

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

## ระบบตรวจจับแก๊ส GAS SENSOR SYSTEM



โดย  
นายพงศธร ศรีเทพ  
นายเรวัตร์ ปานช้าง  
นายเอกชัย วีระกำจาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน... 36959  
วัน, เดือน, ปี... 29 ส.ค. 2543

บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกทั้งที่พิมพ์แต่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจจับแก๊ส  
GAS SENSOR SYSTEM

โดย



ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2541


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจจับแก๊ส

GAS SENSOR SYSTEM

1. นายพงศธร ศรีเทพ รหัส 39013167
2. นายเรวัตกร ปานช้าง รหัส 39013172
3. นายเอกชัย ชีระกำจาย รหัส 39013206

โครงการฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ .....  ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

( ร.ศ. สมศักดิ์ เขียวศิริกุล )

วันที่ ...../...../.....

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2541

ภาควิชา อีเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ระบบตรวจจับแก๊ส

ผู้จัดทำ

1. นายพงศธร ศรีเทพ รหัส 39013167
2. นายเรวัตกร ปานช้าง รหัส 39013172
3. นายเอกชัย ธีระกำจาย รหัส 39013206



.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ร.ศ. สมศักดิ์ เชียร์ศิริกุล)

## ระบบตรวจจับแก๊ส

นายพงศธร ศรีเทพ

นายเรวัตร์ ปานช้าง

นายเอกชัย ชีระกำจาย

ร.ศ. สมศักดิ์ เขียวศิริกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา)

ปีการศึกษา 2541

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างระบบตรวจจับแก๊ส (Gas Sensor System) ซึ่งระบบโดยรวมของโครงการจะเป็นการนำเอาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในตระกูล 8051 โดยการเลือกใช้เบอร์ 80C31 มาทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานในระบบวัดผลโดยนำไปใช้งานร่วมกับวงจรตรวจจับแก๊ส ในการวัดผลปริมาณของแก๊สจะมีวงจรตรวจจับแก๊สทำการตรวจจับปริมาณแก๊ส โดยใช้หลักการเปลี่ยนความเข้มข้นของแก๊สไปเป็นค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์แล้วแปลงเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและนำสัญญาณไปเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเครื่องมือในการรับข้อมูลก่อนเพื่อนำค่าที่ได้ไปประมวลผลว่าเป็นแก๊สชนิดไหนและเครื่องก็จะทำการวัดข้อมูลตามที่ได้โปรแกรมไว้ซึ่งจะช่วยให้สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

## GAS SENSOR SYSTEM

Mr. PONGSATHON SRITHEP

Mr. RAWAT PANCHANG

Mr. EKACHAI TEERAKUMCHAI

Mr. SOMSAK CHEERSILIKUN (Advisor)

Education Year 1998

### Abstract

This is to design and create a sensor system. The system is created using Microcontroller in the family MCS-51 No.80C31 to control the evaluation to be brought to co-operate with the cycle of the gas sensor system. Quantity of gas, will be measured using a monitoring circuit the gas concentration will directing related to the sensor resistance. The analog signal related to the resistance will be converted into the digital signal. We use the microcontroller to receive data then used to analyze the type of this gas.

# สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อ	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญภาพ	
บทที่ 1 ความมุ่งหมายของปริญญาโท	
1.1 บทนำ	
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญาโท	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ระบบตรวจจับแก๊สและรายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊ส	3
2.1 ความเป็นมา	3
2.2 นิยามของแก๊สเซ็นเซอร์	4
2.3 ตัวตรวจจับแก๊ส	7
2.3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	7
2.3.2 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊สตรวจจับควันและกลิ่น	10
2.3.3 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊สเชื้อเพลิง	15
บทที่ 3 A-D คอนเวอร์เตอร์	18
3.1 ลักษณะสำคัญของ ADC 0808	18
3.2 การทำงานของ ADC 0808	20
3.3 การทำงานตามแผนผังเวลา	21
3.4 ขั้นตอนการทำงาน	22
3.5 ตัวอย่างวงจรใช้งาน	22
บทที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C31	24
4.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C31	24

4.2	ลักษณะการจัดการหน่วยความจำภายนอก	24
4.3	ลักษณะการจัดการหน่วยความจำข้อมูล	26
4.4	การต่อ CPU กับหน่วยความจำภายนอก	27
บทที่ 5	ส่วนแสดงผล	29
5.1	การต่อแอลซีดีโมดูลเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์	30
5.2	ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ	31
5.3	ความเข้าใจพื้นฐาน	33
5.4	รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง	34
5.5	การอ่านและการเขียนข้อมูล	37
บทที่ 6	รายละเอียดการออกแบบและการสร้าง	39
6.1	แนวทางการออกแบบ	39
6.1.1	ส่วนของเซ็นเซอร์แก๊ส	39
6.1.2	ส่วนของวงจร อินทราเมนท์แอมป์และวงจรถ่ายแรงดัน	40
6.1.3	ส่วนวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล	40
6.1.4	ส่วนแสดงผล	40
6.1.5	ส่วนตัวรับค่าจากผู้ใช้ (Keyboard)	40
6.1.6	ส่วนประมวลผลกลาง	40
6.2	การออกแบบในส่วนของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	41
6.3	ลักษณะโครงสร้างของแก๊สเซ็นเซอร์	44
6.4	คุณสมบัติของแก๊สเซ็นเซอร์	44
6.5	วิธีใช้งานของตัวแก๊สเซ็นเซอร์	45
6.6	พื้นฐานการวัดด้วยแก๊สเซ็นเซอร์	46
6.7	อุปกรณ์เครื่องตรวจจับแก๊ส	46
6.7.1	แก๊สเซ็นเซอร์	47
6.7.2	วงจรเครื่องตรวจจับแก๊ส	47
6.8	ข้อเสนอแนะบางประการที่ควรทราบ	49
6.9	สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการทดสอบ	51

บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง

52

บทที่ 8 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

55

**บรรณานุกรม**

**ภาคผนวก**

ก. โปรแกรมใช้งานของเครื่องตรวจจับแก๊ส

ข. เอกสารข้อมูลเกี่ยวกับตัวไอจี

ค. วงจรส่วนฮาร์ดแวร์

**กิตติกรรมประกาศ**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

	หน้าที่	
รูปที่ 2.1	แสดงการจัดกลุ่มของทรานสิเวเซอร์	2
รูปที่ 2.2	แสดงไดอะแกรมของทรานสิเวเซอร์ที่ประกอบด้วยเซนเซอร์ วงจรรขยายแอกซิวเอเตอร์และจอภาพ	6
รูปที่ 2.3	ภาพแสดงลักษณะของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์	8
รูปที่ 2.4	กราฟแสดงความไวในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน ของเซ็นเซอร์ เมื่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนนอก ไซด์เปลี่ยนแปลง	9
รูปที่ 2.5	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์ สัมพันธ์กับเวลา เมื่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอน นอกไซด์คงที่	9
รูปที่ 2.6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าของฮีเตอร์เปลี่ยนแปลงไป	10
รูปที่ 2.7	โครงสร้าง NAP-11As	13
รูปที่ 2.8	วงจรถดสอบ NAP-11AS	13
รูปที่ 2.9	Response Characteristic	13
รูปที่ 2.10	แสดงขาตำแหน่งขาของ sensor และการต่อเป็นวงจร วัดทั่วไป	16
รูปที่ 2.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความหนาแน่นของ แก๊สและศักคาไฟฟ้าเอาท์พุท	17
รูปที่ 3.1	โครงสร้างของ ADC 0809	18
รูปที่ 3.2	Resistor Ladder and Switch Tree	19
รูปที่ 3.3	รูปแสดงขาของ IC ADC 0809	20
รูปที่ 3.4	ระบบการแปลงแบบเป็นอัตราส่วน	22
รูปที่ 3.5	รูปตัวอย่างการใช้งาน	23

รูปที่ 4.1	แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป โปรแกรมภายในชิป	25
รูปที่ 4.2	แสดงการใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมภายในชิปกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล ภายนอกชิปจำนวน 8 กิโลไบต์	25
รูปที่ 4.3A	แสดงถึงแผนที่ของความจำข้อมูลภายในและ SFR	26
รูปที่ 4.3B	แสดงถึงแผนที่การหน่วยกำหนดตำแหน่ง	26
รูปที่ 4.4	ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ SFR และบิตแอสเซตของ SFR	27
รูปที่ 6.1	แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบตรวจจับแก๊ส	39
รูปที่ 6.2	แสดงไฟร์วอลล์การทำงานของโปรแกรมตรวจจับแก๊ส	42
รูปที่ 6.3	ลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์แก๊ส	44
รูปที่ 6.4	แสดงกราฟความต้านทานของสารกึ่งตัวนำที่ความเข้มข้น ของแก๊สแตกต่างกัน	45
รูปที่ 6.5	แสดงวิธีใช้งานแก๊สเซ็นเซอร์แบบเบื่องต้น	46
รูปที่ 6.6	วงจรตรวจจับแอลกอฮอล์	48
รูปที่ 6.7	วงจรในส่วนทำหน้าที่ล้างหัวแก๊สเซ็นเซอร์ที่ใช้ทดลอง	49
รูปที่ 6.8	วงจรส่วนของเซ็นเซอร์แก๊ส	50
รูปที่ 7.1	หน้าปัดตั้งงานของเครื่องตรวจจับแก๊ส	54

## สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1	แสดงตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์และวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์	6
ตารางที่ 2.2	NAP-11AS Response Characteristic	11
ตารางที่ 2.3	แสดงค่าของ Gas Sensitivity Characteristic โครงสร้างพื้นฐานของหัวแก๊สเซ็นเซอร์	11
ตารางที่ 2.4	แสดงค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อความต้านทาน	12
ตารางที่ 2.5	แสดงค่าความชื้นที่มีผลต่อความต้านทาน	12
ตารางที่ 2.6	แสดงส่วนประกอบของควันบูห์รี	15
ตารางที่ 4.4	ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ SFR และบิตแอกเคอเรสของ SFR	23
ตารางที่ 5.1	แสดงขาสัญญาณของแอลซีดีโมดูล	29
ตารางที่ 5.2	แสดงชุดคำสั่งและการแสดงข้อความ	32
ตารางที่ 7.1	ผลการทดลองแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	52
ตารางที่ 7.2	ผลการทดลองของเครื่องตรวจจับแก๊ส	53
ตารางที่ 7.3	คำผิดพลาดของการวัดแก๊ส โดยคิดจากค่าเฉลี่ย	54

# บทที่ 1

## ความมุ่งหมายของปริญญาานิพนธ์

### 1.1 บทนำ(Introduction)

โครงการนี้จะเกี่ยวกับการนำเอาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ไปใช้งานร่วมกับวงจรตรวจจับแก๊สชนิดต่างๆ และเพื่อให้ระบบวัดปริมาณแก๊สมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น เราจึงได้ทำการทดลอง ในด้านของวงจรเซ็นเซอร์แก๊สโดยการนำเอาสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้มาทำการประมวลผลด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะสามารถทำให้วัดและประมวลผลได้อีกวิธีหนึ่ง

### 1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญาานิพนธ์

ในปัจจุบันชีวิตประจำวันของเราได้มีการยุ่งเกี่ยวกับแก๊สมากขึ้น เช่นในห้องทดลองปฏิบัติการต่างๆ หรือแม้ในบ้านเรือนทั่วไป ก็มีการใช้แก๊สมากขึ้นในการประกอบอาหาร เมื่อความต้องการมีมากขึ้น โรงงานผู้ผลิตต่างๆ ก็เร่งผลิตเพื่อให้ทันกับความต้องการของผู้ใช้ที่นับวันจะทวีสูงขึ้น การตรวจเช็คถึงความปลอดภัยของถังที่บรรจุ และหัวต่อนั้นย่อมจะต้องน้อยลง หรือการเกิดจากความประมาท พลั้งเผลอของผู้ใช้เอง ตลอดจนอายุการใช้งานของอุปกรณ์ เป็นต้น

ดังนั้นอันตรายจากการใช้แก๊สที่ไม่ได้มีความระมัดระวังให้ดีพอ จึงอาจเกิดขึ้นได้เสมอทุกที่ทุกแห่ง อาจเกิดเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ผู้ปฏิบัติการทดลองถึงแก่ชีวิตได้ ตลอดจนทรัพย์สินต่างๆ ให้เกิดความเสียหายได้ จึงต้องหาวิธีป้องกันและลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากแก๊ส วิธีอันหนึ่งคือการตรวจจับแก๊สซึ่งเรียกว่า “ แก๊สเซ็นเซอร์ ” (GAS SENSOR) เพื่อเตือนให้ผู้ใช้หรือผู้ปฏิบัติการทดลองได้ทราบถึง ภัยจังกัดอันตรายอันเกิดจากแก๊ส ซึ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันของเราก็มีมากมายด้วยกัน อาทิเช่น

ปริมาณการใช้แก๊สสำหรับเชื้อเพลิงมีมากขึ้นเป็นจำนวนมาก ทั้งในส่วนที่พักอาศัยและย่านค้าขายอาหารและโรงงานอุตสาหกรรม ในบริเวณที่มีการใช้แก๊ส ดังกล่าวจำนวนมาก โอกาสที่มีการรั่วไหลจำนวนมากออกมา จนอาจเกิดเป็นอันตรายต่อมนุษย์ที่มีอยู่ในบริเวณดังกล่าว ทั้งในกรณีที่เกิดจากการสูดดมเข้าโดยตรงหรือเกิดการติดไฟก็ตาม

จากปัญหามลพิษที่สำคัญมากในเมืองใหญ่จะมาจากไอเสียของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ซึ่งประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน (HC) , ออกไซด์ของไนโตรเจน (Nox) , ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO) , ฝุ่นละอองในอากาศ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งมีปริมาณ

เฉลี่ยค่อนข้างสูงและมีผลกระทบเป็นอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์จนอาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ ถ้าได้รับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในปริมาณที่เพียงพอ

### 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวความคิดว่าน่าจะมีการเก็บข้อมูลปริมาณแก๊สที่มีการรั่วไหลในบริเวณที่อาจก่อให้เกิดอันตราย เพื่อเป็นแนวทางให้มีมาตรการของการป้องกันได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพและจากแนวความคิดนี้จึงได้พัฒนาระบบวัดปริมาณแก๊สนี้ขึ้นมา

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทำให้รู้จักการใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในการออกแบบ
- 1.4.2 สามารถนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้งานในด้านการตรวจตรวจจับแก๊สอื่นๆ
- 1.4.3 เป็นแนวทางในการศึกษาด้านแก๊สเซ็นเซอร์

## บทที่ 2

### ระบบตรวจจับแก๊สและรายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์

การตรวจวัดปริมาณสารมีจุดมุ่งหมายสำคัญ เพื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์หรือตัวแปรต่างๆ ทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตและเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ รูปแบบและวิธีการวัดมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นการวัดตัวแปรทางกายภาพและทางเคมี ตัวอย่างการวัดทางกายภาพ เช่น การวัดปริมาตร มวล ความหนาแน่น อัตราการไหล ความดันและอุณหภูมิ เป็นต้น ในการวัดตัวแปรทางเคมี ในปัจจุบันมีเครื่องมือต่างๆเช่น แก๊สและลิควิดโครมาโตกราฟี (Gas-Liquid chromatography) พีเอชมิเตอร์ (pH meter) อีออนซีเลคทีฟอิเล็กโทรด (Ion-selective electrode) และสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectro photo meter) เป็นต้น เครื่องมือวัดเหล่านี้ทำงานได้ดี ทั้งการวัดตัวแปร หรือ สารตัวอย่างโดยตรงหรือมีการทำตัวอย่างเปลี่ยนสภาพที่ทำให้เครื่องมือวัดหรือเซ็นเซอร์ตอบสนอง

การใช้วัสดุในการวิเคราะห์ปริมาณสารที่เรียกว่า Chemical assay [1] มักใช้เวลาในการวิเคราะห์ เช่น TGS sensors ของ Figaro Engineering Company ที่ใช้เนื้อสารของดีบุกออกไซด์ ( $\text{SnO}_2$ ) เป็นตัวเพื่อวิเคราะห์ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากท่อไอเสียรถ ปัจจุบันมีการใช้หัววัดทางเคมีไปติดเข้ากับเครื่องมือทางไฟฟ้าในการหาปริมาณสารตัวอย่างได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว เครื่องมือวัดแบบนี้ เรียกว่า เคมีเซ็นเซอร์ (Chem sensors)

#### 2.1 ความเป็นมา

หลายปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาในการวิเคราะห์ด้านเคมีที่ยังไม่ได้สร้างมาตรฐานรองซิลิกอนเป็นจำนวนมาก เช่นใช้ โลหะออกไซด์ สารประกอบเชิงซ้อน เซรามิก โพลีเมอร์และ Ion-selective electrode เป็นต้น แต่แน่นอนทีเดียว การสร้างแก๊สเซ็นเซอร์ บนเทคโนโลยีซิลิกอน ย่อมเป็นที่น่าสนใจมากกว่า เพราะตัวอุปกรณ์ที่สามารถสร้างได้เล็กซึ่งจะทำให้สามารถผลิตได้จำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ราคาต่ออุปกรณ์มีราคาถูกและยังสามารถสร้างเป็นวงจรรวมได้อีกด้วย

ในปี ค.ศ. 1970 มีอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซ 2 ชนิด ที่มีความโดดเด่นมากก็คือ ISFET ที่สร้างโดย Piet Bergveld หัวหน้ากลุ่มไบโอเซ็นเซอร์ (Biosensor) ที่ Twente University ประเทศเนเธอร์แลนด์ และ Palladium gate MOSFET ซึ่งสร้างในปี 1975 โดย Lund Stron หัวหน้ากลุ่ม Chemical sensor ที่ Linkoping University ประเทศสวีเดน ISFET เป็นรูปแบบของมอดเฟสที่ไม่มี gate

contact เมื่อ ISFET ถูกจุ่มลงในอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดการกระแสนอน ซึ่งอยู่กับความเข้มข้นไอออนของ  $H_2$ , Na หรือ K ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์

Pd gate MOSFET เป็นมอสเฟตโดยที่ส่วนของเกตจะถูกเปลี่ยนจากอลูมิเนียม (Al) เป็นพลาตินัม (Pd) แทน ซึ่งพลาตินัมเป็น Highly catalytic active metal ที่สามารถแยกโมเลกุลของไฮโดรเจน ( $H_2$ ) ออกเป็นไฮโดรเจนอะตอม ( $H^+$ ) ซึ่งอะตอมเหล่านี้จะแพร่เข้าไปยังรอยต่อ Pd-SiO<sub>2</sub> ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสในมอสเฟต

ปัจจุบันนี้ มีความต้องการ การพัฒนาการใช้อุปกรณ์ตรวจจับทางเคมีกันมาก เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ทางเคมีภายนอกห้องปฏิบัติการ Zemel ได้รวบรวมความต้องการที่จะได้อุปกรณ์ตรวจจับทางเคมีในอุดมคติดังนี้ ราคาไม่แพง ตัวอุปกรณ์มีขนาดเล็ก output สามารถแสดงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า มีอัตราส่วน signal/noise ที่ดี รูปทรงแข็งแรง สร้างได้ง่าย สามารถผลิตได้ในจำนวนมากๆ มีความน่าเชื่อถือ มีการแยกแยะสารเคมี มีการตอบสนองที่ดีและไม่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิและรังสีต่างๆ

แน่นอนความต้องการที่กล่าวมานี้ย่อมเป็นไปได้ แต่มีการวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่าการสร้างก๊าซเซ็นเซอร์บนฐานรองซิลิกอนจะสามารถสนองความต้องการ ที่ได้กล่าวมาแล้วมากที่สุด

## 2.2 นิยามของ Gas Sensors

เซ็นเซอร์จะเป็นส่วนสำคัญสำหรับระบบการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแสดงผลออกมาแทนการตอบสนองของประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่นอกจากเราจะสามารถ ได้ยิน สัมผัสดมกลิ่น การลิ้มรสและการมองเห็น เราอาจจะได้รับอันตรายจากการสัมผัสหรือได้รับสิ่งเหล่านั้นโดยตรงในปริมาณที่มากเกินไปจนขีดจำกัดที่ร่างกายจะรับได้ เซ็นเซอร์จะสามารถแสดงเป็นทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ค่าที่เท่ากับการตอบสนองของร่างกาย อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวได้ว่าการพัฒนาเซ็นเซอร์มีการพัฒนาเป็นอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้สัญญาณเป็นดิจิทัลอย่างมาก โดยเฉพาะการทำตัวตรวจจับที่สามารถตอบสนองต่อสารเคมี และในกรณีที่มีการทำกล้อง CCD[2] ที่สามารถแยกประสาทในการมองได้สูงมาก หรือแม้แต่การทำไมโครโฟนที่มีความไวในการตอบสนองเสียงได้ดี ซึ่งสิ่งเหล่านี้ยังเป็นขั้นเริ่มต้น

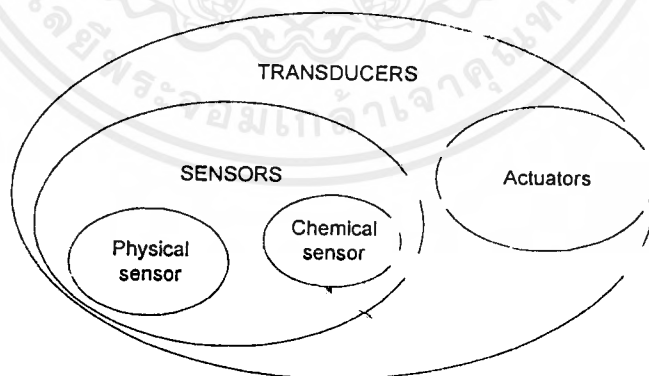
สัญญาณดิจิทัลในทางอิเล็กทรอนิกส์ของตัวตรวจจับทางเคมีซึ่งจะสามารถรู้รสและได้กลิ่นของสิ่งไม่มีชีวิต ถึงแม้แต่ในระบบชีววิทยายังมีระบบภูมิคุ้มกัน และการวัดปริมาณกลูโคส การวัดความเข้มข้นสารเคมีและการควบคุมปริมาณที่ต้องใช้ความถูกต้องสูง เพื่อที่จะแทนที่หรือเป็นตัววัดระบบทางชีววิทยาเหล่านี้ จนในที่สุดจะได้ตัวตรวจจับที่มีการตอบสนองและการแยกแยะ

ที่ดี วัสดุตรวจจับทางเคมีในเชิงพาณิชย์จะต้องสามารถปรับค่าเริ่มต้นแต่ยังไม่สามารถแยกแยะและมีความไวในการตอบสนองได้ดีพอ อย่างไรก็ตาม ถ้ามีสารชีววิทยาที่สามารถเป็นตัวตรวจจับทางเคมีและทางชีววิทยาที่สามารถแยกแยะสารและตอบสนองที่ดีที่เหมือนระบบชีววิทยานั้นได้รับการยอมรับ ในช่วง ทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการวิจัยทางนี้อย่างกว้างขวางและจนกระทั่งในปัจจุบันได้มีเซ็นเซอร์ออกสู่ตลาดหลายชนิด

ตัวอย่างเช่นเซ็นเซอร์ที่ได้รับการแพร่หลายมากที่สุดก็คือกลูโคส เซ็นเซอร์ในปัจจุบันเซ็นเซอร์ชนิดสามารถสร้างได้ง่าย มีราคาถูก จนสามารถใช้แล้วทิ้งได้ เพื่อให้การตอบสนองที่ดีและมีความถูกต้อง และยังมีการแสดงผลเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่ออำนวยความสะดวก

การแยกชนิดของเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ในการตรวจจับสามารถแบ่งออกเป็นหลักกว้างๆ คือ ทรานสดิวเซอร์ (Transducers) เซ็นเซอร์ (Sensors) และ แอคชูเอเตอร์ (Actuators)

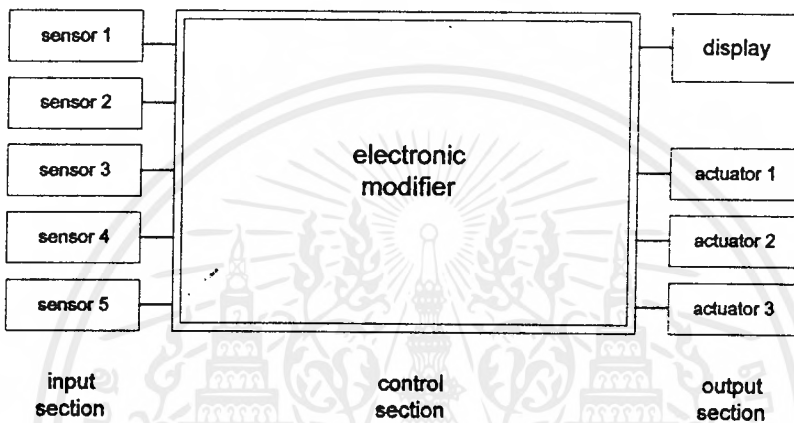
ความหมายของคำว่า ทรานสดิวเซอร์ (Transducers) มีรากศัพท์มาจาก ภาษาละติน จากคำว่า “transduco - traduco” ซึ่งหมายถึง “การเปลี่ยนสภาพ – การแปลงสภาพ” ดังนั้น อุปกรณ์จะต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงหรือการแปลงสภาพ พลังงานจากระบบหนึ่งไปเป็นระบบอื่นโดยที่รูปแบบอาจจะเปลี่ยนไปก็ได้ ซึ่งจะเป็นความหมายของ ทรานสดิวเซอร์ การวัดค่าต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม ทรานสดิวเซอร์จะเป็นอุปกรณ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูป โดยพลังงานมีอยู่หลายรูปเช่น ทางไฟฟ้า ทางกลศาสตร์ ทางแสง ทางความร้อน ทางแม่เหล็ก และทางการแผ่รังสี



รูปที่ 2.1 แสดงการจัดกลุ่มของทรานสดิวเซอร์ (Transducers)

เซ็นเซอร์ (Sensor) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่แปลงสัญญาณในรูปแบบต่างๆ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่วนแอคชูเอเตอร์ (Actuators) จะเป็นทรานสดิวเซอร์ที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณในรูปแบบอื่นโดยทั่วไปจะเป็นสัญญาณในรูปกลศาสตร์(ดังแสดงในรูป 2.1) ตัวอย่างของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นชอบหรือการดำเนินการใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็นเซอร์ เช่น เซ็นเซอร์วัดความดัน pH เซ็นเซอร์ และโฟโตรีซิสเตอร์ ตัวอย่างของแอกชิวเอเตอร์ (Actuators) เช่น โซลินอยด์ อุปกรณ์ เพียร์โซอิเล็กทริก และเลเซอร์ไดโอด ส่วนในเคมีคอลลแอคชิวเอเตอร์ (Chemical Actuators) เมื่อป้อนศักดาทางไฟฟ้าจะทำให้เกิด ไฮโดรเจนและออกซิเจน จอภาพจะเป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดพิเศษที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าไปเป็นรูปแบบที่มองเห็น เช่น จอภาพ CRT , จอ LCD , LCD array ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์แสดงผล ที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป



รูปที่ 2.2 แสดงโคอะแกรมของทรานสดิวเซอร์ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วงจรขยายแอกชิวเอเตอร์และจอภาพ

โดยทั่วไประบบควบคุมการทำงานของทรานสดิวเตอร์ในทางอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่อยู่ในส่วนอินพุตต่อไปยังสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณทางไฟฟ้าจะผ่านการขยายสัญญาณเช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ ในส่วนของเอาต์พุตของการขยายสัญญาณจะถูกแปลงสัญญาณโดยแอกชิวเอเตอร์เพื่อแสดงบนหน้าจอ ดังรูปที่ 2.2 ส่วนชนิดและวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์จะแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์และวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์

ชนิดเซ็นเซอร์	วัสดุเซ็นเซอร์	Sensor Function
อุณหภูมิ	$(\text{Mn,Cu})(\text{Mn,Co,Ni})_2\text{O}_4$ , $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ , $\text{NiAl}_2\text{O}_4$ , $\text{Mg}(\text{Al,Cr,Fe})_4\text{O}_4$ , Sic,	NTC thermistor

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์และวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์ (ต่อ)

	BaTiO <sub>3</sub> , VO <sub>2</sub> ,(Mn,Zn)Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	PTC thermistor Temperature switch
ความชื้น	MgCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -TiO <sub>2</sub> ,V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -TiO <sub>2</sub> , ZnCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -LiZnVo <sub>4</sub> ,Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ca <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> )(OH) <sub>2</sub> ZrO <sub>2</sub> -MgO	ความนำไฟฟ้า
ก๊าซ	SnO <sub>2</sub> ,ZnO, γ-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,TiO <sub>2</sub> MgO CoO-Mgo,Zro <sub>2</sub> -CaO	ความนำไฟฟ้า
อ็อกโซน	AgX(X:Cl,Br,I,CN,SCN) PbS-Ag <sub>2</sub> S,CdS-AgS CuS-Ag <sub>2</sub> S	อ็อกโซน ซีเล็คทีฟ อิเล็กโตรด
ระยะทาง – ความเร็ว	Pb(Zr,Ti)O <sub>3</sub>	เพียโซ ไซอิเล็คตริก (Piezoelectricity)
แสง	PbTiO <sub>3</sub> ,LiTaO <sub>3</sub> LiNbO <sub>3</sub> ,Pb(Zr,Ti)O <sub>3</sub> CaF <sub>2</sub> ,Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	Pyroelectricity (Infrared detection) Thermoluminescence

### 2.3 ตัวตรวจจับแก๊ส

ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงตัวตรวจจับแก๊สไว้ 3 ชนิดด้วยกันคือ

2.3.1 แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (co gas)

2.3.2 แก๊สติดไฟหรือแก๊สหึ่งคัม (Hot-wire type gas)

2.3.3 แก๊สตรวจจับควันและกลิ่น

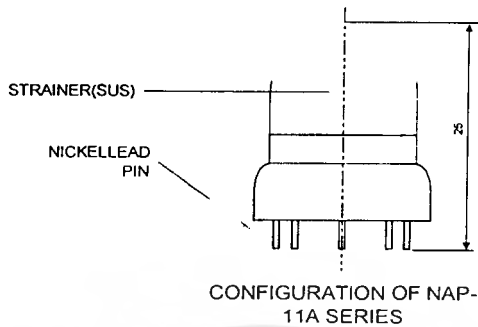
#### 2.3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO GAS SENSOR)

2.3.1.1 ลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

2.3.1.2 ลักษณะเด่นของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์

● มีความไวสูง คือที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำ (ต่ำกว่า 200 ppm) มีด้านการค้าไม่กว้างขวางนัก ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความไวต่ำต่อแก๊สชนิดอื่นเช่นไฮโดรเจน (HYDROGEN) หรือแอลกอฮอล์ (ALCOHOL)

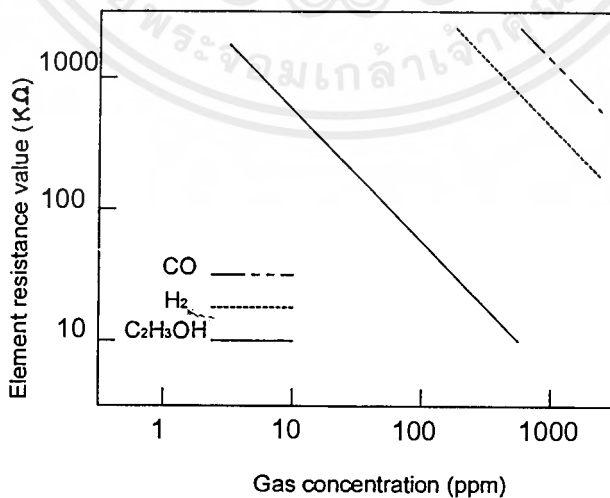


รูปที่ 2.3 ภาพแสดงลักษณะของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์

2.3.1.3 คุณสมบัติสำคัญของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์

- คุณสมบัติเกี่ยวกับความไว

ค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2.4



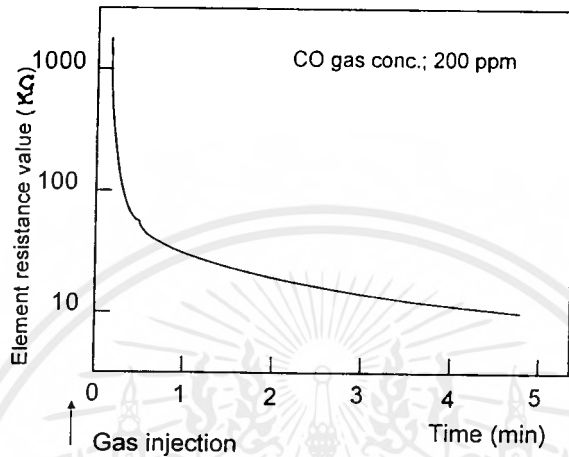
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความไวในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์เมื่อความ

เข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติเกี่ยวกับเวลา

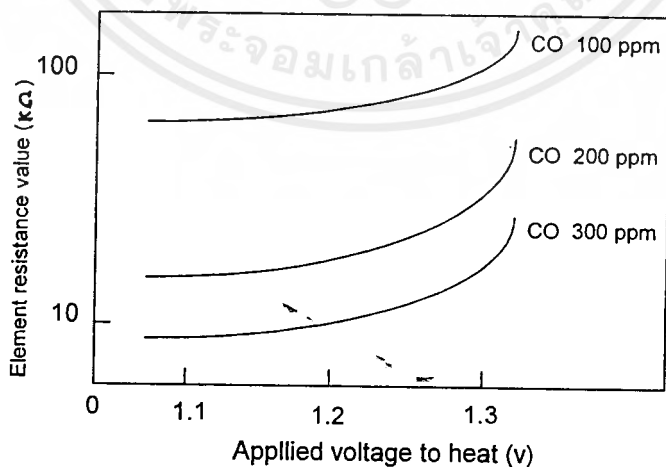
เมื่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าคงที่ การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์จะสัมพันธ์กับเวลา ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์สัมพันธ์กับเวลาเมื่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์คงที่

- คุณสมบัติเกี่ยวกับแรงดัน ไฟฟ้าของฮีตเตอร์ (HEATER)

ค่าแรงดันที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์เมื่อแรงดัน ไฟฟ้าของฮีตเตอร์เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.3.1.4 การวัดผล

- ก่อนทำการวัดผลต้องทำการล้างเซ็นเซอร์ (HEAT CLEANING) เป็นเวลา 3 นาที โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับฮีทเตอร์ 55.5  $\pm$  0.55 V
- หลังจากทำการล้างแล้วต้องจ่ายไฟเลี้ยงให้กับฮีทเตอร์ 1.2 $\pm$  0.12 Volt ตลอดเวลาที่ทำ การวัดผล

#### 2.3.2 คุณสมบัติของ Gas Sensor เบอร์ NAP-11AS (indoor Odor Sensor)

ตัวจับแก๊ส NAP-11AS นี้เป็นเซมิคอนดักเตอร์ Gas Sensor ค่อนข้างไวในการตรวจจับซึ่งจะสามารถตรวจจับแก๊สและกลิ่นที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ เช่น กลิ่นของควันบุหรี่ กลิ่นของ บุคหน้าและกลิ่นต่างๆ อีกมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งานดังแสดงคุณสมบัติในการตอบสนองกลิ่น ต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

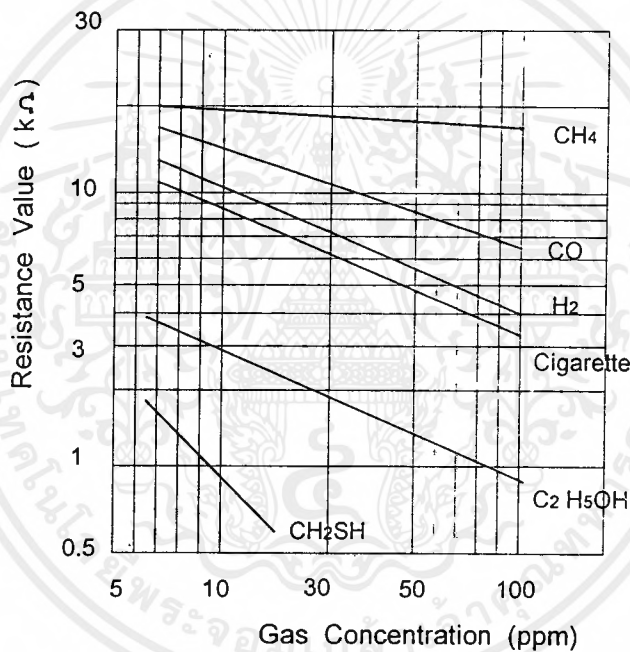
ตารางที่ 2.2 NAP-11As Response Characteristic

Objects	Olfaction Level (Sensuousness)	NAP-11AS Response		Remarks
		Sensitivity	Speed	
1) Cigarette smoke	Strong	High	Quick	5 pieces
2) Cosmetics	Strong	Very high	Quick	Colgne 1 puff
3)insecticides	Strong	Very high	Gentle	Sprayed for 10 sec
4)Fried meat	Med/Strong	High	Quick	300 gms.
5)Fried onion	Strong	Hight	Quick	3 pcs.
6)Fried green pepper	Medium	Medium	Slow	5 pcs.
7)Coffee	Weak	Low	-	5 cups

### 2.3.2.1 คุณสมบัติของหัวจับแก๊ส

- มีค่าความไว(Sensitive)สูง ในการตรวจจับแก๊สที่มีความเข้มข้นต่ำ(ประมาณ 100 ppm)
- การออกแบบวงจรในการตรวจจับทำได้ง่าย
- Very Stable to ambient humidity

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าของ Gas Sensitivity Characteristic โครงสร้างพื้นฐานของหัวแก๊ส เซ็นเซอร์

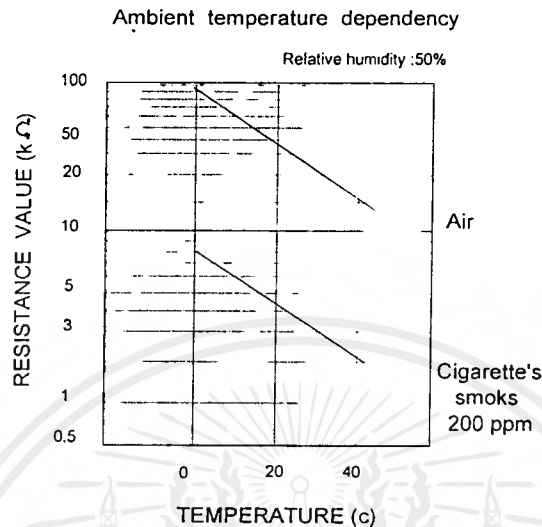


จากตารางที่ 2.3 เป็นการแสดงค่าความต้านทานที่แปรผันไปตามค่าความเข้มข้นของแก๊ส โดยจะคิดความเข้มข้นในหน่วยของหนึ่งในล้าน

### 3.2.2.2 คุณสมบัติของหัวเซ็นเซอร์ต่ออุณหภูมิ

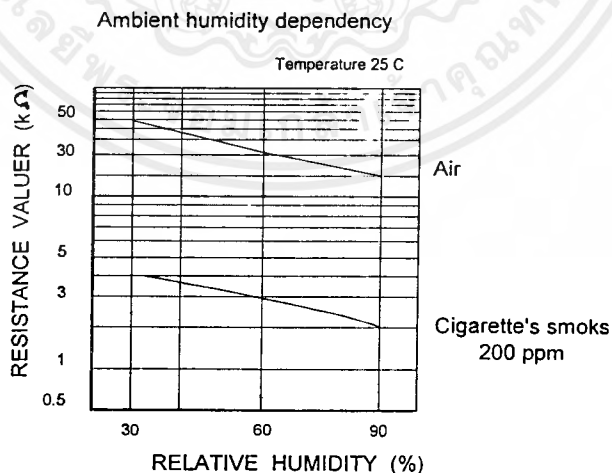
หัวตรวจแก๊ส NAP-11AS มีคุณสมบัติเสมือนเป็น เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC ซึ่งจะมีค่าของความต้านทานแปรผกผันกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางรูปที่ 2.4 ซึ่งในการออกแบบวงจรเซ็นเซอร์จำเป็นต้องคำนึงถึงจุดนี้เป็นสำคัญ

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อความต้านทาน



2.3.2.3 คุณสมบัติของหัวแก๊สเซ็นเซอร์ต่อค่าความต้านทานหัวแก๊สเซ็นเซอร์ตัวนี้ จะมีข้อดีตรงที่มีค่าของความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์เองเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความชื้นน้อยมาก โดยจะแสดงได้จากตาราง 2.5

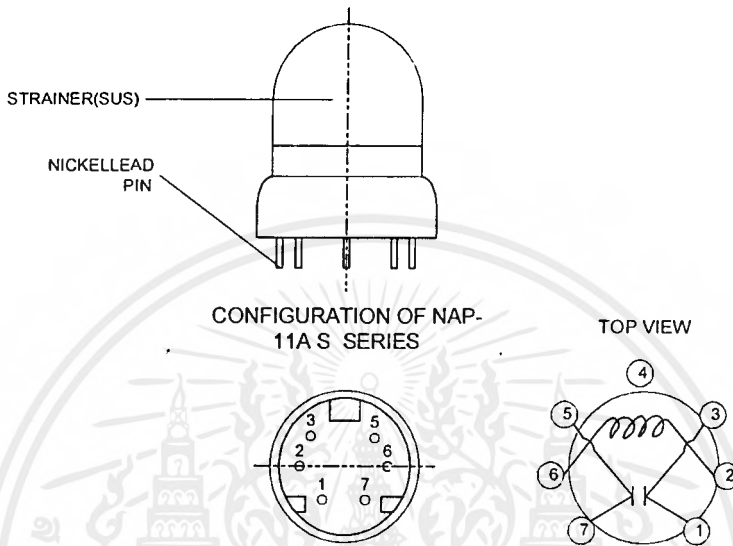
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าความชื้นที่มีผลต่อความต้านทาน



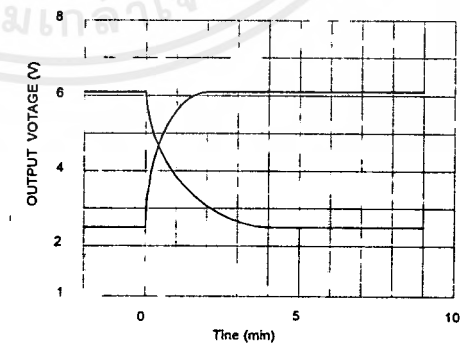
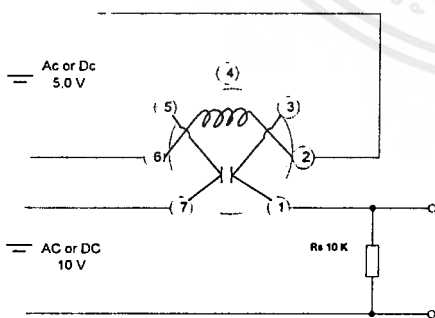
2.3.2.4 วงจรสำหรับทดสอบของ NAP-11AS

จากรูปที่ 2.8 เป็นลักษณะการต่อวงจรในการทดสอบการใช้งานของหัวแก๊สเซ็นเซอร์และในรูปที่ 2.9 เป็นค่าของกราฟการตอบสนองในการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ Output โดยใช้อากาศบริสุทธิ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับควันทของบุนหรีเป็นตัวเปรียบเทียบ ใปกับเวลา จะสังเกตุว่าที่ช่วงเวลาขณะที่ยังไม่มีการตรวจจับควันทบุนหรีใด้จะมีค่าแรงดันประมาณ 2.5 Volts แต่เมื่อมีควันทบุนหรี(เปรียบเทียบที่ความเข้มข้น 200 ppm)เข้ามาจะวัดแรงดัน Output ได้ประมาณ 6 Volts



รูปที่ 2.7 โครงสร้าง NAP-11AS



รูปที่ 2.8 วงจรทดสอบ NAP-11AS

รูปที่ 2.9 Response Characteristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 เป็นวงจรที่ใช้ทดสอบซึ่งเราจำเป็นต้องทราบค่าคุณสมบัติในการนำไปใช้งานดังต่อไปนี้

1) ค่าแรงดันที่ใช้ในการอุ่นตัวแก๊ส

ไฟ ดีซี (D.C) เท่ากับ  $5 \pm 0.5$  โวลท์

ไฟ เอซี (A.C) เท่ากับ  $5 \pm 0.5$  โวลท์

2) ค่ากระแสที่ใช้ในการอุ่นตัวแก๊ส

ไฟ ดีซี (D.C) เท่ากับ 160 ~180 มิลลิแอมป์

ไฟ เอซี (A.C) เท่ากับ 160 ~180 มิลลิแอมป์

3) ค่าแรงดันที่ใช้ในขณะที่ทำการวัด

ไฟ ดีซี และ เอซี จะมีค่าได้ไม่เกิน 10 โวลท์  $\pm 10\%$

และจากตารางที่ 2.5 เป็นการแสดงส่วนประกอบของควันบุหรี่ (Cigarette smoke) โดยเปรียบเทียบออกมาในรูปของความไวในการตรวจวัด

Reference data (10 Sensitivity to the ingredients of putrid smells)

Putrid smells		Concentration in test	NAP-11AS Sensitivity (Ra/Rg)	Remarks (Smells)
Ingredients	Formula			
Methyl mercaptan	$\text{CH}_3\text{Sh}$	1.0 ppm.	13.5	Putride Vegetables
Hydrogen sulfide	$\text{HzS}$	1.0	8.5	Putrefective
Trimethy lamine	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	1.0	11.3	Fermentation
Scatol	$\text{CoHoN}$	1.0	15.5	Fish
Indol	$\text{C}_8\text{H}_7\text{N}$	1.0	16.3	Excreta Feces

Reference data (2) Sensitivity to the ingredients of a cigarette smoke

ตารางที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของควันบุหรี่

Putrid smells		Concentration in test	NAP-IIAS Sensitivity (Ra/Rg)	Test Condition
Ingredients	Formula			
A cigarette is bunt in 30 m <sup>3</sup>				
Carbon monoxide	CO	1.0 ppm.	1.8	10 ppm.
Acetoaldehyde	CH <sub>3</sub> CHO	0.5	4.5	10 ppm.
Ammonia	NH <sub>3</sub>	0.3	2.5	10 ppm.
Formaldehyde	HCHO	0.2	3.2	10 ppm.
Acetone	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	0.07	10.5	10 ppm.
Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH	0.07	6.8	10 ppm.
Nicotine	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	0.07	18.0	10 ppm.
Toluene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	0.05	8.3	10 ppm.
Pyriding	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	0.02	9.3	10 ppm.

Ra/Rg = (Resistance value in clean air) / (Resistance value in gas)

### 2.3.3 NAP-5A เป็นเซ็นเซอร์ชนิด Hot-wire type gas sensor

ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางสำหรับเป็นตัวตรวจแก๊ส (Gas detectors) สำหรับแก๊สเชื้อเพลิง (fuel gas) ทุกชนิดและยังใช้พลังงานต่ำ (low power consumption) จึงสามารถใช้กับ Battery ได้, สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย (portable operation) ใช้กระแสประมาณ 150- 180 mA (ค่าทั่วไป) ที่ 3.0 V ac หรือ dc.

จากรูปที่ 2.10 เป็นวงจรที่ใช้ทดสอบซึ่งเราจำเป็นต้องทราบค่าคุณสมบัติในการนำไปใช้งาน ดังต่อไปนี้

#### 1) ค่าแรงดันที่ในการอุ่นตัวแก๊ส

ไฟ ดีซี (D.C) เท่ากับ  $3.00 \pm 0.30$  โวลต์

ไฟ เอซี (A.C) เท่ากับ  $3.00 \pm 0.30$  โวลต์ (r.m.s 50 - 60 Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ค่ากระแสที่ใช้ในการอุ่นตัวแก๊ส

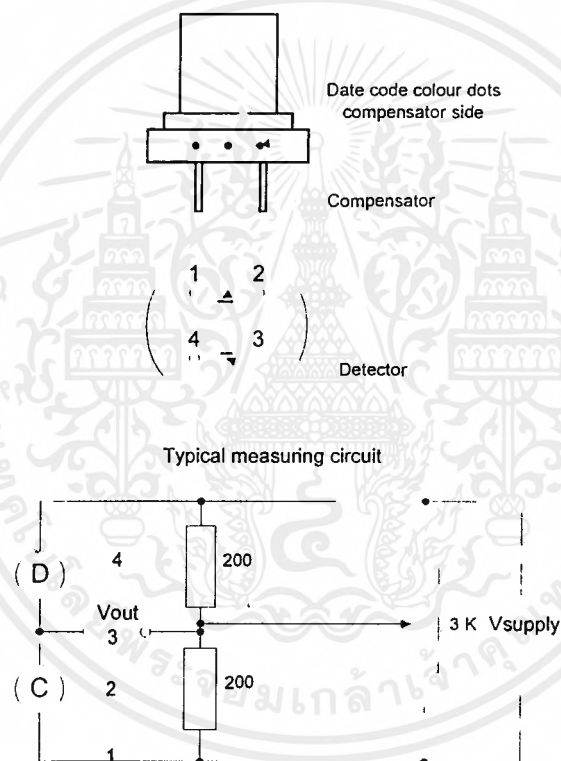
ไฟ ดีซี (D.C) เท่ากับ 160 ~180 มิลลิแอมป์

ไฟ เอซี(A.C) เท่ากับ 160 ~180 มิลลิแอมป์ (r.m.s 50 - 60 Hz)

3) ค่าแรงดันที่ใช้ในขณะที่ทำการวัด

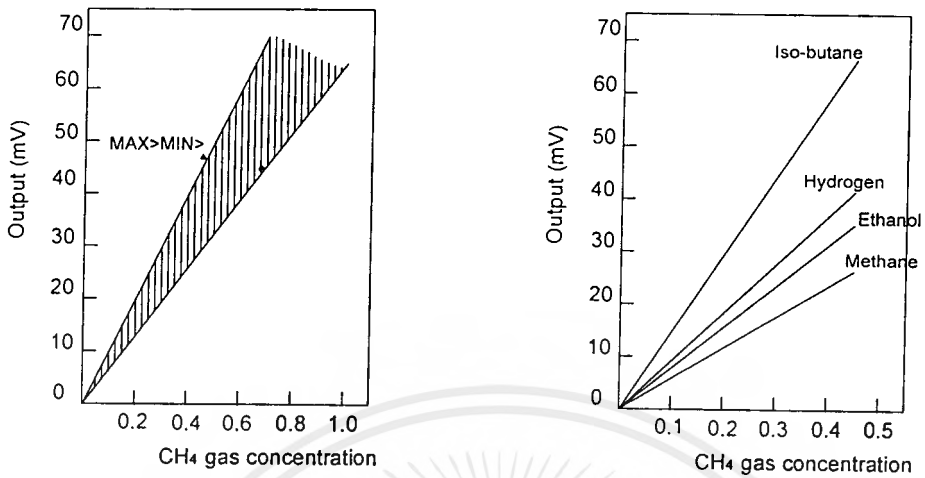
ไฟ ดีซี และ เอซี จะมีค่าได้ไม่เกิน 10 โวลท์  $\pm 10\%$

Sensor orientation and pin layout viewed from underside

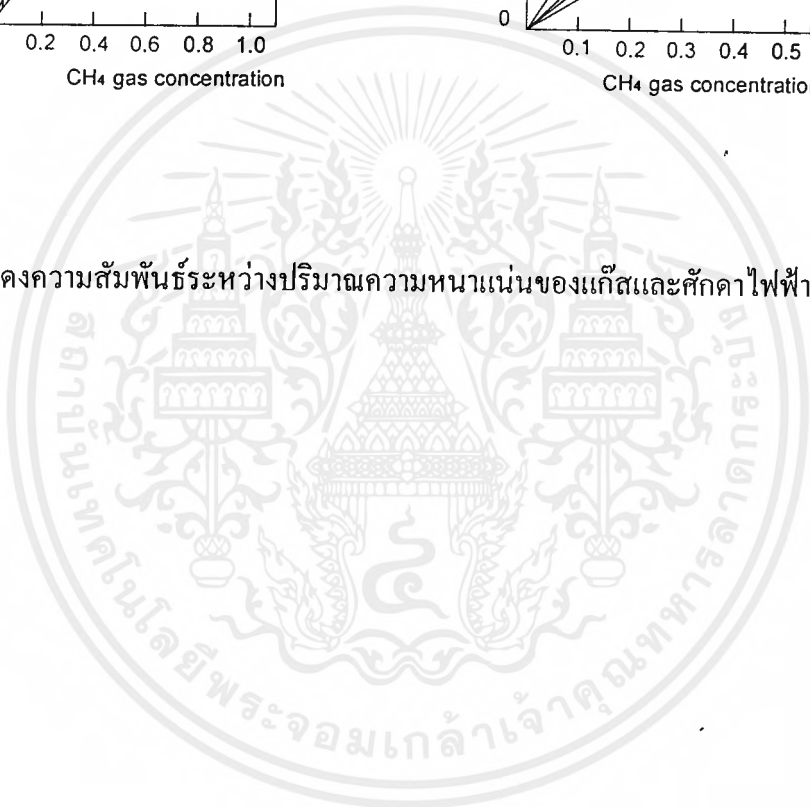


รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งขาของ sensor และการต่อเป็นวงจรตรวจวัดทั่วไป

การต่อใช้งานจะต่อเป็นวงจรบริดจ์ (bridge circuit) หากใช้อุปกรณ์ตามรูปที่ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของแก๊สกับศักดาเอาต์พุตของวงจรบริดจ์ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการปรับแต่ง การแสดงผลของปริมาณของแก๊สได้



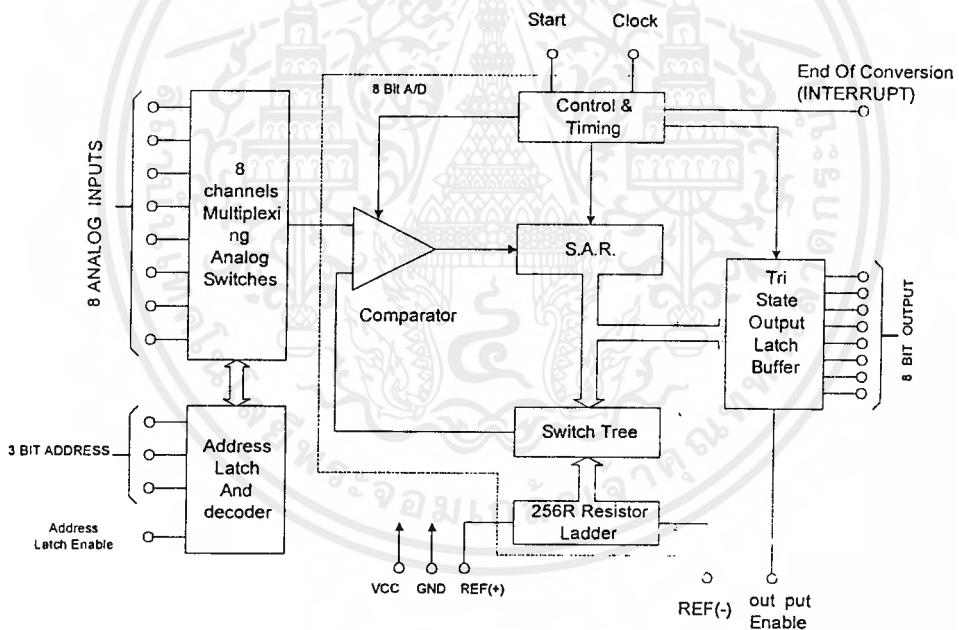
รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความหนาแน่นของแก๊สและศักดาไฟฟ้าเอาท์พุท



### บทที่ 3

### A-D คอนเวอร์เตอร์

ADC 0808 เป็น IC แบบ CMOS ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณ Analog เป็นข้อมูล Digital ที่มีขนาดของข้อมูล 8 Bit ซึ่งการทำงานภายในแบบ Successive Approximation ที่มีความเร็วปานกลาง และความเที่ยงตรงสูง และ ADC 0808 มี Analog input ถึง 8 channel ซึ่งสามารถต่อกับสัญญาณ Analog ที่ต้องการแปลงเป็นข้อมูล Digital ได้ถึง 8 ช่องสัญญาณโดยมีขา Multiplex ในการเลือก Analog input อยู่ 3 ขาคือ ADD A, ADD B และ ADD C ดังรูปเป็นโครงสร้างภายใน ADC 0808



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ ADC 0808

#### 3.1 ลักษณะสำคัญของ ADC 0808

- สามารถเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ถึง 8 บิต
- ความไม่ลิเนียร์ประมาณ  $\pm 1/2$  LSB และ  $\pm 1$  LSB
- แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC

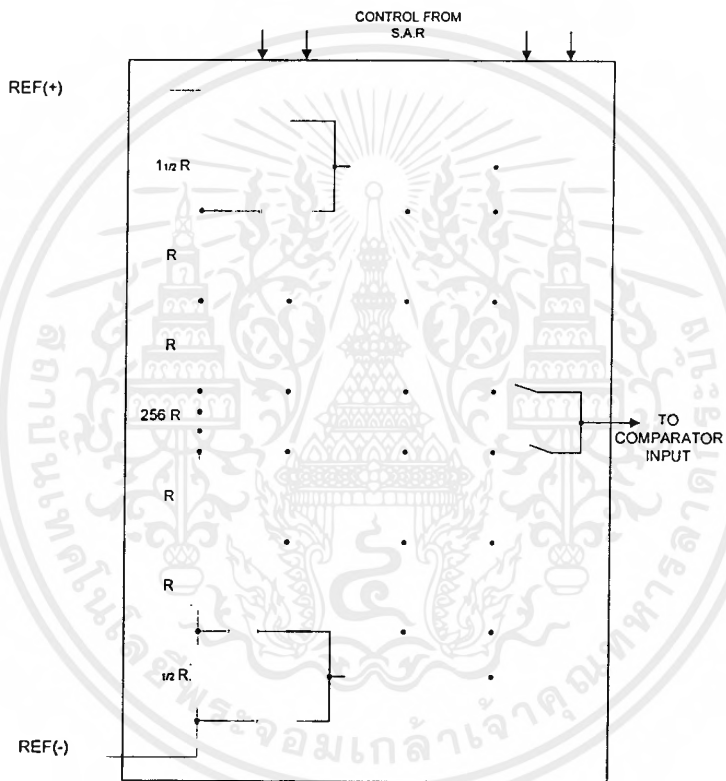
• 8 channel Analog input และ multiplex with latchd control logic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ง่ายในการต่อใช้งาน และ Interface กับ Microprocessor
- ข่ายอุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  To  $+85^{\circ}\text{C}$  หรือ  $-55^{\circ}\text{C}$  To  $+125^{\circ}\text{C}$
- Latched TRI-STATE output

ลักษณะของ ADC แบบ Successive Approximation Register (SAR) โดย ADC ภายในเป็นแบบ 256R Ladder network โดยผ่าน Switch three โดยควบคุมจาก SAR

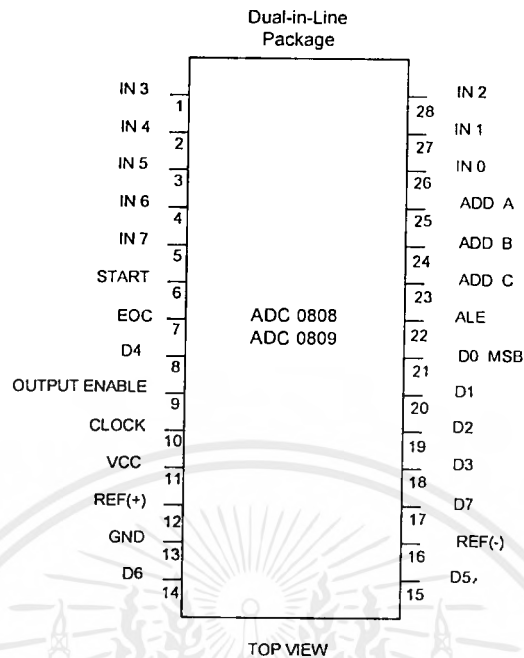


รูปที่ 3.2 Resistor Ladder and Switch Tree

### 3.2 การทำงานของขา ADC 0808

จากรูปแสดงตำแหน่งขาต่างๆของ IC ADC 0808 ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของขาต่างๆได้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งขาต่างๆ

IN0 - IN7

เป็นขา Analog signal ที่สามารถต่อขาสัญญาณ analog ได้ 8 สัญญาณ

ADD A,B และ C

เป็นขา multiplex สัญญาณ analog input ตามที่ต้องการแปลงสัญญาณ analog to digital

ALE

(address latch enable) เป็นขา input ที่รับสัญญาณเพื่อ latch ข้อมูลขนาด 3 bit ที่ขา ADD A, ADD B และ ADD C เพื่อในการ multiplex

START

เป็นขา input เพื่อรับสัญญาณในการ Start ให้ ADC 0808 ทำงานในการแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital

D0 - D7

เป็นขาของข้อมูล digital ขนาด 8 bit

OE

(output enable) เป็นขาที่ข้อมูล Digital ขนาด 8 bit ว่าต้องการที่จะให้ส่งออกทางขา output ของ ADC 0808 หรือไม่

EOC

(END OF CONVERSION) เป็นขา Output ที่จะส่งสัญญาณเพื่อบอกว่าการทำงานของ ADC 0808 ทำการแปลงข้อมูลเสร็จแล้วหรือยัง

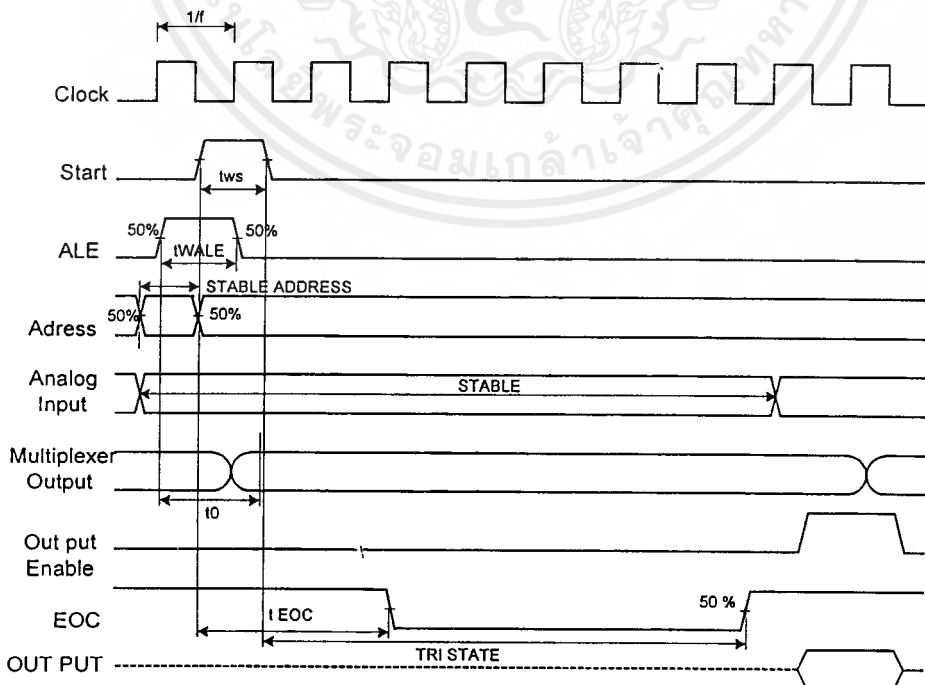
จากโครงสร้างของ ADC 0808 จะพบว่า ADC 0808 มี Analog input อยู่ 8 channel ที่สามารถต่อ analog เพื่อที่จะแปลงเป็น Digital 8 bit ได้ถึง 8 Channel และในการ multiplex channel

ที่จะทำการแปลง จะต้องกำหนดข้อมูลขนาด 3 bit ให้กับขา ADD-A, ADD B และ ADD C ดังตารางรูปที่ 3.4

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN 0	L	L	L
IN 1	L	L	H
IN 2	L	H	L
IN 3	L	H	H
IN 4	H	L	L
IN 5	H	L	H
IN 6	H	H	L
IN 7	H	H	H

รูปที่ 3.4 อินพุตของของแต่ละ channel

### 3.3 การทำงานตามแผนผังเวลา



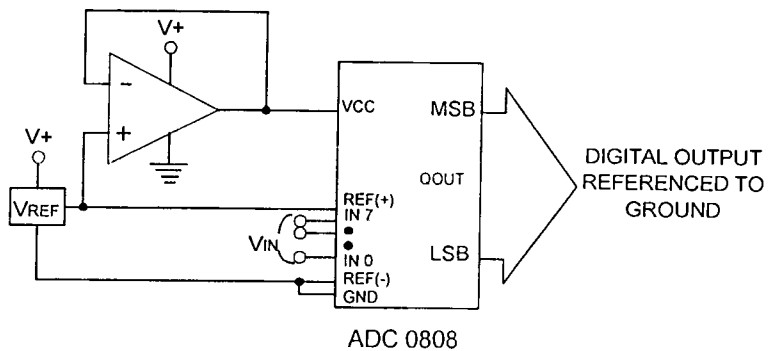
จากแผนผังเวลา (timing diagram) การทำงานของวงจรจะต้องสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา (clock) การทำงานเป็นไปตามลำดับดังนี้

#### ขั้นตอนการทำงาน

1. กำหนด channel ของ analog input ที่ต้องการ โดยป้อนเป็นสัญญาณ digital 3 bit เข้าที่ขา ADD A, ADD B และ ADD C
2. ป้อนพัลส์บวกเข้าที่ขา ALE (ADDRESS LATCH ENABLE) เพื่อทำการ LATCH ข้อมูล 3 bit ที่ป้อนเข้าที่ขา ADD A, ADD B และ ADD C และวงจรจะทำการ multiplex analog channel ตามข้อมูล 3 bit ตามตารางรูปที่
3. ป้อนพัลส์บวกที่ขา START เพื่อให้วงจรทำงานแปลงข้อมูล
4. เมื่อทำตามขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 เสร็จ ADC 0808 จะทำการเลือก channel ที่เป็น analog signal ตาม data 3 bit มายังวงจรภายในเข้ากับ comparator in analog ก็จะถูกทำการแปลงเป็นสัญญาณ digital โดยมีขนาด 8 bit ขณะที่ทำการแปลงสัญญาณนั้น ที่ขา EOC (END OF CONVERSION) จะ Active Low จนกระทั่งวงจรภายในแปลงสัญญาณเสร็จ EOC ก็จะเปลี่ยนสถานะเป็น High นั้นแสดงว่าข้อมูลที่นำมาแปลงเป็นสัญญาณ digital เรียบร้อยแล้ว
5. OUTPUT ของ Adc 0808 โดยมี 3 สถานะ โดยปกติจะอยู่สถานะ High Impedance ดังนั้นถ้าต้องการให้ ADC แสดงข้อมูลออกทาง output ก็จะต้องป้อนพัลส์บวกที่ขา OUTPUT ENABLE ด้าน OUTPUT จึงแสดงค่าข้อมูลที่เป็น digital ออกมาโดย OUTPUT จะแสดงค่านานเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับความกว้างของพัลส์บวกที่ป้อนให้ที่ขา OE (OUTPUT ENABLE)

### 3.4 การนำไปใช้งาน วงจร เอดี คอนเวอร์เตอร์

จากรูปเป็นวงจรตัวอย่างของการนำไปต่อใช้งานสามารถต่อวงจรได้ดังนี้

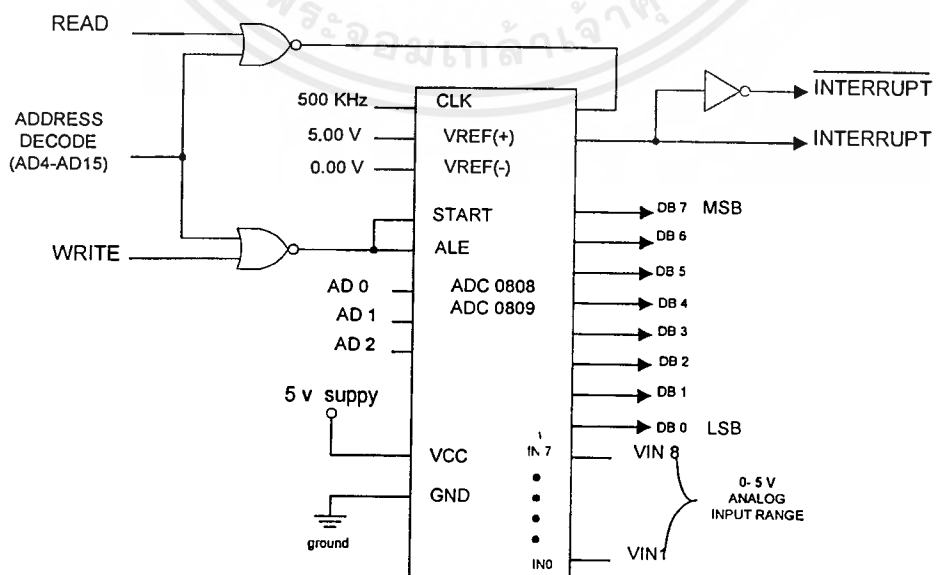


Ground Referenced conversion System with Reference Generating Vcc Supply

### รูปที่ 3.5 ระบบการแปลงแบบเป็นอัตราส่วน

จากรูปที่ จะเห็นว่า ขา ref(+) ต่อเข้ากับแหล่งจ่าย (Vcc) และ ref(-) ต่อเข้ากับ ground ทำให้เราใช้งานได้ในช่วงจำกัด คือ อินพุตที่ป้อนเข้ามาจะอยู่ระหว่างแหล่งจ่าย (Vcc) กับแทน ground

สำหรับการนำไปใช้งานในการ interface กับ Microprocessor นั้นจะแสดงดังรูปที่ โดยในกรณีที่จะให้วงจรทำการแปลงสัญญาณ ซึ่งจะใช้สัญญาณ write(WR) จาก Microprocessor มาทำการ Latch channel ที่ต้องการแปลงและพร้อมทำการ Start และ ที่ขา EOC ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์การ interrupt microprocessor ให้ microprocessor รับรู้ว่าขณะนี้ วงจรได้ทำการแปลงสัญญาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว และเมื่อ microprocessor ต้องการอ่านข้อมูล ก็จะใช้สัญญาณจากขา READ มาทำการ output enable (OE) เพื่อให้วงจรแสดงข้อมูลขนาด 8 bit ที่ขา output



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.6 ตัวอย่างวงจรใช้งานนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

#### 4.1 คุณสมบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ของบริษัทอินเทล ถูกผลิตขึ้นมาให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานด้านระบบการควบคุมต่างๆ ในลักษณะที่เรียกว่า Single Chip Microcontroller ดังนั้นในโครงการนี้จึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้เป็นตัวควบคุมการทำงานโดยจะเป็นตัวควบคุมการรับและส่งข้อมูลของหน่วยความจำ โดยอาศัยหน่วยความจำภายนอกพอร์ตอินพุทและเอาต์พุทภายนอกเพื่อให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8031 มีดังนี้

- CPU มีขนาด 8 บิต
- หน่วยความจำภายใน 128 Byte
- พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ Full duplex 1 ช่อง
- ตัวจับเวลา/ตัวนับ (time/counter) ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- พอร์ตอินพุท/เอาต์พุท ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- โครงสร้างการอินเทอร์รัพท์ 5 แหล่ง
- อ้าง Address โปรแกรมภายนอกได้ 64 Kbyte
- มีวงจรออสซิสเตเตอร์ภายใน

#### 4.2 ลักษณะการจัดการกับหน่วยความจำภายนอก

ในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 จะมีการแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ลักษณะตามชนิดของแฟ้มข้อมูลที่เก็บดังนี้

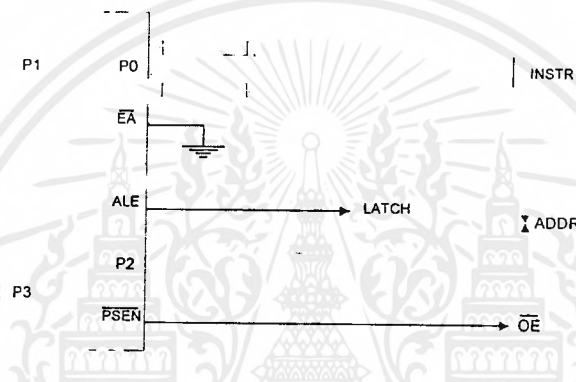
- หน่วยความจำของข้อมูล (Data Memory)
- หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำข้อมูล (RAM) หมายถึงส่วนที่เป็น RAM ซึ่งเราสามารถอ่านหรือเขียนเป็นข้อมูลเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาแต่ไม่สามารถประมวลผลโปรแกรมหน่วยความจำนี้ได้

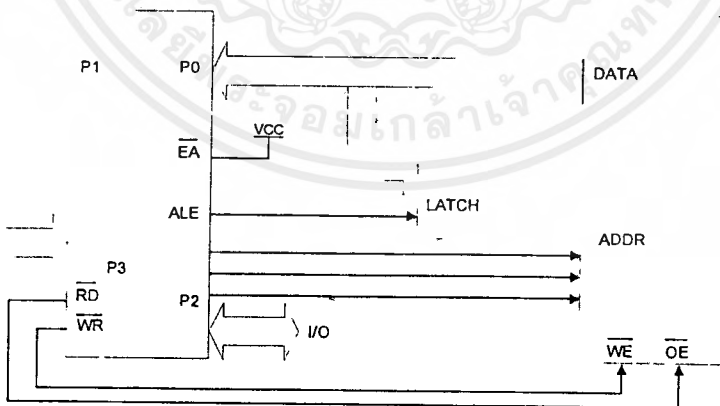
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำโปรแกรม หมายถึง หน่วยความจำที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว (ROM) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่บรรจุโปรแกรมที่ต้องการให้ CPU ทำงาน

โดยหน่วยความจำทั้ง 2 โปรแกรมนี้ ถูกแยกออกจากกันด้วยคำสั่งทาง Software และลักษณะการติดต่อกับ Hardware ด้วย คือ จะมีคำสั่งเฉพาะสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำชนิดใดชนิดหนึ่งและจัดสัญญาณสโตรบในการติดต่อกับหน่วยความจำแต่ละชนิดแยกออกจากกันด้วย ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป



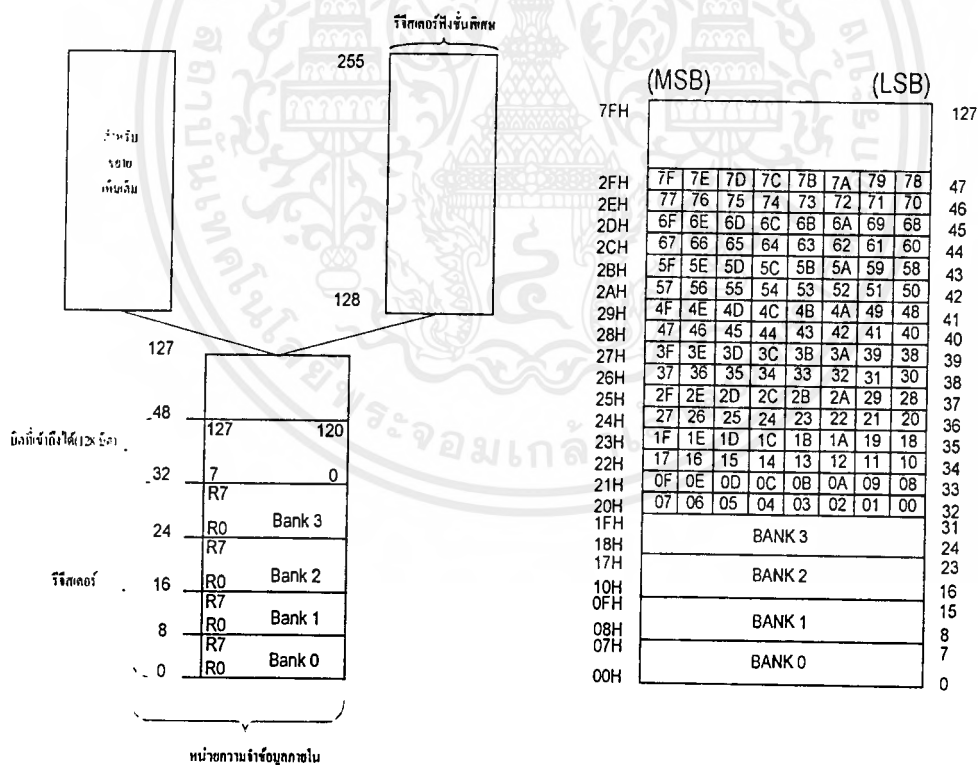
รูปที่ 4.2 แสดงการใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปจำนวน 2 กิโลไบต์

หน่วยความจำโปรแกรม

ใน CPU เบอร์ 8031 จะไม่มีหน่วยความจำภายใน ดังนั้นต้องต่อกับหน่วยความจำภายนอก

4.3 ลักษณะการจัดการหน่วยความจำข้อมูลหน่วยความจำข้อมูล

ประกอบด้วยความจำข้อมูลภายในและภายนอกหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะเข้าถึงด้วยการใช้คำสั่ง MOVX หน่วยความจำภายในจะแบ่งลักษณะงาน ดังนี้คือ จำนวน 128 ไบต์ ของบริเวณตำแหน่งล่างในเนื้อที่แรมภายในและอีก 128 ไบต์ เป็นบริเวณตำแหน่งของแรมภายใน ส่วนบนจะมีเฉพาะในเบอร์ 8032/8052 เท่านั้น และส่วนของ 128 ไบต์ อีกบริเวณหนึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ ขณะที่ใช้ส่วนบนของแรมภายในและบริเวณของ SFR ทั้งสองส่วนนี้จะถูกปิดส่วนให้ได้ค่าแอดเดรสภายใน แต่จะเข้าถึงในแต่ละบริเวณของทั้งสองบริเวณนี้ได้ด้วยการใช้โหมดการกำหนดเลขที่อยู่ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.3 A แสดงถึงแผนที่ของความจำข้อมูลภายในและ SFR

รูปที่ 4.3 B แสดงถึงแผนที่การหน่วยกำหนดตำแหน่งบิต

รูปที่ 4.3 A แสดงถึงแผนที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในและ SFR โดยแบ่งเป็น 4 แบนด์ ในแต่ละแบนด์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัว มีตำแหน่งตั้งแต่ 0 ถึง 31 ในบริเวณล่างของแรมแบนด์เหล่านี้จะถูกเรียงใช้ให้อินาเบิลได้คราวละหนึ่งแบนด์เท่านั้น ด้วยการกำหนดเริ่มแรกภายในสองบิตของรีจิสเตอร์ OSWว่าจะเลือกใช้ในแบนด์ภายใน 4 แบนด์ และบริเวณตำแหน่งตั้งแต่ 20H ถึง 2FH จำนวน 16 ตำแหน่งๆ ละ 1 ไบต์ สามารถที่จะกำหนดเลขที่อยู่ของแต่ละบิตได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 B เป็นบิตแรมแอดเดรสและเนื้อที่รีจิสเตอร์ SFR สามารถที่จะกำหนดได้แสดงในรูปที่ 4.4

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

รูปที่ 4.4 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ SFR และบิตแอดเดรสของ SFR

#### 4.4 การต่อ CPU กับหน่วยความจำภายนอก

เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการจึงต้องมีการกำหนดขาของ CPU เข้ากับการต่อร่วมกันกับวงจรภายนอกโดยอธิบายได้ดังนี้

**ขาEA/VP** ถ้าต่อขานี้ลงกราวด์จะเป็นการติดต่อกับโปรแกรมภายนอก ซึ่งจะมีผลต่อพอร์ต P0 และ P2 ดังนี้

- P0 (1 32-39) จะมัลติเพล็กซ์ระหว่างข้อมูล D0-D7 และแอดเดรส A0-A7
- P2 (ขา 21-28) จะเป็นแอดเดรส A8-A15 ในการใช้งานในลักษณะนี้ พอร์ต P0 จะต้องมีตัวต้านทานต่อ pull up ด้วย

- ขALE/P** จะเป็นสัญญาณแอดเดรสแอสซิงโครนัสเปิดออกจากตัว CPU เพื่อบอก อุปกรณ์ภายนอก ให้ทำการแลตต์แอดเดรสต่ำ ที่ถูกส่งออกมาในขณะที่เฟลทซ์คำสั่ง
- ขARD** เป็นขาสัญญาณอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- ขAWR** เป็นขาสัญญาณการเขียนข้อมูลจาก CPU ไปยังหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- ขPSEN** เป็นขาสัญญาณออกนอก CPU ขณะที่ทำการเฟลทซ์สัญญาณจากหน่วยความจำโปรแกรม



## บทที่ 5

### ส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลของโครงการนี้เลือกแอลซีดีโมดูลเนื่องจากใช้กระแสต่ำและสามารถแสดงผลได้ทั้งแบบตัวเลขและตัวอักษร

แอลซีดีโมดูลที่ใช้ในโครงการนี้คือ DMC1602 ซึ่งเป็นแอลซีดีแบบดอทเมทริกซ์ (DOT MATRIX) จะแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5\*8 และแสดงผลได้ 2 บรรทัด โดยบรรทัดละ 16 ตัวอักษรขาสัญญาของแอลซีดีโมดูลที่ใช้มีดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงขาสัญญาต่างๆของแอลซีดีโมดูล

ขา (PIN)	ชื่อขา	ระดับสัญญาณ	หน้าที่ (FUNCTION)
1	VSS	---	0V (กราวด์)
2	VCC	---	+5V (ไฟเลี้ยง)
3	VEE	---	+ V (สำหรับขับแอลซีดี)
4	RS	H/L	เลือกรีจิสเตอร์ (REGISTER SELECT)
5	R/W	H/L	H : อินพุตข้อมูล (DATA อินพุต) L : อินพุตคำสั่ง (INSTRUCTION อินพุต)  H : อ่านข้อมูล (DATA READ) L : เขียนข้อมูล (DATA WRITE)
6	E	H	กำหนดให้มีหรือไม่มีสัญญาณ (ENABLE SIGNAL L--->H)
7	DB0	H/L	บิตข้อมูลบิต 0
8	DB1	H/L	บิตข้อมูลบิต 1
9	DB2	H/L	บิตข้อมูลบิต 2

ตารางที่ 5.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆ ของแอสซีดี (ต่อ)

ขา (PIN)	ชื่อขา	ระดับสัญญาณ	หน้าที่ (FUNCTION)
10	DB3	H/L	บัสข้อมูลบิต 3
11	DB4	H/L	บัสข้อมูลบิต 4
12	DB5	H/L	บัสข้อมูลบิต 5
13	DB6	H/L	บัสข้อมูลบิต 6
14	DB7	H/L	บัสข้อมูลบิต 7
11	DB4	H/L	บัสข้อมูลบิต 4
12	DB5	H/L	บัสข้อมูลบิต 5
13	DB6	H/L	บัสข้อมูลบิต 6
14	DB7	H/L	บัสข้อมูลบิต 7

### 5.1 การต่อแอสซีดีโมดูลเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

แอสซีดีโมดูลจะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะคือ แบบเมโมรีแมพ (MEMORY MAP) โดยผ่านบัส 8255 ขนาด 20 ขา และแบบไอโอพอร์ท (I/O PORT) โดยผ่านบัส 8255 ขนาด 26 ขา ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบมีหลักการดังนี้

#### 5.1.1 การต่อแบบเมโมรีแมพ

1. สามารถต่อเข้ากับชิพเบอร์ต่างๆ ไปได้เช่น 8051 หรือ Z-80 โดยจะทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มองเห็นแอสซีดีโมดูลในลักษณะของหน่วยความจำได้ทันที

2. ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากแอสซีดีโมดูลได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็นบัฟเฟอร์ของหน่วยความจำ (MEMORY BUFFER) ไปในตัว

3. เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้จึงทำให้สามารถตรวจสอบแฟลทความพร้อมในขณะที่แอสซีดีโมดูลกำลังทำงานได้

4. ใช้ได้กับบอร์ดที่มีบัสแอสซีดี (LCD BUS) มาให้พร้อมเท่านั้น

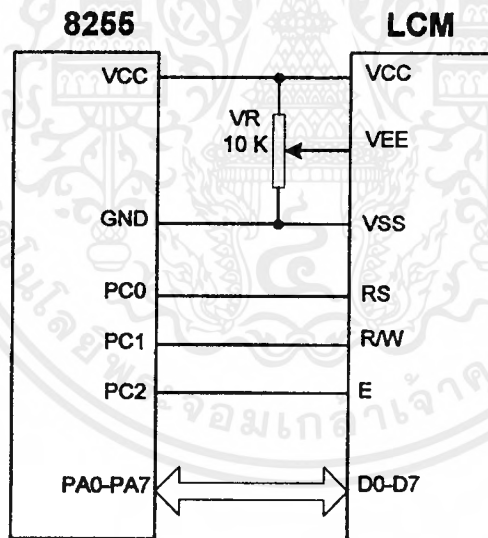
5. ทำให้เปลืองพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการเข้ารหัส

ละเอียดพอสมควร

6. การจัดหาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของชิพแต่ละหมายเลขด้วย

### 5.1.2 การต่อแบบไอโอพอร์ท

1. สามารถต่อเข้ากับพอร์ทอินพุทและพอร์ทเอาต์พุตใดๆ ก็ได้ โดยใช้สัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมาให้ตรงกับข้อกำหนดของแอลซีดีโมดูล
  2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้แอลซีดีโมดูลได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนดหน่วยความจำส่วนหนึ่งให้เสมือนบัฟเฟอร์ให้กับแอลซีดีโมดูลอีกที
  3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เองเพื่อรอให้แอลซีดีโมดูลกระทำขบวนการต่างๆ
  4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วไปที่มีพอร์ท
  5. ไม่เปลืองส่วนของหน่วยความจำในการใช้งาน
  6. การจัดหาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ
- สำหรับโครงการนี้เลือกใช้การต่อแบบไอโอพอร์ท ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การต่อแอลซีดีโมดูลกับพอร์ทของ 8255

### 5.2 ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

การเขียนหรืออ่านข้อมูลของแอลซีดีโมดูล คือการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ในการใช้งานของแอลซีดีตามชุดคำสั่งควบคุมและรวมถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความเพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงข้อมูลด้วย โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 5.2 ดังต่อไปนี้

ตาราง 5.2 แสดงชุดคำสั่งและการแสดงข้อความ

คำสั่ง (INSTRUCTION)	RS	R/W	บิตข้อมูล								EXE. TIME	
			7	6	5	4	3	2	1	0		
เคลียร์การ แสดงผล (CLEAR DISPLAY)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1640
เคอร์เซอร์อยู่ ตำแหน่งเดิม (CURSOR AT HOME)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1640
เซตโหมด สัญญาณเข้า (ENTRY MODE SET)	0	0	0	0	0	0	0	1	I/ D	S		40
เลื่อนการ แสดงผล (DISPLAY SHIFT)	0	0	0	0	0	1	S/ C	R/ L	*	*		40
แสดงผล/ไม่ แสดงผล (DISPLAY ON/OFF)	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B		40

ตาราง 5.2 แสดงชุดคำสั่งและการแสดงข้อความ (ต่อ)

คำสั่ง (INSTRUCTION)	RS	R/W	บิตข้อมูล								EXE. TIME
			7	6	5	4	3	2	1	0	
เซตหน้าที่ (FUNCTION SET)	0	0	0	0	1	D	N	F	*	*	40
เซตตำแหน่ง หน่วยความจำ ซีจี (SET CGRAM ADDRESS)	0	0	0	1	ตำแหน่งหน่วยความจำซีจี (CGRAM ADDRESS)					40	
(SET DDRAM ADDRESS)	0	0	1	ตำแหน่งหน่วยความจำดีดี (DDRAM ADDRESS)					40		
BUSY, ADD. READ	0	1	B	ตำแหน่ง					0		
CGRAM, DDTAM WR	1	0	เขียนข้อมูล					40			
CGRAM, DDTAM RD	1	1	อ่านข้อมูล					40			

### 5.3 ความเข้าใจพื้นฐาน

1. การเขียนข้อมูลให้กับแอสซีดีไมคูลจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือคำสั่งและข้อมูล

โดยจะกำหนดด้วยขาคัญญาณ RS คือถ้า  $RS = 0$  จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุมหรืออ่านค่าแฟลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์หรือต้องการ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่บอกสภาพการทำงานของแอสซีดีโมดูลและถ้า  $R_s = 1$  จะหมายถึงการเขียนหรืออ่านข้อมูลของแอสซีดีโมดูล

2. หลักในการเขียนข้อมูลให้แอสซีดีโมดูลนี้ คือเมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้วตัวแอสซีดีโมดูลจะต้องใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่งตามค่าเวลาในการปฏิบัติตามคำสั่ง (EXECUTE TIME) ในตาราง ซึ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบได้จากแฟล็กบิวซี (BUSY FLAG) และถ้าเรียบร้อยแล้วจึงจะสามารถเขียนข้อมูลย้อนกลับได้ ซึ่งระบบจะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลา (DELAY) แทน

3. การเขียนข้อมูลให้กับแอสซีดีโมดูลนี้ สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 4 บิต โดย กรณี 4 บิต จะใช้สายสัญญาณข้อมูลเพียง 4 เส้นคือ DB4-DB7 (ใช้สำหรับระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 4 บิต หรือเพื่อประหยัดสาย) สำหรับการเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 บิต เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้งคือ DB4-DB7 ก่อนแล้วตามด้วย DB0-DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในคำสั่งเซตหน้าที่ (FUNCTION SET) ด้วย

4. หน่วยความจำดิสเพลย์ (DISPLAY DATA RAM หรือ DDRAM) คือหน่วยความจำภายในแอสซีดีโมดูลที่เป็นบัพเฟอร์ของข้อมูล โดยถ้าเขียนรหัสแอสกี (ASCII) ใดๆ ลงไปในหน่วยความจำนี้ ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แผงแสดงข้อมูลทันที

5. หน่วยความจำ ซีจี (CHARACTER GENERATOR RAM หรือ CGRAM) คือหน่วยความจำภายในตัวแอสซีดีโมดูลสำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง ( 8 ตัว ) โดยอ้างตำแหน่งได้ทั้งหมด 64 ไบท์ คือ 8 ตัวอักษร คูณกับ 8 แถว

#### 5.4 รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง

##### 1. เคลียร์การแสดงผล

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

สำหรับการเคลียร์การแสดงผลจะทำการเขียนอักษรรสเปส (SPACE) ลงในหน่วยความจำดีทั้งหมด และกำหนดค่าให้เป็น 0 พร้อมทั้งเคอร์เซอร์จะกลับไปตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ

##### 2. เคอร์เซอร์อยู่ตำแหน่งเดิม

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

สำหรับการกำหนดค่าตำแหน่งหน่วยความจำดีดีให้เป็น 0 พร้อมทั้งเคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพโดยที่ข้อมูลในหน่วยความจำดีดีไม่มีการเปลี่ยนแปลง

### 3. เซตโหมคสัญญาณเข้า

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I/D=0 กำหนดทิศทางของเคอร์เซอร์และหน่วยความจำดีดีให้เป็นแบบลดค่า (DECREMENT)

I/D=1 กำหนดทิศทางของเคอร์เซอร์และหน่วยความจำดีดีให้เป็นแบบเพิ่มค่า (INCREMENT)

S=0 เมื่อเขียนข้อมูลแล้วเคอร์เซอร์จะถูกเลื่อนไปในทิศทางตามค่าของ I/D

S=1 เมื่อเขียนข้อมูลแล้วเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ และตัวอักษรจะถูกเลื่อนไปทิศทางตามค่า I/D

การกำหนด I/D และ S นี้ ให้กำหนดก่อนการเขียนข้อมูลในหน่วยความจำดีดี และเมื่อกำหนดแล้วจะต้องไม่ใช่คำสั่งเคลียร์การแสดงผลอีก

### 4. แสดงผล/ไม่แสดงผล

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

D=0 กำหนดให้ไม่แสดงผล

D=1 กำหนดให้แสดงผล

C=0 กำหนดให้ไม่มีเคอร์เซอร์ (OFF CURSOR)

C=1 กำหนดให้มีเคอร์เซอร์ (ON CURSOR)

B=0 กำหนดให้ไม่มีการกระพริบที่ตำแหน่งของเคอร์เซอร์

B=1 กำหนดให้มีการกระพริบของเคอร์เซอร์ (กระพริบเป็นรูปสี่เหลี่ยม)

### 5. เลื่อนการแสดงผล

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	S/C	R/L	*	*

S/C=0 กำหนดให้เลื่อนเคอร์เซอร์ตามทิศทางของ R/L ไป 1 ตำแหน่ง

S/C=1 กำหนดให้เลื่อนข้อความบนแผงแสดงข้อมูลตามทิศทาง R/L ไป 1 หลัก (COLUMN) โดยเลื่อนทุกบรรทัด

R/L=0 กำหนดให้มีทิศทางไปทางซ้าย

R/L=1 กำหนดให้มีทิศทางไปทางขวา

## 6. เขตหน้าที่

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

DL=0 กำหนดให้การติดต่อกับแอลซีดี โมดูลเป็นแบบ 4 บิต

DL=1 กำหนดให้การติดต่อกับแอลซีดี โมดูลเป็นแบบ 8 บิต

จะสังเกตว่าการกำหนดค่า DL นี้สามารถกระทำได้ที่ DB4-DB7 ซึ่งถ้ามีการกำหนดให้เป็นแบบ 4 บิตตั้งแต่แรก หลังจากย้ายไปแล้วยังก็จะทำให้แอลซีดี โมดูลมีการรับข้อมูลแบบ 4 บิตทันที

N=0 กำหนดว่า 1 บรรทัดมี 8 ตัวอักษร

N=1 กำหนดว่า 1 บรรทัดมี 16 ตัวอักษร

F=0 กำหนดให้อักษรเป็นแบบ 5\*7 จุด (กรณีที่แอลซีดี โมดูลเป็นแบบ 5\*7 อยู่แล้วก็จะไม่มีผลอะไร)

## 7. เขตตำแหน่งหน่วยความจำซีจี

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	ตำแหน่งหน่วยความจำซีจี					

สำหรับการกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำซีจี เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้วการอ่านและเขียนข้อมูลที่ต่อจากนี้จะเป็นไปตามตำแหน่งที่กำหนดทันที

## 8. เขตตำแหน่งหน่วยความจำดีดี

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	ตำแหน่งหน่วยความจำดีดี					

สำหรับการกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำดีดีเมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้วการอ่านและเขียนข้อมูลที่ต่อจากนี้จะเป็นไปตามตำแหน่งที่กำหนดทันทีซึ่งตำแหน่งของ DMC162 แสดงในรูป

5.2

80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB

8C	8D	8E	8F
CC	CD	CE	CE

รูปที่ 5.2 ตารางตำแหน่งหน่วยความจำคี่ของแอสซีดีโมดูล

## 9. BUSY FLAG และตำแหน่งการอ่าน

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	ตำแหน่ง						

สำหรับการอ่านค่า BF ซึ่งบอกถึงความพร้อมของแอสซีดีโมดูลในการรับข้อมูล ถ้า BF=0 หมายถึงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูล แต่ถ้า BF=1 หมายถึงว่ายังไม่พร้อม นอกจากนี้ยังไม่เป็นการอ่านค่าตำแหน่งหน่วยความจำคี่หรือตำแหน่งหน่วยความจำคี่

## 5.5 การอ่านข้อมูลและการเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำคี่/หน่วยความจำคี่

## 1. การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำคี่หรือหน่วยความจำคี่

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	ข้อมูล							

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำคี่หรือหน่วยความจำคี่ โดยเมื่อทำการเขียนแล้วตำแหน่งจะถูกเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่งเซตโหมดสัญญาณเข้า และการเขียนจะเป็นหน่วยความจำคี่หรือหน่วยความจำคี่ก็ขึ้นกับว่าก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนดตำแหน่งที่ใด

## 2. อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำคี่หรือหน่วยความจำคี่

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	ข้อมูล							

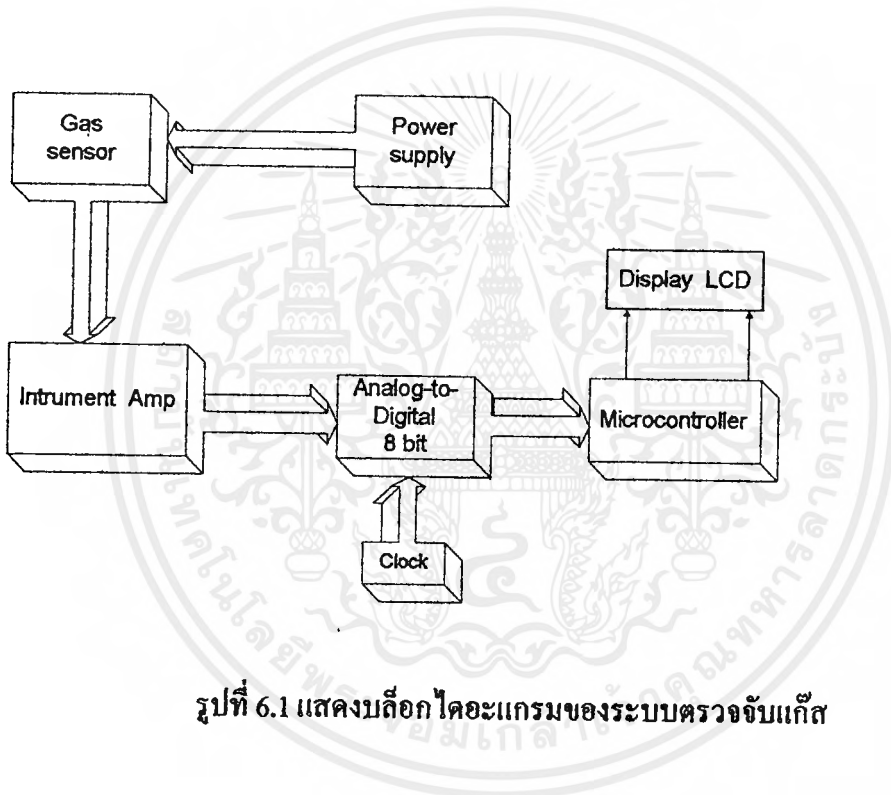


## บทที่ 6

### รายละเอียดการออกแบบและการสร้าง

#### 6.1 แนวทางการออกแบบ

จากโครงการที่ได้ศึกษาอยู่ในขณะนี้เราสามารถแสดงการทำงานของโครงการพอสังเขปได้ตาม Block diagrame ดังต่อไปนี้



รูปที่ 6.1 แสดงบล็อก โคอะแกรมของระบบตรวจจับแก๊ส

จากบล็อก โคอะแกรมโครงสร้างฮาร์ดแวร์ของโครงการเราสามารถอธิบายรายละเอียดของโครงการออกเป็นภาคต่างๆ ได้ดังนี้

##### 6.1.1 ส่วนเซ็นเซอร์แก๊ส

ทำหน้าที่วัดปริมาณแก๊สตามเวลาที่กำหนด โดยเซ็นเซอร์จะวัดค่าความเข้มข้นของแก๊สและแสดงค่าออกมาในรูปของความต้านทานที่แปรค่าได้ตามปริมาณความเข้มข้นของแก๊สซึ่งในโครงการนี้จะแปลงค่าข้อมูลในรูปของความต้านทานเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งในการประยุกต์ใช้งานจะนำไปใช้ในการประมวลผลต่อไป

### 6.1.2 ส่วนของวงจร อินทรูเมนต์แอมป์และวงจรขยายแรงดัน

วงจรส่วนนี้จะรับอินพุตมาจากตัวเซ็นเซอร์แล้วจึงนำมาผ่านวงจรอินทรูเมนต์แอมป์ (Instrument Amp) ซึ่งเป็นภาคปริแอมป์ก่อนจะส่งมาขยายต่อในส่วนของวงจรขยายที่อยู่ถัดมา

### 6.1.3 ส่วนวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D CONVERTER)

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่แปลงค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการแปลงจากค่าความต้านทานที่วัดได้จากวงจรเซ็นเซอร์ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล (DIGITAL) เพื่อนำไปประมวลผลในระบบ

### 6.1.4 ส่วนแสดงผล

ในที่นี้จะใช้แอลซีดีขนาด 16x2 โมดูล (แอลซีดี 16 x 2 DISPLAY MODULE) เป็นตัวแสดงผลซึ่งจะแสดงผลได้ 2 บรรทัดๆ ละ 16 ตัวอักษร

### 6.1.5 ส่วนตัวรับค่าจากผู้ใช้งาน (KEYBOARD)

จะใช้คีย์บอร์ดแบบเมตริกซ์ (MATRIX KEYBOARD) ขนาด 4 x 4 เป็นตัวรับค่าจากผู้ใช้งาน

### 6.1.6 ส่วนประมวลผลกลาง (ไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C31)

- ทำหน้าที่ควบคุมเซ็นเซอร์ให้ทำการวัดปริมาณแก๊สตามเวลาและความถี่ที่กำหนด
- ควบคุมส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลให้ทำการแปลงค่าข้อมูลที่เซ็นเซอร์วัดได้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำไปเก็บในหน่วยความจำ
- ทำหน้าที่สแกนคีย์บอร์ดเพื่อรับค่าจากผู้ใช้งาน
- ควบคุมการแสดงผลซึ่งในที่นี้จะใช้แอลซีดี 16 x 2 ในการแสดงผล

### 6.1.7 Power supply

ใช้สำหรับเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรซึ่งประกอบด้วย ไฟ 5 V, +12 V, -12 V

## 6.2 การออกแบบในส่วนของคุณไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบคุณไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีส่วนสำคัญที่จะต้องพิจารณาอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน คือ

6.2.1 ส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hard ware) ซึ่งประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ชุดแสดงผลโดยใช้ LCD ซึ่งได้แสดงไว้แล้วในผังรูป 6.1 จะเห็นได้ว่าในส่วนของคุณไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจากโครงสร้างของคุณไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 จะมีพอร์ตใช้งานอยู่ 4 พอร์ต คือ พอร์ตศูนย์ (Port 0, Po.0-Po.7) พอร์ตหนึ่ง (Port 1, P1.1-P 1.7) พอร์ตสอง (Port 2, P2.0 -P2.7) และพอร์ตสาม (Port 3, P3.0-P3.7) ซึ่งจะมีหน้าที่ใช้งานแตกต่างกันออกไป ในการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ 8255 จะใช้พอร์ตศูนย์ในการติดต่อถึงกันและในส่วนของคุณข้อมูลจากไอซีเบอร์ 8255 เพื่อจะทำการต่อเชื่อมกับชุดของส่วนการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล (A/D) โดยที่ 8255 ใช้พอร์ต A เป็นตัวรับข้อมูล (Data) ส่วนพอร์ต B ใช้ควบคุม ADC และใช้สำหรับล้างหัวเซ็นเซอร์ (Heat clemning) ซึ่งจะต้องใช้จำนวนเส้นของสัญญาณ 12 เส้น ส่วนสายสัญญาณที่เหลือของพอร์ต 8255 เราจะนำไปต่อกับชุดคีย์บอร์ด (Keyboard) ในการออกแบบฮาร์ดแวร์ของคุณไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นการนำมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับชุดตรวจจับแก๊สเท่านั้น

### 6.2.2 ส่วนของซอฟต์แวร์ หรือโปรแกรมควบคุม (Software or Controller Programing)

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อการควบคุมการทำงานของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ เราจำเป็นต้องใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมแล้วจึงนำมาแปลงเป็นแอสเซมบลี (Assembly) เฉพาะสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้ ซึ่งในการทำงานเราจะต้องเขียนโปรแกรมควบคุมส่วนหลักๆ ดังนี้คือ

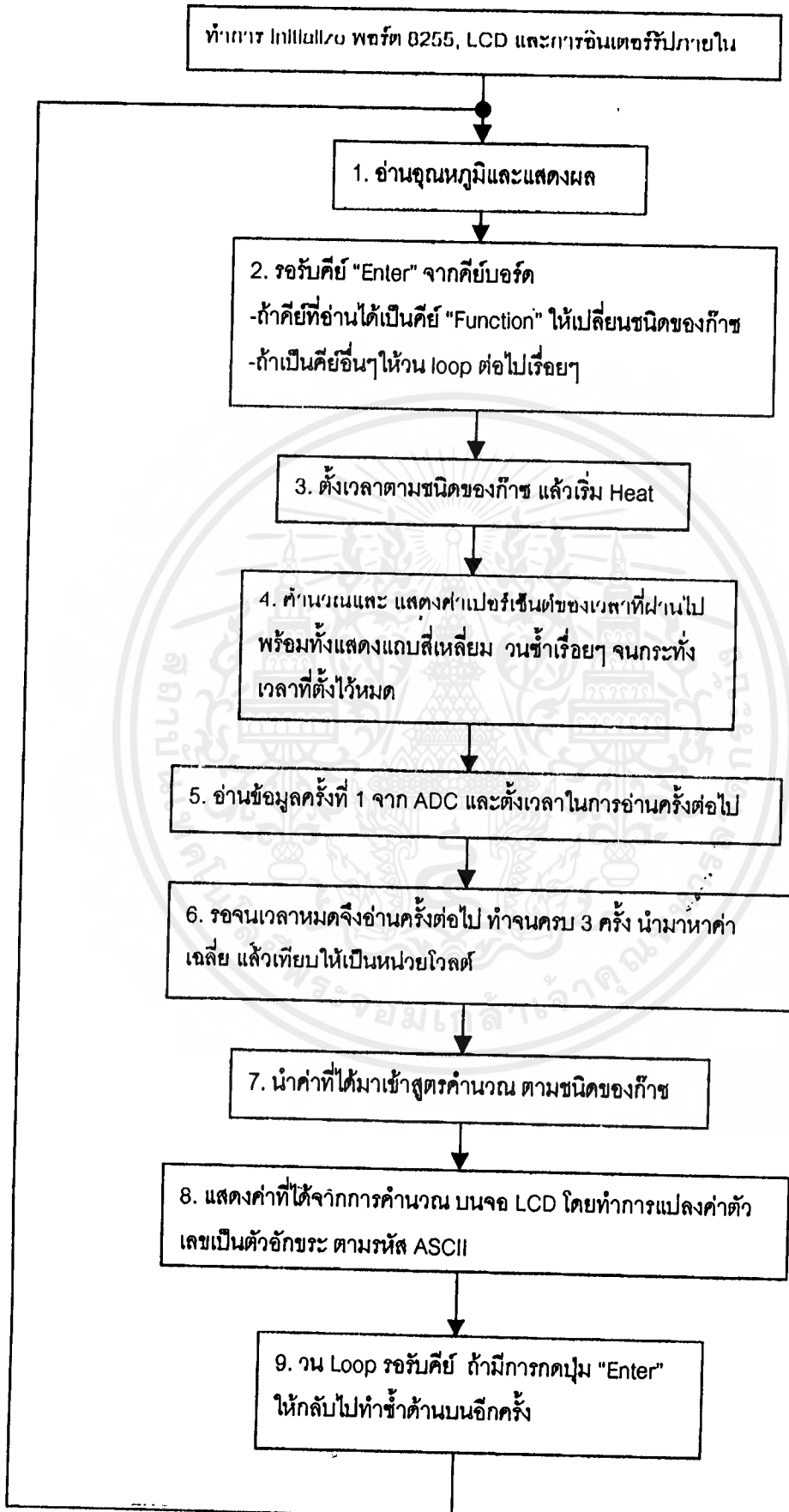
- 1) ควบคุมการเลือกตัวแก๊สเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดและทำการประมวลผลค่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามา
- 2) การกำหนดตำแหน่งของพอร์ตที่ใช้ติดต่อกับภายนอกเช่น พอร์ต 8255, พอร์ต LCD
- 3) การแสดงค่าของอุณหภูมิภายในรอบบริเวณของตัวตรวจจับแก๊ส
- 4) การแสดงค่าของเวลาในขณะที่กำลังวัดแก๊ส

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมสิ่งที่จำเป็นอันดับแรกคือการเขียนโฟว์ชาร์ต (Flow chart)

ซึ่งโฟว์ชาร์ตในส่วนของคุณไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงดังรูปที่ 6.2

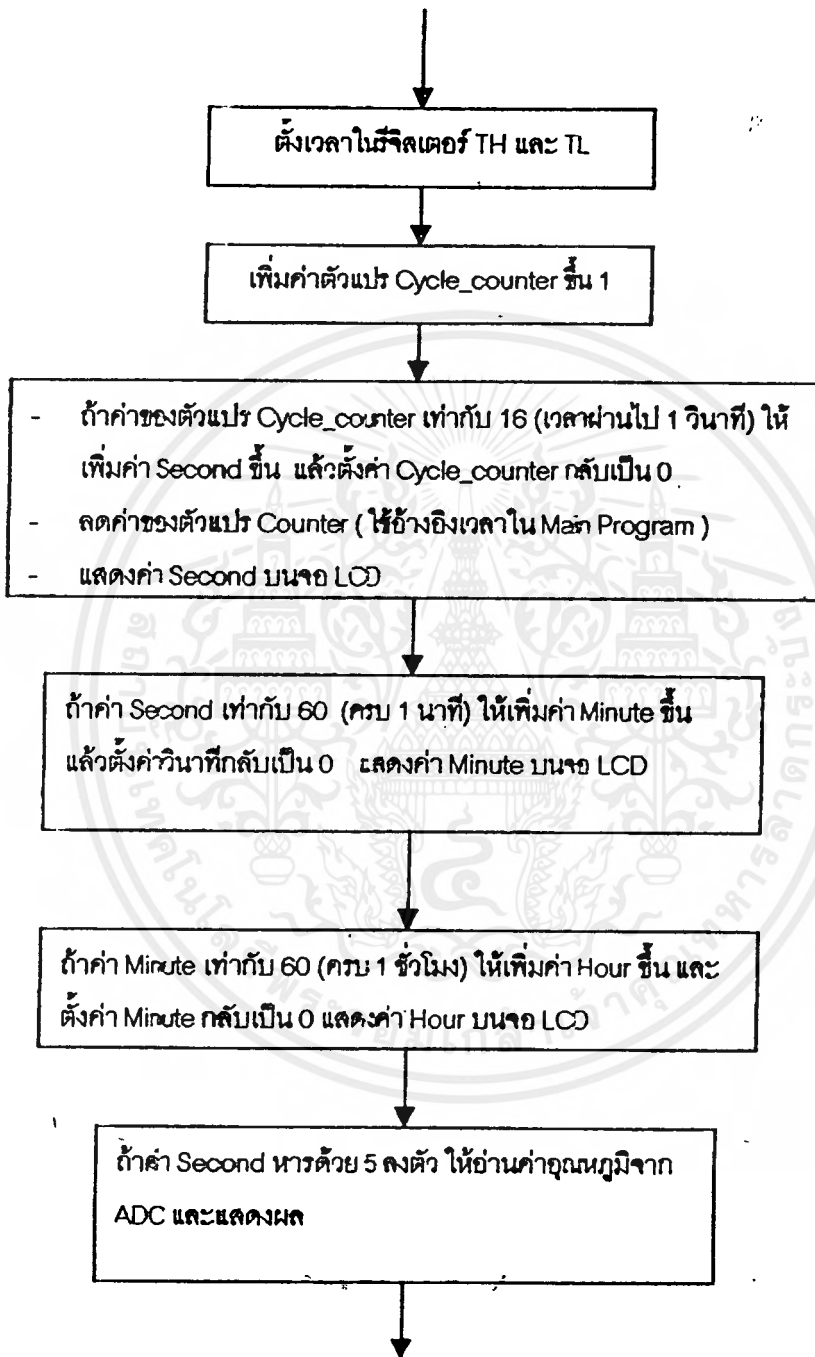
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทำงานใน Main program



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

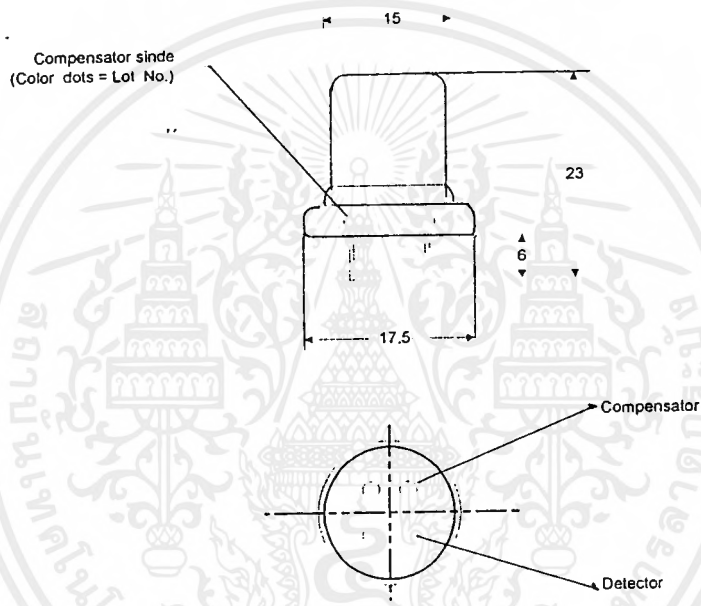
## การทำงานในโปรแกรมตอบสนององการอินเตอร์รัป



รูปที่ 6.2 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตรวจจับแก๊ส (ต่อ)

### 6.3 ลักษณะโครงสร้างของแก๊สเซ็นเซอร์

แก๊สเซ็นเซอร์ถูกสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type) ซึ่งประกอบด้วย ดีบุกออกไซด์ (Tin - Oxide : $S_nO_2$ ) ซึ่งจะมีคุณสมบัติคือค่าความนำทางไฟฟ้า (Conductivity) จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีพวกแก๊สติดไฟ (Combustible gases) เข้ามาทำปฏิกิริยา อาทิ เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ฯลฯ และรอบๆ ชั้นสารกึ่งตัวนำจะมีลวดความร้อนล้อมรอบอยู่เพื่อทำหน้าที่ให้แก๊สและไอถูกดูดซับและระเหยได้เร็วขึ้นและยังเป็นการลดผลของอุณหภูมิภายนอกและความชื้นที่จะมามีผลต่อการนำไฟฟ้าของชั้นสารกึ่งตัวนำ ดังรูปที่ 6.3



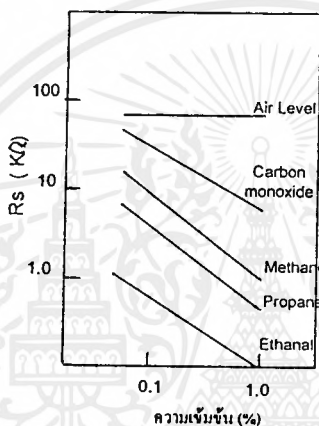
รูปที่ 6.3 ลักษณะและโครงสร้างของตัวเซ็นเซอร์แก๊ส

### 6.4 คุณสมบัติของแก๊สเซ็นเซอร์

เมื่อโมเลกุลของแก๊สถูกดูดกลืนผิวสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานขึ้นอันเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานของ โมเลกุลของแก๊สกับผิวสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เมื่อออกซิเจนซึ่งตามคุณสมบัติจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ( เนื่องจากอิเล็กตรอนวงนอกสุดของแก๊สออกซิเจน = 6 ) ซึ่งเมื่อมันถูกดูดไว้เป็นผลให้ค่าความนำทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำในแก๊สเซ็นเซอร์ลดลง ในทางกลับกันถ้าปริมาณของออกซิเจนมีน้อยแรงดันจะน้อยค่าความนำทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำก็จะสูงขึ้น

เนื่องจากความดันของออกซิเจนในอากาศนี้คงที่ในสภาวะปกติโดยอัตราส่วนและปริมาณของออกซิเจนที่ถูกดูดโดยแก๊สเซ็นเซอร์จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของแก๊สเซ็นเซอร์ ฉะนั้นค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความนำไฟฟ้าของแก๊สเซ็นเซอร์คงที่เมื่ออุณหภูมิคงที่ โดยสภาพปกติตัวแก๊สเซ็นเซอร์รับเอา ออกซิเจนไว้แล้วและมีความนำทางไฟฟ้าอยู่ค่าหนึ่งคงที่ดังนั้นถ้ามีแก๊สชนิดอื่นซึ่งเป็นพวกแก๊สติดไฟ เช่น พวกคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนเข้ามาโมเลกุลของแก๊สที่เข้ามาแทนที่นี้จะถ่ายเทจำนวนอิเล็กตรอนไปในทิศทางตรงกันข้ามกับออกซิเจน คืออิเล็กตรอนจะส่งผ่านไปยังสารกึ่งตัวนำที่มีความเข้มข้นของอิเล็กตรอนมากกว่าเป็นผลทำให้ค่าความนำทางไฟฟ้าของตัวแก๊สเซ็นเซอร์เพิ่มขึ้นนั่นคือค่าความต้านทานของมันลดลงและจะลดลงเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแก๊สที่เข้ามาและชนิดของแก๊สด้วย ดังรูปที่ 6.4



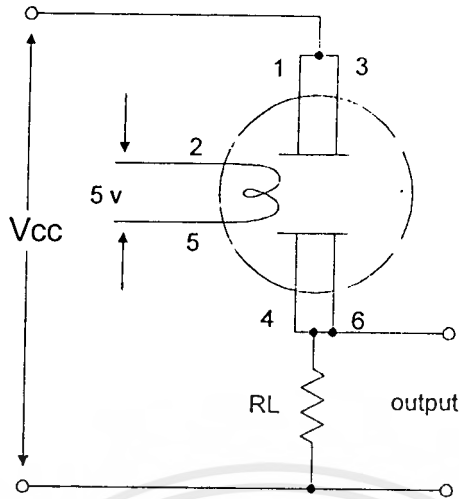
รูปที่ 6.4 แสดงกราฟความต้านทานของสารกึ่งตัวนำที่ความเข้มข้นของแก๊สแตกต่างกัน

### 6.5 วิธีใช้งานของตัวแก๊สเซ็นเซอร์

การใช้งานแก๊สเซ็นเซอร์จะใช้แรงดัน 5 โวลต์ มาป้อนให้แก่หลอดความร้อนขดลวดความร้อนจะกินกระแสไฟประมาณ 180 มิลลิแอมป์ (mA) แล้วต่อปลายอิเล็กโทรด (electrode) ทั้งสองด้านขึ้นสารกึ่งตัวนำไปหาไฟเลี้ยง (Vcc) โดยผ่านความต้านทานโหลด ( $R_L$ ) ดังรูปที่ 6.5

ไฟเลี้ยงนี้ต้องไม่เกินกว่า 24 โวลต์ อย่งไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วมักใช้ไฟเลี้ยงมีค่าไม่น้อยกว่า 5 โวลต์ และไม่มากกว่า 15 โวลต์

เนื่องจากคุณสมบัติด้านความไวของตัวแก๊สเซ็นเซอร์ขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นมาก ดังนั้นเพื่อให้การทำงานได้ดีขึ้นและเชื่อถือได้สูงไฟเลี้ยงขดลวดความร้อนจึงควรมีค่าคงที่



รูปที่ 6.5 แสดงวิธีการใช้งานแก๊สเซ็นเซอร์แบบเบื้องต้น

## 6.6 พื้นฐานในการวัดด้วยแก๊สเซ็นเซอร์

ในสภาวะอากาศปกติตัวแก๊สเซ็นเซอร์จะมีความต้านทานทางไฟฟ้าสูง ( High electrical resistance ) ถ้าตัวแก๊สเซ็นเซอร์อยู่ในสภาพที่มีแก๊สติดไฟไปปกคลุมก็จะทำให้ค่าความต้านทานของมันลดลงเนื่องจากความเข้มของแก๊สดังได้กล่าวมาแล้ว จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนี้ ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานโหลด ( $R_L$ ) เปลี่ยนแปลงไปด้วย

นั่นคือเมื่อความต้านทานของแก๊สเซ็นเซอร์ลดลงมากจะได้ค่าแรงดันที่ความต้านทานโหลดสูงขึ้นซึ่งเราสามารถนำขนาดของแรงดันนี้ไปได้เปรียบเทียบกับปริมาณของแก๊สเซ็นเซอร์ที่รับมาได้

อย่างไรก็ตามเนื่องจากความต้านทานของเซ็นเซอร์ที่ตัวนำไม่ได้ลดลงเป็นอัตราส่วนกับปริมาณแก๊สหรือไอแต่จะลดในลักษณะเอ็กโปเนนเชียล (Exponential) ดังนั้นจะแปรค่าแรงดันที่ได้รับออกมาเป็นความเข้มข้นของแก๊สโดยตรงไม่ได้ซึ่งใช้ได้แต่เปรียบเทียบว่ามีมากหรือน้อยเท่านั้นแต่สามารถที่จะนำคุณลักษณะเอ็กโปเนนเชียล (Exponential) ประยุกต์ใช้เป็นสมการในการหาปริมาณแก๊สได้

## 6.7 อุปกรณ์ของเครื่องตรวจจับแก๊ส

แบ่งส่วนประกอบที่สำคัญๆ ในแต่ละเครื่องได้ดังนี้

### 6.7.1 แก๊สเซ็นเซอร์

### 6.7.2 วงจรเครื่องตรวจจับแก๊ส

### 6.7.1 แก๊สเซ็นเซอร์ (GAS SENSOR)

แก๊สเซ็นเซอร์เป็นอุปกรณ์สำคัญของเครื่องตรวจจับแก๊สและควัน ซึ่งในโครงการนี้ใช้แก๊สเซ็นเซอร์ด้วยกัน 3 ตัวซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่ความต้านทานไวต่อแก๊สและไอน้ำต่างชนิดกัน คือ

ก. RS 286-614 :NAP-5A (FOR ALL COMBUSTIBLE GAS) จะมีความไวต่อแก๊สพิษ เช่น แอมโมเนีย คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไอของสารละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ เบนซิล เป็นต้น จึงนิยมใช้ทำเครื่องเตือนควัน(ไฟไหม้)เครื่องดักจับปริมาณแอลกอฮอล์สำหรับทดสอบพนักงานขับรถ

ข. RS 286-363 :NAP-11A (CO GAS SENSOR) มีความไวต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ จากท่อไอเสียรถยนต์ เป็นต้น

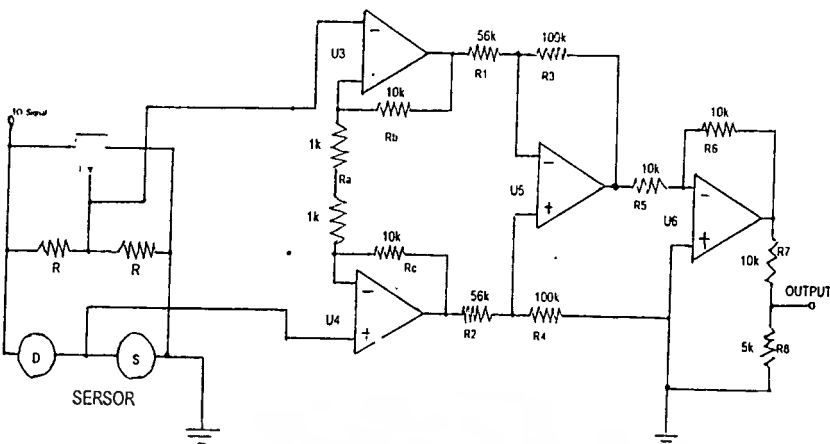
ค. RS 286-642 :NAP-11AN (FOR NITROGEN OXIDES) ใช้สำหรับตรวจจับแก๊สไนโตรเจนออกไซด์และสามารถที่จะนำมาใช้ทำเครื่องดักจับปริมาณแก๊สหุงต้ม (รั่ว) ในบ้านที่อยู่อาศัยและเนื่องจากความไม่ไวต่อคาร์บอนมอนอกไซด์ จึงลดปัญหาการเตือนผิดพลาดไปได้

### 6.7.2 วงจรเครื่องตรวจจับแก๊ส

#### ชุดตรวจจับแอลกอฮอล์

แก๊สเซ็นเซอร์เป็นอุปกรณ์สำคัญของเครื่องตรวจจับแก๊สติดไฟและแอลกอฮอล์ ซึ่งในโครงการนี้ใช้แก๊สเซ็นเซอร์ รุ่น RS 286-614 ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่ความต้านทานไวต่อแก๊สและไอน้ำต่างชนิดกัน คือจะมีความไวต่อแก๊สพิษ เช่น แอมโมเนีย คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไอของสารละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ เบนซิล เป็นต้น จึงนิยมใช้ทำเครื่องเตือนควัน (ไฟไหม้) เครื่องดักจับปริมาณแอลกอฮอล์ สำหรับทดสอบพนักงานขับรถและสามารถนำมาใช้ทำเครื่องดักจับปริมาณแก๊สหุงต้ม (รั่ว) ในบ้านที่อยู่อาศัยและเนื่องจากความไม่ไวต่อคาร์บอนมอนอกไซด์จึงลดปัญหาการเตือนผิดพลาดไปได้

ในชุดตรวจจับแก๊สรุ่นนี้จะใช้ตัวตรวจจับเบอร์ NAP-5A ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการตรวจจับแก๊สเชื้อเพลิงหรือแก๊สธรรมชาติได้หลายชนิดด้วยกัน เช่น แอลกอฮอล์ มีเทน อิทานอลไฮโดรเจน ซึ่งจะมีความไวในการตรวจจับสูงส่วนกำลังงานที่ใช้ก็จะใช้กำลังงานต่ำประมาณ 3 Volt ซึ่งวงจรที่ใช้งานมีลักษณะ ดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 แสดงวงจรตรวจจับแอลกอฮอล์

การทำงานของวงจร โดยการทำงานได้นำมาใช้ร่วมกับวงจรบริดจ์คั้งรูปและมีความต้านทาน VR เป็นความต้านทานปรับค่าได้ปรับแต่งจุดการทำงานของตัวตรวจจับแก๊ส โดยที่จุด A และ B คือ จุดที่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านแรงดันเป็นค่าความต่างศักย์และค่าทั้งสองนี้จะถูกส่งเข้าไปสู่วงจรปรีแอมป์ก่อนจะผ่านมายังออปแอมป์ดิฟเฟอเรนเชียลแอปพลิเคชันหรือไอซี UIC โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าแรงดันสองจุดถ้าเหมือนกันจะได้สัญญาณเอาพุทเป็นศูนย์ แต่หากแรงดันต่างกันก็จะมีเอาต์พุตออกมาเป็นสัดส่วนกับความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นแล้วนำค่าที่ได้เข้าไอซีออปแอมป์ขยายอีกต่อไป

การปรับแต่งต้องกระทำในที่อากาศบริสุทธิ์เท่านั้นและก่อนทำการปรับแต่งควรจ่ายไฟให้แกตัวตรวจจับมากกว่า 1 ชั่วโมง นำเอาโวลท์มิเตอร์ต่อเข้าที่จุด A และ B ปรับ VR ให้ได้ค่าแรงดันที่ออกที่จุด alarm 0 mV และความกว้างของย่าน 25 mV โดยจะปรับไว้ที่ค่า 25 mV

#### ชุดตรวจจับแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์

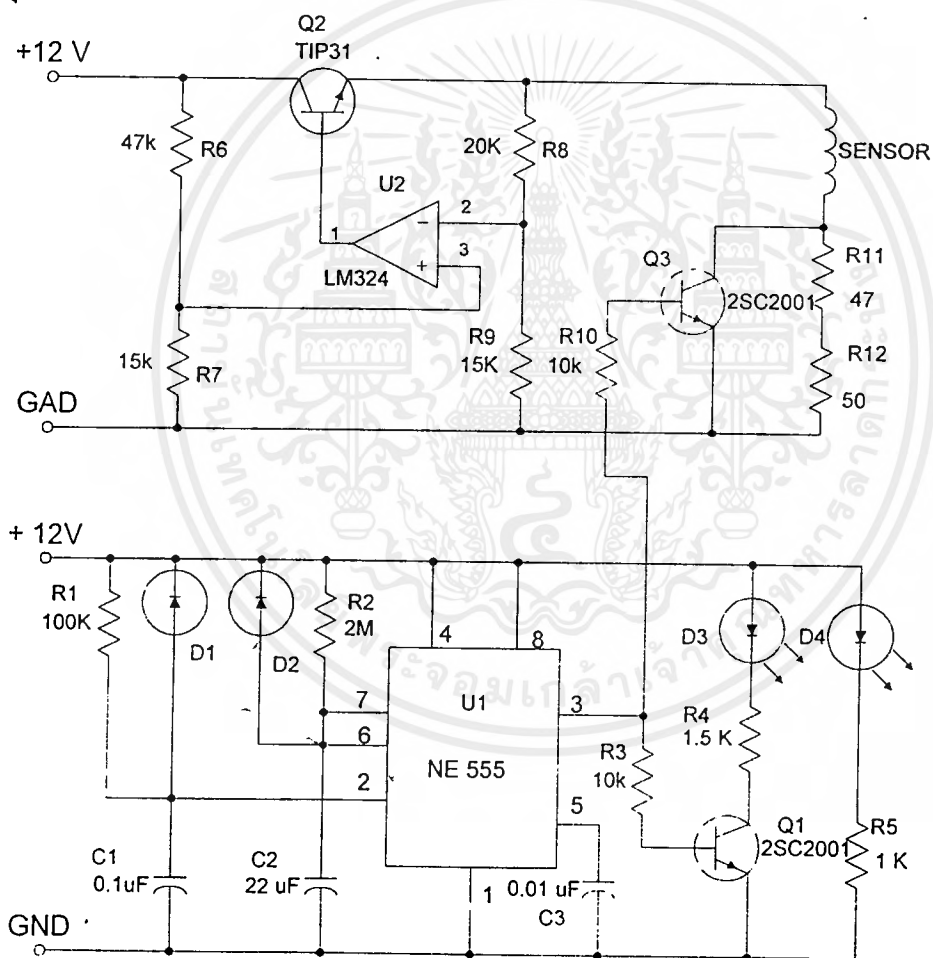
ดั่งที่กล่าวมาคร่าวๆ แล้วเกี่ยวกับแก๊สเซ็นเซอร์เบอร์ RS 286-363 :NAP-11A (CO GAS SENSOR) และ RS 286-642 :NAP-11AN (FOR NITROGEN OXIDES) ในการใช้งานจริงๆ นั้นเราจำเป็นต้องมีวงจรประกอบอีก ซึ่งแสดงได้จากรูปที่ 6.6 เราจะเห็นว่าจากวงจรค่าของ R คือ ส่วนๆของหัวแก๊สเซ็นเซอร์

แนวความคิดในการออกแบบวงจรนี้ ก็คือเมื่อเริ่มใช้งานเราจำเป็นต้องอุ่นหัวเซ็นเซอร์ด้วยแรงดันประมาณ 5 โวลต์ ก่อนเพื่อจะช่วยให้หัวแก๊สสะอาดพร้อมที่จะรับค่าของแก๊สใหม่ได้ ซึ่งจากรูป 6.7 ก็คือส่วนของ  $Q_2$  และ  $U_1$  จะต่ออยู่ในลักษณะวงจรจ่ายไฟ (Regulator) ซึ่งเวลาในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอุ่นหัวเซ็นเซอร์แก๊สจะขึ้นอยู่กับค่าช่วงเวลาคงที่ของชุดโมโนสเตเบิล (Monostable) ของไอซีเบอร์ NE 555 สามารถคำนวณค่าได้จากค่าของ  $R_2$  และ  $C_2$  ตามสูตร

$$\text{สูตร ค่าเวลาคงที่ (Time Constant)} = 1.1R_2C_2$$

เมื่อเราอุ่นหัวแก๊สเซ็นเซอร์แล้วต่อไปก็จะเริ่มตรวจวัดปริมาณของแก๊สที่เข้ามาที่หัวเซ็นเซอร์ จากคุณสมบัติของหัวแก๊สเซ็นเซอร์ซึ่งจะมีค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปตามปริมาณและชนิดของแก๊สที่เข้ามา ดังนั้นจะเห็นว่าถ้าค่าของปริมาณแก๊สหรือชนิดของแก๊สเปลี่ยนไปสัญญาณเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย



รูปที่ 6.7 วงจรในส่วนทำหน้าที่ล่างหัวแก๊สเซ็นเซอร์ที่ใช้ทดลอง

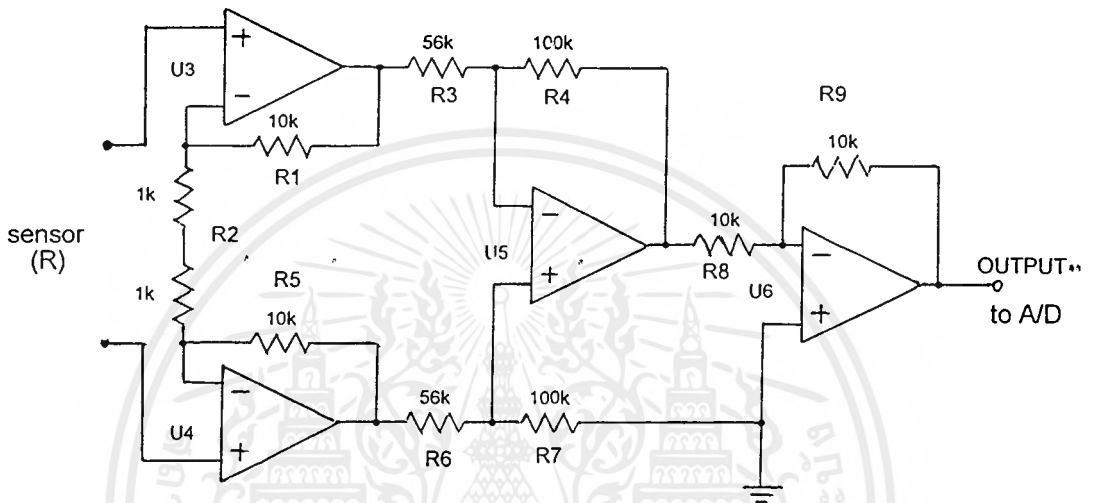
## 6.8 ข้อเสนอแนะบางประการที่ควรทราบ

เมื่อเริ่มใช้งาน (ป้อนไฟเลี้ยงเข้าวงจร) ควรอุ่นตัวแก๊สเซ็นเซอร์ก่อนประมาณ 10 นาที ให้ความต้านทานของเซ็นเซอร์ถึงตัวนำเข้าที่เสถียรและถ้าไม่ได้ใช้งานมานานหรือเก็บไว้ในที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นมากน้อยๆ ก็ควรจับไล่ความชื้นหรือแก๊สพิษที่ตกค้างอยู่โดยการป้อนแรงดันให้ขดลวด ความร้อนสูงกว่าปกติเล็กน้อย เช่น ป้อนไฟ 6 โวลต์ เข้าไปประมาณ 2 - 5 นาทีก่อนแล้วจึงค่อย ลดลงมาเป็น 5 โวลต์ ตามเดิม

เมื่อมันพร้อมแล้วจะสามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สได้ภายในเวลาไม่กี่วินาทีเท่านั้นและเมื่อแก๊สหมดไปแล้วก็จะคืนกลับสภาพเดิมได้อีกในเวลาประมาณ 2-3 นาที



รูปที่ 6.8 วงจรส่วนเซ็นเซอร์แก๊ส

ในส่วนด้านเซ็นเซอร์จะใช้วงจรอินทริเมนต์แอมป์ ( Instrumentation Amp ) ในการ Detector สัญญาณซึ่งจะใช้ออปแอมป์ เบอร์ TL064 และจะเห็นได้ว่าเมื่อป้อนอินพุตเข้ามาที่อินพุตทางด้าน Noninverting ของออปแอมป์ของ 2 ตัวแรกทำการขยายสัญญาณซึ่งสัญญาณที่ได้รับอินพุตมาจากตัวเซ็นเซอร์ก่อนที่จะส่งต่อไปยังออปแอมป์ตัวที่ 3 ซึ่งขยายสัญญาณแบบ Inverting สัญญาณที่ได้มีการกลับเฟสอยู่จะต้องทำการต่อออปแอมป์เป็น Buffer ในลักษณะ Inverting อีกตัวหนึ่งเพื่อกลับเฟสให้เหมือนกับอินพุตก่อนจะส่งต่อไปยังวงจรนาฬิกาดิจิตอล ( Analog to Digital ) เพื่อทำการแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอล

ซึ่งจากวงจรเราสามารถที่จะหาค่าเอาต์พุตของวงจรได้ดังนี้คือ

จากวงจรทดสอบการทำงานของแก๊สในรูปแบบที่ 2.6 เราสามารถนำมาออกแบบในการทดสอบได้ โดยจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานของการตรวจวัดดังนี้

1. เราต้องมีการทดสอบในบริเวณที่มีอาณาเขตคงที่เป็นมาตรฐานซึ่งจะขอเรียกว่า “Test Chamber”
2. ต้องมีการกำหนดค่าแรงเคลื่อนที่ให้ไบอัส (Bias) แก่หัวเซ็นเซอร์ให้คงที่ตามมาตรฐาน (+5 V)
3. จะต้องทำการวัดค่าแรงเคลื่อนเอาต์พุตหลังจากเริ่มจ่ายแรงเคลื่อนให้แก่หัวอ่านไปแล้ว 1 นาที (ในอากาศบริสุทธิ์) หรือรอให้มีการล้างหัวเซ็นเซอร์เป็นเวลา 3 นาทีในกรณีที่วัดในสภาวะอุณหภูมิต้องปกติ

### 6.9 สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการทดสอบ

ในการทำการทดลองวงจรแก๊สเซ็นเซอร์ขั้นแรกเราจะทำการแยกส่วนการทดสอบโดยแบ่งเป็นส่วนของหัวแก๊สเซ็นเซอร์กับส่วนของวงจรดีฟเฟอเรนเชียลเอ็ปขณะทำการทดลองตรวจวัดแก๊สเราจำเป็นจะต้องระวังเรื่องของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่หัวแก๊สเซ็นเซอร์ด้วย เพราะมีฉะนั้นเมื่อหัวแก๊สมีอุณหภูมิสูงค่าที่วัดได้จะผิดจากค่าจริง

1. ไม่ควรให้มีการเป่าแก๊สเข้าที่หัวเซ็นเซอร์โดยตรงซึ่งจากข้อมูลของหัวแก๊สเซ็นเซอร์จะกำหนดค่าความเร็วของอากาศที่ผ่านชุดเซ็นเซอร์ควรน้อยกว่า 0.5 เมตรต่อวินาที
2. การวัดค่าแรงเคลื่อนที่ออกจากหัวแก๊สเซ็นเซอร์เราต้องใช้โวลต์มิเตอร์ที่มีอิมพีแดนซ์สูงกว่า 1 เมกะโอมห์ ขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ดิจิตอลมัลติมิเตอร์เพราะมีฉะนั้นแล้วมิเตอร์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำจะแสดงตัวเป็นเสมือนโหลดอีกตัวของวงจรเมื่อนำเข้าไปตรวจวัดจะทำให้เป็นเสมือนวงจรขนาน ดังนั้นค่าของความต้านทานจะต่ำลงไปและค่าของแรงเคลื่อนที่วัดได้ก็จะผิดไป

## บทที่ 7

### สรุปผลการทดลอง

#### 7.1 ผลการทดลองการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล ( Analog to digital : A/D )

ในการทดลอง A/D เบอร์ 0809 นี้ โดยทดสอบป้อนไฟ  $V_{in}$  เข้าไปซึ่งเป็นไฟกระแสตรง โดยจะตั้งค่าแรงดัน Full scale ไว้ประมาณที่ 4.9 Volts และตั้งค่าแรงดันอ้างอิงไว้ที่ประมาณ 5 Volts

ตารางที่ 7.1 ผลการทดลองแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

Voltage I/P	O/P ของ ADC	ค่าจากการคำนวณ	ค่าผิดพลาด (%)
0.5	00011001	0.48	-4
1	00110110	1.03	3
1.5	01010010	1.57	7
2	01101000	1.99	-1
2.5	10000100	2.53	3
3	10011110	3.02	2
3.5	10110111	3.5	0
4	11010001	4	0
4.5	11101100	4.52	2
5	11111111	5	0

#### 7.2 ผลการทดลองส่วนของแก๊สเซ็นเซอร์

ระบบตรวจจับแก๊สของโครงการนี้ดังที่กล่าวไว้แล้วว่ามีตัวตรวจจับแก๊สอยู่ด้วยกัน 3 ตัวซึ่งนำมาตรวจจับแก๊สด้วยกัน 3 ชนิดคือ

1. แอลกอฮอล์หัวแก๊สที่ใช้วัดคือ NAP-๑A (FOR ALL COMBUSTIBLE GAS)
2. คาร์บอนมอนนอกไซด์หัวแก๊สที่ใช้วัดคือ NAP-11A (CO GAS SENSOR)
3. ไนโตรเจนออกไซด์หัวแก๊สที่ใช้วัดคือ NAP-11AN (FOR NITROGEN OXIDES)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการที่ได้ทำการทดลองจะทำการทดลองในส่วนของการตรวจจับแอลกอฮอล์เป็นหลักเนื่องจากมีผลอันตรายน้อยกว่าแก๊สชนิดอื่นซึ่งแก๊สชนิดอื่นนั้นเราไม่สามารถที่จะทำการทดลองในห้องที่ไม่ได้มีอุปกรณ์ป้องกันเพียงพอเกี่ยวกับแก๊สที่เป็นพิษได้และได้ทำการทดลองในส่วนของการตรวจจับแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เพียงเล็กน้อยเพื่อให้สามารถทราบได้ว่าตัวตรวจจับสามารถทำงานได้เป็นปกติในขณะที่รับแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เข้ามา

การทดลองการทำงานของตัวตรวจจับแอลกอฮอล์ชุดนี้จะต้องทำการทดลองในพื้นที่ปิดมีการทดสอบในบริเวณที่มีอาณาเขตคงที่เป็นมาตรฐานซึ่งเรียกว่า “Test Chamber” โดยทำการปล่อยแก๊สเข้าไปในกล่องที่ทำไว้สำหรับทดลอง และแก๊สที่ทำการปล่อยเข้ามาจะถูกจำกัดปริมาณตามค่าของแก๊สที่ต้องการด้วยโฟว์แก๊ส (Flow Gas) ซึ่งสามารถลดค่าแก๊สที่ปล่อยเข้ามาให้มีค่าน้อยลงและเราสามารถนำมาใช้ในการทดลองใช้เป็นค่าแก๊สที่ปล่อยเข้ามาเป็นอินพุตได้

ตารางที่ 7.2 ผลการทดลองของเครื่องตรวจจับแก๊ส

Gas Input (PPM)	ค่าที่อ่านได้ครั้งที่ 1 (PPM)	ค่าที่อ่านได้ครั้งที่ 2 (PPM)	ค่าที่อ่านได้ครั้งที่ 3 (PPM)	ค่าที่อ่านได้ครั้งที่ 4 (PPM)	ค่าที่อ่านได้ครั้งที่ 5 (PPM)	ค่าเฉลี่ยจาก 5 ครั้ง (PPM)
10,000	11,041	10,390	11,041	11,692	10,390	10,910.8
15,000	14,947	14,947	14,296	14,296	14,947	14,686.6
20,000	22,760	22,760	20,156	21,458	20,807	21,588.2
25,000	23,411	24,713	24,713	24,713	26,666	24,843.2
30,000	28,619	27,968	27,317	27,968	29,270	28,228.4

ตารางที่ 7.3 ค่าผิดพลาดของการวัดแก๊สโดยคิดจากค่าเฉลี่ย

ค่าแก๊สอินพุตที่ทดสอบ (PPM)	ค่าแก๊สจากการหาค่าเฉลี่ย (PPM)	เปอร์เซ็นต์การผิดพลาด (%)
10,000	10,910.8	9.1
15,000	14,686.6	-2.09
20,000	21,588.2	7.9
25,000	24,843.2	-0.62
30,000	28,228.4	-5.9

### 7.3 วิธีการใช้เครื่องตรวจจับแก๊ส

เครื่องตรวจจับแก๊สนี้มีปุ่มใช้งานด้วยกัน 16 ปุ่มซึ่งจะใช้คีย์บอร์ด 4X4 โดยจะประกอบด้วยปุ่มหมายเลข 0-9, ปุ่มบวก(+), ปุ่มลบ(-), ปุ่มเอนเทอร์ (Enter), ปุ่ม (ESC) ,ปุ่ม (Slect) ปุ่ม (Function)

ESC	3	7	SLECT
+	2	6	9
-	1	5	8
FUNC	0	4	ENTER

รูปที่ 7.1 หน้าปัดสั่งงานของเครื่องตรวจจับแก๊ส

เมื่อเริ่มต้นเปิดเครื่องจะต้องรอเพื่อให้เครื่องตรวจจับแก๊สทำการเริ่มต้น (Initial) ทุกอย่างให้เสร็จและในขณะที่เปิดเครื่องทุกครั้งจะทำการล้างหัวเซ็นเซอร์ของตัวตรวจจับแก๊สด้วย

## บทที่ 8

### บทสรุปและข้อเสนอ

จากโครงการที่ได้จัดทำโครงการโดยยึดหลักให้เป็นไปตามโครงการที่ตั้งไว้คือการนำแก๊สเข้ามาแปลงค่าก่อนที่จะส่งผ่านต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วแสดงผลเป็นค่าปริมาณแก๊สพร้อมกับแสดงเวลาขณะปัจจุบันและมีคีย์บอร์ด (Keyboard) ที่สามารถจะตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจะตรวจจับแก๊สให้มีความเหมาะสม ซึ่งเพื่อความสะดวกในการอ่านค่าของปริมาณแก๊สที่เข้ามา แต่จากโครงการนี้ในส่วนของการแก๊สเซ็นเซอร์ซึ่งในการตรวจวัดนั้นเรายังได้ค่าที่ไม่ค่อยมาตรฐานอยู่ซึ่งเกิดจากเหตุผลหลายประการ เช่น ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากตัวอุปกรณ์แก๊สเซ็นเซอร์เองซึ่งมีพารามิเตอร์ (Parameter) ที่ไม่สามารถควบคุมได้เช่นค่าความต้านทานในอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ อีกทั้งปัญหาการระบายแก๊สที่ผ่านเข้ามาที่ตัวตรวจจับแก๊สไม่ให้มีการกักตักนานเกินไปซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาด ดังนั้นขั้นตอนของแนวทางในการแก้ปัญหาทำโดยใช้พัดลมดูดอากาศเพื่อช่วยในการถ่ายเทแก๊สให้เร็วไปอย่างรวดเร็ว อีกเหตุผลหนึ่งคือความผิดพลาดของวงจรขยายความแตกต่างเกิดค่าแรงดันออฟเซต (Off Set Voltage) ทำให้ค่าแรงดันแก๊สเซ็นเซอร์ที่เอาต์พุตไม่สามารถกำหนดให้เท่ากับ 0 โวลต์ ได้ทำให้ข้อมูลต่างๆ เกิดผิดพลาดและในส่วนโปรแกรม การสร้างสมการเพื่อหาค่าเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่มีมาในคู่มือของแก๊สเซ็นเซอร์นั้นค่าที่คำนวณได้ยังไม่ตรงกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง เนื่องจากสมการการคำนวณที่สร้างมาจากตารางที่เป็นค่าถือคกาลีทิมซึ่งไม่เป็นเชิงเส้น

สำหรับแนวทางการพัฒนาต่อมานั้นอาจจะทำการปรับปรุงในส่วนของการตรวจจับเพื่อวัดค่าของแก๊สชนิดอื่นๆ ได้อีกในวงจรเดียวกันโดยการเขียนโปรแกรมกำหนดสมการของแก๊สแต่ละชนิดนั้นขึ้นมาและเขียนเมนูในการเลือกใช้เพิ่มอีกเราก็สามารถนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ ได้อีกต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นสถานที่และอุปกรณ์ ซึ่งทางผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

1. ร.ศ. สมศักดิ์ เชียรศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำ และแนวทางในการทำโครงการ และยังช่วยเหลือเพื่อเครื่องมือและสถานที่ในการทำโครงการนี้
2. ขอขอบคุณรุ่นพี่ทุกคนที่ให้คำปรึกษาและแนะนำอย่างดี

.....  
( นาย พงศธร ศรีเทพ )

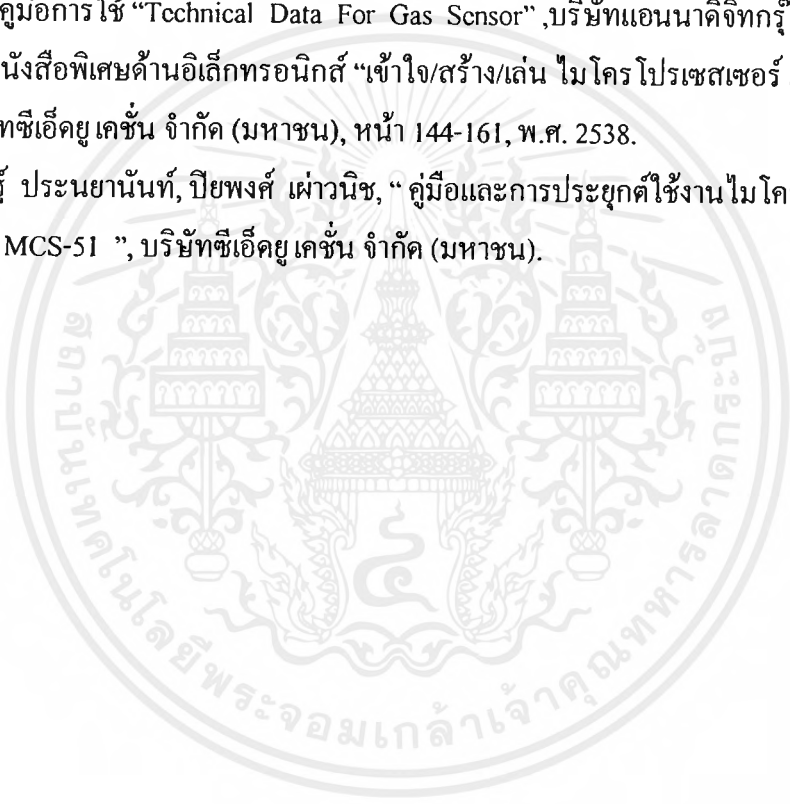
.....  
( นาย เรวัตกร ปานช้าง )

.....  
( นาย เอกชัย ชีระกำบาย )

ผู้จัดทำ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Hand book. "CMOS Data Book National Semiconductor", Inc.U.S.A.1980
- [2] BURR-BROWN INTEGRATED CIRCUIT DATABOOK
- [3] "DOT MATRIX LCD MODULE" ETT CO.LTD, หน้า 1-20.
- [4] เอกสารคู่มือการใช้ "Technical Data For Gas Sensor", บริษัทแอนนาดีทิกกรุ๊ปจำกัด
- [5] แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์ "เข้าใจ/สร้าง/เล่น ไมโครโปรเซสเซอร์ เล่ม 1", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), หน้า 144-161, พ.ศ. 2538.
- [6] ประเมษฐ์ ประณยานันท์, ปิยพงศ์ เผ่าวนิช, "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมต้นฉบับของตัวตรวจจับแก๊ส

```
#pragma LARGE
#include<reg51.h>
#include<absacc.h>
#include<string.h>

#define PORT_A    XBYTE[0xe0e0]
#define PORT_B    XBYTE[0xe0e1]
#define PORT_C    XBYTE[0xe0e2]
#define PORT_CON  XBYTE[0xe0e3]
#define COMMAND   XBYTE[0xe0c0]
#define READBUSY  XBYTE[0xe0c1]
#define WRITEDATA XBYTE[0xe0c2]
#define READDATA  XBYTE[0xe0c3]

#define KEY_SAMPLE    3
#define KEY_PRESS_DELAY 10000

//240 240 15 5

#define CO_WAIT_TIME      240
#define NO_WAIT_TIME     240
#define ALC_WAIT_TIME    15

#define PPM_SAMPLE_TIME  5

#define NEWLINE    sendcommand(0xc0)
#define HOME      sendcommand(0x80)
#define CLS       sendcommand(0x01)
```

```
#define SCROFF    sendcommand(0x08)
#define CUROFF    sendcommand(0x0C)
#define CURON     sendcommand(0x0F)
#define BLINKOFF  sendcommand(0x0E)
```

```
char scancode[4] = {0xe0,0xd0,0xb0,0x70};
```

```
char keymap[4][4] = {'9','8','7','Z','6','5','4','+',
                    '3','2','1','-','E','0','C','S'};
```

```
data unsigned char hrs,min,sec,cycle_counter,char1;
```

```
data unsigned int counter,celcius;
```

```
data float float3;
```

```
void delay(unsigned int time1)
```

```
{
    data unsigned int i;
    for(i=0;i<time1; i++);
}
```

```
void sendchar(unsigned char test1)
```

```
{
    while((READBUSY &0x80) != 0);
    WRITEDATA = test1;
}
```

```
void isendchar(unsigned char test1)
```

```
{
    while((READBUSY &0x80) != 0);
    WRITEDATA = test1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(l < KEY_SAMPLE)
{
    for (j=0; j<4; j++)
    {
        for (k=0; k<4; k++)
        {
            PORT_C = scancode[j];
            x = PORT_C;
            x = x & 0x0f;
            switch (x)
            {
                case 0x0e: xk = keymap[0][j]; break;
                case 0x0d: xk = keymap[1][j]; break;
                case 0x0b: xk = keymap[2][j]; break;
                case 0x07: xk = keymap[3][j]; break;
            }
        }
    }
    if ( (xk == xb) && (xk != 0x00) )
        l++;
    xb = xk;
}

delay(KEY_PRESS_DELAY);
if (xk < 0x3a)
    sendchar(xk);
return(xk);
}

```

```

char getdata(char channel)

```

```

{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
```

```
void sendcommand(unsigned char test1)
```

```
{
```

```
    while((READBUSY & 0x80) != 0);
```

```
    COMMAND = test1;
```

```
}
```

```
void sendtext(char *temp1)
```

```
{
```

```
    unsigned char k;
```

```
    for (k=0; k < strlen(temp1); k++)
```

```
        sendchar(temp1[k]);
```

```
}
```

```
void sendaddress(char test1)
```

```
{
```

```
    while((READBUSY & 0x80) != 0);
```

```
    COMMAND = test1 | 0x80;
```

```
}
```

```
void isendaddress(char test1)
```

```
{
```

```
    while((READBUSY & 0x80) != 0);
```

```
    COMMAND = test1 | 0x80;
```

```
}
```

```
char getkey(void)
```

```
{
```

```
    data unsigned char j,k,l,x,xk,xb;
```

```
    l = 0;    xk = 0x00;    xb = 0x00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

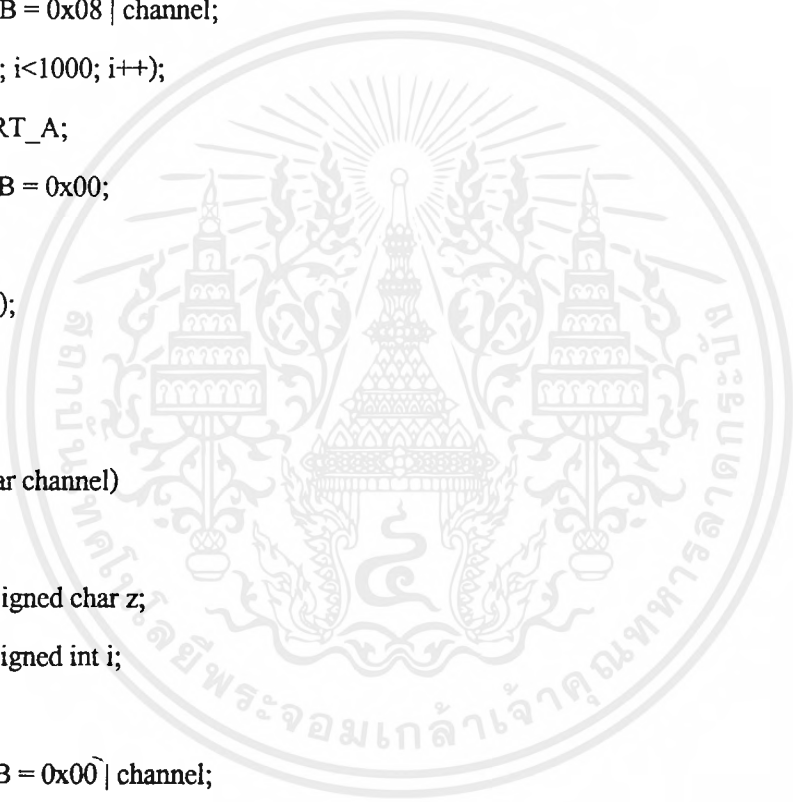
data unsigned char z;
data unsigned int i;
EA = 0;
PORT_B = 0x00 | channel;
for (i=0; i<100; i++);
PORT_B = 0x18 | channel;
for (i=0; i<100; i++);
PORT_B = 0x08 | channel;
for (i=0; i<1000; i++);
z = PORT_A;
PORT_B = 0x00;
EA = 1;
return(z);
}

```

```

char igetdata(char channel)
{
data unsigned char z;
data unsigned int i;
EA = 0;
PORT_B = 0x00 | channel;
for (i=0; i<100; i++);
PORT_B = 0x18 | channel;
for (i=0; i<100; i++);
PORT_B = 0x08 | channel;
for (i=0; i<1000; i++);
z = PORT_A;
PORT_B = 0x00;
EA = 1;
return(z);
}

```



```
}
```

```
void showclock(void)
```

```
{
```

```
    sendaddress(0x08);
```

```
    sendchar( (hrs/10)+0x30 );
```

```
    sendchar( (hrs%10)+0x30 );
```

```
    sendchar(':');
```

```
    sendchar( (min/10)+0x30 );
```

```
    sendchar( (min%10)+0x30 );
```

```
    sendchar(':');
```

```
    sendchar( (sec/10)+0x30 );
```

```
    sendchar( (sec%10)+0x30 );
```

```
}
```

```
void showppm(float temp4,char gas)
```

```
{
```

```
    long int temp2,temp3;
```

```
    if (gas != 2)
```

```
        temp2 = temp4 * 100;
```

```
    else
```

```
        temp2 = temp4;
```

```
    if (temp2 > 999999)
```

```
        sendtext("too big");
```

```
    if (gas == 2)
```

```

}
temp3 = temp2 / 100000;
sendchar(temp3 +0x30);
temp2 = temp2 % 100000;
temp3 = temp2 / 10000;
sendchar(temp3 +0x30);
temp2 = temp2 % 10000;
temp3 = temp2 / 1000;
sendchar(temp3 +0x30);
temp2 = temp2 % 1000;
temp3 = temp2 / 100;
sendchar(temp3 +0x30);
temp2 = temp2 % 100;
temp3 = temp2 / 10;
if (gas != 2)
    sendchar('.');
sendchar(temp3 +0x30);
temp2 = temp2 % 10;
sendchar(temp2 +0x30);
}

```

```

int modnumber(int temp,res,max,min)

```

```

{
    char temp2,keym;
    int temp1;
    keym = 0;
    while( keym != 'E' )
    {
        sendaddress(0x40);
        temp1 = temp;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

temp2 = temp1 / 100;
temp1 = temp1 % 100;
sendchar(temp2 +0x30);
temp2 = temp1 / 10;
sendchar(temp2 +0x30);
temp2 = temp1 % 10;
sendchar(temp2 +0x30);
keym = getkey();
sendaddress(0x43);
sendchar(' ');
if ( (keym == '+') && (temp < max) )
    temp = temp + res;
if ( (keym == '-') && (temp > min) )
    temp = temp - res;
}
return(temp);
}

void main(void)
{
    data unsigned char i,j,y,key[5],flag1,gas,char5;
    data unsigned int wait_time,co_time,no_time,alc_time,ppm_time,temp1;
    float float2,float4;
    EA = 0;
    delay(10000);
    TMOD = 0x81;
    TCON = 0x10;
    TH0 = 0x00;
    TL0 = 0x00;
    ET0 = 1;

```

```

COMMAND = 0x30;
delay(1000);
COMMAND = 0x30;
delay(1000);
sendcommand(0x38);
sendcommand(0x08);
sendcommand(0x01);
sendcommand(0x0f);
PORT_CON = 0x91;
PORT_B = 0x00;

sendtext("**PPM METER**");
NEWLINE;
sendtext("Version 2.0");
delay(60000);
CLS;

sendtext("Set Time (24hrs)");
NEWLINE;

hrs = 24; min = 60; sec = 0;
cycle_counter = 0;
flag1 = 0xff;
co_time = CO_WAIT_TIME;
no_time = NO_WAIT_TIME;
alc_time = ALC_WAIT_TIME;
ppm_time = PPM_SAMPLE_TIME;

while( flag1 )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sendtext("Hrs:00 Min:00");
sendaddress(0x44);
key[0] = getkey();

//SETUP MODE
if (key[0] == 'Z')
{
    CLS;
    sendtext("Setup mode");
    delay(60000);
    CLS;
    sendtext("CO_WAIT_TIME"); NEWLINE;
    co_time = modnumber(co_time,10,990,180);
    CLS;
    sendtext("NO_WAIT_TIME"); NEWLINE;
    no_time = modnumber(no_time,10,990,180);
    CLS;
    sendtext("ALC_WAIT_TIME"); NEWLINE;
    alc_time = modnumber(alc_time,1,120,0);
    CLS;
    sendtext("SAMPLE_INTERVAL"); NEWLINE;
    ppm_time = modnumber(ppm_time,1,60,0);
    CLS;
    sendtext("Set Time (24hrs)");
    NEWLINE;
}
else
{
    key[1] = getkey();
    sendaddress(0x4B);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

key[2] = getkey();
key[3] = getkey();

hrs = (key[1] - 0x30) + ((key[0] - 0x30) * 10);
min = (key[3] - 0x30) + ((key[2] - 0x30) * 10);
CLS;
flag1 = 0;
if ( (hrs > 23) || (min > 59) )
{
    flag1 = 0xff;
    sendtext("Invalid!");
    NEWLINE;
}
}
}

while(1)
{
    CLS;
    char1 = igetdata(3);
    float3 = 100 * ((char1 * 5)/256) -273;
    celcius = float3;
    sendchar( (celcius/10) + 0x30);
    sendchar( (celcius%10) + 0x30);
    sendchar(0xdf);
    sendchar('c');
    showclock();
    CUROFF;
    EA = 1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NEWLINE;
gas = 0; key[0] = 0;
sendtext("Gas> select");
while(key[0] != 'E')
{
    sendaddress(0x45);
    switch (gas)
    {
        case 0: sendtext("CO ");
                wait_time = co_time;
                break;
        case 1: sendtext("NO ");
                wait_time = no_time;
                break;
        case 2: sendtext("ALC");
                wait_time = alc_time;
                break;
    }

    while ( (key[0] != 'S') && (key[0] != 'E') )
    {
        key[0] = getkey();
    }
    if (key[0] == 'S')
    {
        gas++;
        if (gas > 2)
            gas = 0;
        key[0] = 0;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
counter = wait_time;
while( counter > 0)
{
    if ( (gas == 0) && (counter > (co_time - 60)) )
        PORT_B = 0x20;
    if ( (gas == 1) && (counter > (no_time - 60)) )
        PORT_B = 0x40;
    sendaddress(0x49);
    temp1 = 100 - (counter*100 / wait_time);
    if (temp1 < 100)
    {
        sendchar( temp1 / 10 +0x30);
        sendchar( temp1 % 10 +0x30);
        sendchar('%');
    }
    sendchar(0xff);
    delay(10000);
    sendaddress(0x4d);
    sendchar(0xff);
    delay(10000);
    sendaddress(0x4e);
    sendchar(0xff);
    delay(10000);
    sendaddress(0x4f);
    sendchar(0xff);
    delay(10000);
    sendaddress(0x4c);
    sendtext(" ");
    delay(10000);
}

```

```

    }
    PORT_B = 0;
    float2 = 0; float4 = 0;
    char5 = getdata(gas);
    float2 = char5;
    for (j=0; j<2; j++)
    {
        counter = ppm_time;
        while( counter > 0)
        {
            sendaddress(0x49);
            sendtext("reading");
//debug sendchar(char5);
            delay(20000);
            sendaddress(0x49);
            sendtext(" ");
            delay(20000);
        }
        char5 = getdata(gas);
        float2 = float2 + char5;
    }

```

```

float2 = float2 /3;
sendaddress(0x49);
float2 = (float2 / 256) * 5;

```

```

switch (gas)
{

```

```

    case 0:

```

```

        if(float2 < 0.87)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float4 = (42.30 * float2) + 63.2;
else if (float2 < 2.38)
float4 = (243.70 * float2) - 112;
else
float4 = (301 * float2) - 248.4;
break;

```

case 1:

```

if (float2 < 1.20)
float4 = (8.33 * float2) + 8;
else if (float2 < 2.60)
float4 = (16.40 * float2) - 1.70;
else if (float2 < 3.00)
float4 = (60 * float2)
else
float4 = (116.67 *
float2) - 285;
break;

```

- 115;

float2) - 285;

case 2:

```

float4 = float2 * 100000 - 15000;
break;

```

}

```

showppm(float4,gas);

```

```

key[0] = 0;

```

```

while(key[0] != 'S')

```

```

{

```

```

    key[0]= getkey();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}
}

void intr_service_1(void) interrupt 1

```

```

{
    cycle_counter++;
    TH0 = 0x1e;           //timer = 65535 - 57604
    TL0 = 0xfb;          //interrupt 16 times/sec.
    if (cycle_counter == 16)
    {
        cycle_counter = 0;
        sec++;
        if (counter > 0)
            counter--;
        if ((sec % 5) == 0)
        {
            char1 = igetdata(3);
            float3 = 100 * ((char1 * 5)/256) -273;
            celcius = float3;
            isendaddress(0x00);
            isendchar( (celcius/10) +0x30);
            isendchar( (celcius%10) +0x30);
        }
        if (sec == 60)
        {
            sec = 0;
            min++;
            if (min == 60)
            {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

min = 0;
hrs++;
if (hrs == 24)
    hrs = 0;
isendaddress(0x08);
isendchar( (hrs/10)+0x30 );
isendchar( (hrs%10)+0x30 );
}
isendaddress(0x0B);
isendchar( (min/10)+0x30 );
isendchar( (min%10)+0x30 );
}
isendaddress(0x0E);
isendchar( (sec/10)+0x30 );
isendchar( (sec%10)+0x30 );
}
}

```





ภาคผนวก ข

เอกสารข้อมูลเกี่ยวกับตัวไอซีและข้อมูลอื่น

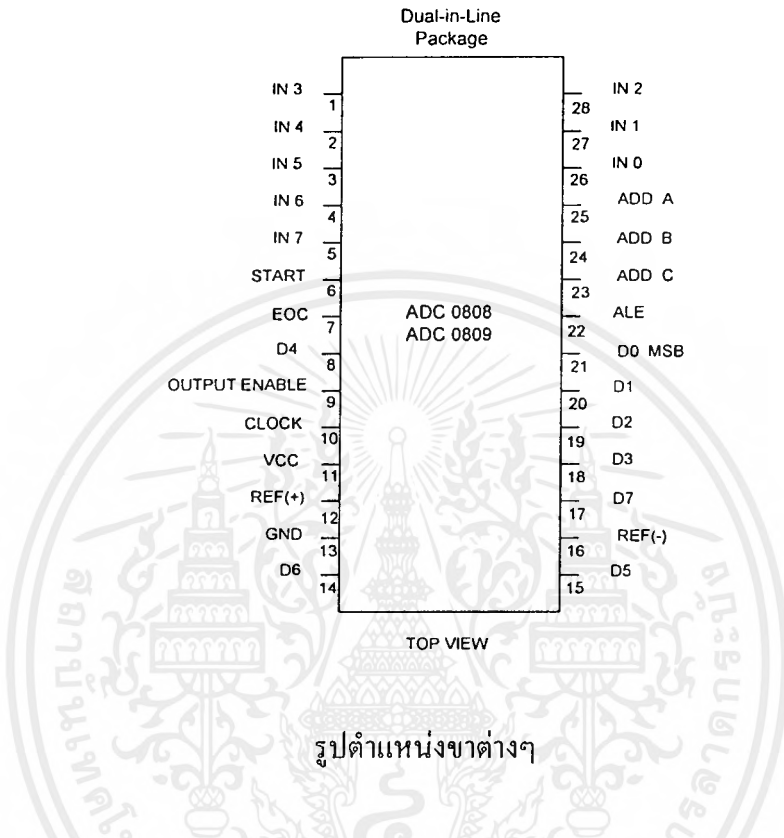
- ไอซี A/D CONVERTER

- LCD Display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## A/D CONVERTER

รูปแสดงตำแหน่งขาต่างๆ ของ IC ADC 0808



รูปตำแหน่งขาต่างๆ

### การทำงานของขา ADC 0808

- IN0 - IN7 เป็นขา Analog signal ที่สามารถต่อขาสัญญาณ analog ได้ 8 สัญญาณ
- ADD A,B และ C เป็นขา multiplex สัญญาณ analog input ตามที่ต้องการแปลงสัญญาณ analog to digital
- ALE (address latch enable) เป็นขา input ที่รับสัญญาณเพื่อ latch ข้อมูลขนาด 3 bit ที่ขา ADD A, ADD B และ ADD C เพื่อในการ multiplex
- START เป็นขา input เพื่อรับสัญญาณในการ Start ให้ ADC 0808 ทำงานในการแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital
- D0 - D7 เป็นขาของข้อมูล digital ขนาด 8 bit
- OE (output enable) เป็นขาที่ข้อมูล Digital ขนาด 8 bit ว่าต้องการที่จะให้ส่งออกทางขา output ของ ADC 0808 หรือไม่
- EOC (END OF CONVERSION) เป็นขา Output ที่จะส่งสัญญาณเพื่อบอกว่าการทำงานของ ADC 0808 ทำการแปลงข้อมูลเสร็จแล้วหรือยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LCD DISPLAY

ในการแสดงผลของค่าสัญญาณที่ได้จาก Gas Sensor เราจะต่อ LCD MODULE เข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ซึ่งจะต่อได้ 2 ลักษณะคือ แบบ MEMORY MAP โดยผ่าน LCD BUS ขนาด 20 PIN และแบบ I/O PORT โดยผ่าน 8255 BUS ขนาด 26 PIN ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

### การต่อแบบ MEMORY MAP

1. สามารถต่อเข้ากับ CHIP เบอร์ต่างๆ ไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะให้ระบบไมโครมองเห็น LCD MODULE ในลักษณะของ MEMORY ได้ทันที
2. ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลได้จาก LCD MODULE ได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็น MEMORY BUFFER ไปในตัว
3. เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบ FLAG ความพร้อมในขณะที่ LCD MODULE กำลังทำงานได้
4. ใช้ได้กับบอร์ดที่มี LCD BUS มาให้พร้อมเท่านั้น
5. ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการ DECODE ละเอียดพอสมควร
6. การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของ CHIP แต่ละเบอร์ด้วย

### การต่อแบบ I/O PORT

1. สามารถต่อเข้ากับ I/O PORT ใดๆ ก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมาให้ตรงข้อกำหนดของ LCD MODULE
2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้ LCD MODULE ได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนด MEMORY ส่วนหนึ่งให้เป็นเสมือน BUFFER ให้กับ LCD MODULE อีกที
3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครเองเพื่อรอให้ LCD MODULE กระทำขบวนการต่างๆ
4. ใช้ได้กับบอร์ดต่างๆ ไปที่มี PORT
5. ไม่เปลืองส่วนของ MEMORY ในการใช้งาน
6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ

ในการใช้งานของ Project ได้เลือกใช้ชุด LCD MODULE เบอร์ DMC1602 ซึ่งเป็น LCD 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร แบบ Dot Matrix ขนาด 5x8 Dot โดยหลักการแล้วเราควรที่จะเข้าใจหลักการพื้นฐานของการเขียนชุดคำสั่งเพื่อใช้งานต่อไปซึ่งมีดังนี้

1. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD MODULE จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ INSTRUCTION และ DATA โดยจะกำหนดด้วยขาสัญญาณ RS คือถ้า  $RS=0$  จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุม (INSTRUCTION) หรืออ่านค่า FLAG สภาพการทำงาน of LCD MODULE และถ้า  $RS=1$  จะหมายถึงการเขียนหรืออ่าน DATA กับ LCD MODULE

2. หลักการในการเขียนข้อมูลให้ LCD MODULE นี้คือ เมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้ว ตัว LCD MODULE จะต้องใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่ง (ตามค่า EXECUTE TIME ในตาราง) ซึ่งระบบไมโครสามารถตรวจสอบได้จาก BUSY FLAG (BF) และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้ ในกรณีที่การต่อวงจรเป็นแบบ I/O PORT คือ ไม่สามารถอ่านข้อมูลย้อนกลับได้ ระบบไมโครก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทน

3. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD MODULE นี้ สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 BIT และ 4 BIT โดยกรณี 4 BIT จะใช้สายสัญญาณ DATA เพียง 4 เส้น คือ DB4 - DB7 (ใช้สำหรับระบบไมโครแบบ 4 BIT หรือเพื่อประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 BIT เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้ง คือ DB4 - DB7 ก่อน แล้วตามด้วย DB0 - DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในคำสั่ง FUNCTION SET ด้วย

4. DDRAM (DISPLAY DATA RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD MODULE ที่เป็น BUFFER ของข้อมูล โดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆ ลงไปในหน่วยความจำนี้ ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แสดงผลทันที

5. CGRAM (CHARACTER GENERATOR RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD MODULE สำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง (8 ตัว) โดยจะอ้าง ADDRESS ได้ทั้งหมด 64 BYTE คือ 8 ตัวอักษร คูณกับ 8 ROW

#### แนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม

1. เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ LCD MODULE ครั้งแรก ภายในจะมีการ RESET ระบบโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะใช้เวลา 10 ms หลังจากทีระดับแรงไฟขึ้นถึง 4.5 V แล้ว ทั้งนี้ระบบ RESET ดังกล่าวจะกระทำสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ทำการ CLEAR จอภาพทั้งหมด (CLEAR DISPLAY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง FUNCTION SET คือ DL=1 (ติดต่อกับระบบไมโครในแบบ 8 BIT), N=0 (แสดงข้อมูล 1 บรรทัด), F=0 (กำหนดตัวอักษรแบบ 5x7 DOTS)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง DISPLAY ON/OFF คือ D=0 (ไม่แสดงข้อมูล), C=0 (CURSOR OFF), B=0 (BLINK OFF)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง ENTER MODULE SET คือ I/O = 1(INCREMENT), S = 0 (NO SHIFT)

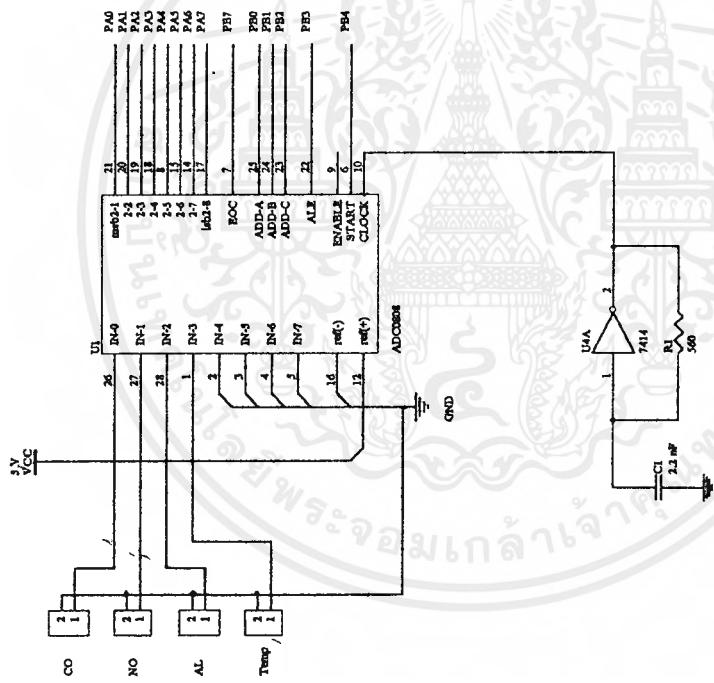
การใช้งาน LCD MODULE ต้องรอให้ขบวนการ RESET ภายในทำงานเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะตรวจสอบได้ด้วย BF (BUSY FLAG) หรืออาจจะใช้การหน่วงเวลาก็ได้

2. การใช้งาน LCD MODULE จะเกี่ยวข้องกับทางด้านโปรแกรมเป็นส่วนใหญ่ ชุดคำสั่งต่างๆ รวมทั้งการอ่านหรือการเขียนข้อมูลนั้น จะถูกกำหนดด้วยขาสัญญาณทั้งหมดที่มีอยู่ ปกติโปรแกรมจะต้องกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการไว้ที่ส่วนต้น และจากนั้นก็จะเป็นการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน DDRAM ซึ่งก็คือข้อความที่จะให้แสดงนั่นเอง รายละเอียดตัวโปรแกรมขอให้ศึกษาได้จากตัวอย่าง



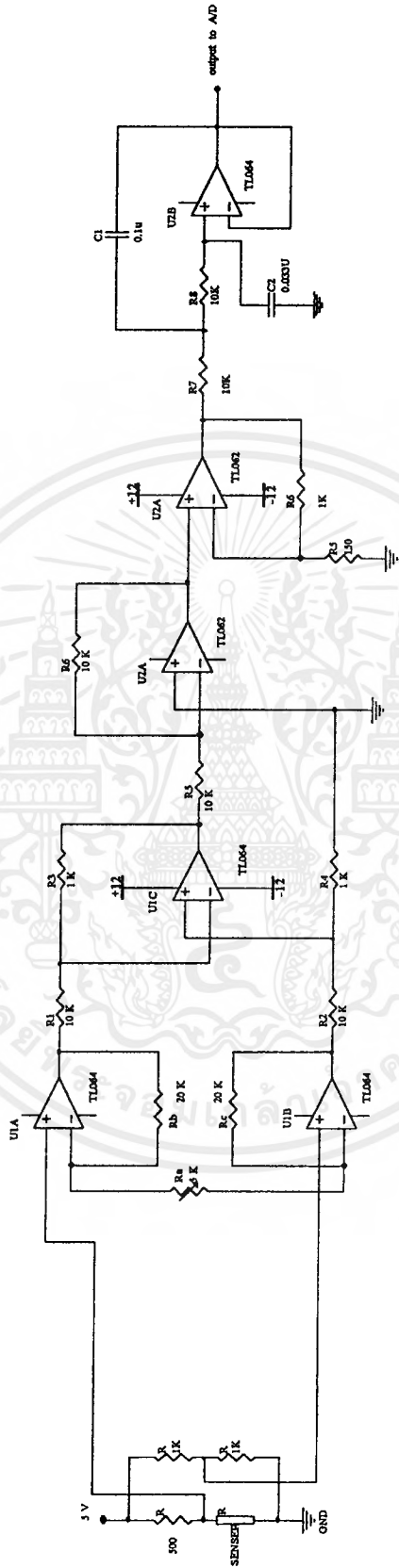
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Title		ANALOG TO DIGITAL	
Size	Number	Revision	
B			
Date	1/06/1999	Sheet of	1/1
File	C:\PROJECTS\ADCSCH	Drawn by	Prangsom
			7

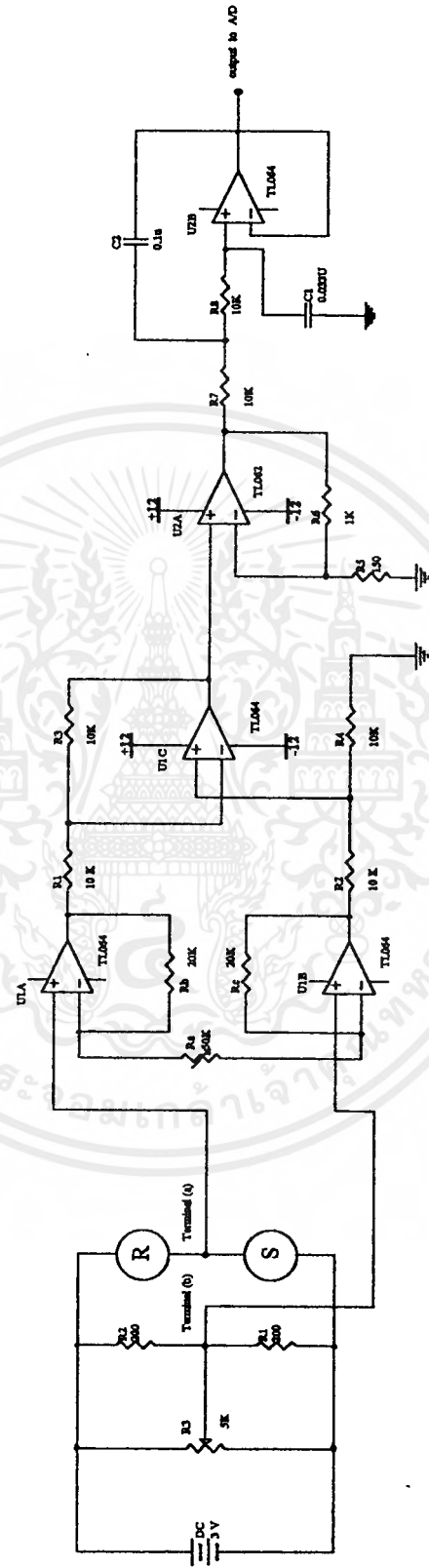
# CO gas sensor



Title		Revision	
Item	Number	Rev	Date
B			8-Jul-1999
Doc	INSTRUMENTATION	Sheet of	Drawn By

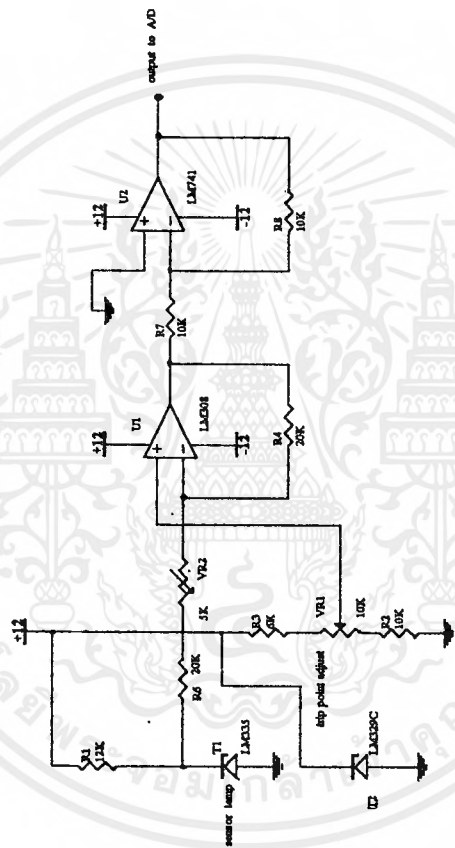


# Hot-Wire type gas sensor



Title		Revision	
Rev	Number	Drawn By	Checked By
B			
Date	14/07/1989	Sheet of	1/5
Doc	ASSEMBLY.DWG	Drawn By	Revision

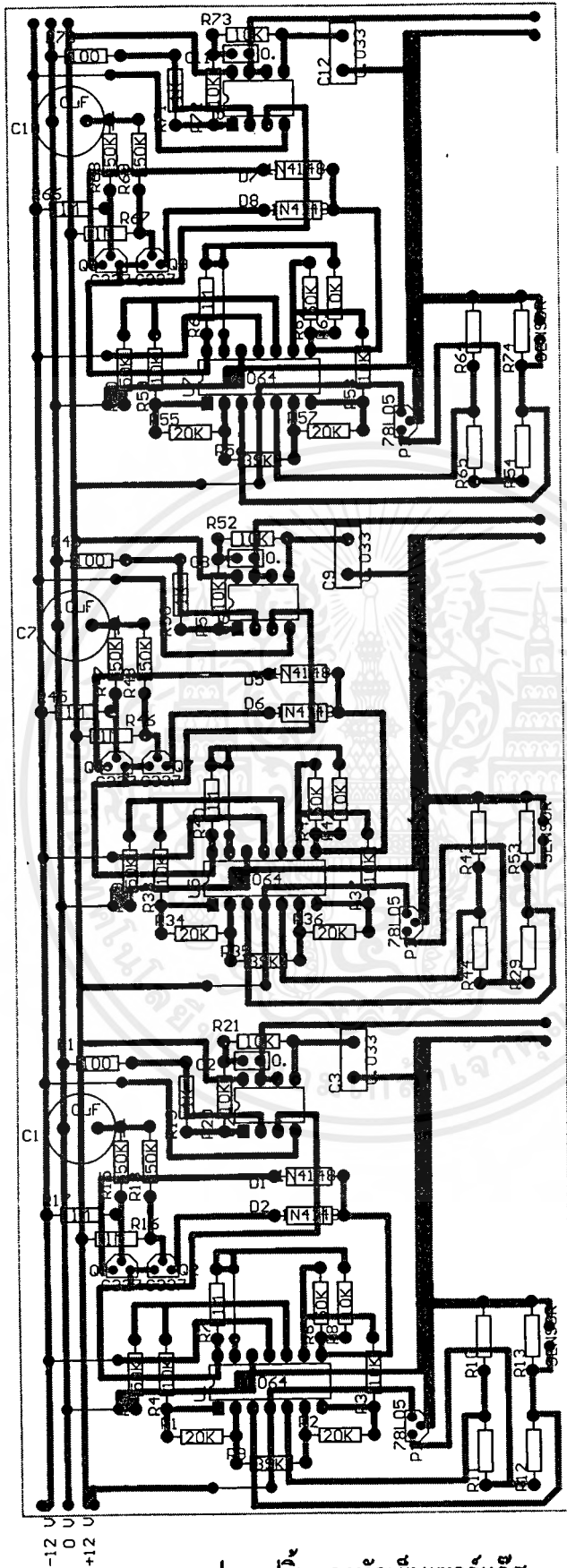
# Temp Detector



Tab	Number	Section
B	1-COS-199	
Date	1999	Sheet of
File	CSPROJ21TEMP.SCH	Drawn By
	7	

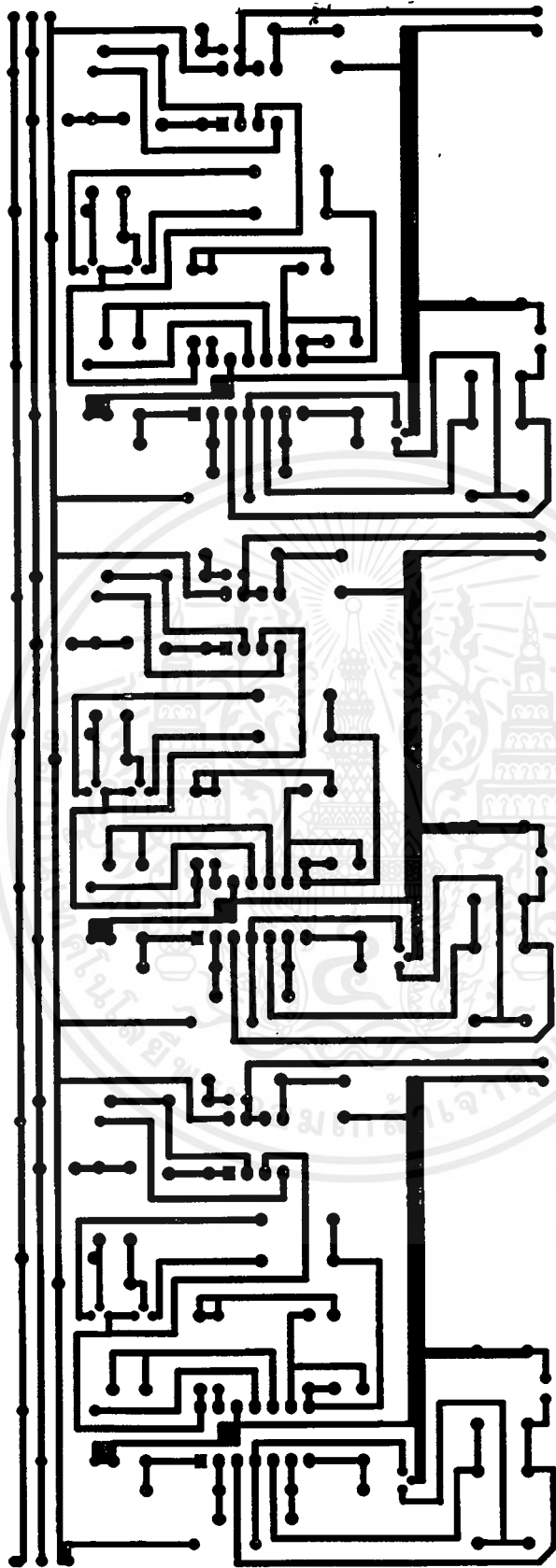






รูปถ่ายปรินต์ของหัวเซ็นเซอร์แก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปถ่ายปริ๊นของหัวเซ็นเซอร์แก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124, LM224,  
LM324, LM324A  
LM2902

QUAD DIFFERENTIAL  
INPUT  
OPERATIONAL AMPLIFIERS

SILICON MONOLITHIC  
INTEGRATED CIRCUIT

QUAD LOW POWER OPERATIONAL AMPLIFIERS

The LM124 Series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. These have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 Volts or as high as 32 Volts with quiescent currents about one fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 to 32 Volts
- Low Input Bias Currents: 100 nA Max (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts



J SUFFIX  
CERAMIC PACKAGE  
CASE 632



N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 646  
(LM224, LM324,  
LM2902 Only)



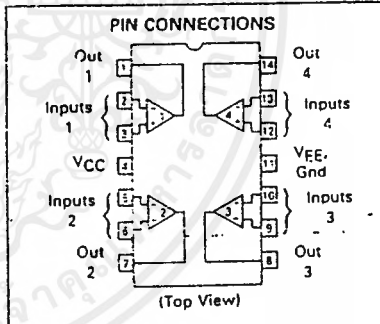
D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751A  
(SO-14)

MAXIMUM RATINGS ( $T_A = +25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Rating	Symbol	LM124 LM224	LM324,A	LM2902	Unit
Power Supply Voltages Single Supply	$V_{CC}$	32	26	26	Vdc
Split Supplies	$V_{CC}, V_{EE}$	= 16	= 13	= 13	Vdc
Input Differential Voltage Range (1)	$V_{IDR}$	= 32	= 26	= 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICR}$	-0.3 to 32	-0.3 to 26	-0.3 to 26	Vdc
Input Forward Current (2) ( $V_I < -0.3\text{ V}$ )	$I_{IF}$	50	—	—	mA
Output Short Circuit Duration	$t_S$	Continuous			
Junction Temperature Ceramic Package	$T_J$	175			$^\circ\text{C}$
Plastic Packages		150			
Storage Temperature Range Ceramic Package	$T_{stg}$	-65 to -150			$^\circ\text{C}$
Plastic Packages		-55 to -125			
Operating Ambient Temperature Range	$T_A$				$^\circ\text{C}$
LM124		-55 to +125	—	—	
LM224		-25 to +85	—	—	
LM324		0 to -70	—	—	
LM324A		0 to -70	—	—	
LM2902		—	-40 to -105	—	

NOTES:

- (1) Split Power Supplies.  
(2) This input current will only exist when the voltage is negative at any of the input leads.  
Normal output states will reestablish when the input voltage returns to a voltage greater than -0.3 V.



ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
LM124J	-55 to -125 $^\circ\text{C}$	Ceramic DIP
LM2902D		SO-14
LM2902N	-40 to +105	Plastic DIP
LM2902J	-40 to +85 $^\circ\text{C}$	Ceramic DIP
LM224D		SO-14
LM224J	-25 to +85 $^\circ\text{C}$	Ceramic DIP
LM224N		Plastic DIP
LM324AD		SO-14
LM324AN		Plastic DIP
LM324D	0 to +70 $^\circ\text{C}$	SO-14
LM324J		Ceramic DIP
LM324N		Plastic DIP

## 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 ADC0810 data sheet. (See AN-247 for more information.)

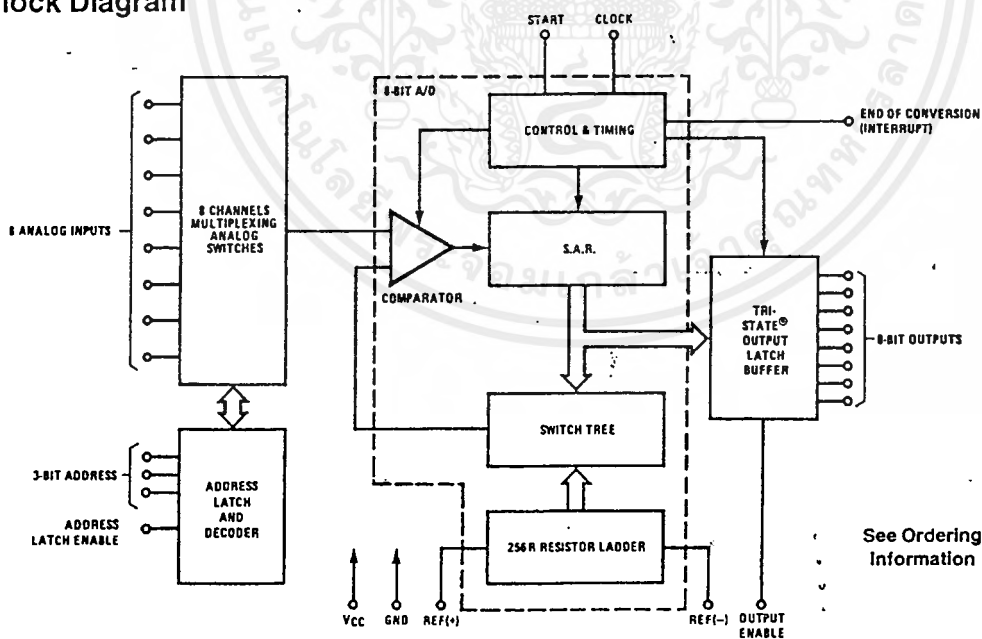
### Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub> or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

### Key Specifications

- |                          |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| ■ Resolution             | 8 Bits                                |
| ■ Total Unadjusted Error | $\pm \frac{1}{2}$ LSB and $\pm 1$ LSB |
| ■ Single Supply          | 5 V <sub>DC</sub>                     |
| ■ Low Power              | 15 mW                                 |
| ■ Conversion Time        | 100 $\mu$ s                           |

### Block Diagram



See Ordering Information

TL/H/5672-7

**Absolute Maximum Ratings** (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	-0.3V to ( $V_{CC} + 0.3V$ )
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs	-0.3V to +15V
(START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	400V

**Operating Conditions** (Notes 1 & 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0808CJ	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$
ADC0808CCJ, ADC0808CCN,	
ADC0809CCN	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0808CCV, ADC0809CCV	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
Range of $V_{CC}$ (Note 1)	4.5 $V_{DC}$ to 6.0 $V_{DC}$

**Electrical Characteristics**

Converter Specifications:  $V_{CC} = 5$   $V_{DC} = V_{REF+}$ ,  $V_{REF(-)} = \text{GND}$ ,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  and  $f_{CLK} = 640$  kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error	25°C			$\pm 1/2$	LSB
	(Note 5)	$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 3/4$	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C			$\pm 1$	LSB
	(Note 5)	$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1 1/4$	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k $\Omega$
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC} + 0.10$	$V_{DC}$
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		$V_{CC}$	$V_{CC} + 0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2 - 0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2 + 0.1$	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
$I_{IN}$	Comparator Input Current	$f_c = 640$ kHz, (Note 6)	-2	$\pm 0.5$	2	$\mu\text{A}$

**Electrical Characteristics**

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V  $\leq V_{CC} \leq 5.5V$ ,  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$  unless otherwise noted  
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V  $\leq V_{CC} \leq 5.25V$ ,  $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ANALOG MULTIPLEXER</b>						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC} = 5V$ , $V_{IN} = 5V$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$		10	200 1.0	nA $\mu\text{A}$
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC} = 5V$ , $V_{IN} = 0$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	-200 -1.0	-10		nA $\mu\text{A}$

### 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, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV,  $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>CONTROL INPUTS</b>						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC} - 1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN} = 15V$			1.0	$\mu A$
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN} = 0$	-1.0			$\mu A$
$I_{CC}$	Supply Current	$f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$		0.3	3.0	mA
<b>DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)</b>						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$	$V_{CC} - 0.4$			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = 1.6 \text{ mA}$			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O = 1.2 \text{ mA}$			0.45	V
$I_{OUT}$	TRI-STATE Output Current	$V_O = 5V$ $V_O = 0$	-3		3	$\mu A$ $\mu A$

### 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	Units
$t_{WS}$	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_{WALE}$	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_s$	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_H$	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_D$	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	$\mu S$
$t_{H1}, t_{H0}$	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_{1H}, t_{0H}$	OE Control to Hi-Z	$C_L = 10 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_c$	Conversion Time	$f_c = 640 \text{ kHz}$ , (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	$\mu S$
$f_c$	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
$t_{EOC}$	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		$8 + 2 \mu S$	Clock Periods
$C_{IN}$	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs, (Note 12)		10	15	pF

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

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

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

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 drop 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 supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute  $0V_{DC}$  to  $5V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of  $4.900 V_{CC}$  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 adjust. 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 reference 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 and 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.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

## Functional Description

**Multiplexer.** 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 low-to-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

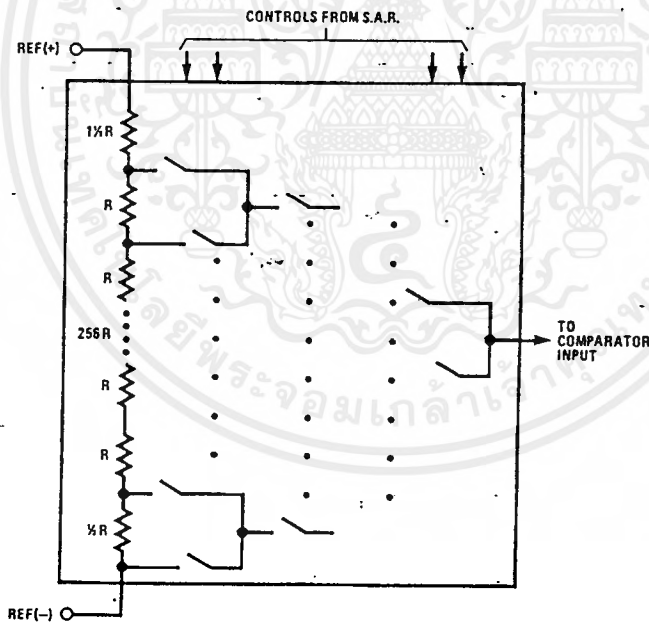
The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed

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.



TL/H/5672-2

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

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

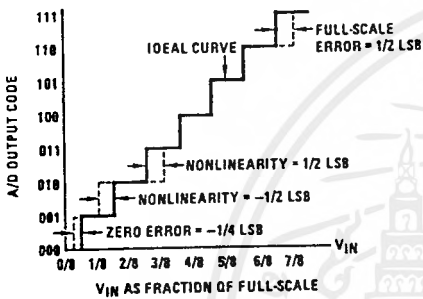


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

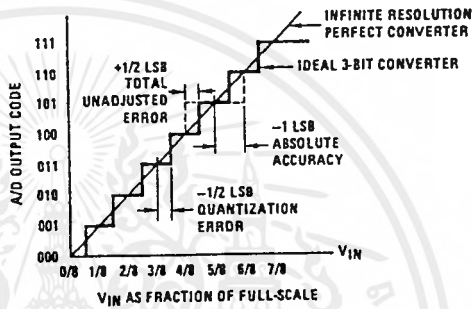


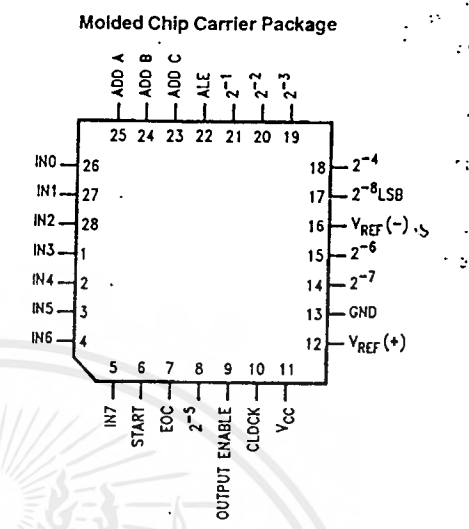
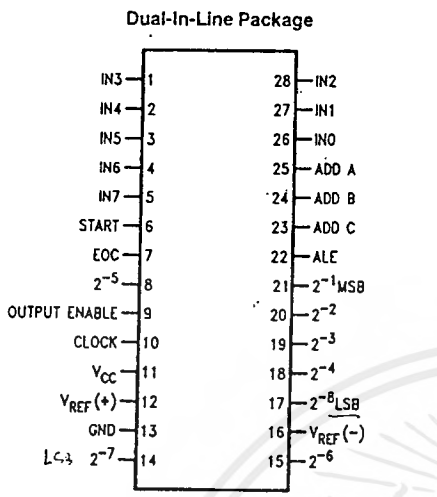
FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve



FIGURE 4. Typical Error Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Connection Diagrams



Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN, ADC0808CCJ or ADC0808CJ  
See NS Package J28A or N28A

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV  
See NS Package V28A

### Timing Diagram

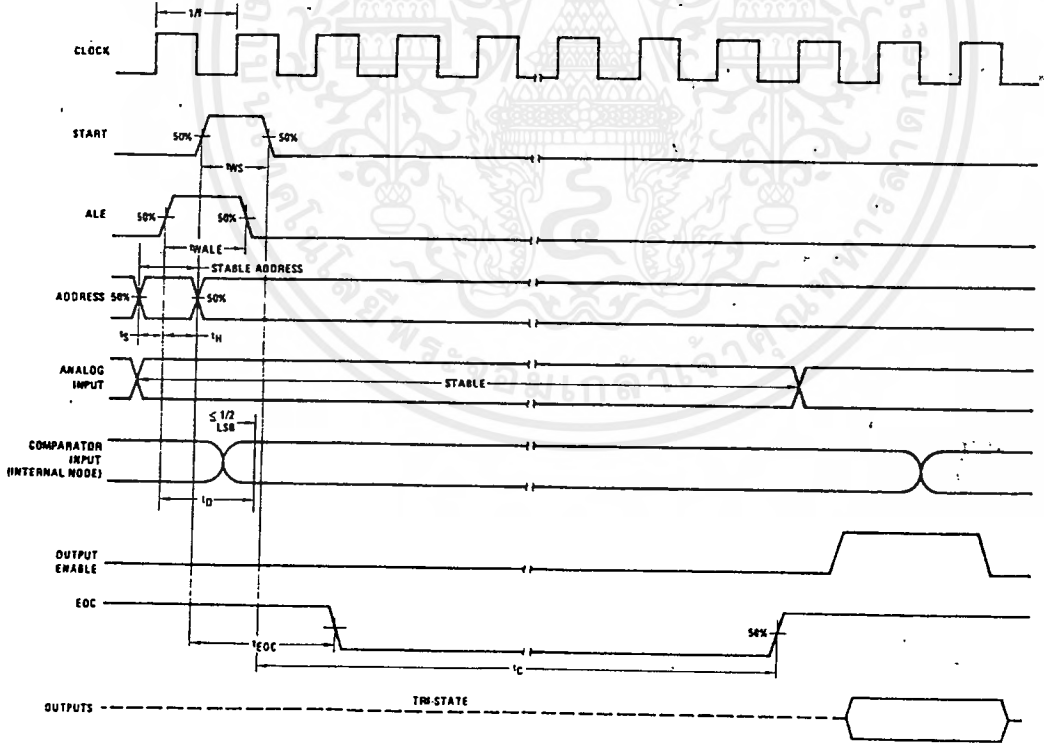


FIGURE 5

TL/H/5672-4

### Typical Performance Characteristics

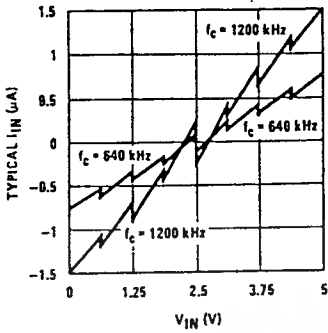


FIGURE 6. Comparator  $I_{IN}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

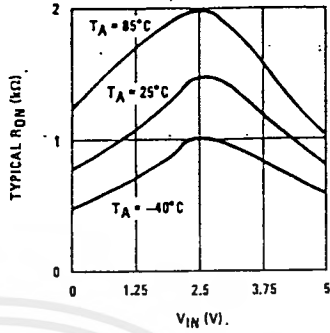
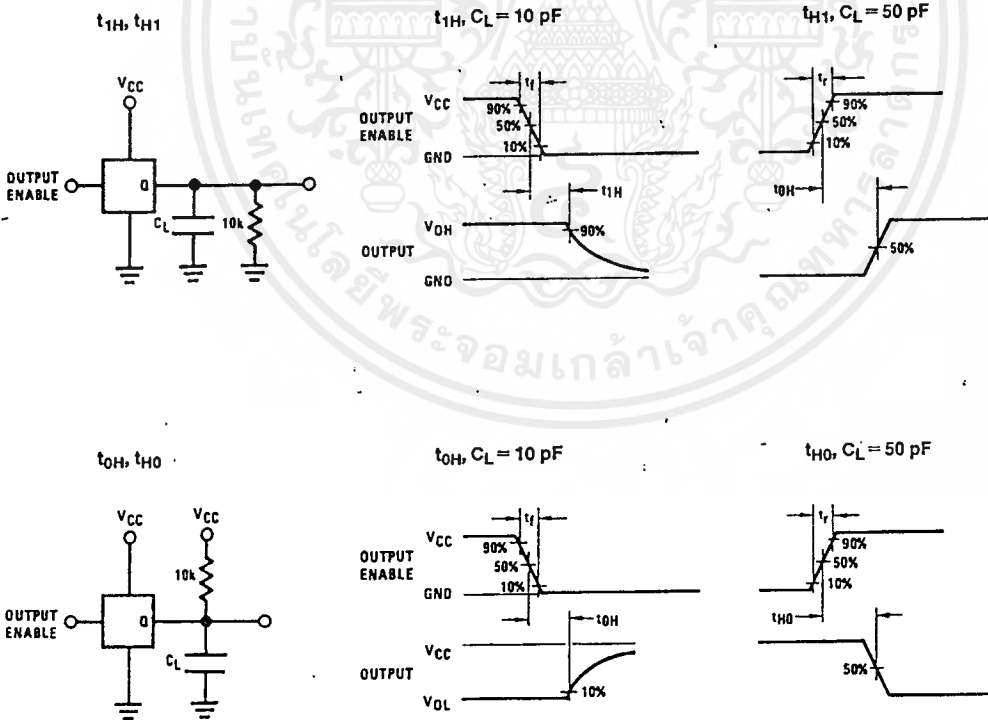


FIGURE 7. Multiplexer  $R_{ON}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

TL/H/5672-5

### TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams



TL/H/5672-6

FIGURE 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Applications Information

## OPERATION

### 1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric 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

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

- $V_{IN}$  = Input voltage into the ADC0808
- $V_{FS}$  = 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 ratiometric 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).

Ratiometric 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,  $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$ , then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LS which is then 20 mV.

### 2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 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 ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a 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.

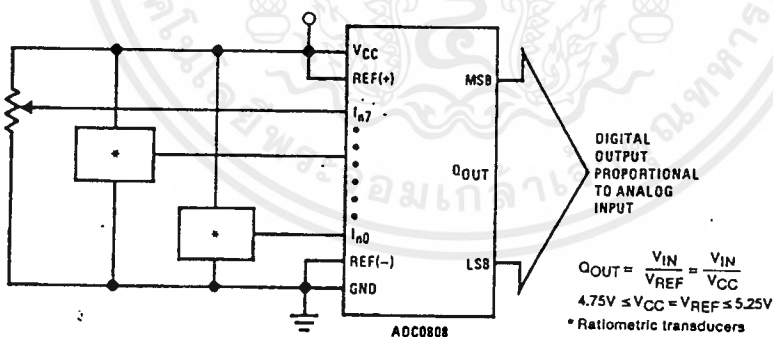


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

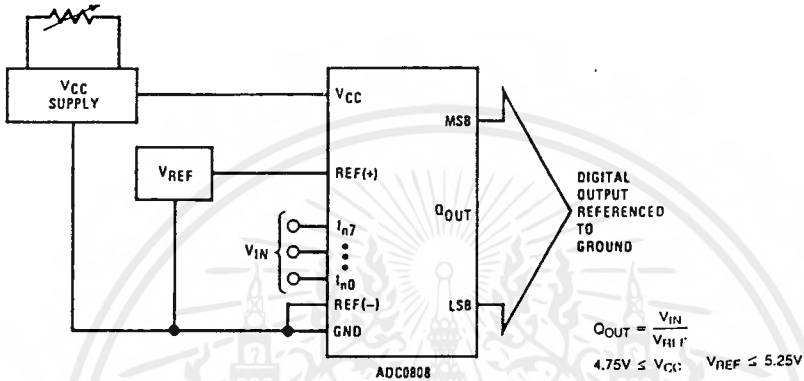
TL/H/5672-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

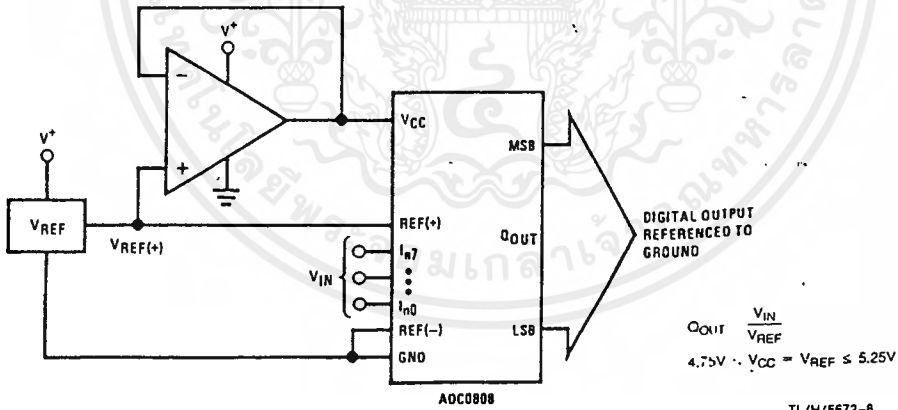
**Applications Information (Continued)**

The ADC0808 needs less than a milliamp 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 milliamp 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 symmetrically less than  $V_{CC}$  and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In *Figure 13*, a 2.5V reference is symmetrically centered about  $V_{CC}/2$  since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.



**FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply**



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

TL/H/5672-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

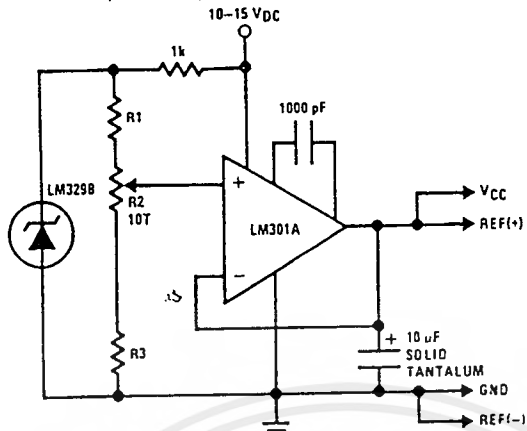


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

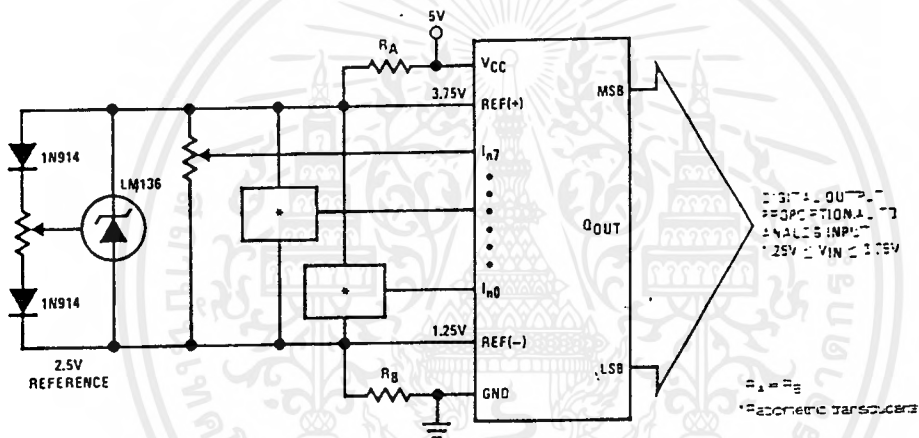


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 CONVERTER EQUATIONS

The transition between adjacent codes N and N + 1 is given by:

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

The 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

$V_{REF(+)} \div 512$ )

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.