CALL  CHEXDA
0031    CD 61 01                      CALL  WRITER
0034    FD 21 00 20                  LD     IY,STORAD
0038    CD 71 01                      READ1: CALL  READR
003B    21 47 3E                      LD     HL,ATABTIM+7
003E    3A 22 3E                      LD     A,(RTCBF+4)
0041    CD 8F 01                      CALL  LCDCO
0044    3A 20 3E                      LD     A,(RTCBF+2)
0047    CD 8F 01                      CALL  LCDCO
004A    3A 1E 3E                      LD     A,(RTCBF+0)
004D    CD 8F 01                      CALL  LCDCO
0050    21 40 3E                      LD     HL,ATABTIM
0053    3E 01                        LD     A,1
0055    CD FD 00                      CALL  WRLCDL1
0058    3A 1E 3E                      LD     A,(RTCBF+0)
005B    FE 00                        CP     00H
005D    20 D9                        JR     NZ,READ1
005F    3A 22 3E                      LD     A,(RTCBF+4)
0062    FD 77 00                      LD     (IY+0),A
0065    FD 23                        INC   IY
0067    3A 20 3E                      LD     A,(RTCBF+2)
006A    FD 77 00                      LD     (IY+0),A
006D    FD 23                        INC   IY
006F    0E 20                        LD     C,20H
0071    CD D1 01                      CALL  RDDATA
0074    11 FD FF                      LD     DE,-3
0077    FD 19                        ADD   IY,DE
0079    FD 7E 00                      LD     A,(IY+0)
007C    CD B2 01                      CALL  BCDCON

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|      |          |             |                |
|------|----------|-------------|----------------|
| 007F | 21 5A 3E | LD          | HL, ATABCH1+10 |
| 0082 | 7A       | LD          | A, D           |
| 0083 | CD EA 01 | CALL        | LCDCH          |
| 0086 | 7B       | LD          | A, E           |
| 0087 | CD EA 01 | CALL        | LCDCH          |
| 008A | 21 50 3E | LD          | HL, ATABCH1    |
| 008D | 3E 02    | LD          | A, 2           |
| 008F | CD FD 00 | CALL        | WRLCDL1        |
| 0092 | FD 7E 01 | LD          | A, (IY+1)      |
| 0095 | CD B2 01 | CALL        | BCDCON         |
| 0098 | 21 6A 3E | LD          | HL, ATABCH2+10 |
| 009B | 7A       | LD          | A, D           |
| 009C | CD EA 01 | CALL        | LCDCH          |
| 009F | 7B       | LD          | A, E           |
| 00A0 | CD EA 01 | CALL        | LCDCH          |
| 00A3 | 21 60 3E | LD          | HL, ATABCH2    |
| 00A6 | 3E 03    | LD          | A, 3           |
| 00A8 | CD FD 00 | CALL        | WRLCDL1        |
| 00AB | FD 7E 02 | LD          | A, (IY+2)      |
| 00AE | CD B2 01 | CALL        | BCDCON         |
| 00B1 | 21 7A 3E | LD          | HL, ATABCH3+10 |
| 00B4 | 7A       | LD          | A, D           |
| 00B5 | CD EA 01 | CALL        | LCDCH          |
| 00B8 | 7B       | LD          | A, E           |
| 00B9 | CD EA 01 | CALL        | LCDCH          |
| 00BC | 21 70 3E | LD          | HL, ATABCH3    |
| 00BF | 3E 04    | LD          | A, 4           |
| 00C1 | CD FD 00 | CALL        | WRLCDL1        |
| 00C4 | 11 03 00 | LD          | DE, 03H        |
| 00C7 | FD 19    | ADD         | IY, DE         |
| 00C9 | CD 71 01 | PRTEX: CALL | READR          |
| 00CC | 3A 1E 3E | LD          | A, (RTCBF+0)   |
| 00CF | FE 01    | CP          | 1H             |
| 00D1 | 20 F6    | JR          | NZ, PRTEX      |
| 00D3 | C3 38 00 | JP          | READ1          |
| 00D6 |          | INITLCD:    |                |
|      | 10 00    | PDATA       | EQU 10H        |
|      | 11 00    | PSIGN       | EQU 11H        |
|      | 13 00    | PCONT       | EQU 13H        |
| 00D6 | 3E 00    | LD          | A, 0           |
| 00D8 | D3 11    | OUT         | (PSIGN), A     |
| 00DA | 3E 38    | LD          | A, 38H         |
| 00DC | D3 10    | OUT         | (PDATA), A     |
| 00DE | CD 34 01 | CALL        | EPLUSE         |
| 00E1 | CD 5B 01 | CALL        | DELAY          |
| 00E4 | 3E 0F    | LD          | A, 0FH         |
| 00E6 | D3 10    | OUT         | (PDATA), A     |
| 00E8 | CD 34 01 | CALL        | EPLUSE         |
| 00EB | 3E 06    | LD          | A, 06H         |
| 00ED | D3 10    | OUT         | (PDATA), A     |
| 00EF | CD 34 01 | CALL        | EPLUSE         |
| 00F2 | 3E 01    | LD          | A, 01H         |
| 00F4 | D3 10    | OUT         | (PDATA), A     |
| 00F6 | CD 34 01 | CALL        | EPLUSE         |
| 00F9 | CD 5B 01 | CALL        | DELAY          |
| 00FC | C9       | RET         |                |
| 00FD | FE 01    | WRLCDL1: CP | 1              |
| 00FF | 28 0D    | JR          | Z, WRL1        |
| 0101 | FE 02    | CP          | 2              |
| 0103 | 28 10    | JR          | Z, WRL2        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|      |          |         |      |            |
|------|----------|---------|------|------------|
| 0105 | FE 03    |         | CP   | 3          |
| 0107 | 28 13    |         | JR   | Z, WRL3    |
| 0109 | FE 04    |         | CP   | 4          |
| 010B | 28 16    |         | JR   | Z, WRL4    |
| 010D | C9       |         | RET  |            |
| 010E | 3E 00    | WRL1:   | LD   | A, 00H     |
| 0110 | CD 43 01 |         | CALL | GOTO       |
| 0113 | 18 13    |         | JR   | WRLM       |
| 0115 | 3E 40    | WRL2:   | LD   | A, 40H     |
| 0117 | CD 43 01 |         | CALL | GOTO       |
| 011A | 18 0C    |         | JR   | WRLM       |
| 011C | 3E 10    | WRL3:   | LD   | A, 10H     |
| 011E | CD 43 01 |         | CALL | GOTO       |
| 0121 | 18 05    |         | JR   | WRLM       |
| 0123 | 3E 50    | WRL4:   | LD   | A, 50H     |
| 0125 | CD 43 01 |         | CALL | GOTO       |
| 0128 | 06 10    | WRLM:   | LD   | B, 16      |
| 012A | 56       | WRL:    | LD   | D, (HL)    |
| 012B | C5       |         | PUSH | BC         |
| 012C | CD 50 01 |         | CALL | WRBYTE     |
| 012F | C1       |         | POP  | BC         |
| 0130 | 23       |         | INC  | HL         |
| 0131 | 10 F7    |         | DJNZ | WRL        |
| 0133 | C9       |         | RET  |            |
| 0134 | DB 11    | EPLUSE: | IN   | A, (PSIGN) |
| 0136 | CB D7    |         | SET  | 2, A       |
| 0138 | D3 11    |         | OUT  | (PSIGN), A |
| 013A | 06 00    |         | LD   | B, 00H     |
| 013C | 10 FE    | EP1:    | DJNZ | EP1        |
| 013E | CB 97    |         | RES  | 2, A       |
| 0140 | D3 11    |         | OUT  | (PSIGN), A |
| 0142 | C9       |         | RET  |            |
| 0143 | C5       | GOTO:   | PUSH | BC         |
| 0144 | CB FF    |         | SET  | 7, A       |
| 0146 | D3 10    |         | OUT  | (PDATA), A |
| 0148 | AF       |         | XOR  | A          |
| 0149 | D3 11    |         | OUT  | (PSIGN), A |
| 014B | CD 34 01 |         | CALL | EPLUSE     |
| 014E | C1       |         | POP  | BC         |
| 014F | C9       |         | RET  |            |
| 0150 | 3E 01    | WRBYTE: | LD   | A, 01H     |
| 0152 | D3 11    |         | OUT  | (PSIGN), A |
| 0154 | 7A       |         | LD   | A, D       |
| 0155 | D3 10    |         | OUT  | (PDATA), A |
| 0157 | CD 34 01 |         | CALL | EPLUSE     |
| 015A | C9       |         | RET  |            |
| 015B | 06 00    | DELAY:  | LD   | B, 0       |
| 015D | 00       | DEL:    | NOP  |            |
| 015E | 10 FD    |         | DJNZ | DEL        |
| 0160 | C9       |         | RET  |            |
| 0161 |          | WRITER: |      |            |
|      | 30 00    | ADRTC   | EQU  | 30H        |
|      | 31 00    | DARTC   | EQU  | 31H        |
| 0161 | 06 0E    |         | LD   | B, 14      |
| 0163 | 21 32 3E |         | LD   | HL, ADTIME |
| 0166 | 16 00    |         | LD   | D, 0       |
| 0168 | 5E       | WRITE1: | LD   | E, (HL)    |
| 0169 | CD 81 01 |         | CALL | WRRTC      |
| 016C | 14       |         | INC  | D          |
| 016D | 23       |         | INC  | HL         |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|      |    |       |          |      |            |
|------|----|-------|----------|------|------------|
| 016E | 10 | F8    |          | DJNZ | WRITE1     |
| 0170 |    | C9    |          | RET  |            |
| 0171 | 06 | 0E    | READR:   | LD   | B,14       |
| 0173 | 16 | 00    |          | LD   | D,0        |
| 0175 | 21 | 1E 3E |          | LD   | HL,RTCBF   |
| 0178 | CD | 88 01 | READ2:   | CALL | RDRTC      |
| 017B |    | 73    |          | LD   | (HL),E     |
| 017C |    | 14    |          | INC  | D          |
| 017D |    | 23    |          | INC  | HL         |
| 017E | 10 | F8    |          | DJNZ | READ2      |
| 0180 |    | C9    |          | RET  |            |
| 0181 |    | 7A    | WRRTC:   | LD   | A,D        |
| 0182 | D3 | 30    |          | OUT  | (ADRTC),A  |
| 0184 |    | 7B    |          | LD   | A,E        |
| 0185 | D3 | 31    |          | OUT  | (DARTC),A  |
| 0187 |    | C9    |          | RET  |            |
| 0188 |    | 7A    | RDRTC:   | LD   | A,D        |
| 0189 | D3 | 30    |          | OUT  | (ADRTC),A  |
| 018B | DB | 31    |          | IN   | A,(DARTC)  |
| 018D |    | 5F    |          | LD   | E,A        |
| 018E |    | C9    |          | RET  |            |
| 018F |    | F5    | LCDCO:   | PUSH | AF         |
| 0190 | CD | A3 01 |          | CALL | LCDA       |
| 0193 |    | 77    |          | LD   | (HL),A     |
| 0194 |    | 2B    |          | DEC  | HL         |
| 0195 |    | F1    |          | POP  | AF         |
| 0196 |    | 0F    |          | RRCA |            |
| 0197 |    | 0F    |          | RRCA |            |
| 0198 |    | 0F    |          | RRCA |            |
| 0199 |    | 0F    |          | RRCA |            |
| 019A | CD | A3 01 |          | CALL | LCDA       |
| 019D |    | 77    |          | LD   | (HL),A     |
| 019E |    | 23    |          | INC  | HL         |
| 019F |    | 23    |          | INC  | HL         |
| 01A0 |    | 23    |          | INC  | HL         |
| 01A1 |    | 23    |          | INC  | HL         |
| 01A2 |    | C9    |          | RET  |            |
| 01A3 | 06 | 30    | LCDA:    | LD   | B,30H      |
| 01A5 | E6 | 0F    |          | AND  | 0FH        |
| 01A7 |    | 80    |          | ADD  | A,B        |
| 01A8 |    | C9    |          | RET  |            |
| 01A9 | 21 | 2A 03 | INITDSP: | LD   | HL,INITDSA |
| 01AC |    | 3E 01 |          | LD   | A,1        |
| 01AE | CD | FD 00 |          | CALL | WRLCDL1    |
| 01B1 |    | C9    |          | RET  |            |
| 01B2 | 16 | FF    | BCDCON:  | LD   | D,0FFH     |
| 01B4 |    | 14    | D100LP:  | INC  | D          |
| 01B5 | D6 | 64    |          | SUB  | 100        |
| 01B7 | 30 | FB    |          | JR   | NC,D100LP  |
| 01B9 | C6 | 64    |          | ADD  | A,100      |
| 01BB | 1E | FF    |          | LD   | E,0FFH     |
| 01BD |    | 1C    | D10LP:   | INC  | E          |
| 01BE | D6 | 0A    |          | SUB  | 10         |
| 01C0 | 30 | FB    |          | JR   | NC,D10LP   |
| 01C2 | C6 | 0A    |          | ADD  | A,10       |
| 01C4 |    | 4F    |          | LD   | C,A        |
| 01C5 |    | 7B    |          | LD   | A,E        |
| 01C6 | CB | 07    |          | RLC  | A          |
| 01C8 | CB | 07    |          | RLC  | A          |
| 01CA | CB | 07    |          | RLC  | A          |

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดภูเก็ต สำหรับใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|      |          |          |      |             |
|------|----------|----------|------|-------------|
| 01CC | CB 07    |          | RLC  | A           |
| 01CE | B1       |          | OR   | C           |
| 01CF | 5F       |          | LD   | E, A        |
| 01D0 | C9       |          | RET  |             |
| 01D1 | 06 03    | RDDATA:  | LD   | B, 03H      |
| 01D3 | ED 79    | RDLOP:   | OUT  | (C), A      |
| 01D5 | CD E3 01 |          | CALL | DCON        |
| 01D8 | ED 78    |          | IN   | A, (C)      |
| 01DA | FD 77 00 |          | LD   | (IY+0), A   |
| 01DD | FD 23    |          | INC  | IY          |
| 01DF | 0C       |          | INC  | C           |
| 01E0 | 10 F1    |          | DJNZ | RDLOP       |
| 01E2 | C9       |          | RET  |             |
| 01E3 | C5       | DCON:    | PUSH | BC          |
| 01E4 | 06 00    |          | LD   | B, 0        |
| 01E6 | 10 FE    | DECO:    | DJNZ | DECO        |
| 01E8 | C1       |          | POP  | BC          |
| 01E9 | C9       |          | RET  |             |
| 01EA | F5       | LCDCH:   | PUSH | AF          |
| 01EB | CD 01 02 |          | CALL | LCDH        |
| 01EE | 77       |          | LD   | (HL), A     |
| 01EF | 2B       |          | DEC  | HL          |
| 01F0 | F1       |          | POP  | AF          |
| 01F1 | CB 0F    |          | RRC  | A           |
| 01F3 | CB 0F    |          | RRC  | A           |
| 01F5 | CB 0F    |          | RRC  | A           |
| 01F7 | CB 0F    |          | RRC  | A           |
| 01F9 | CD 01 02 |          | CALL | LCDH        |
| 01FC | 77       |          | LD   | (HL), A     |
| 01FD | 23       |          | INC  | HL          |
| 01FE | 23       |          | INC  | HL          |
| 01FF | 23       |          | INC  | HL          |
| 0200 | C9       |          | RET  |             |
| 0201 | 06 30    | LCDH:    | LD   | B, 30H      |
| 0203 | E6 0F    |          | AND  | 0FH         |
| 0205 | 80       |          | ADD  | A, B        |
| 0206 | C9       |          | RET  |             |
| 0207 | 06 0E    | SETINT:  | LD   | B, 14       |
| 0209 | 21 32 3E |          | LD   | HL, ADTIME  |
| 020C | 11 3A 03 |          | LD   | DE, TIMCODI |
| 020F | 1A       | CONDTIM: | LD   | A, (DE)     |
| 0210 | 77       |          | LD   | (HL), A     |
| 0211 | 23       |          | INC  | HL          |
| 0212 | 13       |          | INC  | DE          |
| 0213 | 10 FA    |          | DJNZ | CONDTIM     |
| 0215 | C9       |          | RET  |             |
| 0216 | 21 30 3E | SCAN:    | LD   | HL, TEST    |
| 0219 | CB 7E    |          | BIT  | 7, (HL)     |
| 021B | 28 03    |          | JR   | Z, SCPRE    |
| 021D | CD D4 02 |          | CALL | ILLKEY      |
| 0220 | 06 04    | SCPRES:  | LD   | B, 4        |
| 0222 | CD 47 02 | SCNX:    | CALL | SCANK1      |
| 0225 | 30 F9    |          | JR   | NC, SCPRE   |
| 0227 | 10 F9    |          | DJNZ | SCNX        |
| 0229 | CB BE    |          | RES  | 7, (HL)     |
| 022B | CD 47 02 | SCLOOP:  | CALL | SCANK1      |
| 022E | 38 FB    |          | JR   | C, SCLOOP   |
| 0230 | 21 88 03 | KEYMAP:  | LD   | HL, TABKEY  |
| 0233 | 85       |          | ADD  | A, L        |
| 0234 | 6F       |          | LD   | L, A        |

๐๒๓๔ เป็น 6F การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|      |    |    |    |             |            |
|------|----|----|----|-------------|------------|
| 0235 | 7E |    |    | LD          | A, (HL)    |
| 0236 | FE | 0A |    | CP          | 0AH        |
| 0238 | DA | 6D | 02 | JP          | C, KHEX    |
| 023B | D6 | 09 |    | SUB         | 9          |
| 023D | 21 | 31 | 3E | LD          | HL, STATE  |
| 0240 | 77 |    |    | LD          | (HL), A    |
| 0241 | 21 | 21 | 03 | LD          | HL, KFUN   |
| 0244 | C3 | 7A | 02 | JP          | BRANCH     |
| 0247 | 37 |    |    | SCANK1:     | SCF        |
| 0248 | 08 |    |    | EX          | AF, AF'    |
| 0249 | D9 |    |    | EXX         |            |
| 024A | 0E | 00 |    | LD          | C, 0       |
| 024C | 1E | FE |    | LD          | E, OFEH    |
| 024E | 26 | 04 |    | LD          | H, 4       |
| 0250 | 7B |    |    | KCOL:       | LD         |
| 0251 | D3 | 12 |    | OUT         | (12H), A   |
| 0253 | 06 | 04 |    | LD          | B, 4       |
| 0255 | DB | 12 |    | IN          | A, (12H)   |
| 0257 | 57 |    |    | LD          | D, A       |
| 0258 | CB | 12 |    | KROW:       | RL         |
| 025A | 38 | 02 |    | JR          | C, NOKEY   |
| 025C | 79 |    |    | LD          | A, C       |
| 025D | 08 |    |    | EX          | AF, AF'    |
| 025E | 0C |    |    | NOKEY:      | INC        |
| 025F | 10 | F7 |    | DJNZ        | KROW       |
| 0261 | 7B |    |    | LD          | A, E       |
| 0262 | CB | 07 |    | RLC         | A          |
| 0264 | F6 | F0 |    | OR          | OF0H       |
| 0266 | 5F |    |    | LD          | E, A       |
| 0267 | 25 |    |    | DEC         | H          |
| 0268 | 20 | E6 |    | JR          | NZ, KCOL   |
| 026A | D9 |    |    | EXX         |            |
| 026B | 08 |    |    | EX          | AF, AF'    |
| 026C | C9 |    |    | RET         |            |
| 026D | 4F |    |    | KHEX:       | LD         |
| 026E | 21 | 26 | 03 | LD          | C, A       |
| 0271 | 3A | 31 | 3E | LD          | HL, HTAB   |
| 0274 | C3 | 7A | 02 | LD          | A, (STATE) |
| 0277 | C3 | 94 | 02 | JP          | BRANCH     |
| 027A | 5E |    |    | HFIX:       | JP         |
| 027B | 23 |    |    | BRANCH:     | LD         |
| 027C | 56 |    |    | LD          | E, (HL)    |
| 027D | 23 |    |    | INC         | HL         |
| 027E | 85 |    |    | LD          | D, (HL)    |
| 027F | 6F |    |    | INC         | HL         |
| 0280 | 6E |    |    | ADD         | A, L       |
| 0281 | 26 | 00 |    | LD          | L, A       |
| 0283 | 19 |    |    | LD          | L, (HL)    |
| 0284 | E9 |    |    | LD          | H, 0       |
| 0285 | CD | B6 | 02 | ADD         | HL, DE     |
| 0288 | 3E | 01 |    | JP          | (HL)       |
| 028A | 32 | 31 | 3E | KST:        | CALL       |
| 028D | C9 |    |    | LD          | INITIME    |
| 028E | 21 | 31 | 3E | LD          | A, 1       |
| 0291 | 36 | 04 |    | LD          | (STATE), A |
| 0293 | C9 |    |    | RET         |            |
| 0294 | 21 | 30 | 3E | KRUN:       | LD         |
| 0297 | CB | FE |    | LD          | HL, STATE  |
| 0299 | C9 |    |    | LD          | (HL), 4    |
| 029A | 21 | 2E | 3E | IGNORE:     | LD         |
|      |    |    |    | HL, TEST    |            |
|      |    |    |    | SET         | 7, (HL)    |
|      |    |    |    | RET         |            |
|      |    |    |    | HTIME:      | LD         |
|      |    |    |    | HL, TIMTEMP |            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้ภายในเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากศูนย์บริการคอมพิวเตอร์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

029D 79  
 029E ED 6F  
 02A0 23  
 02A1 ED 6F  
 02A3 ED 5B 2E 3E  
 02A7 7A  
 02A8 32 36 3E  
 02AB CD B6 02  
 02AE 7B  
 02AF 32 34 3E  
 02B2 CD B6 02  
 02B5 C9  
 02B6 21 47 3E  
 02B9 3A 36 3E  
 02BC CD 8F 01  
 02BF 3A 34 3E  
 02C2 CD 8F 01  
 02C5 3A 32 3E  
 02C8 CD 8F 01  
 02CB 21 40 3E  
 02CE 3E 01  
 02D0 CD FD 00  
 02D3 C9  
 02D4 C3 11 00  
 02D7 3A 36 3E  
 02DA FE 23  
 02DC D2 D4 02  
 02DF 3A 34 3E  
 02E2 FE 59  
 02E4 D2 D4 02  
 02E7 C9  
 02E8 06 10  
 02EA 21 40 3E  
 02ED 11 48 03  
 02F0 1A  
 02F1 77  
 02F2 23  
 02F3 13  
 02F4 10 FA  
 02F6 06 10  
 02F8 21 50 3E  
 02FB 11 58 03  
 02FE 1A  
 02FF 77  
 0300 13  
 0301 23  
 0302 10 FA  
 0304 06 10  
 0306 21 60 3E  
 0309 11 68 03  
 030C 1A  
 030D 77  
 030E 13  
 030F 23  
 0310 10 FA  
 0312 06 10  
 0314 21 70 3E  
 0317 11 78 03  
 031A 1A  
 031B 77

INITIME:

ILLKEY:

CHEXDA:

INITTAB:

LTI:

LTC1:

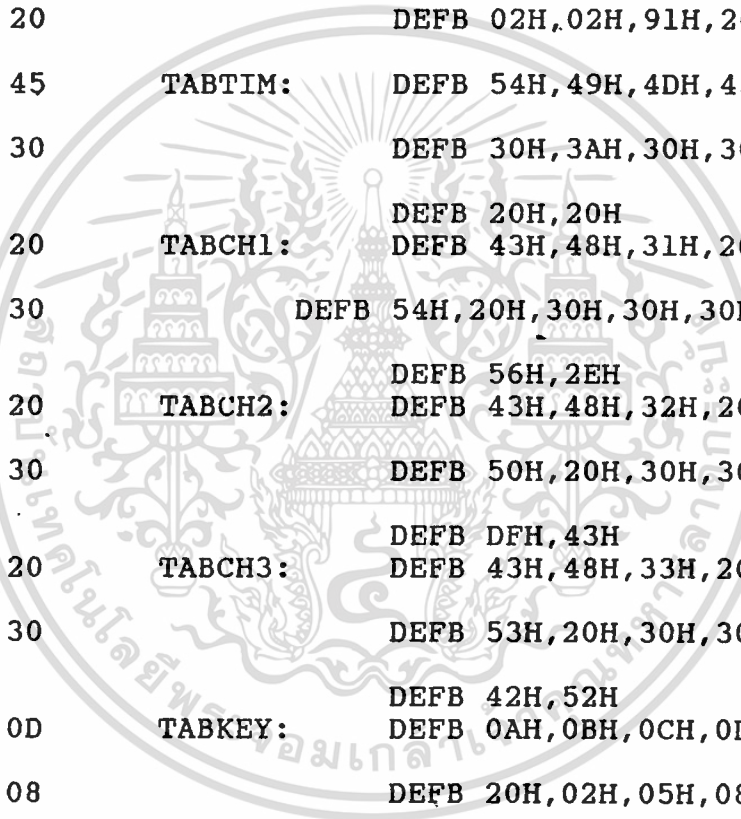
LTC2:

LTC3:

LD A,C  
 RLD  
 INC HL  
 RLD  
 LD DE,(TIMTEMP)  
 LD A,D  
 LD (ADTIME+4),A  
 CALL INITIME  
 LD A,E  
 LD (ADTIME+2),A  
 CALL INITIME  
 RET  
 LD HL,ATABTIM+7  
 LD A,(ADTIME+4)  
 CALL LCDCO  
 LD A,(ADTIME+2)  
 CALL LCDCO  
 LD A,(ADTIME+0)  
 CALL LCDCO  
 LD HL,ATABTIM  
 LD A,1  
 CALL WRLCDL1  
 RET  
 JP START1  
 LD A,(ADTIME+4)  
 CP 23H  
 JP NC,ILLKEY  
 LD A,(ADTIME+2)  
 CP 59H  
 JP NC,ILLKEY  
 RET  
 LD B,16  
 LD HL,ATABTIM  
 LD DE,TABTIM  
 LD A,(DE)  
 LD (HL),A  
 INC HL  
 INC DE  
 DJNZ LTI  
 LD B,16  
 LD HL,ATABCH1  
 LD DE,TABCH1  
 LD A,(DE)  
 LD (HL),A  
 INC DE  
 INC HL  
 DJNZ LTC1  
 LD B,16  
 LD HL,ATABCH2  
 LD DE,TABCH2  
 LD A,(DE)  
 LD (HL),A  
 INC DE  
 INC HL  
 DJNZ LTC2  
 LD B,16  
 LD HL,ATABCH3  
 LD DE,TABCH3  
 LD A,(DE)  
 LD (HL),A

เป็นสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|      |    |    |    |          |          |             |                             |
|------|----|----|----|----------|----------|-------------|-----------------------------|
| 031C | 23 |    |    | INC      | HL       |             |                             |
| 031D | 13 |    |    | INC      | DE       |             |                             |
| 031E | 10 | FA |    | DJNZ     | LTC3     |             |                             |
| 0320 | C9 |    |    | RET      |          |             |                             |
| 0321 | 85 | 02 |    | KFUN:    | DEFW     | KST         |                             |
| 0323 | 00 |    |    |          | DEFB     | -KST+KST    |                             |
| 0324 | 00 |    |    |          | DEFB     | -KST+KST    |                             |
| 0325 | 09 |    |    |          | DEFB     | -KST+KRUN   |                             |
| 0326 | 77 | 02 |    | HTAB:    | DEFW     | HFIX        |                             |
| 0328 | 00 |    |    |          | DEFB     | -HFIX+HFIX  |                             |
| 0329 | 23 |    |    |          | DEFB     | -HFIX+HTIME |                             |
| 032A | 20 | 20 | 44 | 41       | INITDSA: | DEFB        | 20H,20H,44H,41H,54H,41H,20H |
| 032E | 54 | 41 | 20 |          |          |             |                             |
| 0331 | 44 | 49 | 53 | 50       |          | DEFB        | 44H,49H,53H,50H,4CH,41H,59H |
| 0335 | 4C | 41 | 59 |          |          |             |                             |
| 0338 | 20 | 20 |    |          |          | DEFB        | 20H,20H                     |
| 033A | 00 | 00 | 00 | 00       | TIMCODI: | DEFB        | 00H,00H,00H,00H,00H,00H,02H |
| 033E | 00 | 00 | 02 |          |          |             |                             |
| 0341 | 02 | 02 | 91 | 20       |          | DEFB        | 02H,02H,91H,20H,0AH,00H,00H |
| 0345 | 0A | 00 | 00 |          |          |             |                             |
| 0348 | 54 | 49 | 4D | 45       | TABTIM:  | DEFB        | 54H,49H,4DH,45H,20H,20H,30H |
| 034C | 20 | 20 | 30 |          |          |             |                             |
| 034F | 30 | 3A | 30 | 30       |          | DEFB        | 30H,3AH,30H,30H,3AH,30H,30H |
| 0353 | 3A | 30 | 30 |          |          |             |                             |
| 0356 | 20 | 20 |    |          |          | DEFB        | 20H,20H                     |
| 0358 | 43 | 48 | 31 | 20       | TABCH1:  | DEFB        | 43H,48H,31H,20H,56H,4FH,4CH |
| 035C | 56 | 4F | 4C |          |          |             |                             |
| 035F | 54 | 20 | 30 | 30       |          | DEFB        | 54H,20H,30H,30H,30H,30H,20H |
| 0363 | 30 | 30 | 20 |          |          |             |                             |
| 0366 | 56 | 2E |    |          |          | DEFB        | 56H,2EH                     |
| 0368 | 43 | 48 | 32 | 20       | TABCH2:  | DEFB        | 43H,48H,32H,20H,54H,45H,4DH |
| 036C | 54 | 45 | 4D |          |          |             |                             |
| 036F | 50 | 20 | 30 | 30       |          | DEFB        | 50H,20H,30H,30H,30H,30H,20H |
| 0373 | 30 | 30 | 20 |          |          |             |                             |
| 0376 | DF | 43 |    |          |          | DEFB        | DFH,43H                     |
| 0378 | 43 | 48 | 33 | 20       | TABCH3:  | DEFB        | 43H,48H,33H,20H,50H,52H,45H |
| 037C | 50 | 52 | 45 |          |          |             |                             |
| 037F | 53 | 20 | 30 | 30       |          | DEFB        | 53H,20H,30H,30H,30H,30H,20H |
| 0383 | 30 | 30 | 20 |          |          |             |                             |
| 0386 | 42 | 52 |    |          |          | DEFB        | 42H,52H                     |
| 0388 | 0A | 0B | 0C | 0D       | TABKEY:  | DEFB        | 0AH,0BH,0CH,0DH,03H,06H,09H |
| 038C | 03 | 06 | 09 |          |          |             |                             |
| 038F | 20 | 02 | 05 | 08       |          | DEFB        | 20H,02H,05H,08H,00H,01H,04H |
| 0393 | 00 | 01 | 04 |          |          |             |                             |
| 0396 | 07 | 21 |    |          |          | DEFB        | 07H,21H                     |
| 2000 |    |    |    |          |          | ORG         | 2000H                       |
| 2000 |    |    |    | STORAD:  | DEFS     | 1024        |                             |
| 3E00 |    |    |    |          | ORG      | 3E00H       |                             |
| 3E00 |    |    |    | SYSSTK:  | DEFS     | 30          |                             |
| 3E1E |    |    |    | RTCBF:   | DEFS     | 16          |                             |
| 3E2E |    |    |    | TIMTEMP: | DEFS     | 2           |                             |
| 3E30 |    |    |    | TEST:    | DEFS     | 1           |                             |
| 3E31 |    |    |    | STATE:   | DEFS     | 1           |                             |
| 3E32 |    |    |    | ADTIME:  | DEFS     | 14          |                             |
| 3E40 |    |    |    | ATABTIM: | DEFS     | 16          |                             |
| 3E50 |    |    |    | ATABCH1: | DEFS     | 16          |                             |
| 3E60 |    |    |    | ATABCH2: | DEFS     | 16          |                             |
| 3E70 |    |    |    | ATABCH3: | DEFS     | 16          |                             |
| 3E80 |    |    |    |          |          | END         |                             |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\*\*\*\*\* S Y M B O L I C R E F E R E N C E T A B L E \*\*\*

|         |        |         |      |         |        |         |
|---------|--------|---------|------|---------|--------|---------|
| ADRTC   | = 0030 | ADTIME  | 3E32 | ATABCH1 | 3E50   | ATABCH2 |
| ATABCH3 | 3E70   | ATABTIM | 3E40 | BCDCON  | 01B2   | BRANCH  |
| CHEXDA  | 02D7   | CONDTIM | 020F | D100LP  | 01B4   | D10LP   |
| DARTC   | = 0031 | DCON    | 01E3 | DE1     | 015D   | DECO    |
| DELAY   | 015B   | DRT     | 0002 | EP1     | 013C   | EPLUSE  |
| GOTO    | 0143   | HFIX    | 0277 | HTAB    | 0326   | HTIME   |
| IGNORE  | 0294   | ILLKEY  | 02D4 | INITDSA | 032A   | INITDSP |
| INITIME | 02B6   | INITLCD | 00D6 | INITTAB | 02E8   | KCOL    |
| KEYMAP  | 0230   | KFUN    | 0321 | KHEX    | 026D   | KROW    |
| KRUN    | 028E   | KST     | 0285 | LCDA    | 01A3   | LCDCH   |
| LCDCO   | 018F   | LCDH    | 0201 | LTC1    | 02FE   | LTC2    |
| LTC3    | 031A   | LTI     | 02F0 | NOKEY   | 025E   | PCONT   |
| PDATA   | = 0010 | PRTEX   | 00C9 | PSIGN   | = 0011 | RDDATA  |
| RDLOP   | 01D3   | RDRTC   | 0188 | READ1   | 0038   | READ2   |
| READR   | 0171   | RTCBF   | 3E1E | SCAN    | 0216   | SCANK   |
| SCANK1  | 0247   | SCLOOP  | 022B | SCNX    | 0222   | SCPRE   |
| SETINT  | 0207   | START1  | 0011 | STATE   | 3E31   | STORAD  |
| SYSSTK  | 3E00   | TABCH1  | 0358 | TABCH2  | 0368   | TABCH3  |
| TABKEY  | 0388   | TABTIM  | 0348 | TEST    | 3E30   | TIMCODI |
| TIMTEMP | 3E2E   | WRBYTE  | 0150 | WRITE1  | 0168   | WRITER  |
| WRL     | 012A   | WRL1    | 010E | WRL2    | 0115   | WRL3    |
| WRL4    | 0123   | WRLCDL1 | 00FD | WRLM    | 0128   | WRRTC   |

0000 ASSEMBLY ERRORS

## ADC0808, ADC0809 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters With 8-Channel Multiplexer

### General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

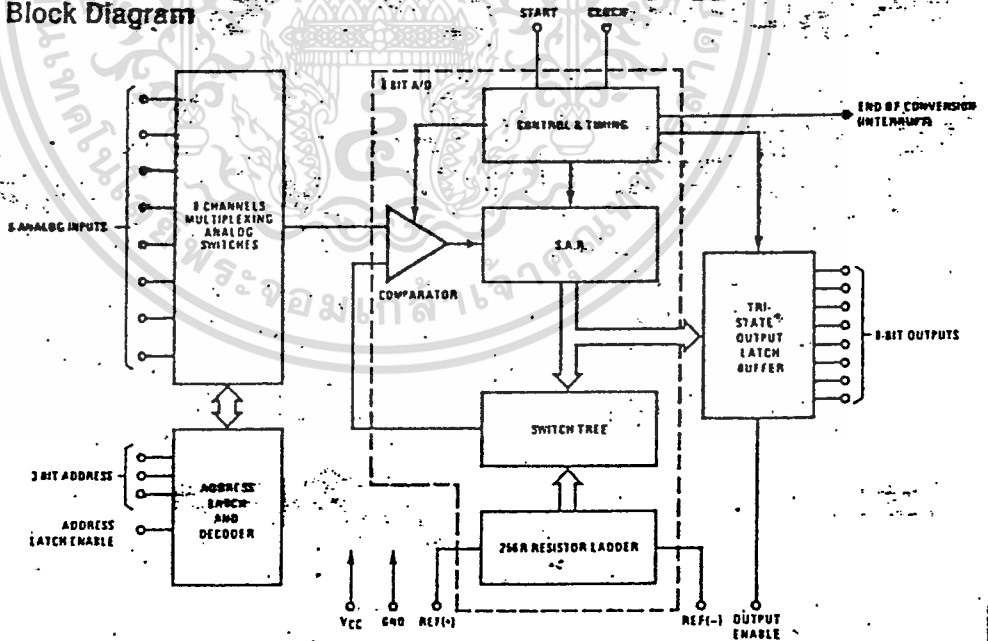
The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE<sup>®</sup> outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

### Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error —  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100  $\mu$ s
- Single supply — 5  $V_{DC}$
- Operates metrically or with 5  $V_{DC}$  or analog span adjusted voltage reference
- 8-channel multiplexer with latched control logic
- Easy interface to  $\mu$ P microprocessors, or operates "stand alone"
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- Temperature range —  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$  or  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE<sup>®</sup> output

### Block Diagram



TRI-STATE<sup>®</sup> is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Supply Voltage (V <sub>CC</sub> ) (Note 3)                           | 8.5V                              |
| Voltage at Any Pin   | -0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V) |
| Input Control Inputs   | -0.3V to +15V                     |
| Inputs at Control Inputs (PART, DE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C) | -0.3V to +15V                     |
| Input Temperature Range  | -85°C to +150°C                   |
| Package Dissipation at T <sub>A</sub> = 25°C                         | 875 mW                            |
| Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)                             | 300°C                             |

### Operating Ratings (Notes 1 and 2)

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Temperature Range (Note 1)        | T <sub>MIN</sub> ≤ T <sub>A</sub> ≤ T <sub>MAX</sub> |
| ADC0808CJ                         | -55°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +125°C                      |
| ADC0808CCJ, ADC0808CCN,           | -40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +85°C                       |
| ADC0808CCN                        | -40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +85°C                       |
| Range of V <sub>CC</sub> (Note 1) | 4.5V <sub>DC</sub> to 6.0V <sub>DC</sub>             |

### Electrical Characteristics

Operating Specifications: V<sub>CC</sub> = 5V<sub>DC</sub> = V<sub>REF(+)</sub>, V<sub>REF(-)</sub> = GND, T<sub>MIN</sub> ≤ T<sub>A</sub> ≤ T<sub>MAX</sub> and f<sub>CLK</sub> = 640 kHz unless otherwise stated.

| Parameter   | Conditions  | Min                    | Typ                | Max                    | Units           |
|---|---|------------------------|--------------------|------------------------|-----------------|
| ADC0808   |   |                        |                    |                        |                 |
| Total Unadjusted Error (Note 5)                               | 25°C<br>T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub>        |                        |                    | ± 1/2<br>± 3/4         | LSB<br>LSB      |
| ADC0809   |   |                        |                    |                        |                 |
| Total Unadjusted Error (Note 5)                               | 0°C to 70°C<br>T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub> |                        |                    | ± 1<br>± 1 1/4         | LSB<br>LSB      |
| Input Resistance  | From Ref(+) to Ref(-)                               | 1.0                    | 2.5                |                        | kΩ              |
| Analog Input Voltage Range                                    | (Note 4) V(+) or V(-)                               | GND-0.10               |                    | V <sub>CC</sub> +0.10  | V <sub>DC</sub> |
| V <sub>REF(+)</sub> Voltage, Top of Ladder                    | Measured at Ref(+)                                  |                        | V <sub>CC</sub>    | V <sub>CC</sub> +0.1   | V               |
| $\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$ Voltage, Center of Ladder |   | V <sub>CC</sub> /2-0.1 | V <sub>CC</sub> /2 | V <sub>CC</sub> /2+0.1 | V               |
| V <sub>REF(-)</sub> Voltage, Bottom of Ladder                 | Measured at Ref(-)                                  | -0.1                   | 0                  |                        | V               |
| Comparator Input Current                                      | f <sub>C</sub> = 640 kHz, (Note 6)                  | -2                     | ±0.5               | 2                      | μA              |

### Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V ≤ V<sub>CC</sub> ≤ 5.5V, -55°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +125°C unless otherwise noted  
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN 4.75V ≤ V<sub>CC</sub> ≤ 5.25V, -40°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +85°C unless otherwise noted

| Parameter   | Conditions   | Min         | Typ                  | Max        | Units    |
|---|--|-------------|----------------------|------------|----------|
| <b>ANALOG MULTIPLEXER</b>                                       |  |             |                      |            |          |
| V <sub>IF(+)</sub> OFF Channel Leakage Current                  | V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = 5V,<br>T <sub>A</sub> = 25°C<br>T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub> |             | 10                   | 200<br>1.0 | nA<br>μA |
| V <sub>IF(-)</sub> OFF Channel Leakage Current                  | V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = 0,<br>T <sub>A</sub> = 25°C<br>T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub>  | -200<br>-10 | -10                  |            | nA<br>μA |
| <b>CONTROL INPUTS</b>   |  |             |                      |            |          |
| V <sub>INH</sub> Logical "1" Input Voltage                      |  |             | V <sub>CC</sub> -1.5 |            | V        |
| V <sub>LOP</sub> Logical "0" Input Voltage                      |  |             |                      | 1.5        | V        |
| I <sub>INH</sub> Logical "1" Input Current (The Control Inputs) | V <sub>IN</sub> = 15V  |             |                      | 1.0        | μA       |
| I <sub>LOP</sub> Logical "0" Input Current (The Control Inputs) | V <sub>IN</sub> = 0  | -1.0        |                      |            | μA       |
| I <sub>CC</sub> Supply Current                                  | f <sub>CLK</sub> = 640 kHz   |             | 0.3                  | 3.0        | mA       |

## Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ  $4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ ,  $-55^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$  unless otherwise noted  
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN  $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$  unless otherwise noted

| Parameter                               | Conditions                            | Min                     | Typ          | Max  |
|---|---------------------------------------|-------------------------|--------------|------|
| <b>DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)</b> |                                       |                         |              |      |
| $V_{OUT(1)}$                            | Logical "1" Output Voltage            | $I_O = -360 \mu A$      | $V_{CC}-0.4$ |      |
| $V_{OUT(0)}$                            | Logical "0" Output Voltage            | $I_O = 1.6 \text{ mA}$  |              | 0.45 |
| $V_{OUT(E)}$                            | Logical "0" Output Voltage EOC        | $I_O = 1.2 \text{ mA}$  |              | 0.45 |
| $I_{OUT}$                               | TRI-STATE <sup>®</sup> Output Current | $V_O = 5V$<br>$V_O = 0$ | -3           | 3    |

## Electrical Characteristics

Timing Specifications:  $V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V$ ,  $V_{REF(-)} = GND$ ,  $t_r = t_f = 20 \text{ ns}$  and  $T_A = 25^{\circ}C$  unless otherwise noted.

| Symbol           | Parameter                                    | Conditions                                     | Min | Typ | Max             |
|------------------|--|--|-----|-----|-----------------|
| $t_{WS}$         | Minimum Start Pulse Width                    | (Figure 5)                                     |     | 100 | 200             |
| $t_{WALE}$       | Minimum ALE Pulse Width                      | (Figure 5)                                     |     | 100 | 200             |
| $t_a$            | Minimum Address Set-Up Time                  | (Figure 5)                                     |     | 25  | 50              |
| $t_H$            | Minimum Address Hold Time                    | (Figure 5)                                     |     | 25  | 50              |
| $t_D$            | Analog MUX Delay Time<br>From ALE            | $R_S = 0\Omega$ (Figure 5)                     |     | 1   | 2.5             |
| $t_{H1}, t_{H0}$ | OE Control to Q Logic State                  | $C_L = 50 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8) |     | 125 | 250             |
| $t_{H1}, t_{H0}$ | OE Control to Hi-Z                           | $C_L = 10 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8) |     | 125 | 250             |
| $t_c$            | Conversion Time                              | $f_c = 640 \text{ kHz}$ , (Figure 5) (Note 7)  | 90  | 100 | 116             |
| $f_c$            | Clock Frequency                              |  | 10  | 640 | 1280            |
| $t_{EOC}$        | EOC Delay Time                               | (Figure 5)                                     | 0   |     | $8 \pm 2 \mu s$ |
| $C_{IN}$         | Input Capacitance                            | At Control Inputs                              |     | 10  | 15              |
| $C_{OUT}$        | TRI-STATE <sup>®</sup> Output<br>Capacitance | All TRI-STATE <sup>®</sup> Outputs, (Note 12)  |     | 10  | 15              |

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which the life of the device may be impaired.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

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

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode greater than the  $V_{CC}$  supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute  $0 V_{DC}$  to  $5 V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimumply voltage of  $4.900 V_{DC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale. However, if an all-zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the real voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

## Functional Description

The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table I shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the high transition of the address latch enable signal.

TABLE I

| SELECTED ANALOG CHANNEL | ADDRESS LINE |   |   |
|-------------------------|--------------|---|---|
|                         | C            | B | A |
| IN0                     | L            | L | L |
| IN1                     | L            | L | H |
| IN2                     | L            | H | L |
| IN3                     | L            | H | H |
| IN4                     | H            | L | L |
| IN5                     | H            | L | H |
| IN6                     | H            | H | L |
| IN7                     | H            | H | H |

## CONVERTER CHARACTERISTICS

### The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its analog-to-digital converter. The converter is designed

to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached  $\frac{1}{2}$  LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

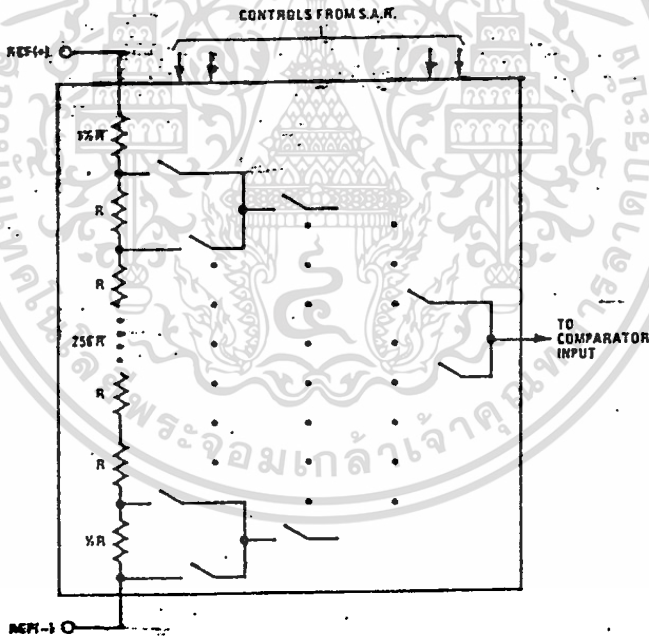


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

Functional Description (Continued)

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the

comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC signal into an AC signal. This signal is then fed through high gain AC amplifier and has the DC level restored technique limits the drift component of the amplifier. The drift is a DC component which is not passed by the amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC08 measured using the procedures outlined in AN-179.

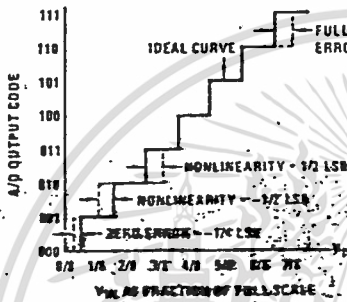


FIGURE 2. 3-BIT A/D Transfer Curve

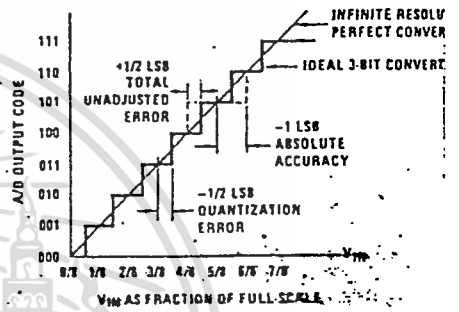


FIGURE 3. 3-BIT A/D Absolute Accuracy Curve

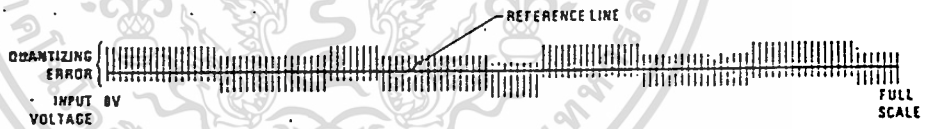
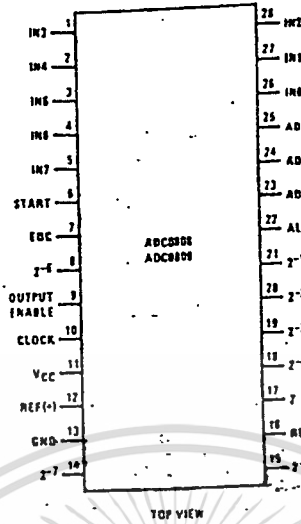


FIGURE 4. Typical Error Curve

# Connection Diagram

## Dual-In-Line Package



## Timing Diagram

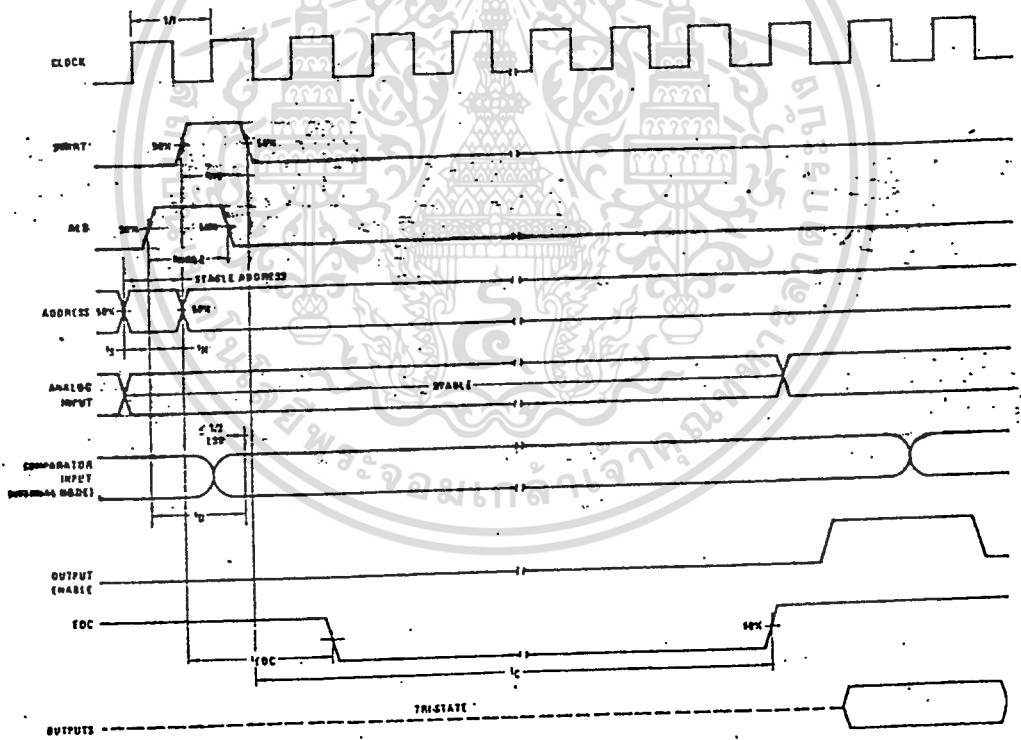


FIGURE 5

8-65

Typical Performance Characteristics

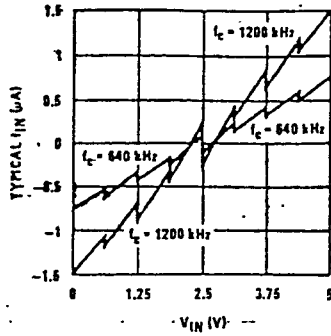


FIGURE 6. Comparator  $I_{IN}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

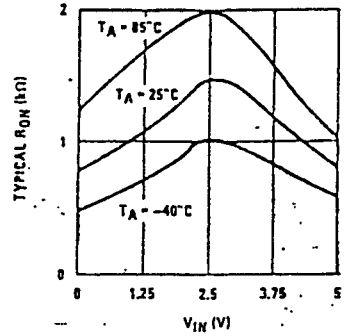


FIGURE 7. Multiplexer  $R_{ON}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

TRI-STATE® Test Circuits and Timing Diagrams

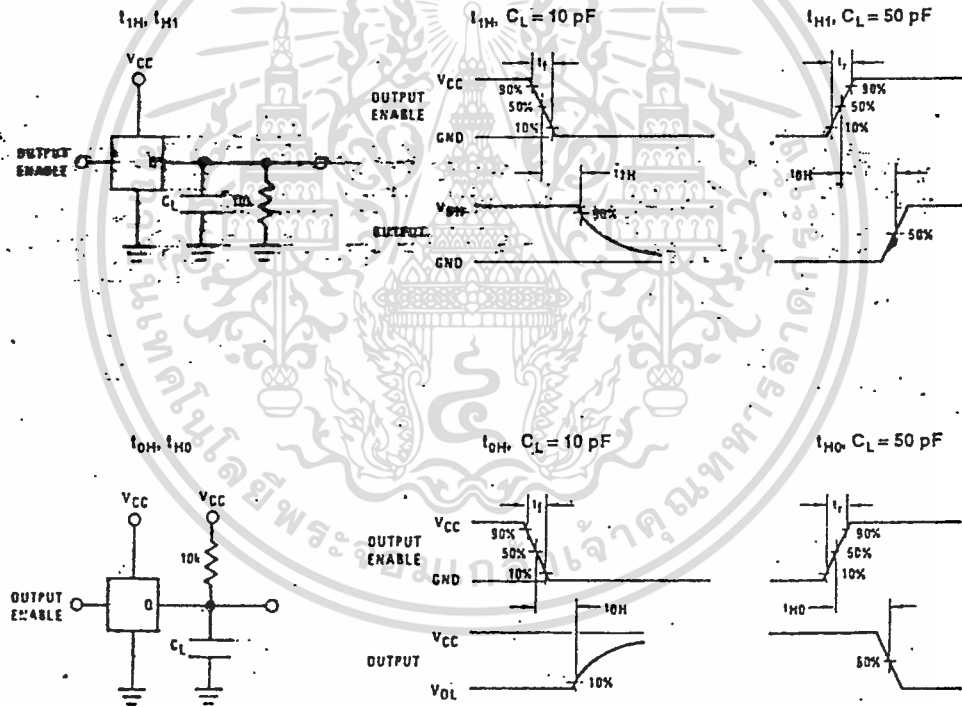


FIGURE 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Applications Information

## DEFINITION

### 1) Ratimetric Conversion

ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratimetric conversion systems. In ratimetric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_H - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

$V_{IN}$  = Input voltage into the ADC0808

$V_H$  = Full-scale voltage

$V_Z$  = Zero voltage

$D_X$  = Data point being measured

$D_{MAX}$  = Maximum data limit

$D_{MIN}$  = Minimum data limit

A good example of a ratimetric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

Ratimetric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if  $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$ , then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

### 2.0 Resistor Ladder Limitations

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected input 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-) should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratimetric system and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

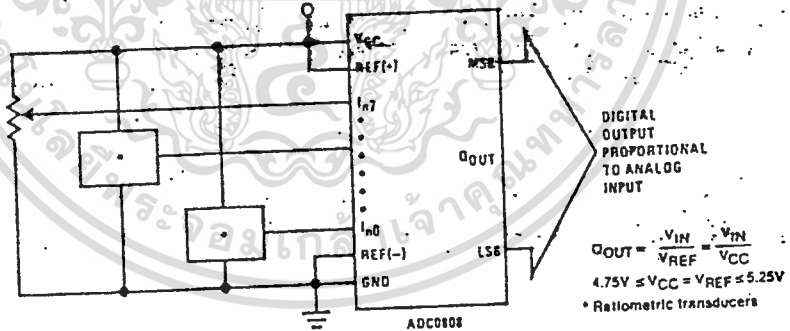


FIGURE 9. Ratimetric Conversion System

Applications Information (Continued)

The ADC0808 needs less than a millamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the millamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10  $\mu$ F output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed  $V_{CC}$  and ground, respectively, but they can be symmetric about  $V_{CC}/2$  and greater than ground. The center ladder voltage should always be near the center supply. The sensitivity of the converter can be increased (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a metrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about  $V_{CC}/2$  since the current flows in identical resistors. This system 2.5V reference allows the LSB bit to be half the 5V reference system.

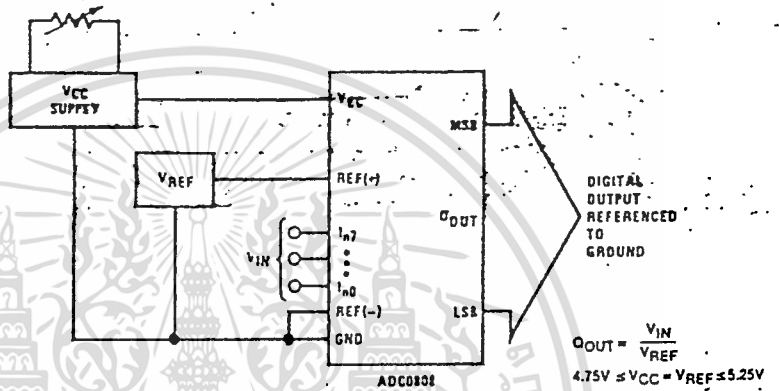


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System using Trapezoidal Supply

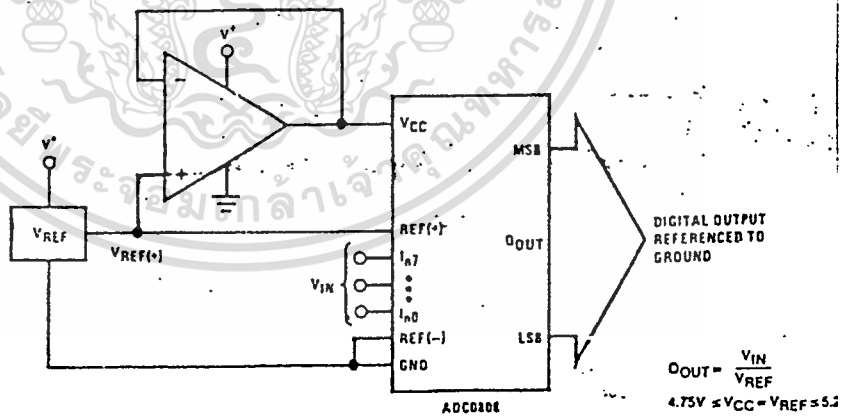


FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating  $V_{CC}$  Supply

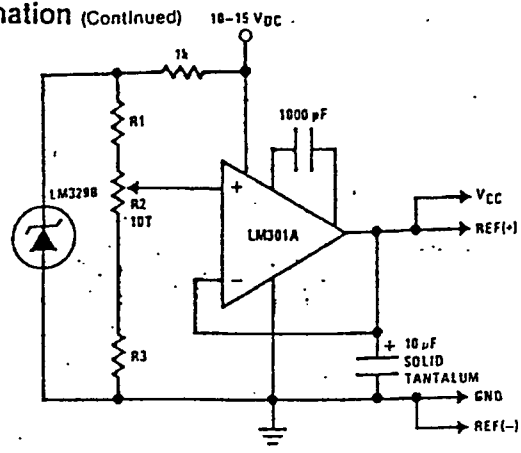


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

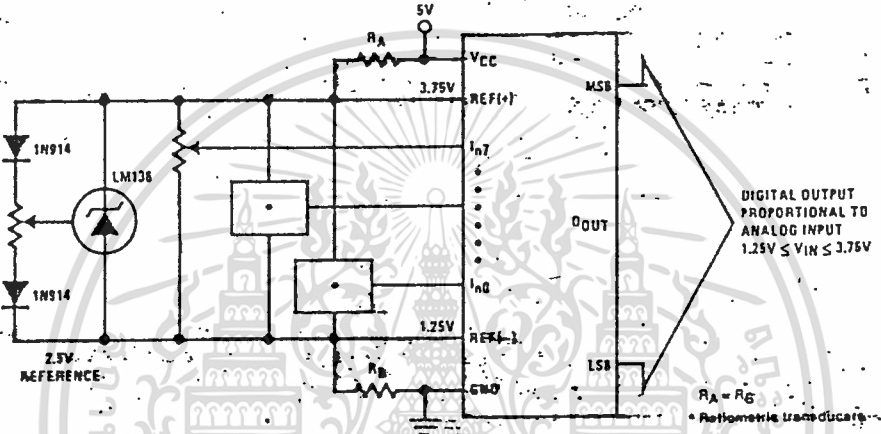


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

**Converter Equations**

Transition between adjacent codes N and N+1 is given by:

$$V_{IN} = \left[ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[ \frac{N}{256} \pm \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right] + V_{REF(-)} \quad (2)$$

Center of an output code N is given by:

$$V_{IN} = \left[ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[ \frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right] + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

- where:  $V_{IN}$  = Voltage at comparator input
- $V_{REF(+)}$  = Voltage at  $REF(+)$
- $V_{REF(-)}$  = Voltage at  $REF(-)$
- $V_{TUE}$  = Total unadjusted error voltage (typically  $V_{REF(+)} / 512$ )

**4.0 Analog Comparator Inputs**

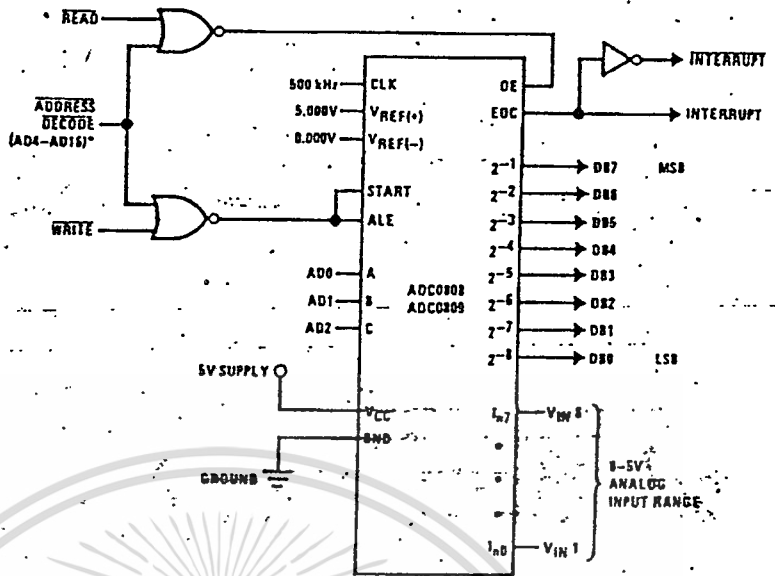
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with  $V_{IN}$  as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

Typical Application



\* Address latches needed for 8085 and SC/MP Interfacing the ADC0808 to a microprocessor

MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

| PROCESSOR | READ        | WRITE       | INTERRUPT (COMMENT)            |
|-----------|-------------|-------------|--------------------------------|
| 8080      | MEMP        | MEMW        | INTA (Thru RST Circuit)        |
| 8085      | RD          | WR          | INTR (Thru RST Circuit)        |
| Z-80      | RD          | WR          | INT (Thru RST Circuit, Mode 0) |
| SC/MP     | NRDS        | NWDS        | SA (Thru Sense A)              |
| 6800      | VMA → 2-R/W | VMA → 2-R/W | IROA or IROB (Thru PIA)        |

Ordering Information

| TEMPERATURE RANGE |                      | -40°C to +85°C  | -55°C to +125°C   |
|-------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| Error             | ± 1/2 Bit Unadjusted | ADC0808CCN      | ADC0808CCJ        |
|                   | ± 1 Bit Unadjusted   | ADC0809CCN      | ADC0808CJ         |
| Package Outline   |                      | N28A Molded DIP | J28A Hermetic DIP |

## บทสรุปและวิจารณ์

โครงการงาน DATA LOGGER ที่ได้ทำขึ้นสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งเครื่องนี้จะมีประโยชน์มากเมื่อต้องการเก็บข้อมูลจากหลายๆจุดในเวลาเดียวกัน และสามารถเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างละเอียด จากการทดลองวัดค่าทาง INPUT และค่าที่แสดงบน LCD ได้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก

สำหรับข้อจำกัดและจุดบกพร่องของโครงการนี้ พอดีจะกล่าวโดยสังเขปได้ดังนี้

โครงการนี้ยังขาดส่วนที่เป็น SIGNAL CONDITION , BATTERY BACK UP และวงจร INTERFACE เพื่อใช้งานร่วมกับ PC ทำให้โครงการขาดความสมบูรณ์ไปบ้าง แต่ก็ได้กำหนดแนวทางเพื่อการพัฒนาต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์ วิริยะ กอบรัตน์ อาจารย์  
ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำ และ หลักการต่าง ๆ จนทำให้การทดลองนี้สามารถดำเนินไปได้  
ตามวัตถุประสงค์ และ สำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. CURTIS D. JOHNSON, PROCESS CONTROL INSTRUMENTATION TECHNOLOGY ; JOHN WILEY & SONS, 1982.
2. MEASUREMENT AND CONTROL ; ISSUE 141, JUNE 1990.
3. CURTIS D. JOHNSON, MICROPROCESSOR-BASED PROCESS CONTROL ; PRENTICEHALL, INC., 1984.
4. JAME W COFFRON, Z-80 APPLICATION ; SYBEX INC., 1983.
5. DOT METRIX LCD MODULE ; ETT CO.,LTD. 1990.
6. ETT GROUP, การใช้ RTC กับ MICROPROCESSOR ; ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 1989.
7. ยืน ภูวรวรรณ , ไมโครโปรเซสเซอร์ (Z-80) ; PHYSICS CENTER. 1986.
8. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) , เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม , สสท. 1988