

รถตรวจจับควัน

SMOKE SENSOR CAR



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

๑๒๒๔
๕๕๕

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๔๔

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46541
วัน, เดือน, ปี ๕ ๑๓.๕. ๒๕๔๖

b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาไปใช้

SMOKE SENSOR CAR



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY IN ELECTRONICS
INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ รถตรวจจับควัน
SMOKE SENSOR CAR

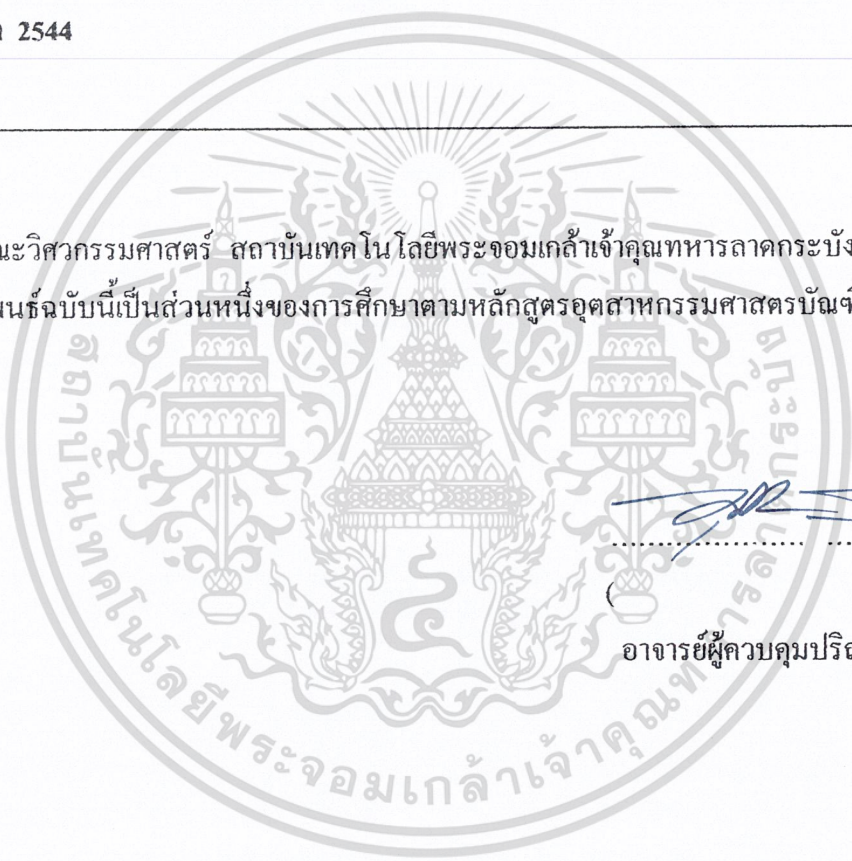
ชื่อผู้ศึกษา นาย วัชร เหลาแหลม รหัส 43015743
 นาย ศรีพงศ์ โชติชัย รหัส 43015745

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.บุญยชนะ ภูระหงษ์
 ผศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต




.....
()
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	รถตรวจจับควัน
นักศึกษา	นายวัชร เหลาแหลม รหัสประจำตัว 43015743 นายศรีพงศ์ โชติชัย รหัสประจำตัว 43015745
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อ.บุญยชนะ ภูระหงษ์ ผศ.ดร.ปิติเชต ผู้รักษา
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างรถตรวจจับควัน(Gas Sensor Car) ซึ่งโดยรวมของโครงการนี้จะเป็นการนำเอาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในตระกูล 8051 โดยการเลือกใช้เบอร์ AT89C51 มาทำหน้าที่ในการควบคุมการทำให้รถวิ่งไปหาแหล่งควันหรือก๊าซ โดยนำไปใช้งานร่วมกับวงจรตรวจจับก๊าซ ในการทดลองจะทำการค้อยๆพันควันใส่ตัวรถและที่ตัวรถจะมีวงจรตรวจจับควัน ทำการตรวจปริมาณก๊าซหรือควันโดยใช้หลักการเปลี่ยนความเข้มของก๊าซเป็น ค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์แล้วแปลงเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและนำสัญญาณไปผ่านวงจรคอมพาราทอร์(Comparator) ให้เป็นลอจิก และส่งเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นตัวรับรู้ข้อมูลเพื่อนำค่าที่ได้จากการประมวลผลไปควบคุมให้รถวิ่งไปหาแหล่งควัน

PROJECT	SMOKE SENSOR CAR		
STUDENT	Mr.Watchara	Laolam	No. 43015743
	Mr.Sripong	Chotchai	No. 43015745
ADVISOR	Mr.Boonchana	Poorahong	
	Asst.Prof.Dr.Pitikhate Sooraksa		
COURSE	Bachelor of Industrial Technology in Electronics		
DEPARTMENT	Information Engineering		
YEAR	2001		

ABSTRACT

This is to project and crested a Smoke Sensor Car using Microcontroller in the family MCS-51 No.AT89C51 to control the Car to be run to source smoke or gas using the circuit of the smoke sensor stick in Car. Test will be blowing slow gas in to Car. 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 into the comparator circuit will be converted into the logic signal. We use the microcontroller to receive data and processing then control the Car.

กิตติกรรมประกาศ

ในการสร้างโครงการนี้ ทางผู้จัดได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาแนะแนว
ทางในการดำเนินงาน ตลอดจนความช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานต่างๆจาก
อ.บุญยชนะ ภูระหงษ์และ ศศ.ดร.ปิติเชต ผู้ริ่ชษา จนกระทั่งสำเร็จเป็นโครงการ ทีมงานผู้จัดทำ
โครงการขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ให้ความกรุณา มา ณ ที่นี้

ท้ายนี้ทีมงานผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนทางด้าน
การเงินและเป็นกำลังใจแก่ผู้ทำเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นาย วิชระ เหลลาแหลม

นาย ศรีพงศ์ โชติชัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 ความมุ่งหมายของปริิณยานิพนธ์	I
1.1 บทนำ	1
1.2 แนวคิดและความเป็นมาของปริิณยานิพนธ์	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์	2
2.1 ความเป็นมา	2
2.2 นิยามของ Gas Sensor	3
2.3 ตัวตรวจจับแก๊ส	6
2.3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	6
2.3.2 คุณสมบัติของ Gas Sensor เมอร์ AF30	9
2.4 ลักษณะ โครงสร้างของแก๊สเซ็นเซอร์	14
2.5 คุณสมบัติของแก๊สเซ็นเซอร์	15
2.6 วิธีใช้งานของตัวแก๊สเซ็นเซอร์	16
2.7 พื้นฐานในการวัดด้วยแก๊สเซ็นเซอร์	17
2.8 ข้อเสนอแนะบางประการที่ควรทราบ	18
2.9 สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการทดสอบ	18
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	19
3.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	19
3.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 การจัดหน่วยความจำ	23
3.3.1 หน่วยความจำโปรแกรม	24
3.3.2 หน่วยความจำข้อมูล	25
บทที่ 4+ รายละเอียดในการออกแบบและการสร้าง	27
4.1 แนวทางการออกแบบ	27
4.1.1 Block Diagram	27
4.1.2 โครงสร้างของรถและวงจร	28
4.1.3 หลักการทำงานของ sensor	31
4.1.4 การปรับแต่ง	32
4.1.5 หลักการเป่าวัน	32
4.2 การออกแบบของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	32
4.2.1 ส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์(Hard Ware)	32
4.2.2 ส่วนของซอฟต์แวร์(Soft Ware)	33
4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์	33
4.3.1 การทำงานคานเอาต์พุท	33
4.3.2 STEPPING MOTOR	34
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	37
5.1 การทดลอง	37
5.2 ผลการทดลอง	37
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	40
หนังสืออ้างอิง	41
ภาคผนวก ก.	42
ภาคผนวก ข.	
ภาคผนวก ค.	

สารบัญญภาพ

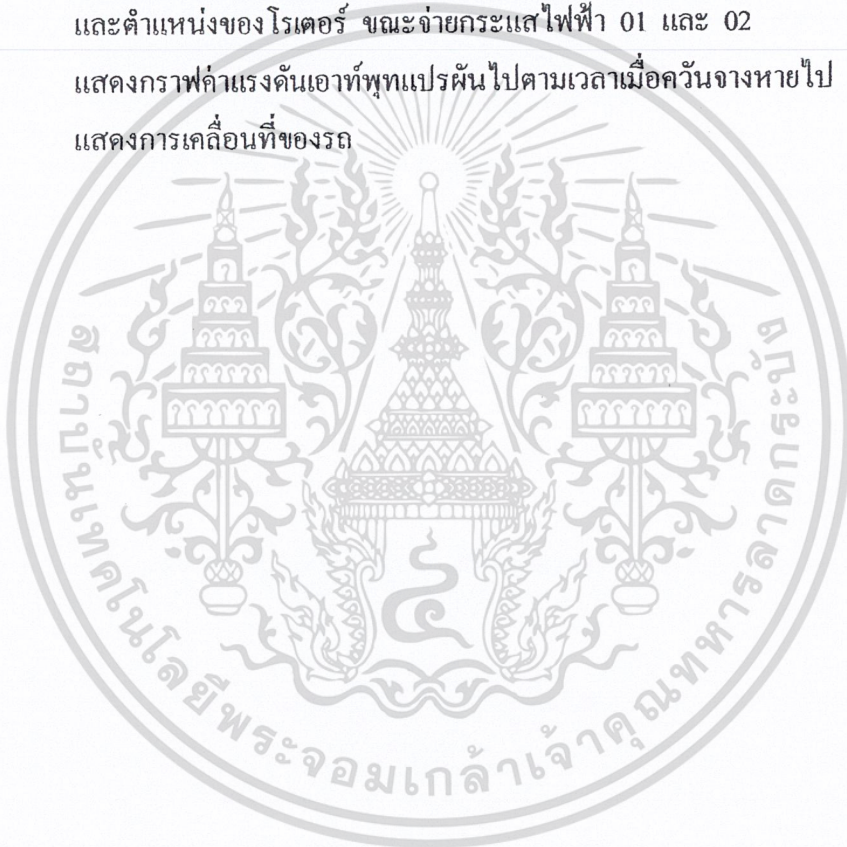
		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงการจัดกลุ่มของทรานสดิวเซอร์(Transducers)	4
รูปที่ 2.2	แสดงไดอะแกรมของทรานสดิวเซอร์ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วงจรรขยาย แอกซิวเอเตอร์และจอภาพ	5
รูปที่ 2.3	แสดงลักษณะของแก๊สเซ็นเซอร์	7
รูปที่ 2.4	เป็นการแสดงค่าความต้านทานที่แปรผันไปตามค่าความเข้มข้นของแก๊ส โดยจะคิดความเข้มข้นในหน่วยของหนึ่งในล้าน	8
รูปที่ 2.5	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์สัมพันธ์กับเวลา เมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์คงที่	8
รูปที่ 2.6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์เมื่อแรงดันไฟฟ้า ของฮีตเตอร์เปลี่ยนแปลงไป	9
รูปที่ 2.7	แสดงค่าของ Gas Sensitivity Characteristic ของเบอร์ AF30	10
รูปที่ 2.8	แสดงค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อความต้านทาน	11
รูปที่ 2.9	แสดงค่าความชื้นที่มีผลต่อความต้านทาน	12
รูปที่ 2.10	ตำแหน่งของขาและวงจรรภายใน	12
รูปที่ 2.11	วงจรถดสอบ AF30	13
รูปที่ 2.12	Response Characteristic	13
รูปที่ 2.13	ลักษณะ โครงสร้างของตัวก๊าซเซ็นเซอร์ เบอร์AF30	15
รูปที่ 2.14	แสดงกราฟความต้านทานของสารกึ่งตัวนำที่ความเข้มข้นของแก๊ส แตกต่างกัน	16
รูปที่ 2.15	แสดงวิธีการใช้งานแก๊สเซ็นเซอร์แบบเบื้องต้น	17
รูปที่ 3.1	แสดงการจัดตำแหน่งขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	20
รูปที่ 3.2	แสดง โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	23
รูปที่ 3.3	แสดงการจัดโครงสร้างของหน่วยความจำ	24
รูปที่ 3.4	แสดงการจัดหน่วยความจำแะตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่าง ๆ	26
รูปที่ 4.1	Block Diagram ของโครงการ	27
รูปที่ 4.2	แสดง โครงสร้างของรถ	28

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	แสดงตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์และวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์	6
ตารางที่ 2.2	AF30 Response Characteristic	9
ตารางที่ 2.3	เงื่อนไขการทำงานของ Gas Sensor AF series	13
ตารางที่ 2.4	แสดงส่วนประกอบของควันทูรี่	14
ตารางที่ 3.1	แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูลMCS-51	20
ตารางที่ 3.2	แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3	22
ตารางที่ 4.1	แสดงมุมของโรเตอร์เทียบกับกระแสไฟฟ้าต่าง ๆ 8 ตำแหน่ง	36
ตารางที่ 5.1	การแสดงค่าแรงดันเอาต์พุตแปรผันไปตามเวลาเมื่อควันทูรี่จางหายไป	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
รูปที่ 4.3	แสดงวงจรสมบูรณ์ของ sensor gas	29
รูปที่ 4.4	แสดงวงจรที่ใช้ในการคำนวณวงจรตรวจจับสัญญาณที่มีฮิสเตอร์ซิส	30
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงค่าแรงดันที่ใช้ในการคำนวณ	30
รูปที่ 4.6	แสดงDiver Circuit IC ULN-2803A	33
รูปที่ 4.7	แสดงโครงสร้างภายในของ STEPPING MOTOR แบบหลายขั้ว	35
รูปที่ 4.8	แสดงโครงสร้างจำลองของ STEPPING MOTOR ชนิด 4 เฟส และตำแหน่งของโรเตอร์ ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า 01 และ 02	35
รูปที่ 5.1	แสดงกราฟค่าแรงดันเอาต์พุตแปรผันไปตามเวลาเมื่อควันทันจางหายไป	38
รูปที่ 5.2	แสดงการเคลื่อนที่ของรถ	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ความมุ่งหมายของปริิญาานิพนธ์

1.1 บทนำ (Introduction)

โครงการนี้จะเกี่ยวกับการนำเอาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ไปใช้งานร่วมกับวงจรตรวจจับควัน โดยประยุกต์ทำเป็นรถตรวจจับควัน และเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น เราจึงได้ทำการทดลอง Hardware และ Software ในด้านของวงจรเซ็นเซอร์แก๊สโดยการนำเอาสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้มาทำการประมวลผลด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะสามารถควบคุมให้รถวิ่งมาหาแหล่งควันหรือแก๊ซได้

1.2 แนวความคิดและความเป็นมาของปริิญาานิพนธ์

ในปัจจุบันชีวิตประจำวันของเรา ได้มีการยุ่งเกี่ยวกับแก๊สมากขึ้น เช่นในห้องทดลองปฏิบัติการต่างๆ ในบ้านเรือนต่างๆ ไป ก็มีการใช้แก๊สมากขึ้นในการประกอบอาหาร หรือแม้จากปัญหามลพิษที่สำคัญมากในเมืองใหญ่จะมาจากไอเสียของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอน (HC), ออกไซด์ของไนโตรเจน (Nox), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO), ฝุ่นละอองในอากาศ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยค่อนข้างสูงและมีผลกระทบต่อร่างกายของมนุษย์จนอาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ ถ้าได้รับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในปริมาณที่เพียงพอ

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ดังนั้นจึงมีแนวคิดนำเอาแก๊ซเซ็นเซอร์มาประยุกต์ทำเป็นรถจับแก๊ซ โดยการค่อยๆ พ่นควันใส่ตัวรถแล้วก็ให้วิ่งเข้ามาหาแหล่งควันหรือแก๊ซ ซึ่งก็คือการควบคุมให้รถวิ่งเข้ามาหาแหล่งแก๊ซโดยใช้ควันเป็นตัวล่อ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้รู้จักการใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในการออกแบบ

1.4.2 เป็นแนวทางในการศึกษาด้านแก๊สเซ็นเซอร์(gas sensor)

1.4.3 สามารถนำแก๊ซเซ็นเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน

บทที่ 2

รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์

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

การใช้วัสดุในการวิเคราะห์ปริมาณสารที่เรียกว่า Chemical assay [1] มักใช้เวลาในการวิเคราะห์เช่น TGS sensors ของ Figaro Engineering Company ที่ใช้เนื้อสารของดีบุกออกไซด์ (SnO_2) เป็นตัวเพื่อวิเคราะห์ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากท่อไอเสียรถ ปัจจุบันมีการใช้หัววัดทางเคมีไปติดเข้ากับเครื่องมือทางไฟฟ้า ในการหาปริมาณสารตัวอย่างได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว เครื่องมือวัดแบบนี้ เรียกว่า เคมีเซ็นเซอร์ (Chemsensors)

2.1 ความเป็นมา

หลายปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาในการวิเคราะห์ด้านเคมีที่ยังไม่ได้สร้างบนฐานรองซิลิกอนเป็นจำนวนมาก เช่น ใช้ โลหะออกไซด์ สารประกอบเชิงซ้อน เซรามิก โพลีเมอร์และ Ionselectirve electrode เป็นต้น แต่แน่นอนที่เดียว 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 เป็นรูปแบบของมอสเฟตที่ไม่มี gate contact เมื่อ ISFET ถูกจุ่มลงในอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดการกระแสเดรน ซึ่งอยู่กับความเข้มข้นไอออนของ H_2Na หรือ K ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์

Pd gate MOSDFET เป็นมอสเฟต โดยที่ส่วนของเกตจะถูกเปลี่ยนจากอลูมิเนียม (Al) เป็นพลาตินัม (Pd) แทน ซึ่งพลาตินัมเป็น highly catalytical active metal ที่สามารถแยกโมเลกุลของไฮโดรเจน (H_2) ออกเป็นไฮโดรเจนอะตอม (H^+) ซึ่งอะตอมเหล่านี้จะแพร่เข้าไปยังรอยต่อ Pd - SiO_2 ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสเดรนในมอสเฟต

ปัจจุบันนี้ มีความต้องการ การพัฒนาการใช้อุปกรณ์ตรวจจับทางเคมีกันมาก เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ทางเคมีภายนอกห้องปฏิบัติการ Zemel ได้รวบรวมความต้องการที่จะได้อุปกรณ์ตรวจจับทางเคมีในอุดมคติดังนี้ ราคาไม่แพง ตัวอุปกรณ์มีขนาดเล็ก output สามารถแสดงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า มีอัตราส่วน signal/noise ที่ดี รูปทรงแข็งแรง สร้างได้ง่าย สามารถผลิตได้ในจำนวนมาก ๆ มีความน่าเชื่อถือ มีการแยกแยะสารเคมี มีการตอบสนองที่ดีและไม่มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิและรังสีต่าง ๆ

แน่นอนความต้องการที่กล่าวมานี้ย่อมเป็นไปได้ แต่มีการวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่าการสร้างก๊าซเซ็นเซอร์บนฐานรองซิลิกอนจะสามารถสนองความต้องการ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วมากที่สุด

2.2 นิยามของ Gas Sensors

เซ็นเซอร์จะเป็นส่วนสำคัญสำหรับระบบการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแสดงผลออกมาแทนการตอบสนองของประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่นอกจากเราจะสามารถ ได้ยิน สัมผัส ต้มต้มนกกลิ่น การลิ้มรสและการมองเห็น เราอาจจะได้รับอันตรายจากการสัมผัสหรือได้รับสิ่งเหล่านั้นโดยตรงในปริมาณที่มากเกินไปคิดจำกัดที่ร่างกายจะรับได้ เซ็นเซอร์จะสามารถแสดงเป็นทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ค่าที่เท่ากับการตอบสนองของร่างกาย อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวได้ว่าการพัฒนาเซ็นเซอร์ มีการพัฒนาเป็นอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้สัญญาณเป็น ดิจิตอลอย่างมาก โดยเฉพาะการทำตัวตรวจจับที่สามารถตอบสนองต่อสารเคมี และในกรณีที่มีการทำกล้อง CCD[2] ที่สามารถแยกประสาทในการมองได้สูงมาก หรือแม้แต่การทำไมโครโฟนที่มีความไวในการตอบสนองเสียงได้ดี ซึ่งสิ่งเหล่านี้ยังเป็นขั้นเริ่มต้น

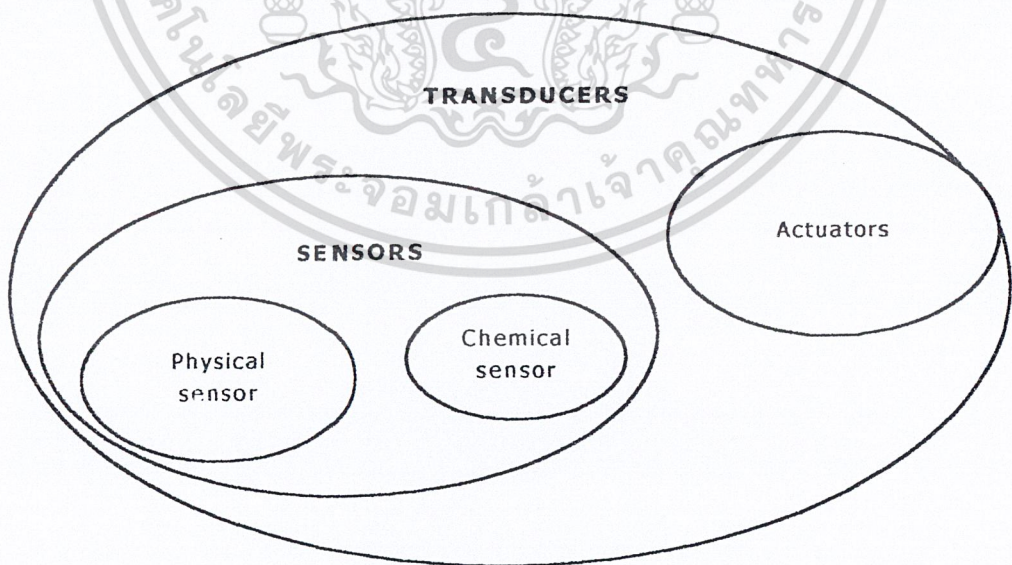
สัญญาณดิจิตอลในทางอิเล็กทรอนิกส์ของตัวตรวจจับทางเคมี ซึ่งจะสามารถรู้รสและได้กลิ่นของสิ่งไม่มีชีวิต ถึงแม้แต่ในระบบชีววิทยายังมีระบบภูมิคุ้มกัน และการวัดปริมาณกลูโคส การวัดความเข้มข้นสารเคมีและการควบคุมปริมาณที่ต้องใช้ความถูกต้องสูง เพื่อที่จะแทนที่หรือเป็นตัววัดระบบทางชีววิทยาเหล่านี้ จนในที่สุดจะได้ตัวตรวจจับที่มีการตอบสนองและการแยกแยะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ดี วัสดุตรวจจับทางเคมีในเชิงพาณิชย์จะต้องสามารถปรับค่าเริ่มต้นแต่ยังไม่สามารถแยกแยะและมีความไวในการตอบสนองได้ดีพอ อย่างไรก็ตาม ถ้ามีสารชีววิทยาที่สามารถเป็นตัวตรวจจับทางเคมีและทางชีววิทยาที่สามารถแยกแยะสารและตอบสนองที่ดีที่เหมือนระบบชีววิทยานั้นได้รับการยอมรับในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการวิจัยทางนี้อย่างกว้างขวางและจนกระทั่งในปัจจุบันได้มีเซ็นเซอร์ออกสู่ตลาดหลายชนิด

ตัวอย่างเซ็นเซอร์ที่ได้รับการแพร่หลายมากที่สุดก็คือกลูโคส เซ็นเซอร์ในปัจจุบันเซ็นเซอร์ชนิดสามารถสร้างได้ง่าย มีราคาถูก จนสามารถใช้แล้วทิ้งได้ เพื่อให้การตอบสนองที่ดีและมีความถูกต้อง และยังมีการแสดงผลเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อง่ายต่อการใช้

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

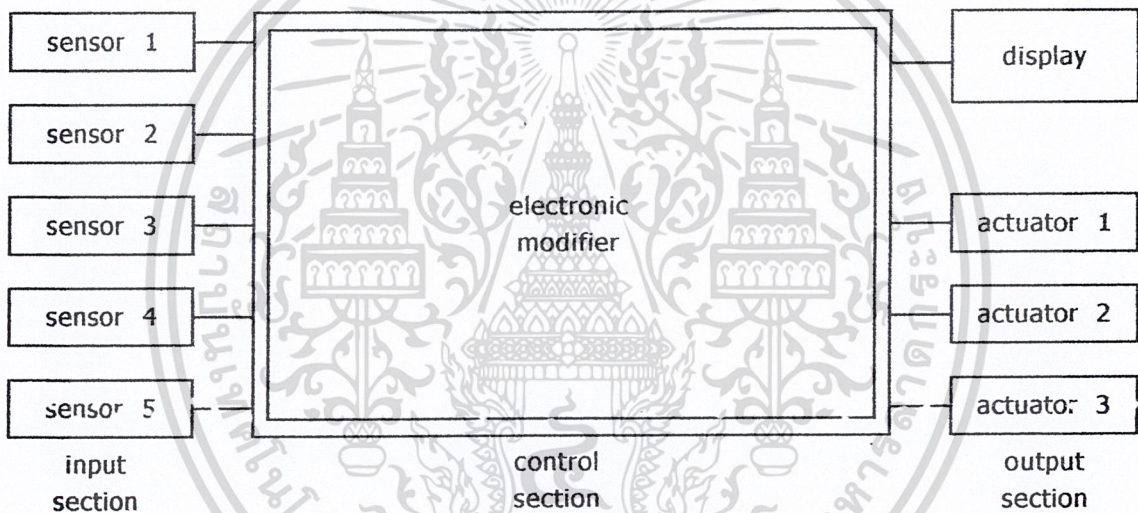
ความหมายของคำว่า ทรานสดิวเซอร์ (Transducers) มีรากศัพท์มาจากภาษาละติน จากคำว่า “transduco – traduco” ซึ่งหมายถึง “การเปลี่ยนสภาพ – การแปลงสภาพ” ดังนั้น อุปกรณ์จะต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงหรือการแปลงสภาพ พลังงานจากระบบหนึ่งไปเป็นระบบอื่นโดยที่รูปแบบอาจจะเปลี่ยนไปก็ได้ ซึ่งจะเป็นความหมายของ ทรานสดิวเซอร์ การวัดค่าต่างๆ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



รูปที่ 2.1 แสดงการจัดกลุ่มของทรานสดิวเซอร์(Transducers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็นเซอร์ (Sensor) เป็นทรานซิสเตอร์ที่แปลงสัญญาณในรูปแบบต่าง ๆ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่วนแอกชีวเอเตอร์ (Actuators) จะเป็นทรานสดิวเซอร์ที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณในรูปแบบอื่นโดยทั่วไปจะเป็นสัญญาณในรูปกลศาสตร์ (ดังแสดงในรูป 2.1) ตัวอย่างของเซ็นเซอร์ เช่น เซ็นเซอร์วัดความดัน pH เซ็นเซอร์ และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ตัวอย่างของแอกชีวเอเตอร์ (Actuators) เช่น โซลินอยด์ วาล์ว เพียร์โซอิเล็กทริก และเลเซอร์ไดโอด ส่วนในเคมีคอลแอกชีวเอเตอร์ (Chemical Actuators) เมื่อป้อนศักดาทางไฟฟ้าจะทำให้เกิด ไฮโดรเจนและออกซิเจน จอภาพจะเป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดพิเศษที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าไปเป็นรูปแบบที่มองเห็น เช่น จอภาพ CRT, จอ LCD, LCD array ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์แสดงผล ที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป



รูปที่ 2.2 แสดงโคะแกรมของทรานสดิวเซอร์ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์วงจรรขยายแอกชีวเอเตอร์และจอภาพ

โดยทั่วไประบบควบคุมการทำงานของทรานสดิวเตอร์ในทางอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่อยู่ในส่วนอินพุตต่อไปยังสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณทางไฟฟ้าจะผ่านการขยายสัญญาณเช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ ในส่วนของเอาต์พุตของการขยายสัญญาณจะถูกแปลงสัญญาณโดยแอกชีวเอเตอร์เพื่อแสดงบนหน้าจอ ดังรูปที่ 2.2 ส่วนชนิดและวัสดุที่ทำเป็นตัวเซ็นเซอร์จะแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์และวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์

ชนิดเซ็นเซอร์	วัสดุเซ็นเซอร์	Sensor Function
อุณหภูมิ	$(\text{Mn,Cu})(\text{Mn,Co,Ni})_2\text{O}_4$, CoAl_2O_4 , NiAl_2O_4 $\text{Mg}(\text{Al,Cr,Fe})_4\text{O}_4$ Sic,	NTC thermistor
ความชื้น	MgCr_2O_4 - TiO_2 V_2O_5 - TiO_2 , ZnCr_2O_4 - LiAnVo_4 Al_2O_3 , $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2$ ZrO_2 - MgO	ความนำไฟฟ้า
ก๊าซ	SnO_2 , ZnO , γ - Fe_2O_3 , α - Fe_2O_3 TiO_2 MgO CoO-Mgo , Zro_2 - CaO	ความนำไฟฟ้า
อ็อน	$\text{AgX}(\text{X:Cl,Br,I,CN,SCN})$ $\text{PbS-Ag}_2\text{S}$, CdS-AgS $\text{CuS Ag}_2\text{S}$	อ็อน ซีเล็คทีฟ อ็เล็กโตรด
ระยะทางความเร็ว	$\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$	เพียโซอิเล็กตริก (Piezoelectricity)
แสง	PbTiO_3 , LiTaO_3 LiNbO_3 , $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ CaF_2 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Pyroelectricity (Infrared detection) Thermoluminescence

2.3 ตัวตรวจจับแก๊ส

ในที่นี้จะขอก้าวถึงตัวตรวจจับแก๊สไว้ 2 ชนิดด้วยกันคือ

2.3.1 แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (co gas)

2.3.2 แก๊สตรวจจับควันและกลิ่น

2.3.1 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO GAS SENSOR)

2.3.1.1 ลักษณะ โครงสร้างของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์

2.3.1.2 ลักษณะเด่นของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความไวสูง คือที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำ (ต่ำกว่า 200 ppm)
- มีความไวต่ำต่อแก๊สชนิดอื่นเช่น แอลกอฮอล์ (ALCOHOL)

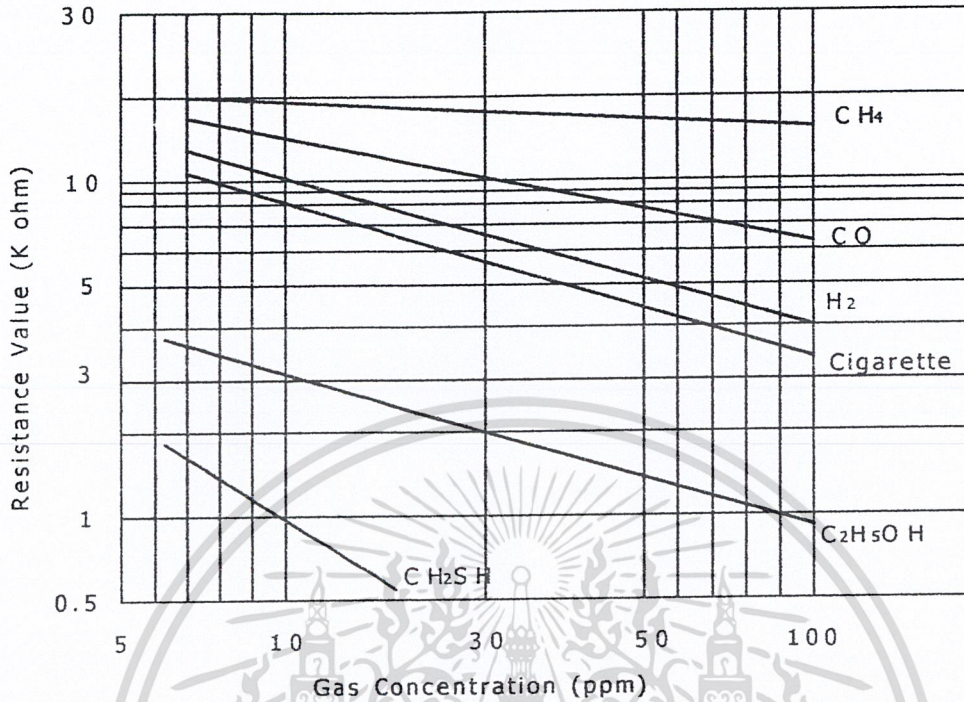


รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของแก๊สเซ็นเซอร์

2.3.1.3 คุณสมบัติสำคัญของเซ็นเซอร์แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์

- คุณสมบัติเกี่ยวกับความไว

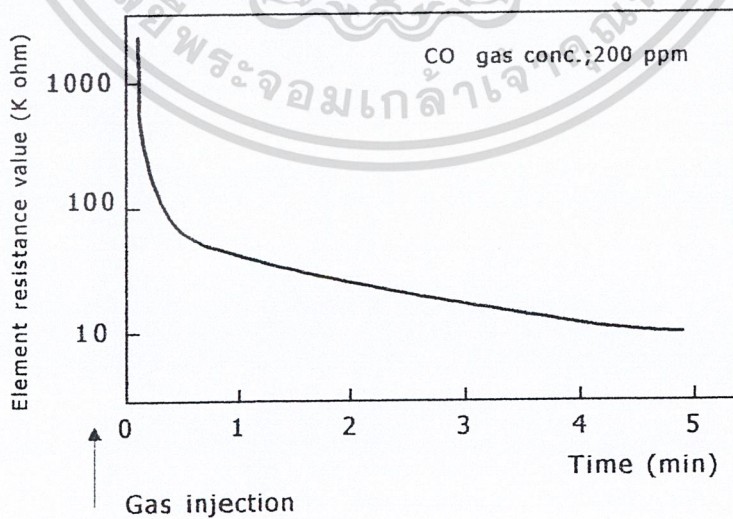
ค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์ จะเปลี่ยนแปลงไป เมื่อปริมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์เปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เป็นการแสดงค่าความต้านทานที่แปรผันไปตามค่าความเข้มข้นของแก๊สโดยจะคิดความเข้มข้นในหน่วยของหนึ่งในล้าน

- คุณสมบัติเกี่ยวกับเวลา

เมื่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์มีค่าคงที่ การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์จะสัมพันธ์กับเวลา ดังรูปที่ 2.5



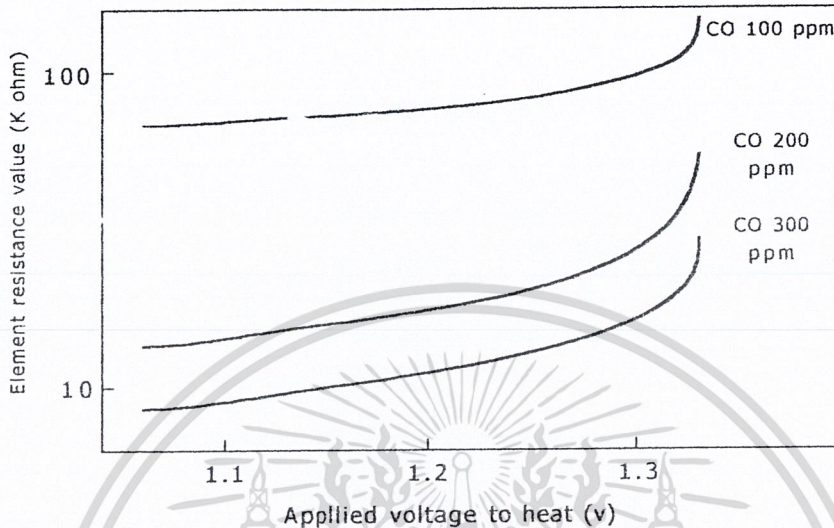
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์สัมพันธ์กับเวลาเมื่อ

ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● คุณสมบัติเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าของฮีตเตอร์ (HEATER)

ค่าแรงดันที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์เมื่อแรงดันไฟฟ้าของฮีตเตอร์เปลี่ยนแปลงไป

2.3.2 คุณสมบัติของ Gas Sensor เบอร์ AF30

ตัวจับแก๊ส AF30นี้เป็นเซมิคอนดักเตอร์ Gas Sensor ค่อนข้างไวในการตรวจจับซึ่งจะสามารถตรวจจับแก๊สและกลิ่นที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ เช่น กลิ่นของควันบุหรี่ และกลิ่นต่าง ๆ อีกมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้งานดังแสดงคุณสมบัติในการตอบสนองกลิ่นต่าง ๆ ดังตาราง

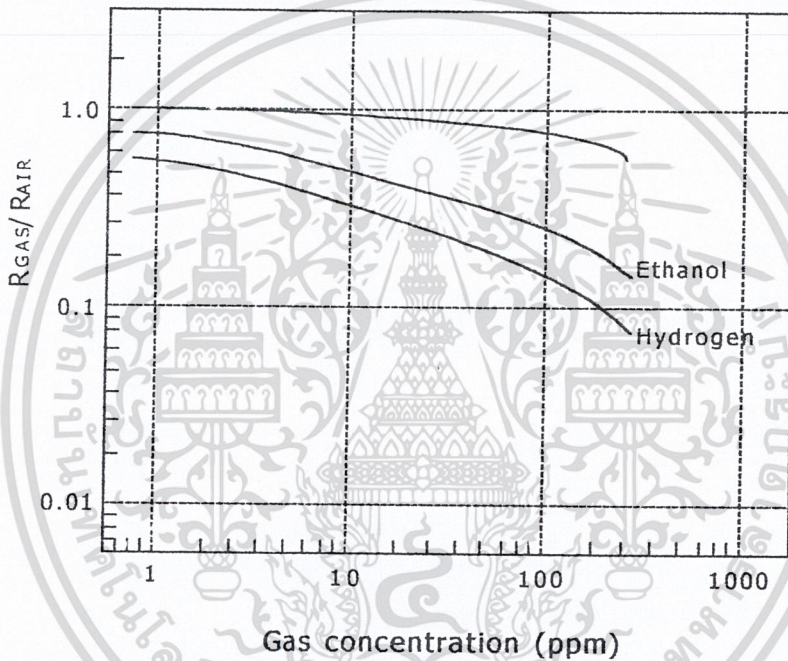
ตารางที่ 2.2 AF30 Response Characteristic

Objects	Olfaction Level (Sensuousness)	AF30 Response		Remarks
		Sensitivity	Speed	
1. Cigarette smoke	Strong	Very High	Quick	5 pieces
2. Cosmetics	Strong	Very high	Quick	Colgne 1 puff
3. Fried meat	Med/Strong	High	Quick	300 gms.
4. Fried onion	Strong	High	Quick	3 pcs.
5. Fried green pepper	Medium	Medium	Slow	5 pcs.
6. Coffee	Weak	Low	-	5 cups.

2.3.2.1 คุณสมบัติของหัวจับแก๊ส

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

R_{GAS} : Resistor value in gas
 R_{AIR} : Resistor value in atmosphere



รูปที่ 2.7 แสดงค่าของ Gas Sensitivity Characteristic ของเบอร์ AF30

จากรูปที่ 2.7 เป็นการแสดงค่าความต้านทานที่แปรผันไปตามค่าความเข้มข้นของแก๊ส โดยจะคิดความเข้มข้นในหน่วยของหนึ่งในล้าน

ความไวสามารถหาได้จาก

$$Sensitivity = \frac{R_{GAS}}{R_{AIR}}$$

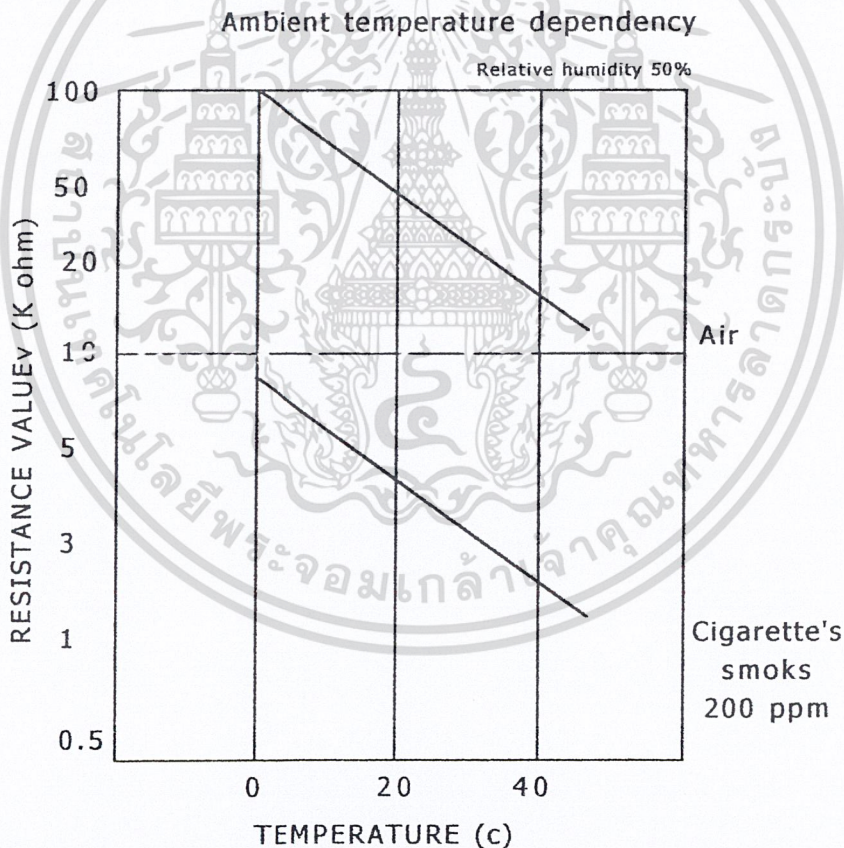
โดยที่

RGAS : ความต้านทานของตัว Sensor (R_s) ในขณะที่อยู่ในบรรยากาศที่มีความหนาแน่นของก๊าซอยู่

RAIR : ความต้านทานของตัว Sensor (R_s) ในขณะที่อยู่ในบรรยากาศที่สะอาด บริสุทธิ์ ไม่มีก๊าซผสมอยู่

2.3.2.2 คุณสมบัติของหัวเซ็นเซอร์ต่ออุณหภูมิ

หัวตรวจแก๊ส AF30 มีคุณสมบัติเสมือนเป็น เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC ซึ่งจะมีค่าของความต้านทานแปรผกผันกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแสดง ได้ดังตารางรูปที่ 2.8 ซึ่งในการออกแบบวงจรเซ็นเซอร์จำเป็นต้องคำนึงถึงจุดนี้เป็นสำคัญ

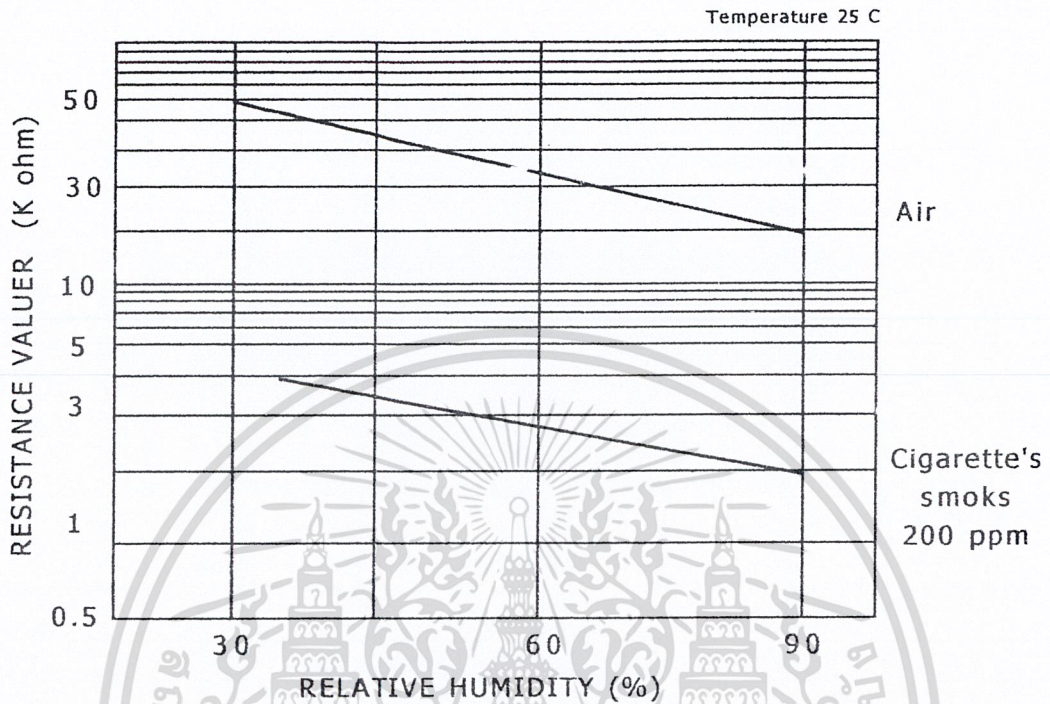


รูปที่ 2.8 แสดงค่าอุณหภูมิที่มีผลต่อความต้านทาน

2.3.2.3 คุณสมบัติของหัวแก๊สเซ็นเซอร์ต่อค่าความต้านทานหัวแก๊สเซ็นเซอร์ตัวนี้ จะมีข้อดีตรงที่มีค่าของความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์เองเปลี่ยนไปตามค่าความชื้นน้อยมาก โดยจะแสดงได้จากรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

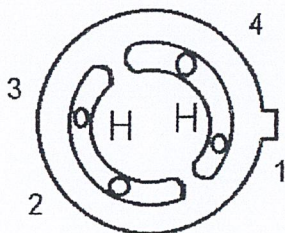
Ambient humidity dependency



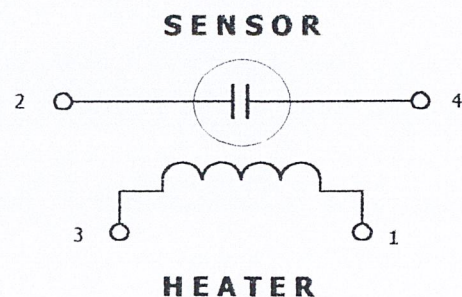
รูปที่ 2.9 แสดงค่าความชื้นที่มีผลต่อความต้านทาน

2.3.2.4 วงจรสำหรับทดสอบของ AF30

จากรูปที่ 2.11 เป็นลักษณะการต่อวงจรในการทดสอบการใช้งานของหัวแก๊สเซ็นเซอร์และ
 ในรูปที่ 2.12 เป็นค่าของกราฟการตอบสนองในการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ Output โดยใช้อากาศ
 บริสุทธิ์กับควันของบุหรี่เป็นตัวเปรียบเทียบ ไปด้วยเวลา จะสังเกตว่าในช่วงเวลาขณะที่ยังไม่มีการ
 ตรวจจับควันบุหรี่ได้จะมีค่าแรงดันประมาณ 0.9 Volts แต่เมื่อมีควันบุหรี่ (เปรียบเทียบที่ความ
 เข้มข้น 200 ppm) เข้ามาจะวัดแรงดัน Output ได้ประมาณ 4 Volts

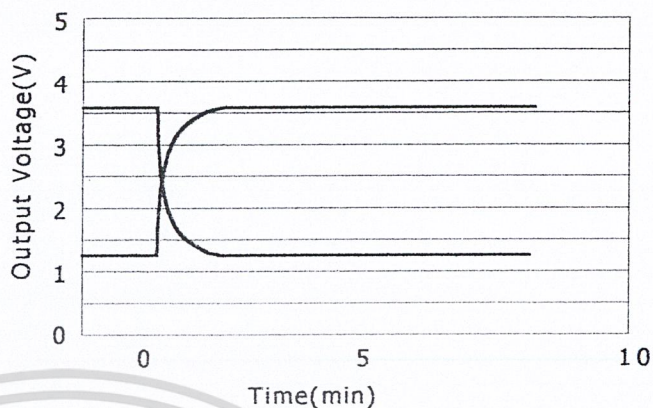
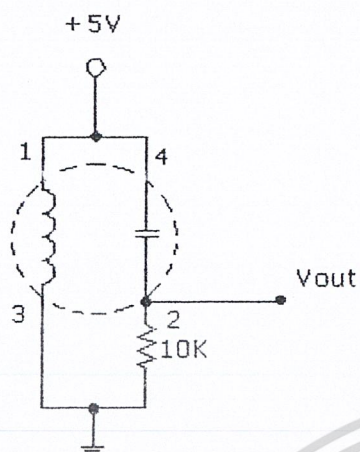


Bottom face diagram



รูปที่ 2.10 ตำแหน่งของขาและวงจรภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจรทดสอบ AF30

รูปที่ 2.12 Response Characteristic

จากรูปที่ 2.11 เป็นวงจรที่ใช้ทดสอบซึ่งเราจำเป็นต้องทราบค่าคุณสมบัติในการนำไปใช้งานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 เงื่อนไขการทำงานของ Gas Sensor AF series

Parameter	Rating
Operating Temperature	$-10^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	$-30^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$
Load Resistor R_L	Variable
Rated Sensor power consumption P_S	$P_S \leq 15\text{mW}$
Rated Working Voltage of Circuit V_C	DC or AC 5V(Max 12V)
Rated Working Voltage of Heater	DC or AC $5\text{V} \pm .02\text{V}$

$$P_S = \frac{V_C^2 \cdot R_S}{(R_S + R_L)^2} \quad R_S : \text{Sensor Resistance}$$

และจากตารางที่ 2.4 เป็นการแสดงส่วนประกอบของควันบุหรี่ (Cigarette smoke) โดยเปรียบเทียบออกมาในรูปของความไวในการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

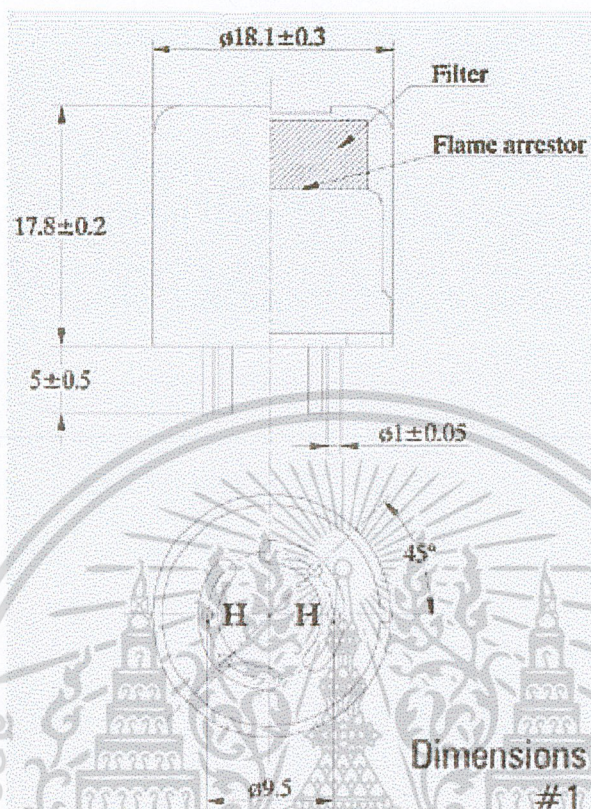
ตารางที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของควันบุหรี่

Putrid smells		Concentration in test	AF30 Sensitivity (Rg/Ra)	Test Condition
Ingredients	Formula			
A cigarette is bunt in 30 m ³				
Carbon monoxide	CO	1.0 ppm.	1.8	10 ppm.
Acetaldehyde	CH ₃ CHO	0.5	4.5	10 ppm.
Ammonia	NH ₃	0.3	2.5	10 ppm.
Formaldehyde	HCHO	0.2	3.2	10 ppm.
Acetone	(CH ₃) ₂ CO	0.07	10.5	10 ppm.
Acetic acid	CH ₃ COOH	0.07	6.8	10 ppm.
Nicotine	C ₁₀ H ₁₄ N ₂	0.07	18.0	10 ppm.
Toluene	C ₆ H ₅ CH ₃	0.05	8.3	10 ppm.
Pyriding	C ₅ H ₅ N	0.02	9.3	10 ppm.

$Rg/Ra = (\text{Resistance value in gas})/(\text{Resistance Value in clean air})$

2.4 ลักษณะโครงสร้างของแก๊สเซ็นเซอร์

แก๊สเซ็นเซอร์ถูกสร้างขึ้นมาจาก สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-Type) ซึ่งประกอบด้วย ดีบุกออกไซด์ (Tin – Oxide : SnO₂) ซึ่งจะมีคุณสมบัติคือค่าความนำทางไฟฟ้า (Conductivity) จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีพวกแก๊สติดไฟ (Combustible gases) เข้ามาทำปฏิกิริยา อาทิเช่น ไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ มีเทน ฯลฯ และรอบ ๆ ชั้นสารกึ่งตัวนำจะมีลวดความร้อนล้อมรอบอยู่เพื่อทำหน้าที่ให้แก๊สและไอถูกจับและระเหยได้เร็วขึ้นและยังเป็นการลดผลของอุณหภูมิภายนอกและความชื้นที่จะมา มีผลต่อการนำไฟฟ้าของชั้นสารกึ่งตัวนำ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ลักษณะ โครงสร้างของตัวก๊าซเซ็นเซอร์ เบอร์ AF30

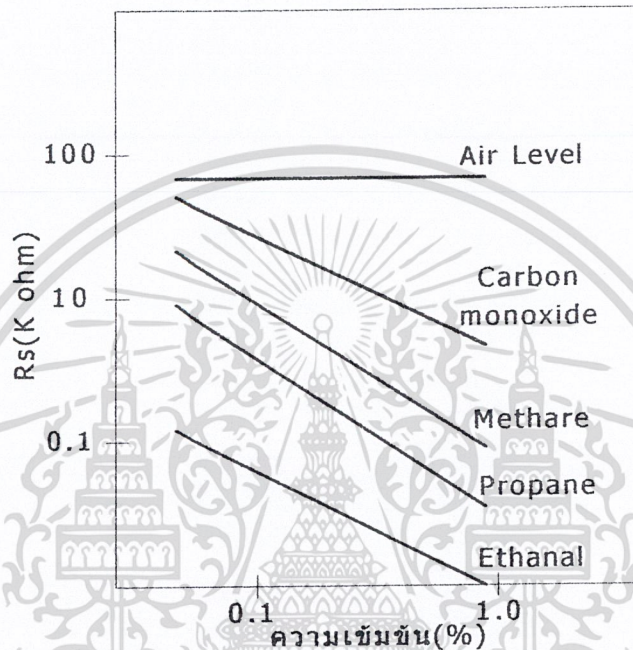
2.5 คุณสมบัติของแก๊สเซ็นเซอร์

เมื่อโมเลกุลของแก๊สถูกดูดลงผิวสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานขึ้น อันเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานของโมเลกุลของแก๊สกับผิวสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น เมื่อออกซิเจนซึ่งตามคุณสมบัติจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (เนื่องจากอิเล็กตรอนวงนอกสุดของแก๊สออกซิเจน = 6) ซึ่งเมื่อมันถูกดูดไว้เป็นผลให้ค่าความนำทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำก็จะสูงขึ้น

เนื่องจากความดันของออกซิเจนในอากาศนี้คงที่ในสภาวะปกติโดยอัตราส่วนและปริมาณของออกซิเจนที่ถูกดูด โดยแก๊สเซ็นเซอร์จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของแก๊สเซ็นเซอร์ ฉะนั้นค่าความนำไฟฟ้าของแก๊สเซ็นเซอร์คงที่เมื่ออุณหภูมิคงที่ โดยสภาพปกติตัวแก๊สเซ็นเซอร์รับเอาออกซิเจนไว้แล้วและมีความนำทางไฟฟ้าอยู่ค่าหนึ่งคงที่ ดังนั้นถ้ามีแก๊สชนิดอื่นซึ่งเป็นพวกแก๊สติดไฟเช่นพวก คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนเข้ามาโมเลกุลของแก๊สที่เข้าแทนที่นี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายเทจำนวนอิเล็กตรอนไปในทิศทางตรงกันข้ามกับออกซิเจน คืออิเล็กตรอนจะส่งผ่านไปยังสารกึ่งตัวนำที่มีความเข้มของอิเล็กตรอนมากกว่า เป็นผลทำให้ค่าความนำทางไฟฟ้า ของตัวแก๊สเซ็นเซอร์เพิ่มขึ้นนั่นคือค่าความต้านทานของมันลดลงและ จะลดลงเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มของแก๊สที่เข้ามาและชนิดของแก๊สด้วย ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงกราฟความต้านทานของสารกึ่งตัวนำที่ความเข้มข้นของแก๊สแตกต่างกัน

2.6 วิธีใช้งานของตัวแก๊สเซ็นเซอร์

การใช้งานแก๊สเซ็นเซอร์จะใช้แรงดัน 5 โวลต์ มาป้อนให้แก่ขดลวดแล้วต่อปลายอิเล็กโทรด (electrode) ทั้งสองด้านขึ้นสารกึ่งตัวนำไปหาไฟเลี้ยง (Vcc) โดยผ่านความต้านทานโหลด (R_L) ดังรูปที่ 2.15

ไฟเลี้ยงนี้ต้องไม่เกินกว่า 12 โวลต์ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วมักใช้ไฟเลี้ยงมีค่าไม่น้อยกว่า 5 โวลต์ และไม่มากกว่า 12 โวลต์

เนื่องจากคุณสมบัติด้านความไวของตัวแก๊สเซ็นเซอร์ ขึ้นกับอุณหภูมิ และความชื้นมาก ดังนั้นเพื่อให้การทำงานได้ดีขึ้นและเชื่อถือได้สูงไฟเลี้ยงขดลวดความร้อนจึงควรมีค่าคงที่

จากรูปที่ 2.15 เป็นวงจรพื้นฐานที่จะนำไปต่อใช้งานขา 1 กับขา 3 จะต่อกับส่วนของ heater และขา 2 กับขา 4 จะต่อกับส่วนของ Sensor ซึ่ง Gas Sensor AF series นี้จะมีเสถียรภาพที่ดีเมื่อใช้งานที่แรงดัน Vc มีค่าเท่ากับ 5 V เมื่อมีก๊าซมาตกกระทบบริเวณตัวเซ็นเซอร์ จะทำให้

ความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์มีค่าลดลง ค่าความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์ (R_s) สามารถคำนวณได้จากแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) ตามสูตร

$$R_s = \left\{ \frac{V_C - V_{Out}}{V_{Out}} \right\} RL$$

เงื่อนไขการทดสอบ

- เป็นอากาศที่บริสุทธิ์ สะอาด ไม่มีก๊าซอื่นเจือปน อุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ และค่า R.H. $50 \pm 5\%$
- แรงดันของวงจร $5\text{V} \pm 0.05\text{V}$
- แรงดันของ heater $5\text{V} \pm 0.05\text{V}$
- ความต้านทานของโหลด RL ประมาณ $5\text{k}\Omega - 10\text{k}\Omega \pm 10\%$
- ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบมากกว่า 48 ชั่วโมง



รูปที่ 2.15 แสดงวิธีการใช้งานแก๊สเซ็นเซอร์แบบเบื่องต้น

2.7 พื้นฐานในการวัดด้วยแก๊สเซ็นเซอร์

ในสภาวะอากาศปกติตัวแก๊สเซ็นเซอร์จะมีความต้านทานทางไฟฟ้าสูง (High electrical resistance) ถ้าตัวแก๊สเซ็นเซอร์อยู่ในสภาพที่มีแก๊สไปปกคลุมก็จะทำให้ค่าความต้านทานของมันลดลงเนื่องจากความเข้มข้นของแก๊สดังได้กล่าวมาแล้ว จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนี้ ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมความต้านทาน โหลด (R_L) เปลี่ยนแปลงได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ เมื่อความต้านทานของแก๊ส ของแก๊สเซ็นเซอร์ลดลงมาก จะได้ค่า แรงดันที่ความต้านทานไหลสูงขึ้น ซึ่งเราสามารถนำขนาดของแรงดันนี้ไปได้เปรียบเทียบกับปริมาณของแก๊สเซ็นเซอร์ที่รับมาได้

อย่างไรก็ตามเนื่องจากความต้านทานของเซ็นเซอร์ที่ตัวนำไม่ได้ลดลงเป็นอัตราส่วนกับปริมาณแก๊สหรือ ไอแต่จะลดในลักษณะเอ็กโพเนนเชียล (Exponential) ดังนั้นจะแปรค่าแรงดันที่ได้รับออกมาเป็นความเข้มข้นของแก๊สโดยทางตรงไม่ได้ซึ่งใช้ได้แต่เปรียบเทียบว่ามีมากหรือน้อยเท่านั้น

2.8 ข้อแนะนำบางประการที่ควรทราบ

เมื่อเริ่มใช้งาน (ป้อนไฟเลี้ยงเข้าวงจร) ควรอุ่นตัวแก๊สเซ็นเซอร์ก่อน ประมาณ 5 นาที ให้ความต้านทานของเซ็นเซอร์ที่ตัวนำเข้าที่เสถียรก่อนและถ้าไม่ได้ใช้งานมานานหรือเก็บไว้ในที่มีความชื้นมากนาน ๆ ก็ควรขับไล่ความชื้นหรือแก๊สพิษที่คั่งค้างอยู่โดยการป้อนแรงดันให้ขดลวดความร้อนสูงกว่าปกติเล็กน้อย เช่น ป้อนไฟ 6 โวลต์ เข้าไปประมาณ 2-5 นาทีก่อนแล้วจึงค่อยลดลงมาเป็น 5 โวลต์ ตามเดิม

จากวงจรทดสอบการทำงานของแก๊สในรูปแบบที่ 2.15 เราสามารถนำมาออกแบบในการทดสอบได้ โดยจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานของการตรวจวัดดังนี้

1. เราต้องมีการทดสอบในบริเวณที่มีอาณาเขตคงที่เป็นมาตรฐานซึ่งจะขอเรียกว่า "Test Chamber"
2. ต้องมีการกำหนดค่าแรงเคลื่อนที่ให้ไปอัส(Bias)แก่หัวแก๊สเซ็นเซอร์ให้คงที่ตามมาตรฐาน (+5V)
3. จะต้องทำการวัดค่าแรงเคลื่อนเอาท์พุทหลังจากเริ่มจ่ายแรงเคลื่อนให้แก่อ่านไปแล้ว 1 นาที (ในอากาศบริสุทธิ์)

2.9 สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการทดสอบ

1. ไม่ควรให้มีการเป่าแก๊สเข้าที่หัวเซ็นเซอร์โดยตรงซึ่งจากข้อมูลของหัวแก๊สเซ็นเซอร์จะกำหนดค่าความเร็วของอากาศที่ผ่านชุดเซ็นเซอร์ควรน้อยกว่า 0.5 เมตรต่อวินาที
2. การวัดค่าแรงเคลื่อนที่ออกจากหัวแก๊สเซ็นเซอร์เราต้องใช้โวลท์มิเตอร์ที่มีอิมพีแดนซ์สูงกว่า 1 เมกะโอมห์ ขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ดิจิตอลมัลติมิเตอร์เพราะมีฉะนั้นแล้วมิเตอร์ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำจะแสดงตัวเป็นเสมือนโหลดอีกตัวของวงจร เมื่อนำเข้าไปตรวจวัดจะทำให้เป็นเสมือน

วงจรขนาน ดังนั้นค่าของความต้านทานจะต่ำลงไปและค่าของแรงเคลื่อนที่วัดได้ก็จะผิดไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

3.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 มีดังนี้

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต

มีวงจรรอสวิตช์และวงจรมัลติเพล็กซ์ภายในไอซี

มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต

สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (external data memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 k

สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (external program memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 k

มีหน่วยความจำโปรแกรมในตัว (on - chip program memory) ขนาด 4 k โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 k สำหรับเบอร์ 8031 และ M8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้

มีหน่วยความจำข้อมูลในตัว (on - chip data memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์

หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วยการควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น

มีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ (timer/counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว

การอินเทอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเทอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเทอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)

มีคำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์

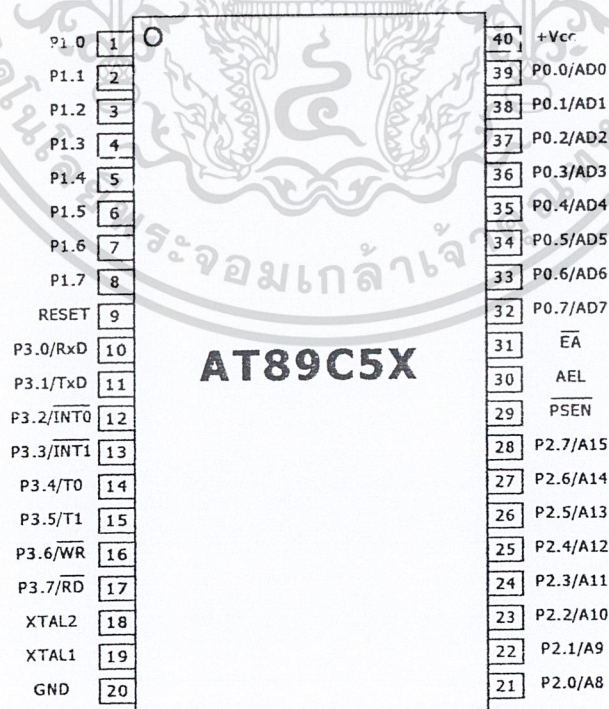
ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51

ชื่อเบอร์	หน่วยความจำภายใน		จำนวนไทมเมอร์/ เคาน์เตอร์	จำนวนอินเตอร์ รัปต์
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8052AH	8k*8 ROM	256*8 RAM	3*16-Bit	6
8051AH	4k*8 ROM	128*8 RAM	2*16-Bit	5
8051	4k*8 ROM	128*8 RAM	2*16-Bit	5
8032AH	ไม่มี	256*8 RAM	3*16-Bit	6
8031AH	ไม่มี	128*8 RAM	2*16-Bit	5
8031	ไม่มี	128*8 RAM	2*16-Bit	5
8751H	4k*8 EPROM	128*8 RAM	2*16-Bit	5
8751H-12	4k*8 EPROM	128*8 RAM	2*16-Bit	5

3.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปข้างล่างนี้ สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา VCC เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์

ขา VSS เป็นขากราวด์

ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ขา P0.0 - P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุต พอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากนี้พอร์ตนี้ก็จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0 - A1) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0 - D7)

ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ P1.0 - P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต P1.0 และ P1.1 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับด้วย

ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขา ได้แก่ P2.0 - P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้ก็จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8 - A15)

ขาพอร์ต (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P3.0 - P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไปโดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้ก็จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ ดังที่จะแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (Timer 0 external input)
P3.5	T1 (Timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

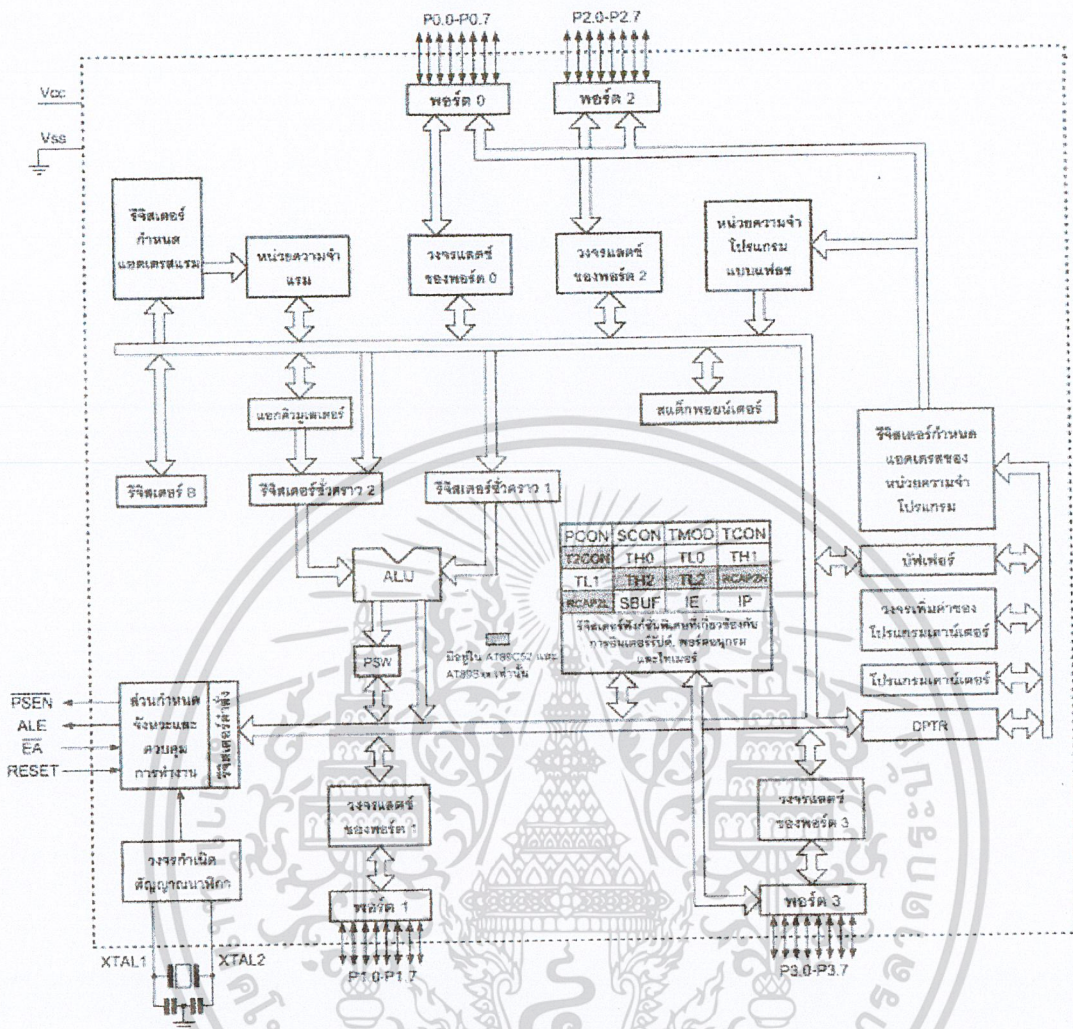
ขา รีเซ็ต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมกซีนไซเกิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขา ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (program pulse input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสไตรบ เพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกขา นี้จะส่งสัญญาณสไตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละแมกซีนไซเกิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะ ไม่มีการส่งสัญญาณสไตรบแต่อย่างใด

ขา EA/VPP (External Access enable)/VPP ขา สำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่ง จากหน่วยความจำภายนอก ที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH (0-1FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขา นี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (VPP) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM

ขา XTAL 1 และขา XTAL 2 เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรรีโอสซิลเลเตอร์ออสซิลเลเตอร์แอมพลิไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตัลภายนอก



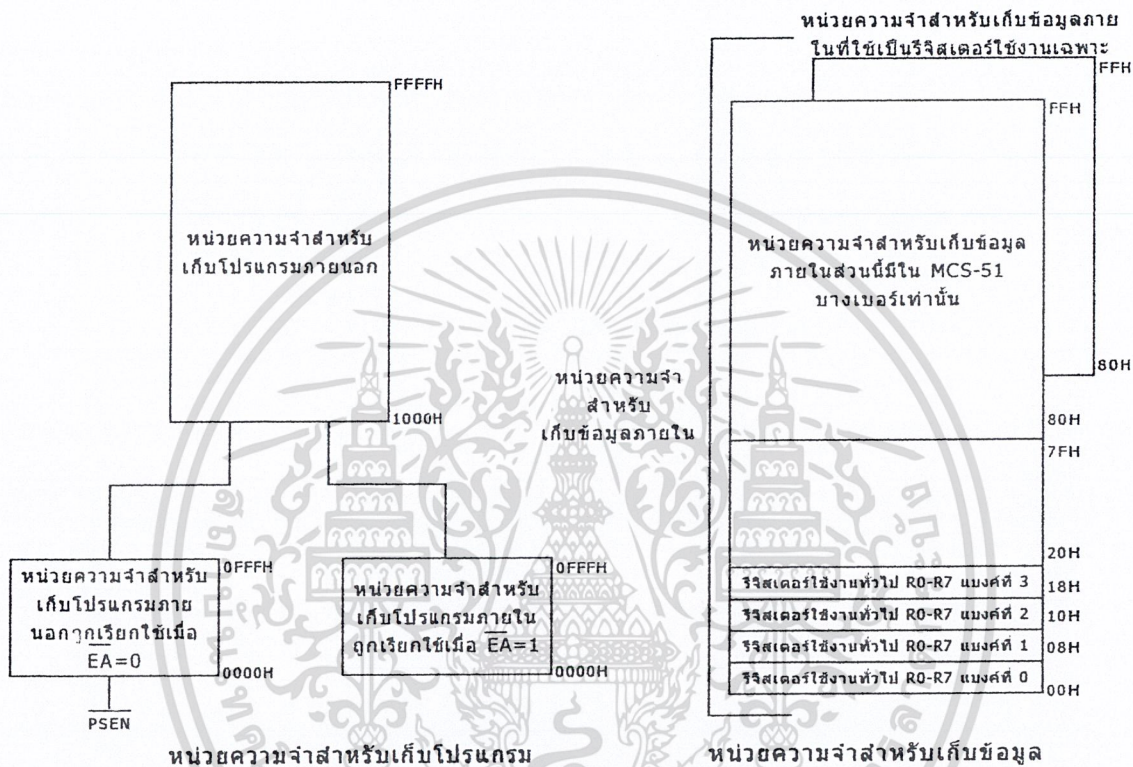
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แสดงดังในรูป โดยส่วนที่มีเครื่องหมายดอกจันจะมีเฉพาะในเบอร์ 8032 และ 8052 เท่านั้น

3.3 การจัดหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบ่งชนิดหรือหน้าที่ของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำโปรแกรม จะใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่ในตัว โดยอาจจะมีขนาดไม่เท่ากันหรือเป็นหน่วยความจำต่างชนิดกัน เช่น บางเบอร์เป็น ROM และบางเบอร์อาจเป็น EPROM และบางเบอร์อาจไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้เลย โปรแกรมการทำงานจะถูกเก็บไว้ยังหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลจะใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการทำงานของโปรแกรม ซึ่งใน MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่จำนวนหนึ่งแต่อาจมีขนาดมากน้อยต่างกันไปในแต่ละเบอร์สำหรับการจัด โครงสร้างของหน่วยความจำทั้ง ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลแสดงไว้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการจัด โครงสร้างของหน่วยความจำ

3.3.1 หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือหน่วยความจำโปรแกรมภายในและหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะถูกเลือกใช้งานถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 1 โดยจะถูกใช้งานในช่วงแอดเดรส 0-0FFFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-0FFFFH ในเบอร์ 8052) นอกเหนือจากช่วงแอดเดรสนี้จะใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ทั้งหมดในกรณีตรงกันข้ามถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 0 ในช่วงแอดเดรส 0-0FFFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-1FFFFH ในเบอร์ 8052) จะถูกใช้จากหน่วยความจำภายนอก หรือกล่าวได้ว่าถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 0 จะเป็นการเลือกให้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมดตลอดช่วงแอดเดรส

3.3.2 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในและหน่วยความจำข้อมูลภายนอก สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปและส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษหรือ SFR (Special Function Register) โดยส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปจะถูกใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการทำงานของโปรแกรม ส่วนรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษจะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานและบอกสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายใน ขนาด 128 ไบต์เป็นอย่างน้อย และบางเบอร์อาจมีถึงขนาด 256 ไบต์

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR)

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษมีบทบาทอย่างมากในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำให้การเขียนโปรแกรมสามารถทำได้สะดวกมากขึ้น รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษทำหน้าที่สำคัญคือ ควบคุมการทำงาน ในส่วนต่าง ๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์และ ทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน ซึ่งในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษบางตัวยังสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต (bit addressable) ด้วย ดังแสดงรูปการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่าง ๆ ในรูปที่ได้แสดงในด้านบน

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปมีไว้สำหรับให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำข้อมูลไปพักไว้ชั่วคราวหรือใช้งานทั่วไปได้ตามต้องการ ซึ่งรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปนี้มีอยู่ด้วยกัน 8 ตัว คือรีจิสเตอร์ R0 - R7 โดยรีจิสเตอร์ทั้ง 8 ตัวถูกจัดให้อยู่รวมกันและมีให้เลือกใช้ถึง 4 แบนก์ (bank) นั่นคือ มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปถึง 32 ตัวให้ใช้งาน เพียงแต่การเลือกรีจิสเตอร์ R0 - R7 ในแบนก์ใดแบนก์หนึ่งจะถูกกำหนดจากบิต RS0,RS1 ในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ PSW ดังนั้นการเลือกใช้จึงเลือกได้เพียงแบนก์เดียวในขณะใดขณะหนึ่ง อย่างไรก็ตามค่าข้อมูลที่เก็บได้ไว้ในรีจิสเตอร์แบนก์ใดก็ตามที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละแบนก์จะไม่มีผลซึ่งกันและกันเลย ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมใช้งานรีจิสเตอร์ทั่วไปนี้ได้ทั้ง 32 ตัวอย่างเต็มที่และไม่ยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม

แอดเดรส	บิต								
FFH									
F0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	รีจิสเตอร์ B
E0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	รีจิสเตอร์ ACC
D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	-	D0	รีจิสเตอร์ PSW
B8H	-	-	-	D4	D3	D2	D1	D0	รีจิสเตอร์ IP
B0H	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	รีจิสเตอร์ P3
A8H	D7	-	-	D4	D3	D2	D1	D0	รีจิสเตอร์ IE
A0H	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	รีจิสเตอร์ P2
99H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ SBUF
98H	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0	รีจิสเตอร์ SCON
90H	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	รีจิสเตอร์ P1
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TH1
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TH0
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TL1
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TL0
89H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TMOD
88H	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	รีจิสเตอร์ TCON
87H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ PCON
83H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ DPH
82H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ DPL
81H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ SP
80H	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	รีจิสเตอร์ P0

หมายเหตุ : ชื่อของแต่ละบิตที่กำหนดในรูปแบบเป็นการกำหนดให้เห็นว่ามี การเรียงลำดับ นัยสำคัญของรีจิสเตอร์แต่ละตัว โดยเรียงจากบิตสูงมายังบิตต่ำสำหรับชื่อที่แท้จริงของแต่ละบิต ให้ตรวจสอบกับรายละเอียดของรีจิสเตอร์ตัวนั้นๆต่อไป

รูปที่ 3.4 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษต่าง ๆ

บทที่ 4

รายละเอียดในการออกแบบและการสร้าง

4.1 แนวทางการออกแบบ

4.1.1 Block Diagram

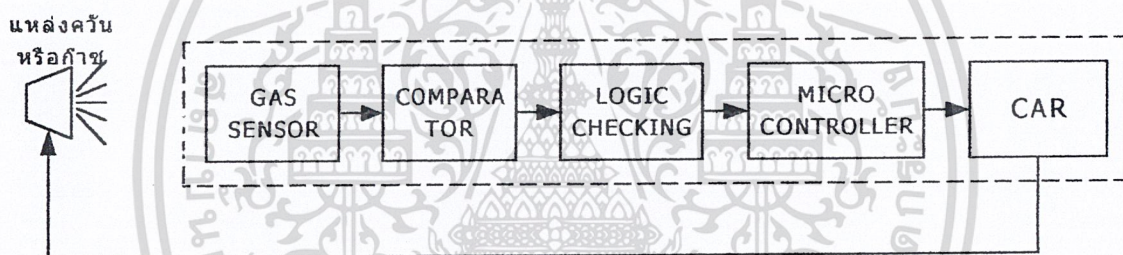
โครงการประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

-ส่วนที่เป็น HARDWARE คือ ส่วนตัวรถและ ตัว sensor

-ส่วนที่เป็น SOFTWARE คือ ส่วนของ PROGRAM

ที่ควบคุมให้รถวิ่งไปยังแหล่งกำเนิดควันหรือก๊าซ

Block Diagram ของโครงการประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 4.1 Block Diagram ของโครงการ

-**GAS SENSOR** ทำหน้าที่ตรวจสอบปริมาณความหนาแน่นของควันหรือก๊าซและแสดงออกมาในรูปของความต้านทานที่แปรไปตามความเข้มข้นของก๊าซซึ่งจะแปลงค่าของข้อมูลในรูปของความต้านทานออกมาเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า

-**COMPARATOR** ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตจากตัวเซ็นเซอร์ป้อนให้ที่ขาอินพุต

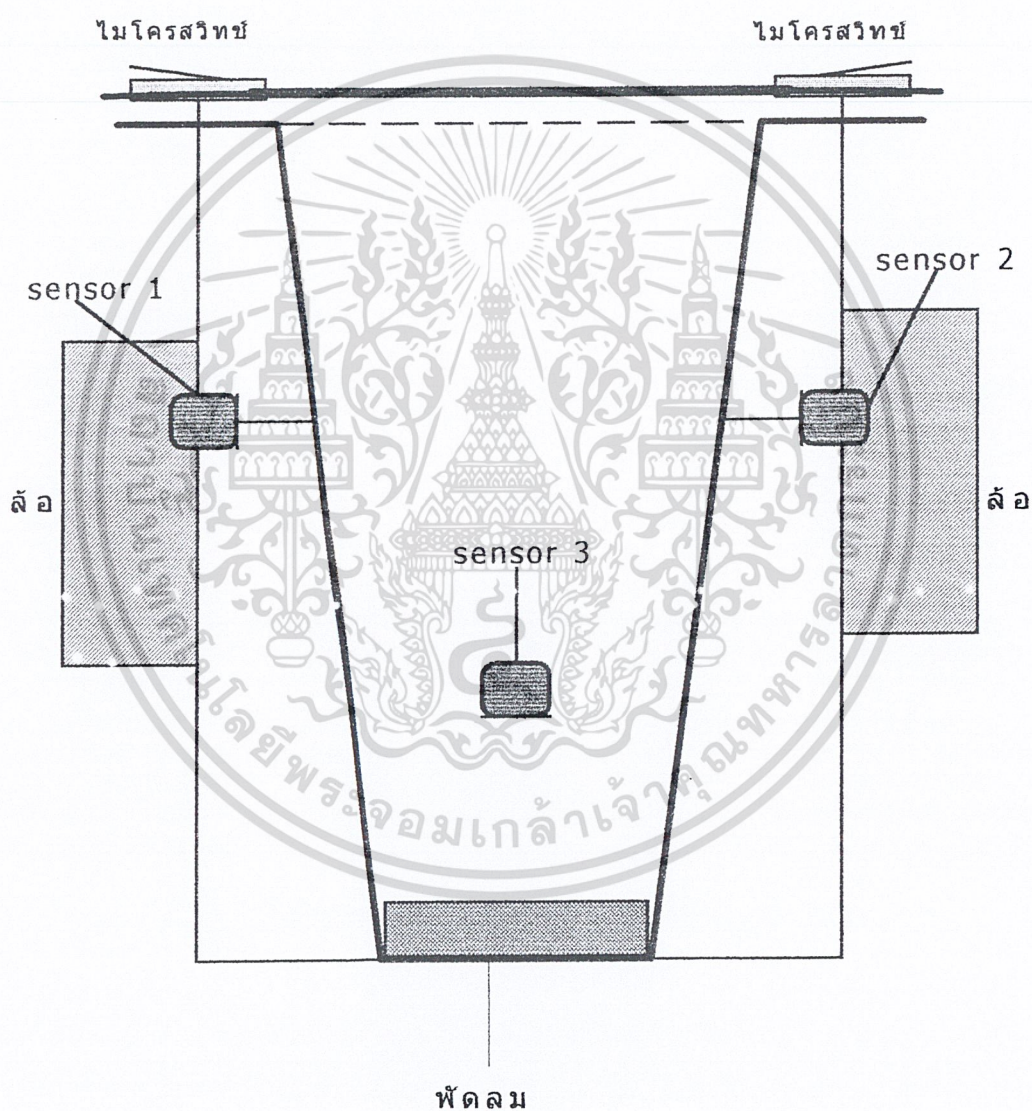
-**LOGIC CHECKING** ได้จากเอาต์พุตของคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็น ลอจิก high และ low

-**MICRO CONTROLLER** เมื่อได้รับการตรวจสอบจากภาค Logic Checking แล้ว จะทำหน้าที่ควบคุมให้ รถวิ่งไปมาแหล่งควัน

-**CAR** เป็น HARD WARE ซึ่งทำหน้าที่วิ่งไปหาแหล่งควัน

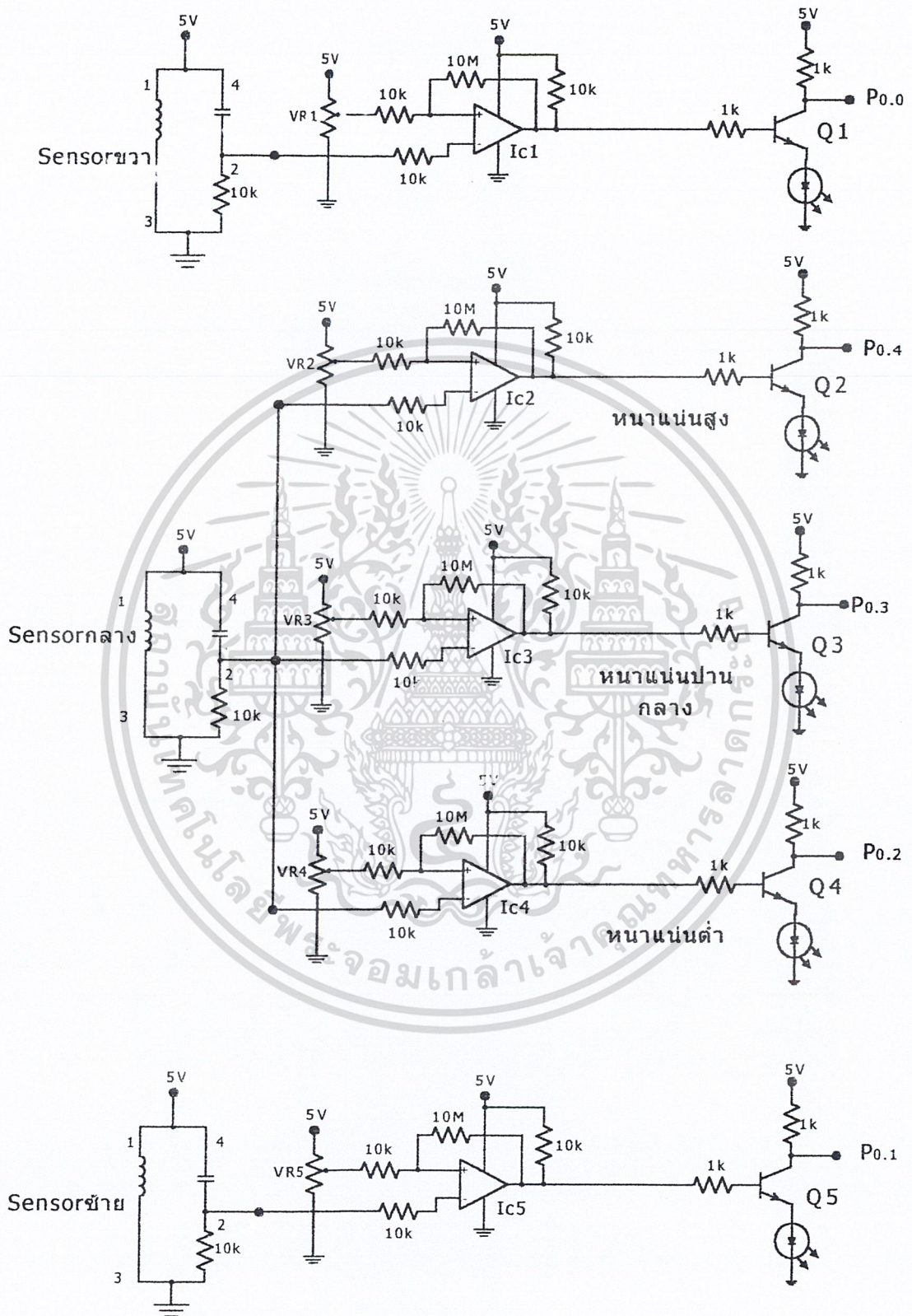
4.1.2 โครงสร้างของรถและวงจร

ที่ตัวรถจะติดตั้งเซ็นเซอร์ก๊าซไว้ 3 ที่ คือด้านซ้าย ด้านขวา และส่วนตรงกลาง ในการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่ส่วนตรงกลางจะติดตั้งไว้กล่องสี่เหลี่ยมที่เปิดฝาหน้าและหลัง ซึ่งส่วนหน้าจะรับควันเข้ามา และที่ส่วนหลังจะติดตั้งพัดลมไว้เพื่อทำหน้าที่ดูดควันออกและเป่าควันไม่ให้เข้าไปในส่วนหลัง ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดง โครงสร้างของรถ

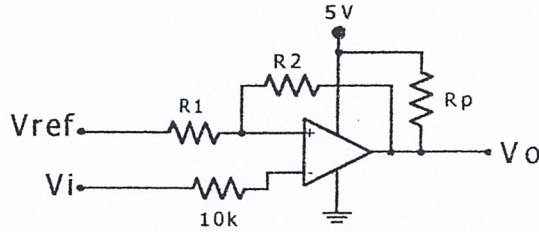
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรสมบูรณ์ของ sensor gas

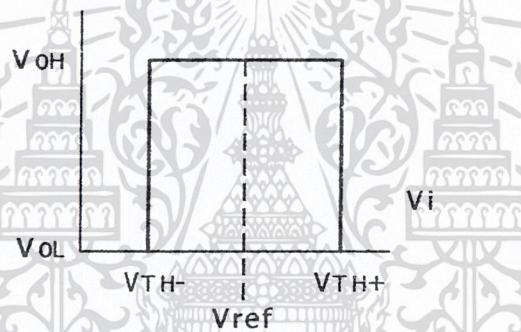
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรตรวจจับสัญญาณที่มีฮิสเตอร์ซิส



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรที่ใช้ในการคำนวณวงจรตรวจจับสัญญาณที่มีฮิสเตอร์ซิส

จากรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นวงจรจับระดับสัญญาณที่มีฮิสเตอร์ซิส (V_H) การที่สถานะของวงจรเปลี่ยนจากสถานะที่หนึ่ง ไปยังสถานะที่สองด้วยอินพุตอีกค่าหนึ่งที่ตั้งต่างกันกับค่าแรกการกระทำที่เกิผลในลักษณะนี้เรียกว่า ฮิสเตอร์ซิส (Hysteresis)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าแรงดันที่ในการคำนวณ

V_H คือ ค่าแรงดันฮิสเตอร์ซิส

V_{TH-} คือ แรงดันเทรสโฮลด์ของอินพุตที่ทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนแปลงเป็นระดับ Low

V_{TH+} คือ แรงดันเทรสโฮลด์ของอินพุตที่ทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนแปลงเป็นระดับ High
แรงดันเทรสโฮลด์ช่วงบนและช่วงล่างหาได้จาก

$$V_{TH+} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_{TH-} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_H = V_{TH+} - V_{TH-}$$

$$= \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{ref}) + V_{ref} \right] - \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OL} - V_{ref}) + V_{ref} \right]$$

$$V_H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{OH} - V_{OL})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{V_{OH} - V_{OL}}{V_H}$$

$$R_2 = \left[\frac{V_{OH} - V_{OL}}{V_H} - 1 \right] R_1$$

จากรูปที่ 4.3 แสดงวงจรของวงจร sensor gas จะทำการ sensor ปริมาณความหนาแน่นของก๊าซ ตัว sensor ที่ต่ออยู่กับความต้านทาน โหลด(RL)จะมีค่าลดลงถ้าปริมาณความหนาแน่นของก๊าซมีมากซึ่งจะส่งผลให้มีแรงดันตกคร่อมที่โหลด(RL)มากขึ้น ช่วงของแรงดันจะอยู่ระหว่าง 0-5v แรงดันที่ตกคร่อมโหลด จะส่งไปยังขาอินเวอร์ตติ้งของออปแอมป์ LM-339 เพื่อเปรียบเทียบแรงดันหรือเป็นการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงทางแรงดันที่ขาเอาต์พุทของเซ็นเซอร์ เมื่อมีก๊าซจะทำให้แรงดันเอาต์พุทของเซ็นเซอร์สูงขึ้น เอาต์พุทของออปแอมป์ก็จะมีแรงดันเป็น 0 v หรือ ลอจิก “0” แต่ถ้าควันหรือก๊าซจางหายไปจะทำให้แรงดันที่ขาเอาต์พุทของเซ็นเซอร์ลดลง ทำให้เอาต์พุทของ ออปแอมป์มีแรงดันเป็น +5v หรือ ลอจิก “1” นั่นเองซึ่งค่าแรงดันที่ได้นี้ก็จะส่ง ไปยังพอร์ต 0 (PO)ตามที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะส่งผลให้เป็นตัวกำหนดทิศทางของ โปรแกรม

ในการติดเซ็นเซอร์ก๊าซทางด้านซ้าย และด้านขวา จะมีวงจรคอมพิวเตอร์ชุดละ 1 ตัวซึ่งจะทำหน้าที่เพียงตรวจจับควันหรือก๊าซว่าด้านซ้ายหรือด้านขวาได้รับควันหรือก๊าซก่อนกัน ส่วนเซ็นเซอร์ก๊าซด้านตรงกลางจะมีวงจรคอมพิวเตอร์อยู่ 3 ตัว ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละตัวจะมีระดับความหนาแน่นอยู่ 3 ระดับคือความหนาแน่นน้อย ความหนาแน่นปานกลาง และความหนาแน่นสูง และใช้ VR_2, VR_3 และ VR_4 เป็นตัวปรับแรงดันอ้างอิง เพื่ออ้างอิงกับแรงดันอินพุทที่ได้จากตัวเซ็นเซอร์ เอาต์พุทที่ได้จากออปแอมป์แต่ละตัวจะถูกนำไปขับ LED เพื่อแสดงผลโดยใช้ทรานซิสเตอร์ แล้วนำเอาสัญญาณเอาต์พุทที่ขา C ของทรานซิสเตอร์ ไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปประมวลผล

4.1.3 หลักการทำงานของ sensor แบ่งได้ดังนี้

“0” ได้รับควันหรือก๊าซ

“1” ไม่ได้รับควันหรือก๊าซ

ในการทดลองเราจะค่อย ๆ เป่าก๊าซใส่ตัวรถเพื่อให้มันค่อย ๆ วิ่งเข้ามาหาแหล่งควันหรือก๊าซโดย ใช้หลักการดังนี้ (ให้ดูรูปที่ 4.2 ประกอบ)

- กรณีเลี้ยวซ้ายเร็ว เมื่อ S1 ทางด้านซ้ายติดก่อน โดยไม่สนใจ S2 ทางด้านขวา
- กรณีเลี้ยวขวาเร็ว เมื่อ S2 ทางด้านซ้ายติดก่อน โดยไม่สนใจ S1 ทางด้านซ้าย
- กรณีเลี้ยวซ้ายช้า เมื่อ S1 ทางด้านซ้ายติดพร้อมกับ S3 ที่ตรงกลางก่อน โดยไม่สนใจ S2 ทางด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

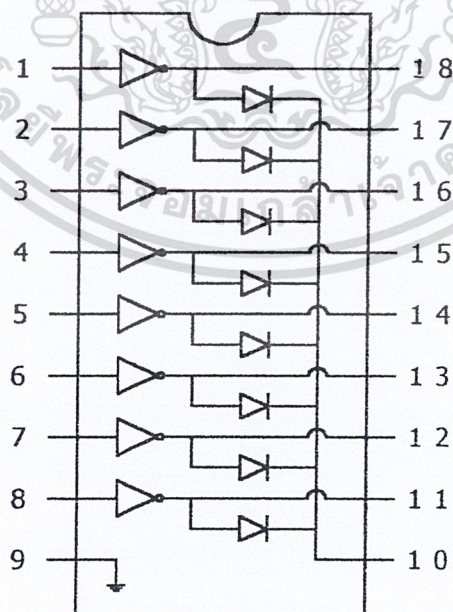
คือ พอร์ต 0 (Port 0,p0.0-p0.7) พอร์ต 1 (Port 0,p0.0-p0.7) พอร์ต 2 (Port 0,p0.0-p0.7) พอร์ต 3 (Port 0,p0.0-p0.7) ในการใช้งานจะให้พอร์ต 0 (P0) เป็นพอร์ตอินพุต รับข้อมูลขนาด 6 บิต โดยใช้ บิต P0.0, P0.1, P0.2, P0.3, P0.4, P0.5 รับข้อมูลจากชุดเซ็นเซอร์ ตามลำดับ และส่งค่าข้อมูลขนาด 8 บิตให้กับพอร์ต 2 คือไป ส่วนพอร์ต 2 (P2) เป็นพอร์ตเอาต์พุต นำค่าข้อมูลที่ได้จาก CPU ไปควบคุมมอเตอร์ โดยใช้ P2.0, P2.1, P2.2, P2.3 ส่งค่าผ่าน Driver 1 เพื่อขยายขนาดของกระแสขับเคลื่อนมอเตอร์ M1 (ล้อขวา) และ P2.4, P2.5, P2.6, P2.7 ส่งค่าข้อมูลผ่าน Driver 2 เพื่อขยายขนาดของกระแสขับเคลื่อนมอเตอร์ M2 (ล้อซ้าย)

4.2.2 ส่วนของซอฟต์แวร์ (Soft Ware)

ส่วนประกอบทาง SOFTWARE คือ ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของรถ ซึ่งจะเขียนโปรแกรมควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษาแอสเซมบลีซึ่งขั้นตอนการเขียนโปรแกรมต้องเริ่มจากการเขียน Flow Chart การทำงานของรถก่อนเสมอ เพื่อการเรียงลำดับขั้นตอนการเขียนโปรแกรมควบคุมรถ แยกแยะส่วนต่างๆของ โปรแกรม และควรที่จะเขียนทีละ block ของ Flow Chart เป็นฟังก์ชันก็ได้เรียกใช้งาน เพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อยของโปรแกรม

4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์

4.3.1 การทำงานด้านเอาต์พุต



รูปที่ 4.6 แสดง Driver Circuit IC ULN-2803A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานจริงนั้นเราไม่สามารถนำเอาค่าเอาต์พุตจากพอร์ทเอาต์พุต ไปใช้งานได้ทันที เนื่องจากกระแสที่ป้อนออกมานั้น ไม่เพียงพอที่จะขับมอเตอร์ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการขยายกระแสให้สูงขึ้นเราจึงใช้ IC Driver เบอร์ ULN 2803 A ทำการขยายกระแสให้สูงขึ้นประมาณ 500 MA ซึ่งคุณสมบัติของ IC นั้นจะมีอินพุต 8 อินพุต ซึ่งต่ำโดยตรงกับพอร์ทเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีเอาต์พุต 8 เอาต์พุตซึ่งจะนำไปต่อกับ มอเตอร์ทั้ง 2 ตัว โดยมอเตอร์แต่ละตัวจะต่อใช้งาน 4 เส้น จากจากเอาต์พุตของ IC Driver ส่วนขาที่ 9 ของ IC Driver จะต่อลงกราวด์

4.3.2 STEPPING MOTOR

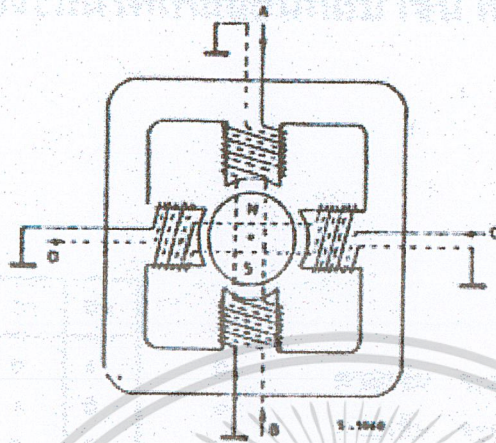
STEPPING MOTOR ที่เห็นกันอยู่ในปัจจุบัน แบ่งได้ 3 แบบ คือ

- 1.แบบแม่เหล็กถาวร (PM = PERMANENT MAGNET)
- 2.แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (VR = VARIABLE RELUCTANCE)
- 3.แบบลูกผสม (H = HYBRID)

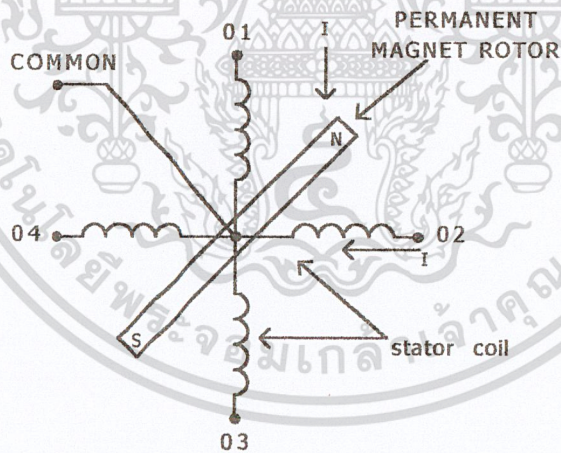
STEPPING MOTOR แบบ PM นั้น จะมี STATOR ที่พันขดลวด ไว้หลายโพล โดยมีโรเตอร์เป็นรูปทรงกระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟลิตซ์ ให้กับขด STATOR จะทำให้เกิดแรงผลักต่อโรเตอร์ ด้วยอิเล็กโตรแมกเนติกฟอร์ส จะทำให้มอเตอร์หมุน มอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงจูงยัดให้โรเตอร์หยุดกับที่แม้จะ ไม่ได้โอบขดลวด

ส่วน VR จะมีการหมุน ROTOR ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้ ROTOR ของมัน ทำจากสารฟอร์สโรแมกเนติกขนาดกำลังอ่อน และมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยรูปทรงพระบอกร โดยจะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ และจึงทำหน้าที่กำหนดมุมที่หมุนไปแต่ละครั้งเพื่อป้อนไปเข้าขดสเตเตอร์แรงบิดที่ขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ให้หมุนในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่เกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพ แต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆจุด ดังนั้น เมื่อป้อนไปเข้าขดลวดต่าง ๆ ในมอเตอร์แตกต่างกันไป ก็ทำให้มอเตอร์หมุนไปตำแหน่งต่าง ๆ กัน ROTOR ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

สำหรับ HYBRID จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมี STATOR คล้ายกับที่ใช้ใน VR สำหรับ ROTOR มีหมวกหุ้มปราย ซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูงโดยควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดี ทำให้ได้มุมการหมุนแต่ละครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือให้แรงบิดสูง และมีขนาดกะทัดรัด และให้แรงจูงยัดและให้แรงจูงยัด MOTRO นี้กับตอนที่จ่ายไฟ



รูปที่ 4.7 แสดงโครงสร้างภายในของ STEPPING MOTOR แบบหลายขั้ว



รูปที่ 4.8 แสดงโครงสร้างจำลองของ STEPPING MOTOR ชนิด 4 เฟส และตำแหน่งของโรเตอร์ ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า 01 และ 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงมุมของโรเตอร์เทียบกับกระแสไฟฟ้าต่าง ๆ 8 ตำแหน่ง

เฟสที่จ่ายกระแสไฟฟ้า	01	0102	02	0203	03	0304	04	0401
ตำแหน่ง ROTOR								

จากลักษณะของมุมโรเตอร์หมุนกับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนแก่เฟสต่าง ๆ เราสามารถสั่งงานให้ STEPPING MOTOR หมุนได้ 3 อย่าง คือ

1. แบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เฟสเดียว วนเวียนกันไปเรียก ONE-EXCITATION หรือ แบบ HALF DRIVE คือ 01, 02, 03, 04 การ OUT EXCITATION แบบนี้แรงบิดจะน้อย

2. แบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้พร้อมกันทีเดียว 20 เรียก TWO-EXCITATION หรือ FULL STEP คือ 0101, 0203, 0304, 0401 หมุนเวียนกันไปแบบนี้แรงบิดจะมาก

3. แบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส เรียก ONE-TWO EXCITATION หรือ HALF STEP เหมือนรูปแสดงมุมของโรเตอร์ แต่แบบนี้จำนวน STEP จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของตลับแบบแรก แต่แรงบิดเฉลี่ยจะน้อย

จากการจ่ายกระแสไฟฟ้าเฟสทั้ง 3 อย่าง เราก็สามารถสั่งให้ STEPPING MOTOR หมุนทวนเข็มนาฬิกาได้ โดยมอบการจ่ายกระแสให้เฟสย้อนกลับ เช่น ตามเข็มนาฬิกาแบบ 1 0 เป็น

04	03	02	01	
0	0	0	1	01
0	0	1	0	02
0	1	0	0	03
1	0	0	0	04

ตามเข็มนาฬิกา จะเป็น 01 02 04 08

ทวนเข็มนาฬิกา จะเป็น 08 04 02 01

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลอง

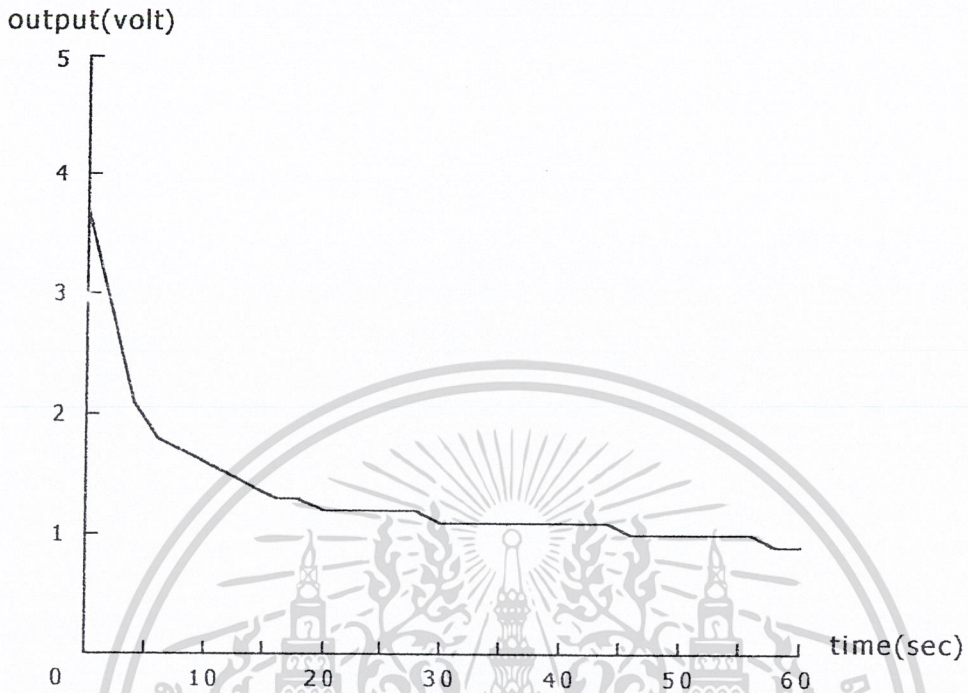
ในการทดลองจะทำการทดลองในกล่องสี่เหลี่ยมและเจาะรูด้านข้างไว้สำหรับเป่าควัน ซึ่งในการเป่าควันเราจะใช้พัดลมค้อยๆ เป่าแล้วดูทิศทางของรถ เมื่อได้ทิศทางตามที่เรากำลังต้องการก็เป่าตลอดเพื่อให้รถวิ่งเข้าหาควันหรือก๊าซ ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 5.2

5.2 ผลการทดลอง

ดังที่ได้กล่าวมา การที่จะให้รถวิ่งเข้าหาควันหรือก๊าซ จะต้องทำการวิเคราะห์ เพื่อดูคุณสมบัติของก๊าซ ซึ่งในการทดลองจะใช้ควันบุหรี่ทดสอบโดยการปล่อยควันใส่ตัว gas sensor ให้มีแรงดันที่เอาต์พุตที่มีค่าสูงสุดจากนั้นเอาบุหรี่ออกแล้ววัดแรงดันที่เอาต์พุต ทุกๆ 2 วินาที

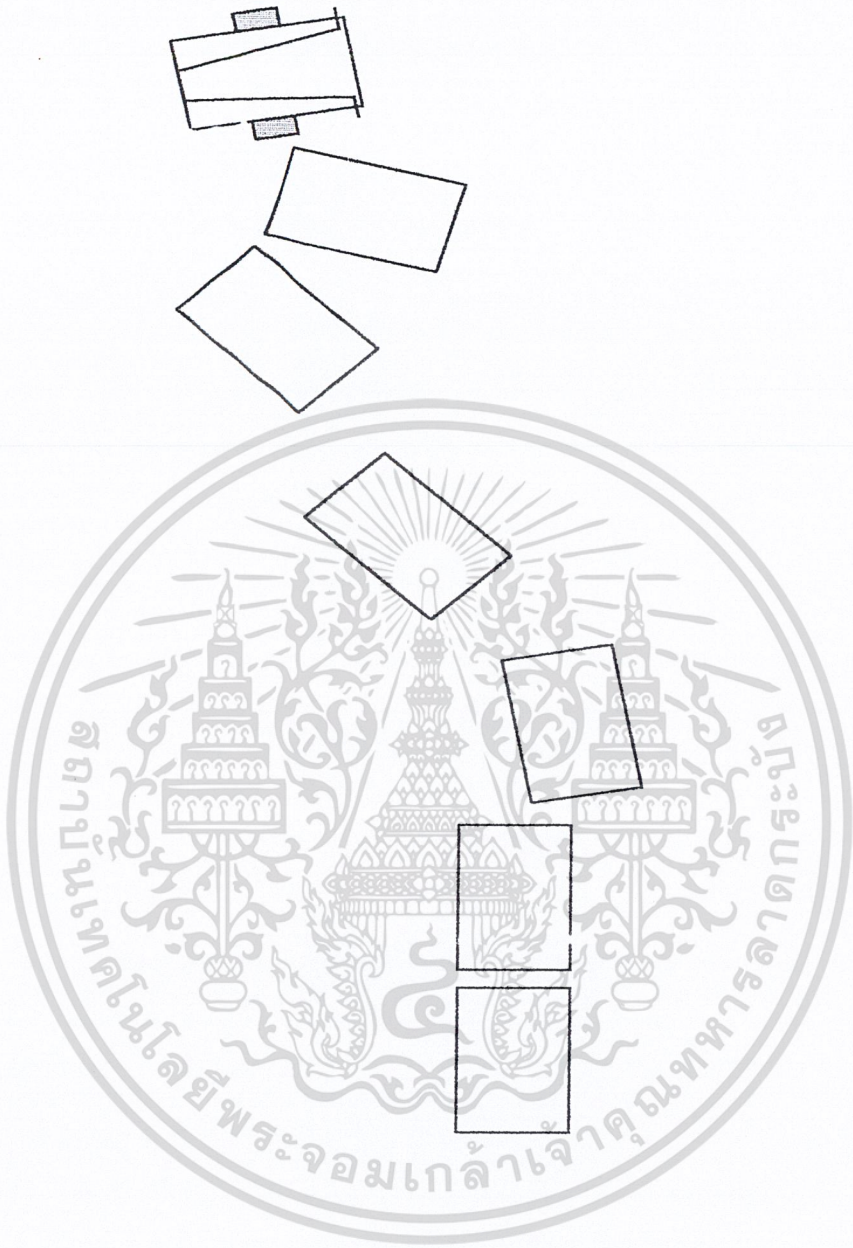
ตารางที่ 5.1 เป็นการแสดงค่าแรงดันเอาต์พุตแปรผันไปตามเวลาเมื่อควันจางหายไป

เวลา(วินาที)	เอาต์พุต (v)	เวลา(วินาที)	เอาต์พุต (v)
0	3.7	32	1.1
2	2.9	34	1.1
4	2.1	36	1.1
6	1.8	38	1.1
8	1.6	40	1.1
10	1.4	42	1.1
12	1.3	44	1.1
14	1.2	46	1
16	1.2	48	1
18	1.2	50	1
20	1.2	52	1
22	1.1	54	1
24	1.1	56	1
26	1.1	58	0.9
28	1.1	60	0.9
30	1.1		

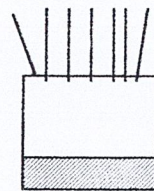


รูปที่ 5.1 แสดงกราฟค่าแรงดันเอาต์พุตแปรผันไปตามเวลาเมื่อควันทันจางหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คว้นหรือกำข



พัตลมเปาคว้น

รูปที่ 5.2 แสดงการเคลื่อนที่ของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าขณะที่ควันจางหายไปความสัมพันธ์ของแรงดันเอาท์พุทกับเวลา เมื่อนำมาวาดกราฟจะตกในลักษณะเอ็กโพเนนเชียล (Exponential) แรงดันเอาท์พุทจะลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วงเวลา 4-5 วินาที ซึ่งเวลาช่วงนี้จะเป็นตัวควบคุมในการออกแบบรถให้วิ่งเข้ามาหาควันหรือก๊าซ

ปัญหาในการทดลองคือไม่สามารถทดลองวัดแรงดันของเอาท์พุทขณะได้รับควันได้ เพราะไม่สามารถที่จะให้ควันในปริมาณที่เท่ากันได้ แต่จากการทดลองเป่าควันใส่แรงดันเอาท์พุทจะเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 4-5 วินาทีและเริ่มคงที่ไปเรื่อย ๆ เป็นลักษณะเอ็กโพเนนเชียล (Exponential) เช่นกัน และปัญหาในการเป่าควันใส่รถ ความเข้มของก๊าซที่เป่าบางครั้งจะไม่คงที่ทำให้เกิดปัญหาในการควบคุมรถให้วิ่งเข้ามาหาควันหรือก๊าซ



หนังสืออ้างอิง

SEMICONDUCTOR ELECTRONICS JOURNAL ฉบับที่ 214 ตุลาคม 2543

เอกสารคู่มือการใช้”THICK FILM GAS SENSOR AF-SERSIES” , บริษัท

PRC Technologies Corporation

รพจน์ ทรแก้ววัฒนกุล,ชยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิทย์,”เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์
MCS-51”

ระบบตรวจจับแก๊ส โดย พงศธร ศรีเทพ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2541



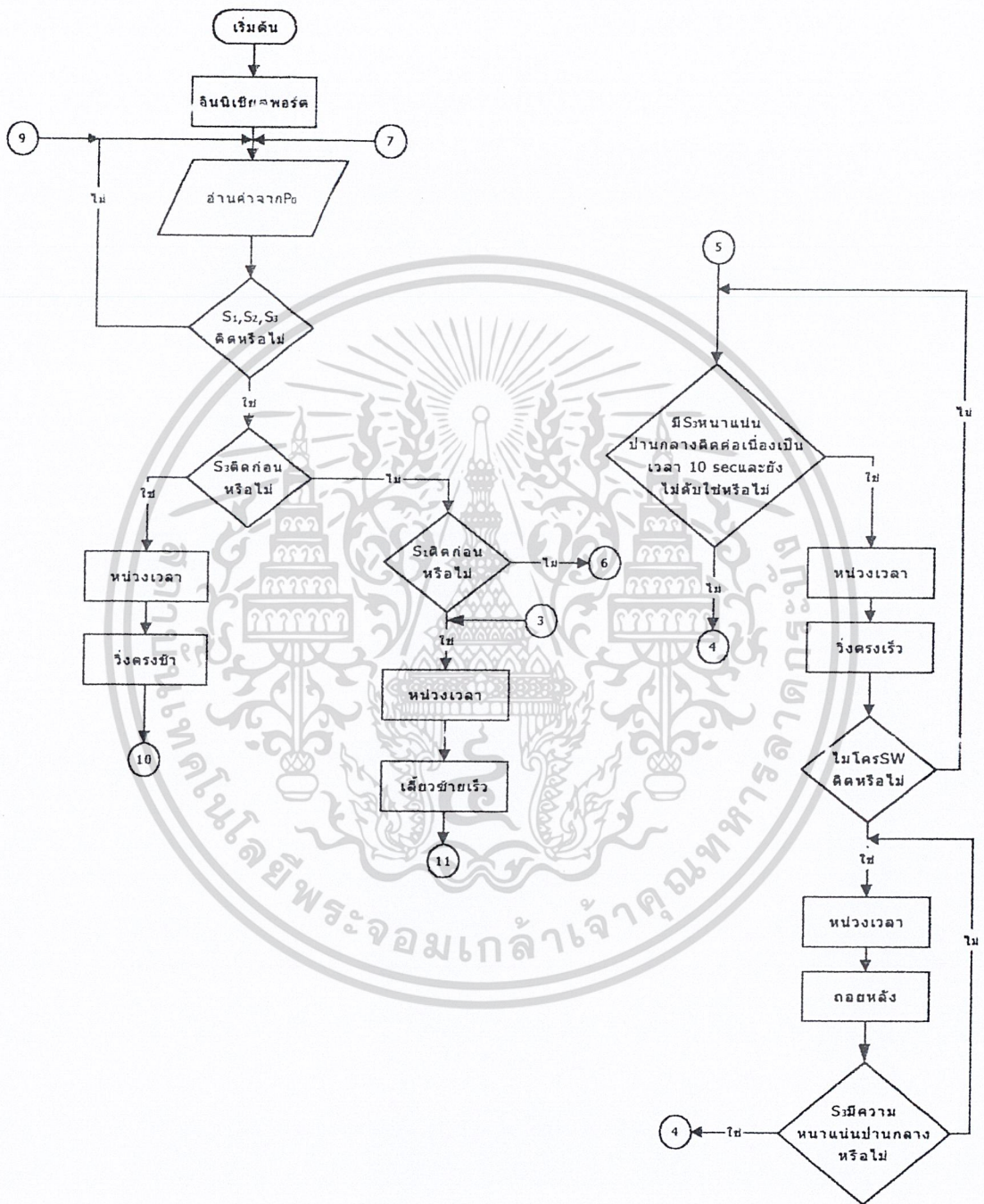
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow Chart การทำงานของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

```
ORG 0000H
MOV P0,#0FFH
MOV P2,#000H
```

```
START: MOV A,P0
       ANL A,#00FH
       CLR C
       SUBB A,#00FH
       JZ  START
```

```
       MOV A,P0
       ANL A,#07H
       CJNE A,#03H,SENSOR2
       ACALL FORW
       AJMP START
```

```
SENSOR2: MOV A,P0
         ANL A,#01H
         CJNE A,#00H,SENSOR1
         ACALL RIGHT
         AJMP START
```

```
SENSOR1: MOV A,P0
         ANL A,#02H
         CJNE A,#00H,START
         ACALL LEFT
         AJMP START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LEFT: MOV R1,#00H
      MOV DPTR,#TURNLEFT

LE2:  MOV A,R1
      MOVC A,@A+DPTR
      MOV P2,A
      ACALL LOOP4
      INC R1
      MOV A,P0
      ANL A,#04H
      CJNE A,#04H,RRR
      MOV A,P0
      ANL A,#03H
      CJNE A,#03H,III
      ACALL START
III:  CJNE R1,#08H,LE2
      MOV A,P0
      ANL A,#05H
      CJNE A,#05H,JO
      MOV R1,#00H
      MOV DPTR,#TURNLEFT

LEF2: MOV A,R1
      MOVC A,@A+DPTR
      MOV P2,A
      ACALL LOOP4
      INC R1
      MOV A,P0
      ANL A,#04H
      CJNE A,#04H,RRR
      CJNE R1,#08H,LEF2
      SJMP OK

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OK: MOV A,P0
      ANL A,#04H
      CJNE A,#04H,BEE
      SJMP LEFT
```

```
JO: MOV A,P0
      ANL A,#02H
      CJNE A,#02H,OK
      AJMP START
```

```
BEE: MOV A,P0
      ANL A,#08H
      CJNE A,#08H,LLL
      SJMP RRR
```

```
LLL: MOV A,P0
      ANL A,#08H
      CJNE A,#00H,RRR
      MOV R5,#4FH ; DELAY 10SEC
      ACALL STRA
      SJMP LLL
```

```
EEE: MOV A,P0
      ANL A,#010H
      CJNE A,#00H,LLL
      ACALL STRAIGHT
      SJMP EEE
```

```
RRR: MOV R1,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV DPTR,#TURNLEFT
LE21: MOV A,R1
      MOVC A,@A+DPTR
      MOV P2,A
      ACALL LOOP2
      INC R1
      MOV A,P0
      ANL A,#03H
      CJNE A,#03H,RS
      AJMP START
RS: MOV A,P0
    ANL A,#02H
    CJNE A,#02H,QQ
    SJMP HHH
QQ: MOV A,P0
    ANL A,#02H
    CJNE A,#02H,YYY
HHH: AJMP KKK
YYY: MOV A,P0
    ANL A,#08H
    CJNE A,#08H,LLL
    CJNE R1,#08H,LE21
    MOV A,P0
    ANL A,#04H
    CJNE A,#00H,OK
    MOV A,P0
    ANL A,#03H
    CJNE A,#03H,LLL
    RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RIGHT: MOV R1,#00H
        MOV DPTR,#TURNRIGHT
R11: MOV A,R1
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV P2,A
        ACALL LOOP4
        INC R1
        MOV A,P0
        ANL A,#04H
        CJNE A,#04H,KKK
        CJNE R1,#08H,R11
JJJ: MOV A,P0
        ANL A,#04H
        CJNE A,#04H,KKK
        RET
KKK: MOV R1,#00H
        MOV DPTR,#TURNRIGHT
BBB: MOV A,R1
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV P2,A
        ACALL LOOP2
        INC R1
        MOV A,P0
        ANL A,#01H
        CJNE A,#01H,GG
        SJMP ABC
GG: MOV A,P0
        ANL A,#01H
        CJNE A,#01H,TTT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABC: AJMP RRR

TTT: MOV A,P0

ANL A,#08H

CJNE A,#08H,BOO

CJNE R1,#08H,BBB

SJMP BOO

BO: MOV A,P0

ANL A,#010H

CJNE A,#00H,BOO

ACALL STRAIGHT

SJMP BO

BOO: MOV A,P0

ANL A,#08H

CJNE A,#00H,JJJ

MOV R6,#4FH ;DFLAY 10SEC

ACALL STRAIG

RET

BBACK: MOV R1,#00H

MOV DPTR,#BACK

YAMA: MOV A,R1

MOVC A,@A+DPTR

MOV P2,A

ACALL LOOP5

INC R1

CJNE R1,#08H,YAMA

MOV A,P0

ANL A,#08H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CJNE A,#08H,BBACK

RET

STRAIGHT: MOV R1,#00H

MOV DPTR,#FORWARD

STI2: MOV A,R1

MOVC A,@A+DPTR

MOV P2,A

ACALL LOOP

INC R1

MOV A,P0

ANL A,#020H

CJNE A,#00H,ASS

ACALL BBACK

ASS: CJNE R1,#08H,STI2

RET

FORW: MOV R1,#00H

MOV DPTR,#FORWARD

MANU: MOV A,R1

MOVC A,@A+DPTR

MOV P2,A

ACALL LOOP2

INC R1

CJNE R1,#08H,MANU

RET

OP: AJMP EEE

VB: AJMP LLL

STRA: MOV R1,#00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV DPTR,#FORWARD
OFF: MOV A,R1
      MOVC A,@A+DPTR
      MOV P2,A
      ACALL LOOP8
      INC R1
      MOV A,P0
      ANL A,#010H
      CJNE A,#010H,OP
      MOV A,P0
      ANL A,#08H
      CJNE A,#00H,VB
      DJNZ R5,STU
ROCK: MOV A,P0
      ANL A,#08H
      CJNE A,#00H,VB
      ACALL STRAIGHT
      SJMP ROCK
STU:  CJNE R1,#08H,OFF
      MOV A,P0
      ANL A,#08H
      CJNE A,#08H,STRA
      RET

```

LIVER: AJMP BO

WE: AJMP JJJ

STRAIG: MOV R1,#00H

MOV DPTR,#FORWARD

OOO: MOV A,R1

MOVC A,@A+DPTR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV P2,A
ACALL LOOP8
INC R1
MOV A,P0
ANL A,#010H
CJNE A,#010H,LIVER
MOV A,P0
ANL A,#08H
CJNE A,#00H,WE
DJNZ R6,JKL
POP: MOV A,P0
ANL A,#08H
CJNE A,#00H,WE
ACALL STRAIGHT
SJMP POP
JKL: CJNE R1,#08H,OOO
MOV A,P0
ANL A,#08H
CJNE A,#08H,STRAIG
MOV A,P0
ANL A,#010H
CJNE A,#00H,STRAIG
RET

```

```

LOOP: MOV R2,#02AH
DELAY: MOV R3,#0FFH
LOOP1: DJNZ R3,LOOP1
        DJNZ R2,DELAY
RET

```

```

LOOP2: MOV R2,#0AFH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY1: MOV R3,#0FFH
        LOOP3: DJNZ R3,LOOP3
                MOV R4,0FFH
DELAY2: DJNZ R4,DELAY2
        DJNZ R2,DELAY1
        RET
```

```
        LOOP4: MOV R2,#0AFH
DELAY3: MOV R3,#0FFH
        LOOP5: DJNZ R3,LOOP5
                DJNZ R2,DELAY3
        RET
```

```
        LOOP6: MOV R2,#0FFH
DELAY4: MOV R3,#0FFH
        LOOP7: DJNZ R3,LOOP7
                DJNZ R2,DELAY4
        RET
```

```
        LOOP8: MOV R2,#0CFH
DELAY5: MOV R3,#0FFH
        LOOP9: DJNZ R3,LOOP9
                DJNZ R2,DELAY5
        RET
```

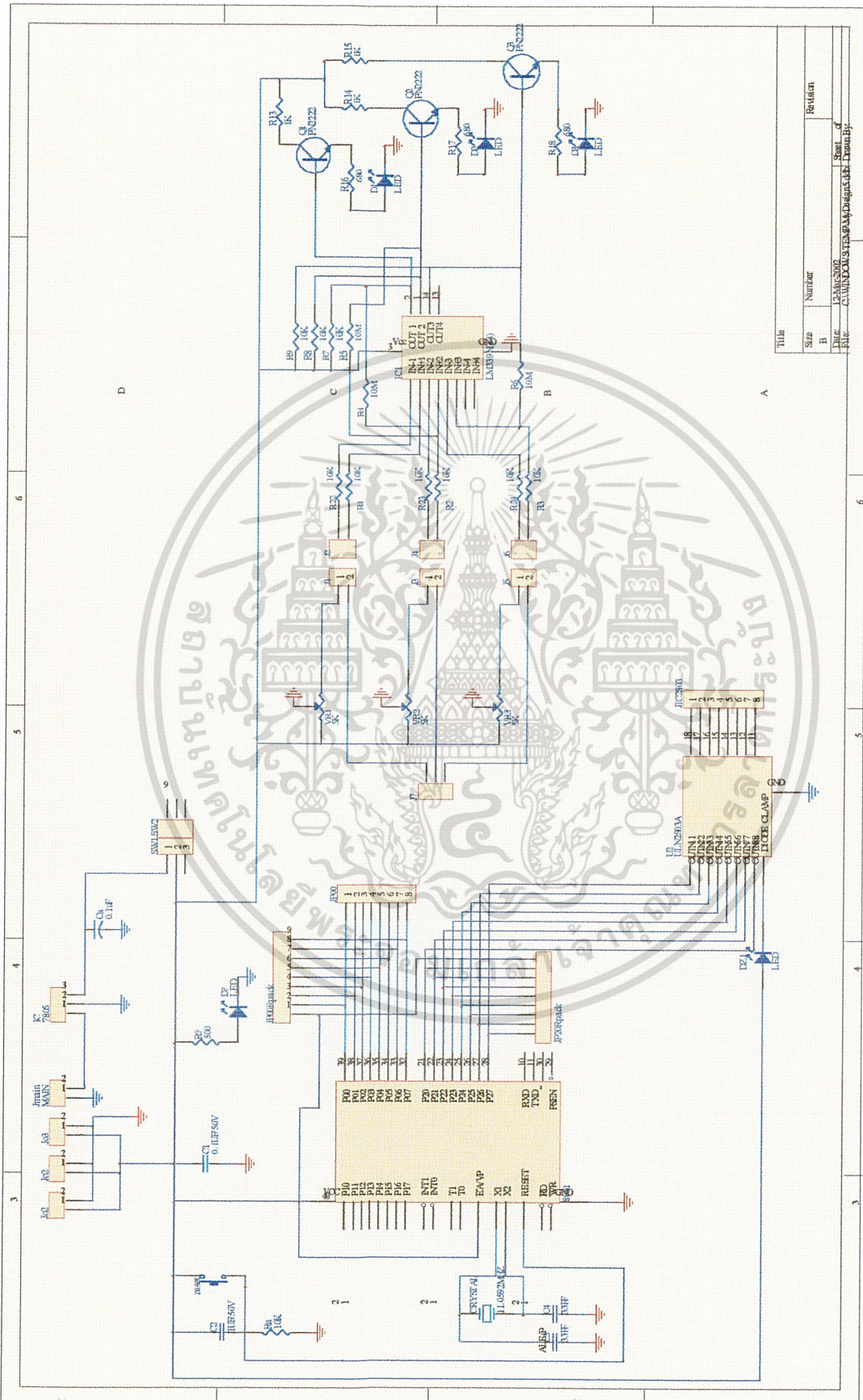
```
FORWARD: DB 81H,0C3H,42H,66H,24H,03CH,18H,99H
TURNLEFT: DB 88H,0CCH,44H,66H,22H,33H,11H,99H
TURNRIGHT: DB 11H,33H,22H,66H,44H,0CCH,88H,99H
BACK: DB 99H,18H,03CH,24H,66H,42H,0C3H,81H
```

END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



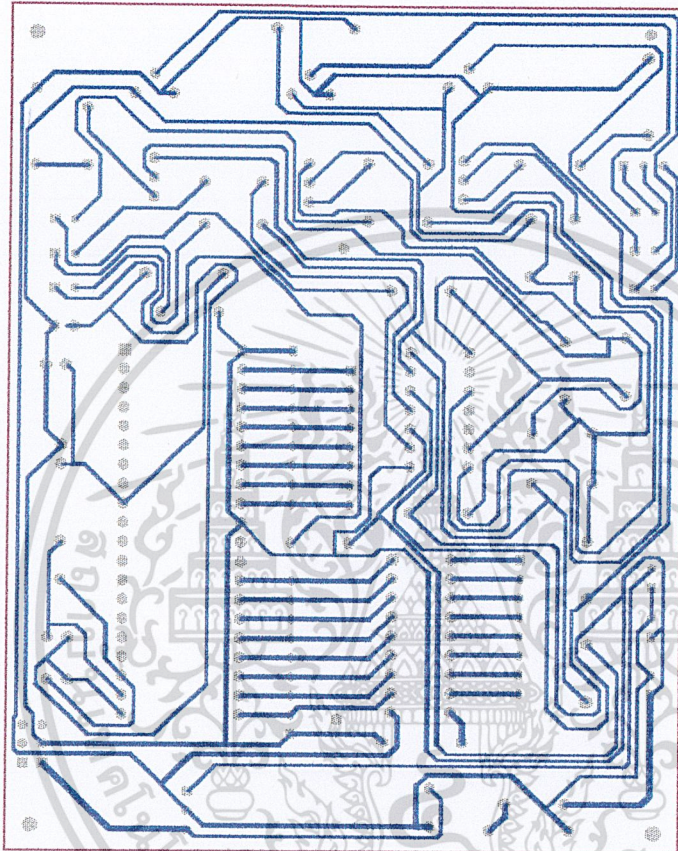
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title	Size	Number	Revision
	B		
Drawn	LAME2000		
File	C:\MIDCOM\script\paj\Diagram\Diagram1.dwg		
	Sheet of	Priority	

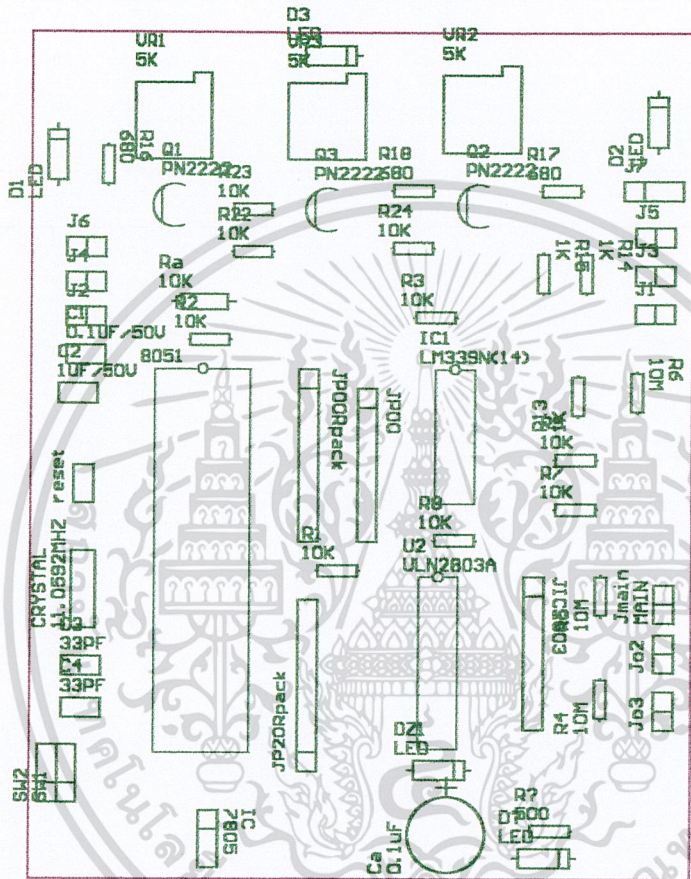
รูปร่างรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



.GHL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



.GTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงด้านหน้าและด้านหลังของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LM139,A LM239,A - LM339,A

LOW POWER QUAD VOLTAGE COMPARATORS

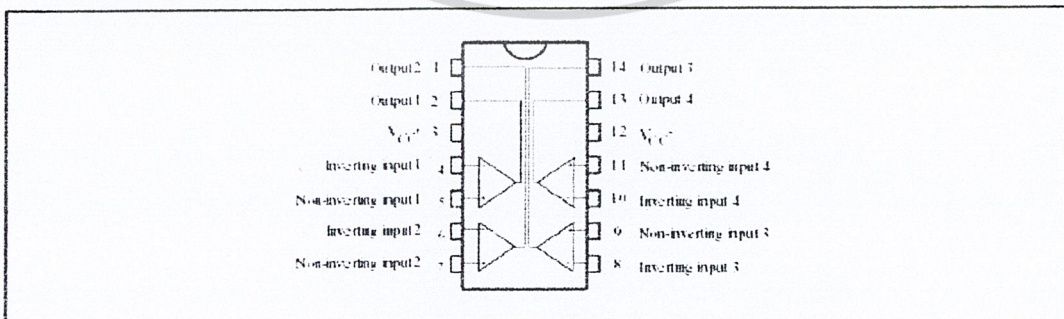
- WIDE SINGLE SUPPLY VOLTAGE RANGE OR DUAL SUPPLIES FOR ALL DEVICES : +2V TO +36V OR ±1V TO ±18V
- VERY LOW SUPPLY CURRENT (1.1mA) INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE (1.4mW/comparator at +5V)
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 25nA TYP
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : ±5nA TYP
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : ±1mV TYP
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LOW OUTPUT SATURATION VOLTAGE : 250mV TYP: (I_o = 4mA)
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE SUPPLY VOLTAGE
- TTL, DTL, ECL, MOS, CMOS COMPATIBLE OUTPUTS

DESCRIPTION

These devices consist of four independent precision voltage comparators with an offset voltage specifications as low as 2mV max for LM339A, LM239A and LM139A. All these comparators were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible.

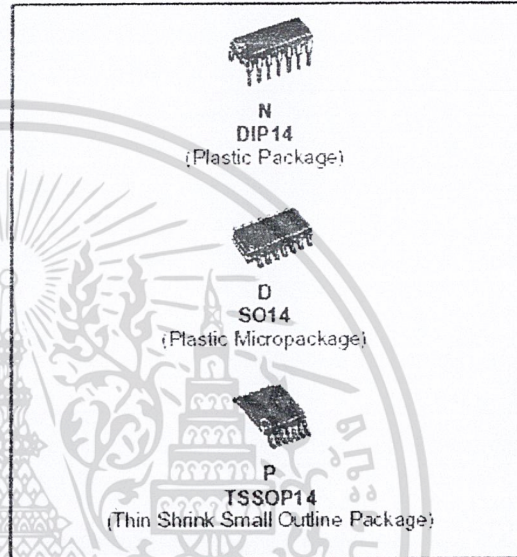
These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground even though operated from a single power supply voltage.

PIN CONNECTIONS (top view)



January 2002

1/10



ORDER CODE

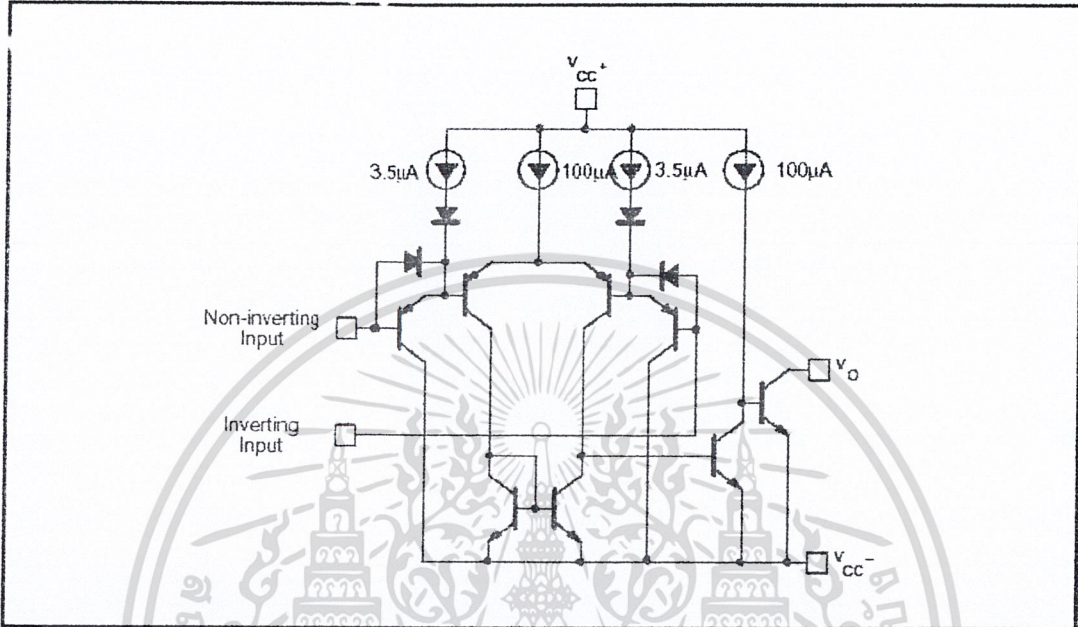
Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
LM139A	-55 C. +125 C	•	•	•
LM239A	-40 C. +105 C	•	•	•
LM339A	0 C. +70 C	•	•	•

Example : LM139AN

N = Dual in Line Package (DIP)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

LM139,A-LM239,A-LM339,A

SCHEMATIC DIAGRAM (1/4 LM139)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit	
V_{CC}	Supply voltage	± 18 or 36	V	
V_{id}	Differential Input Voltage	± 36	V	
V_i	Input Voltage	-0.5 to $+30$	V	
	Output Short-circuit to Ground - note 1)	Infinite		
P_d	Power Dissipation 2)	DIP14 SO14 TSSOP14	1500 830 710	mW
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to $+150$	$^{\circ}C$
T_j	Junction Temperature		$+150$	$^{\circ}C$

- Short-circuits from the output to V_{CC}^+ can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 20mA independent of the magnitude of V_{CC}^+ .
- P_d is calculated with $T_{amb} = +25^{\circ}C$, $T_j = +150^{\circ}C$ and $R_{thja} = 80^{\circ}C/W$ for DIP14 package
 $= 150^{\circ}C/W$ for SO14 package
 $= 175^{\circ}C/W$ for TSSOP14 package

OPERATING CONDITIONS ($T_{amb} = 25^{\circ}C$)

Symbol	Parameter	Value	Unit	
V_{CC}	Supply Voltage	2 to 32 ± 1 to ± 16	V	
V_{icm}	Common Mode Input Voltage Range	0 to $(V_{CC}^+ - 1.5)$	V	
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	LM139, LM139A LM239, LM239A LM339, LM339A	-55 , $+125$ -40 , $+105$ 0, $+70$	$^{\circ}C$

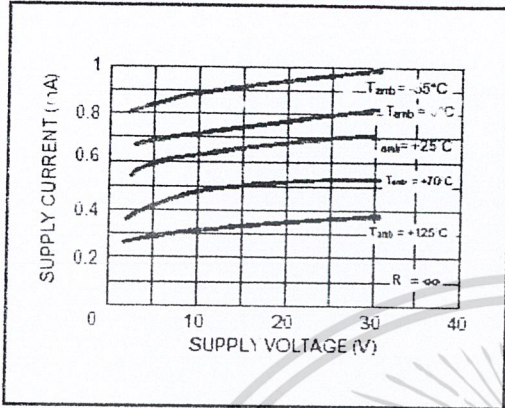
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = GND$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

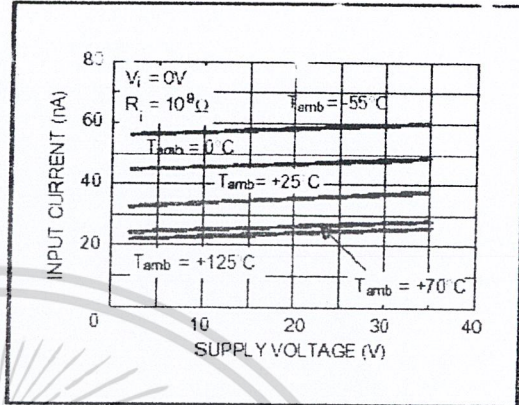
Symbol	Parameter	LM139A - LM239A LM339A			LM139- LM239 LM339			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		1	2 4		1	5 9	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		3	25 100		5	50 150	nA
I_{ib}	Input Bias Current (I^+ or I^-) - note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		25	100 300		25	250 400	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = 15V$, $R_L = 15k\Omega$, $V_o = 1V$ to $11V$	50	200		50	200		V/mV
I_{CC}	Supply Current (all comparators) $V_{CC} = +5V$, no load $V_{CC} = +30V$, no load		1.1 1.3	2 2.5		1.1 1.3	2 2.5	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range - note 3) $V_{CC} = 30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	V
V_{id}	Differential Input Voltage - note 4)			V_{CC}^+			V_{CC}^+	V
V_{OL}	Low Level Output Voltage $V_{id} = -1V$, $I_{sink} = 4mA$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		250	400 700		250	400 700	V
I_{OH}	High Level Output Current ($V_{id} = 1V$) $V_{CC} = V_o = 30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		0.1	1		0.1	1	nA μA
I_{sink}	Output Sink Current $V_{id} = 1V$, $V_o = 1.5V$	6	16		6	16		mA
t_{re}	Response Time - note 5) $R_L = 5.1k\Omega$ connected to V_{CC}^+		1.3			1.3		μs
t_{rel}	Large Signal Response Time $R_L = 5.1k\Omega$ connected to V_{CC}^+ , $e_1 = TTL$. $V_{(ref)} = +1.4V$		300			300		ns

- At output switch point, $V_o = 1.4V$, $R_s = 0$ with V_{CC}^+ from 5V to 30V, and over the full common-mode range (0V to $V_{CC}^+ - 1.5V$).
- The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output, so no loading charge exists on the reference of input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC}^+ - 1.5V$, but either or both inputs can go to +30V without damage.
- The response time specified is for a 100mV input step with 5mV overdrive. For larger overdrive signals 300ns can be obtained.
- Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than -0.3V (or 0.3V below the negative power supply, if used).

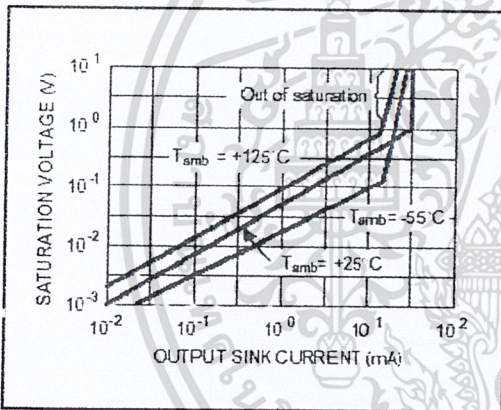
SUPPLY CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



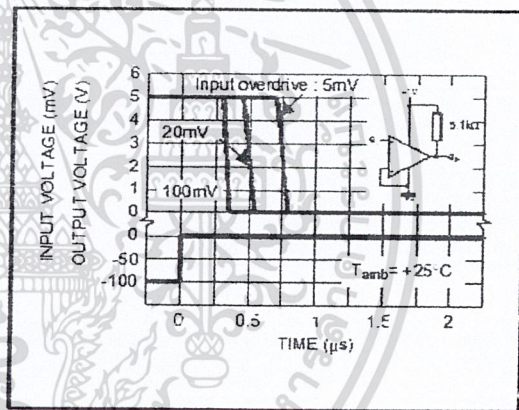
INPUT CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



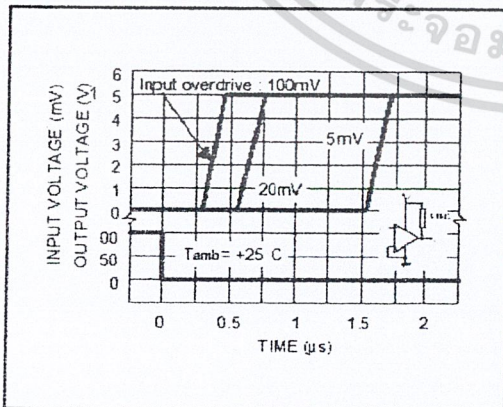
OUTPUT SATURATION VOLTAGE versus OUTPUT CURRENT



RESPONSE TIME FOR VARIOUS INPUT OVERDRIVES - NEGATIVE TRANSITION

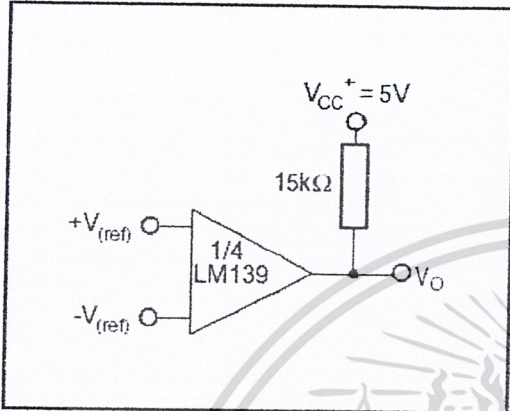


RESPONSE TIME FOR VARIOUS INPUT OVERDRIVES - POSITIVE TRANSITION

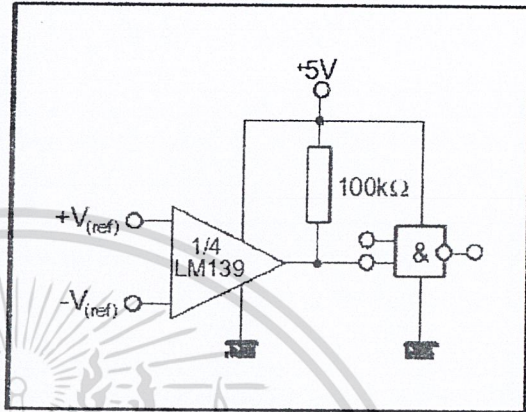


TYPICAL APPLICATIONS

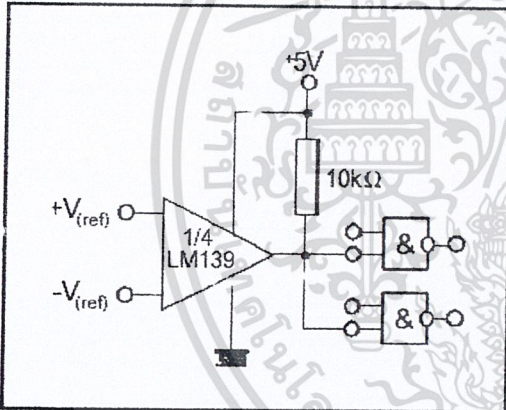
BASIC COMPARATOR



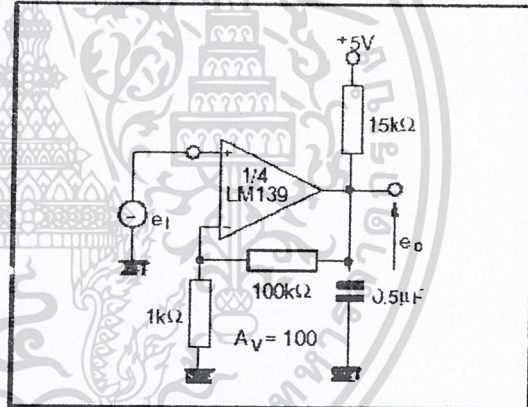
DRIVING CMOS



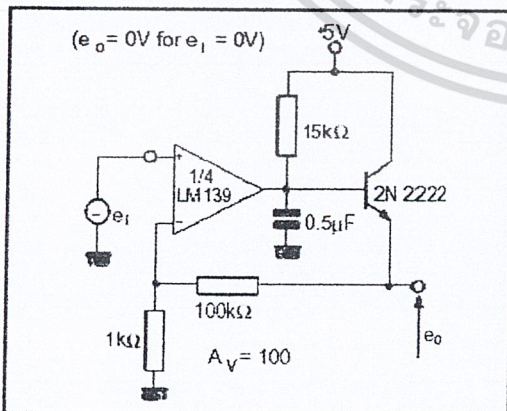
DRIVING TTL



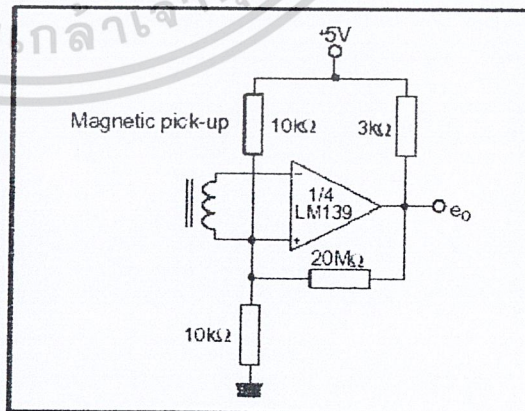
LOW FREQUENCY OP AMP



LOW FREQUENCY OP AMP

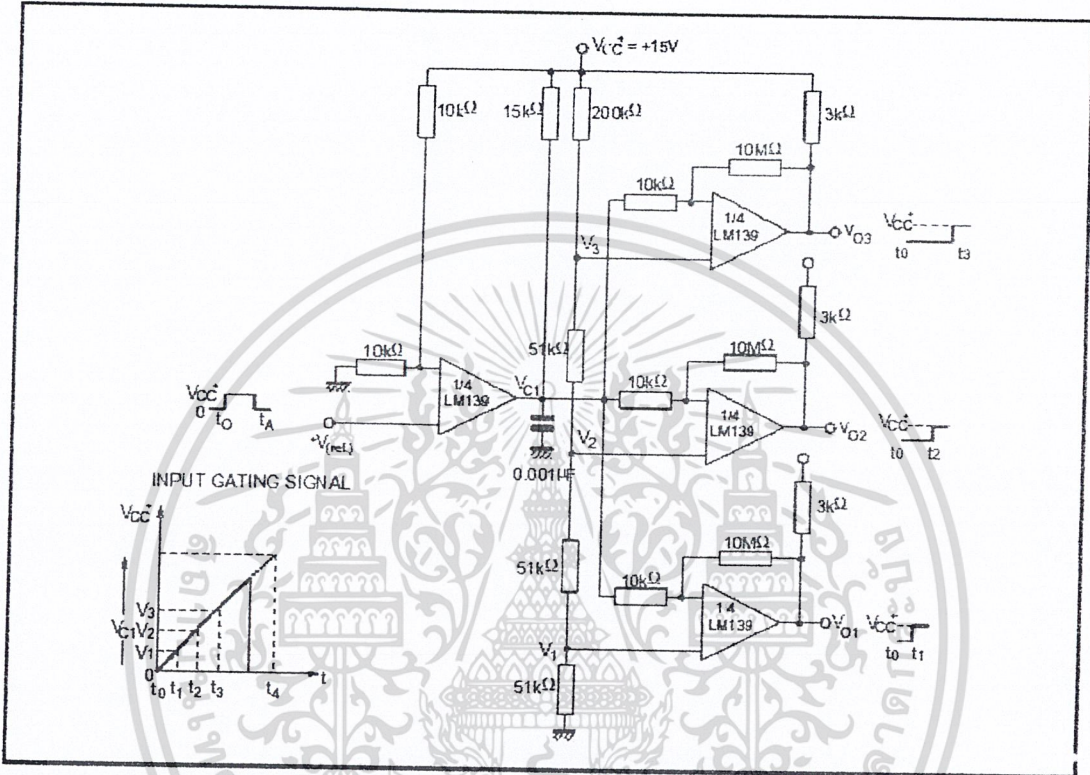


TRANSDUCER AMPLIFIER

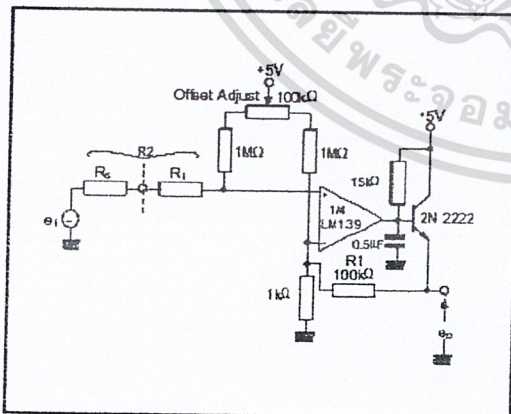


TYPICAL SINGLE (continued)

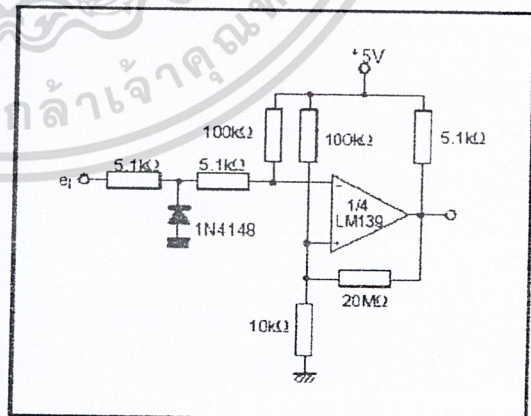
TIME DEALY GENERATOR



LOW FREQUENCY OP AMP WITH OFFSET ADJUST

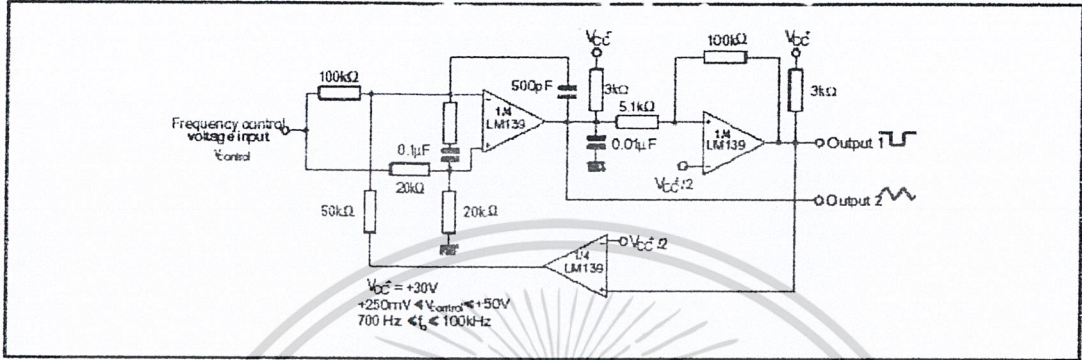


ZERO CROSSING DETECTOR (single power supply)

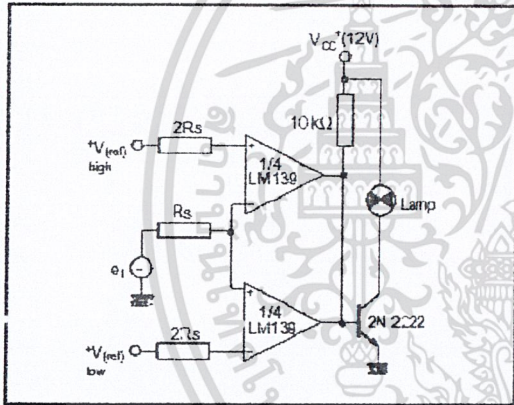


TYPICAL SINGLE (continued)

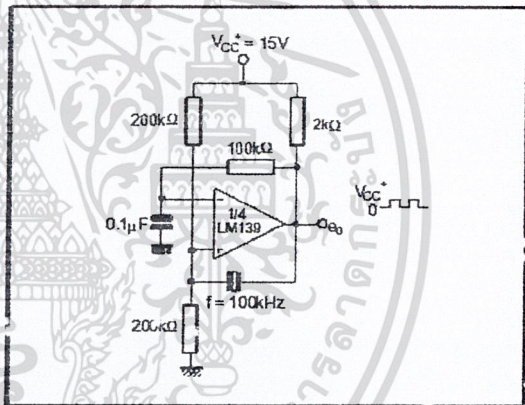
TWO-DECADE HIGH-FREQUENCY VCO



LIMIT COMPARATOR

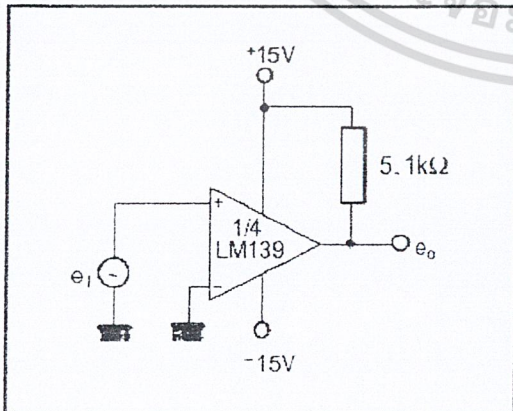


CRYSTAL CONTROLLED OSCILLATOR

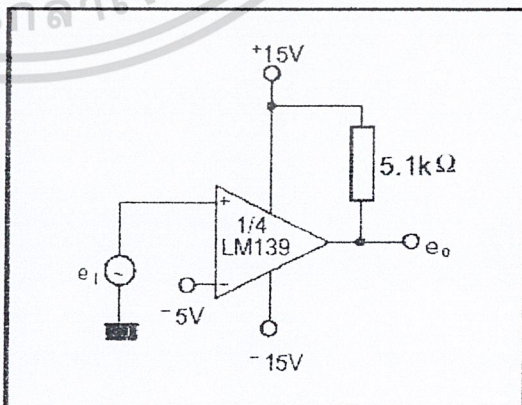


SPLIT-SUPPLY APPLICATIONS

ZERO CROSSING DETECTOR



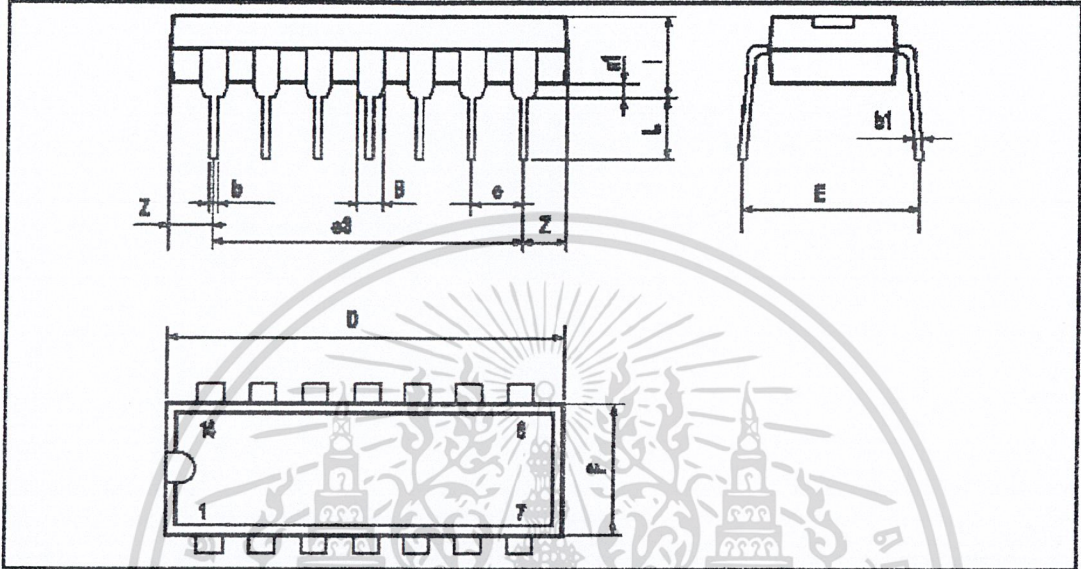
COMPARATOR WITH A NEGATIVE REFERENCE



LM139,A-LM239,A-LM339,A

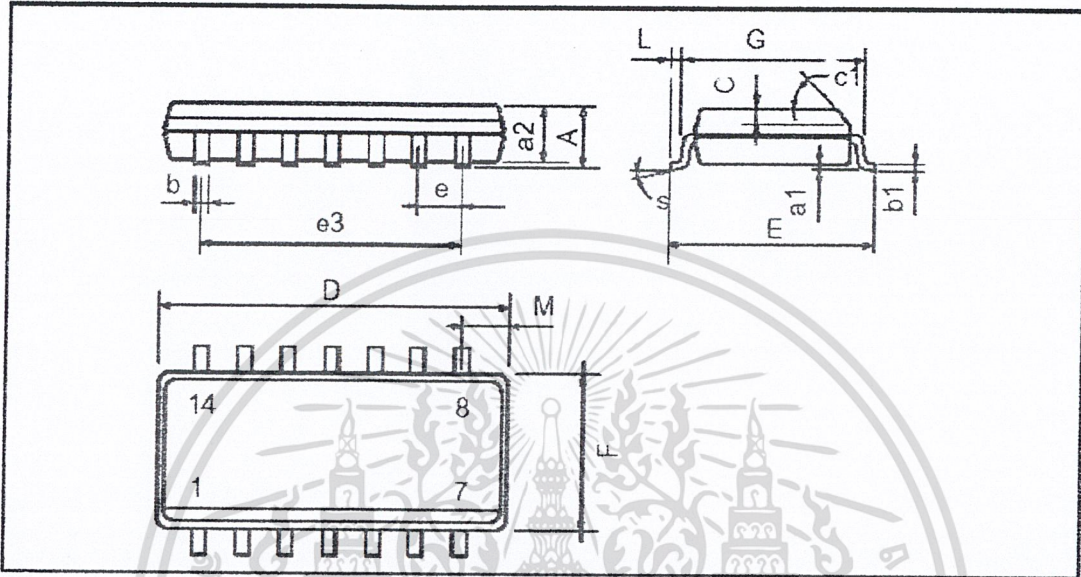
PACKAGE MECHANICAL DATA

14 PINS - PLASTIC DIP



Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
a1	0.51			0.020		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.5			0.020	
b1		0.25			0.010	
D			20			0.787
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		15.24			0.600	
F			7.1			0.280
i			5.1			0.201
L		3.3			0.130	
Z	1.27		2.54	0.050		0.100

PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)

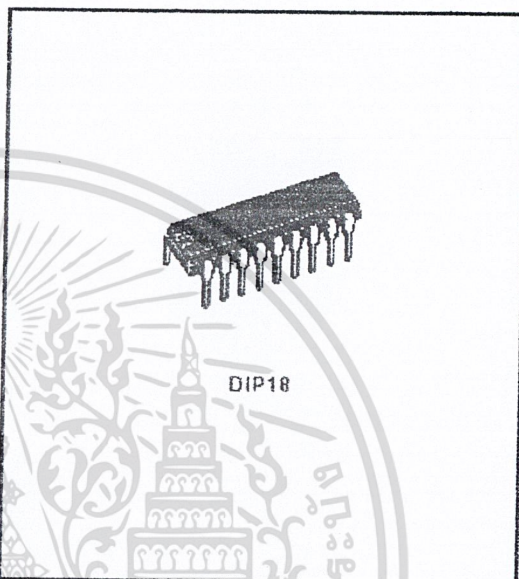


Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1	45° (typ.)					
D (1)	8.55		8.75	0.336		0.344
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		7.62			0.300	
F (1)	3.8		4.0	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.208
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.68			0.027
S	8 (max.)					

Note : (1) D and F do not include mold flash or protrusions - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (.006 inc) ONLY FOR DATA BOOK.

EIGHT DARLINGTON ARRAYS

- EIGHT DARLINGTONS WITH COMMON EMITTERS
- OUTPUT CURRENT TO 500 mA
- OUTPUT VOLTAGE TO 50 V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES
- VERSIONS FOR ALL POPULAR LOGIC FAMILIES
- OUTPUT CAN BE PARALLELED
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY BOARD LAYOUT



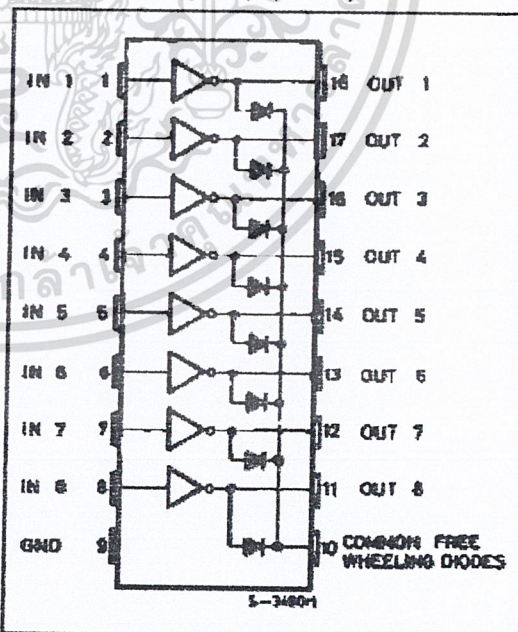
PIN CONNECTION (top view)

DESCRIPTION

The ULN2801A-ULN2805A each contain eight darlington transistors with common emitters and integral suppression diodes for inductive loads. Each darlington features a peak load current rating of 600mA (500mA continuous) and can withstand at least 50V in the off state. Outputs may be paralleled for higher current capability.

Five versions are available to simplify interfacing to standard logic families: the ULN2801A is designed for general purpose applications with a current limit resistor; the ULN2802A has a 10.5k Ω input resistor and zener for 14-25V PMOS; the ULN2803A has a 2.7k Ω input resistor for 5V TTL and CMOS; the ULN2804A has a 10.5k Ω input resistor for 6-15V CMOS and the ULN2805A is designed to sink a minimum of 350mA for standard and Schottky TTL where higher output current is required.

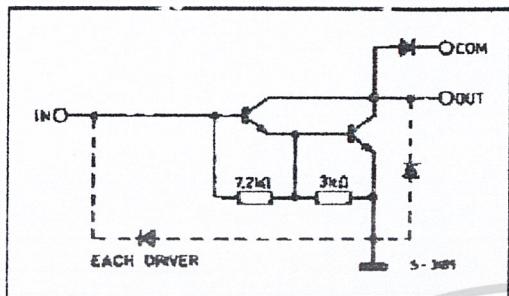
All types are supplied in a 18-lead plastic DIP with a copper lead from and feature the convenient input-opposite-output pinout to simplify board layout.



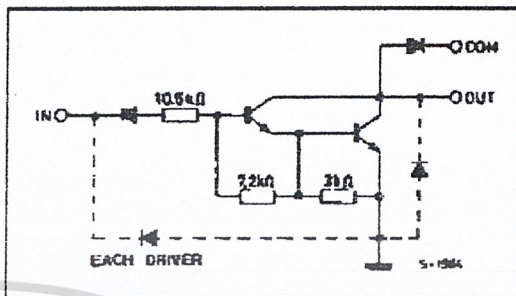
ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

SCHEMATIC DIAGRAM AND ORDER CODES

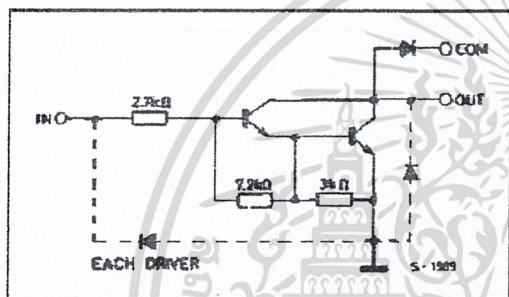
For ULN2801A (each driver for PMOS-CMOS)



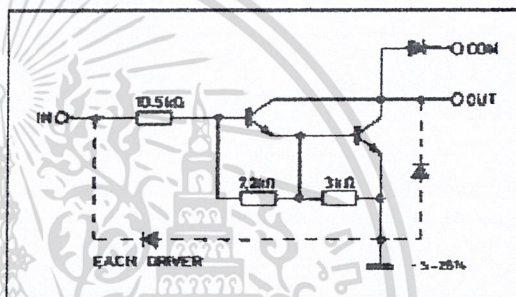
For ULN2802A (each driver for 14-15 V PMOS)



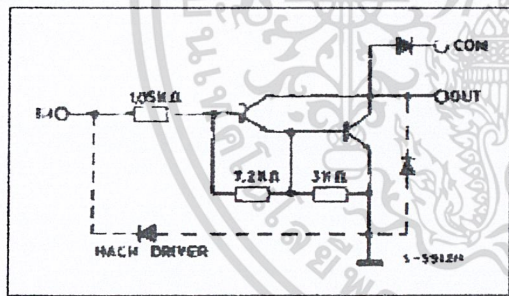
For ULN2803A (each driver for 5 V TTL/CMOS)



For ULN2804A (each driver for 6-15 V CMOS/PMOS)



For ULN2805A (each driver for high out TTL)



ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_i	Input Voltage for ULN2802A, UL2803A, ULN2804A for ULN2805A	30 15	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_B	Continuous Base Current	25	mA
P_{tot}	Power Dissipation (one Darlington pair) (total package)	1.0 2.25	W
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{sig}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature Range	- 20 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{\theta j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max.	55	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{ceX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 70^\circ\text{C}$, $V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 70^\circ\text{C}$ for ULN2802A			50 100	μA μA	1a 1a
		for ULN2804A $V_{CE} = 50V$, $V_i = 6V$ $V_{CE} = 50V$, $V_i = 1V$			500 500	μA μA	1b 1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_c = 100\text{mA}$, $I_B = 250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V	2
		$I_c = 200\text{mA}$, $I_B = 350\mu\text{A}$		1.1	1.3	V	
		$I_c = 350\text{mA}$, $I_B = 500\mu\text{A}$		1.3	1.6	V	
$I_{(on)}$	Input Current	for ULN2802A $V_i = 17V$		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2803A $V_i = 3.85V$		0.93	1.35	mA	
		for ULN2804A $V_i = 6V$		0.35	0.5	mA	
		for ULN2805A $V_i = 12V$ $V_i = 3V$		1 1.5	1.45 2.4	mA mA	
$I_{(on)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^\circ\text{C}$, $I_c = 500\mu\text{A}$	50	65		μA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2V$ for ULN2802A $I_c = 300\text{mA}$			13	V	5
		for ULN2803A $I_c = 200\text{mA}$			2.4	V	
		$I_c = 250\text{mA}$			2.7	V	
		$I_c = 300\text{mA}$			3	V	
		for ULN2804A $I_c = 125\text{mA}$			5	V	
		$I_c = 200\text{mA}$			6	V	
		$I_c = 275\text{mA}$			7	V	
		$I_c = 350\text{mA}$			8	V	
		for ULN2805A $I_c = 350\text{mA}$			2.4	V	
		h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2801A $V_{CE} = 2V$, $I_c = 350\text{mA}$	1000		
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	-
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	-
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$		0.25	1	μs	-
I_R	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50V$ $T_{amb} = 70^\circ\text{C}$, $V_R = 50V$			50 100	μA μA	6 6
		$I_F = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

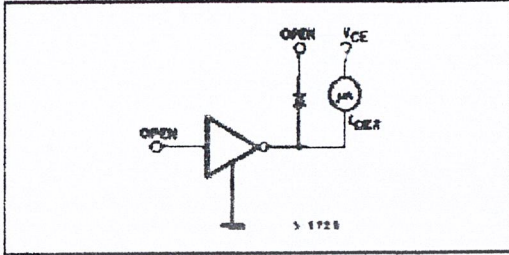


Figure 1b.

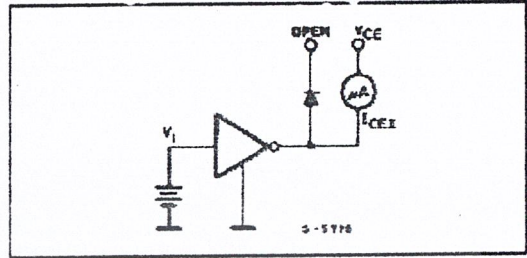


Figure 2.

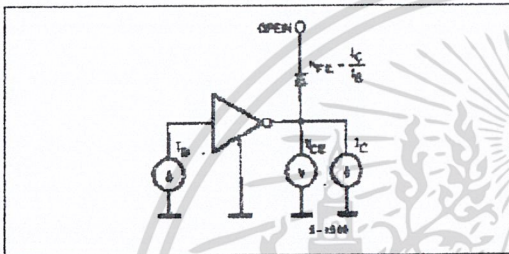


Figure 3.

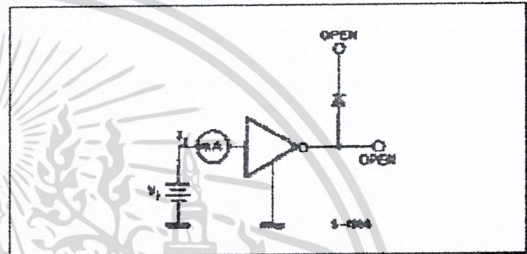


Figure 4.

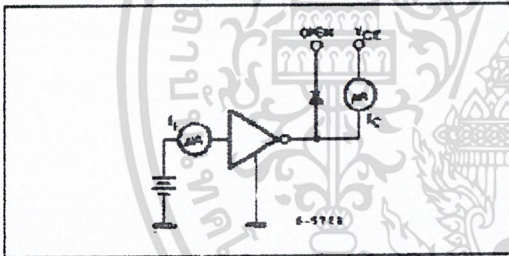


Figure 5.

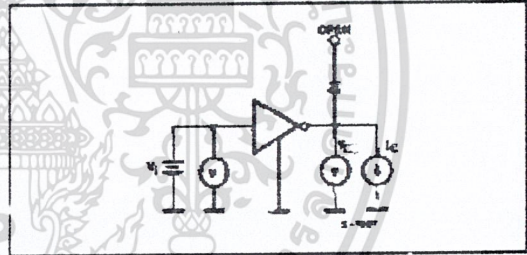


Figure 6.

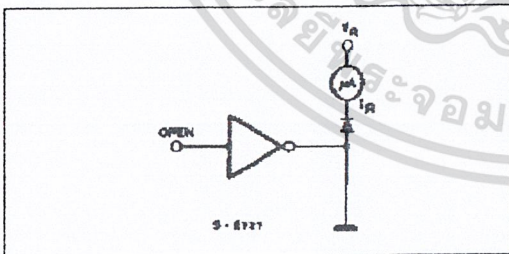


Figure 7.

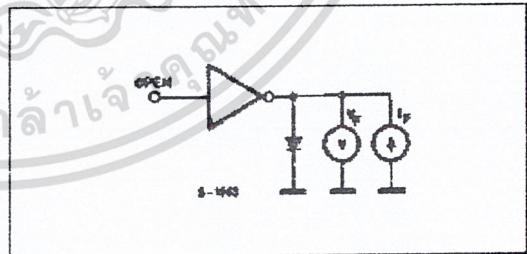


Figure 8 : Collector Current as a Function of Saturation Voltage.

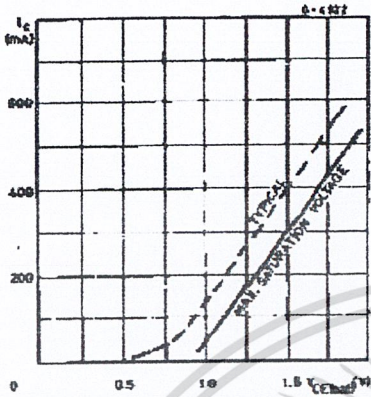


Figure 9 : Collector Current as a Function of Input Current.

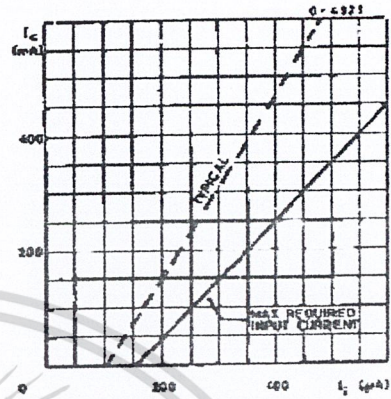


Figure 10 : Allowable Average Power Dissipation as a Function of Ambient Temperature.

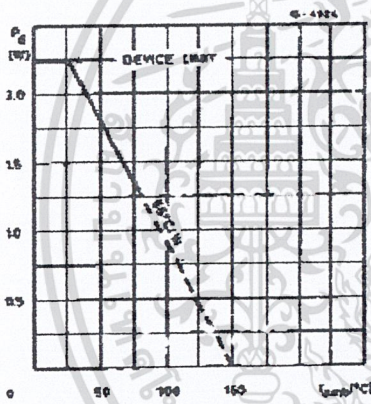


Figure 11 : Peak Collector Current as a Function of Duty Cycle.

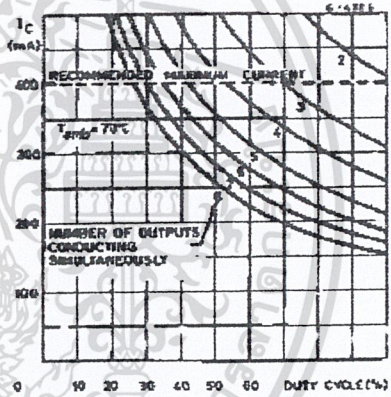


Figure 12 : Peak Collector Current as a Function of Duty.

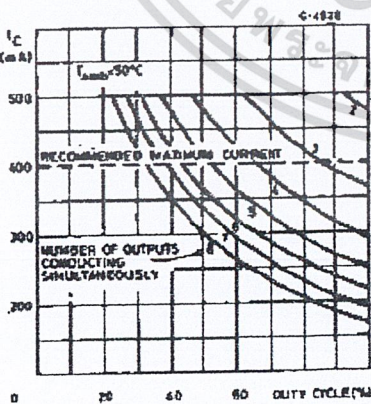
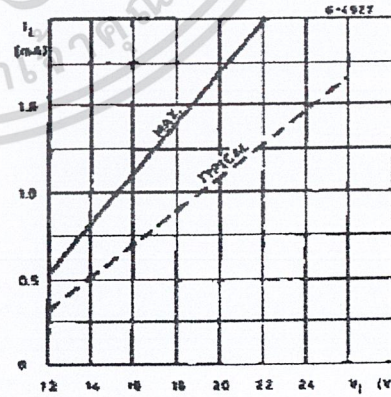


Figure 13 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2802A).



ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

Figure 14 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2804A)

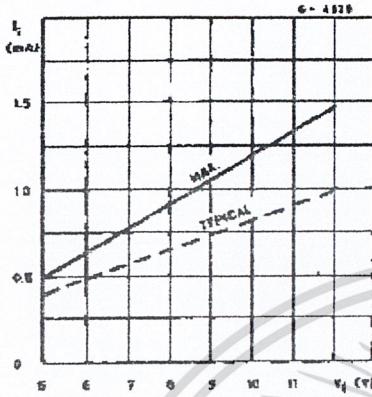


Figure 15 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2803A)

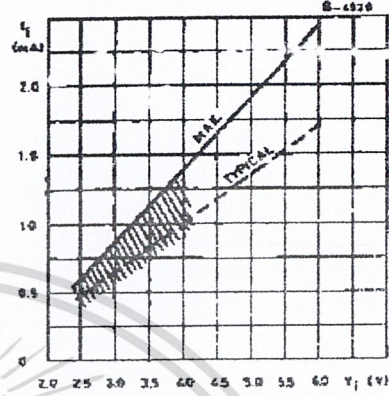
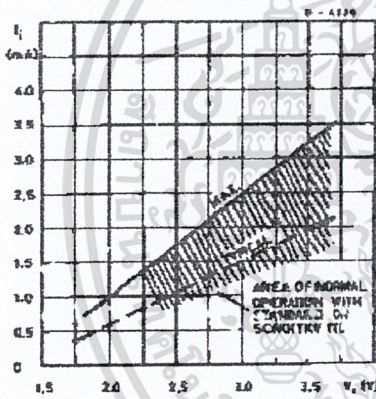


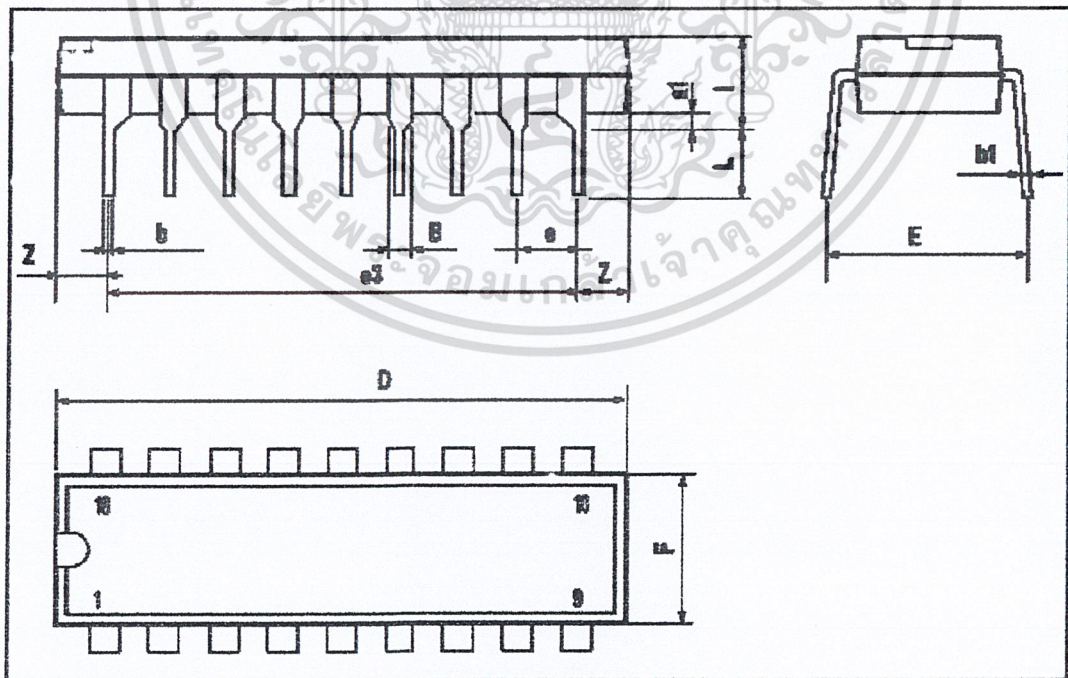
Figure 16 : Input Current as a Function of Input Voltage (for ULN2805A)



ULN2801A - ULN2802A - ULN2803A - ULN2804A - ULN2805A

DIP18 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.254			0.010		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.46			0.018	
b1		0.25			0.010	
D			23.24			0.915
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		20.32			0.800	
F			7.1			0.280
I			3.93			0.155
L		3.3			0.130	
Z		1.27	1.52		0.050	0.063

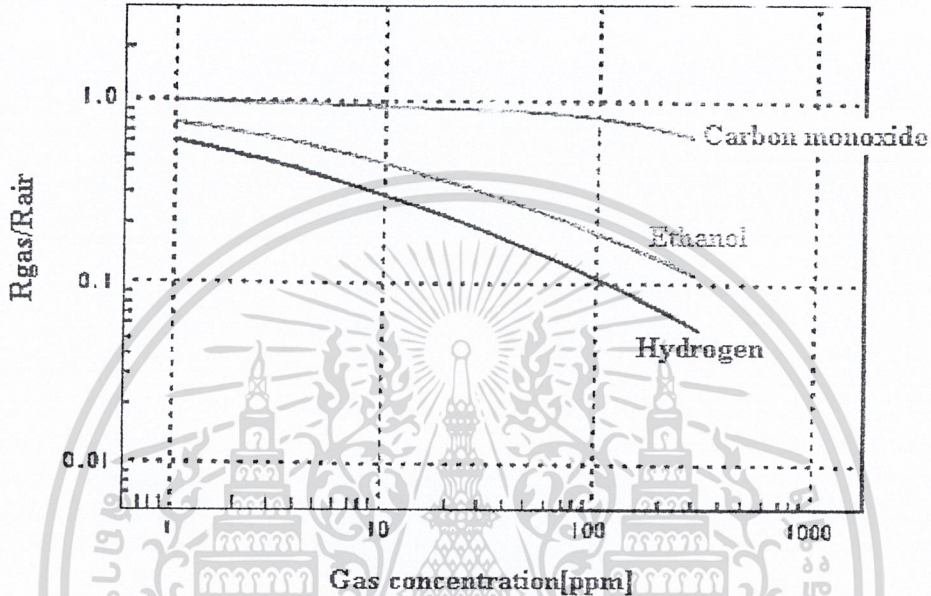


GAS SENSOR AF-SERIES - AF30

Model AF30 thick film gas sensor is a general purpose, high sensitivity sensor, ideal as an air purifier.

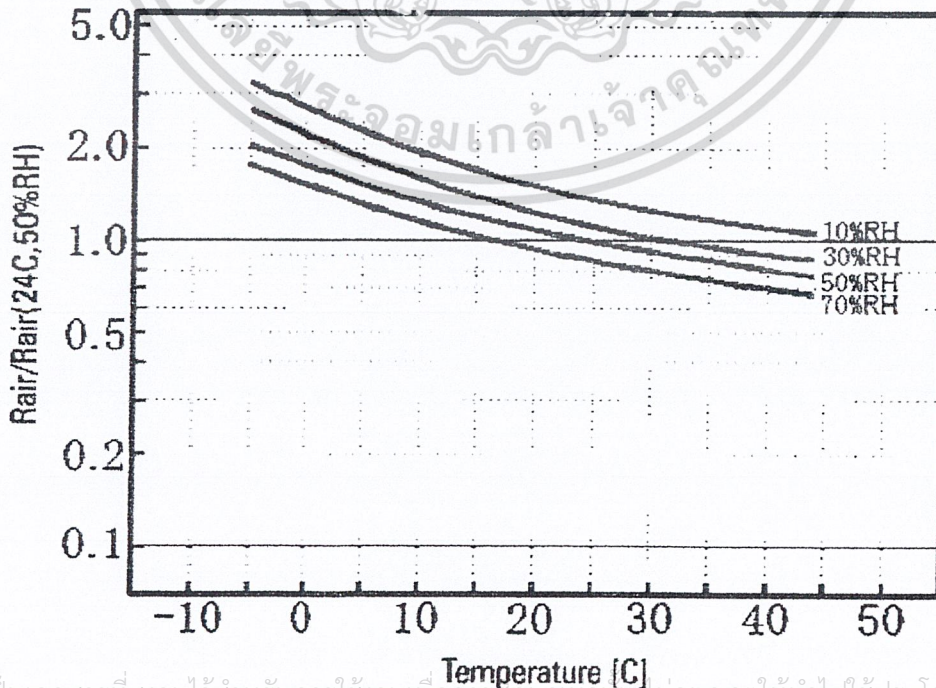
Typical Sensitivity of AF30

Sensitivity data is measured at 25 +/- 2°C and 50 +/- 5% RH.



Typical Temperature and Humidity Dependence of AF30

R_{air} (at clean air) is measured at various temperature and humidity and then is normalized by the value at 25°C and 50% RH.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THICK FILM GAS SENSOR AF-SERIES

Scimarec's thick film gas sensors are a new type of semiconductor gas sensor. They offer outstanding performance, quality and long-term reliability because of their unique film printing process on a flat substrate.

The gas sensing semiconductor element is fired to one side of a ceramic substrate. It is covered with a porous ceramic film for protection against dust, foreign matter or undesired gases. A micro-heater is fused to the back of the substrate. This quickly heats the gas sensing element to the desired operating temperature. The strong structure with sensor and heater boat fused to the substrate offers maximum protection against vibration and shock.

DESIGN FEATURES

- High sensitivity and fast response
- Less temperature dependency
- Long life
- Superior shock and circuitry
- Stability

GAS DETECTION MECHANISM

The gas sensing element is an oxide semiconductor heated to 350°C . When exposed to the appropriate gas, absorbed oxygen on the surface is consumed and the electrical resistance drops.

The drop in resistance follows a predictable and repeatable plot. The proper circuitry responds to this with an alarm actuation or an optical readout.

Operating Conditions

Table 1: Operating Conditions of the AF-Series

Parameter	Ratings
Operating Temperature	-10 °C ~55°C
Storage Temperature	-30 °C ~85°C
Load Resistor R_L	Variable
Rated Sensor power Consumption P_S	$P_S \leq 15mW$
Rated Working Voltage of Circuit V_C	DC or AC 5V (Max 12V)
Rated Working Voltage of Heater	DC or AC 5V \pm .02V

$$P_S = \frac{V_C^2 \cdot R_S}{(R_S + R_L)^2} \quad R_S : \text{Sensor Resistance}$$

Basic Test Circuit

The pin allocation of the AF-Series gas sensors are shown in Fig. 1 and the basic test circuit for use with the AF-Series gas sensors are shown in Fig. 2, where pins No.1 and No.3 are connected to the Heater section, and pins No.2 and No.4 to the sensor section. AF-Series gas sensors are designed to operated with a stabilized 5V.

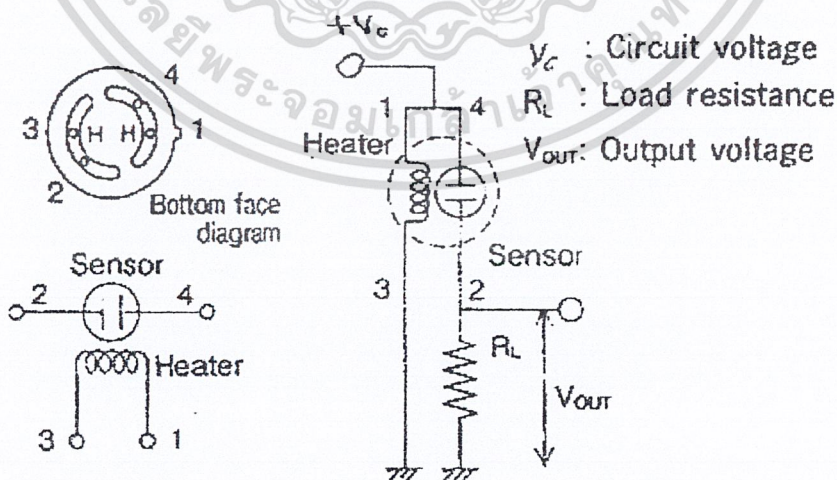


Fig. 1: Pin Allocation

Fig. 2: Basic Test Circuit

In this test circuit, as the sensor detects the gases, the sensor resistance is decreased. The sensor resistance (R_S) is calculated from output voltage (V_{OUT}) by the following formula.

$$R_S = \frac{V_C - V_{OUT}}{V_{OUT}} R_L$$

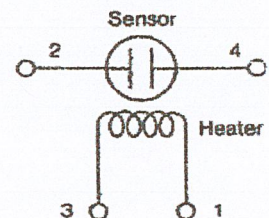
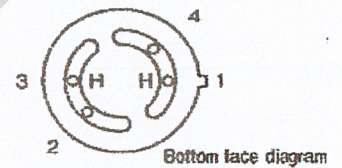
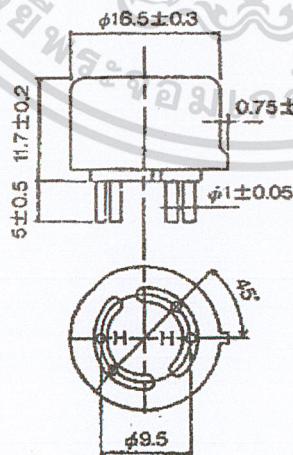
The sensitivity denotes the ratio (R_{GAS} / R_{AIR}) of the sensor resistance obtained in the gas-containing air (R_{GAS}) to the sensor resistance obtained in the clean air without noise gases (R_{AIR}).

Specifications

Type Name	AF10	AF20	AF30	AF33	AF35	AF50	AF56	AF63	AF63P
Detection Gases	Hydrogen	Carbon-monoxide	Cigarette Smoke			Methane	LP-Gas (propane, butane)	Alcohol Toluene Gassoline vapor	Ethanol Water
Detection Range	10ppm~1000ppm	50ppm~2000ppm				500ppm~10000ppm	500ppm~10000ppm	100ppm~5000ppm	
Power Consumption mW(Max)	530	780	535	680	530	690	690	680	
Sensing Element	Semiconducting Oxide								
Pin Material	Ni alloy								
Case Material	Nylon 66								PPS
Flame Arrestor	Double 100-mesh stainless steel gauze (SUS316)								

AF30

Dimensions and Pin configuration



- Features
 - General purpose
 - High sensitivity
- Applications
 - Air purifier

******* Test Conditions *******

The technical data of this catalogue has been obtained by measurements carried out on the following conditions unless otherwise specified.

Atmospheric Conditions : Clean air

with $25^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ and R.H. $50 \pm 5\%$

without noise gases

Circuit Voltage : $5V \pm 0.05V$

Heater Voltage : $5V \pm 0.05V$

Load Resistance : $5k\Omega \sim 10k\Omega \pm 1\%$

Preheating Time : more than 48 hours.

<NOTES>

- If the gas sensor is used after it is left for a long time under high humidity, it will takes some time until its characteristics are stabilized. In general, the longer it is left under high humidity, the longer it will take to stabilize.
- The temperature of the gas sensor case, heated by the built-in heater, will be $30^{\circ}C$ to $40^{\circ}C$ higher than the ambient temperature during operation.

The following must be observed

- Measure the gas sensor characteristics after operating more than 24 hours to fully stabilize the sensor.
- The gas sensor characteristics must be measured in clean air without noise gases.