

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่

VEHICLE ON BOARD COMPUTER



๗/๖/๒๕๕๘  
๗/๖/๒๕๕๘  
๒๕๕๘

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **73162**  
วันเดือนปี - 6 ก.ค. 2550

1178๒322  
b.....  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่  
VEHICLE ON BOARD COMPUTER

โดย

นายยุทธพล ตั้งกิตติสุวรรณ รหัส 45010621  
นายระพีพัฒน์ รัชควาสน์ รหัส 45010634

อาจารย์ที่ปรึกษา  
รศ. จีรวัดน์ ปานกลาง

ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2548

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการจับชี้

ผู้จัดทำ

1. นายยุทธพล คิ่งกิตติสุวรรณ
2. นายระพีพัฒน์ รัชตวาสน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการจับชี้

นายยุทธพล ตั้งกิตติสุวรรณ รหัส 45010621

นายระพีพัฒน์ รัชตวาสน์ รหัส 45010634

รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง (อาจารย์ที่ปรึกษา)

ปีการศึกษา 2548

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับแสดงผลข้อมูลการจับชี้ เป็นอุปกรณ์ใช้ในการแสดงค่าของอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศต่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำงานของเครื่องยนต์แกสโซลีน โดยการรับค่าจากออกซิเจนเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในท่อไอเสียของเครื่องยนต์สันดาบภายใน จากนั้นนำค่าแรงดันที่ได้มาผ่านเข้าสู่วงจรที่ทำการปรับกราฟเพื่อความเป็นเชิงเส้นมากยิ่งขึ้น และทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สุดท้ายจึงแสดงผลโดย LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**VEHICLE ON BOARD COMPUTER**

Mr.Yuttapol Tungkittisuwan ID 45010621

Mr.Rapeepat Ratchatavas ID 45010634

Assoc.Prof. Jirawath Panklang (Adviser)

**Abstract**

Vehicle On Board Computer is a meter, that can be used to illustrate the value of Air To Fuel ratio in a combustion engine. By receiving value from an oxygen sensor in an exhaust pipe, then we pass the value through the circuit to make it more linear. After that the new value is calculated by microcontroller and finally displayed on LCD Module.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากบุคคล  
หลายฝ่าย ซึ่งผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอย่างสูง กล่าวคือ  
บิดา มารดา ผู้ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมทั้งกำลังใจที่ให้มี  
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่เอื้อเพื่ออุปถัมภ์ในการทำโครงการ  
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จิรวรรณ ปานกลาง ผู้ให้คำแนะนำ กำลังใจ และคำปรึกษาต่างๆ  
ตลอดจนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้ผ่านไปได้ด้วยดี  
อาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้มีความรู้เพิ่มมากขึ้น  
นาย อภิวัฒน์ วงศ์กำแหง นาย สันต์ พุทธิยาสถาพร นาย มารุตต์ พรหมจันทร์แดง  
นาย สันติพงษ์ บุญผลิตกุล และเพื่อนๆร่วมภาควิชาทุกคนที่ให้คำปรึกษาในการทำโครงการและเอื้อเพื่อ  
อุปถัมภ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทํางาน	4
2.1 หลักการทํางานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ	4
2.2 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ	5
2.3 กระบวนการทํางานในแต่ละจังหวะของเครื่องยนต์ออตโต 4 จังหวะ	5
2.4 แบบของการฉีดเบนซิน	10
2.5 สัณฐานควบคุมหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Pulse Injection)	11
2.6 สัณฐานความเร็วรอบเครื่องยนต์	13
2.7 อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง	14
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์	15
2.9 อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการในสภาวะการทํางานต่างๆ	15
2.10 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน (Oxygen Sensor)	16
2.11 รายละเอียดแอสซีดีโมดูล	19
2.12 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD	21
2.13 จังหวะการทํางานของ LCD โมดูล	21
2.14 รายละเอียดของPIC	22
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ	24
3.1 วงจรรวมทั้งหมดของโครงการ	24
3.2 พิจารณาจากการทํางานของแต่ละส่วน	25

	หน้า
3.2.1 ออกซิเจนเซ็นเซอร์และฮีตเตอร์	25
3.2.2 วงจรปรับกราฟที่ได้จากออกซิเจนเซ็นเซอร์	28
3.2.2.1 วงจร Power & Vcc และวงจร Voltage Reference	28
3.2.2.2 วงจร Heater Drive & HT Enable	28
3.2.2.3 วงจร IpDrive & IpSense	29
3.2.2.4 วงจร Vs/Ip PID Feedback	30
3.2.3 วงจรอินสตรูเมนต์แอมป์	31
3.2.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์PICพร้อมด้วย จอ LCD 16x2	32
3.2.5 Flow Chart การทำงานของโปรแกรมPIC	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
4.1 การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับชี้กับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (Power Supply)	34
4.2. การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับชี้ กับ Oxygen Sensor ภายในรถยนต์	35
4.3 การทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับชี้ กับ บอร์ดทดลอง	36
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	39
กิตติกรรมประกาศ	
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การทำงานในห้องสูบจิ้งหะดูด	7
รูปที่ 2.2 การทำงานในห้องสูบของจิ้งหะอัด	8
รูปที่ 2.3 การทำงานในห้องสูบของจิ้งหะงาน	9
รูปที่ 2.4 การทำงานในห้องสูบของจิ้งหะคาย	10
รูปที่ 2.5 แสดงการสร้างสัญญาณควบคุมจิ้งหะการฉีดของ ECU	12
รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับอัตราเร็ว	14
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความถี่เปลี่ยนแปลง น้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์	15
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	17
รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	17
รูปที่ 2.10 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	18
รูปที่ 2.11 การส่งสัญญาณจากออกซิเจนเซ็นเซอร์	19
รูปที่ 2.12 IC PIC16F873A	22
รูปที่ 2.13 การทำงานของADCในPIC16F873A	23
รูปที่ 2.14 Block DiagramของPIC16F873A	23
รูปที่ 3.01 วงจรรวมของโครงการ	24
รูปที่ 3.02 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	26
รูปที่ 3.03 หลักการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	26
รูปที่ 3.04 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน	27
รูปที่ 3.05 วงจร Power & Vcc และวงจร Voltage Reference	28
รูปที่ 3.06 วงจร Heater Drive & HT Enable	29
รูปที่ 3.07 วงจร Ip Drive & Ipsense	30
รูปที่ 3.08 วงจร Vs/Ip PID Feedback	31
รูปที่ 3.09 วงจร INSTRUMENT AMP	31

	หน้า
รูปที่ 3.10 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์PICพร้อมด้วยจอ LCD 16×2	32
รูปที่ 3.10 Flow Chart การทำงานของโปรแกรม PIC	33
รูปที่ 4.I การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการจับขั้วกับแหล่งจ่าย ไฟกระแสตรง (Power Supply)	34
รูปที่ 4.2 การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการจับขั้วกับ Oxygen Sensor ภายในรถยนต์	35
รูปที่ 4.3 การทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการจับขั้วกับ บอร์ดทดลอง	36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ไม่มีใครสามารถปฏิเสธได้ว่ารถยนต์เป็นส่วนหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคสมัยนี้ และรถยนต์ก็เป็นพาหนะที่มีความคล่องตัวสูงสามารถเข้าถึงสถานที่ต่างๆ ได้ดี โดยทั้งนี้ทั้งนั้น รถยนต์จะสามารถทำงานได้ก็ต่ออาศัยน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นวิศวกรของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ต่างๆ จึงต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีสมรรถนะสูงที่สุด และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น สิ่งที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆ ก็คือต้องมีความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงสูงที่สุด ไม่เช่นนั้นรถยนต์คันนั้นจะไม่ได้ชื่อว่าเป็นรถยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

ตัวอย่างการออกแบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

- การออกแบบตัวถังรถยนต์โดยให้มีแรงเสียดทานอากาศน้อยที่สุด และถูกต้องตามหลักของ Aerodynamics
- การออกแบบตัวถังรถที่มีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงพอที่จะทำให้ผู้ขับขี่มีความปลอดภัยหากประสบอุบัติเหตุ
- การออกแบบระบบส่งกำลังที่มีการสูญเสียพลังงานน้อย
- การออกแบบระบบเครื่องยนต์ที่มีการเผาผลาญน้ำมันได้หมดจดแล้วนำไปขับเคลื่อนรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

รถยนต์ในปัจจุบันนี้มีอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาเกี่ยวข้องในการทำงานภายในของรถยนต์มากขึ้นกว่าสมัยก่อน เช่น

- ระบบหัวฉีดน้ำมันอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Fuel Injection :EFI )
- รถยนต์ไฮบริด(Hybrid Car) ที่มีการนำเอามอเตอร์ไฟฟ้ามาเป็นตัวช่วยแบ่งเบาภาระในระบบการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันตามปกติ
- ระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆ เช่น ระบบกุญแจ Immobilizer
- ระบบช่วยในการขับขี่และควบคุมรถยนต์ต่างๆ เช่น ระบบเบรกABS (Anti-log Breaking System)
- ระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งขีดขวางขณะถอยหลัง

ในช่วงเวลาที่เกิดวิกฤตการณ์ราคาน้ำมันและช่วงเวลาที่รัฐบาลมีการออกกฎหมายมาเพื่อควบคุมมลภาวะจากไอเสียรถยนต์เหล่านี้ ทำให้บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ค่ายต่างๆ จึงพยายามสร้างอุปกรณ์หลายๆ อย่างขึ้นมาเพื่อเป็นการช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้รถยนต์ของบริษัทตนเอง

และหนึ่งในอุปกรณ์เหล่านั้นก็คืออุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ โดยในปัจจุบันอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ที่บริษัทผู้ผลิตรถยนต์ติดตั้งมาให้ สามารถที่จะบอกข้อมูลอันเป็นประโยชน์แก่ผู้ขับขี่มากมาย ทั้งค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำมันที่ยังเหลืออยู่ในถัง ค่าA/F Ratio หรือบอกได้แม้กระทั่งเหลือระยะทางเท่าใดที่จะต้องนำรถเข้ารับบริการในครั้งต่อไป แต่ก็ก็เป็นสิ่งที่น่าเสียดายอย่างยิ่ง เพราะอุปกรณ์ดังกล่าวนี้มีต้นทุนราคาค่อนข้างแพง เราจึงมักจะพบอุปกรณ์ชิ้นนี้เฉพาะในรถยนต์นั่งที่มีราคาแพงเท่านั้น ซึ่งทำให้เป็นปัญหาสำหรับรถยนต์ที่ไม่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ชิ้นนี้มา เพราะฉะนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้ที่เป็นเจ้าของรถยนต์ทั่วไปไปโครงการนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อต้องการสร้างอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ขึ้นมา โดยอุปกรณ์ที่จะสร้างขึ้นมานั้นมีข้อแม้ว่าจะต้องถูกสร้างให้มีความแม่นยำในระดับที่ดี เพราะฉะนั้นทางผู้จัดทำโครงการจึงเลือกที่จะพัฒนาการแสดงผลไปที่ละข้อมูล โดยในโครงการนี้ค่าที่สังเกตเห็นว่ามีความสำคัญมากที่สุดก็คือค่าA/F Ratio สาเหตุที่ทำให้ค่าA/F Ratioเป็นค่าที่มีความสำคัญมากที่สุดก็เพราะว่าโดยประการแรก สำหรับในผู้ใช้รถยนต์ปกติ ค่าA/F Ratio สามารถแสดงอัตราการเผาไหม้ของการสันดาปภายในเครื่องยนต์ว่าขณะนั้นเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขับขี่ที่ประหยัดน้ำมันหรือไม่ เมื่อผู้ขับขี่ทราบค่าที่เหมาะสมแล้วจะทำให้สามารถขับรถยนต์ ณ สภาวะที่ให้การประหยัดน้ำมันสูงสุด ความสำคัญประการที่สองก็คือ สำหรับรถยนต์ที่ได้รับการปรับแต่งเครื่องยนต์เพื่อเพิ่มสมรรถนะ ค่าที่มีความสำคัญมากที่สุดนั้นก็คงจะไม่พ้นค่าA/F Ratio เพราะสามารถทำให้ผู้ปรับแต่งเครื่องยนต์ทราบถึงจุดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับตั้งค่าอัตราส่วนของปริมาณอากาศและปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

โครงการนี้มีขั้นตอนของการทำงานทั้งหมดดังนี้ เริ่มโดยการรับข้อมูลที่ได้จากออกซิเจนเซ็นเซอร์ ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าปริมาณของก๊าซออกซิเจนภายในท่อไอเสียของเครื่องยนต์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ออกไปทำการปรับแก้ให้มีความเป็นเชิงเส้นมากขึ้นเพื่อให้มีความแม่นยำมากที่สุด โดยนอกจากนั้นจะมีวงจรควบคุมที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับฮีทเตอร์ภายในออกซิเจนเซ็นเซอร์ เพื่อทำการสร้างอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานให้กับตัวออกซิเจนเซ็นเซอร์ หลังจากนั้นข้อมูลอนาล็อกที่ถูกปรับแก้แล้วจะถูกนำไปแปลงให้เป็นข้อมูลดิจิทัลทั้งหมด ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกกระทำโดยการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์PICเบอร์!6F819 ชุดท้ายส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลออกมาทางหน้าจอLCD เป็นอันสิ้นสุด ซึ่งนอกจากข้อมูลที่ถูกแสดงออกมาก็จะมีประโยชน์ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ทางผู้จัดทำโครงการยังสังเกตเห็นช่องว่างทางการตลาดที่ยังคงมีอยู่ เพราะปัจจุบันนี้อุปกรณ์ที่สามารถแสดงค่าของA/F Ratio ที่แม่นยำนั้นล้วนแล้วแต่เป็นอุปกรณ์นำเข้าที่มีราคาแพงทั้งสิ้น หากเราสามารถสร้างอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำขึ้นได้เองโดยไม่

ต้องอาศัยการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ ก็เท่ากับว่าเป็นการช่วยชาติในการลดการขาดดุลทางการค้าไปได้ไม่มากนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการทํางาน

อุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนการทํางาน คือ

- ส่วนวงจรการปรับค่าข้อมูลและวงจรซีทีเตอร์
- ส่วนวงจรประมวลซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์PIC
- ส่วนวงจรแสดงผลซึ่งแสดงผลโดยจอ LCD

#### 2.1 หลักการทํางานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ (Principle of 4 Cycles Benzine Engine)

เครื่องยนต์ออตโต (Otto Engine) หรืออีกชื่อหนึ่งที่เรามักจะเรียกกันว่าเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) นั้น ลูกสูบจะถูกจุดระเบิดด้วยประกายไฟโดยการใช้ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์จึงจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมี (Chemical Energy) ขณะที่เกิดการเผาไหม้ ในลักษณะรูปแบบของพลังงานความร้อน (Heat Energy) โดยทำให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) แล้วนำออกมาใช้งาน เครื่องยนต์ออตโตที่ใช้งานอยู่ในรถยนต์นั่งส่วนมากในประเทศไทยปัจจุบันนี้เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถแยกออกตามลักษณะวิธีจ่ายเชื้อเพลิงเบนซินได้คือ เครื่องยนต์เบนซินคาร์บูเรเตอร์ และเครื่องยนต์เบนซินหัวฉีด

##### คุณสมบัติเฉพาะของเครื่องยนต์ออตโต

เครื่องยนต์เบนซินที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ จะมีคุณสมบัติดังนี้

1. การผสมเชื้อเพลิงระเบิดเกิดภายนอกเครื่องยนต์ ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงเป็นเชื้อผสมที่บรรจุเข้าไปในกระบอกสูบจะทำการผสมคลุกเคล้ากัน (ปฏิกิริยาทางฟิสิกส์) ภายนอกห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)
  2. จุดติดไฟด้วยอุปกรณ์ภายนอก การจุดติดไฟของเชื้อผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง จะทำได้โดยประกายไฟที่เกิดจากอุปกรณ์ระบบจุดระเบิดที่ใช้ไฟฟ้าแรงสูงให้ความร้อนจุดติดไฟเชื้อระเบิดให้เกิดการเผาไหม้ภายใต้ความดันรวดเร็วและรุนแรงจึงเรียกลักษณะการจุดติดไฟเผาไหม้แบบนี้ว่า การจุดระเบิด (Ignition)
  3. เผาไหม้ในห้องเผาไหม้ที่มีปริมาตรคงที่ การเผาไหม้หรือการสันดาปของเชื้อผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศจะถูกกระทำอยู่ในห้องเผาไหม้ที่มีขนาดคงที่ ตั้งแต่เริ่มจุดติดไฟจนกระทั่งเผาไหม้เชื้อผสมจนหมด ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมาก หรือใช้เวลาน้อยมาก และขณะนั้นลูกสูบอยู่ใกล้ตำแหน่งศูนย์ตายบนลูกสูบจึงเคลื่อนที่น้อยมาก
- จากกล่าวได้ว่าปริมาตรของห้องเผาไหม้มีขนาดเท่าเดิมตลอดเวลาที่เกิดการเผาไหม้เชื้อระเบิด

4. การจัดการกับจำนวนเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในทุกๆความเร็รรอบและภาระของเครื่องยนต์อัตราผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงไปตามตลอดเวลาตามความเร็รรอบและภาระของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะนั้นๆ

## 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ

การแบ่งกลุ่มเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะอันมีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกับเครื่องยนต์ที่เป็น 2 จังหวะ สามารถจะจัดแบ่งกลุ่มขึ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นพื้นฐานของเครื่องยนต์ดังต่อไปนี้

1. เสื้อสูบ, กระบอกสูบและเพลาค้อเหวี่ยง เป็นชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เป็นโครงสร้างหลักสำหรับยึดชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องยนต์
2. กลไกลูกสูบและข้อหมุนเหวี่ยง (Piston and Cranking Mechanism) ประกอบด้วยลูกสูบ ก้านสูบ เพลาค้อเหวี่ยง และล้อช่วยแรง เป็นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์ที่รับความดันมาจากการเผาไหม้ในห้องสูบแล้วเปลี่ยนเป็นแรงกระทำบนหัวลูกสูบ ส่งต่อผ่านก้านสูบไปกระทำที่ข้อก้านหมุนเพลาค้อเหวี่ยงให้เพลาค้อเหวี่ยงหมุนอย่างเรียบจ่ายแรงบิดออกไปใช้งาน
3. ฝาสูบ เป็นฝาปิดกระบอกสูบทำให้เกิดเป็นห้องเผาไหม้ขึ้นในเครื่องยนต์และทำเองให้เป็นปริมาตรอัดเกิดขึ้นบนฝาสูบ
4. กลไกวาล์ว (Valve Mechanism) หรือกลไกควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine Steering Mechanism) ประกอบขึ้นด้วย เพลาลูกเบี้ยว ปลอดภัยวาล์ว ก้านกระทุ้งวาล์ว กระเดื่องกควาล์ว สปริงวาล์ว และวาล์ว ส่วนชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องยนต์อื่นๆ เช่น คาร์บูเรเตอร์ ระบบจุดระเบิด ปั๊มน้ำ อัลเตอร์เนเตอร์ มอเตอร์สตาร์ท ปั๊มน้ำมันเครื่อง เป็นชิ้นส่วนระบบการทำงานของเครื่องยนต์ที่มีแตกต่างกันตามแบบของระบบนั้นๆ

## 2.3 กระบวนการทำงานในแต่ละจังหวะของเครื่องยนต์ออตโต 4 จังหวะ

ในแต่ละกลวัฏของเครื่องยนต์ ขึ้นคอนตามลำดับตลอดกลวัฏเครื่องยนต์ คือ การไต่ การอัด การใช้งาน และการดำเนินไปกับการเล่นของลูกสูบทั้ง 4 ช่วงชักดังต่อไปนี้

### 1. จังหวะดูด (Suction Stroke)

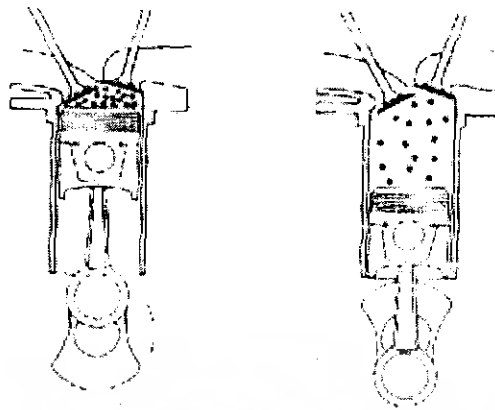
การดูดหรือการบรรจุสูบเริ่มจากลิ้นไอตีเปิดก่อนที่ลูกสูบ ถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อยจนกระทั่งลูกสูบเลื่อนลงแล้วผ่านเลขหลังศูนย์ตายล่าง ระบายออกสูบจะได้รับการบรรจุระบายออกสูบหรือการไล่เชื้อผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศตลอดเวลาระหว่างจังหวะดูด

ในระหว่างที่ลูกสูบเลื่อนตัวเองไปหลังศูนย์ตายบนทำให้ปริมาตรกระบอกสูบโตขึ้นและนำไปสู่การลดลงของความดันเป็นความกดดันต่ำจนเหลือประมาณ 0.8-0.9 บาร์ก็จะมีอาการดูดเกิดขึ้นในห้องสูบตามมาด้วยการเปิดของลิ้นไอตี เชื้อผสมของเบนซินและอากาศก็จะไหลเข้ามาในห้องสูบ

จากอุณหภูมิทำงาน (Working Temperature) ของเครื่องยนต์ทำให้อุณหภูมิของแก๊สไอตีที่ไหลเข้ามาสูงขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส

ตลอดเวลาการดูดของลูกสูบเชื้อผสมของอากาศและเบนซินจะเข้าสู่ห้องสูบเป็นไปอย่างรวดเร็วไม่ชักช้าเนื่องจากการขยายโตขึ้นของปริมาตรในห้องสูบ เมื่อลูกสูบเลื่อนลงเป็นผลให้ห้องสูบมีความกดดันต่ำ เกิดความแตกต่างและต่ำกว่าภายนอกห้องสูบขึ้นมาก หมายถึงว่าด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลิ้น ไอตีที่โตเท่าที่จะทำได้ยอมให้ไอตีไหลผ่านเข้าไปในห้องสูบ ลิ้น ไอตีเปิดก่อนศูนย์ตายบนถึงประมาณ 40 องศา เพลลาข้อเหวี่ยง แต่อย่างไรก็ไม่สามารถทำให้การบรรจุสูบของไอตีเข้าไปทดแทนความดันที่ต่ำลงเป็นไปได้อย่างเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และจากการที่กระแสไหลของไอตียังมีพลังอยู่มากด้วยความเฉื่อยของมันในช่วงสั้นๆหลังศูนย์ตายล่าง เพื่อต้องการให้มีการบรรจุสูบลาวนานขึ้นจึงยอมให้ลิ้น ไอตีเปิดให้ไอตีไหลเข้าห้องสูบต่อไปอีกจนถึงหลังศูนย์ตายล่างประมาณ 70 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงแล้วลิ้น ไอตีจึงปิด การบรรจุไอตีเข้าห้องสูบจึงจะสิ้นสุดลง

จากความเร็วรอบของเครื่องยนต์ทำให้การบรรจุสูบลวมีเวลาสั้นที่จะไหลเข้าไปผ่านลิ้นไอตี ลิ้น ไอตีจึงต้องเปิดเร็วขึ้นก่อนศูนย์ตายบนและปิดช้าลงหลังศูนย์ตายล่างให้ลิ้น ไอตีมีเวลาเปิดยาวขึ้น รวมช่วงการเปิดของลิ้น ไอตีประมาณ 300 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง จำนวนองศาที่ก่อนศูนย์ตายบนหรือหลังศูนย์ตายล่างจะมีจำนวนมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการออกแบบความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.1 การทำงานในห้องสูบจังหวะดูด

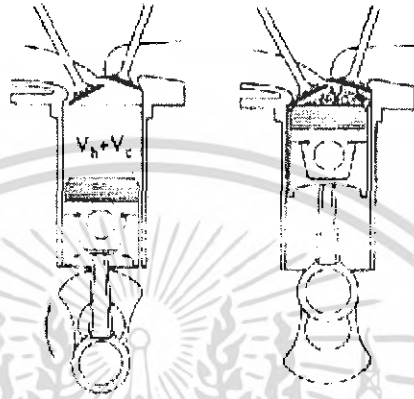
## 2. จังหวะอัด (Compression Stroke)

จังหวะการอัดระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเกิดขึ้นขณะลูกสูบเคลื่อนขึ้นสู่ศูนย์ตายบนเมื่อลิ้นไอดีปิดแล้วทำให้อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น แต่การอัดเพียงลำพังนั้นยังไม่ทำให้อุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงเกิดการชิงจุดขึ้นได้

จากอุณหภูมิอัด(Compression Temperature) ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิกลายเป็นไอระเหย (vapor) ที่สูงขึ้นมากกว่าเดิม ซึ่งนอกจากนั้นจะทำให้เกิดการคลุกเคล้ากับอากาศได้ดีขึ้นด้วยและกลายเป็นเชื้อระเบิด(Vapored Mixture) ในจังหวะอัดลูกสูบเคลื่อนตัวเองจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ลิ้นไอดียังเปิดอยู่จนกว่าถึงหลังศูนย์ตายบน 70 องศาเฟลาซีอเหวียง ในช่วงเวลานี้ปริมาตรกระบอกสูบจะลดลง ความดันและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น การวัดขนาดของการอัดที่ศูนย์ตายบนวัดเป็น อัตราอัด (Compression Ratio) การเลือกใช้อัตราอัดในเครื่องยนต์ออกโตเมื่อลูกสูบอัดสุดหรือปลายจังหวะอัดจะต้องไม่ทำให้เกิดการชิงจุด(Preignition)ของเชื้อผสมระหว่างอากาศกับเบนซินขึ้นได้หมายความว่าถ้าเกิดการชิงจุดจะทำให้เครื่องยนต์เกิดอาการน็อก ขึ้นจากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้านการน็อก(Anti Knock)และการออกแบบลักษณะห้องเผาไหม้ที่เหมาะสม จึงทำให้เครื่องยนต์นี้มีอัตราอัดสูงขึ้นไปถึงประมาณ 8:1 - 11:1 และอุณหภูมิอัดสูงสุดถึงประมาณ 350-450 องศาเซลเซียสอันเป็นอุณหภูมิอัดเฉลี่ยที่เป็นค่ากลางๆ ส่วนอุณหภูมิที่เป็นจริงซึ่งสูงกว่านี้จะถูกหล่อเย็นหรือระบายออกไปทางผนังกระบอกสูบส่วนหนึ่งและทางชิ้นส่วนหล่อเย็นอื่นๆ อีกเช่น หัวลูกสูบลิ้นไอดีเป็นส่วนใหญ่

อัตราอัดของเครื่องยนต์เป็นผลให้เกิดความดันอัดหรือกำลังอัด(Compression Pressure)ขึ้นประมาณ 10-16 บาร์ ผลเสียของกำลังอัดสูงๆคือความดันในจังหวะงานสูงผลที่เกิดขึ้นจะทำให้

ขึ้นส่วนภายในเครื่องยนต์รับภาระมากเกินไป (Over load) การจุดติดไฟของเชื้อระเบิดยังอยู่ในช่วงที่ถูกสูบผ่านจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนความดันที่เพิ่มสูงมากขึ้น จึงไม่เกิดขึ้นเพียงจากปริมาณที่ลดลงเท่านั้น แต่ยังเพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้ที่รวดเร็วและรุนแรงที่เรียกว่าการจุดระเบิดอีกด้วย การเกิดความดันที่เพิ่มขึ้นอย่างมากตามสัดส่วนของกำลังอัดในจังหวะอัดนี้เป็นการเพิ่มความดันในห้องเผาไหม้ที่ค่อยๆ เกิดขึ้นก่อนลูกสูบถึงศูนย์ตายบนอีกด้วย



รูปที่ 2.2 การทำงานในห้องสูบของจังหวะอัด

### 3. จังหวะงาน (Working Stroke) หรือจังหวะกำลัง (Power Stroke)

การเผาไหม้จะเกิดขึ้นจากการจุดระเบิดด้วยประกายไฟหัวเทียนก่อนลูกสูบจะเคลื่อนถึงจุดศูนย์ตายบนและเบนซินจะเผาไหม้สมบูรณ์ในช่วงจังหวะอัดแล้วดันหัวลูกสูบให้เคลื่อนที่จากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง

ที่ความดันสูงเกือบถึงจุดที่เชื้อผสมของอากาศและเบนซินจะติดไฟขึ้นเองได้ ประกายไฟจุดระเบิด (Ignition Spark) จะเกิดขึ้นเพื่อสร้างความร้อนทำให้เบนซินติดไฟเผาไหม้ขึ้น ตำแหน่งที่เกิดประกายไฟจุดระเบิดจะอยู่ก่อนศูนย์ตายบนเล็กน้อยช่วงปลายจังหวะอัด เมื่อเกิดการจุดระเบิดขึ้นแล้วเปลวไฟจะลูกกลมเผาไหม้เชื้อผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ตั้งแต่เริ่มจุดระเบิดจนกระทั่งเผาไหม้หมดต้องใช้เวลาประมาณ 1/1000 วินาที จึงต้องทำการจุดประกายไฟเพื่อจุดระเบิดก่อนที่ลูกสูบถึงศูนย์ตายบน โดยที่ตำแหน่งจุดติดไฟหรือองศาการจุดระเบิดจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเครื่องยนต์ ซึ่งทั่วไป จำนวนองศาเพลวข้อเหวี่ยงสูงสุดของเครื่องยนต์ออกดอกจะอยู่ที่ประมาณ 40 องศาก่อนศูนย์ตายบน เมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อผสมที่บรรจุสูบแล้วจะเกิดการขยายตัวของแก๊สเผาไหม้ที่มีความร้อนสูงและความดันที่เกิดขึ้นจะดันให้ลูกสูบแล่นลงสู่ศูนย์ตายล่าง

กระบวนการเผาไหม้ (Combustion Process) เริ่มโดยอนุเล็กๆ ของ เชื้อผสมระหว่างอากาศและเบนซินได้พบกับประกายไฟของหัวเทียนตรงจุดที่จุดติดไฟ (Ignition Point)

การเผาไหม้จะส่งต่อกันออกไปเป็นชั้นๆ ของเชื้อระเบิดเป็นเปลวติดไฟหรือเปลวนำ(Flame Front) ลูกกลมต่อไปเรื่อยๆ ผ่านเข้าสู่ห้องเผาไหม้แผ่กระจายลูกกลมเป็นรูปรัศมีโดยรอบ เพื่อให้เกิดการจุดระเบิดของเชื้อระเบิดเป็นไป อย่างปลอดภัยจะต้องมีเงื่อนไขต่อไปนี้

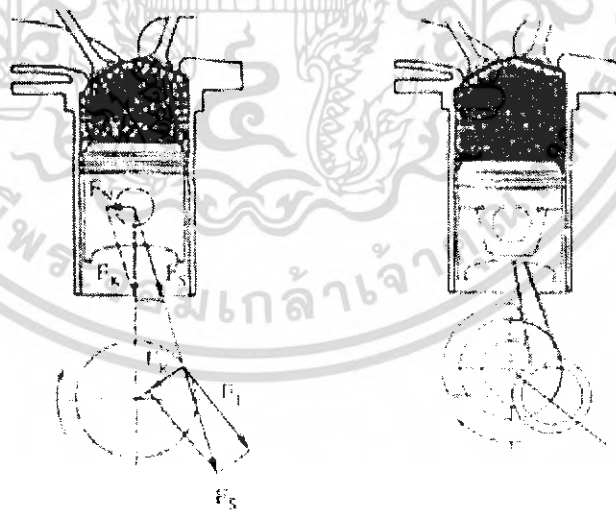
1. เปลวไฟจะต้องมีจำนวนปริมาณที่ร้อนมากพอ
2. ความสามารถจุดติดไฟของเชื้อผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศจะเกิดขึ้นได้ด้วยประกายไฟจากหัวเทียนเท่านั้นไม่ว่าเครื่องยนต์ร้อนขึ้น ในอุณหภูมิทำงานหรือเครื่องยนต์เย็น อยู่ในขณะสตาร์ทติดเครื่อง

ความเร็วของเปลวติดไฟจะถูกทำให้ไหลเข้าห้องเผาไหม้ด้วยการนำความร้อน

(Heat Conduction) และการผลัดความร้อน(Heat Exchange) หรือการถ่ายเทความร้อนระหว่างเชื้อระเบิดที่เผาไหม้แล้วกับเชื้อระเบิดที่ยังไม่เผาไหม้ หากการหมุนวนในห้องเผาไหม้เป็นไปด้วยดีก็จะทำให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างรวดเร็วขึ้นการเพิ่มการอัดของเชื้อระเบิดให้มีสูงขึ้นอันนำไปสู่การทำให้อุณหภูมิเชื้อระเบิดสูงขึ้นก็เป็นการทำให้การเผาไหม้ลูกกลมเผาไหม้ระเบิดเร็วยิ่งขึ้นด้วย

จากการเผาไหม้ทำให้ความดันเพิ่มสูงขึ้นถึง 30-50 บาร์ ด้วยอุณหภูมิ 2000-2500 องศาเซลเซียส และความเร็วในการเผาไหม้ลูกกลมไปประมาณ 10-50 เมตร/วินาทีค่าต่างๆจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับอัตราอัดของเครื่องยนต์ลักษณะการคลุกเคล้าของเชื้อผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ กับความเร็วรอบเครื่องยนต์ และรูปแบบของห้องเผาไหม้

การเผาไหม้เชื้อผสมเชื้อเพลิงจะต้องเผาไหม้หมดเรียบร้อยหลังจากศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อยเมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อนลง



รูปที่ 2.3 การทำงานในห้องสูบของจังหวะงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. จังหวะกาย (Exhaust Stroke)

จังหวะการคายเริ่มจากก่อนศูนย์ตายล่างและไปเสิร์ฟขึ้นหลังศูนย์ตายบน แก๊สเผาไหม้จะต้องถูกนำออกจากห้องเผาไหม้อย่างหมดจด

ในระหว่างจังหวะงาน ประมาณ 40- 60 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายล่างลิ้นไอเสียเริ่มเปิด จากความดันที่เกิดการระเบิดและขยายตัว แล้วลดลงเหลือประมาณ 3-5 บาร์ จะดันให้แก๊สเผาไหม้เริ่มไหลถ่ายเทออกทางช่องไอเสียด้วยความเร็วสูงพอสมควรและเพื่อต้องการให้แก๊สเผาไหม้จำนวนมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ไหลออกไปด้วยกระแสไหลมากที่สุดลิ้นไอเสียจึงจะปิดหลังศูนย์ตายบน 30 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง



รูปที่ 2.4 การทำงานในห้องสูบของจังหวะคาย

#### 2.4 รูปแบบของการฉีดเบนซิน

ความแตกต่างของลักษณะพิเศษพื้นฐานของการฉีดเบนซินมีอยู่ 2 แบบ คือการฉีดเบนซินเป็นช่วงๆและการฉีดเบนซินแบบต่อเนื่อง ในสมัยแรกๆ จำนวนปริมาณเบนซินฉีดออกมาในช่วงเวลาเป็นช่วง ๆ โดยฉีดเฉพาะในเวลาที่ต้องการ ต่อมาจึงนำการฉีดเบนซินเป็นกระแสน้ำอย่างต่อเนื่องมาใช้งาน

### 1. การฉีดน้ำมันเบนซินเป็นห้วงๆ (Intermittent Benzine Injection)

น้ำมันเบนซินจะฉีดเข้าไปในช่องไอดีหรือที่บริเวณก่อนถึงลิ้นไอดี มีการควบคุมการฉีดหลายแบบ คือ

1. ระบบฉีดเบนซินควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการตรวจวัดความดันในท่อไอดี (D- Jetronic)
2. ระบบฉีดเบนซินควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการตรวจวัดปริมาณอากาศ (L- Jetronic)
3. ระบบฉีดเบนซินควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการตรวจวัดมวลอากาศ (LH-Jetronic)
4. ระบบฉีดเบนซินควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ด้วยการฉีดรวมส่วนกลาง (Mono- Jetronic)
5. ระบบฉีดเบนซินและจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Motronic)

### 2. การฉีดน้ำมันเบนซินต่อเนื่อง (Continuous Benzine Injection)

น้ำมันเบนซินจะฉีดเข้าไปในช่องไอดีหรือท่อไอดีไปเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา มีการควบคุมออกแบบใช้งานหลายแบบ คือ

1. ระบบรวมกลไกและไฮดรอลิกด้วยมีการตรวจวัดการไหลอากาศ (K- Jetronic)
2. ระบบรวมกลไกและไฮดรอลิกด้วยชุดอิเล็กทรอนิกส์แก้ไขปรับเชื้อผสม (KE- Jetronic)

### 2.5 ศึกษาระบบควบคุมหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ (Pulse Injection)

ศึกษาระบบควบคุมหัวฉีดนั้นจะถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit : ECU) ซึ่งมีการทำงานดังนี้

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วนของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานต่างๆ

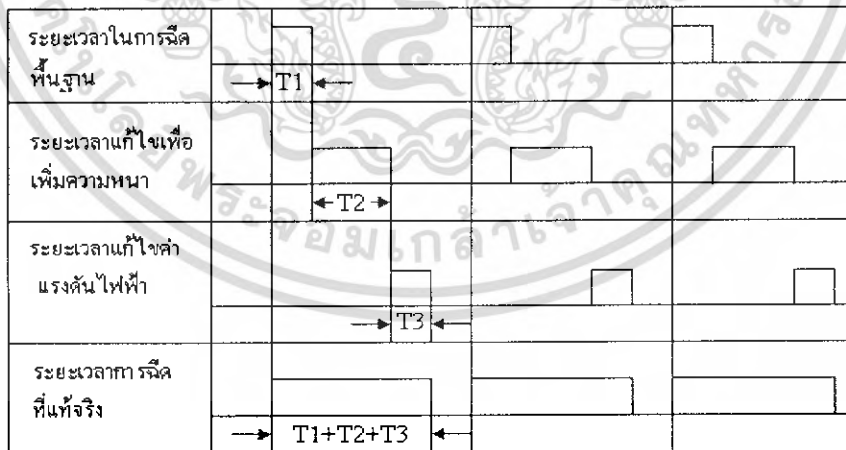
โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบด้วย ตัวต้านทาน ไดโอด คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ และ ไอซี หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยมเรียกกันว่า “ คอมพิวเตอร์ ” เนื่องจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบันได้ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์ EFI รุ่นแรกๆ จะมีหน้าที่เพียง 2 ประการคือ ควบคุมจังหวะหัวฉีด และควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวฉีด ระบบ EFI ที่ใช้หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบนี้จะเรียกว่า “ระบบ EFI แบบธรรมดา”

สำหรับหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ได้ถูกพัฒนาให้มีหน้าที่การทำงานหลายๆ อย่างเพิ่มขึ้นจากเดิม เช่น ควบคุมการจุดระเบิด ควบคุมความเร็วรอบเดินเบา ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำมันเชื้อเพลิง วินิจฉัยข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ เป็นต้น หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบที่มีหน้าที่การทำงานหลายๆอย่างนี้ จะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ตามบริษัทผู้ผลิต เช่น ICCS , ECCS , MONOTRONIC , PGM-FI เป็นต้น

1. การควบคุมจังหวะในการฉีด

ในระบบ EFI ธรรมดาน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดีเป็นจังหวะๆ โดยหัวฉีดจะทำการฉีดน้ำมัน 1 ครั้ง ต่อการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยง 1 รอบ กล่าวคือ จะมีการฉีด 2 ครั้ง ต่อ 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์ การเริ่มต้นการฉีดจะถูกกำหนดด้วยสัญญาณการจุดระเบิด จากขั้วงานจ่าย หรือที่ขั้วลบของคอยล์จุดระเบิดหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะคอยตรวจจับสัญญาณ การจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ซึ่งมีอยู่ 4 ครั้งต่อการหมุนของเครื่องยนต์ 2 รอบ สำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ สัญญาณการจุดระเบิดจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular Pulse) จากนั้นจะถูกวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดจำนวนคลื่นลงเหลือครึ่งหนึ่ง คือ 2 ช่วงคลื่น สำหรับนำไปควบคุมจังหวะการฉีดดังแสดงในรูป ที่ 2.5 ดังนั้นใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์จะมีการฉีด 2 ครั้ง



รูปที่ 2.5 แสดงการสร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการฉีดของ ECU

การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดที่กำหนดโดย ECU ทั้ง 2 ครั้ง จะเป็นการฉีดพร้อมกันทุกสูบ โดยไม่คำนึงถึงลำดับการจุดระเบิดและตำแหน่งการปิด-เปิด ของลิ้นไอดี กรณีที่มีการฉีดในจังหวะอื่นที่ไม่ใช่ จังหวะจุด ซึ่งลิ้นไอดีปิด จะไม่มีปัญหาเรื่องน้ำมันคั่งค้างในท่อไอดี เนื่องจาก ใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์มีระยะเวลาที่น้อยมากพร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปนั้น มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้น น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมาจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบในจังหวะจุดของรอบต่อไป

## 2. การควบคุมระยะเวลาในการฉีด

การควบคุมระยะในการฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ประกอบด้วย การควบคุม 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. การควบคุมระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน (Basic Injection Time Control)
2. การแก้ไขระยะเวลาเพื่อเพิ่มความหนาของเชื้อเพลิง (Enrichment Correction)
3. การแก้ไขระยะเวลาในการฉีดจากค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage Correction)
4. การตัดการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Cut)

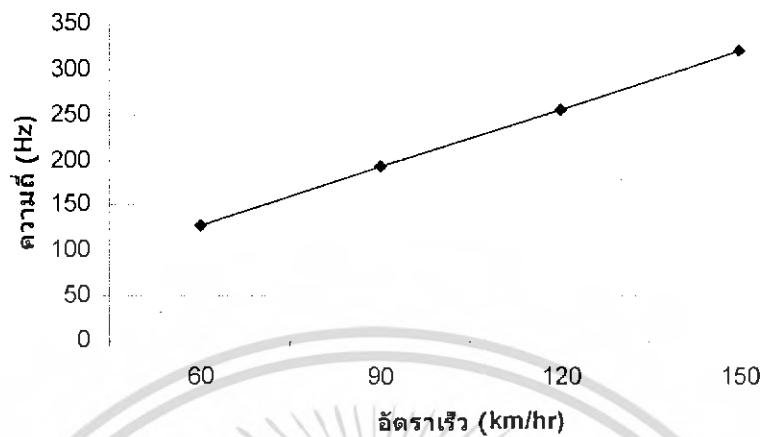
หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยจะทำการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจากสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์และโดยสัญญาณไฟฟ้าจากมาตรวัดการไหลของอากาศหลังจากนั้นระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจะถูกแก้ไขให้มีระยะการฉีดมากขึ้น เพื่อเพิ่มความหนาของเชื้อเพลิงตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ตัวตรวจจับอุณหภูมิ น้ำ ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ และสัญญาณการสตาร์ท และระยะเวลาในการฉีดที่ได้จะถูกแก้ไขเพิ่มเติมจากค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่เปลี่ยนไปจากค่าแรงดันตามปกติ (12V) แล้วส่งต่อไปยังหัวฉีดเพื่อทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

สรุปแล้ว ระยะเวลาในการฉีดทั้งหมด จะเท่ากับ ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนาตามสภาวะการทำงาน + ระยะเวลาที่แก้ไขจากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ลดต่ำลง

### 2.6 สัญญาณความเร็วรถยนต์

ความเร็วรถยนต์นี้ถูกนำไปใช้ในการหาค่าอัตราลิ้นเปิดเชื้อเพลิงซึ่งในรถยนต์โตโยต้า การแสดงความเร็วรถยนต์บนหน้าปัดรถยนต์นั้นเกิดจากการสร้างพัลส์ซึ่งมี duty cycle (duty cycle) 50 เปอร์เซ็นต์ โดยแต่ละความเร็วก็จะทำให้ความถี่ของพัลส์เปลี่ยนไปซึ่งสามารถแสดง ได้ดังกราฟ โดยที่กราฟนี้จะมีค่าเป็นเชิงเส้น

### ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับอัตราเร็ว



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับอัตราเร็ว

#### 2.7 อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถยนต์จะประกอบด้วยส่วนผสม

3 แบบ

1. อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี(theoretical air-fuel ratio)
2. อัตราส่วนผสมหนา(rich mixture)
3. อัตราส่วนผสมบาง(lean mixture)

##### 1. อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี หมายถึง อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.7:1 หรือประมาณ 15:1 เมื่อคิดโดยน้ำหนัก กล่าวคือ จะต้องใช้อากาศหนัก 14.7 Kg ต่อน้ำมันเบนซิน 1Kg หรือ ถ้าคิดปริมาตรจะต้องใช้อากาศจำนวน 10,000 ลิตร ต่อน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร

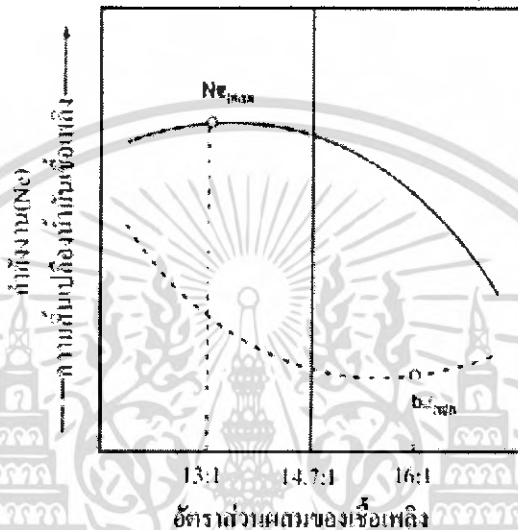
##### 2. ส่วนผสมหนา

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ถือว่าเป็นอัตราส่วนผสมที่พอดีสำหรับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ถ้าอัตราส่วนผสมน้อยกว่า 14.7 :1 เช่น 12:1 ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ใช้ อากาศน้อยกว่าทฤษฎี จะเรียกว่า ส่วนผสมหนา(rich mixture)

### 3. ส่วนผสมบาง

สำหรับส่วนผสมที่มีค่ามากกว่า 14.7:1 เช่น 16:1 ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ใช้อากาศมากกว่า  
ทฤษฎี จะเรียกว่า อัตราส่วนผสมบาง(lean mixture)

### 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง  
และกำลังของเครื่องยนต์

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลือง  
น้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์

จากกราฟ อัตราส่วนของเชื้อเพลิงที่ประมาณ 16:1 (bemin) เป็นอัตราส่วนที่มีความ  
สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และที่อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 12-13:1  
(Nemax) จะเป็นช่วงที่ให้อัตราเร่งดี เนื่องจากกราฟขึ้นสู่ค่าสูงสุด

### 2.9 อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการในสภาวะการทำงานต่างๆ

อัตราส่วนผสมต่างๆที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนี้ คือ

1. ขณะทำการสตาร์ท เครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างหนา  
(ประมาณ 10:1) เนื่องจากในขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ยังมีความเร็วรอบต่ำเป็นเหตุให้อากาศที่ไหล  
ผ่านตัวจ่ายส่วนผสมมีความเร็วต่ำ ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สามารถเป็นฝอยละอองได้ดี พร้อมทั้ง

เครื่องยนต์ยังมีความฝืดสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่หนามากกว่าปกติ เพื่อให้ได้กำลังขับในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนมากขึ้น และเป็นการชดเชยการเป็นลอะองของน้ำมันที่ยังไม่ดี

2. ขณะเดินเบา เครื่องยนต์มีความเร็วรอบประมาณ 600 – 800 รอบ/นาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ต่ำ ดังนั้นเครื่องยนต์จึงยังต้องการอัตราส่วนผสมที่หนา (ประมาณ 1:10) เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานอยู่ได้โดยไม่สะดุดหรือดับไป เนื่องจากความฝืดของชิ้นส่วน และเพื่อเป็นการชดเชยการเป็นลอะองของน้ำมันที่ไม่ค่อยดีนัก

3. ขณะอุณหภูมิต่ำ เครื่องยนต์ต้องการอัตราส่วนผสมที่หนา เพราะความเย็นจะทำให้ลอะองของน้ำมันบางส่วนกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมันติดตามผนังท่อไอดีและผนังกระบอกสูบ

4. ขณะใช้งานปกติ เครื่องยนต์รับภาระปานกลาง ความเร็วรอบประมาณ 2000 – 2500 รอบ/นาที อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการจะอยู่ในช่วง 15:1 - 16:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่ประหยัด และใกล้เคียงกับอัตราส่วนผสมตามทฤษฎี

5. ขณะเร่งเครื่อง อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการจะหนากว่าปกติ เพื่อให้ได้กำลังงานสำหรับเพิ่มความเร็วรอบได้อย่างทันทีทันใด

6. ขณะใช้กำลังงานสูง เช่นขณะบรรทุก เครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมที่หนา ประมาณ 12:1 - 13:1 เพื่อให้ได้กำลังงานสูงสุด

## 2.10 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน(Oxygen Sensor)

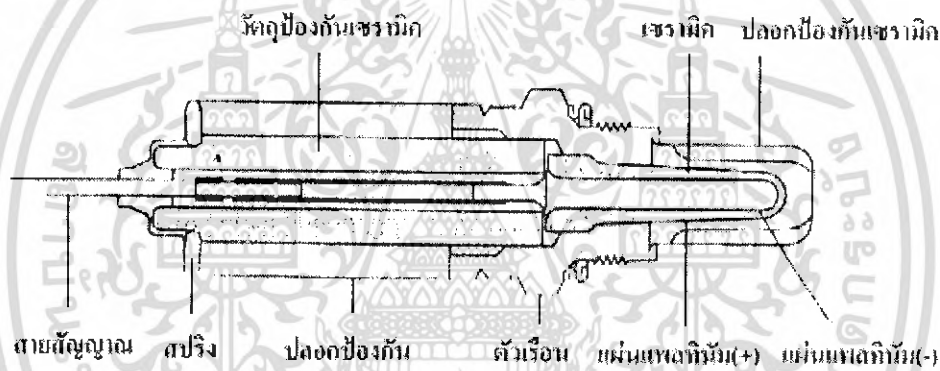
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาณออกซิเจน( $O_2$ ) ในแก๊สไอเสียของเครื่องยนต์จากนั้นส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้ส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14.7:1)

ขณะเครื่องยนต์ทำงานในสภาวะปกติเครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎีซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ คอมพิวเตอร์จะทำการกำหนดระยะเวลาในการฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากการวัดตรวจจับสัญญาณต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามส่วนผสมที่ได้จากการควบคุมของคอมพิวเตอร์อาจมีการผิดพลาดเบี่ยงเบนไปจากค่า 14.7:1 ได้ เนื่องจากสาเหตุของความบกพร่องหรือความคลาดเคลื่อนในการทำงานของอุปกรณ์ในระบบการเบี่ยงเบนไปของอัตราส่วนผสมนี้สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ หากอัตราส่วนผสมที่เข้ากระบอกสูบหนา การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ เนื่องมาจากมีออกซิเจนน้อย ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียน้อย และในทาง

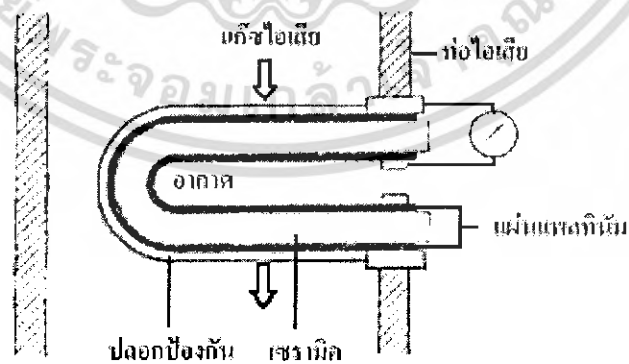
## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันที่ป้อนเข้ากระบอกสูบบาง ปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียจะมากปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียได้ถูกนำมาใช้ปรับแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้ส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซรามิกชนิดพิเศษที่ทำจากเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) ฉาบไว้ด้วยแผ่นแพลทินัม (Platinum) ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนทั้งด้านนอกและด้านในตั้งในรูปด้านล่างนี้ ตัวตรวจจับออกซิเจนจะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในท่อไอเสียให้แผ่นแพลทินัม(+) ที่ฉาบอยู่ด้านนอกของเซรามิกได้สัมผัสกับแก๊สไอเสีย ส่วนแผ่นแพลทินัม(-) ทางด้านในของเซรามิกจะต่อกับบรรยากาศภายนอก สำหรับปลอกป้องกันจะเป็นท่อโลหะหุ้มตัวเซรามิกที่มีช่องให้แก๊สไอเสียผ่านไปยังแพลทินัมและเซรามิกได้ ปลอกนี้จะทำหน้าที่ป้องกันของแข็งเล็กๆ ที่ปนอยู่ในแก๊สไอเสียกระทบกับเซรามิก



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

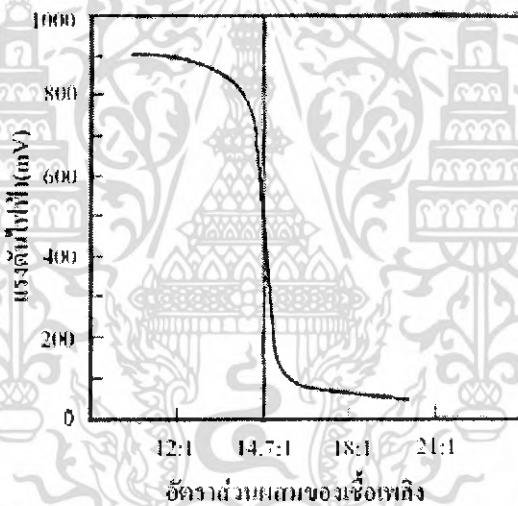


รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

73162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะเปรียบเสมือนแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่มีการจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณออกซิเจนที่ได้รับจากแก๊สไอเสียในการทำงานของตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนจะอาศัยความแตกต่างของจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นแพลทินัมที่ฉาบไว้ทั้งสองด้านของเซรามิกและการเป็นตัวนำของเซรามิกเมื่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนได้รับออกซิเจนจากแก๊สไอเสีย แผ่นแพลทินัมจะมี อิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้นโดยแผ่นแพลทินัมส่วนที่ต่อกับบรรยากาศ ซึ่งได้รับออกซิเจนมากจะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นมากส่วนแผ่นแพลทินัมที่สัมผัสกับแก๊สไอเสียจะได้รับออกซิเจนน้อยกว่าก็จะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นน้อยสำหรับเซรามิกเมื่อได้รับออกซิเจนและความร้อนจากแก๊สไอเสียจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำทางไฟฟ้า ทำให้เกิดการถ่ายเท ของอิเล็กตรอนเกิดขึ้นในแผ่นแพลทินัมทั้งสอง ดังนั้นหากมีการต่อแผ่นแพลทินัมทั้งสองเข้ากับวงจร ก็จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลโดยจะมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นประมาณ 0.1-0.9v โดยแปรผันตามปริมาณของออกซิเจนในแก๊สไอเสียซึ่งมีผลมาจากอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ ดังรูป



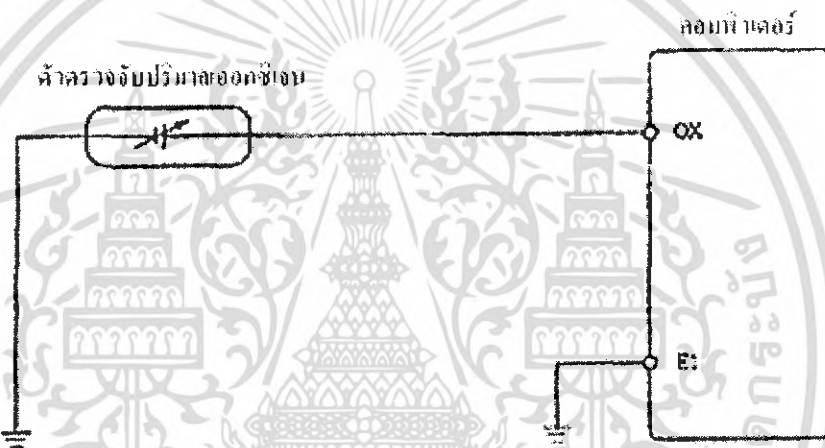
รูปที่ 2.10 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

จากกราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะเห็นว่าที่อัตราส่วนผสมหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะสูง และจะลดต่ำลง เมื่ออัตราส่วนผสมบางลง จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงตามทฤษฎีโดยคอมพิวเตอร์จะปรับระยะเวลาในการฉีดน้อยลง เมื่อแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 0.45 v และปรับระยะเวลาในการฉีดมากขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า 0.45v

ค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนนี้จะเชื่อถือได้ก็เมื่อมีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 350° C เนื่องจากเซรามิกจะมีความต้านทานสูงที่อุณหภูมิต่ำ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะไม่เที่ยงตรง ดังนั้นในเครื่องชนิดรุ่นใหม่ ๆ ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะมีตัวทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (heater) อยู่ภายในเพื่อทำให้เซรามิกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ O<sub>2</sub> sensor สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องรอความร้อนจากแก๊สไอเสีย ซึ่งบางครั้งใช้เวลานานหากอากาศที่บรรจุเข้าเครื่องชนิดนี้มีอุณหภูมิต่ำ

#### สัญญาณจาก Oxygen sensor

สัญญาณจาก Oxygen sensor จะมีขนาดของศักดาไฟฟ้า ประมาณ 0-1 โวลต์ ซึ่งเรานำมาขยายสัญญาณเพื่อนำไปเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D) แล้วส่งไปยังตัวประมวลผล (CPU) เพื่อที่จะทำการคำนวณและนำค่าที่ได้ไปแสดงผลทางหน้าจอ LCD



รูปที่ 2.11 การส่งสัญญาณจากออกซิเจนเซ็นเซอร์

#### 2.11 รายละเอียดแอลซีดีโมดูล

ในโครงการชิ้นนี้ได้ใช้แอลซีดีโมดูล (LCD MODULE) ในการแสดงผลเราสามารถแบ่งแอลซีดีโมดูลออกเป็นได้ดังนี้

1. แบบตัวอักษร
2. แบบกราฟฟิก
3. แบบตัวเลข

ส่วนประกอบของแอลซีดีแบ่งออกเป็น

1. ผลึกแสดงผล (DOT MATRIX LCD) เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดเปิดตัวเองกับแสง ก็คือส่วนที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก
2. ตัวขับผลึก (DRIVER) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึกแอลซีดีอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คอนโทรลเลอร์ (CONTROLLER) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามาและจัดการควบคุมแอลซีดี ให้ทำงานแสดงผลต่างๆ

สำหรับ โครงการนี้จะใช้แอลซีดีรุ่นBC1602Hซึ่งเป็นจอแสดงผลแบบ16ตัวอักษร2บรรทัด มีคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม

การศึกษาการทำงานและการใช้งานแอลซีดีนั้นขอเพียงแต่เข้าใจการทำงานของส่วนคอนโทรลเลอร์ซึ่งแต่ละบริษัทจะใช้ตัวคอนโทรลเลอร์ที่มีหลักการทำงานงานเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่

การต่อใช้งาน

เป็นไอซี เอสเอสไอ ตัวหนึ่งใช้ควบคุมแอลซีดี โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆ โดยขาต่างๆในการใช้งานแอลซีดี มีดังนี้

1. RS (Registor Selection) จะเป็นขาเลือกเรจิสเตอร์ภายในซึ่งมีอยู่ 2 ตัว คือ Instruction Registor (IR) และ Data registor (DR) โดยถ้าเป็น 1 จะเลือกค่า และถ้าเป็น 0 จะเป็นการเลือกคำสั่ง
2. R/W (Read/Write) เป็นตัวเลือกว่าจะเขียนข้อมูลหรืออ่านข้อมูลจากตัวไอซี โดยอ่านข้อมูล = 1 และเขียนข้อมูล = 0
3. E (Enable Signal) เป็นขากำหนดสภาพการรับเขียนอ่านข้อมูล
4. DB0-DB7 เป็นขารับส่งข้อมูลจากตัวไอซี
5. VDD ไฟเลี้ยงวงจร +/- 5V
6. VSS เป็นขากราวน
7. VO เป็นขาปรับโวลต์เตจในการขับแอลซีดีให้สว่างหรือมืด

การต่อแอลซีดีเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถทำได้ 2 แบบ ได้แก่

1. แบบเมมโมรี่แมป เป็นการต่อแอลซีดีเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะกินเนื้อที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง
2. แบบไอโอพอร์ต แบบนี้จะต่อเข้ากับพอร์ตอินพุทเอาต์พุทของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.12 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงส่งข้อมูล (data) ที่ต้องการแสดงผลเนื่องจากบิตข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้น คือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอคที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้ลอคจิก “0” หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงข้าม หากขา RS ได้รับลอคจิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายใน LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต) ก็ จะปรากฏบนบิตข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอคจิก “1” ให้ขา RS แล้ว ต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบิตจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

## 2.13 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล

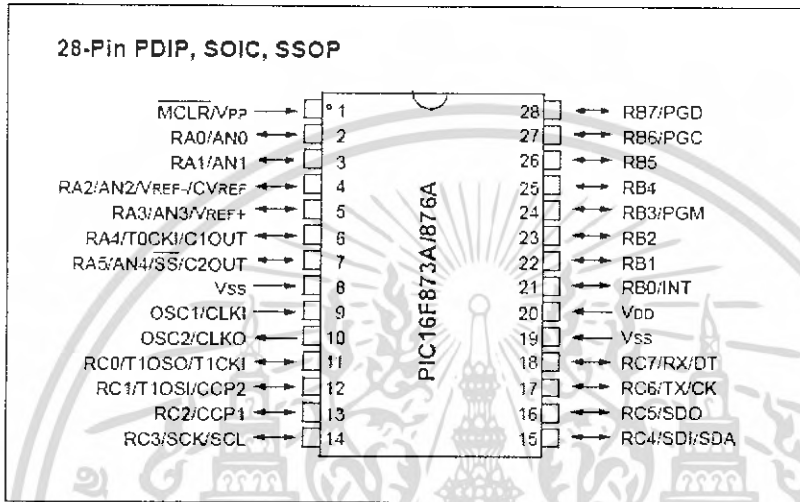
ในการติดต่อกับโมดูล LCD จะต้องมีกำหนดช่วงเวลาหลังจากที่ทำการส่งรหัสคำสั่งหรือข้อมูล เนื่องจากต้องรอให้คอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูล แปลความหมายของรหัสคำสั่งและทำงานตามคำสั่งให้เรียบร้อยก่อน จากนั้นจึงจะรับข้อมูลหรือดำเนินการต่อไป

ดังนั้นในการใช้งานโมดูล LCD ผู้เขียนโปรแกรมต้องมีโปรแกรมเพื่อหน่วงเวลารอให้โมดูล LCD พร้อมทำงานด้วย โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่โมดูล LCD ต้องรอประมาณ 10 มิลลิวินาที เพื่อให้โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมหรืออินิเชียล หลังจากนั้นก็กำหนดลอคจิกให้แก่ขา RS ของโมดูล LCD แล้วต้องหน่วงเวลาอีกประมาณ 2 มิลลิวินาที เพื่อให้คอนโทรลเลอร์ใน LCD โมดูลแปลความหมายของลอคจิกที่ขา RS ว่า ข้อมูลต่อไปที่จะได้รับนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล จากนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลมารอบที่บิตข้อมูล D0-D7 (กรณีทำงานในโหมด 8 บิต) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ขา E เพื่ออินาเบิลโมดูล LCD ให้รับข้อมูลจากบิตข้อมูลเข้าไปโดยพัลส์ที่ป้อนเข้าขา E ของโมดูล LCD ต้องเป็นพัลส์ของขา E จากนั้นทำการหน่วงเวลา 2 มิลลิวินาที

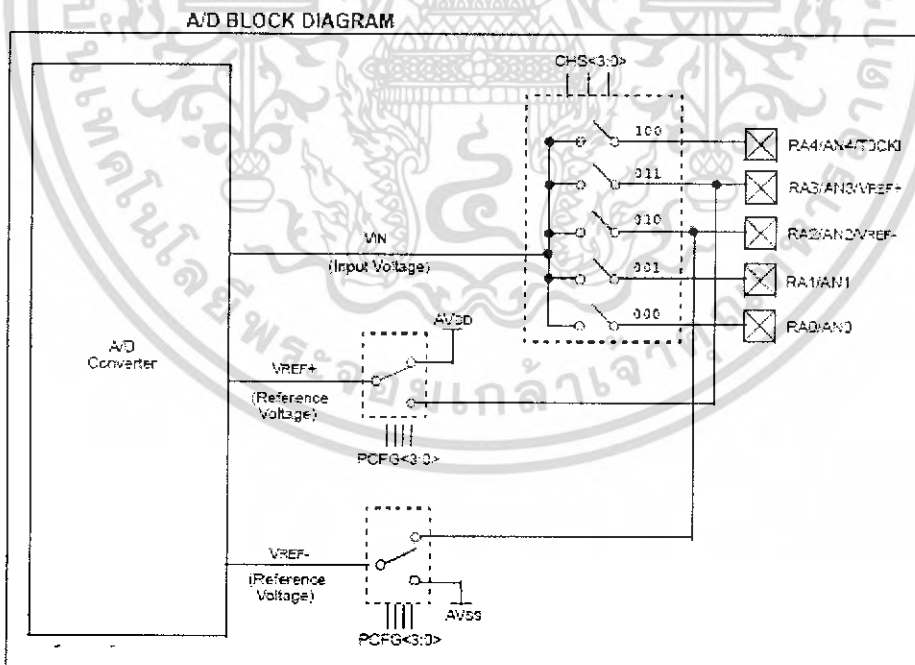
ทั้งหมดที่กล่าวมาคือขั้นตอนและจังหวะในการทำงาน 1 รอบของโมดูล LCD จะเห็นได้ว่า มีโปรแกรมย่อยที่สำคัญอยู่ 3 โปรแกรมย่อย คือ โปรแกรมอินิเชียล LCD ,โปรแกรมหน่วงเวลา และ โปรแกรมย่อยการส่งพัลส์เพื่ออินิเชียลโมดูล LCD

2.14 รายละเอียดของPIC

Pin Diagrams



รูปที่ 2.12 IC PIC16F873A

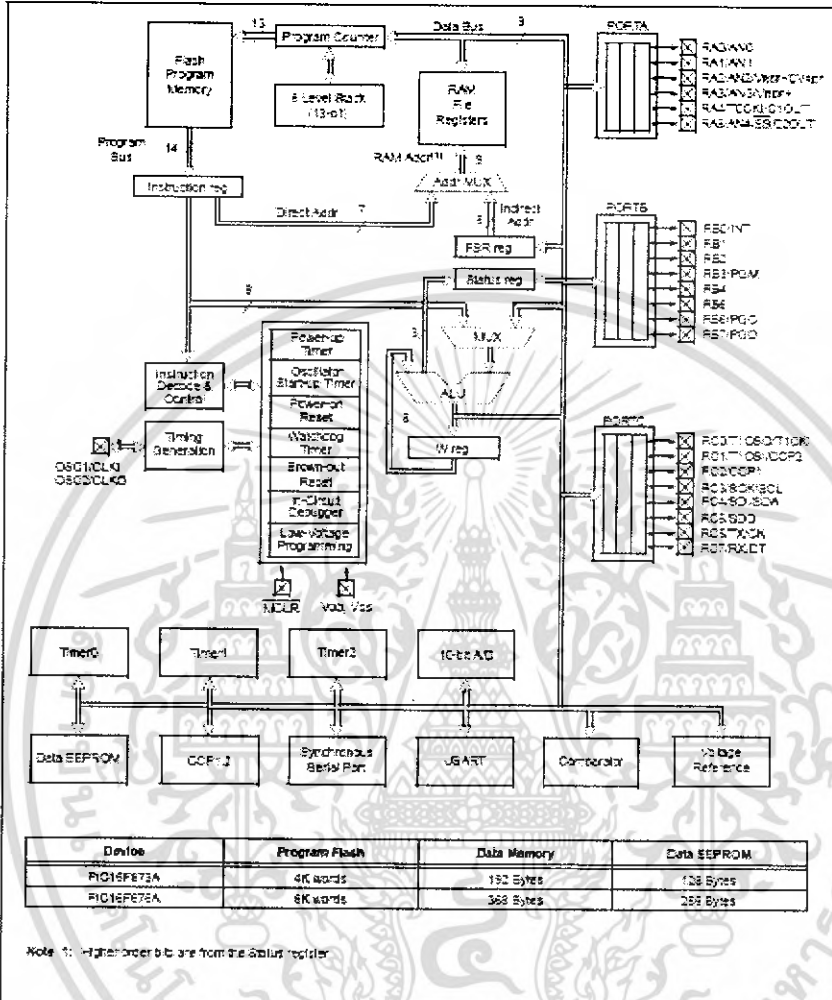


รูปที่ 2.13 การทำงานของADCในPIC16F873A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PIC16F87XA

FIGURE 1-1: PIC16F873A/876A BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 2.14 Block DiagramของPIC16F873A

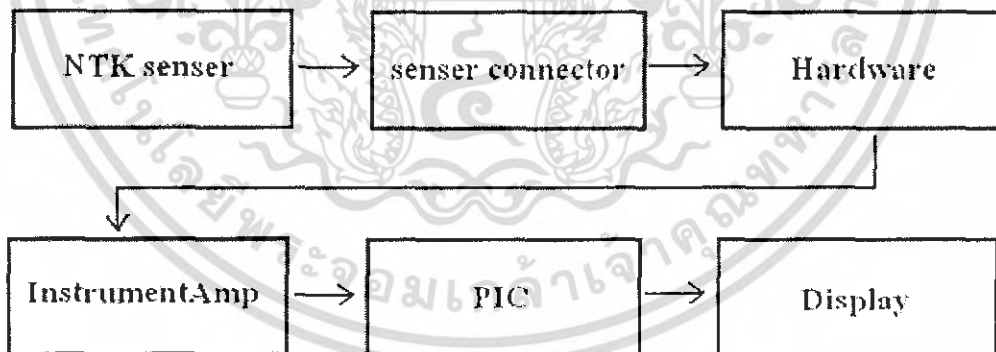
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### วงจรที่ทำการทดลองและการออกแบบวงจร

##### 3.1 วงจรรวมทั้งหมดของโครงการ

เราแสดงรูปวงจรรวมทั้งหมดของโครงการได้โดยแสดงดังรูปที่ 3.01 การทำงานของวงจรจะเริ่มจากออกซิเจนเซ็นเซอร์ซึ่งถูกติดตั้งไว้ภายในทางเดินท่อไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์จะวัดค่าปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นภายหลังการสันดาปของเครื่องยนต์ จากนั้นจะสร้างแรงดันขึ้นมามีค่าตั้งแต่ 0-1 V เปลี่ยนแปลงไปตามอัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณอากาศต่อน้ำมัน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิต ซีทเตอร์ที่อยู่ติดกับตัวเซ็นเซอร์จะทำหน้าที่สร้างความร้อนให้แก่เซ็นเซอร์เพื่อให้ค่าปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่วัดได้มีความถูกต้องแม่นยำที่สุด ส่วนของวงจรถัดมาเป็นวงจรการ Cal R ในกรณีที่ทำการติดตั้งออกซิเจนเซ็นเซอร์แล้วทำให้เราต้องลากสายไฟเป็นระยะทางไกล การ Cal R จะชดเชยค่าของความต้านทานที่เกิดขึ้นภายในสายไฟก่อนที่จะสัญญาณจะถูกส่งเข้าสู่วงจรถัดมาซึ่งเป็นวงจรที่เราสร้างขึ้นเพื่อทำการปรับรูปกราฟที่ได้มาจากออกซิเจนเซ็นเซอร์ให้มีความเป็นเชิงเส้นที่ดีกว่าเดิม สัญญาณที่ได้รับมีการปรับแก้แล้วจะถูกส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 16F873A เพื่อทำการผ่านสัญญาณเข้าสู่ A/D converters ภายในเพื่อแปลงค่าสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ทำการประมวลผลและแสดงค่าข้อมูลบนหน้าจอ LCD ต่อไป ภายในวงจรนี้จะมีวงจรที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิให้กับซีทเตอร์โดยการใช้วงจรการควบคุมแบบ PID Controller อีกด้วย



รูปที่ 3.01 วงจรรวมของโครงการ

### 3.2 พิจารณาจากการทำงานของแต่ละส่วน

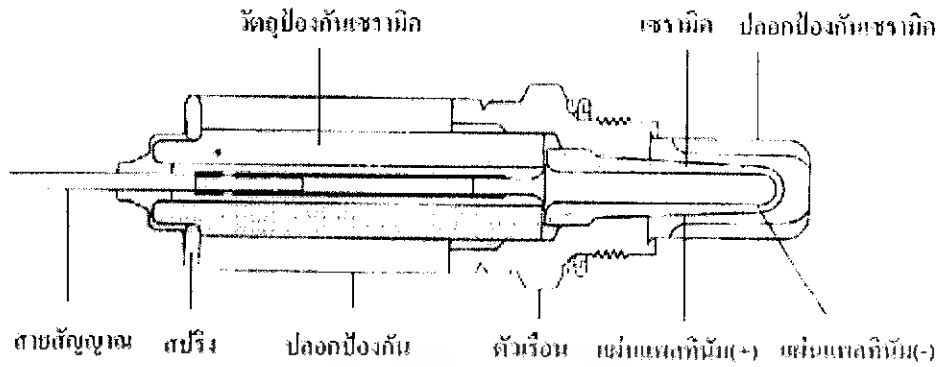
#### 3.2.1 ออกซิเจนเซ็นเซอร์และอีทีเตอร์

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน(Oxygen Sensor)

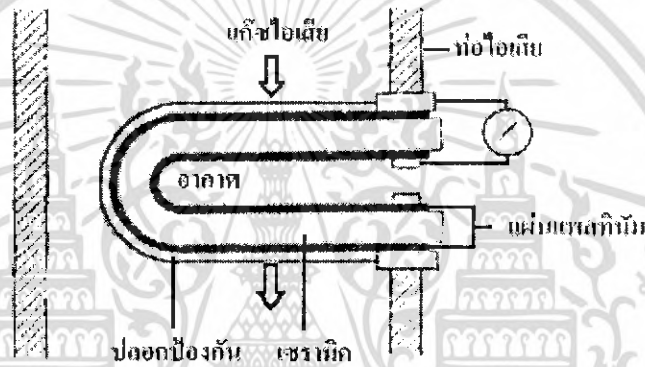
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาณออกซิเจน( $O_2$ ) ในก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ แล้วส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ให้ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้ส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14.7:1)

ขณะเครื่องยนต์ทำงานในสภาวะปกติเครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎีซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์คอมพิวเตอร์จะทำการกำหนดระยะเวลาในการฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆแต่อย่างไรก็ตามส่วนผสมที่ได้จากการควบคุมของคอมพิวเตอร์อาจมีการผิดพลาดเบี่ยงเบนไปจากค่า 14.7:1 ได้เนื่องจากสาเหตุของความบกพร่อง หรือความกลาดเคลื่อนในการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ การเบี่ยงเบนไปของอัตราส่วนผสมนี้สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดปริมาณของออกซิเจนในก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ หากอัตราส่วนผสมที่เข้ากระบอกสูบหนา การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีอากาศน้อย ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในก๊าซไอเสียมีน้อย และในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันที่ป้อนเข้ากระบอกสูบบาง ปริมาณของออกซิเจนในก๊าซไอเสียจะมาก จากปริมาณของออกซิเจนในก๊าซไอเสีย ได้ถูกนำมาใช้ปรับแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้ส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซรามิกชนิดพิเศษที่ทำจากเซอร์โคเนียมไดออกไซด์(Zirconium Dioxide) ฉาบไว้ด้วยแผ่นแพลทินัม (ทองคำขาว) ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนทั้งด้านนอกและด้านในตั้งในรูปด้านล่างนี้ ตัวตรวจจับออกซิเจนจะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในท่อไอเสีย ให้แผ่นแพลทินัม (+) ที่ฉาบอยู่ด้านนอกของเซรามิกได้สัมผัสกับก๊าซไอเสีย ส่วนแผ่นแพลทินัม (-) ทางด้านในของเซรามิกจะต่อกับบรรยากาศภายนอก สำหรับปลอกป้องกันจะเป็นท่อโลหะหุ้มตัวเซรามิก ที่มีช่องให้ก๊าซไอเสียผ่านไปยังแพลทินัมและเซรามิกได้ ปลอกนี้จะทำหน้าที่ป้องกันของแข็งเล็กๆที่ปนอยู่ในก๊าซไอเสียกระทบกับเซรามิก



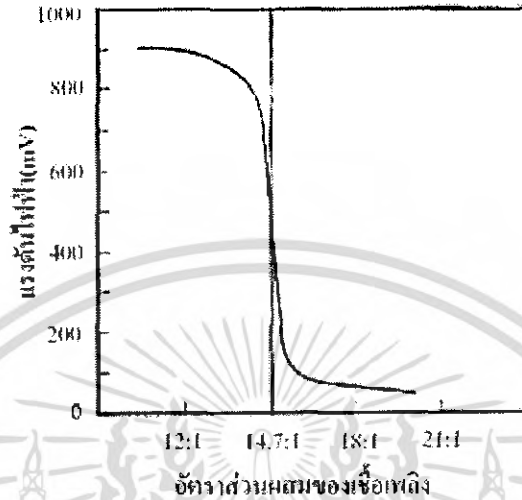
รูปที่ 3.02 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน



รูปที่ 3.03 หลักการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะเปรียบเสมือนแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่มีการจ่ายค่าแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณออกซิเจนที่ได้รับจากก๊าซไอเสียในการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะอาศัยความแตกต่างของจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นแพลทินัมที่ฉาบไว้ทั้งสองด้านของเซรามิกและการเป็นตัวของเซรามิก เมื่อตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนได้รับออกซิเจนจากก๊าซไอเสีย แผ่นแพลทินัมจะมีอิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้น โดยแผ่นแพลทินัมส่วนที่ต่อกับบรรยากาศ ซึ่งได้รับออกซิเจนมากจะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นมากส่วนแผ่นแพลทินัมที่สัมผัสกับก๊าซไอเสียจะได้รับออกซิเจนน้อยกว่า ก็จะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นน้อย สำหรับเซรามิกเมื่อได้รับออกซิเจนและความร้อนจากก๊าซไอเสียจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำทางไฟฟ้า ทำให้เกิดการถ่ายเทของอิเล็กตรอนเกิดขึ้นในแผ่นแพลทินัมทั้งสอง ดังนั้นหากมีการต่อแผ่นแพลทินัมทั้งสองเข้ากับวงจร ก็จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหล โดยจะมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นประมาณ 0.1 - 0.9 v โดยแปรผันตาม

ปริมาณของออกซิเจนในแก๊ซไอเสีย ซึ่งมีผลมาจากอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอสูบ ดังรูป



รูปที่ 3.04 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

จากกราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะเห็นว่าที่อัตราส่วนผสมหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะสูง และจะลดต่ำลง เมื่ออัตราส่วนผสมบางลง จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงตามทฤษฎี โดยคอมพิวเตอร์จะปรับระยะเวลาในการฉีดน้อยลง เมื่อแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 0.45 v และปรับระยะเวลาในการฉีดมากขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า 0.45v

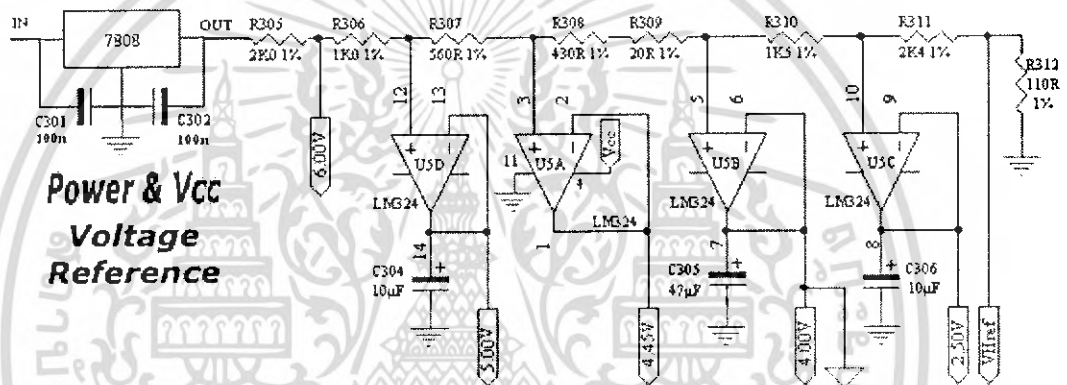
ค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนนี้จะเชื่อถือได้ก็เมื่อมีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 350 ° C เนื่องจากเซรามิกจะมีความต้านทานสูงที่อุณหภูมิค่า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะไม่เที่ยงตรง ดังนั้นในเครื่องยนต์รุ่นใหม่ๆ ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะมีตัวทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (heater) อยู่ภายใน เพื่อทำให้เซรามิกมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สามารถทำงานได้ โดยไม่ต้องรอความร้อนจากแก๊ซไอเสีย ซึ่งบางครั้งใช้เวลาหากอากาศที่บรรจุเข้าเครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ

### 3.2.2 วงจรปรับกราฟที่ได้จากออกซิเจนเซ็นเซอร์

ในวงจร Hardware ส่วนนี้เราทำขึ้นเพื่อใช้ในการปรับกราฟที่ได้มาจาก  $O_2$  sensor ให้มีความเป็น linear มากขึ้น ส่วนประกอบต่างๆภายในวงจรทั้งหมด เราจะแยกออกมาพิจารณาเป็นส่วนย่อยๆดังนี้

#### 3.2.2.1 วงจร Power & Vcc และวงจร Voltage Reference

เราใช้ LM7808 เพื่อสร้างสัญญาณ  $V_{cc} = 8$  Volt และเราใช้ LM324 มาเป็น buffer Voltage Source ทำการ Voltage divider โดยการ ใช้ R305 ไปจนถึง R305 ไปจนถึง R312 ซึ่งเป็นกาสร้างเอาท์พุทที่ถูกbuffer แล้วขึ้นมา 4 ค่า คือ 5.0V, 4.45V, 4V และ 2.5V ทั้งนี้ยังได้ให้ unbuffered Voltage 6V และ 110 mV (heater current limit) ด้วย



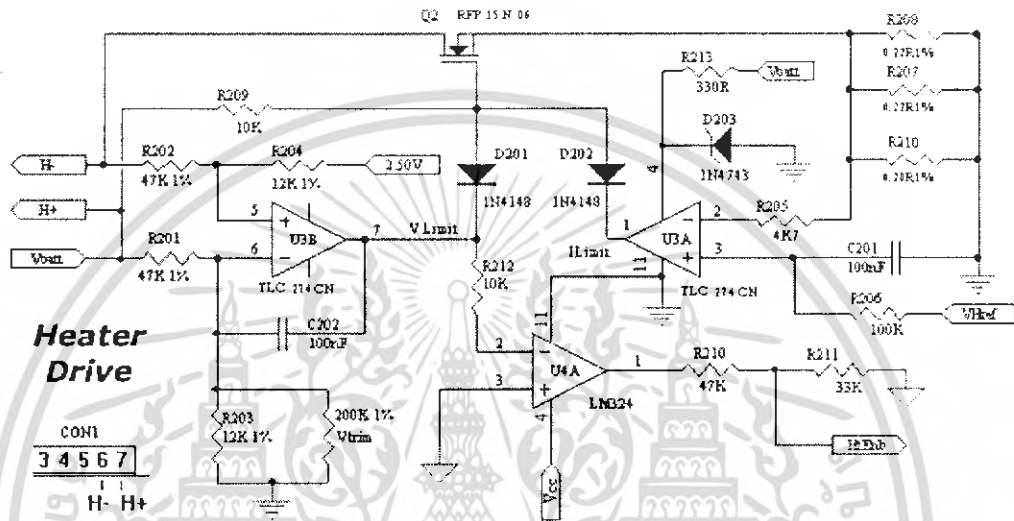
รูปที่ 3.05 วงจร Power & Vcc และวงจร Voltage Reference

#### 3.2.2.2 วงจร Heater Drive & HT Enable

Heater จะถูกdrive โดย RFP15N06 (Q2) N-Channel power MOSFET ในฐานะที่เป็นอุปกรณ์จำพวก Active ซึ่งจะถูก drive โดย TLC274CN (quad CMOS op-amp, U3) กระแส (U3A) และแรงดัน (U3B) จะถูกรวมเข้าในสภาวะ OR gate pull-down โดยการ ใช้ไดโอด D201 และ D202 ค่ากระแสสูงสุดของ Heater ก็คือ 1.5A จะถูก sense ผ่าน R (0.22 Ohm) ที่ขนานกัน 3 ตัว (ความต้านทานรวม 73 milliOhm) และ Voltage คือ 112.5V ขณะที่การจำกัดค่ากระแสจริง จะถูกจำกัดโดยแรงดันที่ตกคร่อม R212 (~110mA) R206 (100k) จะชาร์จ C201 (0.1uF) ให้มีแรงดันไปถึงค่า  $V_{Href}$  และค่า  $I_{lim}$  (ขาที่ 1 ของ U3A) จะลดต่ำลงในทุกๆครั้งที่ถึงจุดของการจำกัดกระแสด้วยค่าแรงดันสูงสุดของ Heater จะถูก sense โดย R201 และ 202 และจะถูกตั้งค่าโดย R203 และ  $V_{lim}$  (220K) ให้มีค่าแรงดันประมาณ 10.3v เมื่อแรงดันเพิ่มถึงจุดสูงสุด วงจรจะทำการปรับลด

$V_{limit}$  (ขา7ของU3B) U4A จะsense ค่าแรงดันออกไปเพื่อเป็นสัญญาณว่าวงจรได้ทำให้ Heater มีอุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดไว้แล้วดังนั้นสัญญาณ  $H_{Enb}$  จะ active

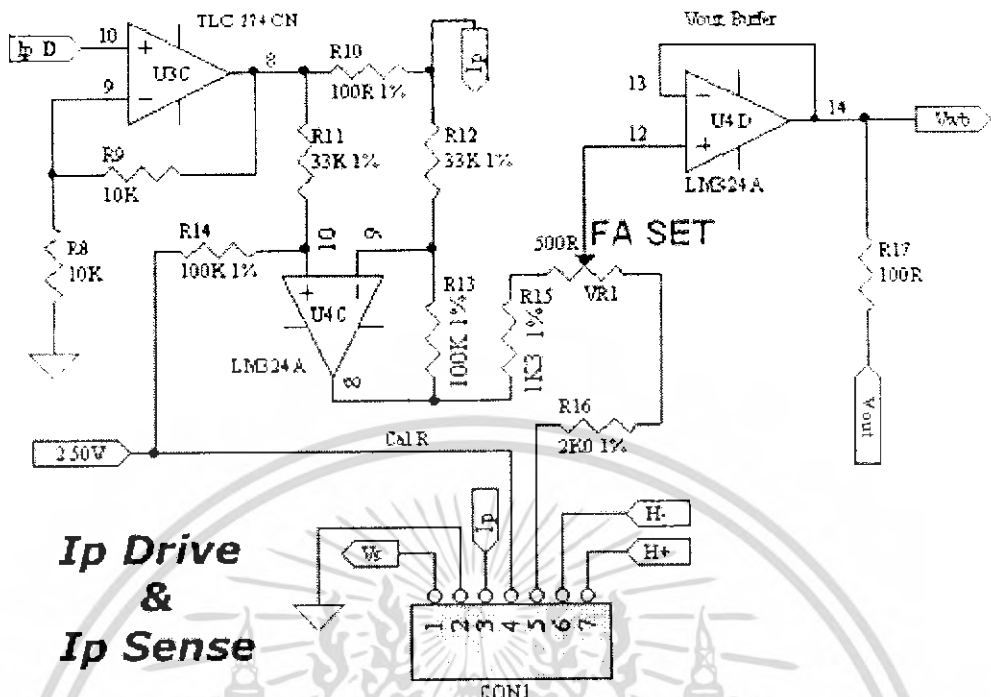
ค่า Maximum working voltage ของ TLC274CN คือ16V ด้วยการใช้ D203 และ R213 จะจำกัดให้ค่าแรงดันประมาณไม่เกิน13V ส่วนC202 มีหน้าที่ช่วยในเรื่องเสถียรภาพของตัวจำกัดกระแส



รูปที่ 3.06 วงจร Heater Drive & HT Enable

### 3.2.2.3 วงจร IpDrive & IpSense

ออกซิเจนเซ็นเซอร์ต้องการค่ากระแสต่างๆ (น้อยกว่า 10 mA) เพื่อที่จะทำให้เกิดการ source/sink ของออกซิเจน U3C เป็นตัวสร้าง IpDrive ส่วนดิฟแอมป์U4C จะเปรียบเทียบกับ 2.5 v สร้างIp ผ่านทางR10 VR1ใช้ในการปรับค่า free-air sensor output หรือในกรณีที่ตัวออกซิเจนเซ็นเซอร์อยู่ในอากาศปกติ ซึ่งที่ตำแหน่งนี้ควรได้ค่าเอาต์พุตใกล้เคียง 4.00 v. ส่วน R17 มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการที่ Vout short ลงกราวด์



**Ip Drive & Ip Sense**

รูปที่ 3.07 วงจร Ip Drive & Ipsense

**3.2.2.4 วงจร Vs/Ip PID Feedback**

วงจรในส่วนนี้เป็นวงจรที่มีความสำคัญต่อสัญญาณต่างๆ ในเซ็นเซอร์อย่างมาก เช่น Vs (Voltage sense) และ Ip (Pump Current) PID (Proportional, Integral & Derivative)

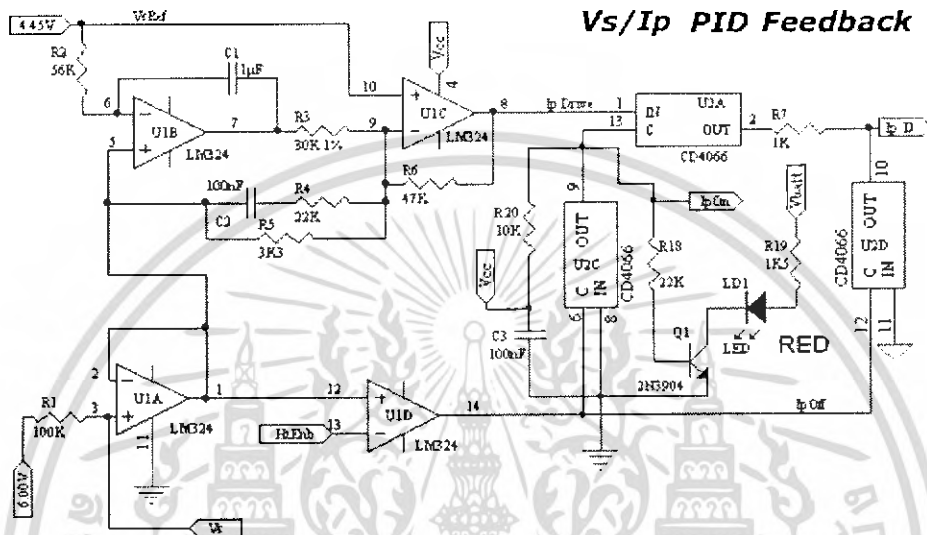
บัฟเฟอร์ U1A ให้อินพุตอิมพีแดนซ์ค่าสูงสำหรับสัญญาณ narrowband Vs และ Vs จะให้ error signal สำหรับ PID Controller ใน PID นั้นเทอม P (Proportional) ควบคุมโดย R5, เทอม D (Derivative) ควบคุมโดย R4, C2 และในส่วนของเทอม I (Integral) จะถูกควบคุมโดย R3, C1, U1B U1C ทำหน้าที่เป็น summing circuit ระหว่าง P+I+D กับ Ip Drive

ในส่วนการทำงานของ CD4066 (U2) 3ใน4 ของทั้งหมดใช้ในการ enable/disable สัญญาณ IpDrive ให้กับวงจรIp Drive โดยQ1จะ turn on, และLEDจะติดไฟเมื่อสัญญาณ Ip ถูก enable

เมื่อเริ่มแรกขณะที่เราต้องการให้อิเทอร์สร้างความร้อน(ขณะwarm up ตัวเซ็นเซอร์) Vs sense cell จะมีค่าอิมพีแดนซ์ภายในที่สูงและ R 100k (R1) จะทำให้เกิดการdrive สำหรับ Vs U1A ซึ่งในกรณีนี้เอาท์พุทของU1A จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับการทำงานในสภาวะปกติ และเมื่ออุณหภูมิ

ของอีทเตอร์เพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่เป็นอุณหภูมิทำงานที่ต้องการ U1Dจะให้Ip off ซึ่งจะdisableสัญญาณ IpDrive ให้ลดลง

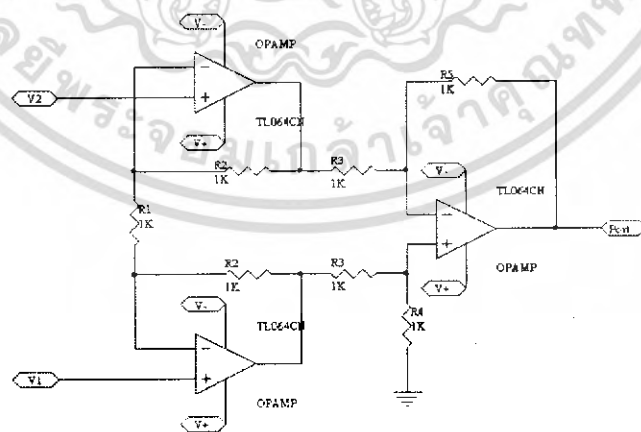
เมื่อค่าอิมพีแดนซ์ภายในของVs cell ต่ำลงจะทำให้โวลท์เอาต์พุตมีผลต่อR1 และเอาต์พุตของU1A จะต่ำลงจากประมาณ 2v เหลือที่ระหว่างค่า 0-1 v ซึ่งจะทำให้ U2A ON และจะทำให้ U2C กับ U2D มีสถานะoff และ IpDrive (เอาต์พุตของ PID ) จะทำหน้าที่ควบคุม Ip



รูปที่ 3.08 วงจร Vs/Ip PID Feedback

### 3.2.3 วงจรอินสตรูเมนต์แอมป์

เราสามารถสร้างวงจรขยายอินสตรูเมนต์แอมป์ได้โดยการนำออปแอมป์ 3 ตัว มาต่อกันดังรูปที่ 3.09



รูปที่ 3.09 วงจร INSTRUMENT AMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการรับแรงดันผลต่างของจุดสองจุด ( $V_1 - V_2$ ) มาทำการขยายแรงดันโดยใช้ OP-AMP ในวงจรนี้จะดีกว่าการใช้วงจร Different Amplifier คือสามารถทำการปรับอัตราขยายได้ง่ายกว่าโดยการปรับค่า  $V_R$  ( $R_1$ ) นี้ ใช้ในการปรับ span ของวงจร Instrument Amplifier แล้วทำการส่งแรงดันผลต่างนี้ไปยังวงจร Different Amplifier ที่มีอัตราขยายเท่ากับ 1 โดยวงจรนี้จะนำแรงดันที่ได้จากการแบ่งแรงดันของ POT ทำให้เกิดแรงดัน  $V_{adj}$  เพื่อนำไปปรับระดับแรงดันด้านต่ำ (zero adjust)

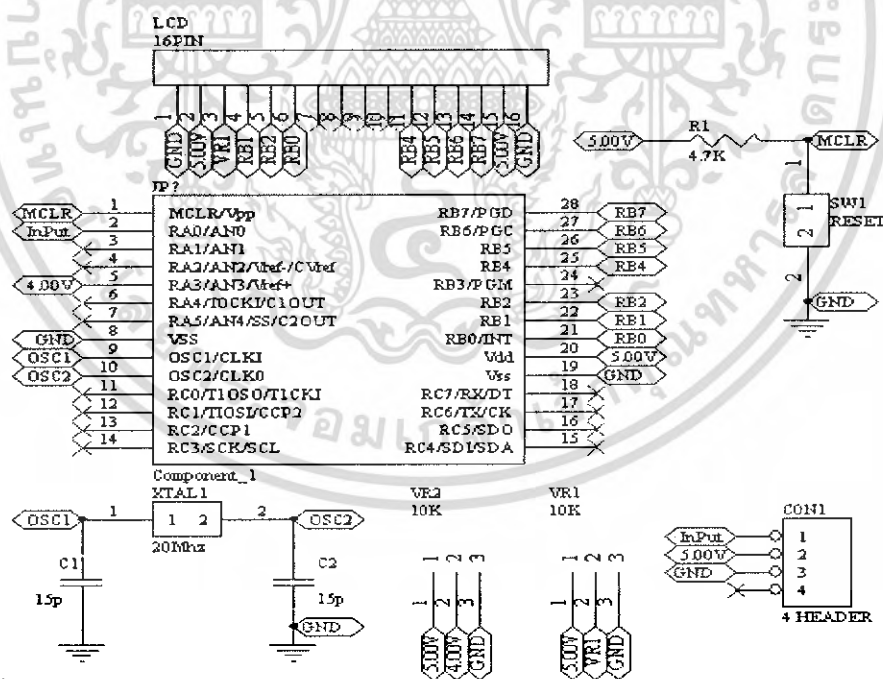
คุณสมบัติโดยย่อของวงจรอินสตรูเมนต์เหล่านี้

1. อัตราขยายแรงดันซึ่งจะถูกนำมาคูณกับค่า  $V_1 - V_2$  เราจะสามารถกำหนดได้โดยปรับค่าความต้านทานเพียงตัวเดียว
2. ความต้านทานทางอินพุตจะมีค่าสูงมาก และไม่เปลี่ยนแปลงตามอัตราขยาย
3.  $V_{out}$  ไม่ขึ้นอยู่กับค่าแรงดันคอมมอนที่มาจากทั้ง  $V_1$  และ  $V_2$  แต่จะเป็นผลที่ขึ้นกับแรงดันแตกต่าง หรือแรงดันดิฟเฟอเรนเชียลเท่านั้น

สมการในการออกแบบนี้คือ

$$Gain = -\frac{R_2}{R_3} \left[ 1 + \frac{2R_2}{R_1} \right]$$

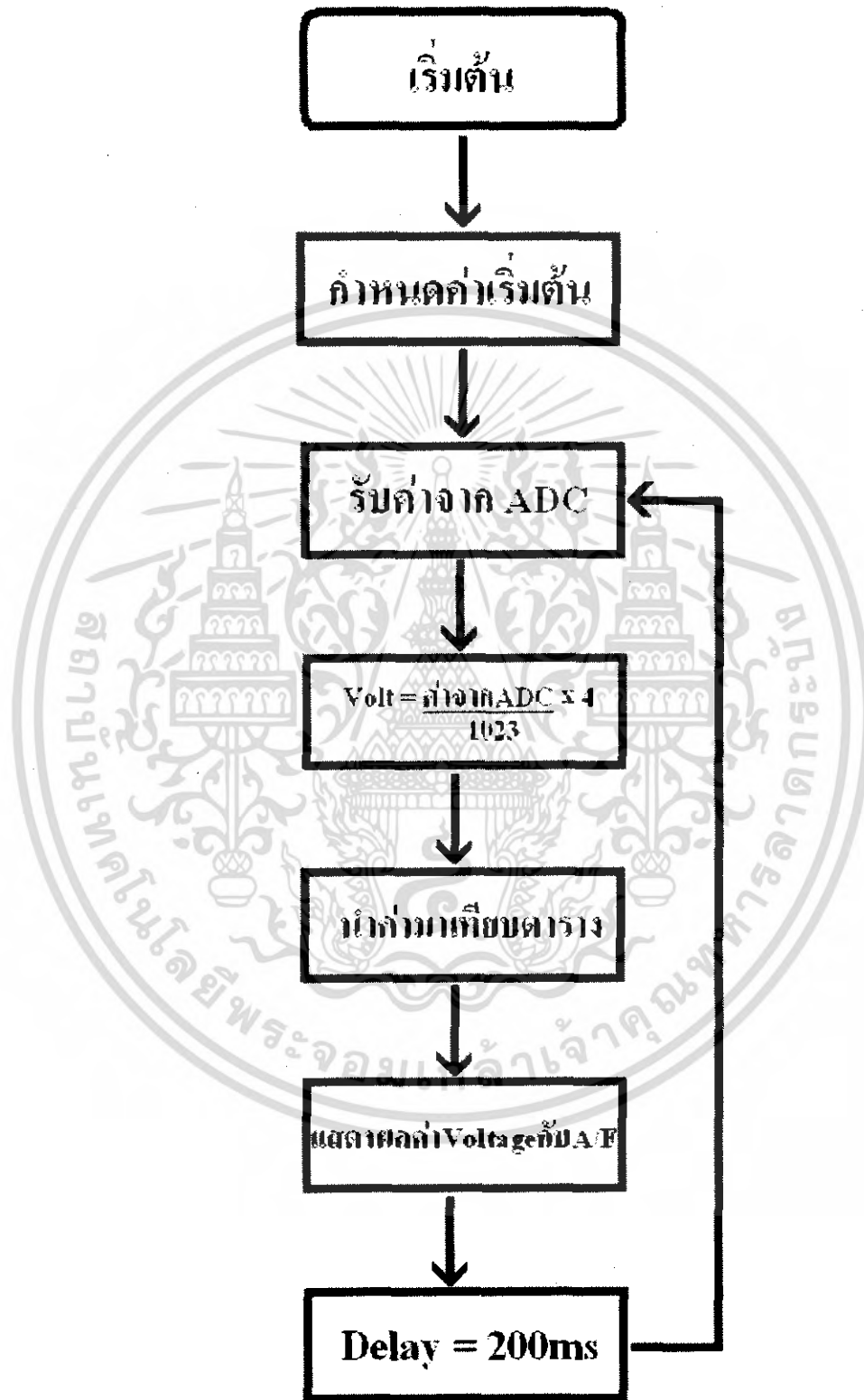
### 3.2.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC พร้อมด้วย จอ LCD 16x2



รูปที่ 3.10 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC พร้อมด้วยจอ LCD 16x2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2.5 Flow Chart การทำงานของโปรแกรม PIC



รูปที่ 3.10 Flow Chart การทำงานของ โปรแกรม PIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

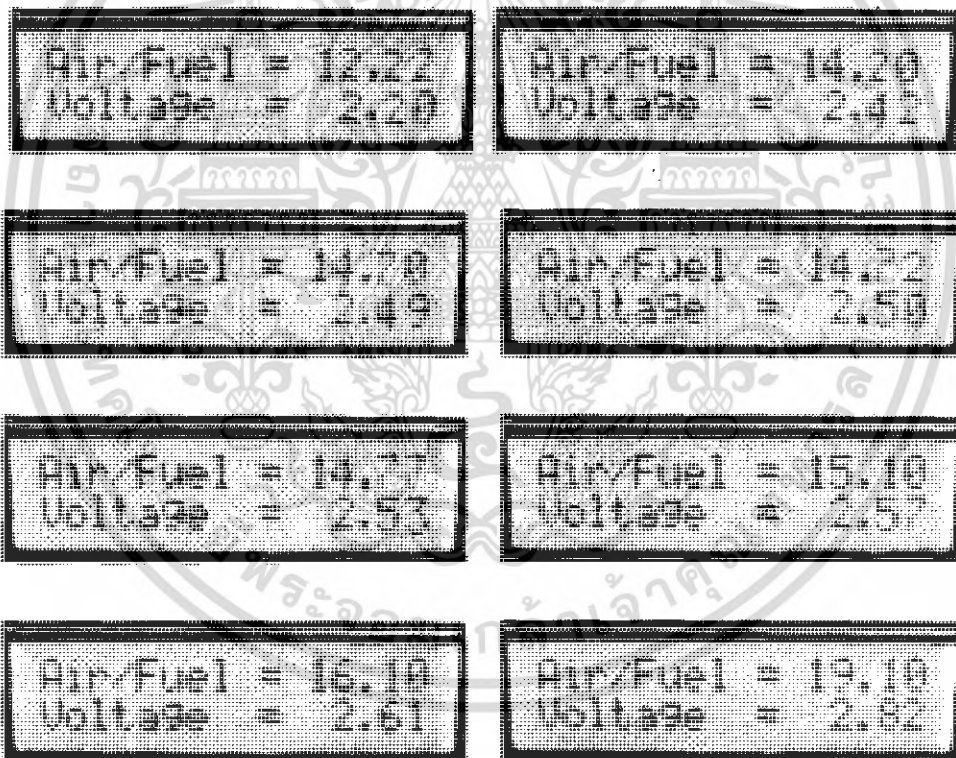
## บทที่ 4

### การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในโครงการนี้แบ่งทำการทดลองของวงจรออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

#### 4.1 การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการจับชีพจรกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (Power Supply)

การทดลองนี้ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงทำหน้าที่เสมือนเป็นอุปกรณ์สร้างแรงดัน 0-1V แทนค่าที่ได้จากออกซิเจนเซ็นเซอร์เริ่มทำการทดลองโดยการปรับค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง โดยทำการปรับค่าตั้งแต่ 0.00V ถึง 1.00V แทนการรับค่าข้อมูลแรงดันจาก Oxygen Sensor ภายในรถยนต์ โดยทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันเพิ่มขึ้นทีละ 50 mV จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลอง

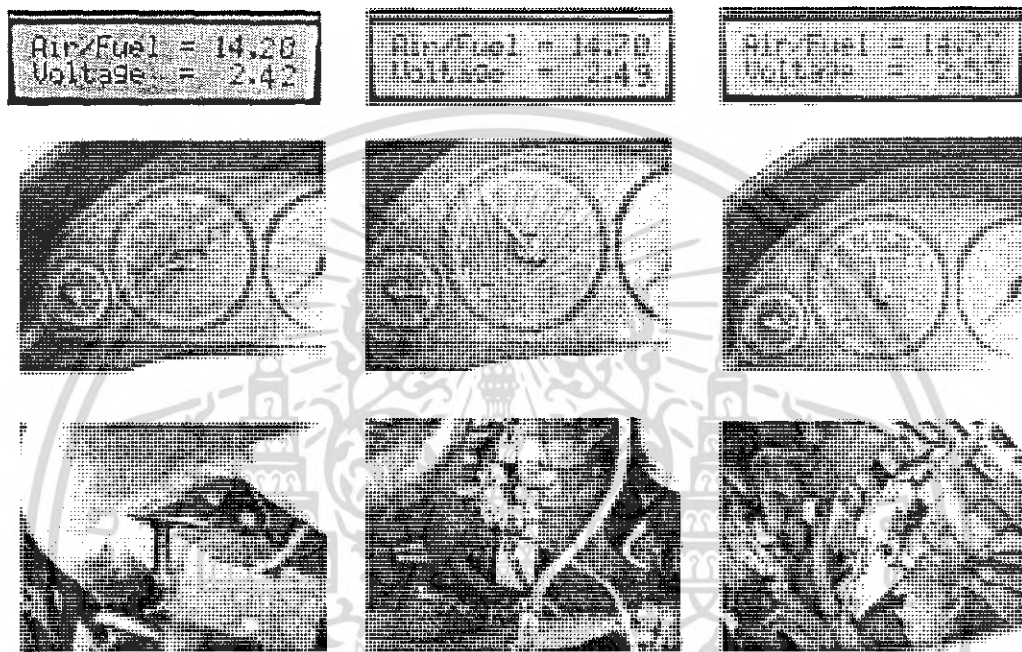


รูปที่ 4.1 การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการจับชีพจรกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (Power Supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2. การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ กับ Oxygen Sensor ภายในรถยนต์

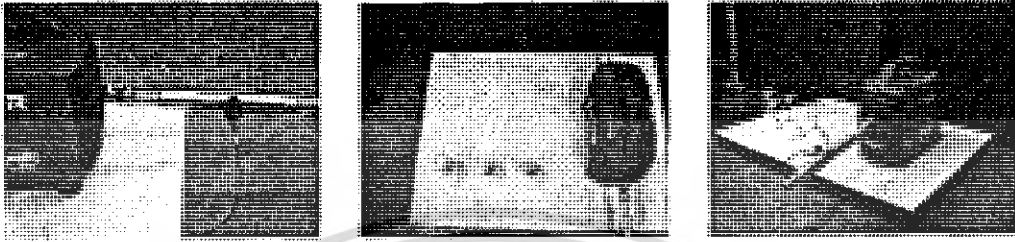
ทำการทดลองโดยนำวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ทำการเชื่อมต่อกับ Oxygen Sensor ภายในรถยนต์แล้วทำการสตาร์ทเครื่องยนต์จากนั้นปรับloadโดยการเหยียบคันเร่งโดยเพิ่มรอบเครื่องยนต์ขึ้นทีละ 500 รอบ/นาทีจากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองที่ได้หลังจากเร่งเป็นเวลา 5 วินาทีและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์



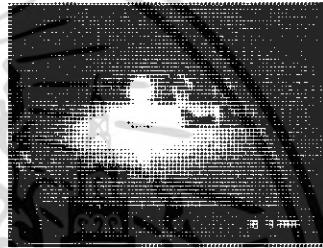
รูปที่ 4.2 การทดลองอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่กับ Oxygen Sensor ภายในรถยนต์

#### 4.3 การทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ กับ บอร์ดทดลอง

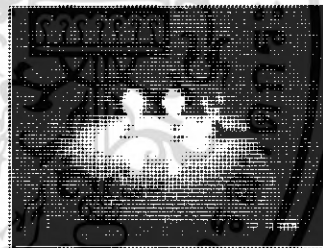
ทำการทดลองโดยนำวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ ทำการเชื่อมต่อกับ Oxygen Sensor ภายในบอร์ดทดลองแล้ว ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์จากนั้นปรับ load (โดยการเปิดสวิตซ์ไฟที่สะดวก) จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองที่ได้ และ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์



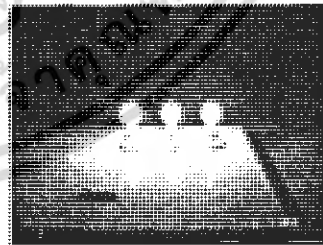
Air/Fuel = 14.59  
Voltage = 2.40



Air/Fuel = 14.18  
Voltage = 2.53



Air/Fuel = 14.19  
Voltage = 2.42



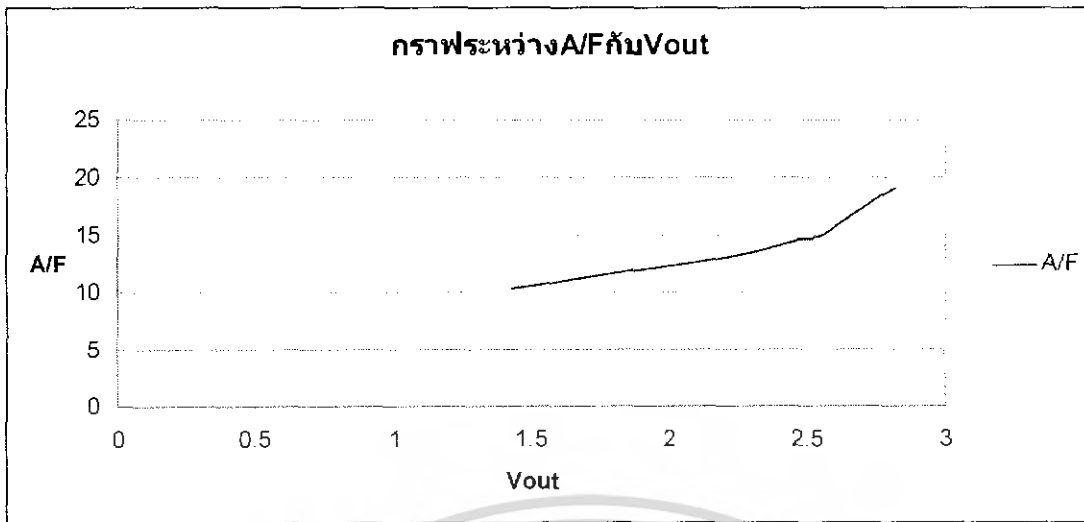
รูปที่ 4.3 การทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่ กับ บอร์ดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vsupply	Voutput	A/F
0.00	2.82	19.10
0.05	2.61	16.00
0.10	2.57	15.10
0.15	2.54	14.78
0.25	2.53	14.77
0.30	2.53	14.77
0.35	2.53	14.77
0.40	2.52	14.76
0.45	2.52	14.74
0.50	2.52	14.74
0.55	2.51	14.73
0.60	2.50	14.72
0.65	2.50	14.72
0.70	2.50	14.72
0.75	2.49	14.70
0.80	2.49	14.70
0.85	2.49	14.70
0.90	2.42	14.20
0.95	2.22	13.20
1.00	1.43	10.30

**ตารางผลการทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับเคลื่อนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



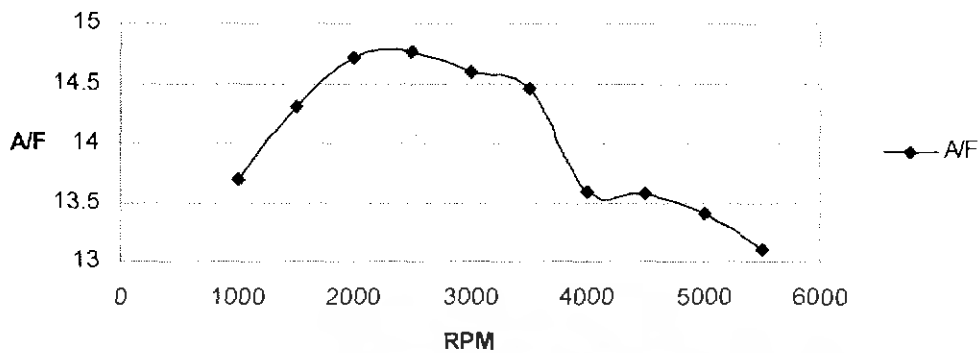
กราฟแสดงผลการทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่กับ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

RPM	A/F
1000	13.69
1500	14.30
2000	14.72
2500	14.77
3000	14.60
3500	14.45
4000	13.60
4500	13.58
5000	13.40
5500	13.10

ตารางผลการทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่กับ Oxygen Sensor ภายในรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟระหว่าง A/F กับ RPM

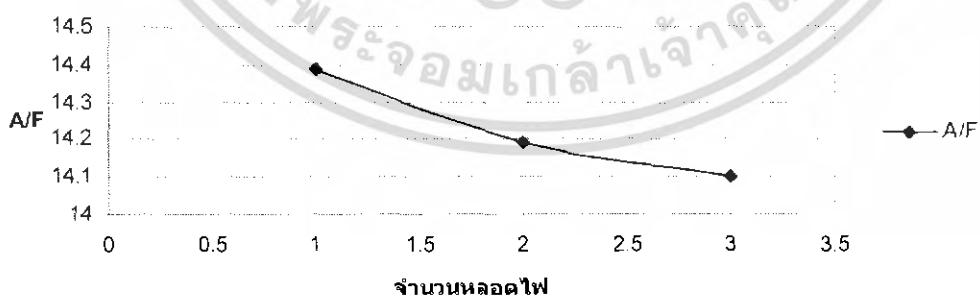


กราฟแสดงผลการทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่กับ Oxygen Sensor ภายในรถยนต์

Load	A/F
เปิดไฟ 1 ดวง	14.39
เปิดไฟ 2 ดวง	14.19
เปิดไฟ 3 ดวง	14.10

ตารางผลการทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่กับบอร์ดทดลอง

กราฟระหว่าง A/F กับจำนวนหลอดไฟ



กราฟแสดงผลการทดลองวงจรอุปกรณ์แสดงผลข้อมูลการขับขี่กับบอร์ดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

สิ่งที่สำคัญที่สุดในโครงการนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือในส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ปรับกราฟที่ได้จากเอาต์พุตจากออกซิเจนเซ็นเซอร์ กับวงจรที่ทำหน้าที่ในการควบคุมฮีตเตอร์ โดยการใช้วงจรควบคุมแบบ Proportional Integral Derivative (PID) ทำหน้าที่ในการควบคุม

ด้วยการนำเอาต์พุตที่ได้จากออกซิเจนเซ็นเซอร์มาผ่านวงจรการปรับกราฟค่าของเอาต์พุตจากออกซิเจนเซ็นเซอร์จะถูกเปลี่ยนให้มีคุณลักษณะที่มีความเป็นเชิงเส้นที่ดีกว่าเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะของเอาต์พุตจากออกซิเจนเซ็นเซอร์เดิม แล้วทำการสร้างฐานข้อมูลขึ้นมา โดยทำการเปรียบเทียบค่าของเอาต์พุตจากวงจรปรับกราฟ กับค่าเอาต์พุตที่ได้จากมาตรฐานของผู้ผลิตออกซิเจนเซ็นเซอร์ เพื่อให้การแสดงผลของค่า Air to Fuel Ratio มีความแม่นยำมากที่สุด ส่วนวงจรการควบคุมความร้อนให้ กับฮีตเตอร์จะใช้วงจรควบคุมแบบ Proportional Integral Derivative (PID) ทำหน้าที่ในการควบคุมแทนวงจรควบคุมความร้อนภายในรถยนต์เดิม ผลที่ได้คือทำให้ความร้อนภายในฮีตเตอร์จะขึ้นถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ได้เร็วขึ้น และสามารถควบคุมได้อย่างคงที่ ซึ่งดีกว่าระบบควบคุมความร้อนภายในรถยนต์เดิมที่ใช้ รีเลย์สวิตซ์ที่ทำหน้าที่ควบคุม

สำหรับผลการทดลองที่เราสามารถสรุปโดยย่อคือทั้งเครื่องยนต์ของรถยนต์และเครื่องปั่นไฟเมื่อทำงานอยู่ในสถานะที่ไม่มีโหลดซึ่งคือรอบเครื่องยนต์ที่ 2500 รอบต่อนาที และเครื่องปั่นไฟไม่ได้ใช้กำลังในการจ่ายไฟให้กับหลอดไฟค่าของ Air to Fuel Ratio จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าในทางทฤษฎีคือประมาณ 14.7:1 แต่เมื่อเพิ่มโหลดให้กับเครื่องยนต์ของรถยนต์ (ทำการเร่งรอบเครื่องยนต์) และเครื่องปั่นไฟ (ทำการเปิดหลอดไฟ) ค่าของ Air to Fuel Ratio จะมีค่าลดลงแสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์มีอัตราการผลิตน้ำมันสูงขึ้นซึ่งทั้งหมดจะเป็นไปตามหลักทฤษฎี

จุดมุ่งหมายของโครงการนี้คือต้องการที่จะสร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแสดงผลของข้อมูลในการขับขี่รถยนต์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ การนำเสนอในโครงการนี้เป็นเพียงต้นแบบของอุปกรณ์ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคต เช่นการเพิ่มความสามารถในการแสดงผลอื่นๆ (เช่น ค่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าระยะทางที่สามารถขับขี่ต่อไปได้โดยคำนวณจากปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ในถังเชื้อเพลิง)

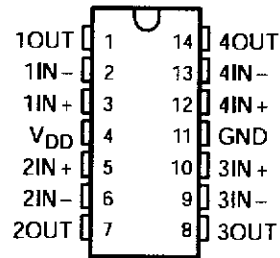
ถ้าผู้ขับขี่ทราบถึงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่ทำให้กำลังงานสูงสุดในสถานะการที่รถยนต์กำลังรับภาระอยู่จะทำให้ผู้ขับขี่สามารถควบคุมคันเร่งที่เท้าของผู้ขับขี่ให้คนนำหนักตามความต้องการของเครื่องยนต์ที่ไม่มากหรือน้อยเกินไปส่งผลการเดินทางหรือการใช้งานรถยนต์เป็นไปด้วยความประหยัดน้ำมันสูงสุด

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

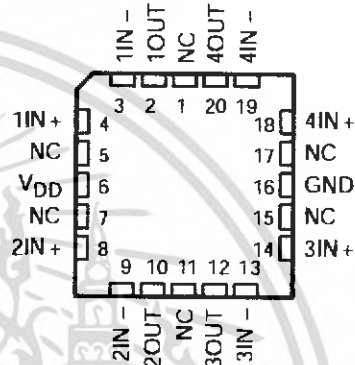
SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

- **Trimmed Offset Voltage:**  
TLC279 . . . 900  $\mu\text{V}$  Max at 25°C,  
 $V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$
- **Input Offset Voltage Drift . . . Typically**  
0.1  $\mu\text{V}/\text{Month}$ , Including the First 30 Days
- **Wide Range of Supply Voltages Over**  
Specified Temperature Range:  
0°C to 70°C . . . 3 V to 16 V  
–40°C to 85°C . . . 4 V to 16 V  
–55°C to 125°C . . . 4 V to 16 V
- **Single-Supply Operation**
- **Common-Mode Input Voltage Range**  
Extends Below the Negative Rail (C-Suffix  
and I-Suffix Versions)
- **Low Noise . . . Typically 25 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$**   
at  $f = 1\text{ kHz}$
- **Output Voltage Range Includes Negative**  
Rail
- **High Input Impedance . . .  $10^{12}\ \Omega$  Typ**
- **ESD-Protection Circuitry**
- **Small-Outline Package Option Also**  
Available in Tape and Reel
- **Designed-In Latch-Up Immunity**

D, J, N, OR PW PACKAGE  
(TOP VIEW)



FK PACKAGE  
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

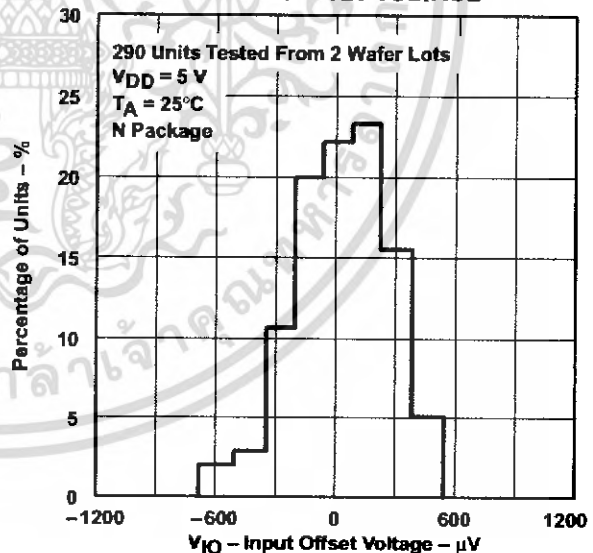
## description

The TLC274 and TLC279 quad operational amplifiers combine a wide range of input offset voltage grades with low offset voltage drift, high input impedance, low noise, and speeds approaching that of general-purpose BiFET devices.

These devices use Texas Instruments silicon-gate LinCMOS™ technology, which provides offset voltage stability far exceeding the stability available with conventional metal-gate processes.

The extremely high input impedance, low bias currents, and high slew rates make these cost-effective devices ideal for applications which have previously been reserved for BiFET and NFET products. Four offset voltage grades are available (C-suffix and I-suffix types), ranging from the low-cost TLC274 (10 mV) to the high-precision TLC279 (900  $\mu\text{V}$ ). These advantages, in combination with good common-mode rejection and supply voltage rejection, make these devices a good choice for new state-of-the-art designs as well as for upgrading existing designs.

DISTRIBUTION OF TLC279  
INPUT OFFSET VOLTAGE



LinCMOS is a trademark of Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C - SEPTEMBER 1987 - REVISED MARCH 1998

## description (continued)

In general, many features associated with bipolar technology are available on LinCMOS™ operational amplifiers, without the power penalties of bipolar technology. General applications such as transducer interfacing, analog calculations, amplifier blocks, active filters, and signal buffering are easily designed with the TLC274 and TLC279. The devices also exhibit low voltage single-supply operation, making them ideally suited for remote and inaccessible battery-powered applications. The common-mode input voltage range includes the negative rail.

A wide range of packaging options is available, including small-outline and chip-carrier versions for high-density system applications.

The device inputs and outputs are designed to withstand –100-mA surge currents without sustaining latch-up.

The TLC274 and TLC279 incorporate internal ESD-protection circuits that prevent functional failures at voltages up to 2000 V as tested under MIL-STD-883C, Method 3015.2; however, care should be exercised in handling these devices as exposure to ESD may result in the degradation of the device parametric performance.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from –40°C to 85°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of –55°C to 125°C.

### AVAILABLE OPTIONS

T <sub>A</sub>	V <sub>IOmax</sub> AT 25°C	PACKAGED DEVICES					CHIP FORM (Y)
		SMALL OUTLINE (D)	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (J)	PLASTIC DIP (N)	TSSOP (PW)	
0°C to 70°C	900 μV	TLC279CD	—	—	TLC279CN	—	—
	2 mV	TLC274BCD	—	—	TLC274BCN	—	—
	5 mV	TLC274ACD	—	—	TLC274ACN	—	—
	10 mV	TLC274CD	—	—	TLC274CN	TLC274CPW	TLC274Y
–40°C to 85°C	900 μV	TLC279ID	—	—	TLC279IN	—	—
	2 mV	TLC274BID	—	—	TLC274BIN	—	—
	5 mV	TLC274AID	—	—	TLC274AIN	—	—
	10 mV	TLC274ID	—	—	TLC274IN	—	—
–55°C to 125°C	900 μV	TLC279MD	TLC279MFK	TLC279MJ	TLC279MN	—	—
	10 mV	TLC274MD	TLC274MFK	TLC274MJ	TLC274MN	—	—

The D package is available taped and reeled. Add R suffix to the device type (e.g., TLC279CDR).



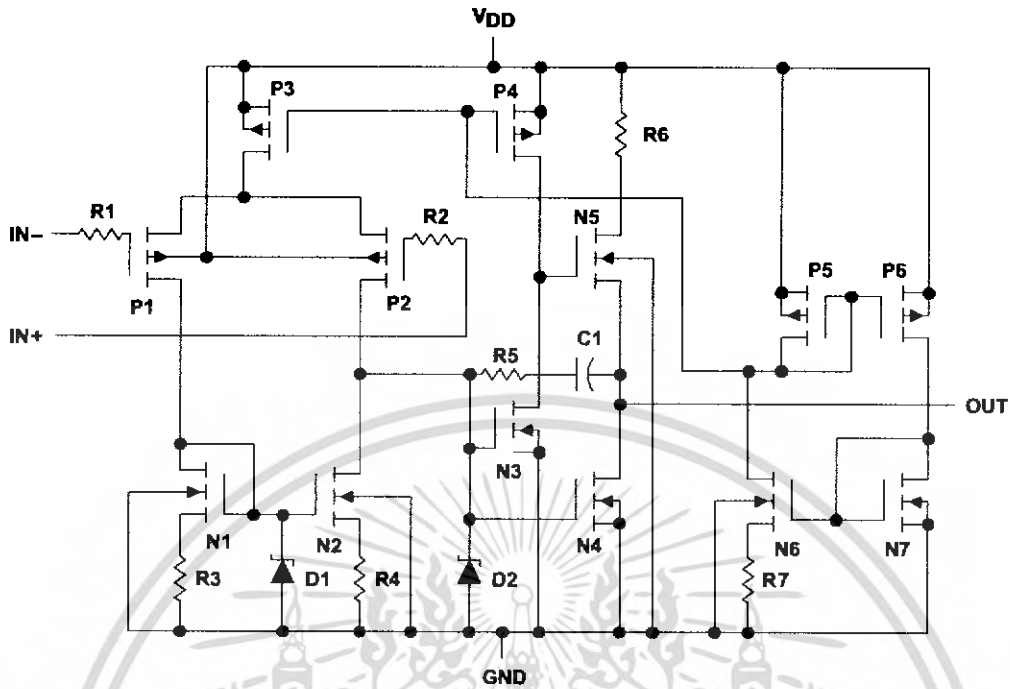
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

equivalent schematic (each amplifier)



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

3

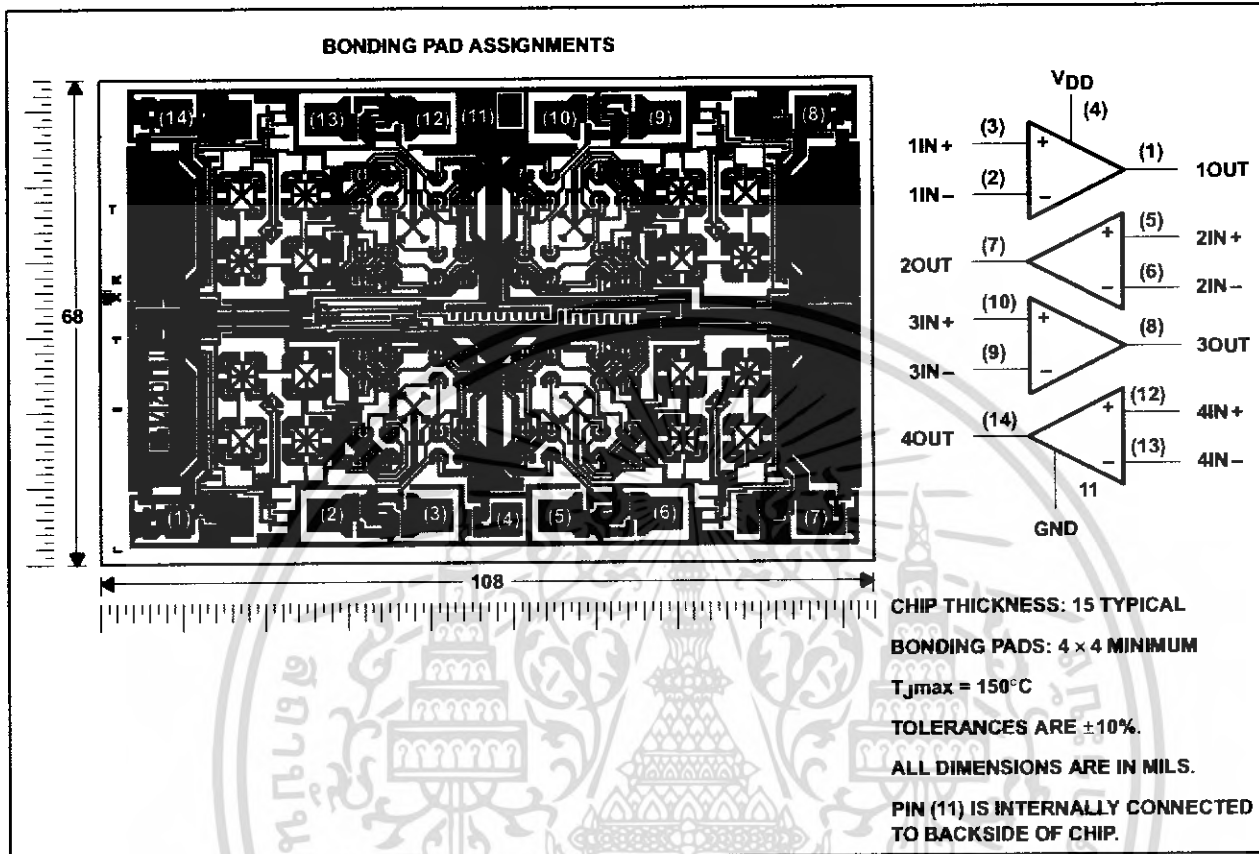
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

## TLC274Y chip information

These chips, when properly assembled, display characteristics similar to the TLC274C. Thermal compression or ultrasonic bonding may be used on the doped-aluminum bonding pads. Chips may be mounted with conductive epoxy or a gold-silicon preform.



 **TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

## absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, $V_{DD}$ (see Note 1)	18 V
Differential input voltage, $V_{ID}$ (see Note 2)	$\pm V_{DD}$
Input voltage range, $V_I$ (any input)	-0.3 V to $V_{DD}$
Input current, $I_I$	$\pm 5$ mA
Output current, $I_O$ (each output)	$\pm 30$ mA
Total current into $V_{DD}$	45 mA
Total current out of GND	45 mA
Duration of short-circuit current at (or below) 25°C (see Note 3)	unlimited
Continuous total dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature, $T_A$ : C suffix	0°C to 70°C
I suffix	-40°C to 85°C
M suffix	-55°C to 125°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Case temperature for 60 seconds: FK package	260°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D, N, or PW package	260°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: J package	300°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to network ground.  
2. Differential voltages are at the noninverting input with respect to the inverting input.  
3. The output may be shorted to either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that the maximum dissipation rating is not exceeded (see application section).

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}$	$T_A = 70^\circ\text{C}$	$T_A = 85^\circ\text{C}$	$T_A = 125^\circ\text{C}$
	POWER RATING		POWER RATING	POWER RATING	POWER RATING
D	950 mW	7.6 mW/°C	608 mW	494 mW	—
FK	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	715 mW	275 mW
J	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	715 mW	275 mW
N	1575 mW	12.6 mW/°C	1008 mW	819 mW	—
PW	700 mW	5.6 mW/°C	448 mW	—	—

## recommended operating conditions

		C SUFFIX		I SUFFIX		M SUFFIX		UNIT
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, $V_{DD}$		3	16	4	16	4	16	V
Common-mode input voltage, $V_{IC}$	$V_{DD} = 5$ V	-0.2	3.5	-0.2	3.5	0	3.5	V
	$V_{DD} = 10$ V	-0.2	8.5	-0.2	8.5	0	8.5	
Operating free-air temperature, $T_A$		0	70	-40	85	-55	125	°C



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C - SEPTEMBER 1987 - REVISED MARCH 1998

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		$T_A$ †	TLC274C, TLC274AC, TLC274BC, TLC279C			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$	Input offset voltage	TLC274C	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$	25°C	1.1	10	mV
					Full range		12	
		TLC274AC	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$	25°C	0.9	5	mV
					Full range		6.5	
		TLC274BC	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$	25°C	340	2000	$\mu\text{V}$
					Full range		3000	
		TLC279C	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$	25°C	320	900	$\mu\text{V}$
					Full range		1500	
$\alpha_{VIO}$	Average temperature coefficient of input offset voltage			25°C to 70°C	1.8		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$	Input offset current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	0.1		pA	
				70°C	7	300		
$I_{IB}$	Input bias current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	0.6		pA	
				70°C	40	600		
$V_{ICR}$	Common-mode input voltage range (see Note 5)			25°C	-0.2 to 4	-0.3 to 4.2	V	
				Full range	-0.2 to 3.5		V	
$V_{OH}$	High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$	$R_L = 10\ \text{k}\Omega$	25°C	3.2	3.8	V	
				0°C	3	3.8		
				70°C	3	3.8		
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$	$I_{OL} = 0$	25°C	0	50	mV	
				0°C	0	50		
				70°C	0	50		
$A_{VD}$	Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 0.25\text{ V to } 2\text{ V}$	$R_L = 10\ \text{k}\Omega$	25°C	5	23	V/mV	
				0°C	4	27		
				70°C	4	20		
$CMRR$	Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$		25°C	65	80	dB	
				0°C	60	84		
				70°C	60	85		
$k_{SVR}$	Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to } 10\text{ V}$	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	65	95	dB	
				0°C	60	94		
				70°C	60	96		
$I_{DD}$	Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , No load	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	2.7	6.4	mA	
				0°C	3.1	7.2		
				70°C	2.3	5.2		

† Full range is 0°C to 70°C.

NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.

5. This range also applies to each input individually.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

**electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 10\text{ V}$  (unless otherwise noted)**

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$ †	TLC274C, TLC274AC, TLC274BC, TLC279C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	TLC274C $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	1.1	10	mV
			Full range		12	
	TLC274AC $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	0.9	5	mV
			Full range		6.5	
	TLC274BC $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	390	2000	$\mu\text{V}$
			Full range		3000	
	TLC279C $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	370	1200	$\mu\text{V}$
			Full range		1900	
$\alpha_{VIO}$ Average temperature coefficient of input offset voltage		25°C to 70°C	2		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$ Input offset current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$ , $V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	0.1		pA	
		70°C	7	300		
$I_{IB}$ Input bias current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$ , $V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	0.7		pA	
		70°C	50	600		
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range (see Note 5)		25°C	-0.2 to 9	-0.3 to 9.2	V	
		Full range	-0.2 to 8.5		V	
$V_{OH}$ High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	8	8.5	V	
		0°C	7.8	8.5		
		70°C	7.8	8.4		
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$ , $I_{OL} = 0$	25°C	0	50	mV	
		0°C	0	50		
		70°C	0	50		
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 1\text{ V to }6\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	10	36	V/mV	
		0°C	7.5	42		
		70°C	7.5	32		
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$	25°C	65	85	dB	
		0°C	60	88		
		70°C	60	88		
$k_{SVR}$ Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to }10\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	65	95	dB	
		0°C	60	94		
		70°C	60	96		
$I_{DD}$ Supply current (four amplifiers)	$V_O = 5\text{ V}$ , No load $V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	3.8	8	mA	
		0°C	4.5	8.8		
		70°C	3.2	6.8		

† Full range is 0°C to 70°C.

NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.  
5. This range also applies to each input individually.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$ †	TLC274I, TLC274AI, TLC274BI, TLC279I			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	TLC274I $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	1.1	10	mV
			Full range		13	
	TLC274AI $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	0.9	5	mV
			Full range		7	
TLC274BI $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	340	2000	$\mu\text{V}$	
		Full range		3500		
TLC279I $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	320	900	$\mu\text{V}$	
		Full range		2000		
$\alpha_{VIO}$ Average temperature coefficient of input offset voltage		25°C to 85°C	1.8		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$ Input offset current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , $V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	0.1		pA	
		85°C	24	1000		
$I_{IB}$ Input bias current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , $V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	0.6		pA	
		85°C	200	2000		
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range (see Note 5)		25°C	-0.2 to 4	-0.3 to 4.2	V	
		Full range	-0.2 to 3.5		V	
$V_{OH}$ High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	3.2	3.8	V	
		-40°C	3	3.8		
		85°C	3	3.8		
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$ , $I_{OL} = 0$	25°C	0	50	mV	
		-40°C	0	50		
		85°C	0	50		
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 0.25\text{ V to } 2\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	5	23	V/mV	
		-40°C	3.5	32		
		85°C	3.5	19		
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$	25°C	65	80	dB	
		-40°C	60	81		
		85°C	60	86		
$k_{SVR}$ Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to } 10\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	65	95	dB	
		-40°C	60	92		
		85°C	60	96		
$I_{DD}$ Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , No load	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	2.7	6.4	mA
			-40°C	3.8	8.8	
			85°C	2.1	4.8	

† Full range is -40°C to 85°C.

NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.  
5. This range also applies to each input individually.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

**electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 10\text{ V}$  (unless otherwise noted)**

PARAMETER		TEST CONDITIONS		$T_A$ †	TLC274I, TLC274AI, TLC274BI, TLC279I			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$	Input offset voltage	TLC274I	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	1.1	10	mV
					Full range		13	
		TLC274AI	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	0.9	5	mV
					Full range		7	
		TLC274BI	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	390	2000	$\mu\text{V}$
					Full range		3500	
		TLC279I	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	370	1200	$\mu\text{V}$
					Full range		2900	
$\alpha_{VIO}$	Average temperature coefficient of input offset voltage			25°C to 85°C	2		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$	Input offset current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$	$V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	0.1		pA	
				85°C	26	1000		
$I_{IB}$	Input bias current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$	$V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	0.7		pA	
				85°C	220	2000		
$V_{ICR}$	Common-mode input voltage range (see Note 5)			25°C	-0.2 to 9	-0.3 to 9.2	V	
				Full range	-0.2 to 8.5		V	
$V_{OH}$	High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	8	8.5	V	
				-40°C	7.8	8.5		
				85°C	7.8	8.5		
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$	$I_{OL} = 0$	25°C	0	50	mV	
				-40°C	0	50		
				85°C	0	50		
$A_{VD}$	Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 1\text{ V to }6\text{ V}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	10	36	V/mV	
				-40°C	7	47		
				85°C	7	31		
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$		25°C	65	85	dB	
				-40°C	60	87		
				85°C	60	88		
$k_{SVR}$	Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to }10\text{ V}$	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	65	95	dB	
				-40°C	60	92		
				85°C	60	96		
$I_{DD}$	Supply current (four amplifiers)	$V_O = 5\text{ V}$ , No load	$V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	3.8	8	mA	
				-40°C	5.5	10		
				85°C	2.9	6.4		

† Full range is -40°C to 85°C.

- NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.  
5. This range also applies to each input individually.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279

## LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C - SEPTEMBER 1987 - REVISED MARCH 1998

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		$T_A$ †	TLC274M, TLC279M			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$	Input offset voltage	TLC274M	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	1.1	10	mV
					Full range		12	
		TLC279M	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	320	900	$\mu\text{V}$
					Full range		3750	
$\alpha_{VIO}$	Average temperature coefficient of input offset voltage			25°C to 125°C	2.1		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$	Input offset current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	0.1		pA	
				125°C	1.4	15	nA	
$I_{IB}$	Input bias current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	0.6		pA	
				125°C	9	35	nA	
$V_{ICR}$	Common-mode input voltage range (see Note 5)			25°C	0 to 4	-0.3 to 4.2	V	
				Full range	0 to 3.5		V	
$V_{OH}$	High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	3.2	3.8	V	
				-55°C	3	3.8		
				125°C	3	3.8		
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$	$I_{OL} = 0$	25°C	0	50	mV	
				-55°C	0	50		
				125°C	0	50		
$AVD$	Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 0.25\text{ V to } 2\text{ V}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	5	23	V/mV	
				-55°C	3.5	35		
				125°C	3.5	16		
$CMRR$	Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$		25°C	65	80	dB	
				-55°C	60	81		
				125°C	60	84		
$k_{SVR}$	Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to } 10\text{ V}$	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	65	95	dB	
				-55°C	60	90		
				125°C	60	97		
$I_{DD}$	Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , No load	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$	25°C	2.7	6.4	mA	
				-55°C	4	10		
				125°C	1.9	4.4		

† Full range is -55°C to 125°C.

- NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.  
5. This range also applies to each input individually.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

**electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 10\text{ V}$  (unless) otherwise noted)**

PARAMETER		TEST CONDITIONS		$T_A$ †	TLC274M, TLC279M			UNIT
					MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$	Input offset voltage	TLC274M	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	1.1	10	mV
					Full range		12	
		TLC279M	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	$V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	370	1200	$\mu\text{V}$
					Full range		4300	
$\alpha_{VIO}$	Average temperature coefficient of input offset voltage			25°C to 125°C	2.2		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$	Input offset current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$	$V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	0.1		pA	
				125°C	1.8	15	nA	
$I_{IB}$	Input bias current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$	$V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	0.7		pA	
				125°C	10	35	nA	
$V_{ICR}$	Common-mode input voltage range (see Note 5)			25°C	0 to 9	-0.3 to 9.2	V	
				Full range	0 to 8.5		V	
$V_{OH}$	High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	8	8.5	V	
				-55°C	7.8	8.5		
				125°C	7.8	8.4		
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$	$I_{OL} = 0$	25°C	0	50	mV	
				-55°C	0	50		
				125°C	0	50		
$A_{VD}$	Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 1\text{ V to }6\text{ V}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	10	36	V/mV	
				-55°C	7	50		
				125°C	7	27		
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$		25°C	65	85	dB	
				-55°C	60	87		
				125°C	60	86		
$k_{SVR}$	Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to }10\text{ V}$	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	65	95	dB	
				-55°C	60	90		
				125°C	60	97		
$I_{DD}$	Supply current (four amplifiers)	$V_O = 5\text{ V}$ , No load	$V_{IC} = 5\text{ V}$	25°C	3.8	8	mA	
				-55°C	6.0	12		
				125°C	2.5	5.6		

† Full range is -55°C to 125°C.

- NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.  
5. This range also applies to each input individually.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279

## LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C - SEPTEMBER 1987 - REVISED MARCH 1998

operating characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 5\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$	TLC274C, TLC274AC, TLC274BC, TLC279C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\ \Omega$ , $C_L = 20\ \text{pF}$ , See Figure 1	$V_{Ipp} = 1\ \text{V}$	25°C	3.6		V/ $\mu\text{s}$
			0°C	4		
			70°C	3		
		$V_{Ipp} = 2.5\ \text{V}$	25°C	2.9		
			0°C	3.1		
			70°C	2.5		
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\ \text{kHz}$ , See Figure 2	$R_S = 20\ \Omega$ , 25°C	25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	
BOM Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$ , See Figure 1	25°C	320		kHz	
		0°C	340			
		70°C	260			
B <sub>1</sub> Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\ \text{mV}$ , See Figure 3	$C_L = 20\ \text{pF}$ , 25°C	1.7		MHz	
		0°C	2			
		70°C	1.3			
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\ \text{mV}$ , $C_L = 20\ \text{pF}$ , $f = B_1$	25°C	46°			
		0°C	47°			
		70°C	44°			

operating characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 10\ \text{V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$	TLC274C, TLC274AC, TLC274BC, TLC279C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\ \Omega$ , $C_L = 20\ \text{pF}$ , See Figure 1	$V_{Ipp} = 1\ \text{V}$	25°C	5.3		V/ $\mu\text{s}$
			0°C	5.9		
			70°C	4.3		
		$V_{Ipp} = 5.5\ \text{V}$	25°C	4.6		
			0°C	5.1		
			70°C	3.8		
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\ \text{kHz}$ , See Figure 2	$R_S = 20\ \Omega$ , 25°C	25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	
BOM Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$ , See Figure 1	25°C	200		kHz	
		0°C	220			
		70°C	140			
B <sub>1</sub> Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\ \text{mV}$ , See Figure 3	$C_L = 20\ \text{pF}$ , 25°C	2.2		MHz	
		0°C	2.5			
		70°C	1.8			
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\ \text{mV}$ , $C_L = 20\ \text{pF}$ , $f = B_1$ , See Figure 3	25°C	49°			
		0°C	50°			
		70°C	46°			



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

## operating characteristics at specified free-air temperature, $V_{DD} = 5\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$	TLC274I, TLC274AI, TLC274BI, TLC279I			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ $C_L = 20\text{ pF}$ See Figure 1	$V_{Ipp} = 1\text{ V}$	25°C	3.6		V/ $\mu$ s
			-40°C	4.5		
			85°C	2.8		
		$V_{Ipp} = 2.5\text{ V}$	25°C	2.9		
			-40°C	3.5		
			85°C	2.3		
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\text{ kHz}$ , See Figure 2	$R_S = 20\ \Omega$	25°C	25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
$B_{OM}$ Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	25°C	320		kHz
			-40°C	380		
			85°C	250		
$B_1$ Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\text{ mV}$ , See Figure 3	$C_L = 20\text{ pF}$	25°C	1.7		MHz
			-40°C	2.6		
			85°C	1.2		
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\text{ mV}$ , $C_L = 20\text{ pF}$	$f = B_1$ , See Figure 3	25°C	46°		
			-40°C	49°		
			85°C	43°		

## operating characteristics at specified free-air temperature, $V_{DD} = 10\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$	TLC274I, TLC274AI, TLC274BI, TLC279I			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\ \Omega$ $C_L = 20\text{ pF}$ See Figure 1	$V_{Ipp} = 1\text{ V}$	25°C	5.3		V/ $\mu$ s
			-40°C	6.7		
			85°C	4		
		$V_{Ipp} = 5.5\text{ V}$	25°C	4.6		
			-40°C	5.8		
			85°C	3.5		
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\text{ kHz}$ , See Figure 2	$R_S = 20\ \Omega$	25°C	25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
$B_{OM}$ Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	25°C	200		kHz
			-40°C	260		
			85°C	130		
$B_1$ Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\text{ mV}$ , See Figure 3	$C_L = 20\text{ pF}$	25°C	2.2		MHz
			-40°C	3.1		
			85°C	1.7		
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\text{ mV}$ , $C_L = 20\text{ pF}$	$f = B_1$ , See Figure 3	25°C	49°		
			-40°C	52°		
			85°C	46°		



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279

## LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

### operating characteristics at specified free-air temperature, $V_{DD} = 5\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$	TLC274M, TLC279M			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	$V_{Ipp} = 1\text{ V}$	25°C	3.6		V/ $\mu$ s
			-55°C	4.7		
			125°C	2.3		
		$V_{Ipp} = 2.5\text{ V}$	25°C	2.9		
			-55°C	3.7		
			125°C	2		
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\text{ kHz}$ , See Figure 2	$R_S = 20\ \Omega$	25°C	25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
$B_{OM}$ Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	25°C	320		kHz
			-55°C	400		
			125°C	230		
$B_1$ Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\text{ mV}$ , See Figure 3	$C_L = 20\text{ pF}$	25°C	1.7		MHz
			-55°C	2.9		
			125°C	1.1		
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\text{ mV}$ , $C_L = 20\text{ pF}$	$f = B_1$ , See Figure 3	25°C	46°		
			-55°C	49°		
			125°C	41°		

### operating characteristics at specified free-air temperature, $V_{DD} = 10\text{ V}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A$	TLC274M, TLC279M			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\ \Omega$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	$V_{Ipp} = 1\text{ V}$	25°C	5.3		V/ $\mu$ s
			-55°C	7.1		
			125°C	3.1		
		$V_{Ipp} = 5.5\text{ V}$	25°C	4.6		
			-55°C	6.1		
			125°C	2.7		
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\text{ kHz}$ , See Figure 2	$R_S = 20\ \Omega$	25°C	25		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
$B_{OM}$ Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	25°C	200		kHz
			-55°C	280		
			125°C	110		
$B_1$ Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\text{ mV}$ , See Figure 3	$C_L = 20\text{ pF}$	25°C	2.2		MHz
			-55°C	3.4		
			125°C	1.6		
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\text{ mV}$ , $C_L = 20\text{ pF}$	$f = B_1$ , See Figure 3	25°C	49°		
			-55°C	52°		
			125°C	44°		



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

## electrical characteristics, $V_{DD} = 5\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TLC274Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$ , $V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		1.1	10	mV
$I_{IO}$ Input offset current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , $V_{IC} = 2.5\text{ V}$		0.1		pA
$I_{IB}$ Input bias current (see Note 4)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , $V_{IC} = 2.5\text{ V}$		0.6		pA
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range (see Note 5)		-0.2 to 4	-0.3 to 4.2		V
$V_{OH}$ High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		3.2	3.8	V
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$ , $I_{OL} = 0$		0	50	mV
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 0.25\text{ V to } 2\text{ V}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		5	23	V/mV
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$		65	80	dB
$k_{SVR}$ Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to } 10\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$		65	95	dB
$I_{DD}$ Supply current (four amplifiers)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , No load $V_{IC} = 2.5\text{ V}$		2.7	6.4	mA

## electrical characteristics, $V_{DD} = 10\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TLC274Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$ , $V_{IC} = 0$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		1.1	10	mV
$I_{IO}$ Input offset current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$ , $V_{IC} = 5\text{ V}$		0.1		pA
$I_{IB}$ Input bias current (see Note 4)	$V_O = 5\text{ V}$ , $V_{IC} = 5\text{ V}$		0.7		pA
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range (see Note 5)		-0.2 to 9	-0.3 to 9.2		V
$V_{OH}$ High-level output voltage	$V_{ID} = 100\text{ mV}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		8	8.5	V
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$V_{ID} = -100\text{ mV}$ , $I_{OL} = 0$		0	50	mV
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_O = 1\text{ V to } 6\text{ V}$ , $R_L = 10\ \text{k}\Omega$		10	36	V/mV
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$		65	85	dB
$k_{SVR}$ Supply-voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD}/\Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 5\text{ V to } 10\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$		65	95	dB
$I_{DD}$ Supply current (four amplifiers)	$V_O = 5\text{ V}$ , No load $V_{IC} = 5\text{ V}$		3.8	8	mA

- NOTES: 4. The typical values of input bias current and input offset current below 5 pA were determined mathematically.  
5. This range also applies to each input individually.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC274, TLC274A, TLC274B, TLC274Y, TLC279 LinCMOS™ PRECISION QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

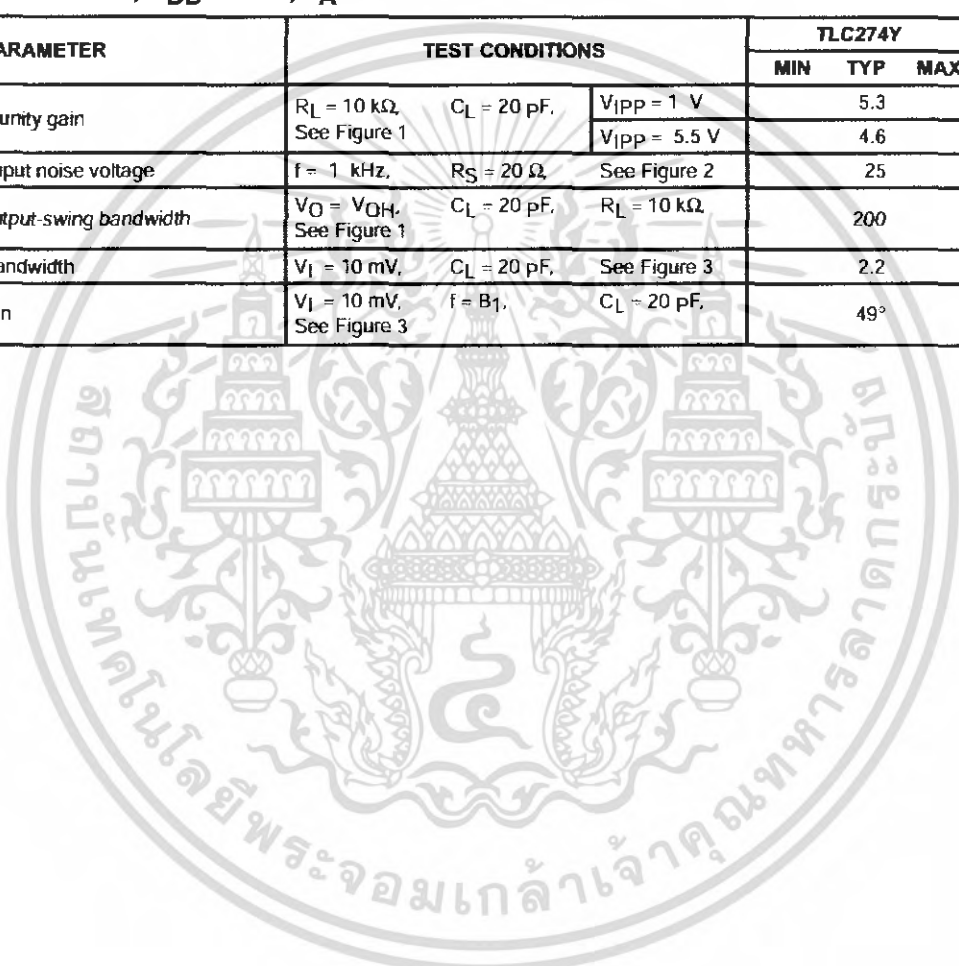
SLOS092C – SEPTEMBER 1987 – REVISED MARCH 1998

## operating characteristics, $V_{DD} = 5\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TLC274Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	$V_{IPP} = 1\text{ V}$			3.6
		$V_{IPP} = 2.5\text{ V}$			2.9
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\text{ kHz}$ , $R_S = 20\ \Omega$ , See Figure 2				25
$B_{OM}$ Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	$R_L = 10\text{ k}\Omega$			320
$B_1$ Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\text{ mV}$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 3				1.7
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\text{ mV}$ , $f = B_1$ , See Figure 3	$C_L = 20\text{ pF}$			$46^\circ$

## operating characteristics, $V_{DD} = 10\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TLC274Y			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
SR Slew rate at unity gain	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	$V_{IPP} = 1\text{ V}$			5.3
		$V_{IPP} = 5.5\text{ V}$			4.6
$V_n$ Equivalent input noise voltage	$f = 1\text{ kHz}$ , $R_S = 20\ \Omega$ , See Figure 2				25
$B_{OM}$ Maximum output-swing bandwidth	$V_O = V_{OH}$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 1	$R_L = 10\text{ k}\Omega$			200
$B_1$ Unity-gain bandwidth	$V_I = 10\text{ mV}$ , $C_L = 20\text{ pF}$ , See Figure 3				2.2
$\phi_m$ Phase margin	$V_I = 10\text{ mV}$ , $f = B_1$ , See Figure 3	$C_L = 20\text{ pF}$			$49^\circ$



### Features

- For Transmission or Multiplexing of Analog or Digital Signals
- High Voltage Types (20V Rating)
- 15V Digital or  $\pm 7.5V$  Peak-to-Peak Switching
- 125 $\Omega$  Typical On-State Resistance for 15V Operation
- Switch On-State Resistance Matched to Within 5 $\Omega$  Over 15V Signal Input Range
- On-State Resistance Flat Over Full Peak-to-Peak Signal Range
- High On/Off Output Voltage Ratio
  - 80dB Typ. at FIS = 10kHz, RL = 1k $\Omega$
- High Degree of Linearity: <0.5% Distortion Typ. at FIS = 1kHz, VIS = 5Vp-p, VDD - VSS  $\geq$  10V, RL = 10k $\Omega$
- Extremely Low Off-State Switch Leakage Resulting in Very Low Offset Current and High Effective Off-State Resistance: 10pA Typ. at VDD - VSS = 10V, TA = +25 $^{\circ}C$
- Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit): 10<sup>12</sup> $\Omega$  Typ.
- Low Crosstalk Between Switches: -50dB Typ. at FIS = 8MHz, RL = 1k $\Omega$
- Matched Control Input to Signal Output Capacitance: Reduces Output Signal Transients
- Frequency Response, Switch on = 40MHz (Typ.)
- 100% Tested for Quiescent Current at 20V
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings
- Meets All Requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of "B" Series CMOS Devices"

### Applications

- Analog Signal Switching/Multiplexing
  - Signal Gating
  - Modulator
  - Squelch Control
  - Demodulator
  - Chopper
  - Commutating Switch
- Digital Signal Switching/Multiplexing
- Transmission Gate Logic Implementation
- Analog to Digital & Digital to Analog Conversion
- Digital Control of Frequency, Impedance, Phase, and Analog Signal Gain

### Description

CD4066BMS is a quad bilateral switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin for pin compatible with CD4016B, but exhibits a much lower on state resistance. In addition, the on-state resistance is relatively constant over the full input signal range.

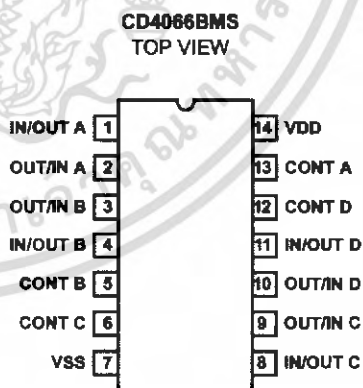
The CD4066BMS consists of four independent bilateral switches. A single control signal is required per switch. Both the p and the n device in a given switch are biased on or off simultaneously by the control signal. As shown in Figure 1, the well of the n channel device on each switch is either tied to the input when the switch is on or to VSS when the switch is off. This configuration eliminates the variation of the switch transistor threshold voltage with input signal, and thus keeps the on-state resistance low over the full operating signal range.

The advantages over single channel switches include peak input signal voltage swings equal to the full supply voltage, and more constant on-state impedance over the input signal range. For sample and hold applications, however, the CD4016B is recommended.

The CD4066BMS is supplied in these 14-lead outline packages:

Braze Seal DIP	H4Q
Frit Seal DIP	H1B
Ceramic Flatpack	H3W

### Pinout



## Specifications CD4066BMS

### Absolute Maximum Ratings

DC Supply Voltage Range, (VDD) . . . . .	-0.5V to +20V (Voltage Referenced to VSS Terminals)
Input Voltage Range, All Inputs . . . . .	-0.5V to VDD +0.5V
DC Input Current, Any One Input . . . . .	±10mA
Operating Temperature Range . . . . .	-55°C to +125°C Package Types D, F, K, H
Storage Temperature Range (TSTG) . . . . .	-65°C to +150°C
Lead Temperature (During Soldering) . . . . .	+265°C At Distance 1/16 ± 1/32 Inch (1.59mm ± 0.79mm) from case for 10s Maximum

### Reliability Information

Thermal Resistance . . . . .	$\theta_{ja}$	$\theta_{jc}$
Ceramic DIP and FRIT Package . . . . .	80°C/W	20°C/W
Flatpack Package . . . . .	70°C/W	20°C/W
Maximum Package Power Dissipation (PD) at +125°C		
For TA = -55°C to +100°C (Package Type D, F, K) . . . . .	500mW	
For TA = +100°C to +125°C (Package Type D, F, K) . . . . .	Derate Linearity at 12mW/°C to 200mW	
Device Dissipation per Output Transistor . . . . .	100mW	
For TA = Full Package Temperature Range (All Package Types)		
Junction Temperature . . . . .	+175°C	

**TABLE 1. DC ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS (NOTE 1)	GROUP A SUBGROUPS	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS	
					MIN	MAX		
Supply Current	IDD	VDD = 20V, VIN = VDD or GND	1	+25°C	-	0.5	µA	
			2	+125°C	-	50	µA	
		3	-55°C	-	0.5	µA		
Input Leakage Current	IIL	VC = VDD or GND	1	+25°C	-100	-	nA	
			2	+125°C	-1000	-	nA	
			3	-55°C	-100	-	nA	
Input Leakage Current	IIH	VC = VDD or GND	1	+25°C	-	100	nA	
			2	+125°C	-	1000	nA	
			3	-55°C	-	100	nA	
Input/Output Leakage Current (Switch OFF)	IOZL	VC = 0V, VIS = 18V, VOS = 0V, VIS = 0V, VOS = 18V	VDD = 20	1	+25°C	-100	-	nA
				2	+125°C	-1000	-	nA
				3	-55°C	-100	-	nA
	VDD = 20		1	+25°C	-	100	nA	
			2	+125°C	-	1000	nA	
			3	-55°C	-	100	nA	
On Resistance	RON5	VC = VDD, RL = 10kΩ returned to VDD - VSS/2	VDD = 5V	1	+25°C	1050	-	Ω
				1	+25°C	400	-	Ω
				1	+25°C	240	-	Ω
On Resistance	RON5	VDD = 5V	1, 2	+125°C	-	1300	Ω	
				-55°C	-	800	Ω	
On Resistance	RON10	VDD = 10V	1, 2	+125°C	-	550	Ω	
				-55°C	-	310	Ω	
On Resistance	RON15	VDD = 15V	1, 2	+125°C	-	320	Ω	
				-55°C	-	220	Ω	
Functional (Note 3)	F	VDD = 2.8V, VIN = VDD or GND	7	+25°C	VOH > VDD/2	VOL < VDD/2	V	
			7	+25°C				
			8A	+125°C				
			8B	-55°C				
Switch Threshold RL = 100k to VDD	SWTHR5	VDD = 5V, VC = 1.5V, VIS = GND	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	4.1	-	V	
	SWTHR15	VDD = 15V, VC = 2V, VIS = GND	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	14.1	-	V	
N Threshold Voltage	VNTH	VDD = 10V, ISS = -10µA	1	+25°C	-2.8	-0.7	V	
P Threshold Voltage	VPTH	VSS = 0V, IDD = 10µA	1	+25°C	0.7	2.8	V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Specifications CD4066BMS

**TABLE 1. DC ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS (NOTE 1)	GROUP A SUBGROUPS	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Control Input Low Voltage (Note 2) $ I_{IS}  < 10\mu A$ , $V_{IS} = V_{SS}$ , $V_{OS} = V_{DD}$ and $V_{IS} = V_{DD}$ , $V_{OS} = V_{SS}$	VILC5	VDD = 5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	1	V
	VILC15	VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	2	V
Control Input High Voltage (Note 2, Figure 2) $V_{IS} = V_{SS}$ and $V_{IS} = V_{DD}$	VIHC	VDD = 5V, $ I_{IS}  = .51mA$ , 4.6V < VOS < 0.4V	1	+25°C	3.5	-	V
		VDD = 5V, $ I_{IS}  = .36mA$ , 4.6V < VOS < 0.4V	2	+125°C	3.5	-	V
		VDD = 5V, $ I_{IS}  = .64mA$ , 4.6V < VOS < 0.4V	3	-55°C	3.5	-	V
	VIHC	VDD = 15V, $ I_{IS}  = 3.4mA$ , 13.5V < VOS < 1.5V	1	+25°C	11	-	V
		VDD = 15V, $ I_{IS}  = 2.4mA$ , 13.5V < VOS < 1.5V	2	+125°C	11	-	V
		VDD = 15V, $ I_{IS}  = 4.2mA$ , 13.5V < VOS < 1.5V	3	-55°C	11	-	V

NOTES: 1. All voltages referenced to device GND, 100% testing being implemented. 2. Go/No Go test with limits applied to inputs. 3. VDD = 2.6V/3.0V, RL = 100K to VDD  
VDD = 20V/18V, RL = 10K to VDD

**TABLE 2. AC ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	GROUP A SUBGROUPS	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Propagation Delay Signal Input to Signal Output	T <sub>PLH</sub> T <sub>PHL</sub>	VC = VDD = 5V, VSS = GND (Notes 2, 3)	9	+25°C	-	40	ns
			10, 11	+125°C, -55°C	-	54	ns
Propagation Delay Turn-On, Turn-Off	T <sub>PHZ/ZH</sub> T <sub>PLZ/ZL</sub>	VIS = VDD = 5V (Notes 1, 2)	9	+25°C	-	70	ns
			10, 11	+125°C, -55°C	-	95	ns

NOTES:

- CL = 50pF, RL = 1K, Input TR, TF < 20ns.
- 55°C and +125°C limits guaranteed, 100% testing being implemented.
- CL = 50pF, RL = 200K, Input TR, TF < 20ns.

**TABLE 3. ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	NOTES	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Supply Current	IDD	VDD = 5V, VIN = VDD or GND	1, 2	-55°C, +25°C	-	0.25	μA
				+125°C	-	7.5	μA
		VDD = 10V, VIN = VDD or GND	1, 2	-55°C, +25°C	-	0.5	μA
				+125°C	-	15	μA
		VDD = 15V, VIN = VDD or GND	1, 2	-55°C, +25°C	-	0.5	μA
				+125°C	-	30	μA
Control Input Low Voltage $ I_{IS}  < 10\mu A$ , $V_{IS} = V_{SS}$ , $V_{OS} = V_{DD}$ and $V_{IS} = V_{DD}$ , $V_{OS} = V_{SS}$	VILC10	VDD = 10V	1, 2	+25°C, +125°C, -55°C	-	2	V

## Specifications CD4066BMS

**TABLE 3. ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	NOTES	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Control Input High Voltage (See Figure 2)	VIHC10	VDD = 10V, VIS = VDD or GND	2	+25°C, +125°C, -55°C	7	-	V
Propagation Delay Signal Input to Signal Output	TPLH TPHL	VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	20	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	15	ns
Propagation Delay Turn-On, Turn-Off	TPHZ/ZH TPLZ/ZL	VDD = 10V	1, 2, 3	+25°C	-	40	ns
		VDD = 15V	1, 2, 3	+25°C	-	30	ns
Input Capacitance	CIN	Any Input	1, 2	+25°C	-	7.5	pF

**NOTES:**

1. All voltages referenced to device GND.
2. The parameters listed on Table 3 are controlled via design or process and are not directly tested. These parameters are characterized on initial design release and upon design changes which would affect these characteristics.
3. CL = 50pF, RL = 200K, Input TR, TF < 20ns.

**TABLE 4. POST IRRADIATION ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	NOTES	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS
					MIN	MAX	
Supply Current	IDD	VDD = 20V, VIN = VDD or GND	1, 4	+25°C	-	25	µA
N Threshold Voltage	VNTH	VDD = 10V, ISS = -10µA	1, 4	+25°C	-2.8	-0.2	V
N Threshold Voltage Delta	ΔVTN	VDD = 10V, ISS = -10µA	1, 4	+25°C	-	±1	V
P Threshold Voltage	VTP	VSS = 0V, IDD = 10µA	1, 4	+25°C	0.2	2.8	V
P Threshold Voltage Delta	ΔVTP	VSS = 0V, IDD = 10µA	1, 4	+25°C	-	±1	V
Functional	F	VDD = 18V, VIN = VDD or GND	1	+25°C	VOH > VDD/2	VOL < VDD/2	V
		VDD = 3V, VIN = VDD or GND					
Propagation Delay Time	TPHL TPLH	VDD = 5V	1, 2, 3, 4	+25°C	-	1.35 x +25°C Limit	ns

- NOTES: 1. All voltages referenced to device GND. 2. CL = 50pF, RL = 200K, Input TR, TF < 20ns. 3. See Table 2 for +25°C limit. 4. Read and Record

**TABLE 5. BURN-IN AND LIFE TEST DELTA PARAMETERS +25°C**

PARAMETER	SYMBOL	DELTA LIMIT
Supply Current - SSI	IDD	±0.1µA
ON Resistance	RONDEL10	±20% x Pre-Test Reading

**TABLE 6. APPLICABLE SUBGROUPS**

CONFORMANCE GROUP	MIL-STD-883 METHOD	GROUP A SUBGROUPS	READ AND RECORD
Initial Test (Pre Burn-In)	100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A, RONDEL10
Interim Test 1 (Post Burn-In)	100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A, RONDEL10
Interim Test 2 (Post Burn-In)	100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A, RONDEL10
PDA (Note 1)	100% 5004	1, 7, 9, Deltas	
Interim Test 3 (Post Burn-In)	100% 5004	1, 7, 9	IDD, IOL5, IOH5A, RONDEL10
PDA (Note 1)	100% 5004	1, 7, 9, Deltas	

# Specifications CD4066BMS

**TABLE 6. APPLICABLE SUBGROUPS (Continued)**

CONFORMANCE GROUP		MIL-STD-883 METHOD	GROUP A SUBGROUPS	READ AND RECORD
Final Test		100% 5004	2, 3, 8A, 8B, 10, 11	
Group A		Sample 5005	1, 2, 3, 7, 8A, 8B, 9, 10, 11	
Group B	Subgroup B-5	Sample 5005	1, 2, 3, 7, 8A, 8B, 9, 10, 11, Deltas	Subgroups 1, 2, 3, 9, 10, 11
	Subgroup B-6	Sample 5005	1, 7, 9	
Group D		Sample 5005	1, 2, 3, 8A, 8B, 9	Subgroups 1, 2, 3

NOTE: 1. 5% Parametric, 3% Functional; Cumulative for Static 1 and 2.

**TABLE 7. TOTAL DOSE IRRADIATION**

CONFORMANCE GROUPS	MIL-STD-883 METHOD	TEST		READ AND RECORD	
		PRE-IRRAD	POST-IRRAD	PRE-IRRAD	POST-IRRAD
Group E Subgroup 2	5005	1, 7, 9	Table 4	1, 9	Table 4

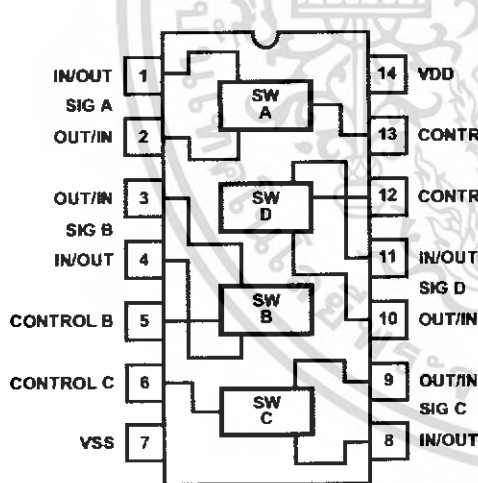
**TABLE 8. BURN-IN AND IRRADIATION TEST CONNECTIONS**

FUNCTION	OPEN	GROUND	VDD	9V ± 0.5V	OSCILLATOR	
					50kHz	25kHz
Static Burn-In 1 (Note 1)	2, 3, 9, 10	1, 4-8, 11-13	14			
Static Burn-In 2 (Note 1)	2, 3, 9, 10	7	1, 4-6, 8, 11-14			
Dynamic Burn-In (Note 1)	-	7	14	2, 3, 9, 10	5, 6, 12, 13	1, 4, 8, 11
Irradiation (Note 2)	2, 3, 9, 10	7	1, 4-6, 8, 11-14			

NOTE:

- Each pin except VDD and GND will have a series resistor of 10K ± 5%, VDD = 18V ± 0.5V
- Each pin except VDD and GND will have a series resistor of 47K ± 5%; Group E, Subgroup 2, sample size is 4 dice/wafer, 0 failures, VDD = 10V ± 0.5V

## Functional Diagram



TRUTH TABLE EACH SWITCH		
INPUT		OUTPUT
VC	VIS	VOS
1	0	0
1	1	1
0	0	Open
0	1	Open

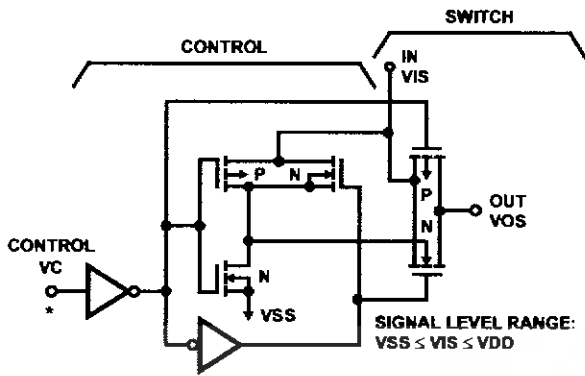
Positive Logic: Switch ON VC = "1"  
Switch OFF VC = "0"

All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site <http://www.intersil.com>

Schematic



NORMAL OPERATION CONTROL LINE BIASING:  
 SWITCH ON, VC "P" = VDD  
 SWITCH OFF, VC "O" = VSS

\* ALL CONTROL INPUTS ARE PROTECTED BY THE CMOS PROTECTION NETWORK

NOTE:  
 All "P" Substrates Connected to VDD

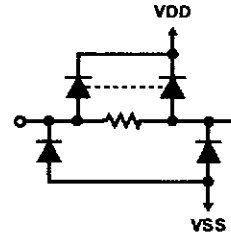


FIGURE 1. SCHEMATIC DIAGRAM OF 1 OF 4 IDENTICAL SWITCHES AND ITS ASSOCIATED CONTROL CIRCUITRY

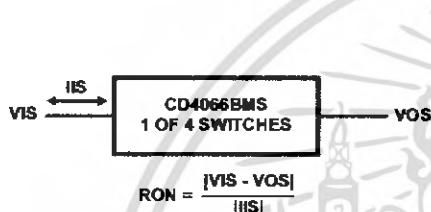


FIGURE 2. DETERMINATION OF RON AS A TEST CONDITION FOR CONTROL INPUT HIGH VOLTAGE (VHC) SPECIFICATION

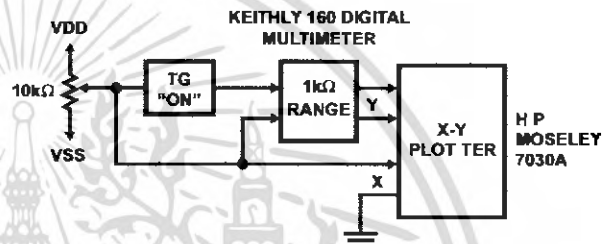


FIGURE 3. CHANNEL ON-STATE RESISTANCE MEASUREMENT CIRCUIT

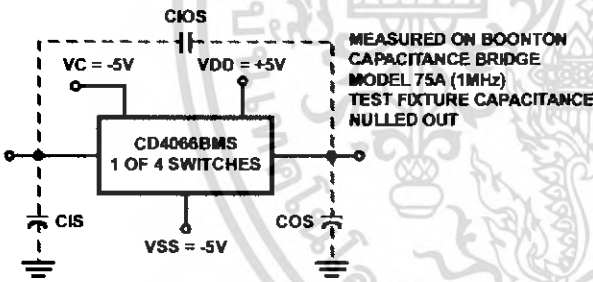


FIGURE 4. CAPACITANCE TEST CIRCUIT

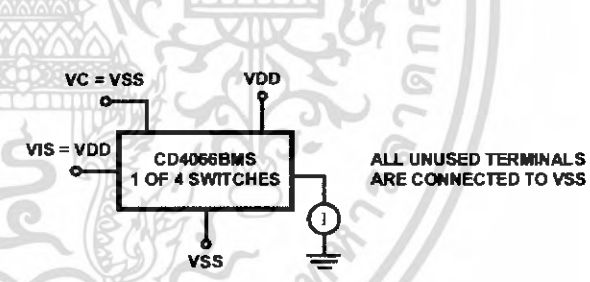


FIGURE 5. OFF SWITCH INPUT OR OUTPUT LEAKAGE

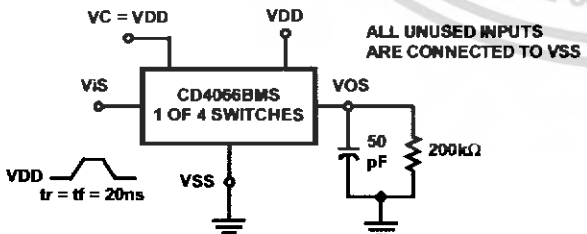


FIGURE 6. PROPAGATION DELAY TIME SIGNAL INPUT (VIS) TO SIGNAL OUTPUT (VOS)

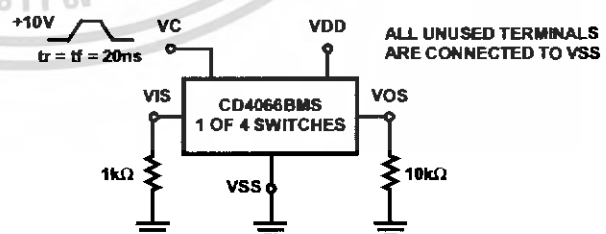


FIGURE 7. CROSSTALK CONTROL INPUT TO SIGNAL OUTPUT

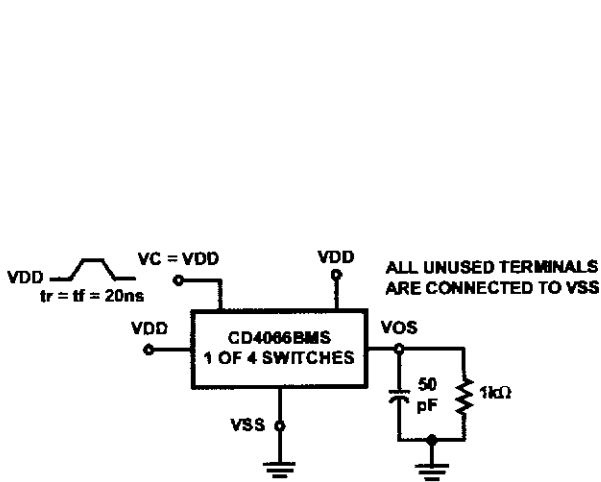


FIGURE 8. PROPAGATION DELAY TPLH, TPHL CONTROL SIGNAL OUTPUT. DELAY IS MEASURED AT VOS LEVEL OF +10% FROM GROUND (TURN ON) OR ON-STATE OUTPUT LEVEL (TURN OFF).

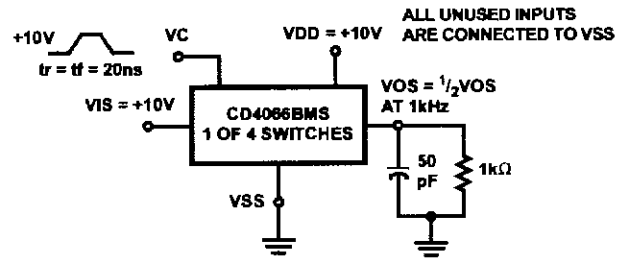
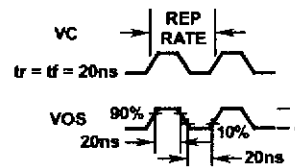


FIGURE 9. MAXIMUM ALLOWABLE CONTROL INPUT REPETITION RATE

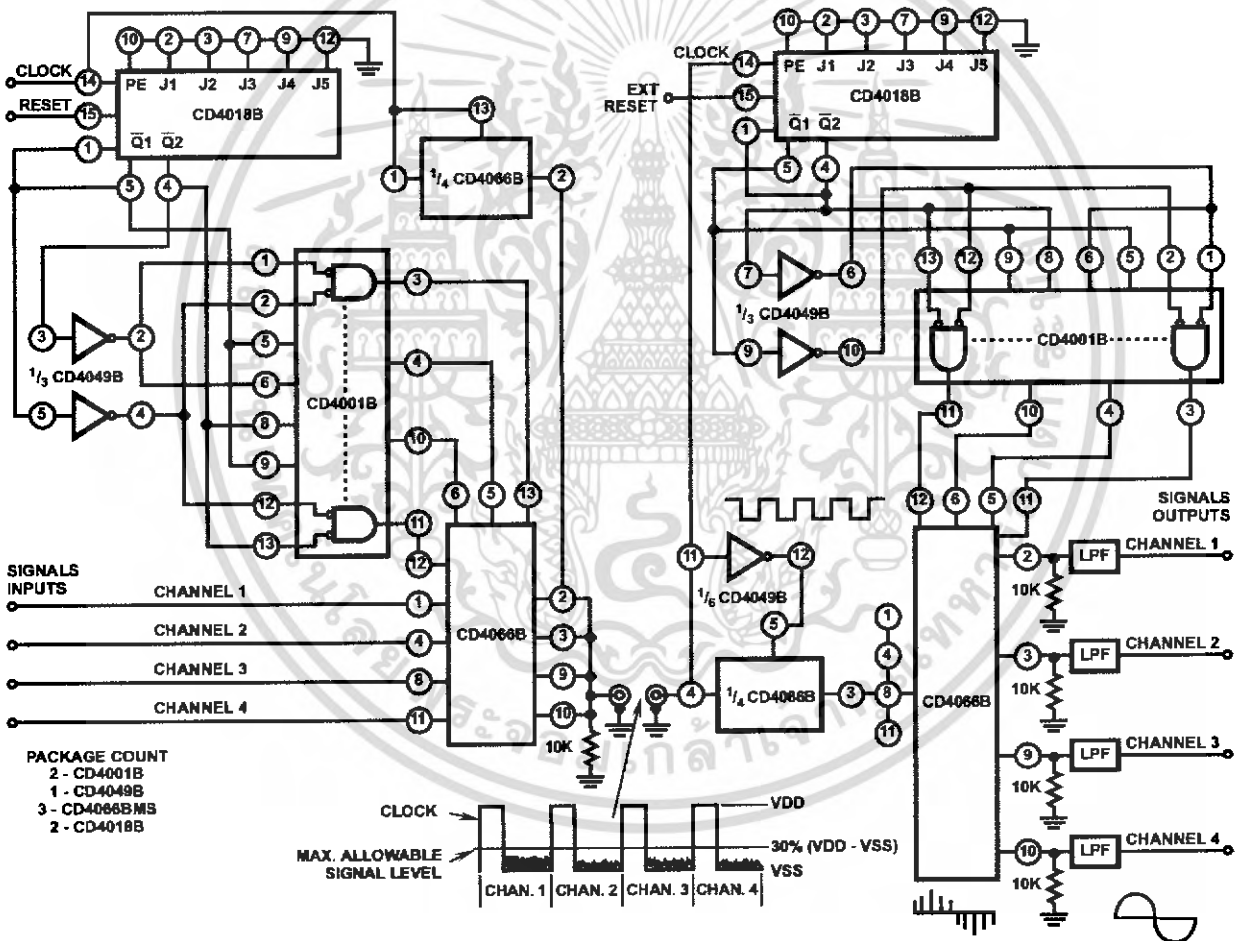


FIGURE 10. 4 CHANNEL PAM MULTIPLEX SYSTEM DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# CD4066BMS

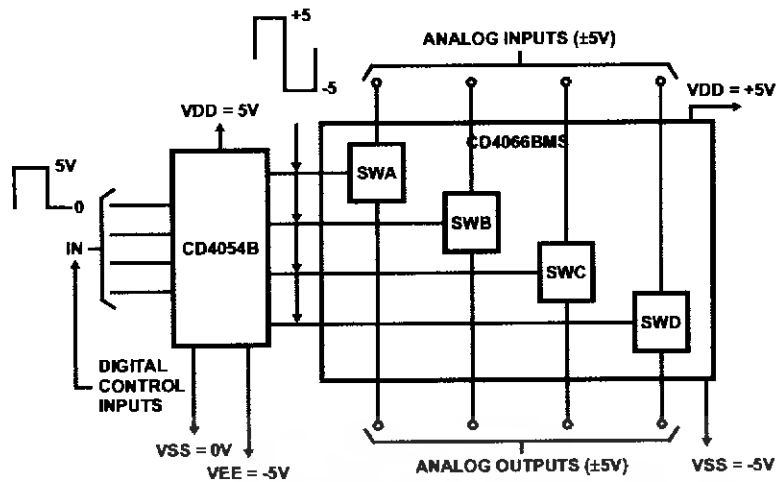


FIGURE 11. BIDIRECTIONAL SIGNAL TRANSMISSION VIA DIGITAL CONTROL LOGIC

## Typical Performance Characteristics

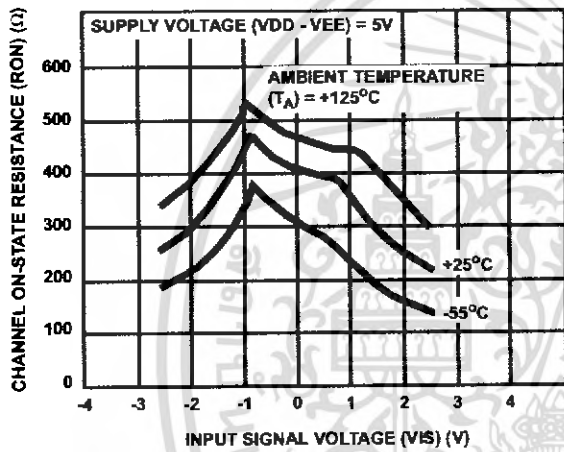


FIGURE 12. TYPICAL ON-STATE RESISTANCE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES)

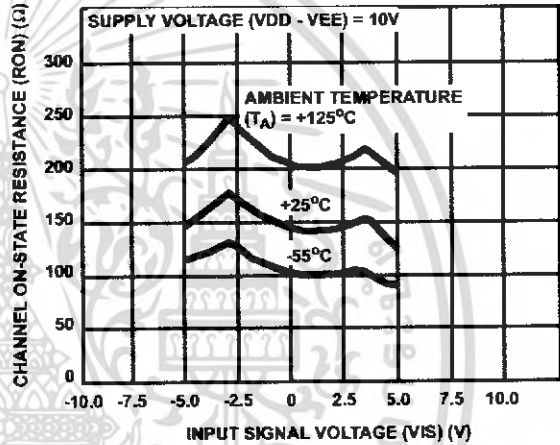


FIGURE 13. TYPICAL ON-STATE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES).

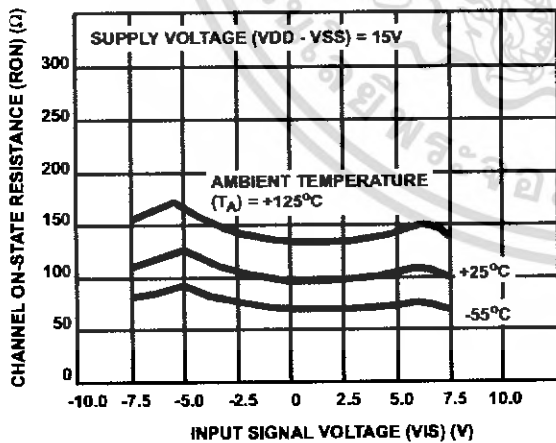


FIGURE 14. TYPICAL ON-STATE RESISTANCE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES)

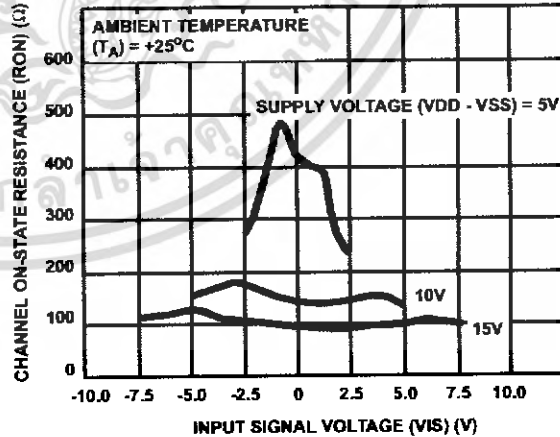


FIGURE 15. ON-STATE RESISTANCE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

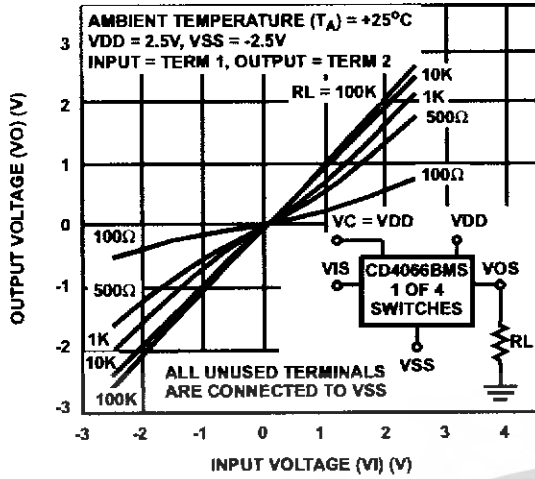


FIGURE 16. TYPICAL ON CHARACTERISTICS FOR 1 OF 4 CHANNELS

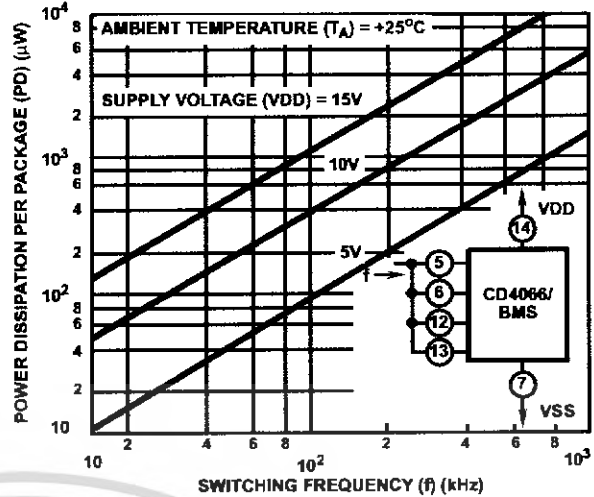
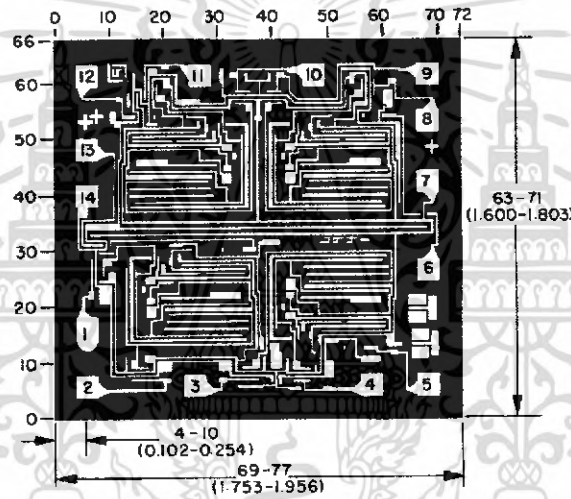


FIGURE 17. POWER DISSIPATION PER PACKAGE vs SWITCHING FREQUENCY

Chip Dimensions and Pad Layout



Dimensions in parenthesis are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils ( $10^{-3}$  inch).

Special Considerations

In applications that employ separate power sources to drive VDD and the signal inputs, the VDD current capability should exceed  $VDD/RL$  ( $RL$  = effective external load of the four CD4066B bilateral switches). This provision avoids any permanent current flow or clamp action on the VDD supply when power is applied or removed from the CD4066B.

In certain applications, the external load-resistor current may include both VDD and signal line components. To avoid drawing VDD current when switch current flows into terminals 1, 4, 8 or 11 the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.8 volts (calculated from  $R_{ON}$  values shown).

No VDD current will flow through  $RL$  if the switch current flows into terminals 2, 3, 9, or 10.

**METALLIZATION:** Thickness:  $11\text{k}\text{\AA} - 14\text{k}\text{\AA}$ , AL.

**PASSIVATION:**  $10.4\text{k}\text{\AA} - 15.6\text{k}\text{\AA}$ , Silane

**BOND PADS:** 0.004 inches X 0.004 inches MIN

**DIE THICKNESS:** 0.0198 inches - 0.0218 inches



**MICROCHIP**

---

# **PIC16F87XA** **Data Sheet**

**28/40/44-Pin Enhanced Flash  
Microcontrollers**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:**

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

**Trademarks**

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELoc, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE and PowerSmart are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

AmpLab, FilterLab, microID, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

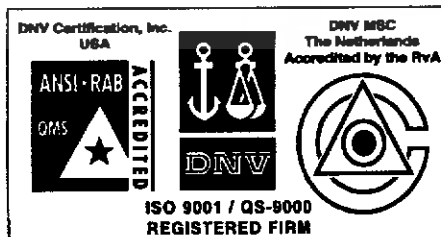
Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPIC, Select Mode, SmartSensor, SmartShunt, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2003, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELoc® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.

## 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F876A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

### High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input  
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external  $\overline{RD}$ ,  $\overline{WR}$  and  $\overline{CS}$  controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

### Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible

### Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

### CMOS Technology:

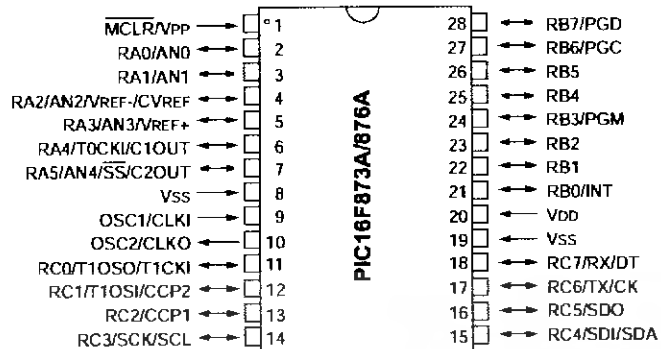
- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I <sup>2</sup> C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

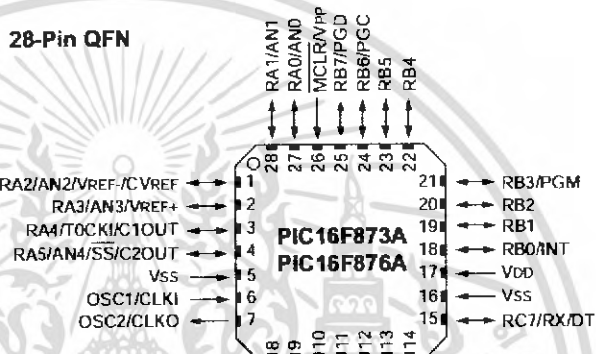
# PIC16F87XA

## Pin Diagrams

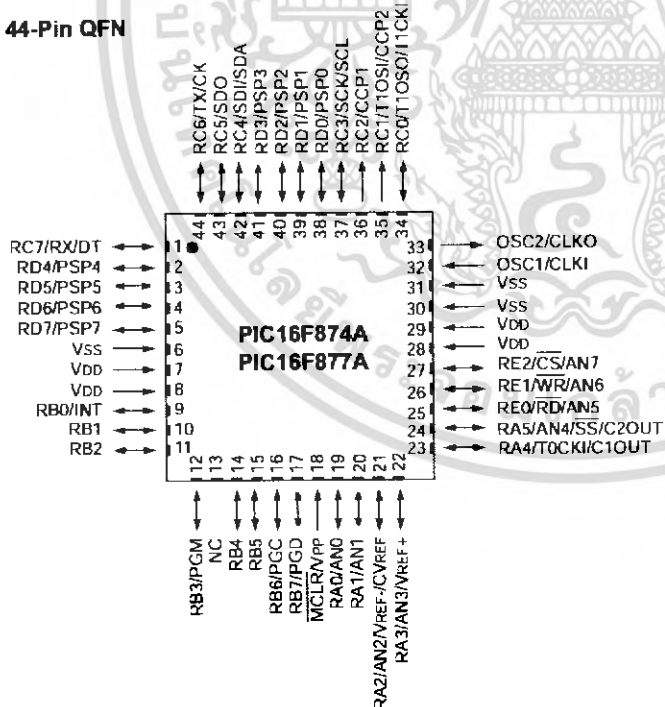
### 28-Pin PDIP, SOIC, SSOP



### 28-Pin QFN

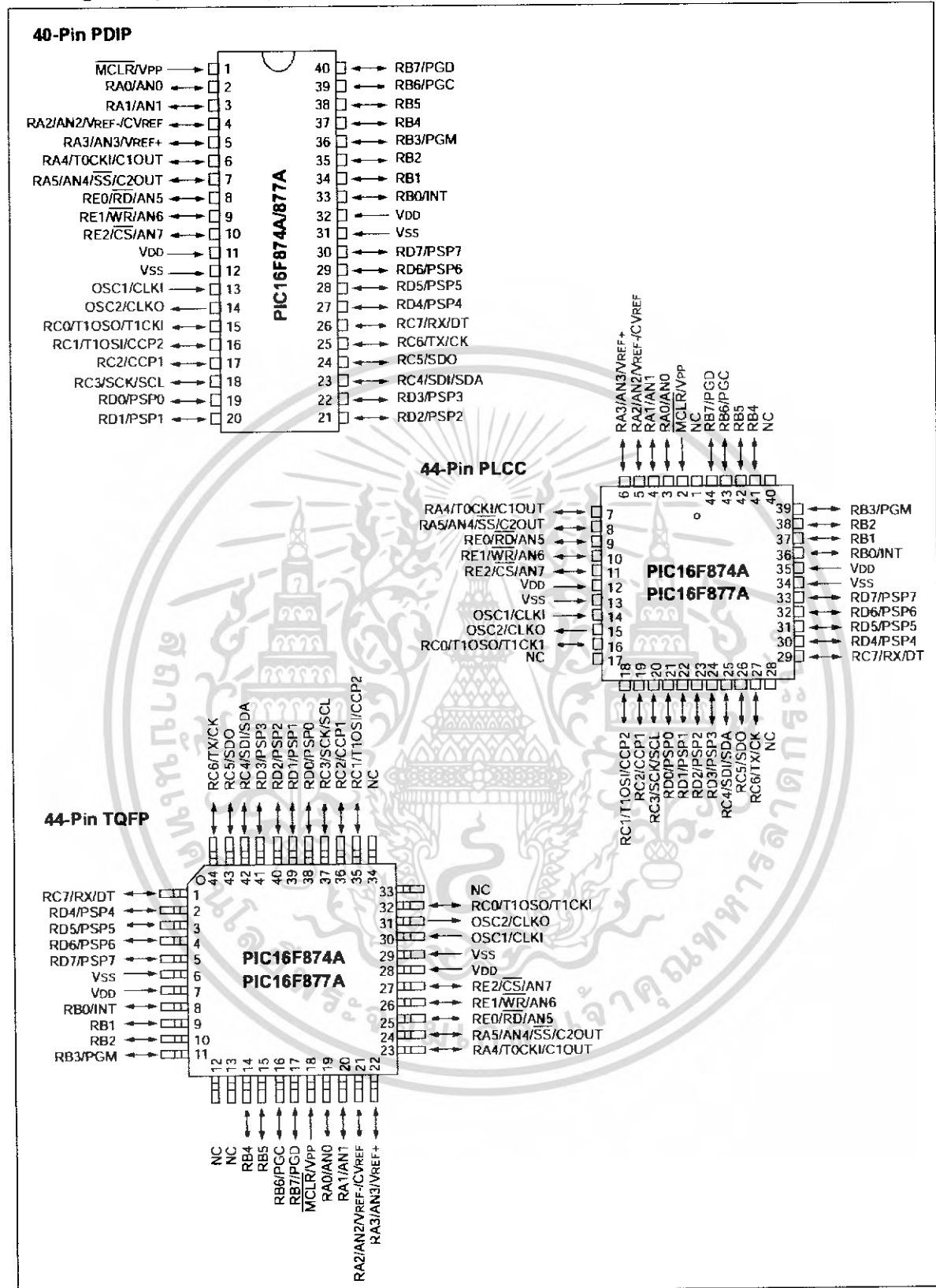


### 44-Pin QFN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Pin Diagrams (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PIC16F87XA

## Table of Contents

1.0	Device Overview .....	5
2.0	Memory Organization .....	15
3.0	Data EEPROM and Flash Program Memory .....	33
4.0	I/O Ports .....	41
5.0	Timer0 Module .....	53
6.0	Timer1 Module .....	57
7.0	Timer2 Module .....	61
8.0	Capture/Compare/PWM Modules .....	63
9.0	Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module .....	71
10.0	Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) .....	111
11.0	Analog-to-Digital Converter (A/D) Module .....	127
12.0	Comparator Module .....	135
13.0	Comparator Voltage Reference Module .....	141
14.0	Special Features of the CPU .....	143
15.0	Instruction Set Summary .....	159
16.0	Development Support .....	167
17.0	Electrical Characteristics .....	173
18.0	DC and AC Characteristics Graphs and Tables .....	197
19.0	Packaging Information .....	209
	Appendix A: Revision History .....	219
	Appendix B: Device Differences .....	219
	Appendix C: Conversion Considerations .....	220
	Index .....	221
	On-Line Support .....	229
	Systems Information and Upgrade Hot Line .....	229
	Reader Response .....	230
	PIC16F87XA Product Identification System .....	231

## TO OUR VALUED CUSTOMERS

It is our intention to provide our valued customers with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip products. To this end, we will continue to improve our publications to better suit your needs. Our publications will be refined and enhanced as new volumes and updates are introduced.

If you have any questions or comments regarding this publication, please contact the Marketing Communications Department via E-mail at [docerrors@mail.microchip.com](mailto:docerrors@mail.microchip.com) or fax the Reader Response Form in the back of this data sheet to (480) 792-4150. We welcome your feedback.

### Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:

<http://www.microchip.com>

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number, (e.g., DS30000A is version A of document DS30000).

### Errata

An errata sheet, describing minor operational differences from the data sheet and recommended workarounds, may exist for current devices. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site; <http://www.microchip.com>
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 792-7277

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

### Customer Notification System

Register on our Web site at [www.microchip.com/cn](http://www.microchip.com/cn) to receive the most current information on all of our products.

## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

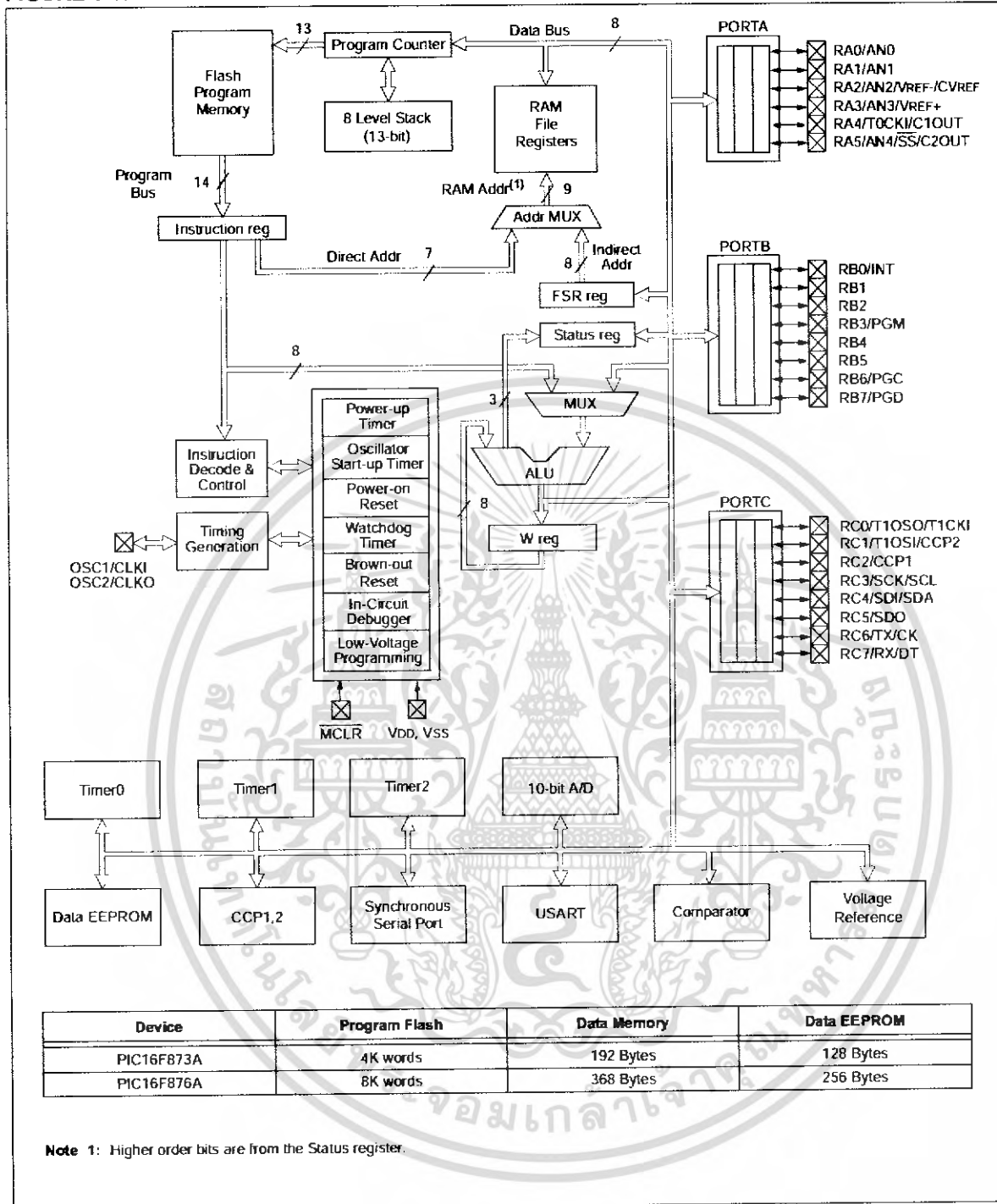
Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

**TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES**

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

# PIC16F87XA

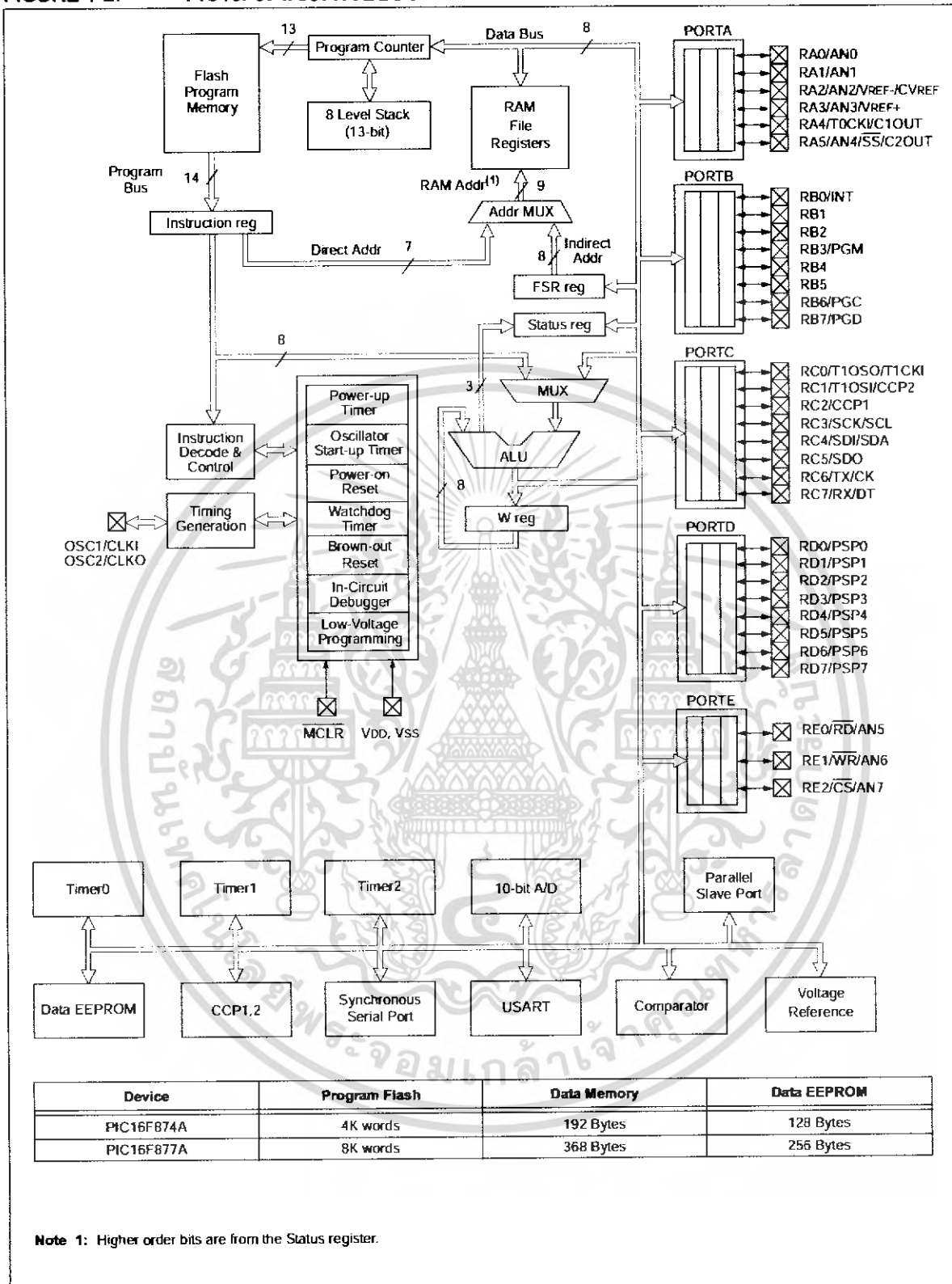
FIGURE 1-1: PIC16F873A/876A BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PIC16F87XA

FIGURE 1-2: PIC16F874A/877A BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	18	I/O I	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	21	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	24	I/O I	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	25	I/O I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	8	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	9	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	10	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	11	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I <sup>2</sup> C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I <sup>2</sup> C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	13	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	14	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
V <sub>SS</sub>	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V <sub>DD</sub>	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

**Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
**Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
**Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

**TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION**

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1  CLKI	13	14	30	32	I  I	ST/CMOS <sup>(4)</sup>	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2  CLKO	14	15	31	33	O  O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR  VPP	1	2	18	18	I  P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4  T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS-/C2OUT RA5 AN4 SS- C2OUT	2	3	19	19	I/O I  I/O I I O  I/O I I O  I/O I I O	TTL  TTL  TTL  TTL  ST  TTL	PORTA is a bidirectional I/O port.  Digital I/O. Analog input 0.  Digital I/O. Analog input 1.  Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output.  Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input.  Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output.  Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

**Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
**Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
**Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

# PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	34	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port.  Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	35	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	36	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK  SCL	18	20	37	37	I/O I/O  I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode.  Synchronous serial clock input/output for I <sup>2</sup> C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	42	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I <sup>2</sup> C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	43	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	44	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	1	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.

**Legend:** I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 -- = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0 RD0 PSP0	19	21	38	38	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTD is a bidirectional I/O port or Parallel Slave Port when interfacing to a microprocessor bus.  Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD1/PSP1 RD1 PSP1	20	22	39	39	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD2/PSP2 RD2 PSP2	21	23	40	40	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD3/PSP3 RD3 PSP3	22	24	41	41	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD4/PSP4 RD4 PSP4	27	30	2	2	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD5/PSP5 RD5 PSP5	28	31	3	3	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD6/PSP6 RD6 PSP6	29	32	4	4	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD7/PSP7 RD7 PSP7	30	33	5	5	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5 RE0 $\overline{\text{RD}}$ AN5	8	9	25	25	I/O I I	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTE is a bidirectional I/O port.  Digital I/O. Read control for Parallel Slave Port. Analog input 5.
RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6 RE1 $\overline{\text{WR}}$ AN6	9	10	26	26	I/O I I	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Write control for Parallel Slave Port. Analog input 6.
RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7 RE2 $\overline{\text{CS}}$ AN7	10	11	27	27	I/O I I	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Chip select control for Parallel Slave Port. Analog input 7.
VSS	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	7, 8, 28, 29	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34	13	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### บรรณานุกรม

1. เข็มรชัย บุญยะกุล, “ทฤษฎีช่างเทคนิคยานยนต์ 4 เครื่องยนต์เบนซิน”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
2. พันธุ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, “วงจรพัลส์และสวิตซ์ิ่ง”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.
3. นกตล เวชวิฐาน, “เครื่องยนต์หัวฉีด EFI”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 384 หน้า, 2547.
4. ประจัน พลังสันติกุล, “เรียนรู้และใช้งาน CCSCคอมพิวเตอร์” สำนักพิมพ์ INEX, 2521



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้