

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มาตรวัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ON BOARD COMPUTER



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....61766
วัน,เดือน,ปี 2 1 ก.ค. 2549

บ.....
.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรวัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ON BOARD COMPUTER

โดย

นายวินัย กวางแก้ว รหัส 44010454

นายวิสุทธิ จำเนกสาร รหัส 44010463

นายศัลป์ชัย อัจฉริยากร รหัส 44010488



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2547

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง มาตรฐานอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ผู้จัดทำ

1. นายวินัย กวางแก้ว
2. นายวิศุทธิ์ จำแนกสาร
3. นายศิลาปีย์ อัจฉริยากร



(.....)
รศ.จิววัฒน์ ปานกลาง
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) มาตรการอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง
(ภาษาอังกฤษ) ON BOARD COMPUTER

ผู้จัดทำ นายวินัย กวางแก้ว
นายวิสุทธิ จำแนกสาร
นาย ศิลป์ชัย อัจฉริยากร

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการตรวจสอบได้



จรัส ปานกลาง
(รศ.จรัส ปานกลาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรวัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

On board computer

Mr. Winai Kuangkaew
Mr. Wisut Jumnaksarn
Mr. Silchai Atchariyargon
Mr. Jirawath Panklang (Adviser)

Abstract

On board computer is a kind of meter, that show fuel consumption ratio , fuel level and air / fuel ratio. It is calculated by microcontroller ,that get input from simulate circuit , about oxygen sensor , pulse of injection. It is displayed by LCD Module.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
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 มัลติไวเบรเตอร์	10
2.5 อะสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบใช้ไอซีเบอร์ 555	10
2.6 แบบของการฉีดเบนซิน	12
2.7 สัญญาณควบคุมหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์(Pulse Injection)	13
2.8 สัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์	15
2.9 อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง	16
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลือง น้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์	17
2.11 อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการในสภาวะการทำงานต่างๆ	17
2.12 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน(Oxygen Sensor)	18
2.13 ตัวส่งสัญญาณระดับน้ำมัน(Fuel Sender)	21
2.14 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์	22
2.15 รายละเอียดการใช้ 8255	25
2.16 รายละเอียดการจัดเรียงขาของ 8255	27
2.17 รายละเอียดแอลซีดีโมดูล	27
2.18 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD	28
2.19 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล	29
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ	30
3.1 การออกแบบวงจรสัญญาณควบคุมหัวฉีด	30
3.2 การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์	32
3.3 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณจาก Oxygen sensor และ สัญญาณจาก ตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.4 การออกแบบวงจรจำลองของOxygen sensor และตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง	35
3.5 การออกแบบในส่วนประมวลผลและแสดงผล	36
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	38
4.1 ผลการคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณน้ำมันต่อระยะทาง	38
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	40
กิตติกรรมประกาศ	
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานโดยรวม	3
รูปที่ 2.1 การทำงานในห้องสูบจิ้งหะดูด	6
รูปที่ 2.2 การทำงานในห้องสูบของจิ้งหะอัด	7
รูปที่ 2.3 การทำงานในห้องสูบของจิ้งหะงาน	9
รูปที่ 2.4 การทำงานในห้องสูบของจิ้งหะคาย	9
รูปที่ 2.5 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ไอซีเบอร์ 555	11
รูปที่ 2.6 สัญญาณจากวงจระอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ไอซีเบอร์ 555	11
รูปที่ 2.7 แสดงการสร้างสัญญาณควบคุมจิ้งหะการฉีดของ ECU	14
รูปที่ 2.8 แสดงแผนภูมิแสดงระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	15
รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับอัตราเร็ว	16
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อ ความถี่เปลี่ยนน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์	17
รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของตัวตรวจนับปริมาณออกซิเจน	19
รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของตัวตรวจนับปริมาณออกซิเจน	19
รูปที่ 2.13 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจนับปริมาณออกซิเจน	20
รูปที่ 2.14 การส่งสัญญาณจากออกซิเจนเซ็นเซอร์	21
รูปที่ 2.15 รูปลูกกลายในถังน้ำมัน	21
รูปที่ 2.16 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในอนุกรม AT89Cxx	23
รูปที่ 2.17 แสดงไอซี 8255	25
รูปที่ 2.18 แสดงแผนผังแสดงการทำงานของไอซี 8255	26
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรสร้างสัญญาณควบคุมหัวฉีด	31
รูปที่ 3.2 วงจรสร้างสัญญาณความเร็วรอบ	32
รูปที่ 3.3 วงจรขยายสัญญาณ	33
รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อของวงจร A/D	34
รูปที่ 3.5 วงจรแรงดันอ้างอิง	34
รูปที่ 3.6 IC Buffer 74HC541	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 วงจรจำลองของOxygen sensor และตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง	หน้า
รูปที่ 3.8 วงจรในส่วนประมวลผลและแสดงผล	35
รูปที่ 3.9 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	36
	37



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 สถานะการทำงานของ IC Buffer 74HC541

35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ราคาน้ำมันโลกมีราคาสูงขึ้นจนน่าเป็นห่วง ซึ่งประเทศไทยของเราก็เป็นประเทศหนึ่งที่มีอัตราการบริโภคน้ำมันที่สูงในระดับหนึ่ง สำหรับประเทศที่ไม่สามารถผลิตน้ำมันได้เองนั้น สถานการณ์น้ำมันดิบในตลาดโลกส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก ทำให้รัฐบาลในหลายๆประเทศต้องตรึงราคาน้ำมันภายในประเทศเพื่อไม่ให้กระทบต่อการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจมากนัก ซึ่งหนึ่งในประเทศนั้นก็รวมประเทศไทยเข้าไปด้วย ทางรัฐบาลจึงมีนโยบายการรณรงค์เพื่อการประหยัดน้ำมันต่างๆมากมาย เช่น ปิดห้างสรรพสินค้าเร็วขึ้น ปิดปั้มน้ำมันเร็วขึ้น และรณรงค์ให้มีการใช้บริการของ ขสมก. มากขึ้น เพื่อลดการใช้รถยนต์ส่วนตัวให้น้อยลง เป็นต้น ซึ่งมีที่ใช้ได้ผลบ้างและใช้ไม่ได้ผลบ้าง เราจะเห็นได้ชัดเจนว่ารัฐบาลต้องการให้ประชาชนช่วยกันประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถยนต์เป็นหลัก และเพื่อไม่ให้รัฐบาลต้องแบกรับภาระการจ่ายเงินชดเชยต่อราคาน้ำมันมากขึ้นจนไม่สามารถได้ รัฐบาลจึงค่อยๆปล่อยราคาน้ำมันลอยตัวขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ราคาขายปลีกน้ำมันเบนซิน 95 อาจจะมีราคาถึง 25 บาท/ลิตร น้ำมันดีเซล อาจจะมีราคาถึง 21 บาท/ลิตร ทำให้โครงการนี้ถือกำเนิดขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์น้ำมันแพงได้เป็นอย่างดี นอกจะช่วยเราประหยัดเงินค่าน้ำมันแล้วยังเป็นการช่วยประเทศชาติประหยัดพลังงานและประหยัดงบประมาณในการตรึงราคาน้ำมัน—แล้วยังช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติของโลกอีกด้วย

ไม่มีใครสามารถปฏิเสธได้ว่ารถยนต์เป็นส่วนหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในยุคสมัยนี้ และรถยนต์ก็เป็นยานพาหนะที่มีความคล่องตัวสูงสามารถเข้าถึงสถานที่ต่างๆ ได้ดี ทั้งนี้ทั้งนั้นรถยนต์จะสามารถวิ่งได้ก็ต่ออาศัยน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นวิศวกรของบริษัทผลิตรถยนต์ต่างๆ ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จะต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีสมรรถนะสูงที่สุด แล้วสิ่งที่สำคัญเป็นประเด็นแรกๆก็คือ ต้องมีความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดควบคู่กันไปด้วย ไม่เช่นนั้นเครื่องยนต์คันนั้นจะไม่ได้ชื่อว่ารถยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ตัวอย่างการออกแบบ เช่น

- ◆ การออกแบบตัวถังรถยนต์ให้มีแรงต้านอากาศน้อย และถูกต้องตามหลักการ Aerodynamics
- ◆ การออกแบบตัวถังรถที่มีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงพอที่จะทำให้ผู้ขับขี่ปลอดภัยหากประสบอุบัติเหตุ
- ◆ การออกแบบระบบส่งกำลังที่มีการสูญเสียพลังงานน้อย
- ◆ การออกแบบระบบเครื่องยนต์ที่มีการเผาผลาญน้ำมันได้หมดจด แล้วนำไปขับเคลื่อนรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นหน้าที่ของวิศวกรที่จะออกแบบรถยนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

ออกมาแต่มีส่วนหนึ่งที่ทุกคนมักจะมองข้ามไป นั่นคือลักษณะการขับขี่ของผู้ใช้เอง ซึ่งผลจากการไม่เอากรณีวิจัยออกมาก็แล้วว่ การขับขี่รถยนต์ด้วยลักษณะที่ผิดๆ จะทำให้เราช่วยประหยัดน้ำมันกว่าปกติถึง 20% นำไปใช้

% นั่นคือ เราจะต้องไม่ใช่อัตราเร่งที่สูงโดยไม่จำเป็น หรือ ขับด้วยความเร็วที่มากเกินไป จะทำให้เราประหยัดน้ำมันได้เยอะมาก บางครั้งผู้ขับขี่เองไม่เข้าใจหรือไม่รู้ว่าคำว่า ขับช้าๆ จะช่วยประหยัดน้ำมันนั้นเป็นอย่างไร จึงมีคำถามตามมาว่า “คำว่าช้าของแต่ละคนไม่เหมือนกันหรือไม่เท่ากัน และรถยนต์แต่ละคันก็มีเครื่องยนต์ที่มีขนาดแตกต่างกัน ทำให้รถยนต์แต่ละคันมีความเร็วที่ประหยัดน้ำมันได้ดีที่สุดไม่เท่ากัน แล้วควรจะขับรถด้วยความเร็วเท่าไรจึงจะประหยัดน้ำมันสูงสุดล่ะ” ซึ่งโครงการนี้จะเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจว่า เราควรจะขับรถด้วยความเร็วเท่าไรจึงจะเกิดการประหยัดน้ำมันสูงสุด

รถยนต์สมัยใหม่นี้ มักจะมีอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาเกี่ยวข้องมากขึ้นกว่าสมัยก่อน เช่น

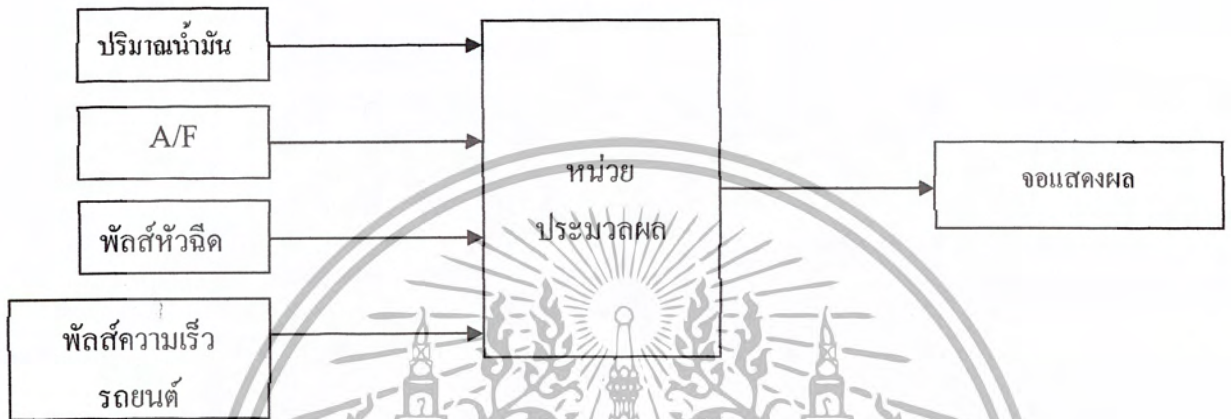
- ◆ หัวฉีดน้ำมันอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Fuel Injection : EFI)
- ◆ รถยนต์ไฮบริด(Hybrid Car)ที่มีการนำเอามอเตอร์ไฟฟ้ามาเป็นตัวช่วยแบ่งเบาภาระในระบบการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ที่ใช้ใช้น้ำมันตามปกติ
- ◆ ระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆ เช่น กุญแจ Immobilizer
- ◆ ระบบช่วยในการขับขี่และควบคุมรถยนต์ต่างๆ เช่น ระบบเบรกABS(Anti-log Break System) ระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งขีดขวางขณะถอยหลัง

ระบบต่างๆที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ มีการประมวลผลที่ส่วนกลางที่เดียวกัน ซึ่งเปรียบเสมือนสมองกล ของรถยนต์เลยทีเดียว เราเรียกส่วนนั้นว่า กล่อง ECU (Electronic Control Unit) เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากในการควบคุมระบบต่างๆของรถยนต์ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับโครงการนี้เป็นกรเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตัว ECU โดยนำข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ หรือ ตัวตรวจวัด ต่างๆภายในรถยนต์ ที่จะส่งไปยังตัว ECU มาทำการประมวลผลเพื่อที่จะคำนวณโดยใช้ MCS-51 แล้วแสดงผลต่างๆ ออกมาทางหน้าจอ LCD ทำให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ขับขี่ในการใช้ตัดสินใจเพื่อที่จะให้เกิดการขับขี่ที่มีการประหยัดน้ำมันสูงสุด นอกจากนั้นยังสามารถแสดงปริมาณน้ำมันที่คงเหลือว่าสามารถที่จะใช้ขับรถยนต์ต่อไปได้อีกเป็นระยะทางเท่าไร โดยการคำนวณจากความสิ้นเปลืองน้ำมันโดยเฉลี่ยของผู้ขับขี่ เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถรับรู้ได้ว่าจะสามารถไปถึงจุดหมายปลายทางที่ต้องการได้โดยที่ต้องเติมน้ำมันอีกครั้งหรือไม่

สำหรับข้อมูลที่จะแสดงทางหน้าจอ LCD มีดังนี้

1. ปริมาณน้ำมัน
2. อัตราส่วนอากาศค่อน้ำมัน
3. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรม

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทํางาน

มาตรวัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนวงจรที่ทำการจำลองเอาพุทที่ได้จากรถยนต์มาเป็นอินพุทในส่วนประมวลผล
- ส่วนประมวลซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์
- ส่วนแสดงผลซึ่งแสดงผลโดยจอ LCD

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

เครื่องยนต์ออตโต (Otto Engine) เป็นเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (Internal Combustion Engine) ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ลูกสูบจุดระเบิดด้วยประกายไฟใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง เครื่องยนต์จึงเป็นเครื่องเปลี่ยนพลังงานเคมี (Chemical Energy) ขณะที่เกิดการเผาไหม้ในลักษณะของพลังงานความร้อน (Heat Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) หรืองานกลออกมาใช้ เครื่องยนต์ ออตโตที่ใช้กันอยู่ในรถยนต์ส่วนมากในประเทศไทยเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถแยกออกตามลักษณะวิธีการใช้เชื้อเพลิงเบนซินได้คือ เครื่องยนต์เบนซินคาร์บูเรเตอร์และเครื่องยนต์เบนซินหัวฉีด

คุณสมบัติเฉพาะของเครื่องยนต์ออตโต

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟไม่ว่าจะใช้เชื้อเพลิงอะไรก็ตาม จะมีคุณสมบัติดังนี้

1. การผสมเชื้อเพลิงระเบิดเกิดภายนอกเครื่องยนต์ ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงเป็นเชื้อผสมที่บรรจุเข้าไปในกระบอกสูบจะทำการผสมกลูกเคล้า (ปฏิกิริยาทางฟิสิกส์) กันภายนอกห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)
2. จุดติดไฟด้วยอุปกรณ์ภายนอก การจุดติดไฟของเชื้อผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง จะทำได้โดยประกายไฟที่เกิดจากอุปกรณ์ระบบจุดระเบิดที่ใช้ไฟฟ้าแรงสูงให้ความร้อนจุดติดไฟเชื้อระเบิดให้เกิดการเผาไหม้ภายใต้ความดันรวดเร็วและรุนแรงจึงเรียก ลักษณะการจุดติดไฟเผาไหม้แบบนี้ว่า การจุดระเบิด (Ignition)
3. เผาไหม้ในห้องที่มีปริมาตรคงที่ การเผาไหม้หรือการสันดาป ของเชื้อผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศอยู่ในห้องเผาไหม้ขณะที่มีขนาดคงที่ ตั้งแต่เริ่มจุดติดไฟจนเผาไหม้เชื้อผสมจนหมดสิ้น เพราะเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก หรือใช้เวลาน้อยมาก และ ลูกสูบอยู่ใกล้ตำแหน่งศูนย์ตายบน ลูกสูบจึงเคลื่อนที่น้อยมากอาจกล่าวได้ว่า ปริมาตรของห้องเผาไหม้มีขนาดเท่าเดิมตลอดเวลาที่เกิดการเผาไหม้เชื้อระเบิด
4. การจัดการกับจำนวนเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในทุกๆ ความเร็วรอบและภาระของเครื่องยนต์ อัตราผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อัตราส่วนผสมที่เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลถึงประสิทธิภาพการเผาไหม้ซึ่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความถี่ของการนำเชื้อเพลิงที่มีภาระนำเข้าไปใช้

2.2 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ

การแบ่งกลุ่มเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะอันมีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ สามารถจะจัดแบ่งกลุ่มขึ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นพื้นฐานของเครื่องยนต์ดังต่อไปนี้

1. **เสื้อสูบกับกระบอกสูบและห้องเพลาค้อเหวี่ยง** เป็นชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เป็นโครงสร้างหลักสำหรับยึดชิ้นส่วนอื่นๆของเครื่องยนต์
2. **กลไกลูกสูบและข้อหมุนเหวี่ยง (Piston and Cranking Mechanism)** ประกอบด้วย ลูกสูบ ก้านสูบ เพลาค้อเหวี่ยง และล้อช่วยแรง เป็นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์ที่รับความดันมาจากการเผาไหม้ในห้องสูบแล้วเปลี่ยนเป็นแรงกระทำบนหัวลูกสูบ ไปส่งต่อผ่านก้านสูบ ไปกระทำที่ข้อก้านหมุนเพลาค้อเหวี่ยงให้เพลาค้อเหวี่ยงหมุนอย่างเรียบจ่ายแรงบิดออกไปใช้งาน
3. **ฝาสูบ** เป็นฝาปิดกระบอกสูบทำให้เกิดเป็นห้องเผาไหม้ขึ้นในเครื่องยนต์และทำแอ่งให้เป็นปริมาตรอัดเกิดขึ้นบนฝาสูบ
4. **กลไกลิ้น (Valve Mechanism)** หรือกลไกควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine Steering Mechanism) ประกอบขึ้นด้วย เพลาลูกเบี้ยว ปลอกกระทุ้งลิ้น ก้านกระทุ้งลิ้น กระจีตงกลลิ้น สปริงลิ้น และลิ้น ส่วนชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องยนต์อื่นๆ เช่น คาร์บูเรเตอร์ ระบบจุดระเบิด ปั้มน้ำ อัลเตอร์เนเตอร์ มอเตอร์สตาร์ท ปั้มน้ำมันเครื่อง เป็นชิ้นส่วนระบบการทำงานของเครื่องยนต์ ที่มีแตกต่างกัน ตามแบบของระบบนั้นๆ และเป็นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ 2 จังหวะด้วย

2.3 กระบวนการทำงานในแต่ละจังหวะของเครื่องยนต์ออตโต 4 จังหวะ

ในแต่ละกลวัฏเครื่องยนต์ ขึ้นตอนตามลำดับ คลอดกลวัฏเครื่องยนต์ คือ การใส่ การอัด การใช้งาน และการดำเนิน ไปกับการเล่นของลูกสูบทั้ง 4 ช่วงชักดังต่อไปนี้

1. จังหวะดูด (Suction Stroke)

การดูดหรือการบรรจุสูบเริ่มจากลิ้นไอดีเปิดก่อนที่ลูกสูบ ถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนลงแล้วผ่านเลยหลังศูนย์ตายล่าง กระบอกสูบจะได้รับการบรรจุกระบอกสูบหรือการใส่เชื้อผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศตลอดเวลาระหว่างจังหวะดูด

ในระหว่างที่ลูกสูบเลื่อนตัวเองไปหลังศูนย์ตายบน ทำให้ปริมาตรกระบอกสูบโตขึ้นและนำไปสู่การลดลงของความดันเป็นความกดดันต่ำจนเหลือประมาณ 0.8- 0.9 บาร์ก็จะมีอาการดูดเกิดขึ้นในห้องสูบตามมาด้วยการเปิดของลิ้นไอดี เชื้อผสมของเบนซินและอากาศก็จะไหลเข้ามาในห้องสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ก่อนการตีพิมพ์และการตีพิมพ์นี้ ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หากอุณหภูมิทำงาน (Working Temperature) ของเครื่องยนต์ทำให้อุณหภูมิของ
ไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดเวลาการคูดของลูกสูบ เชื้อผสมของอากาศและเบนซินจะเข้าสู่ห้องสูบเป็นไปอย่างรวดเร็วไม่ชักช้าเนื่องจากการขยายโตขึ้นของปริมาตรในห้องสูบ เมื่อลูกสูบเลื่อนลงเป็นผลให้ห้องสูบมีความกดดันต่ำ เกิดความแตกต่างและต่ำกว่าภายนอกห้องสูบขึ้นมาก หมายถึงว่าด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลิ้นไอดีที่โตเท่าที่จะทำได้ยอมให้ไอดีไหลผ่านเข้าไปในห้องสูบ ลิ้นไอดีเปิดก่อนศูนย์ตายบนถึงประมาณ 40 องศา เพลาค้อเหวี่ยง แต่อย่างไรก็ไม่สามารถทำให้การบรรจุสูบของไอดีเข้าไปทดแทนความดันที่ต่ำลงเป็นไปได้อย่างเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และจากการที่กระแสไหลของไอดียังมีพลังอยู่มากด้วยความเฉื่อยของมันในช่วงสั้นๆหลังศูนย์ตายล่าง เพื่อต้องการให้มีการบรรจุสูบบยาวนานขึ้นจึงยอมให้ลิ้นไอดีเปิดให้ไอดีไหลเข้าห้องสูบต่อไปอีก จนถึงหลังศูนย์ตายล่างประมาณ 70 องศาเพลาค้อเหวี่ยงแล้วลิ้นไอดีจึงปิด การบรรจุไอดีเข้าห้องสูบจึงจะสิ้นสุดลง

จากความเร็วรอบของเครื่องยนต์ทำให้การบรรจุสูบลูกสูบมีเวลาดันที่จะไหลเข้าไปผ่านลิ้นไอดี ลิ้นไอดีจึงต้องเปิดเร็วขึ้นก่อนศูนย์ตายบนและปิดช้าลงหลังศูนย์ตายล่างให้ลิ้นไอดีมีเวลาเปิดยาวขึ้น รวมช่วงการเปิดของลิ้นไอดีประมาณ 300 องศาเพลาค้อเหวี่ยง จำนวนองศาก่อนศูนย์ตายบนหรือหลังศูนย์ตายล่างจะมีจำนวนมากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการออกแบบความเร็วรอบของเครื่องยนต์

รูปที่ 2.1 การทำงานในห้องสูบจังหวะดูด

2. จังหวะอัด (Compression Stroke)

การอัดเชื้อผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเกิดขึ้นขณะลูกสูบเคลื่อนขึ้นสู่ศูนย์ตายบนเมื่อลิ้นไอดีปิดแล้วทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นแต่การอัดนั้นยังไม่ทำให้อุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงเกิดจุดติดไฟตัวเองหรือการชิงจุดขึ้นได้

จากอุณหภูมิอัด (Compression Temperature) ที่สูงขึ้นทำให้เชื้อเพลิงกลายเป็นไอระเหย (vapour) ดีขึ้นกว่าเดิมและเกิดการคอลลิดกับอากาศได้ดีขึ้นด้วยกลายเป็นเชื้อระเบิด (Vapoured Mixture) ในจังหวะอัดลูกสูบเคลื่อนตัวเองจากศูนย์ตายล่างขึ้นสู่ศูนย์ตายบนลิ้นไอดียังเปิดอยู่จนกว่าถึงหลังศูนย์ตายบน 70 องศาเพลาค้อเหวี่ยง ในช่วงเวลานี้กระบอกสูบปริมาตรจะเล็กลง ความดันและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น การวัดขนาดของการอัดที่ศูนย์ตายบนวัดเป็น อัตราอัด (Compression Ratio)

การเลือกใช้อัตราอัดในเครื่องยนต์ออตโตเมื่อลูกสูบอัดสุดหรือปลายจังหวะอัดจะต้องไม่เกิดการชิงจุด(Preignition) ของเชื้อผสมของอากาศและเบนซินในห้องสูบขึ้นได้หมายถึงว่าถ้าเกิดการชิงจุดจะทำให้เครื่องยนต์เกิดการน็อกขึ้น จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่ต้านการน็อก(Anti Knock) และการออกแบบลักษณะห้องเผาไหม้ที่เหมาะสม จึงทำให้เครื่องยนต์นี้้อตราอัดสูงขึ้นได้ถึงประมาณ 8: 1-11 :1 และอุณหภูมิอัดสูงสุดถึงประมาณ 350-450 องศาเซลเซียสอันเป็นอุณหภูมิอัดเฉลี่ยที่เป็นค่ากลางๆ ส่วนอุณหภูมิที่เป็นจริง ซึ่งสูงกว่านี้จะถูกหล่อเย็นหรือระบายออกไปทางผนังกระบอกสูบส่วนหนึ่งและทางขึ้นส่วนหล่อเย็นอื่นๆ อีกเช่น หัวลูกสูบลิ้น ไอเสียเป็นส่วนใหญ่

อัตราอัดของเครื่องยนต์เป็นผลให้เกิดความดันอัดหรือกำลังอัด(Compression Pressure) ขึ้นประมาณ 10-16 บาร์ ผลเสียของการอัดสูงๆ ติดตามมาคือความดันในจังหวะงานสูงด้วสิ่งทีติดตามมา คือ ชิ้นส่วนเครื่องยนต์รับภาระมากเกินไป (Over load) การจุดติดไฟของเชื้อระเบิด ยังอยู่ในช่วงที่ลูกสูบเคลื่อนจากศูนย์ตายล่าง ขึ้นสู่ศูนย์ตายบน ความดันที่เพิ่มสูงมากขึ้น จึงไม่เกิดขึ้นเพียงจากปริมาตรที่ค่อนข้างเล็กลงเท่านั้น แต่ยังเพิ่มขึ้นมาจากการเผาไหม้ที่รวดเร็วและรุนแรงที่เรียกว่าการจุดระเบิดอีกด้วย และการเกิดความดันที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ตามสัดส่วนของกำลังอัดในจังหวะอัดนี้เป็นการเพิ่มความดันในห้องเผาไหม้ที่ล้อยๆ เกิดขึ้นก่อนลูกสูบถึงศูนย์ตายบนอีกด้วย



รูปที่ 2.2 การทำงานในห้องสูบของจังหวะอัด

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

ใช้งานความดันจากการเผาไหม้เริ่มตั้งแต่การจุดระเบิดจากประกายไฟหัวเทียน ก่อนศูนย์ตายบนและเบนซินจะเผาไหม้สมบูรณ์ในช่วงจังหวะอัด แล้วดันหัวลูกสูบหลังจากเปลี่ยนการเคลื่อนที่จากขึ้นเป็นลงให้เลื่อนลงมาจากศูนย์ตายบนสู่ศูนย์ตายล่าง

ที่ความดันสูงเกือบถึงจุดที่เชื้อผสมของอากาศและเบนซินจะติดไฟขึ้นเองได้ ประกายไฟจุดระเบิด (Ignition Spark) จะปรากฏเกิดขึ้นเพื่อความร้อนที่จะจุดให้เบนซินติดไฟเผาไหม้ขึ้น ตำแหน่งที่เกิดประกายไฟจุดระเบิดจะอยู่ก่อนศูนย์ตายบน เล็กน้อยตอนปลายจังหวะอัด เมื่อเกิด

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ห้ามดัดแปลงแก้ไข หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ห้ามนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศูนย์ตายบน ตำแหน่งจุดติดไฟหรือองศาจุดระเบิดขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเครื่องยนต์ คือความเร็วรอบและภาระ จำนวนองศาเพลาช้อเหียงสูงสุดของเครื่องยนต์ออกโตประมาณ 40 องศา ก่อนศูนย์ตายบน เมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อผสมที่บรรจุสูบแล้วจะเกิดการขยายตัวของแก๊สเผาไหม้ที่มีความร้อนสูงและความดันที่เกิดขึ้นจะดันให้ลูกสูบแล่นลงสู่ศูนย์ตายล่าง

กระบวนการเผาไหม้ (Combustion Process) กระบวนการเผาไหม้เริ่มโดยอนุเล็ๆ ของเชื้อผสมของอากาศและเบนซิน ได้พบกับประกายไฟของหัวเทียนตรงจุดที่จุดติดไฟ (Ignition Point) การเผาไหม้จะส่งต่อกันออกไปเป็นชั้นๆ ของเชื้อระเบิดเป็นเปลวติดไฟหรือเปลวหน้า(Flame Front) ลูกกลมต่อไปเรื่อยๆ ผ่านเข้าสู่ห้องเผาไหม้แผ่กระจายลูกกลมเป็นรูปรัศมีโดยรอบ เพื่อให้เกิดการจุดระเบิดของเชื้อระเบิดเป็นไป อย่างปลอดภัยจะต้องมีเงื่อนไขต่อไปนี้

1. เปลวไฟจะต้องมีจำนวนปริมาณที่ร้อนมากพอ
2. ความสามารถจุดติดไฟของเชื้อผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศจะเกิดขึ้นได้ ด้วยประกายไฟจากหัวเทียนเท่านั้น ไม่ว่าเครื่องยนต์ร้อนขึ้นในอุณหภูมิทำงาน หรือเครื่องยนต์เย็นอยู่ในขณะสตาร์ทคิดเครื่อง

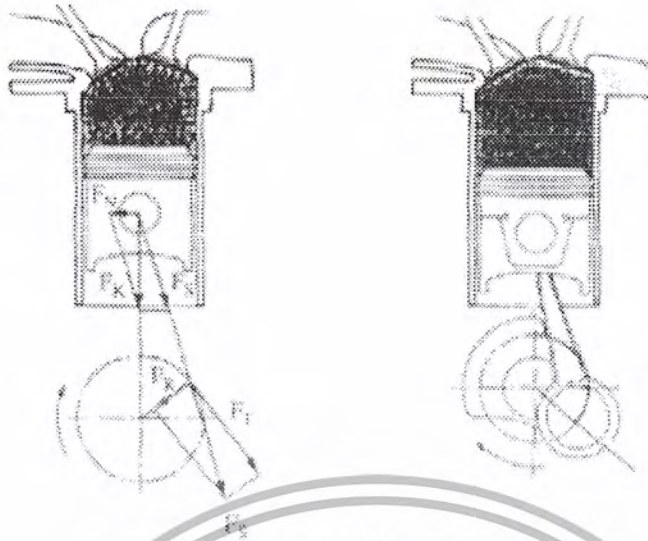
ความเร็วของเปลวติดไฟจะถูกนำไปให้ไหลเข้าเผาไหม้ด้วยการนำความร้อน (Heat Conduction) และการผัดความร้อน(Heat Exchange) หรือการถ่ายเทความร้อนระหว่างเชื้อระเบิดที่เผาไหม้แล้วกับเชื้อระเบิดที่ยังไม่เผาไหม้ หากเกิดการหมุนวนในห้องเผาไหม้เป็นไปอย่างดี ก็เป็นแนวโน้มที่จะส่งเสริมให้เกิดการเผาไหม้ ได้อย่างรวดเร็วขึ้น การเพิ่มการอัดของเชื้อระเบิดให้สูงขึ้นอันนำไปสู่การทำให้อุณหภูมิเชื้อระเบิดสูงขึ้นก็เป็น การทำให้การเผาไหม้ลูกกลมเผาไหม้ระเบิดเร็วยิ่งขึ้นด้วย

จากการเผาไหม้ทำให้ความดันเพิ่มสูงขึ้นถึง 30-50 บาร์ ด้วยอุณหภูมิ 2000-2500 องศาเซลเซียส และความเร็วในการเผาไหม้ลูกกลมไปประมาณ 10-50 เมตร/วินาที

ค่าต่างๆ จะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับอัตราอัดของเครื่องยนต์ ลักษณะการคลุกเคล้าของเชื้อผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ และรูปแบบของห้องเผาไหม้

การเผาไหม้เชื้อผสมเชื้อเพลิง จะต้องเผาไหม้หมดเรียบร้อยหลังจากศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อยเมื่อลูกสูบเริ่มเลื่อนลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



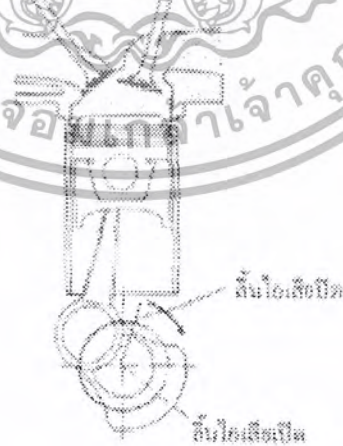
ลิ้น ไอเสียเปิด

รูปที่ 2.3 การทำงานในห้องสูบของจังหวะงาน

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke)

การคายเริ่มจากก่อนศูนย์ตายล่างและไปเสร็จสิ้นหลังศูนย์ตายบน แก๊สเผาไหม้จะต้องถูกนำออกจาก ห้องเผาไหม้อย่างหมดจด

ในระหว่างจังหวะงาน ประมาณ 40- 60 องศาเพลลาข้อเหวี่ยงก่อนศูนย์ตายล่างลิ้นไอเสียเริ่มเปิด จากความดันที่เกิดการระเบิดและขยายตัว แล้วลดลงเหลือประมาณ 3-5 บาร์ จะดันให้แก๊สเผาไหม้เริ่มไหลกลับเท ออกทางช่องไอเสีย ด้วยความเร็วสูงพอสมควร และเพื่อต้องการให้แก๊สเผาไหม้จำนวนมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ไหลออกไป ด้วยกระแสไหลมากที่สุด ลิ้น ไอเสียจึงจะปิดหลังศูนย์ตายบน 30 องศาเพลลาข้อเหวี่ยง



รูปที่ 2.4 การทำงานในห้องสูบของจังหวะคาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มัลติไวเบรเตอร์

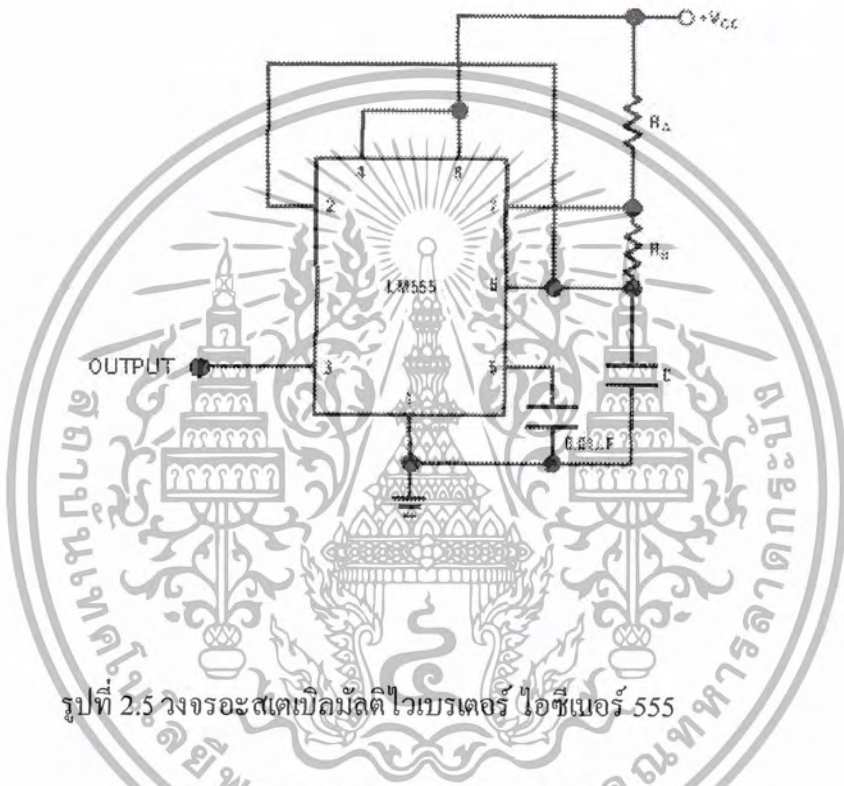
วงจรมัลติไวเบรเตอร์(multivibrator circuit) จะทำหน้าที่เหมือนวงจรกำเนิดความถี่ คลื่นสี่เหลี่ยม และบางแบบก็จะทำหน้าที่เหมือนวงจรสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ การกำเนิดความถี่ด้วยวงจรมัลติไวเบรเตอร์บางชนิดสามารถกำเนิดความถี่ขึ้นมาได้ด้วยตัวเอง บางชนิดต้องมีสัญญาณมาควบคุมการทำงานของตัวมัน สามารถแบ่งมัลติไวเบรเตอร์ ได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. **ออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (astable multivibrator)** เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่ทำงานได้ด้วยตัวเอง ทำหน้าที่คล้ายวงจรกำเนิดความถี่ คือตัวมันเองสามารถทำงานและหยุดทำงานสลับกันตลอดเวลา บางครั้งจะเรียกว่า ฟรีรันนิ่งมัลติไวเบรเตอร์(free running multivibrator)
2. **โมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์(monostable multivibrator)** เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่การเปลี่ยนแปลงการทำงานจะต้องมีสัญญาณอินพุตมาควบคุมการทำงาน การทำงานของวงจรแต่ละครั้งจะทำงานเพียงสภาวะเดียว โดยที่วงจรหนึ่งจะทำงานตลอดเวลา ส่วนอีกวงจรหนึ่งจะคัตออฟตลอดเวลา วงจรจะอยู่ในสภาวะเช่นนี้จนกว่าจะมีสัญญาณอินพุตมากระตุ้น สภาวะการทำงานจะกลับกันชั่วขณะ คือวงจรที่ทำงานอยู่จะคัตออฟ วงจรที่คัตออฟอยู่จะทำงานแทน หลังจากช่วงเวลาที่กำหนดไว้หมดลง วงจรจะกลับไปอยู่ในสภาวะเดิม เวลาตั้งกล่าวจะถูกกำหนดโดยค่าของเวลาคงที่ RC วงจรจะกลับไปอยู่ในสภาวะเดิมจนกระทั่งมีอินพุตใหม่ป้อนเข้ามาอีก วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์นี้บางครั้งจะเรียกว่า วันช็อตมัลติไวเบรเตอร์ (one-shot multivibrator)
3. **ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (bistable multivibrator)** เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานต้องมีสัญญาณอินพุตมาควบคุมการทำงาน สภาวะการทำงานวงจรหนึ่งทำงาน ส่วนอีกวงจรหนึ่งคัตออฟ วงจรจะอยู่ในสภาวะเช่นนี้จนกว่าจะมีสัญญาณอินพุตมากระตุ้น การทำงานของวงจรจึงกลับกันคือ วงจรที่ทำงานอยู่จะหยุดทำงาน วงจรที่คัตออฟจะทำงานแทน โดยวงจรอยู่ในสภาวะเช่นนี้ตลอดไปจนกว่าจะมีสัญญาณอินพุตครั้งที่ 2 ป้อนมากระตุ้น สภาวะการทำงานจึงกลับไปอยู่ในสภาวะเดิมเหมือนครั้งแรก ในการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานทุกครั้งต้องมีสัญญาณอินพุตมาควบคุม มัลติไวเบรเตอร์แบบนี้บางครั้งจะเรียกว่า ฟลิปฟลอป(flip flop)

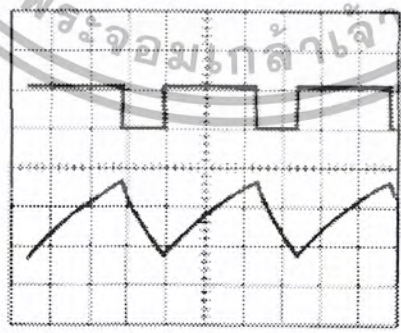
2.5 ออสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบไอซีเบอร์ 555

ไอซีเบอร์ 555 จัดเป็นพวงวงจรตั้งเวลาที่ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายและนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ลักษณะของวงจรเบื้องต้นจะเป็นวงจรที่ใช้ในการหน่วงเวลาจรที่ใช้ในการหน่วงเวลาหรือตั้งเวลา โดยอาศัยหลักการประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุเข้าร่วมกับตัวไอซี และจัดอุปกรณ์ร่วมภายนอกอีกเล็กน้อยก็สามารถทำให้ไอซี 555 ทำงานได้ตามต้องการ ส่วนประกอบภายในของไอซี 555 ทำงานได้ตามต้องการ

ในรูปแบบเป็นส่วนประกอบภายในของตัวไอซี 555 มี 8 ขา ภายในประกอบด้วยออปแอมป์ทำหน้าที เป็นตัวเปรียบเทียบ 2 ตัว ตัวฟลิปฟล็อป 1 ตัว ตัวบัพเฟอร์ 1 ตัว และทรานซิสเตอร์ชนิด NPN 1 ตัวทำหน้าที่ ร่วมกันในการทำงาน การต่อวงจรใช้งานในลักษณะต่างๆ ทำได้โดยต่อวงจรร่วมกับอุปกรณ์ RC ภายนอกอีกเล็กน้อยก็สามารถสร้างวงจรตามต้องการได้ เช่น วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ แสดงดังรูป



รูปที่ 2.5 วงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ไอซีเบอร์ 555



รูปที่ 2.6 สัญญาณจากวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ไอซีเบอร์ 555

จากรูปแสดงวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ 555 การทำงานของวงจร

อธิบายได้ดังนี้ ทั้งขาทริกเกอร์ (2) และขาเทสโวลต์ (6) ถูกต่อร่วมกัน และต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ C1 เพื่อรับแรงดันของตัวเก็บประจุ C1 ตัวเก็บประจุ C1 จะประจุแรงดันผ่านตัวต้านทานทั้ง R1 ไม่ช้ากว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ R2 จนมีค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C1 ถึง $2V_{cc}/3$ จะเป็นจุดกำหนดของตัวเปรียบเทียบที่ 1 ทำให้ตัวเก็บประจุ C1 เริ่มคายประจุผ่าน R2 ไปหาดีสชาร์จ (7) ผ่าน ทรานซิสเตอร์ลงกราวด์ ภายในตัวไอซี จนกระทั่งเหลือแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C1 เพียง $V_{cc}/3$ จะเป็นจุดกำหนดของตัวเปรียบเทียบที่ 2 ตัวเก็บประจุ C1 เริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้ง แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุ C1 เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างแรงดัน $V_{cc}/3$ ถึง $2V_{cc}/3$

แรงดันของสัญญาณที่ออกเอาต์พุต E_o ในตำแหน่ง T1 จะมีค่าเวลาคงที่เท่ากับ $(R1+R2)C1$ ในขณะที่ตัวเก็บประจุ C1 ประจุแรงดัน และในตำแหน่ง T2 ไม่มีแรงดันออกเอาต์พุตจะมีค่าเวลาคงที่เท่ากับ $R2C1$ ในจังหวะที่ตัวเก็บประจุ C1 คายประจุ ค่าเวลาดังกล่าวหาได้จากกรณีที่ตัวเก็บประจุ C1 ประจุแรงดันจาก $V_{cc}/3$ ถึง V_{cc} และที่เวลา T1 แรงดันจะมีค่าเท่ากับ $2V_{cc}/3$ นั้นจะได้

$$2/3 V_{cc} = (V_{cc} - 1/3 V_{cc})(1 - e^{-t/T1}) + 1/3 V_{cc}$$

เวลาที่เริ่มแรงดันออกเอาต์พุตที่เวลา T1 หาได้โดย

$$T1 = (R1+R2)C1 \ln 2 = 0.693(R1+R2)C1$$

เวลาที่ไม่มีแรงดันออกเอาต์พุตที่เวลา T2 หาได้โดย

$$T2 = R2C1 \ln 2 = 0.693 R2C1$$

เวลา 1 คาบของสัญญาณคือเหลี่ยมมุมฉากออกเอาต์พุต คือ ผลรวมของ T1 + T2 หาได้โดย

$$\begin{aligned} T &= T1 + T2 \\ &= [0.693(R1+R2)C1] + [0.693 R2C1] \\ &= 0.693(R1+2R2)C1 \end{aligned}$$

สามารถหาความถี่ของวงจรได้โดย

$$f = 1/T = 1/[0.693(R1+2R2)C1]$$

$$f = 1.443/(R1+2R2)C1$$

ค่าควิตีไซเคิลของสัญญาณหาได้โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของควิตีไซเคิล} = 100 \times T1/[T1 + T2]$$

$$\text{หรือ เปอร์เซ็นต์ของควิตีไซเคิล} = 100 \times [R1+R2]/[R1+2R2]$$

2.6 แบบของการฉีดเบนซิน

ความแตกต่างของลักษณะพิเศษพื้นฐานของการฉีดเบนซินมีอยู่ 2 แบบ คือการฉีดเบนซินเป็นห้วง ๆ และการฉีดเบนซินแบบต่อเนื่อง ในสมัยแรกๆ จำนวนปริมาณเบนซินฉีดออกมาในช่วงเวลาเป็นห้วง ๆ เฉพาะในเวลาที่ต้องการ ต่อมาจึงนำการฉีดเบนซินเป็นกระแสน้ำอย่างต่อเนื่องมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การฉีดน้ำมันเบนซินเป็นห้วงๆ (Intermittent Benzine Injection)

น้ำมันเบนซินจะฉีดเข้าไปในช่อง ไอดีหรือที่บริเวณก่อนถึงลิ้น ไอดี มีการควบคุมการฉีดหลายแบบ คือ

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

2. การฉีดน้ำมันเบนซินต่อเนื่อง (Continuous Benzine Injection)

น้ำมันเบนซินจะฉีดเข้าไปในช่อง ไอดีหรือท่อ ไอดีไปเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา มีการควบคุมออกแบบใช้งานหลายแบบ คือ

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

2.7 สัญญาณควบคุมหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์(Pulse Injection)

สัญญาณควบคุมหัวฉีดนั้นจะถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์(Electronic Control Unit : ECU) ซึ่งมีการทำงานดังนี้

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้อัตราส่วน ผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง ที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในสภาวะการทำงานต่างๆ

โครงสร้างภายในของหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบด้วย ตัวต้านทาน ไดโอด คาปาซิเตอร์ ทรานซิสเตอร์ และ ไอซี หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยมเรียกกันว่า “ คอมพิวเตอร์ ” เนื่องจากหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์รุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบัน ได้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องยนต์ EFI รุ่นแรกๆ จะมีหน้าที่เพียง 2 ประการคือ ควบคุมจังหวะหัวฉีด และควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ของหัวฉีด ระบบ EFI ที่ใช้

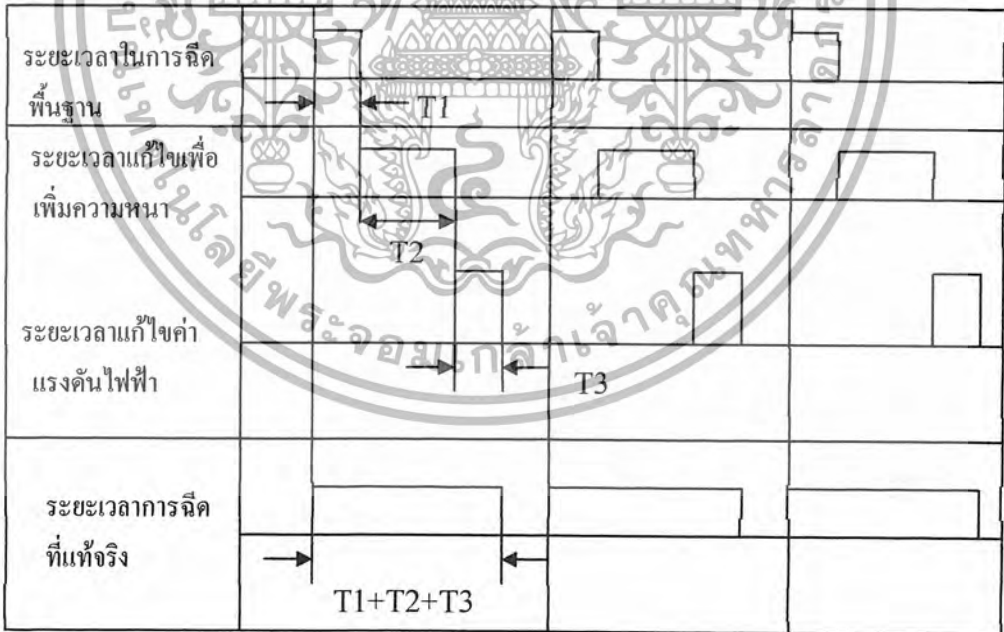
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากท่านใดนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ท่านต้องรับผิดชอบต่อความเสียหายใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ได้ถูกพัฒนาให้มีหน้าที่การทำงานหลายๆ อย่างเพิ่มขึ้นจากเดิม เช่น ควบคุมการจุดระเบิด ควบคุมความเร็วรอบเดินเบา ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง วินิจฉัยข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ เป็นต้น หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบที่มีหน้าที่การทำงานหลายๆ อย่างนี้ จะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ตามบริษัทผู้ผลิต เช่น TCCS , 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 หรือที่ขั้วลบของคอยล์จุดระเบิด

หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะคอยตรวจจับสัญญาณ การจุดระเบิดจากขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ซึ่งมีอยู่ 4 ครั้งต่อการหมุนของเครื่องยนต์ 2 รอบ ถ้าสำหรับเครื่องยนต์ 4 สูบ สัญญาณการจุดระเบิดจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular Pulse) จากนั้นจะถูกวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลดจำนวนคลื่นลงเหลือครึ่งหนึ่ง คือ 2 ช่วงคลื่น สำหรับนำไปควบคุมจังหวะการฉีดดังแสดงในรูปที่ 2.7 ดังนั้นใน 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์จะมีการฉีด 2 ครั้ง



รูปที่ 2.7 แสดงการสร้างสัญญาณควบคุมจังหวะการฉีดของ ECU

การฉีด น้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดที่กำหนดโดย ECU ทั้ง 2 ครั้ง จะเป็นการฉีดพร้อมกันทุกสูบ โดยไม่คำนึงถึงลำดับการจุดระเบิดและตำแหน่งการปิด-เปิด ของลิ้นไอดี-กรณีที่มีการฉีดในจังหวะอื่นที่ไม่ควรฉีดไม่ใช้จังหวะจุด ซึ่งลิ้นไอดีปิดจะไม่มีปัญหาเรื่องน้ำมันคั่งค้างในท่อไอดี เนื่องจากใน 1 รอบการ

ทำงานของเครื่องยนต์มีระยะเวลาที่น้อยมากพร้อมทั้งบริเวณท่อไอดีที่มีน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปนั้น มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้น น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมาจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบในจังหวะดูดของรอบต่อไป

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)

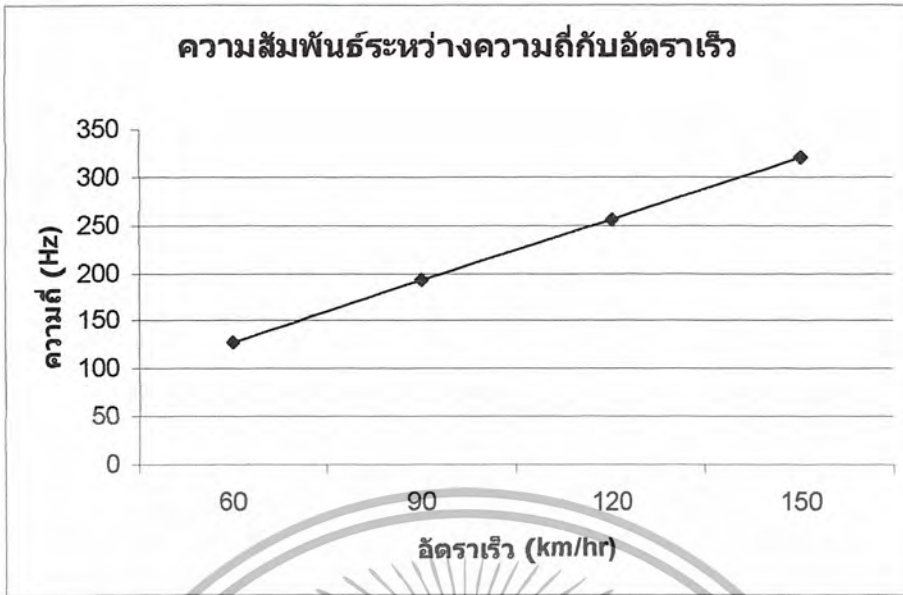
หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ จะควบคุมระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จะทำการคำนวณหาระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจากสัญญาณความเร็วรอบเครื่องยนต์ และสัญญาณไฟฟ้ามาจากมาตรวัดการไหลของอากาศ หลังจากนั้นระยะเวลาในการฉีดพื้นฐานจะถูกแก้ไข ให้มีระยะการฉีดมากขึ้น เพื่อเพิ่มความหนาของเชื้อเพลิงตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ โดยได้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับตำแหน่งลิ้นเร่ง ตัวตรวจจับอุณหภูมิน้ำ ตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ และสัญญาณการสตาร์ท และระยะเวลาในการฉีดที่ได้จะถูกแก้ไขเพิ่มเติมจากค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ที่เปลี่ยนไปจากค่าแรงดันตามปกติ (12 V) แล้วส่งต่อไปยังหัวฉีดเพื่อทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

สรุปแล้ว ระยะเวลาในการฉีดทั้งหมด จะเท่ากับ ระยะเวลาในการฉีดพื้นฐาน + ระยะเวลาที่แก้ไขเพื่อเพิ่มความหนาตามสภาวะการทำงาน + ระยะเวลาที่แก้ไขจากค่าแรงดันไฟฟ้า

2.8 สัญญาณความเร็วรถยนต์

ความเร็วรถยนต์นี้ถูกนำไปใช้ในการหาค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงซึ่งในรถยนต์ โตโยต้า การแสดงความเร็วรถยนต์บนหน้าปัดรถยนต์นั้นเกิดจากการสร้างพัลส์ ซึ่งมี ดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) 50 เปอร์เซ็นต์ โดย แต่ละความเร็วก็จะทำให้ความถี่ของพัลส์เปลี่ยนไป ซึ่งสามารถแสดง ได้ดังกราฟ โดย ที่กราฟนี้จะมีความเป็นเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับอัตราเร็ว

2.9 อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้กับรถยนต์ จะประกอบด้วย ส่วนผสม 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 หรือ ประมาณ 15:1 เมื่อคิดโดยน้ำหนัก กล่าวคือ จะต้องใช้อากาศหนัก 14.7 Kg ค่อน้ำมันเบนซิน 1 Kg หรือ ถ้าคิดปริมาตรจะต้องใช้อากาศจำนวน 10,000 ลิตร ค่อน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร

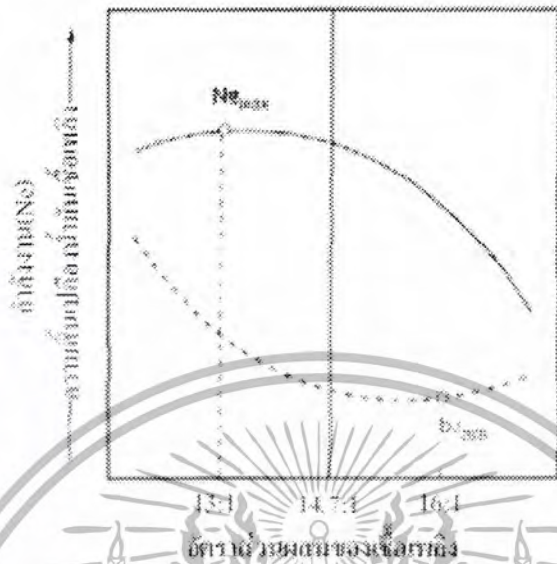
2. ส่วนผสมหนา

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ถือว่าเป็นอัตราส่วนผสมที่พอดี สำหรับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ถ้าอัตราส่วนผสมน้อยกว่า 14.7 :1 เช่น 12:1 ซึ่งเป็นส่วนผสมที่ใช้อากาศน้อยกว่าทฤษฎี จะเรียกว่า ส่วนผสมหนา(rich mixture)

3. ส่วนผสมบาง

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

2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงต่อความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและกำลังของเครื่องยนต์

จากกราฟ อัตราส่วนของเชื้อเพลิงที่ประมาณ 16 : 1 (bcmin) เป็นอัตราส่วนที่มีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และที่อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 12-13:1 (Nemax) จะเป็นช่วงที่ให้อัตราการเร่งดี เนื่องจากกราฟขึ้นสู่ค่าสูงสุด

2.11 อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เครื่องยนต์ต้องการในสภาวะการทำงานต่างๆ

อัตราส่วนผสมต่างๆที่เหมาะสมกับสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนี้ คือ

1. ขณะทำการสตาร์ท เครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่ค่อนข้างหนามาก (ประมาณ 10:1) เนื่องจากในขณะสตาร์ท เครื่องยนต์ยังมีความเร็วรอบต่ำ เป็นเหตุให้อากาศที่ไหลผ่านตัวจ่ายส่วนผสมมีความเร็วต่ำ ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สามารถเป็นฝอยละเอียดดี พร้อมทั้งเครื่องยนต์ยังมีความฝืดสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงที่หนามากกว่าปกติ เพื่อให้ได้กำลังขยับในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนมากขึ้น และเป็นการชดเชยการเป็นตะอองของน้ำมันที่ยังไม่ดี

2. ขณะเดินเบา เครื่องยนต์มีความเร็วรอบประมาณ 600 – 800 รอบ/นาที ซึ่งเป็นความเร็ว

รอบที่ต่ำ ดังนั้นเครื่องยนต์จึงยังคงต้องการอัตราส่วนผสมที่หนา (ประมาณ 1:10) เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานอยู่ได้โดยไม่สะดุดหรือดับไป เนื่องจากความฝืดของชิ้นส่วน และเพื่อเป็นการชดเชยไม่วากรณ์ใดๆ หุงสิ้น อีกทั้งหามันหุงสดุดแปลงเพื่องหาและตองอาจอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้การเป็นฝอยละเอียดของน้ำมันที่ไม่ค่อยดีนัก

3. ขณะอุณหภูมิต่ำ เครื่องยนต์ต้องการอัตราส่วนผสมที่หนา เพราะความเย็นจะทำให้ฝอยละอองของน้ำมันบางส่วนกลั่นตัวเป็นหยดน้ำมันติดตามผนังท่อไอดีและผนังกระบอกสูบ

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

2.12 ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน(Oxygen Sensor)

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาณออกซิเจน(O₂) ในแก๊ซไอเสียของเครื่องยนต์ แล้วส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากการวัดป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ ให้ปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดให้ได้ส่วนผสมของอากาศ และน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี (14.7:1)

ขณะเครื่องยนต์ทำงานในสภาวะปกติ เครื่องยนต์จะต้องการส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี ซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ คอมพิวเตอร์จะทำการกำหนดระยะเวลาในการฉีด โดยได้รับข้อมูลทางไฟฟ้ามาจากตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามส่วนผสมที่ได้จากการควบคุมของคอมพิวเตอร์อาจมีการผิดพลาดเบี่ยงเบนไปจากค่า 14.7:1 ได้ เนื่องจากสาเหตุของความบกพร่อง หรือความคลาดเคลื่อนในการทำงานของอุปกรณ์ในระบบการเบี่ยงเบนไปของอัตราส่วนผสมนี้สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดปริมาณของออกซิเจนในแก๊ซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ หากอัตราส่วนผสมที่เข้ากระบอกสูบหนา การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะไม่สมบูรณ์ เนื่องมาจากมีออกซิเจนน้อย ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในแก๊ซไอเสียมีน้อย และในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันที่ป้อนเข้ากระบอกสูบบาง ปริมาณของออกซิเจนในแก๊ซไอเสียจะมาก จากปริมาณของออกซิเจนในแก๊ซไอเสีย ได้ถูกนำมาใช้ปรับแก้ไขระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีด ให้ได้ส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงตามทฤษฎี

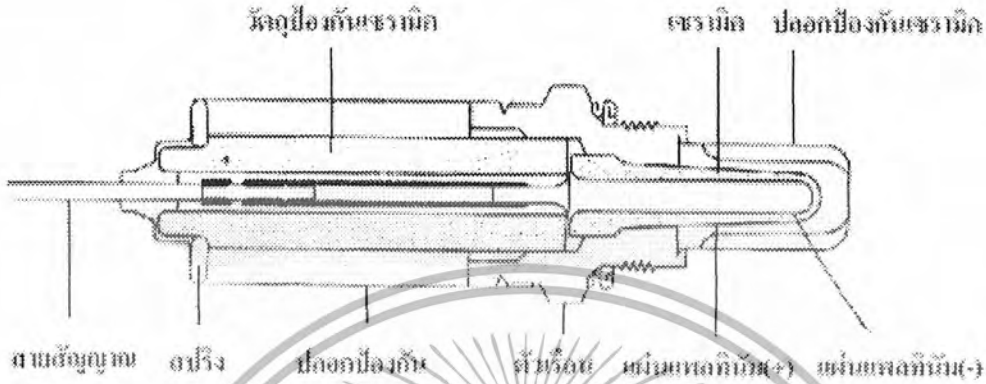
ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เซรามิกชนิดพิเศษที่ทำจากเซอร์โคเนียมไดออกไซด์(Zirconium Dioxide) ฉาบไว้ด้วยแผ่นแพลทินัม(ทองคำขาว) ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนทั้งด้านนอกและด้านในดังในรูปด้านล่างนี้ ตัวตรวจจับออกซิเจนจะถูกติดตั้งยื่นเข้าไปในท่อไอเสีย ให้แผ่นแพลทินัม(+) ที่ฉาบอยู่ด้านนอกของเซรามิกได้สัมผัสกับแก๊ซไอเสีย ส่วนแผ่น

แพลทินัม(-) ทางด้านในของเซรามิกจะต่อกับบรรยากาศภายนอก สำหรับป้องกันการจะเป็นท่อ

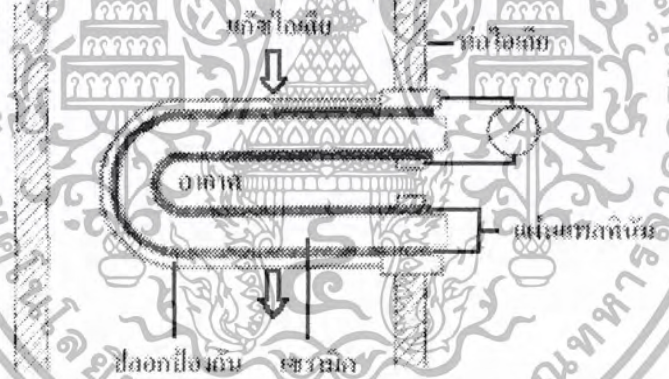
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ซึ่งต้องบรรณาธิการภายนอก สำหรับปกป้องกันจะเป็นท่อ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลหะหุ้มตัวเซรามิก ที่มีช่องให้แก๊สไอเสียผ่านไปยังแพลทินัมและเซรามิกได้ ปลอกนี้จะทำหน้าที่ ป้องกันของแข็งเล็กๆที่ปนอยู่ในแก๊สไอเสียกระทบกับเซรามิก



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

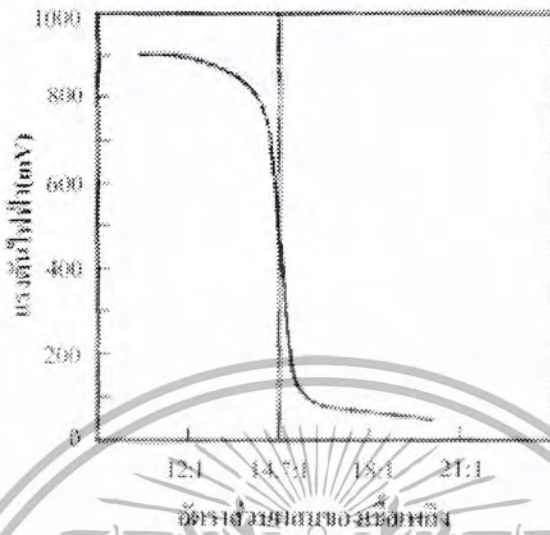


รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะเปรียบเสมือนแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ที่มีการจ่ายค่า แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณออกซิเจนที่ได้รับจากแก๊สไอเสีย ในการทำงานของตัว

ตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะอาศัยความแตกต่างของจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น ระหว่าง แผ่นแพลทินัมที่ฉาบไว้ทั้งสองด้านของเซรามิกและการเป็นตัวนำของเซรามิก เมื่อตัวตรวจจับ ปริมาณออกซิเจนได้รับออกซิเจนจากแก๊สไอเสีย แผ่นแพลทินัมจะมี อิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้น โดย แผ่นแพลทินัมส่วนที่ต่อกับบรรยากาศ ซึ่งได้รับออกซิเจนมากจะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นมาก ส่วนแผ่น แพลทินัมที่สัมผัสกับแก๊สไอเสียจะได้รับออกซิเจนน้อยกว่า ก็จะมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นน้อย สำหรับ เซรามิกเมื่อได้รับออกซิเจนและความร้อนจากแก๊สไอเสียจะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำทางไฟฟ้า ทำให้ เกิดการถ่ายเท ของอิเล็กตรอนเกิดขึ้นในแผ่นแพลทินัมทั้งสอง ดังนั้นหากมีการต่อแผ่นแพลทินัมทั้ง สองเข้ากับวงจร ก็จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหล โดยจะมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นประมาณ 0.1 - 0.9 v

โดยแปรผันตามปริมาณของออกซิเจนในแก๊ซไอเสีย ซึ่งมีผลมาจากอัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้ากระบอกสูบ ดังรูป



รูปที่ 2.13 กราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน

จากกราฟค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจน จะเห็นว่าที่อัตราส่วนผสมหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะสูง และจะลดต่ำลง เมื่ออัตราส่วนผสมบางลง จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการปรับระยะเวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ได้อัตราส่วนผสมเชื้อเพลิงตามทฤษฎี โดยคอมพิวเตอร์จะปรับระยะเวลาในการฉีดน้อยลง เมื่อ

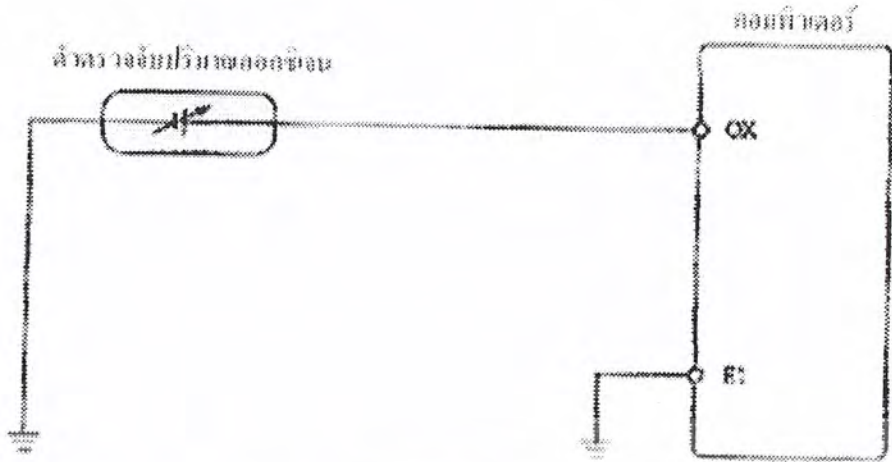
แรงดันไฟฟ้ามากกว่า 0.45 v และปรับระยะเวลาในการฉีดมากขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า 0.45v

ค่าแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนนี้ จะเชื่อถือได้ก็เมื่อมีอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 350°C เนื่องจากเซรามิกจะมีความต้านทานสูงที่อุณหภูมิต่ำ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะไม่เที่ยงตรง ดังนั้นในเครื่องยนตรุ่นใหม่ๆ ตัวตรวจจับปริมาณออกซิเจนจะมีตัวทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (heater) อยู่ภายใน เพื่อทำให้เซรามิกมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สามารถทำงานได้ โดยไม่ต้องรอความร้อนจากแก๊ซไอเสีย ซึ่งบางครั้งใช้เวลานานหากอากาศที่บรรจุเข้าเครื่องยนตรุ่นมีอุณหภูมิต่ำ

สัญญาณจาก Oxygen sensor และ ตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

สัญญาณจาก Oxygen sensor จะมีขนาดของศักดาไฟฟ้า ประมาณ 0-1 โวลต์ ซึ่งเรานำมาขยายสัญญาณเพื่อนำไปเข้าวงจรแปลงสัญญาณ อนุลอก เป็น ดิจิตอล (A/D) แล้วส่งไปยังตัวประมวลผล(CPU) เพื่อที่จะทำการคำนวณและนำค่าที่ได้ไปแสดงผลทางหน้าจอLCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การส่งสัญญาณจากออกซิเจนเซ็นเซอร์

ส่วนตัววัดปริมาณน้ำมันเป็นลูกลอย ที่มีศักดาไฟฟ้าออกมา แล้วแต่ยี่ห้อรถยนต์ ซึ่งเราจะนำมาขยายสัญญาณให้ได้ตามที่เราต้องการ แล้วนำมาเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นดิจิตอล (A/D) แล้วส่งไปยังตัวประมวลผล(CPU) เพื่อคำนวณ เหมือนกับสัญญาณจาก Oxygen Sensor

2.13 ตัวส่งสัญญาณระดับน้ำมัน(Fuel Sender)

ตัวส่งสัญญาณวัดระดับน้ำมัน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในถัง โดยติดตั้งกับชุดลูกลอย ซึ่งเป็นตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ โดยจะมีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสูงของลูกลอย



รูปที่2.15 รูปลูกลอยในถังน้ำมัน

ขณะที่ถังเชื้อเพลิงอยู่ในสถานะว่างเปล่า ลูกลอยจะอยู่ต่ำและตัวต้านทานปรับค่าได้จะมีค่ามาก ซึ่งเป็นการยอมให้กระแสไหลผ่านได้น้อย ถ้าน้ำมันเต็มถัง ลูกลอยนั้นจะลอยสูงขึ้นด้านบนของถังน้ำมัน ทำให้ตัวต้านทานปรับค่าได้มีค่าลดลง ซึ่งเป็นการยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (flash memory) ของ Atmel Corporation มีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ เพื่อการพัฒนางานวัดความชื้น มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลชทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอกส่งผลให้ใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2. ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมากเนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอิมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม

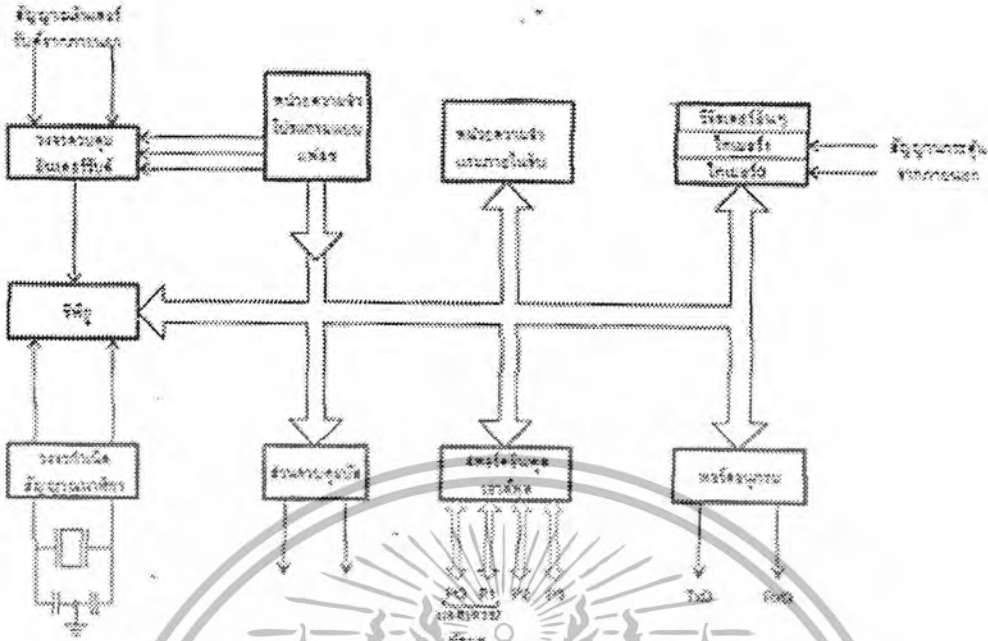
3. ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

4. ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็นอินเทล, ซิเมนส์ หรือดัลลัส

ลักษณะทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชิพขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลช สามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทมเมอร์/คาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณพิกายู่ภายในชิป

ในรูปที่ เป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของ AT89Cxx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐานหากแตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา



รูปที่ 2.16 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลชในอนุกรม AT89Cxx

การจัดการของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรม และขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในภาคผนวก โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขากราวด์สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้ในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มีขา 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 2 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดย

การเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะ ปล่องลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 3 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะ ปล่องลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา INTO

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณ ไทมเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขาเรซีต ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซ็ตอย่างน้อย 2 เมกซ์ซินไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ขาของพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับ โปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีอีพรอม

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรเลอร์ ต้องการอ่านข้อมูล จากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละเมกซ์ซินไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น “1” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรเลอร์ ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุต สำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการ

โปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรเลอร์ สำหรับในไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51
แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอล เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการ
กำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์

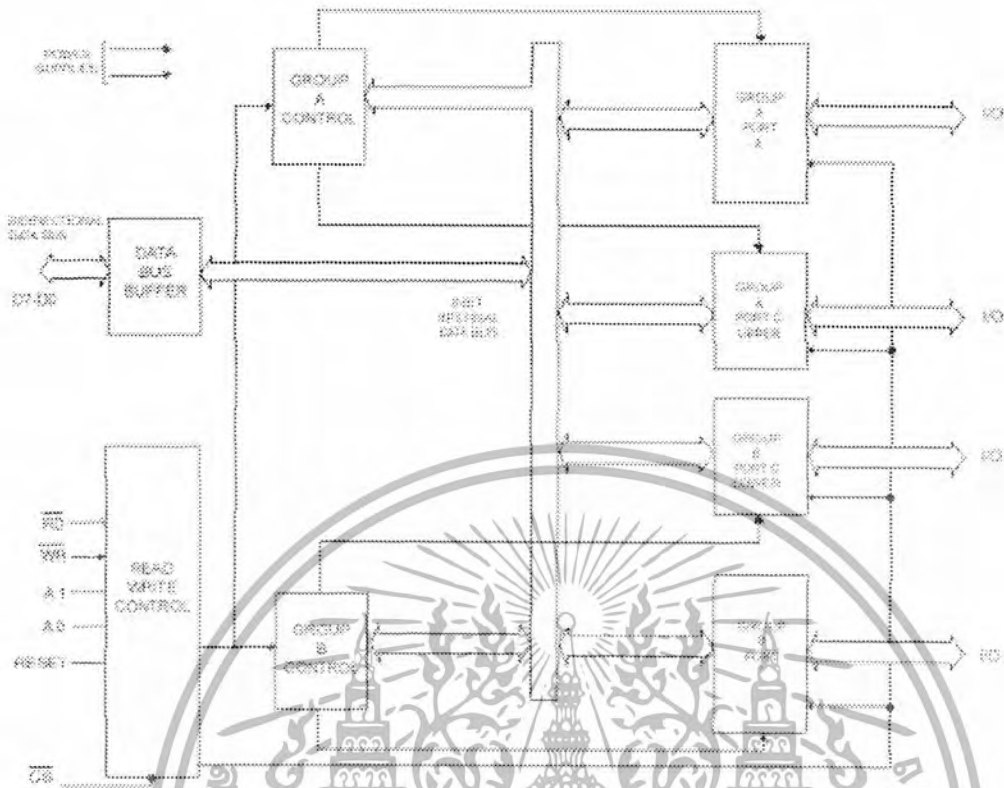
2.15 รายละเอียดการใช้ 8255

8255 เป็นอุปกรณ์ LSI (Large Scale Intergrated Circuit) บรรจุอยู่ในแพคเกจ 40 ขา
แบบดิพ (Dual-In-Line Package : DIP)



รูปที่ 2.17 แสดงไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงแผนผังแสดงการทำงานของไอซี 8255

บล็อกกลุ่มแรกมีจำนวน 4 บล็อกอยู่ทางด้านขวาของรูป เป็นสายที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ โดยมีสาย PA0-PA7, PB0-PB7, PC0-PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 พอร์ต ได้แก่ พอร์ต A, พอร์ต B, พอร์ต C พอร์ตเหล่านี้สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต และแต่ละพอร์ตจะบล็อกจะที่สายสัญญาณเชื่อมเข้ากับบัสข้อมูลภายในของ 8255

บล็อกกลุ่มถัดมาได้แก่ กลุ่มควบคุม A และกลุ่มควบคุม B ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานทั้งสามไอโอพอร์ต ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันอยู่ 3 โหมด

บล็อกสุดท้ายที่จะกล่าวคือ คาต้าบัสบัฟเฟอร์ และ ลอจิกควบคุมการอ่านและการเขียน ซึ่งบล็อกเหล่านี้จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับซีพียู คาต้าบัสบัฟเฟอร์นี้จะรับบัฟเฟอร์ให้กับบัสข้อมูลของซีพียู ส่วนลอจิกการอ่านและเขียน จะเป็นส่วนควบคุมให้ข้อมูลเข้าหรือออก จากเรจิสเตอร์ภายในตัวที่ถูกต้องและในเวลาที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 รายละเอียดการจัดเรียงขาของ 8255

ในส่วนนี้เราจะพิจารณาหน้าที่ของแต่ละขาของ 8255 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์ในการเชื่อมต่อเข้ากับระบบบัสของซีพียู สำหรับการจดจำมีรายละเอียดดังนี้

DO-D7 : เป็นสายข้อมูลอินพุตเอาต์พุตแบบสองทิศทาง (Bidirectional bus) จะเป็นทางผ่านของข้อมูลพอร์ตต่างๆของ 8255 กับบัสข้อมูลของซีพียู

CS (Chip Select Input) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น 0 ซีพียูจะสามารถอ่านข้อมูลหรือเขียนข้อมูลกับ 8255 ได้

RD (Read Input) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น 0 และสัญญาณ CS มีสถานะลอจิกเป็น 0 ข้อมูลจาก 8255 จะปรากฏสู่ระบบบัสข้อมูลซีพียูก็จะสามารถอ่านข้อมูลออกไปได้

WR (Write Input) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น 0 และขาสัญญาณ CS มีสถานะลอจิกเป็น 0 ข้อมูลจากระบบบัสข้อมูลจะถูกเขียนไปยัง 8255 ได้

A0-A1 (Address Input) : จะเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้รีจิสเตอร์ภายในของ 8255

RESET : เมื่อขานี้มีสถานะเป็น 1 8255 จะอยู่ในสถานะรีเซ็ตทุกๆพอร์ตจะถูกรีเซ็ตให้อยู่ในโหมดอินพุต

PA0-PA7, PB0-PB7 : ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้เป็นที่อินพุต ขนาด 8 บิต ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ

PC0-PC7 : ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้เป็นที่อินพุต ขนาด 8 บิต ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ แต่กลุ่มของขาสัญญาณเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีขนาด 4 บิต กลุ่มแรกจะใช้ควบคุม PB0-PB7 และกลุ่มที่สองใช้ควบคุม PA0-PA7

2.17 รายละเอียดแอลซีดีโมดูล

ในโครงการครั้งนี้ได้ใช้แอลซีดี โมดูลในการแสดงผล (LCD MODULE) ซึ่งแบ่งออกเป็นได้ดังนี้

1. แบบตัวอักษร
2. แบบกราฟฟิก
3. แบบตัวเลข

ส่วนประกอบของแอลซีดีแบ่งออกเป็น

1. ผลึกแสดงผล (DOT MATRIX LCD) เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดเปิดตัวเองกับแสง ก็คือส่วนที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก
2. ตัวขับผลึก (DRIVER) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึกแอลซีดีอีกทีหนึ่ง
3. คอนโทรลเลอร์ (CONTROLLER) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามาและ

จัดการควบคุมแอลซีดีให้ทำงานแสดงผลต่างๆตามนั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหรับโครงการนี้จะใช้แอลซีดีรุ่น BC1602H ซึ่งเป็นจอแสดงผลแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด มีคอนโทรลเลอร์เป็นควบคุม

การศึกษาการทำงานและการใช้งานแอลซีดีนั้น ของเพียงแค่เข้าใจการทำงานของส่วนคอนโทรลเลอร์ ซึ่งแต่ละบริษัทจะใช้ตัวคอนโทรลเลอร์ที่มีหลักการทำงานเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่

การต่อใช้งาน

เป็นไอซี เอเลเกตไอ ตัวหนึ่งใช้ควบคุมแอลซีดี โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆ โดยขาต่างๆในการใช้งานแอลซีดี มีดังนี้

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

การต่อแอลซีดีเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถทำได้ 2 แบบ ได้แก่

1. แบบเมมโมรีแมป เป็นการต่อแอลซีดีเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะกินเนื้อที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง
2. แบบไอโอพอร์ตแบบนี้จะต่อเข้ากับพอร์ตอินพุทเอาต์พุทของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

2.18 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงส่งข้อมูล (data) ที่ต้องการแสดงผลเนื่องจากบิตข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้น คือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอจิกที่ขา RS ถ้า

หากที่ขา RS ได้ลอจิก "0" หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงข้ามหากขา RS ได้รับลอจิก "1" ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

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

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

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก “1” ให้ขา RS แล้ว ต้อง กำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบัสจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลง ใน DDRAM ต่อไป

2.19 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล

ในการติดต่อกับโมดูล LCD จะต้องมีการหน่วงเวลาหลังจากที่ทำการส่งรหัสคำสั่งหรือ ข้อมูล เนื่องจากต้องรอให้คอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูล แปลความหมายของรหัสคำสั่งและ ทำงานตามคำสั่งให้เรียบร้อยก่อน จากนั้นจึงจะรับข้อมูลหรือดำเนินการต่อไป

ดังนั้นในการใช้งานโมดูล LCD ผู้เขียนโปรแกรมต้องมีโปรแกรมเพื่อหน่วงเวลารอให้ โมดูล LCD พร้อมทำงานด้วย โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่โมดูล LCD ต้องรอประมาณ 10 มิลลิวินาที เพื่อให้โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมหรืออินิเชียล หลังจากนั้นก็กำหนดลอจิกให้แก่ขา RS ของโมดูล LCD แล้วต้องหน่วงเวลาอีกประมาณ 2 มิลลิวินาที เพื่อให้คอนโทรลเลอร์ใน LCD โมดูลแปลความหมายของลอจิกที่ขา RS ว่า ข้อมูลต่อไปที่จะได้รับนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือเป็นข้อมูล ที่ต้องการแสดงผล จากนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลมารอบที่บัสข้อมูล D0-D7 (กรณีทำงานในโหมด 8 บิต) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ขา E เพื่ออินาเบิลโมดูล LCD ให้รับข้อมูลจาก บัสข้อมูลเข้าไปโดยพัลส์ที่ป้อนเข้าขา E ของโมดูล LCD ต้องเป็นพัลส์ของขา นั้น จากนั้นทำการ หน่วงเวลา 2 มิลลิวินาที

ทั้งหมดที่กล่าวมาคือขั้นตอนและจังหวะในการทำงาน 1 รอบของโมดูล LCD จะเห็นได้ว่า มีโปรแกรมน้อยที่สำคัญอยู่ 3 โปรแกรมย่อย คือ โปรแกรมอินิเชียล LCD , โปรแกรมหน่วงเวลาและ โปรแกรมย่อยการส่งพัลส์เพื่ออินาเบิลโมดูล LCD

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

3.1 การออกแบบวงจรสัญญาณควบคุมหัวฉีด(Pulse Injection)

สัญญาณควบคุมหัวฉีด จะทำการคำนวณจากการทำงานพื้นฐานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือ ดูด อัด ระเบิด คาย ซึ่งจังหวะที่หัวฉีดจะฉีดคือในจังหวะ ดูด ของการทำงาน และอาศัยข้อมูลความเร็วรอบเครื่องยนต์ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

กำหนดข้อมูลทางเทคนิคของรถยนต์รุ่น

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำสุด 500 รอบ/นาที

ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุด 6000 รอบ/นาที

การทำงาน 1 รอบ ของเครื่องยนต์ คือ 4 จังหวะ ซึ่งตรงกับ 2 รอบของเพลลาข้อเหวี่ยง ซึ่งการฉีดน้ำมันทำการฉีดเพียง $\frac{1}{2}$ รอบของของเพลลาข้อเหวี่ยงเท่านั้น

การคำนวณ

1 รอบของเครื่องยนต์ ใช้เวลาต่ำสุด = $\frac{60}{500}$ วินาที/รอบ = 0.12 วินาที /รอบ

1 รอบของเครื่องยนต์ ใช้เวลาสูงสุด = $\frac{60}{6000}$ วินาที/รอบ = 0.01 วินาที/รอบ

แต่หัวฉีด ๆ ได้มากที่สุดเพียง $\frac{1}{2}$ ของเพลลาข้อเหวี่ยง

หัวฉีด ๆ มากที่สุด ที่ความเร็วรอบต่ำสุด = $\frac{0.12}{2} = 0.06$ วินาที

หัวฉีด ๆ น้อยที่สุด ที่ความเร็วรอบสูงสุด = $\frac{0.01}{2} = 0.005$ วินาที

สรุปเวลาที่ใช้ฉีดอยู่ในช่วง 5 ms – 60 ms

กำหนดให้ คาบเวลาของสัญญาณควบคุมหัวฉีด มีค่า 1 รอบการทำงานของเครื่องยนต์

แต่หัวฉีด ๆ เพียง $\frac{1}{4}$ รอบการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้น สัญญาณที่ได้จะเปลี่ยนแปลงระยะการฉีดในช่วงที่มีค่า duty cycle 25 % ซึ่งมีค่า 60ms

สรุป จะได้สัญญาณพัลส์ ที่มี คาบสัญญาณ $T = 4(60\text{ms}) = 240\text{ms}$

% duty cycle = 60ms

จากการคำนวณได้ ลักษณะพัลส์ นำมาสร้างวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ แบบใช้ ไอซี 555

จากสมการ $T_1 = 0.693(R_1 + R_2)C_1$ 3.1

$T_2 = 0.693 R_2 C_1$ 3.2

$T = T_1 + T_2 = 0.693 (R_1 + 2R_2)C_1$ 3.3

การเปลี่ยนแปลงระยะเวลา

และคาบของสัญญาณในการฉีดน้ำมันจะเปลี่ยนแปลงตาม

สถานะการทำงานของเครื่องยนต์โดยคาบสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 20ms – 240ms ดังนั้น ไม่ควรถี่เกินไป ทังสน ออกทงห้ามมีเหตุดแปลงเนอติ และต้องอ้างอิงเงาใจของเอกสารทุกที่ที่ตรงที่กรนำไปใช้

สัญญาณที่ออกจาก ECU มาควบคุมหัวฉีด ซึ่งเราได้ทำการจำลองจากวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ นั้นก็จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วยซึ่งก็จะทำให้ ค่า R1, R2 เปลี่ยนแปลง แต่เราจะคำนวณ สุ่มเป็นตัวอย่าง 3 ค่า โดยมีค่า duty cycle ดังนี้

การฉีดด้วยสัญญาณ ที่มีค่า T = 240 ms

กำหนดให้ C₁ = 10 uF duty cycle = 90 %

แทนค่า $T_1 = 90 \times 240 \times 10^{-3} / 100 = 0.693(R_1 + R_2) \times 10 \times 10^{-6} \dots\dots 3.4$

$T_2 = 10 \times 240 \times 10^{-3} / 100 = 0.693 \times 10 \times 10^{-6} R_2 \dots\dots 3.5$

จะได้ R₁ = 27.7k

R₂ = 3.46k

กำหนดให้ C₁ = 10 uF duty cycle = 85 %

แทนค่า $T_1 = 85 \times 240 \times 10^{-3} / 100 = 0.693(R_1 + R_2) \times 10 \times 10^{-6} \dots\dots 3.6$

$T_2 = 15 \times 240 \times 10^{-3} / 100 = 0.693 \times 10 \times 10^{-6} R_2 \dots\dots 3.5$

จะได้ R₁ = 24.24k

R₂ = 5.19k

กำหนดให้ C₁ = 10 uF duty cycle = 75 %

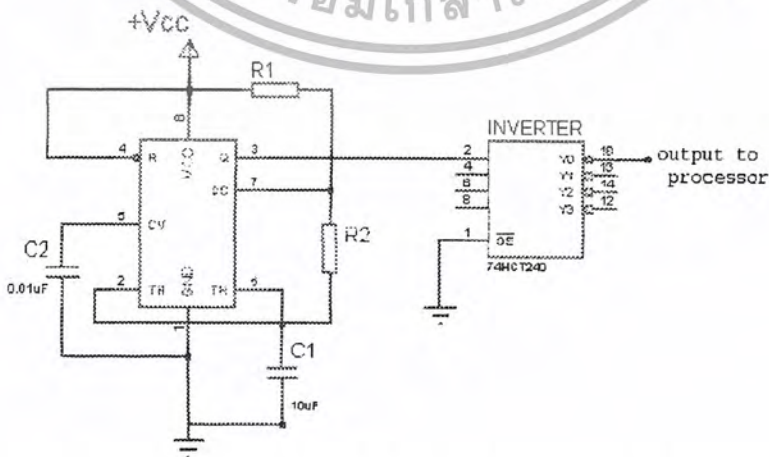
แทนค่า $T_1 = 75 \times 240 \times 10^{-3} / 100 = 0.693(R_1 + R_2) \times 10 \times 10^{-6} \dots\dots 3.7$

$T_2 = 25 \times 240 \times 10^{-3} / 100 = 0.693 \times 10 \times 10^{-6} R_2 \dots\dots 3.8$

จะได้ R₁ = 17.32k

R₂ = 8.66 k

เมื่อได้ค่า พารามิเตอร์ในวงจรครบก็สามารถสร้างวงจร ได้ดังรูป

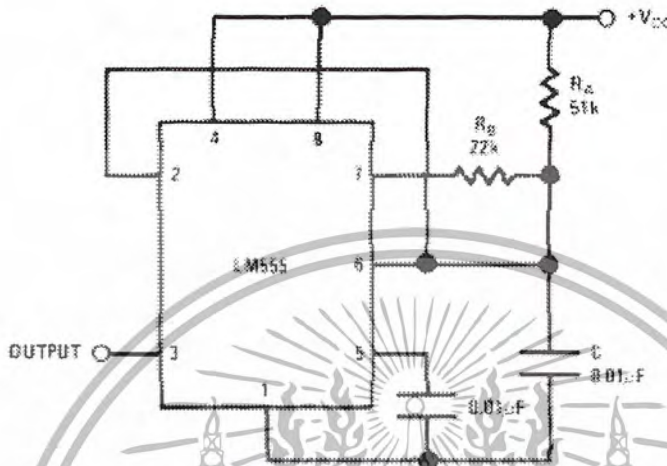


รูปที่ 3.1 แสดงวงจรสร้างสัญญาณควบคุมหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณความถี่รถยนต์

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่รถยนต์และความถี่พัลส์และข้อมูลในบทที่ 2 เราทราบได้ว่าจะต้องสร้างวงจรจาก ไอซี 555 ที่ทำให้ duty cycle 50 % ซึ่งวงจรดังกล่าวมีลักษณะดังนี้



รูป 3.2 แสดงวงจร พัลส์มีค่า duty cycle 50 %

เราทราบว่ากราฟนั้นจะมีเวลาที่ พัลส์เป็นบวกและศูนย์เท่ากัน ซึ่งจะเป็นไปตามสมการ

$$T1 = 0.693R_A C$$

$$T2 = [(R_A R_B) / (R_A + R_B)] C * \ln[(R_B + 2R_A) / (2R_B + R_A)]$$

โดยที่ความถี่ของวงจรมีค่า

$$f = 1 / (T1 + T2)$$

แต่เนื่องจากเราต้องการความถี่รถยนต์ที่ 60km/hr , 90 km/hr และ 120 km/hr ซึ่งที่ความเร็วต่างๆจะมีค่าความถี่เป็นของแต่ความเร็วซึ่งเมื่อเราทำการคำนวณ ตามสมการความถี่จะได้ค่าของตัวเก็บประจุที่ความเร็วต่างๆ ดังนี้

ความเร็ว 60 km/hr ใช้ค่า C = 0.1 uF

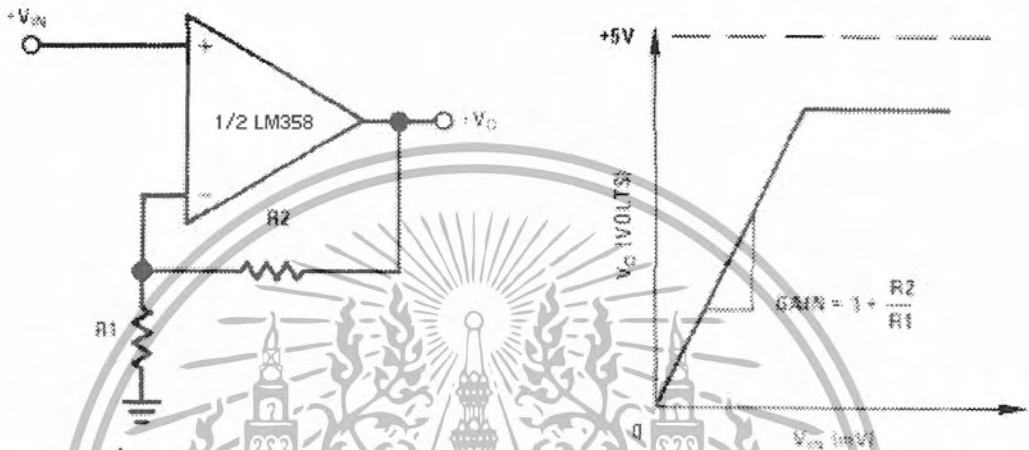
ความเร็ว 90 km/hr ใช้ค่า C = 0.066 uF

ความเร็ว 120 km/hr ใช้ค่า C = 0.05uF

เมื่อเปลี่ยนค่า C ตามค่าดังกล่าวก็จะได้ พัลส์ตามที่ต้องการ

3.3 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณจาก Oxygen sensor และ สัญญาณจากตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

สัญญาณที่ออกมาจาก Oxygen sensor และสัญญาณจากตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีขนาดประมาณ 0 ถึง 1 โวลต์ ซึ่งเรานำมาขยายโดยใช้ IC เบอร์ LM158 ซึ่งเป็น Low Power Op-Amp. เป็นตัวขยาย



รูปที่ 3.3 วงจรขยายสัญญาณ

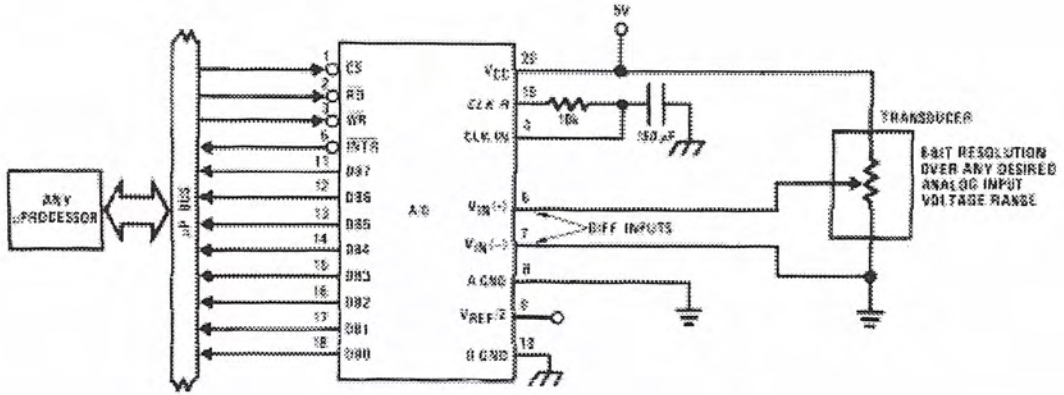
โดยกำหนดให้

$$\text{Gain} = 5$$

$$R1 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R2 = 20 \text{ k}\Omega$$

เพื่อให้สัญญาณที่ขนาดใหญ่พอที่จะสามารถออกแบบวงจร A/D ที่มีประสิทธิภาพได้ง่าย ต่อมาหลังจากที่ได้สัญญาณ ที่ผ่านการขยายมาแล้วก็นำมา เข้า IC เบอร์ ADC0804 ซึ่งเป็นวงจร A/D



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อของวงจร A/D

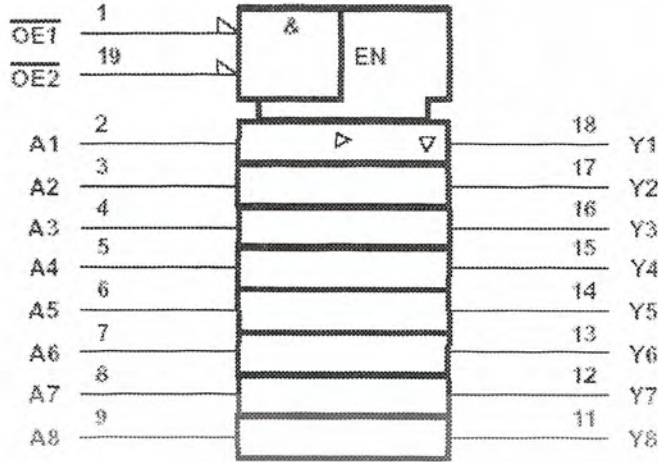
โดยที่มี $V_{ref}/2 = 2.5\text{ V}$ เนื่องจากสัญญาณ Input มีค่าสูงสุด 5 V จึงทำการออกแบบวงจรดังรูป



รูปที่ 3.5 วงจรแรงดันอ้างอิง

ในตอนนี้อาจยังไม่สามารถต่อสัญญาณที่ได้เข้ากับ MCS - 51 ได้เลย เนื่องจากสัญญาณ clock ที่ใช้เป็นตัวกำหนดความเร็วในการทำงานมีค่าไม่เท่ากัน เราจึงต้องใช้ IC Buffer 74HC541 อีกตัวเป็นตัวคอยพักข้อมูล เพื่อที่จะส่งต่อไปยัง MCS - 51 ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการเชื่อมต่อ และง่ายต่อการที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 IC Buffer 74HC541

โดย A1 – A8 เป็น Data Output จาก ADC0804 ดังขณะเป็น Parallel 8 bits และ Y1 – Y8 เป็น Data Output ที่จะส่งไปยัง MCS-51 การรับส่งข้อมูลจะต้องมีการควบคุมสัญญาณ OE ด้วยสัญญาณที่มาจาก MCS-51 ซึ่งจะแสดงในบทต่อไป

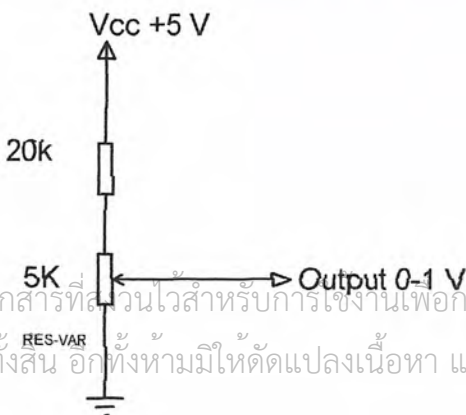
FUNCTION TABLE
(each buffer/driver)

INPUTS			OUTPUT
OE1	OE2	A	Y
L	L	L	L
L	L	H	H
H	X	X	Z
X	H	X	Z

ตารางที่ 3.1 สถานะการทำงานของ IC Buffer 74HC541

3.4 การออกแบบวงจรจำลองของOxygen sensor และตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

เนื่องจาก ตัว Oxygen sensor และ ตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพง เราจึงต้องทำการจำลองวงจรขึ้นมา Output ของ Oxygen sensor และ ตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง จะมีค่าในช่วง 0 - 1 V เหมือนกัน เพื่อเป็นการง่ายต่อการออกแบบจึงใช้วงจรเดียวกัน

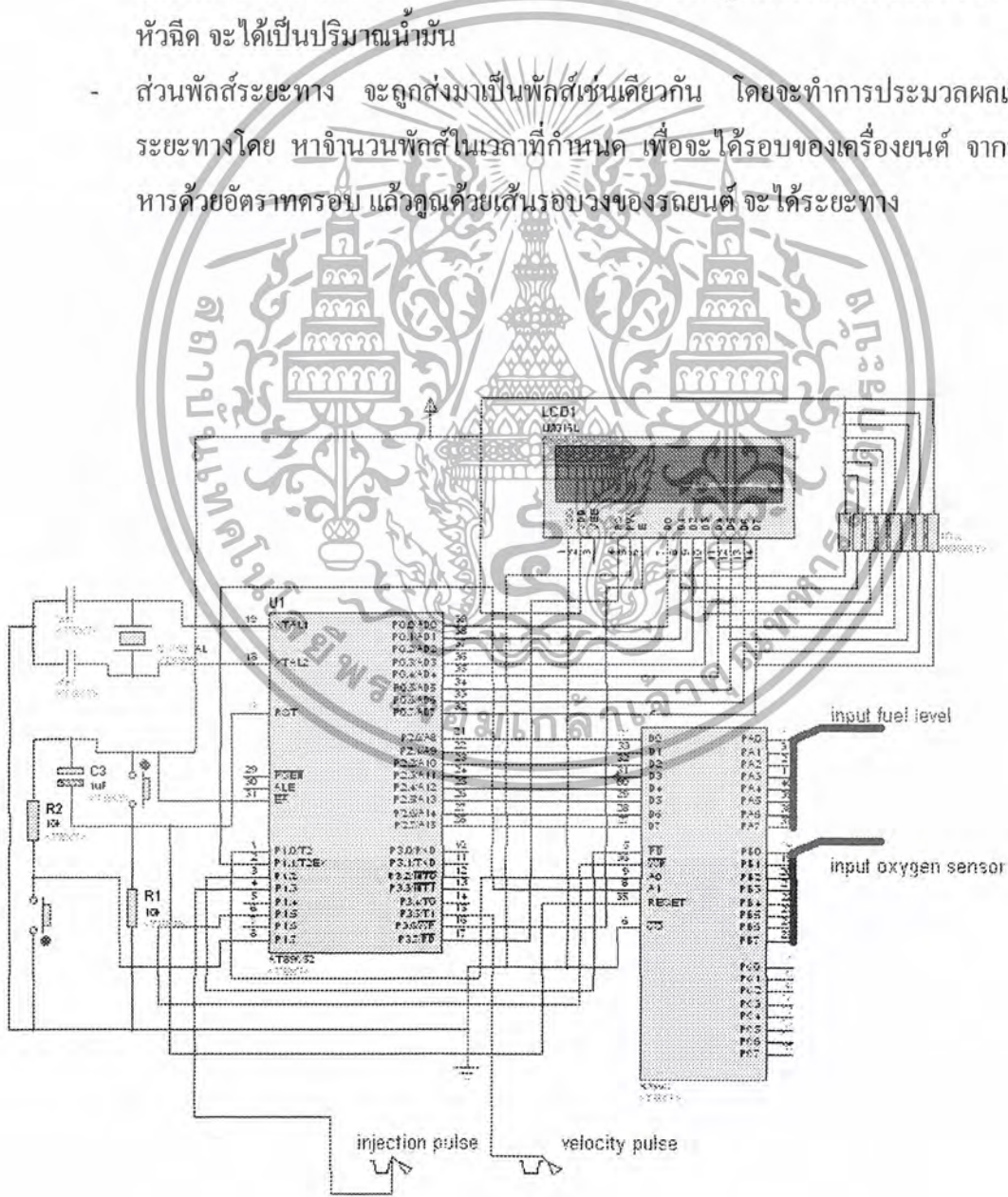


รูปที่ 3.7 วงจรจำลองของOxygen sensor และ ตัววัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

3.5 การออกแบบในส่วนประมวลผลและแสดงผล

ในส่วนนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลของข้อมูล โดยจะรับอินพุทจากวงจรตรวจจับต่างๆ แล้วส่งมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งเป็น

- ส่วนแสดงระดับน้ำมัน โดยข้อมูลจะถูกส่งมาเป็นแบบขนาน 8 บิต จึงทำการแปลงเป็นค่าเพื่อแสดงผลต่อไป
- ส่วนแสดงออกซิเจนเซ็นเซอร์ ข้อมูลจะถูกส่งมาเป็นแบบขนาน 8 บิต เช่นเดียวกัน จากนั้นจึงนำมาแสดงผลต่อไป
- ส่วนพัลส์หัวฉีด จะถูกมาเป็นพัลส์ ที่มีความถี่ต่างๆ โดยจะทำการประมวลผลเป็นอัตราน้ำมัน โดย หาค่าช่วงเวลาที่ เป็นบวกของพัลส์ แล้วคูณด้วยอัตราการฉีดน้ำมันของหัวฉีด จะได้เป็นปริมาณน้ำมัน
- ส่วนพัลส์ระยะทาง จะถูกส่งมาเป็นพัลส์เช่นเดียวกัน โดยจะทำการประมวลผลเป็นระยะทางโดย หาจำนวนพัลส์ในเวลาที่กำหนด เพื่อจะได้รอบของเครื่องยนต์ จากนั้นหารด้วยอัตราทดรอบ แล้วคูณด้วยเส้นรอบวงของรถยนต์ จะได้ระยะทาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีผู้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 วงจรในส่วนประมวลผลและแสดงผล

ข้อมูลที่ได้รับผลการประมวลผลเรียบร้อยแล้ว ก็จะส่งต่อมายังส่วนแสดงผล ในที่นี้จะเป็นจอแสดงผลแบบ LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด โดยมีลักษณะดังนี้

ส่วนแสดงระดับน้ำมันจะแสดงว่า	Fuel
ส่วนแสดงค่าออกซิเจนเซ็นเซอร์ว่า	A/F
ส่วนแสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน	Consumption rate

โดยในส่วนของ software หรือการเขียนโปรแกรมสามารถสรุปได้เป็น Flow chat ดังนี้



รูปที่ 3.9 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณน้ำมันต่อระยะทาง

จากสัญญาณพัลส์ควบคุมหัวฉีด (Pulse Injection) ในบทที่ 3 ที่ส่งเข้าสู่ระบบประมวลผลนำไปคำนวณหาค่าปริมาณน้ำมัน ต่อ ระยะทาง และเนื่องจากเครื่องยนต์จะฉีดน้ำมัน เป็นลำดับต่อเนื่องกันไป ดังนั้นเวลาที่ให้นำมาหารค่าระยะทางจะเป็นเวลาทั้งหมดที่หัวฉีดทั้ง 4 ฉีดเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถหาค่าโดยการคำนวณดังนี้

■ อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ขณะที่ความเร็วมีค่า 60 km/hr

- กรณี duty cycle = 90 %

$$\text{ปริมาณน้ำมัน} = (270 \times 24 \times 10^{-3} \text{ cc.s}) / (60 \text{ s}) = 108 \times 10^{-6} \text{ liter}$$

$$\text{ระยะทาง} = (60 \text{ km} \times 240 \times 10^{-3} \text{ s}) / (60 \times 60 \text{ s}) = 4 \times 10^{-3} \text{ km}$$

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = 37.04 \text{ km/litr}$$

- กรณี duty cycle = 85 %

$$\text{ปริมาณน้ำมัน} = (270 \times 36 \times 10^{-3} \text{ cc.s}) / (60 \text{ s}) = 162 \times 10^{-6} \text{ liter}$$

$$\text{ระยะทาง} = (60 \text{ km} \times 240 \times 10^{-3} \text{ s}) / (60 \times 60 \text{ s}) = 4 \times 10^{-3} \text{ km}$$

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = 24.69 \text{ km/litr}$$

- กรณี duty cycle = 75 %

$$\text{ปริมาณน้ำมัน} = (270 \times 60 \times 10^{-3} \text{ cc.s}) / (60 \text{ s}) = 270 \times 10^{-6} \text{ liter}$$

$$\text{ระยะทาง} = (60 \text{ km} \times 240 \times 10^{-3} \text{ s}) / (60 \times 60 \text{ s}) = 4 \times 10^{-3} \text{ km}$$

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = 14.81 \text{ km/litr}$$

สำหรับความเร็ว อื่นๆ ก็สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีเดียวกันซึ่งจะได้ค่าอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงดังนี้

อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ขณะที่มีความเร็ว 90 km/hr

กรณี duty cycle = 90 %

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = 55.55 \text{ km/litr}$$

กรณี duty cycle = 85%

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = 37.03 \text{ km/litr}$$

กรณี duty cycle = 75%

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง} = 22.22 \text{ km/litr}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ขณะที่มีความเร็ว 120 km/hr

กรณี duty cycle = 90 %

อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง = 74.07 km/litr

กรณี duty cycle = 85%

อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง = 49.38km/litr

กรณี duty cycle = 75%

อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง = 29.62km/litr

ความเร็ว Km/hr	ค่า duty cycle ของฟิล์ม หัวฉีด(%)	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง		ค่าความพลาด %
		คำนวณ (km/l)	ทดลอง (km/l)	
60	75	14.81	10.4	29.7
	85	24.69	20.5	16.9
	90	37.04	30.6	17.3
90	75	22.22	20.2	9.0
	85	37.03	30.7	17.0
	90	55.55	50.4	9.2
120	75	29.62	20.0	32.4
	85	49.38	50.0	1.2
	90	74.07	70.2	5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการออกแบบวงจรสร้างสัญญาณควบคุมหัวฉีดนั้น ระยะเวลาในการฉีดที่นำมาทดลอง เป็นระยะในการฉีดพื้นฐาน ซึ่งได้จากการคำนวณโดยนำหลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะและความเร็วรอบเครื่องยนต์

ซึ่งในความเป็นจริงเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ระยะเวลาในการฉีดที่แท้จริง จะต้องมีการเพิ่ม หรือลดปริมาณการฉีดน้ำมันตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์เพื่อช่วยให้การ ฉีดน้ำมันนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งทำให้ผลการทดลองที่ได้ มีความคลาดเคลื่อนใน ส่วนของค่า ปริมาณน้ำมันที่คำนวณได้

การทดลองในครั้งนี้นำเอาข้อมูลทางเทคนิค เช่น ความเร็วรอบเครื่องยนต์ อัตราทดเกียร์ เฟืองท้าย ข้อมูลล้อ และยาง มาจากรถยนต์ TOYOTA SOLUNA VIOS ทำให้ระบบประมวลผล ใช้ได้กับรถยนต์เฉพาะรุ่นนี้เท่านั้น

ในส่วนการวัดสัญญาณจาก Oxygen sensor นั้น เนื่องจากตัว Oxygen sensor มีราคา ที่แพงและทำการทดลองได้ยาก เพราะต้องใช้อุณหภูมิสูงและใช้น้ำมันในการทำให้ Oxygen sensor ทำงานได้ ฉะนั้นเราต้องจำลองวงจรขึ้นมาเพื่อใช้แทน ทำให้ค่าที่ได้อาจจะไม่สมจริงมากนัก

ในส่วนการประมวลผลใช้ระบบ 8 บิต ไม่มีความละเอียดมากนัก และความเร็วในการ ประมวลผลอาจทำได้ไม่เร็วเท่าที่ควร

ดังนั้นจากการทำโครงการในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในโครงการในครั้งต่อไป สำหรับการ ปรับปรุงระบบประมวลผลเพื่อให้ใช้ได้กับรถยนต์รุ่นอื่นๆ ได้ด้วย



บรรณานุกรม

1. เชียรชัย บุญชะกุล, “ทฤษฎีช่างเทคนิคยานยนต์ 4 เครื่องยนต์เบนซิน”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2542.
2. พันธุ์ศักดิ์ พุฒิमानิตพงษ์, “วงจรพัลส์และสวิตซิ่ง”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.
3. นกคณ เวชวิฐาน, “เครื่องยนต์หัวฉีด EFI”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 384 หน้า, 2547.
4. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรไพจิตรวิไล, ชีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, นคร ภัทชาติดี, “ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 ด้วยโปรแกรมภาษา C”, อินโนเวทีฟ เอ็ดจิวเรียมেন্ট, 367 หน้า, 2521.



กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จล่วงไปด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ซึ่งผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณอย่างสูง กล่าวคือ

บิดา มารดา ผู้ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมทั้งกำลังใจที่ให้มีมา

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ในการทำโครงการ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จรัสวัฒน์ ปานกลาง ผู้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาต่างๆตลอดจนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

เพื่อนๆในภาคที่ช่วยกันแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นมา โดยตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM555 Timer

General Description

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

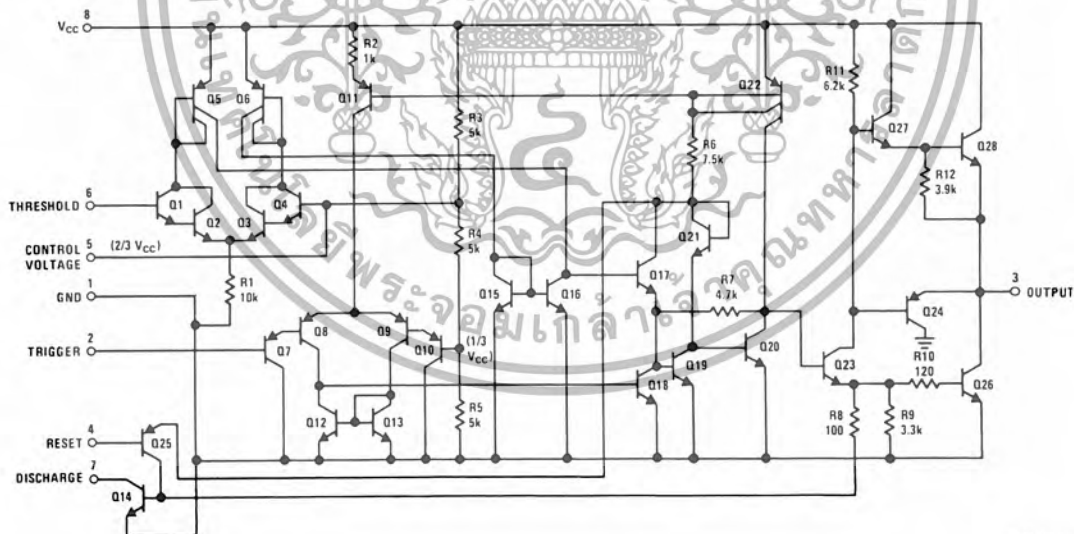
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

Applications

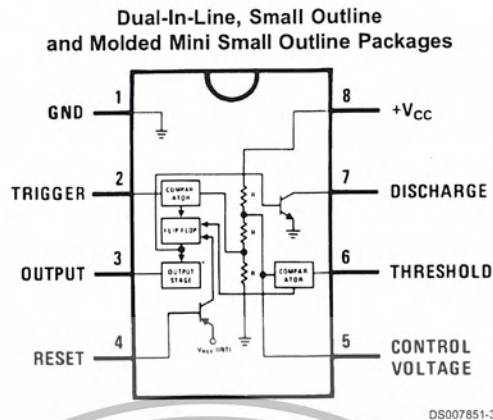
- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

Schematic Diagram



DS007851-1

Connection Diagram



Top View

Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

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

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$, $R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable			1		%
Initial Accuracy			50		ppm/°C
Drift with Temperature	$R_A = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, (Note 5)		1.5		%
Accuracy over Temperature			0.1		%/V
Drift with Supply					
Timing Error, Astable			2.25		%
Initial Accuracy			150		ppm/°C
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, (Note 5)		3.0		%
Accuracy over Temperature			0.30		%/V
Drift with Supply					
Threshold Voltage			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		5 1.67		V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$, $I_7 = 15\text{mA}$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$, $I_7 = 4.5\text{mA}$		80	200	mV

Electrical Characteristics (Notes 1, 2) (Continued)

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$				
	$I_{\text{SINK}} = 10\text{mA}$		0.1	0.25	V
	$I_{\text{SINK}} = 50\text{mA}$		0.4	0.75	V
	$I_{\text{SINK}} = 100\text{mA}$		2	2.5	V
	$I_{\text{SINK}} = 200\text{mA}$		2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$				
Output Voltage Drop (High)	$I_{\text{SOURCE}} = 200\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5		V
	$I_{\text{SOURCE}} = 100\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$	12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		ns
Fall Time of Output			100		ns

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 3: For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature and a thermal resistance of 106°C/W (DIP), 170°C/W (SO-8), and 204°C/W (MSOP) junction to ambient.

Note 4: Supply current when output high typically 1 mA less at $V_{CC} = 5\text{V}$.

Note 5: Tested at $V_{CC} = 5\text{V}$ and $V_{CC} = 15\text{V}$.

Note 6: This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is $20\text{M}\Omega$.

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

Note 8: Refer to RETS555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

BC1602H

16x2 Character

Feature

1. 5x7 dots with cursor
2. Built-in controller (HD 44780 or Equivalent)
3. +5V power supply
4. 1/16 duty cycle
5. B/L to be driven by pin1, pin2, or pin15, pin16 or A, K
6. Negative voltage option
7. +3V power supply option

Pin Assignment

Pin NO.	Symbol	Function
1	V _{ss}	GND
2	V _{dd}	5V (+3V option)
3	V _o	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register select signal
5	R/W	H/L Read / write signal
6	E	H→L Enable signal
7	DB0	H/L Data bus line
8	DB1	H/L Data bus line
9	DB2	H/L Data bus line
10	DB3	H/L Data bus line
11	DB4	H/L Data bus line
12	DB5	H/L Data bus line
13	DB6	H/L Data bus line
14	DB7	H/L Data bus line
15	A/V _{ee}	+4.2v for LED/Negative Voltage output
16	K	Power supply for B/L (0V)

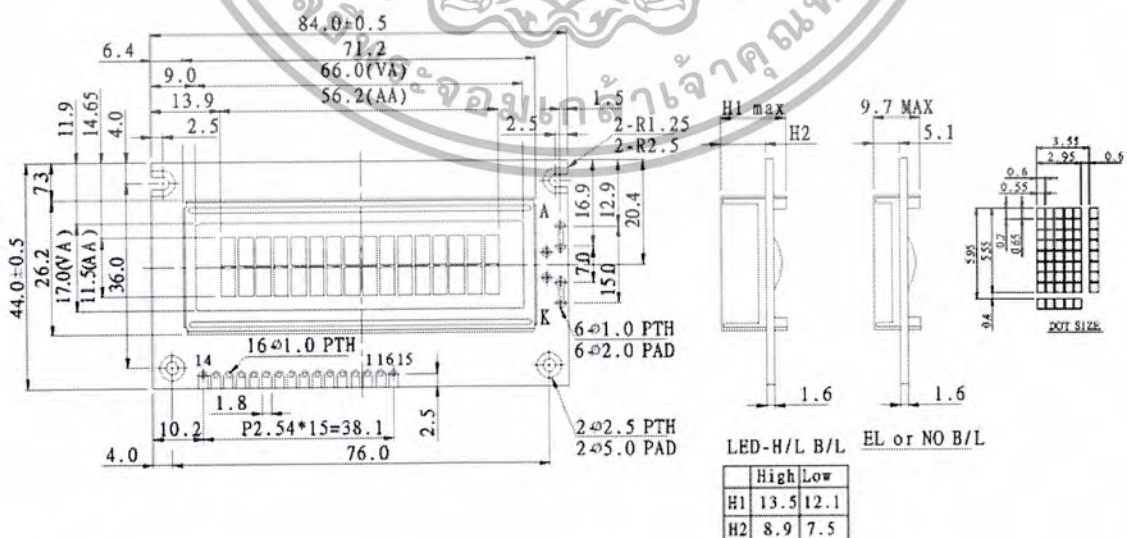
Mechanical Data

Item	Standard Value	Unit
Module Dimension	84.0x44.0	mm
Viewing Area	66.0x17.0	mm
Dot Size	0.55x0.65	mm
Character Size	2.95x5.55	mm

Electronical Characteristics

Item	Symbol	Condition	Standard Value			Unit
			min.	typ.	max.	
Input Voltage	VDD	VDD=+5V	4.7	5.0	5.3	V
		VDD=+3V	2.7	3.0	3.3	V
Supply Current	I _{DD}	VDD=5V	---	1.2	3.0	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version module	VDD-V ₀	-20°C	---	---	---	V
		0°C	4.2	4.8	5.1	
		25°C	3.8	4.2	4.6	
		50°C	3.8	4.0	4.4	
LED Forward Voltage	V _F	25°C	---	4.2	4.6	V
LED Forward Current	I _F	25°C	---	130	195	mA
EL Power Supply Current	I _{EL}	V _{el} =110VAC,400Hz	---	---	5.0	mA

Dimension drawing



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



82C55A CHMOS PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- Compatible with all Intel and Most Other Microprocessors
- High Speed, "Zero Wait State" Operation with 8 MHz 8086/88 and 80186/188
- 24 Programmable I/O Pins
- Low Power CHMOS
- Completely TTL Compatible
- Control Word Read-Back Capability
- Direct Bit Set/Reset Capability
- 2.5 mA DC Drive Capability on all I/O Port Outputs
- Available in 40-Pin DIP and 44-Pin PLCC
- Available in EXPRESS
 - Standard Temperature Range
 - Extended Temperature Range

The Intel 82C55A is a high-performance, CHMOS version of the industry standard 8255A general purpose programmable I/O device which is designed for use with all Intel and most other microprocessors. It provides 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. The 82C55A is pin compatible with the NMOS 8255A and 8255A-5.

In MODE 0, each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 and 8 to be inputs or outputs. In MODE 1, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. 3 of the remaining 4 pins are used for handshaking and interrupt control signals. MODE 2 is a strobed bi-directional bus configuration.

The 82C55A is fabricated on Intel's advanced CHMOS III technology which provides low power consumption with performance equal to or greater than the equivalent NMOS product. The 82C55A is available in 40-pin DIP and 44-pin plastic leaded chip carrier (PLCC) packages.

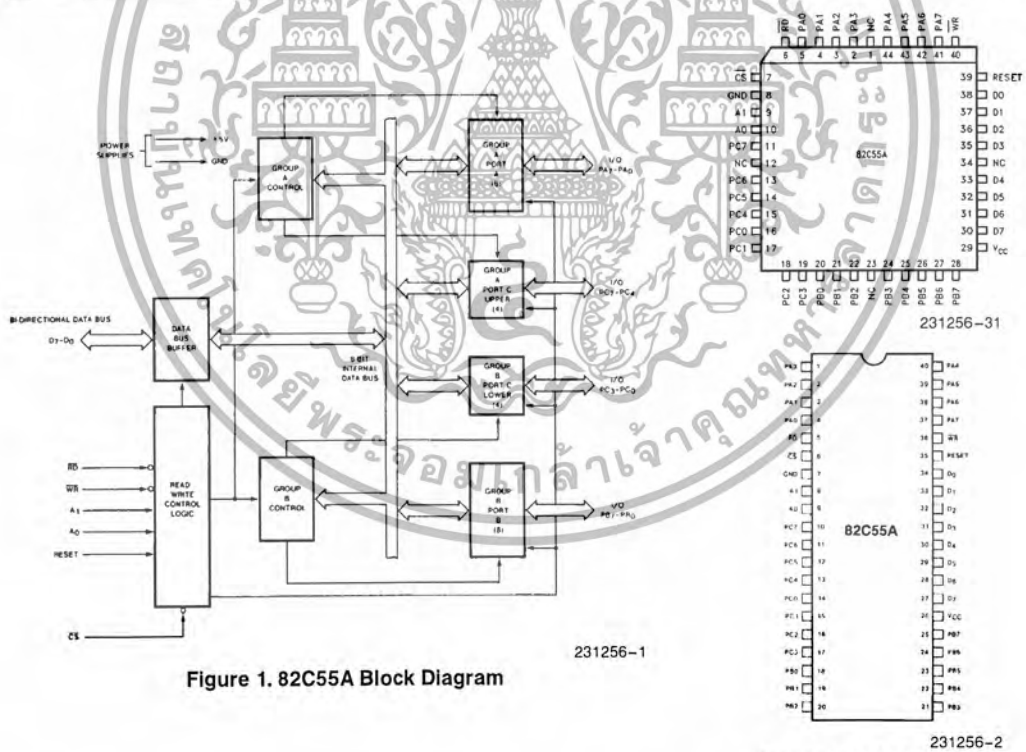


Figure 1. 82C55A Block Diagram

Figure 2. 82C55A Pinout

Diagrams are for pin reference only. Package sizes are not to scale.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Pin Description

Symbol	Pin Number Dip	PLCC	Type	Name and Function																																																																														
PA ₃₋₀	1-4	2-5	I/O	PORT A, PINS 0-3: Lower nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.																																																																														
\overline{RD}	5	6	I	READ CONTROL: This input is low during CPU read operations.																																																																														
\overline{CS}	6	7	I	CHIP SELECT: A low on this input enables the 82C55A to respond to \overline{RD} and \overline{WR} signals. \overline{RD} and \overline{WR} are ignored otherwise.																																																																														
GND	7	8		System Ground																																																																														
A ₁₋₀	8-9	9-10	I	ADDRESS: These input signals, in conjunction \overline{RD} and \overline{WR} , control the selection of one of the three ports or the control word registers.																																																																														
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>A₁</th> <th>A₀</th> <th>\overline{RD}</th> <th>\overline{WR}</th> <th>\overline{CS}</th> <th>Input Operation (Read)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Port A - Data Bus</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Port B - Data Bus</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Port C - Data Bus</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Control Word - Data Bus</td> </tr> <tr> <th colspan="6">Output Operation (Write)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Port A</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Port B</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Port C</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Control</td> </tr> <tr> <th colspan="6">Disable Function</th> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>1</td> <td>Data Bus - 3 - State</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Data Bus - 3 - State</td> </tr> </tbody> </table>	A ₁	A ₀	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{CS}	Input Operation (Read)	0	0	0	1	0	Port A - Data Bus	0	1	0	1	0	Port B - Data Bus	1	0	0	1	0	Port C - Data Bus	1	1	0	1	0	Control Word - Data Bus	Output Operation (Write)						0	0	1	0	0	Data Bus - Port A	0	1	1	0	0	Data Bus - Port B	1	0	1	0	0	Data Bus - Port C	1	1	1	0	0	Data Bus - Control	Disable Function						X	X	X	X	1	Data Bus - 3 - State	X	X	1	1	0	Data Bus - 3 - State
A ₁	A ₀	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{CS}	Input Operation (Read)																																																																													
0	0	0	1	0	Port A - Data Bus																																																																													
0	1	0	1	0	Port B - Data Bus																																																																													
1	0	0	1	0	Port C - Data Bus																																																																													
1	1	0	1	0	Control Word - Data Bus																																																																													
Output Operation (Write)																																																																																		
0	0	1	0	0	Data Bus - Port A																																																																													
0	1	1	0	0	Data Bus - Port B																																																																													
1	0	1	0	0	Data Bus - Port C																																																																													
1	1	1	0	0	Data Bus - Control																																																																													
Disable Function																																																																																		
X	X	X	X	1	Data Bus - 3 - State																																																																													
X	X	1	1	0	Data Bus - 3 - State																																																																													
PC ₇₋₄	10-13	11,13-15	I/O	PORT C, PINS 4-7: Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.																																																																														
PC ₀₋₃	14-17	16-19	I/O	PORT C, PINS 0-3: Lower nibble of Port C.																																																																														
PB ₀₋₇	18-25	20-22, 24-28	I/O	PORT B, PINS 0-7: An 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer.																																																																														
V _{CC}	26	29		SYSTEM POWER: + 5V Power Supply.																																																																														
D ₇₋₀	27-34	30-33, 35-38	I/O	DATA BUS: Bi-directional, tri-state data bus lines, connected to system data bus.																																																																														
RESET	35	39	I	RESET: A high on this input clears the control register and all ports are set to the input mode.																																																																														
\overline{WR}	36	40	I	WRITE CONTROL: This input is low during CPU write operations.																																																																														
PA ₇₋₄	37-40	41-44	I/O	PORT A, PINS 4-7: Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.																																																																														
NC		1, 12, 23, 34		No Connect																																																																														

82C55A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 82C55A is a programmable peripheral interface device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 82C55A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 82C55A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 82C55A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 82C55A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A - Port A and Port C upper (C7-C4)
Control Group B - Port B and Port C lower (C3-C0)

The control word register can be both written and read as shown in the address decode table in the pin descriptions. Figure 6 shows the control word format for both Read and Write operations. When the control word is read, bit D7 will always be a logic "1", as this implies control word mode information.

Ports A, B, and C

The 82C55A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 82C55A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit input latch/buffer. Both "pull-up" and "pull-down" bus hold devices are present on Port A.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port B.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port C.

See Figure 4 for the bus-hold circuit configuration for Port A, B, and C.



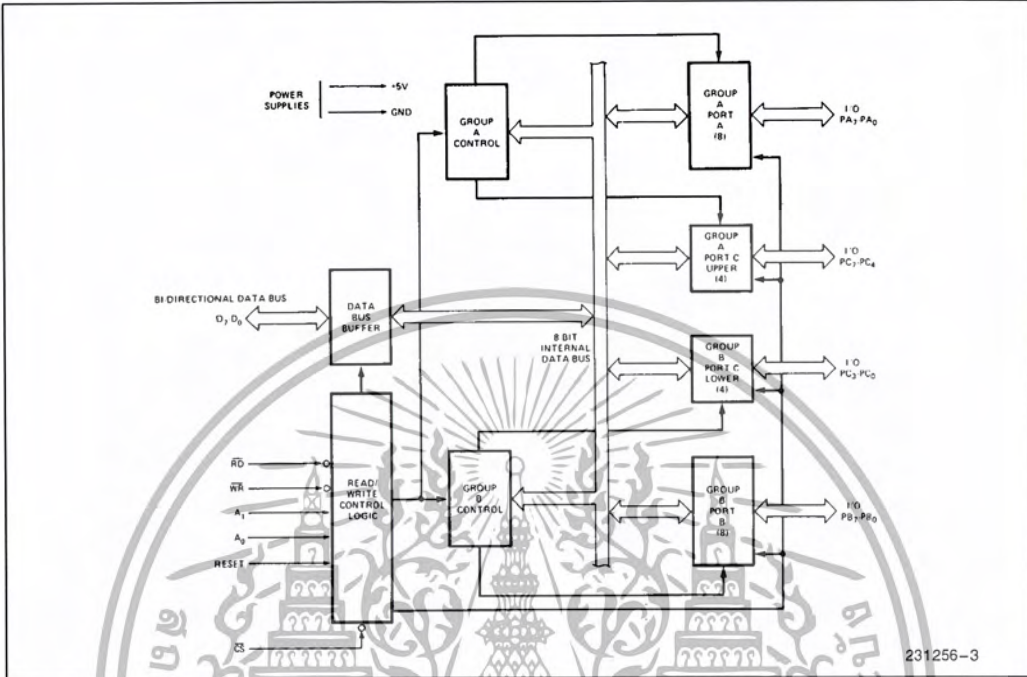
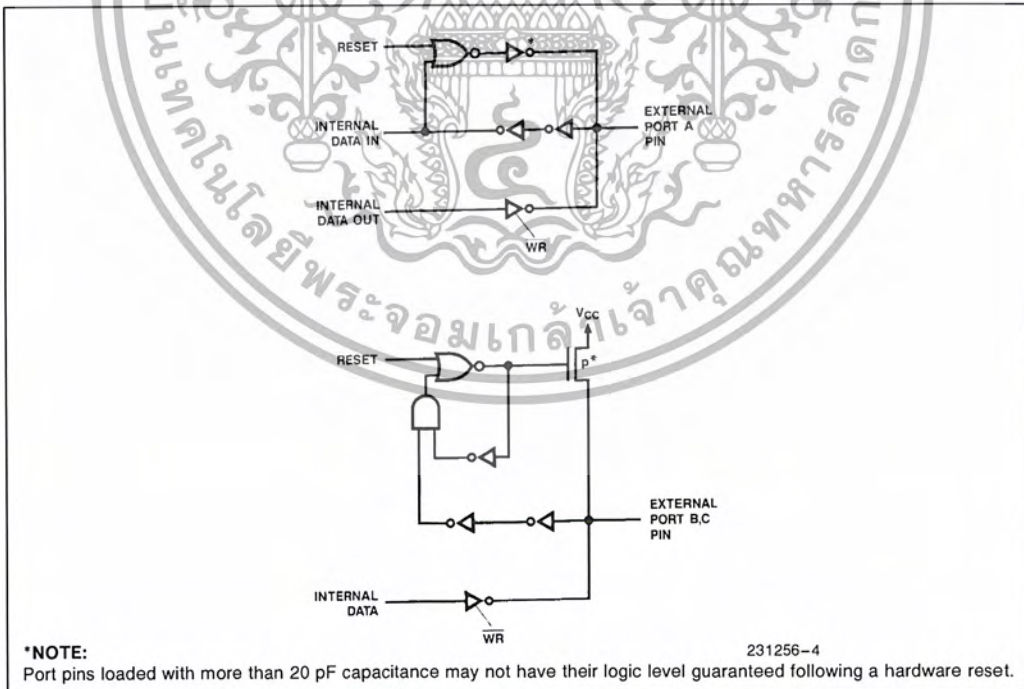


Figure 3. 82C55A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions



***NOTE:** Port pins loaded with more than 20 pF capacitance may not have their logic level guaranteed following a hardware reset.

Figure 4. Port A, B, C, Bus-hold Configuration

82C55A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

- Mode 0 — Basic input/output
- Mode 1 — Strobed Input/output
- Mode 2 — Bi-directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode with all 24 port lines held at a logic "one" level by the internal bus hold devices (see Figure 4 Note). After the reset is removed the 82C55A can remain in the input mode with no additional initialization required. This eliminates the need for pullup or pulldown devices in "all CMOS" designs. During the execution of the system program, any of the other modes may be selected by using a single output instruction. This allows a single 82C55A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

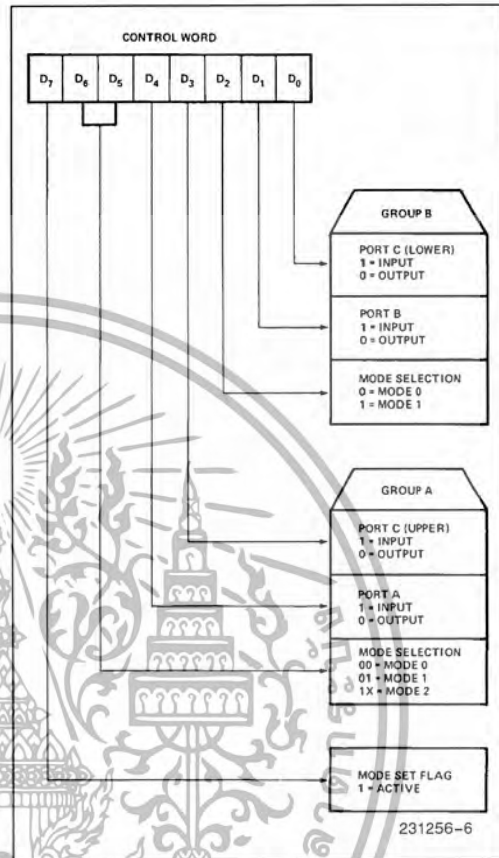


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 82C55A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTPUT instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

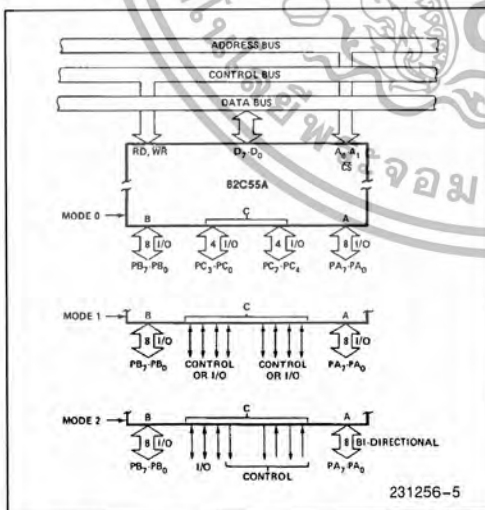


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

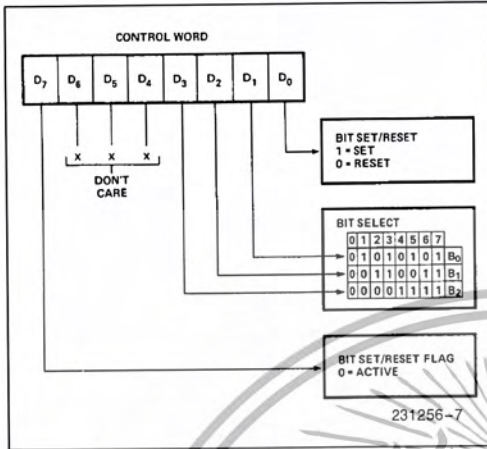


Figure 7. Bit Set/Reset Format

Interrupt Control Functions

When the 82C55A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

(BIT-SET)—INTE is SET—Interrupt enable

(BIT-RESET)—INTE is RESET—Interrupt disable

Note:

All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.



Input Control Signal Definition

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F)

A "high" on this output indicates that the data has been loaded into the input latch; in essence, an acknowledgement. IBF is set by STB input being low and is reset by the rising edge of the RD input.

INTR (Interrupt Request)

A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an input device is requesting service. INTR is set by the STB is a "one", IBF is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of RD. This procedure allows an input device to request service from the CPU by simply strobing its data into the port.

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC₄.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC₂.

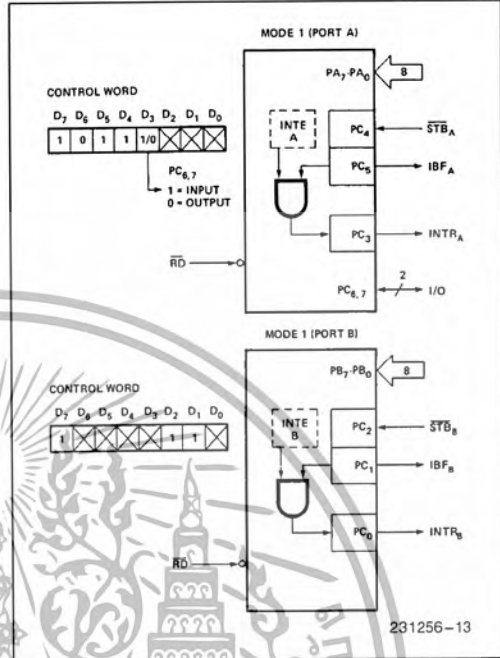


Figure 8. MODE 1 Input

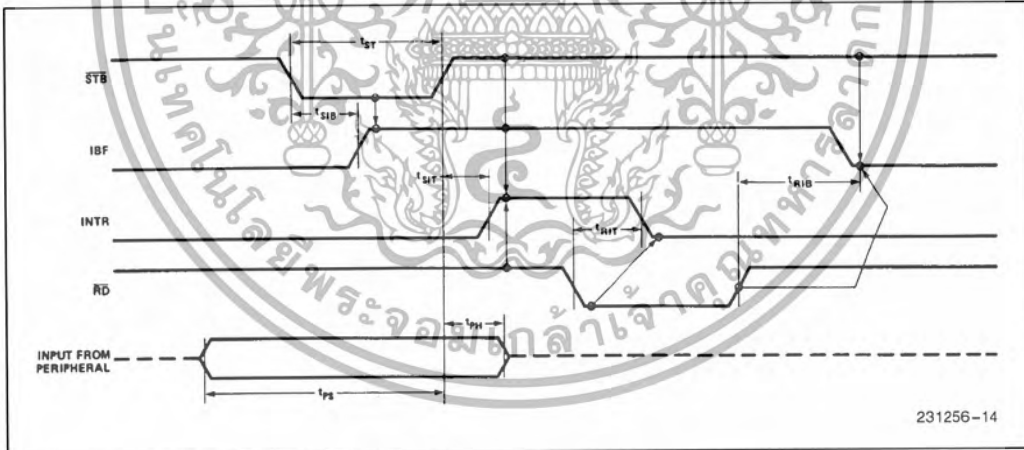


Figure 9. MODE 1 (Strobed Input)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Control Signal Definition

\overline{OBF} (Output Buffer Full F/F). The \overline{OBF} output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to the specified port. The \overline{OBF} F/F will be set by the rising edge of the \overline{WR} input and reset by \overline{ACK} Input being low.

\overline{ACK} (Acknowledge Input). A "low" on this input informs the 82C55A that the data from Port A or Port B has been accepted. In essence, a response from the peripheral device indicating that it has received the data output by the CPU.

INTR (Interrupt Request). A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an output device has accepted data transmitted by the CPU. INTR is set when \overline{ACK} is a "one", \overline{OBF} is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of \overline{WR} .

- INTE A**
Controlled by bit set/reset of PC₆.
- INTE B**
Controlled by bit set/reset of PC₂.

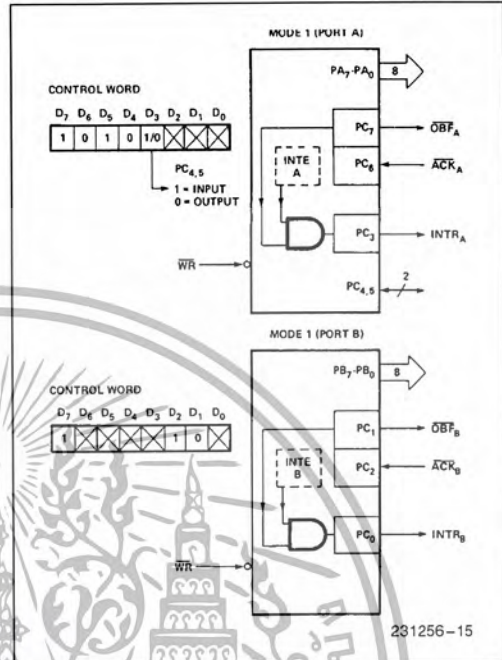


Figure 10. MODE 1 Output

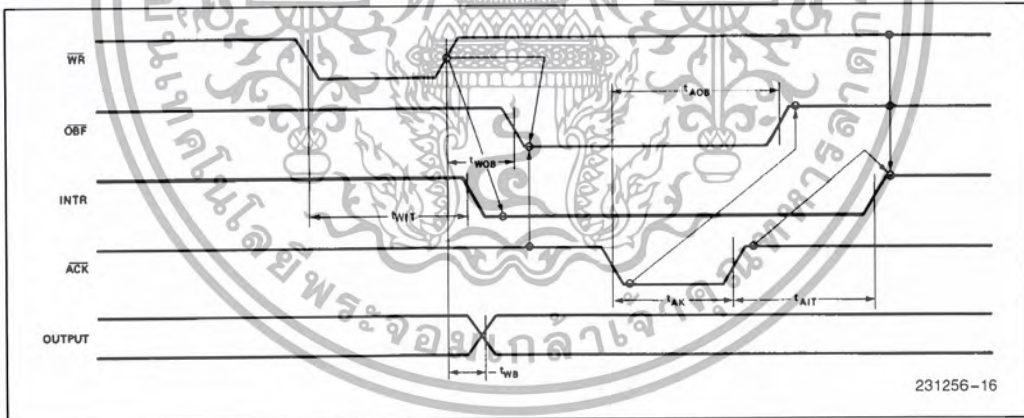


Figure 11. MODE 1 (Strobed Output)

Combinations of MODE 1

Port A and Port B can be individually defined as input or output in Mode 1 to support a wide variety of strobed I/O applications.

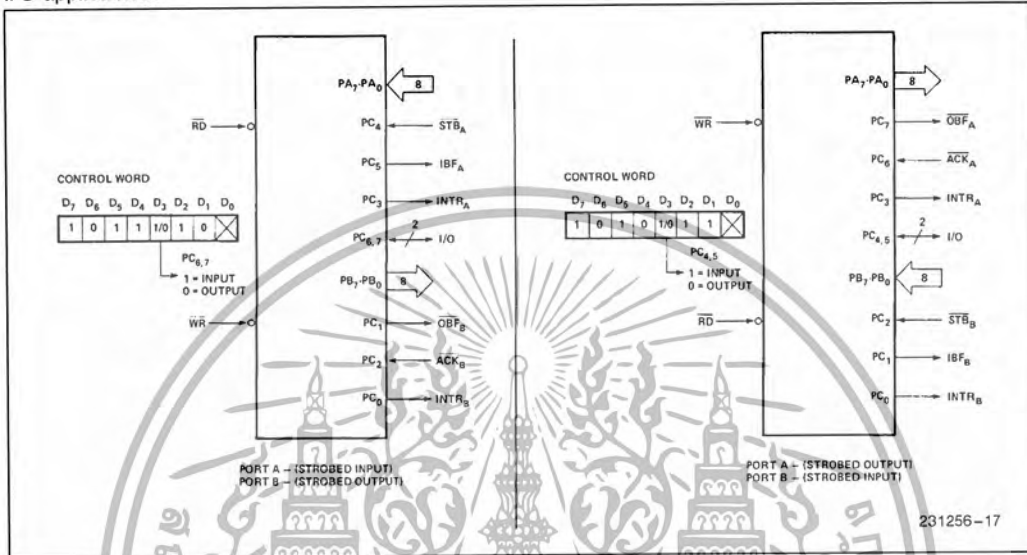


Figure 12. Combinations of MODE 1

Operating Modes

MODE 2 (Strobed Bidirectional Bus I/O). This functional configuration provides a means for communicating with a peripheral device or structure on a single 8-bit bus for both transmitting and receiving data (bidirectional bus I/O). "Handshaking" signals are provided to maintain proper bus flow discipline in a similar manner to MODE 1. Interrupt generation and enable/disable functions are also available.

MODE 2 Basic Functional Definitions:

- Used in Group A only.
- One 8-bit, bi-directional bus port (Port A) and a 5-bit control port (Port C).
- Both inputs and outputs are latched.
- The 5-bit control port (Port C) is used for control and status for the 8-bit, bi-directional bus port (Port A).

Bidirectional Bus I/O Control Signal Definition

INTR (Interrupt Request). A high on this output can be used to interrupt the CPU for input or output operations.

Output Operations

OBF (Output Buffer Full). The OBF output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to port A.

ACK (Acknowledge). A "low" on this input enables the tri-state output buffer of Port A to send out the data. Otherwise, the output buffer will be in the high impedance state.

INTE 1 (The INTE Flip-Flop Associated with OBF). Controlled by bit set/reset of PC₆.

Input Operations

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC₄.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

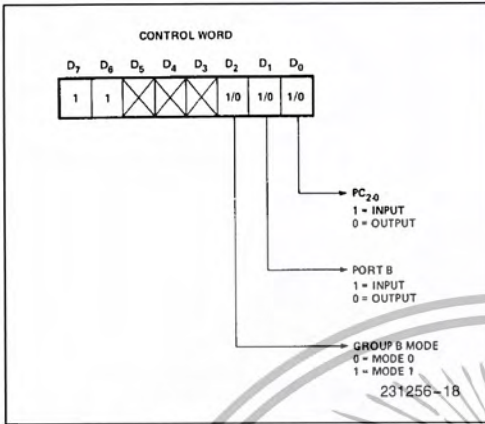


Figure 13. MODE Control Word

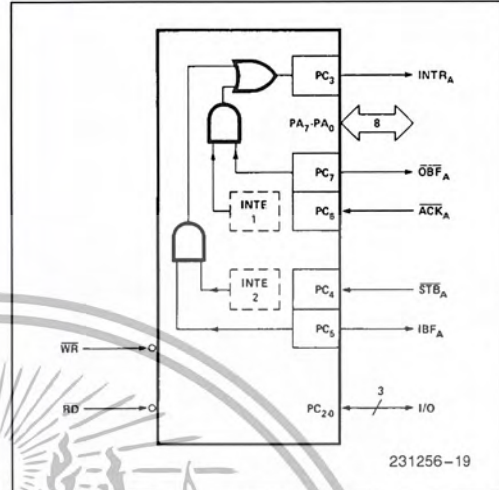


Figure 14. MODE 2

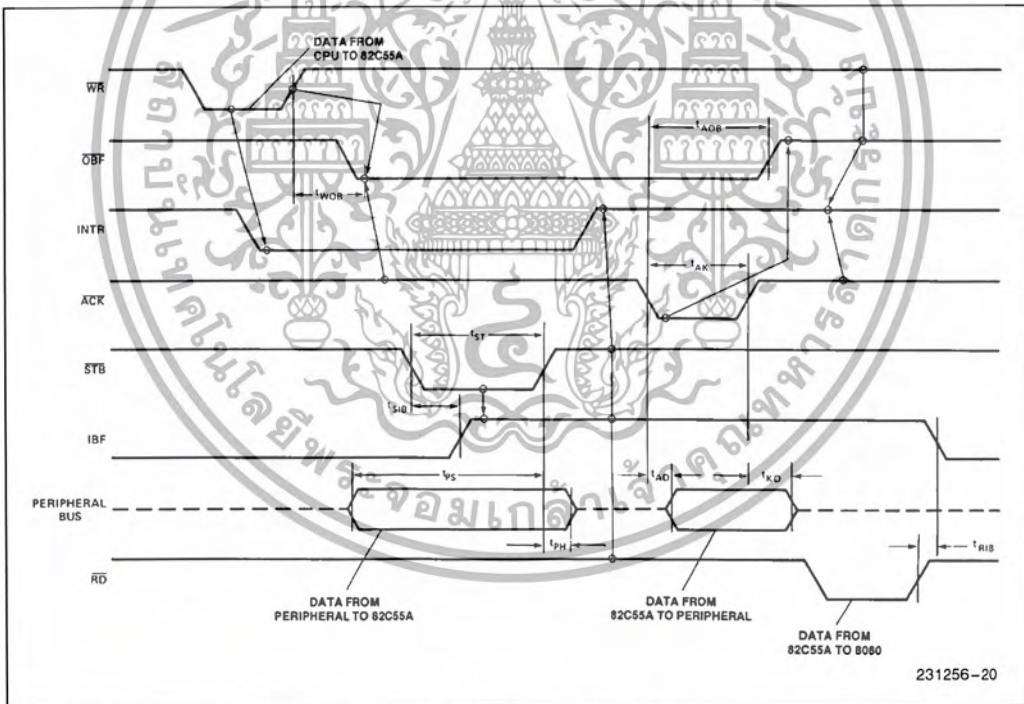


Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

NOTE:
 Any sequence where \overline{WR} occurs before \overline{ACK} , and \overline{STB} occurs before \overline{RD} is permissible.
 $(INTR = IBF \cdot MASK \cdot STB \cdot \overline{RD} + OBF \cdot MASK \cdot \overline{ACK} \cdot \overline{WR})$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

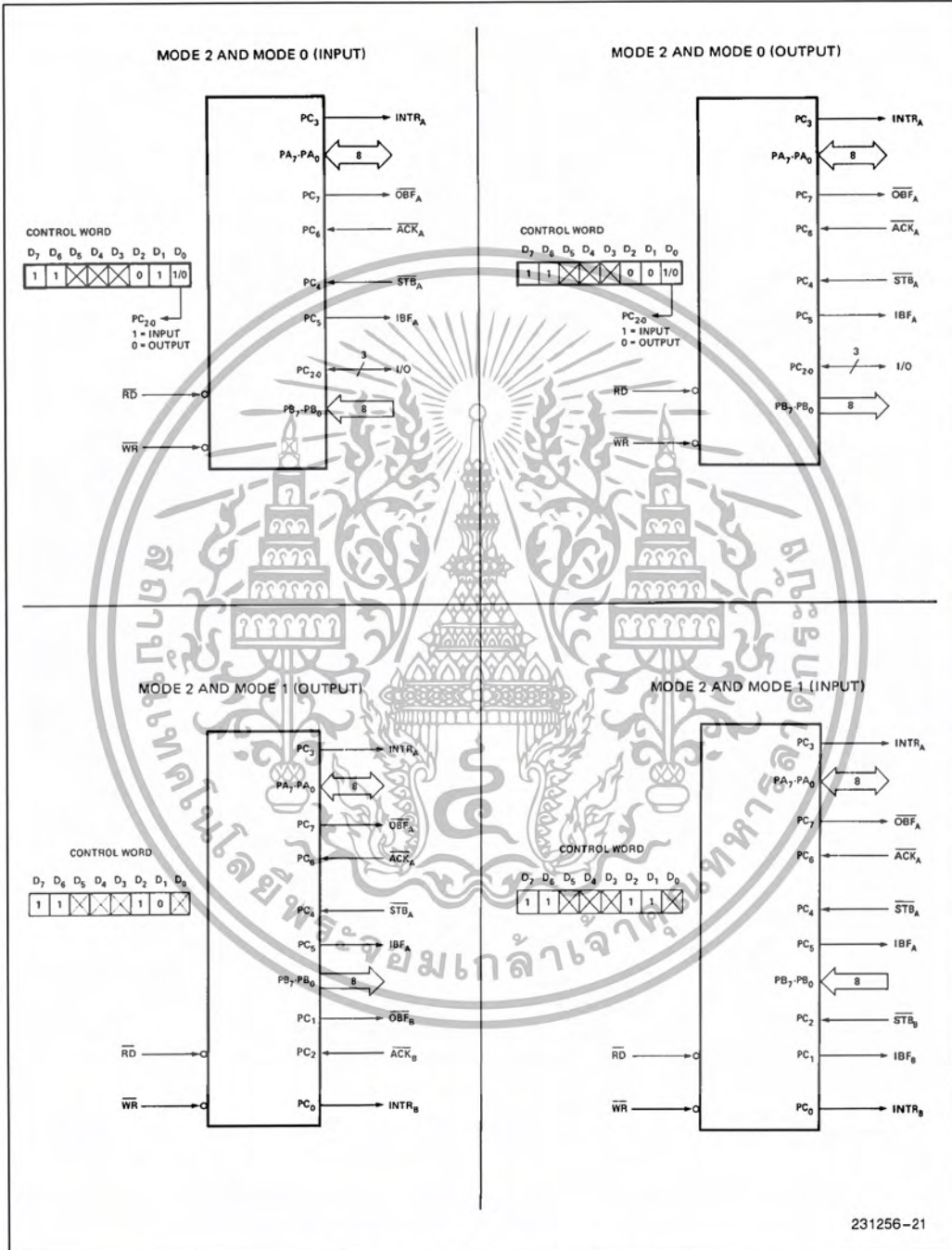


Figure 16. MODE 1/4 Combinations

Mode Definition Summary

	MODE 0		MODE 1		MODE 2	
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY	
PA ₀	IN	OUT	IN	OUT	↔	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PA ₁	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA ₂	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA ₃	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA ₄	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA ₅	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA ₆	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PA ₇	IN	OUT	IN	OUT	↔	
PB ₀	IN	OUT	IN	OUT	—	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB ₁	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB ₂	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB ₃	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB ₄	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB ₅	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB ₆	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB ₇	IN	OUT	IN	OUT	—	
PC ₀	IN	OUT	INTR _B	INTR _B	I/O	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PC ₁	IN	OUT	IBF _B	ÖBF _B	I/O	
PC ₂	IN	OUT	STB _B	ACK _B	I/O	
PC ₃	IN	OUT	INTR _A	INTR _A	INTR _A	
PC ₄	IN	OUT	STB _A	I/O	STB _A	
PC ₅	IN	OUT	IBF _A	I/O	IBF _A	
PC ₆	IN	OUT	I/O	ACK _A	ACK _A	
PC ₇	IN	OUT	I/O	ÖBF _A	ÖBF _A	

Special Mode Combination Considerations

There are several combinations of modes possible. For any combination, some or all of the Port C lines are used for control or status. The remaining bits are either inputs or outputs as defined by a "Set Mode" command.

During a read of Port C, the state of all the Port C lines, except the ACK and STB lines, will be placed on the data bus. In place of the ACK and STB line states, flag status will appear on the data bus in the PC2, PC4, and PC6 bit positions as illustrated by Figure 18.

Through a "Write Port C" command, only the Port C pins programmed as outputs in a Mode 0 group can be written. No other pins can be affected by a "Write Port C" command, nor can the interrupt enable flags be accessed. To write to any Port C output programmed as an output in a Mode 1 group or to

change an interrupt enable flag, the "Set/Reset Port C Bit" command must be used.

With a "Set/Reset Port C Bit" command, any Port C line programmed as an output (including INTR, IBF and ÖBF) can be written, or an interrupt enable flag can be either set or reset. Port C lines programmed as inputs, including ACK and STB lines, associated with Port C are not affected by a "Set/Reset Port C Bit" command. Writing to the corresponding Port C bit positions of the ACK and STB lines with the "Set/Reset Port C Bit" command will affect the Group A and Group B interrupt enable flags, as illustrated in Figure 18.

Current Drive Capability

Any output on Port A, B or C can sink or source 2.5 mA. This feature allows the 82C55A to directly drive Darlington type drivers and high-voltage displays that require such sink or source current.

Reading Port C Status

In Mode 0, Port C transfers data to or from the peripheral device. When the 82C55A is programmed to function in Modes 1 or 2, Port C generates or accepts "hand-shaking" signals with the peripheral device. Reading the contents of Port C allows the programmer to test or verify the "status" of each peripheral device and change the program flow accordingly.

There is no special instruction to read the status information from Port C. A normal read operation of Port C is executed to perform this function.

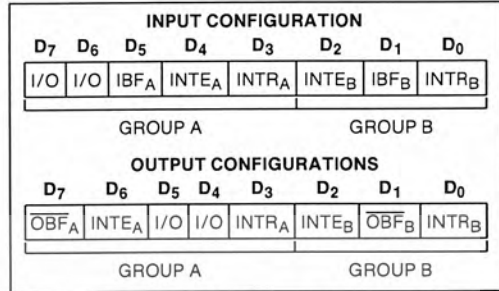


Figure 17a. MODE 1 Status Word Format

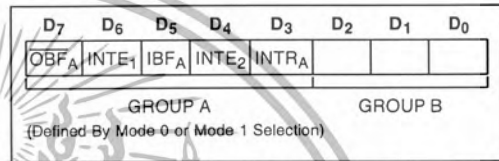


Figure 17b. MODE 2 Status Word Format

Interrupt Enable Flag	Position	Alternate Port C Pin Signal (Mode)
INTE _B	PC2	\overline{ACK}_B (Output Mode 1) or STB_B (Input Mode 1)
INTE _{A2}	PC4	STB_A (Input Mode 1 or Mode 2)
INTE _{A1}	PC6	ACK_A (Output Mode 1 or Mode 2)

Figure 18. Interrupt Enable Flags in Modes 1 and 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias . . . 0°C to + 70°C
 Storage Temperature - 65°C to + 150°C
 Supply Voltage - 0.5 to + 8.0V
 Operating Voltage + 4V to + 7V
 Voltage on any Input GND - 2V to + 6.5V
 Voltage on any Output . . GND - 0.5V to $V_{CC} + 0.5V$
 Power Dissipation 1 Watt

NOTICE: This is a production data sheet. The specifications are subject to change without notice.

***WARNING:** *Stressing the device beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. Operation beyond the "Operating Conditions" is not recommended and extended exposure beyond the "Operating Conditions" may affect device reliability.*

D.C. CHARACTERISTICS

$T_A = 0^\circ\text{C}$ to 70°C , $V_{CC} = +5V \pm 10\%$, GND = 0V ($T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$ for Extended Temperature)

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage	-0.5	0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0	V_{CC}	V	
V_{OL}	Output Low Voltage		0.4	V	$I_{OL} = 2.5 \text{ mA}$
V_{OH}	Output High Voltage	3.0 $V_{CC} - 0.4$	V V	V V	$I_{OH} = -2.5 \text{ mA}$ $I_{OH} = -100 \mu\text{A}$
I_{IL}	Input Leakage Current		± 1	μA	$V_{IN} = V_{CC}$ to 0V (Note 1)
I_{OFL}	Output Float Leakage Current		± 10	μA	$V_{IN} = V_{CC}$ to 0V (Note 2)
I_{DAR}	Darlington Drive Current	± 2.5	(Note 4)	mA	Ports A, B, C $R_{ext} = 500\Omega$ $V_{ext} = 1.7V$
I_{PHL}	Port Hold Low Leakage Current	+ 50	+ 300	μA	$V_{OUT} = 1.0V$ Port A only
I_{PHH}	Port Hold High Leakage Current	- 50	- 300	μA	$V_{OUT} = 3.0V$ Ports A, B, C
I_{PHLO}	Port Hold Low Overdrive Current	- 350		μA	$V_{OUT} = 0.8V$
I_{PHHO}	Port Hold High Overdrive Current	+ 350		μA	$V_{OUT} = 3.0V$
I_{CC}	V_{CC} Supply Current		10	mA	(Note 3)
I_{CCSB}	V_{CC} Supply Current-Standby		10	μA	$V_{CC} = 5.5V$ $V_{IN} = V_{CC}$ or GND Port Conditions If I/P = Open/High O/P = Open Only With Data Bus = High/Low CS = High Reset = Low Pure Inputs = Low/High

NOTES:

1. Pins A_1 , A_0 , \overline{CS} , \overline{WR} , \overline{RD} , Reset.
2. Data Bus; Ports B, C.
3. Outputs open.
4. Limit output current to 4.0 mA.

CAPACITANCE
 $T_A = 25^\circ\text{C}, V_{CC} = \text{GND} = 0\text{V}$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units	Test Conditions
C_{IN}	Input Capacitance		10	pF	Unmeasured pins returned to GND $f_c = 1\text{MHz}^{(5)}$
$C_{I/O}$	I/O Capacitance		20	pF	

NOTE:

5. Sampled not 100% tested.

A.C. CHARACTERISTICS
 $T_A = 0^\circ\text{ to }70^\circ\text{C}, V_{CC} = +5\text{V} \pm 10\%, \text{GND} = 0\text{V}$
 $T_A = -40^\circ\text{C to }+85^\circ\text{C for Extended Temperature}$
BUS PARAMETERS
READ CYCLE

Symbol	Parameter	82C55A-2		Units	Test Conditions
		Min	Max		
t_{AR}	Address Stable Before $\overline{RD} \downarrow$	0		ns	
t_{RA}	Address Hold Time After $\overline{RD} \uparrow$	0		ns	
t_{RR}	\overline{RD} Pulse Width	150		ns	
t_{RD}	Data Delay from $\overline{RD} \downarrow$		120	ns	
t_{DF}	$\overline{RD} \uparrow$ to Data Floating	10	75	ns	
t_{RV}	Recovery Time between $\overline{RD}/\overline{WR}$	200		ns	

WRITE CYCLE

Symbol	Parameter	82C55A-2		Units	Test Conditions
		Min	Max		
t_{AW}	Address Stable Before $\overline{WR} \downarrow$	0		ns	
t_{WA}	Address Hold Time After $\overline{WR} \uparrow$	20		ns	Ports A & B
		20		ns	Port C
t_{WW}	\overline{WR} Pulse Width	100		ns	
t_{DW}	Data Setup Time Before $\overline{WR} \uparrow$	100		ns	
t_{WD}	Data Hold Time After $\overline{WR} \uparrow$	30		ns	Ports A & B
		30		ns	Port C



OTHER TIMINGS

Symbol	Parameter	82C55A-2		Units Conditions	Test
		Min	Max		
t _{WB}	$\overline{WR} = 1$ to Output		350	ns	
t _{IR}	Peripheral Data Before \overline{RD}	0		ns	
t _{HR}	Peripheral Data After \overline{RD}	0		ns	
t _{AK}	\overline{ACK} Pulse Width	200		ns	
t _{ST}	\overline{STB} Pulse Width	100		ns	
t _{PS}	Per. Data Before \overline{STB} High	20		ns	
t _{PH}	Per. Data After \overline{STB} High	50		ns	
t _{AD}	$\overline{ACK} = 0$ to Output		175	ns	
t _{KD}	$\overline{ACK} = 1$ to Output Float	20	250	ns	
t _{WOB}	$\overline{WR} = 1$ to $\overline{OBF} = 0$		150	ns	
t _{AOB}	$\overline{ACK} = 0$ to $\overline{OBF} = 1$		150	ns	
t _{SIB}	$\overline{STB} = 0$ to $\overline{IBF} = 1$		150	ns	
t _{RIB}	$\overline{RD} = 1$ to $\overline{IBF} = 0$		150	ns	
t _{RIT}	$\overline{RD} = 0$ to $\overline{INTR} = 0$		200	ns	
t _{SIT}	$\overline{STB} = 1$ to $\overline{INTR} = 1$		150	ns	
t _{AIT}	$\overline{ACK} = 1$ to $\overline{INTR} = 1$		150	ns	
t _{WIT}	$\overline{WR} = 0$ to $\overline{INTR} = 0$		200	ns	see note 1
t _{RES}	Reset Pulse Width	500		ns	see note 2

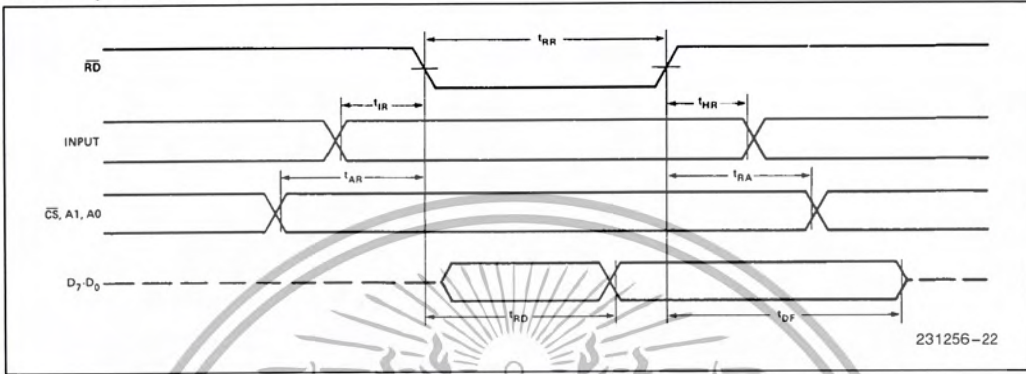
NOTE:

1. $\overline{INTR} \uparrow$ may occur as early as $\overline{WR} \downarrow$.

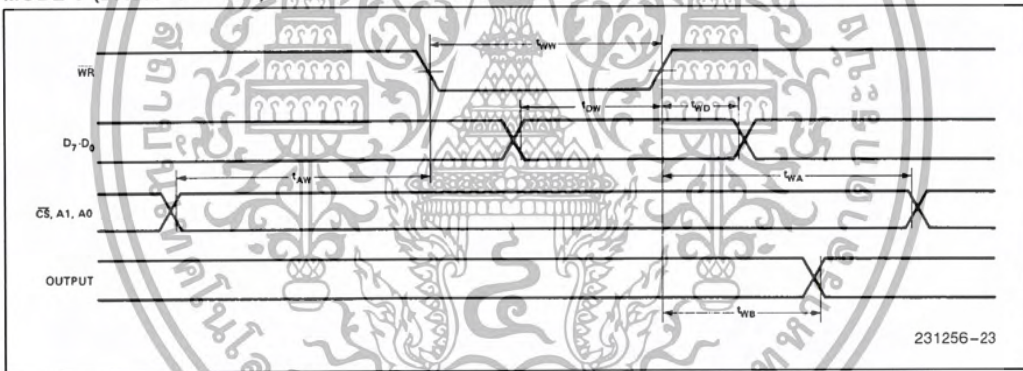
2. Pulse width of initial Reset pulse after power on must be at least 50 μ Sec. Subsequent Reset pulses may be 500 ns minimum. The output Ports A, B, or C may glitch low during the reset pulse but all port pins will be held at a logic "one" level after the reset pulse.

WAVEFORMS

MODE 0 (BASIC INPUT)



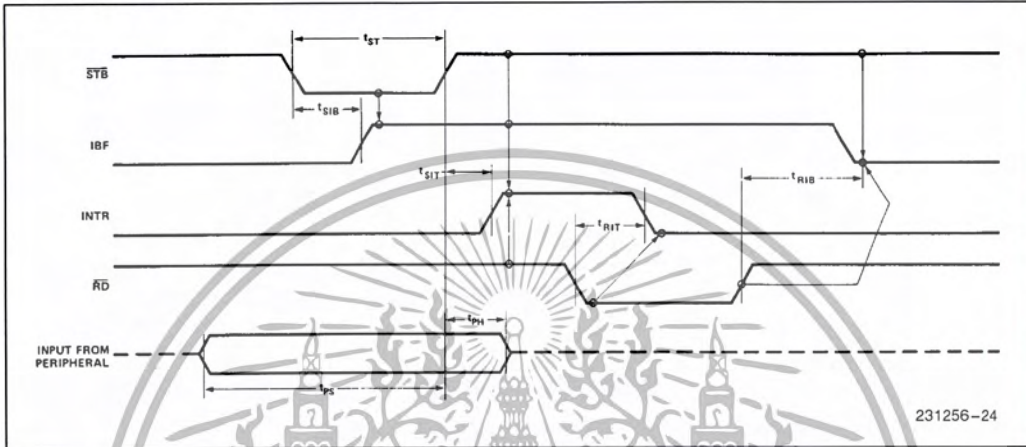
MODE 0 (BASIC OUTPUT)



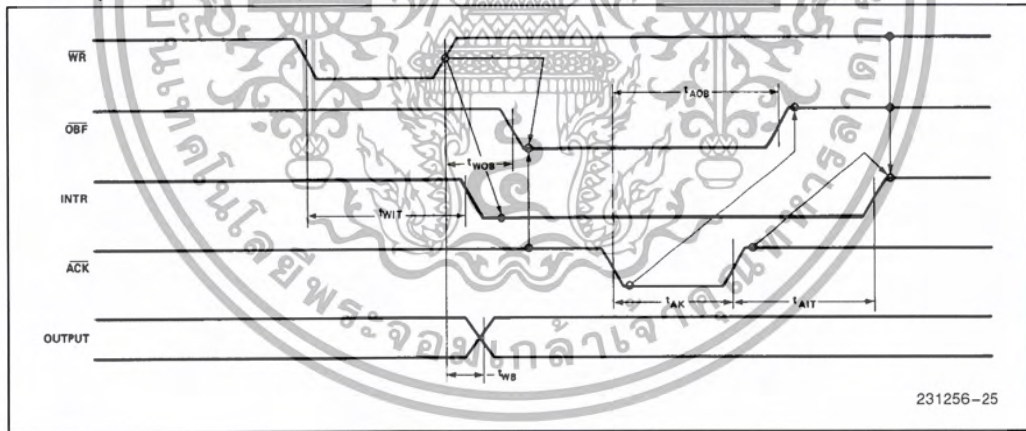
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WAVEFORMS (Continued)

MODE 1 (STROBED INPUT)

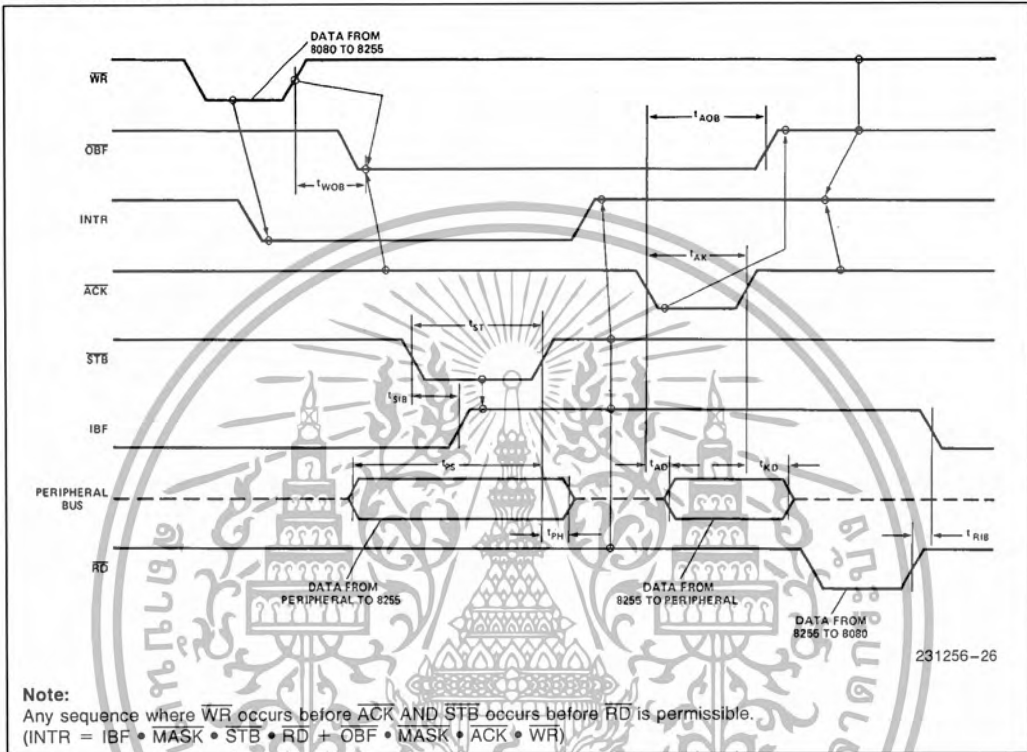


MODE 1 (STROBED OUTPUT)

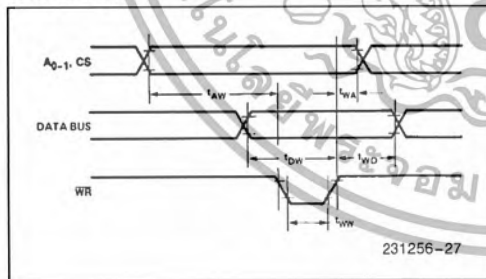


WAVEFORMS (Continued)

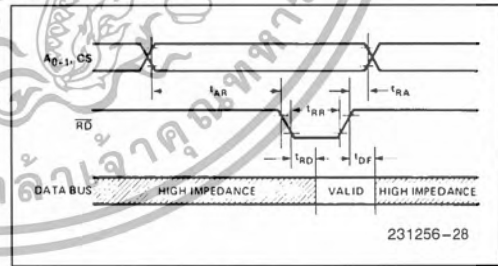
MODE 2 (BIDIRECTIONAL)



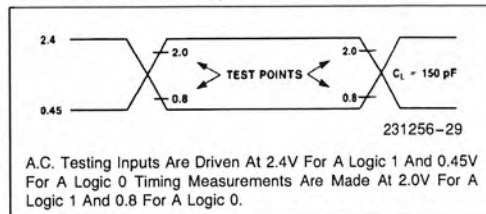
WRITE TIMING



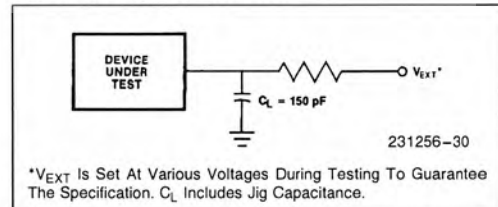
READ TIMING



A.C. TESTING INPUT, OUTPUT WAVEFORM



A.C. TESTING LOAD CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

The LM358 is also available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

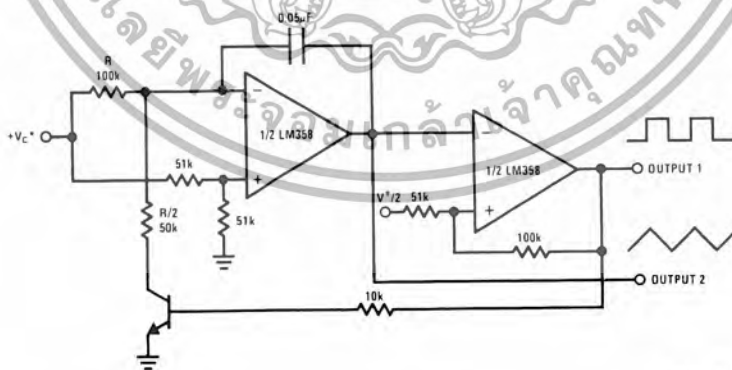
Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation
- Pin-out same as LM1558/LM1458 dual op amp

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: ~ 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: $-3V$ to $32V$
 - or dual supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain ($500 \mu A$)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing: $0V$ to $V^+ - 1.5V$

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



DS007787-23

Absolute Maximum Ratings (Note 9)

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

	LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V^+	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)		
$V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$		1	2		2	3		2	5	mV
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$, (Note 6)		20	50		45	100		45	150	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		2	10		5	30		3	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$) $V^+ = 5V$		1	2		1	2		1	2	mA
			0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2	mA

Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $T_A = 25^\circ C$		2	7		2	7	mV
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$, (Note 6)		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$) $V^+ = 5V$		1	2		1	2	mA
			0.5	1.2		0.5	1.2	mA

Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$, $R_L \geq 2 k\Omega$, (For $V_O = 1V$ to $11V$)	50	100		25	100		50	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$	70	85		65	85		70	85		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2904, $V^+ = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 kHz$ to $20 kHz$, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred), (Note 8)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN^+} = 1V$, $V_{IN^-} = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$		20	40		20	40		20	40	mA
	Sink $V_{IN^-} = 1V$, $V_{IN^+} = 0V$ $V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_O = 2V$		10	20		10	20		10	20	mA
	$V_{IN^-} = 1V$, $V_{IN^+} = 0V$ $T_A = 25^\circ C$, $V_O = 200 mV$, $V^+ = 15V$		12	50		12	50		12	50	μA
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ C$, (Note 2), $V^+ = 15V$		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 5)		4			5			7		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$		7	15		7	20		7		$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$		30			75			100		nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$		10	200		10	300		10		$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	100		40	200		40	300	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$)	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V

Electrical Characteristics (Continued)V⁺ = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = +15V (V _O = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ	25			15			25			V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	26			26			26			V
	V _{OL}	5 20			5 20			5 20			mV
Output Current	Source	10 20			10 20			10 20			mA
	Sink	10 15			5 8			5 8			mA

Electrical CharacteristicsV⁺ = +5.0V, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = 15V, T _A = 25°C, R _L ≥ 2 kΩ, (For V _O = 1V to 11V)	25	100		25	100		V/mV	
Common-Mode Rejection Ratio	T _A = 25°C, V _{CM} = 0V to V ⁺ - 1.5V	65	85		50	70		dB	
Power Supply Rejection Ratio	V ⁺ = 5V to 30V (LM2904, V ⁺ = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		50	100		dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred), (Note 8)		-120			-120		dB	
Output Current	Source	20 40			20 40				mA
	Sink	10 20			10 20				mA
		12 50			12 50				μA
Short Circuit to Ground	T _A = 25°C, (Note 2), V ⁺ = 15V	40 60			40 60				mA
Input Offset Voltage	(Note 5)	9			10				mV
Input Offset Voltage Drift	R _S = 0Ω	7			7				μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)}	150			45 200				nA
Input Offset Current Drift	R _S = 0Ω	10			10				pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}	40 500			40 500				nA
Input Common-Mode Voltage Range	V ⁺ = 30 V, (Note 7) (LM2904, V ⁺ = 26V)	0			V ⁺ - 2				V

Electrical Characteristics (Continued)

$V^+ = +5.0V$, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ($V_O = 1V$ to $11V$) $R_L \geq 2 k\Omega$	15			15			V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH}	$V^+ = +30V$ (LM2904, $V^+ = 26V$)	$R_L = 2 k\Omega$ $R_L = 10 k\Omega$		22		23 24	V V
	V_{OL}	$V^+ = 5V, R_L = 10 k\Omega$		5	20	5	100	mV
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = +1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$		10	20	10	20	mA
	Sink	$V_{IN}^- = +1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V$		5	8	5	8	mA

Note 1: For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $120^\circ C/W$ for MDIP, $182^\circ C/W$ for Metal Can, $189^\circ C/W$ for Small Outline package, and $230^\circ C/W$ for micro SMD, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of $+15V$, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM158/LM158A. With the LM258/LM258A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM358/LM358A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2904 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 5: $V_O = 1.4V, R_S = 0\Omega$ with V^+ from $5V$ to $30V$; and over the full input common-mode range ($0V$ to $V^+ - 1.5V$) at $25^\circ C$. For LM2904, V^+ from $5V$ to $26V$.

Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

Note 7: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$ (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2904), independent of the magnitude of V^+ .

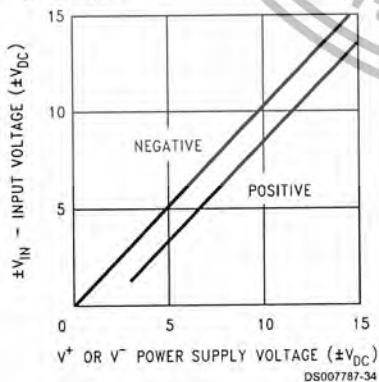
Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 9: Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.

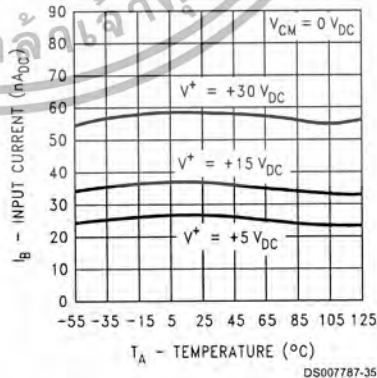
Note 10: Human body model, $1.5 k\Omega$ in series with $100 pF$.

Typical Performance Characteristics

Input Voltage Range

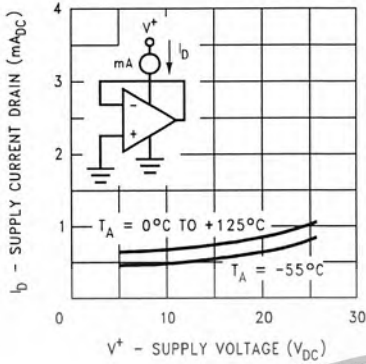


Input Current



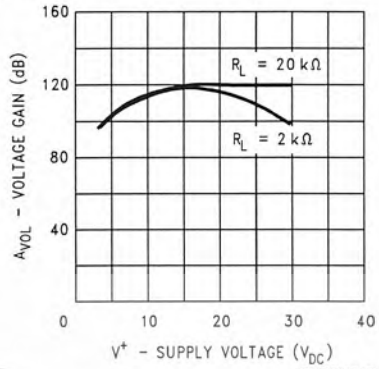
Typical Performance Characteristics (Continued)

Supply Current



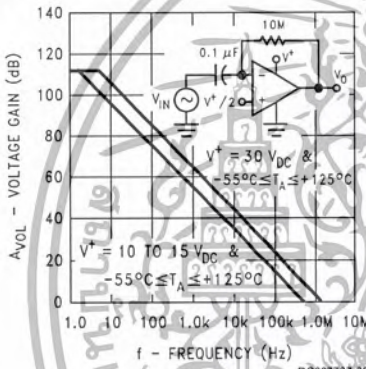
DS007787-36

Voltage Gain



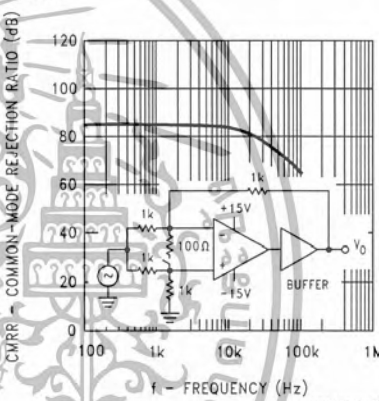
DS007787-37

Open Loop Frequency Response



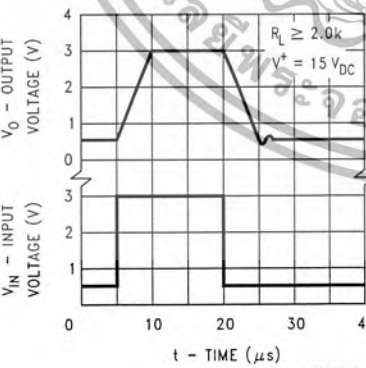
DS007787-38

Common-Mode Rejection Ratio



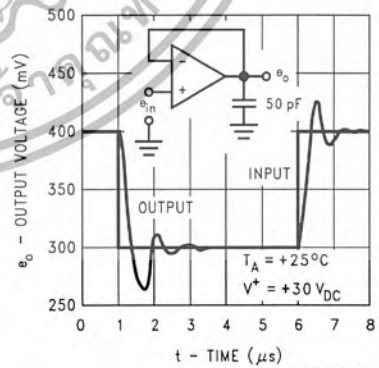
DS007787-39

Voltage Follower Pulse Response



DS007787-40

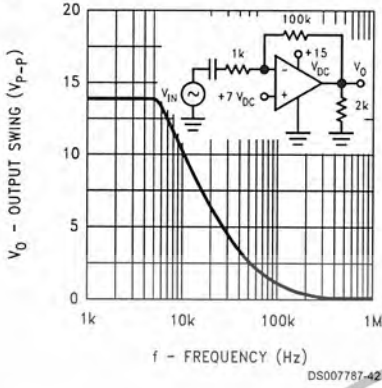
Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



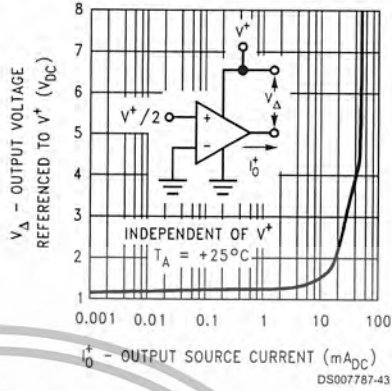
DS007787-41

Typical Performance Characteristics (Continued)

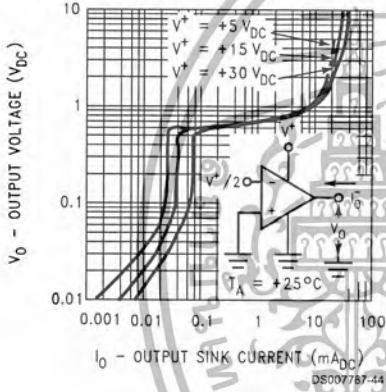
Large Signal Frequency Response



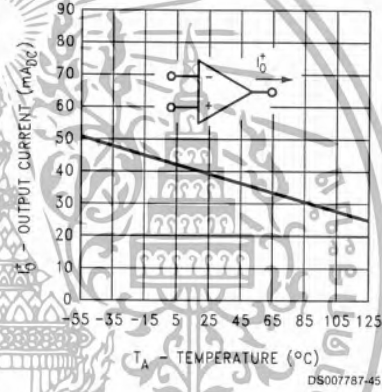
Output Characteristics Current Sourcing



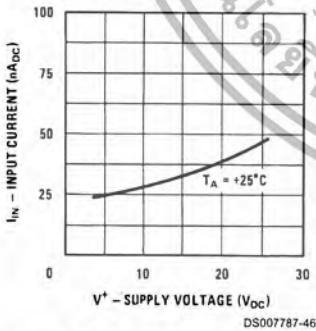
Output Characteristics Current Sinking



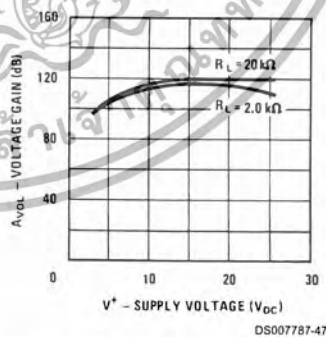
Current Limiting



Input Current (LM2902 only)



Voltage Gain (LM2902 only)



Application Hints

The LM158 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 V_{DC}. These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 V_{DC}.

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger

Application Hints (Continued)

than V^+ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3 V_{DC}$ (at $25^\circ C$). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply current drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion. Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

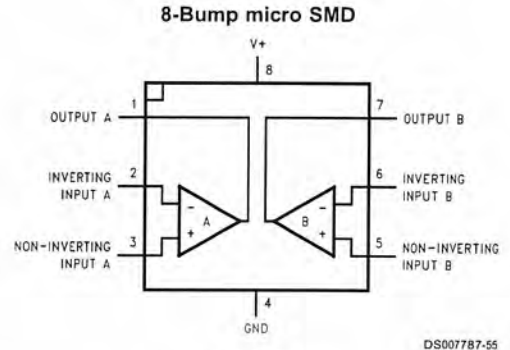
Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

The bias network of the LM158 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of $3 V_{DC}$ to $30 V_{DC}$.

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive function temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at $25^\circ C$ provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

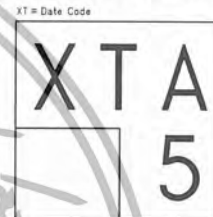
The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of $V^+/2$) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

Connection Diagrams



Top View
(Bump Side Down)

micro SMD Marking Orientation



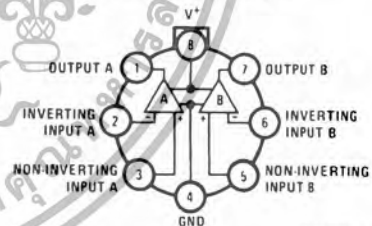
Pin 1 Corner
Pin 1 is identified by lower left corner with respect to the text.

DS007787-56

Bumps are numbered counter-clockwise.

Top View

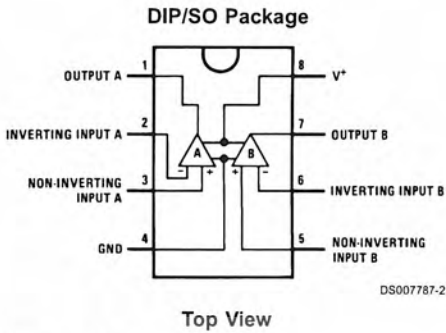
Metal Can Package



Top View

DS007787-1

Connection Diagrams (Continued)



Ordering Information

Package	Temperature Range				NSC Drawing
	-55°C to 125°C	-25°C to 85°C	0°C to 70°C	-40°C to 85°C	
SO-8			LM358AM LM358AMX LM358M LM358MX	LM2904M	M08A
8-Pin Molded DIP			LM358AN LM358N	LM2904N	N08E
8-Pin Ceramic DIP	LM158AJ/883(Note 11) LM158J/883(Note 11) LM158J LM158AJLQML(Note 12) LM158AJQMLV(Note 12)				J08A
TO-5, 8-Pin Metal Can	LM158AH/883(Note 11) LM158H/883(Note 11) LM158AH LM158H LM158AHLQML(Note 12) LM158AHLQMLV(Note 12)	LM258H	LM358H		H08C
8-Bump micro SMD			LM358BP LM358BPX		BPA08AAB

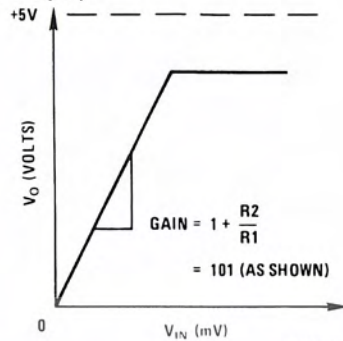
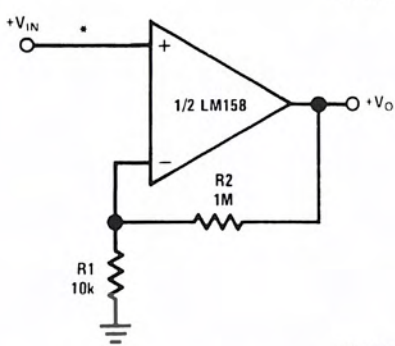
Note 11: LM158 is available per SMD #5962-8771001

LM158A is available per SMD #5962-8771002

Note 12: See STD Mil DWG 5962L87710 for Radiation Tolerant Devices

Typical Single-Supply Applications $(V^+ = 5.0 V_{DC})$

Non-Inverting DC Gain (0V Output)

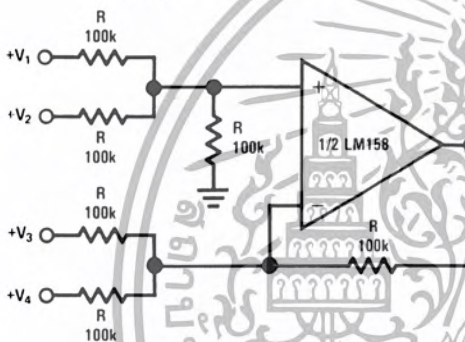


DS007787-6

DS007787-7

*R not needed due to temperature independent I_{IN}

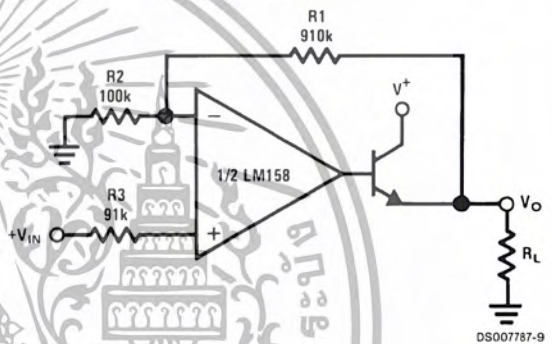
DC Summing Amplifier
 $(V_{IN'S} \geq 0 V_{DC} \text{ and } V_O \geq 0 V_{DC})$



Where: $V_O = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$ to keep $V_O > 0 V_{DC}$

DS007787-8
 $V_O = 0 V_{DC}$ for $V_{IN} = 0 V_{DC}$
 $A_V = 10$

Power Amplifier



DS007787-9

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE[®] output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

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

Features

- Compatible with 8080 μ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

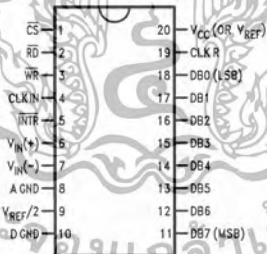
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP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

Key Specifications

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

Connection Diagram

ADC080X
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



See Ordering Information

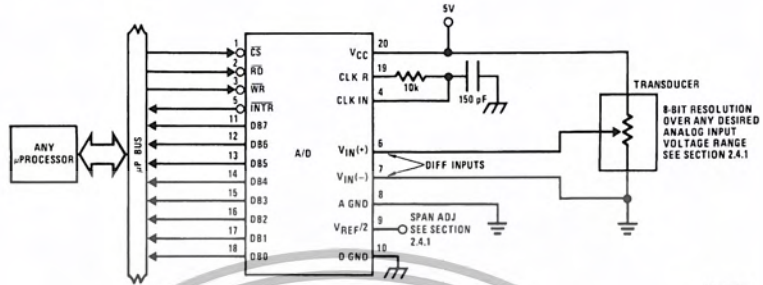
Ordering Information

TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	-40°C TO +85°C
ERROR	$\pm 1/4$ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	$\pm 1/2$ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	$\pm 1/2$ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	± 1 Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z-80[®] is a registered trademark of Zilog Corp.

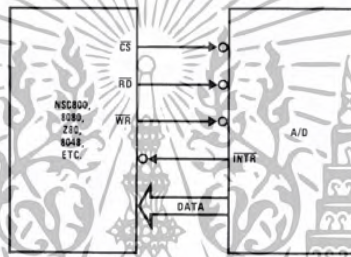
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications



DS005671-1

8080 Interface



DS603671-31

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

Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$ (No Adjustments)	$V_{REF}/2 = \text{No Connection}$ (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		± 1 LSB	
ADC0805			± 1 LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

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

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

Infrared (15 seconds)	220°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0804LCJ	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0804LCN	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/04LCWM	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
Range of V_{DC}	4.5 V_{DC} to 6.3 V_{DC}

Electrical Characteristics

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

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

AC Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T_C	Conversion Time	$f_{CLK}=640$ kHz (Note 6)	103		114	μs
T_C	Conversion Time	(Notes 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
f_{CLK}	Clock Frequency	$V_{CC}=5V$, (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle		40		60	%
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTR tied to WR with $CS=0 V_{DC}$, $f_{CLK}=640$ kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(WR)}$	Width of WR Input (Start Pulse Width)	$CS=0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid)	$C_L=100$ pF		135	200	ns
t_{1H}, t_{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of RD to Hi-Z State)	$C_L=10$ pF, $R_L=10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
t_{WI}, t_{RI}	Delay from Falling Edge of WR or RD to Reset of INTR			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)The following specifications apply for $V_{CC}=5 V_{DC}$ and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=5.25 V_{DC}$	2.0		15	V_{DC}
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.8	V_{DC}
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=5 V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=0 V_{DC}$	-1	-0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_{T+}	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_{T-}	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O=360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O=-360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND INTR						
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs	$I_{OUT}=1.6 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
	INTR Output	$I_{OUT}=1.0 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-360 \mu A, V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-10 \mu A, V_{CC}=4.75 V_{DC}$	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT}=0 V_{DC}$ $V_{OUT}=5 V_{DC}$	-3		3	μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, $T_A=25^\circ C$	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC} , $T_A=25^\circ C$	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current)	$f_{CLK}=640 kHz$, $V_{REF}/2=NC, T_A=25^\circ C$ and $CS=5V$				
	ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCWM			1.1 1.9	1.8 2.5	mA mA
<p>Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.</p> <p>Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.</p> <p>Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to Gnd and has a typical breakdown voltage of $7 V_{DC}$.</p> <p>Note 4: For $V_{IN(-)} \geq V_{IN(+)}$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.</p> <p>Note 5: Accuracy is guaranteed at $f_{CLK} = 640 kHz$. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.</p> <p>Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 4 and section 2.0.</p>						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

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

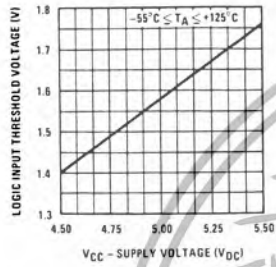
Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 7.

Note 9: The $V_{REF/2}$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 k Ω . In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 k Ω .

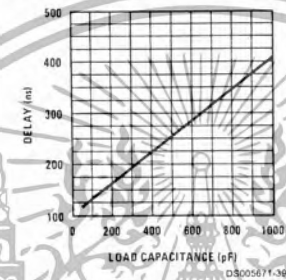
Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Typical Performance Characteristics

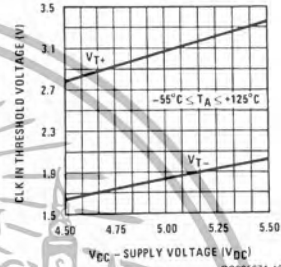
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



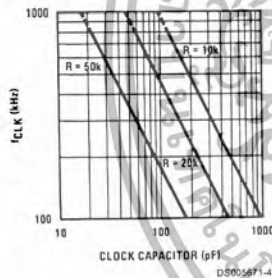
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



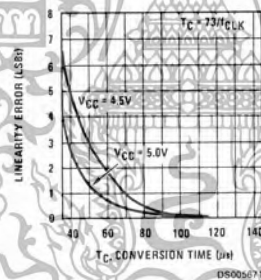
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



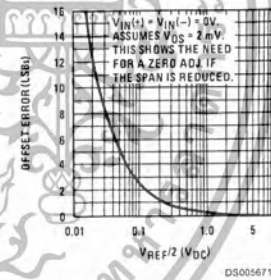
f_{CLK} vs. Clock Capacitor



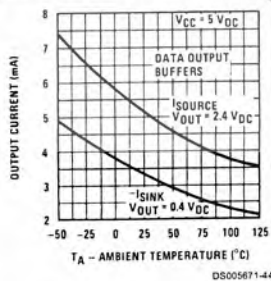
Full-Scale Error vs. Conversion Time



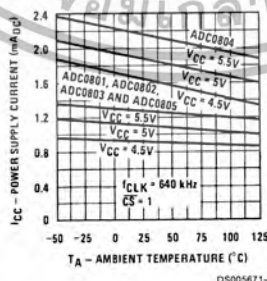
Effect of Unadjusted Offset Error vs. V_{REF/2} Voltage



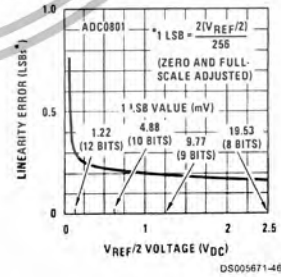
Output Current vs. Temperature



Power Supply Current vs. Temperature (Note 9)

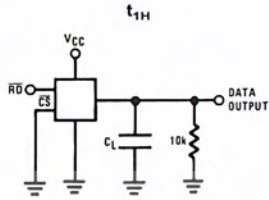


Linearity Error at Low V_{REF/2} Voltages



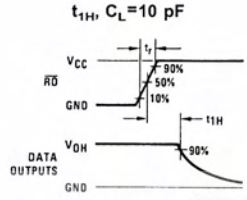
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms

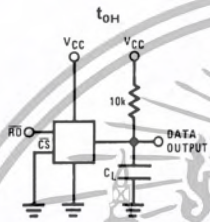


DS005671-47

$t_r = 20 \text{ ns}$

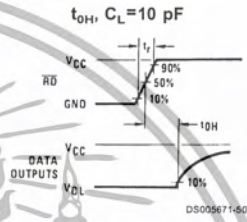


DS005671-48



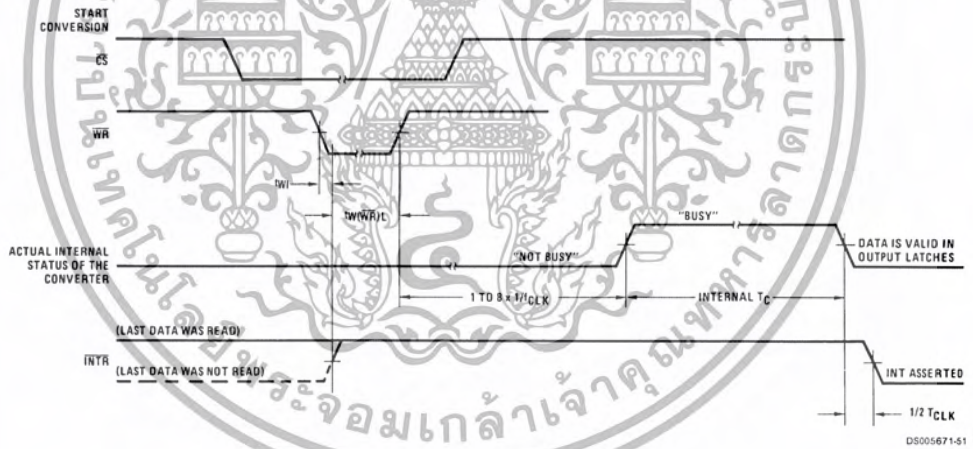
DS005671-49

$t_r = 20 \text{ ns}$



DS005671-50

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



DS005671-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM136-2.5/LM236-2.5/LM336-2.5V Reference Diode

General Description

The LM136-2.5/LM236-2.5 and LM336-2.5 integrated circuits are precision 2.5V shunt regulator diodes. These monolithic IC voltage references operate as a low-temperature-coefficient 2.5V zener with 0.2Ω dynamic impedance. A third terminal on the LM136-2.5 allows the reference voltage and temperature coefficient to be trimmed easily.

The LM136-2.5 series is useful as a precision 2.5V low voltage reference for digital voltmeters, power supplies or op amp circuitry. The 2.5V make it convenient to obtain a stable reference from 5V logic supplies. Further, since the LM136-2.5 operates as a shunt regulator, it can be used as either a positive or negative voltage reference.

The LM136-2.5 is rated for operation over -55°C to +125°C while the LM236-2.5 is rated over a -25°C to +85°C temperature range.

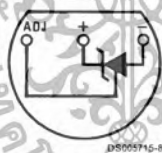
The LM336-2.5 is rated for operation over a 0°C to +70°C temperature range. See the connection diagrams for available packages.

Features

- Low temperature coefficient
- Wide operating current of 400 μA to 10 mA
- 0.2Ω dynamic impedance
- ±1% initial tolerance available
- Guaranteed temperature stability
- Easily trimmed for minimum temperature drift
- Fast turn-on
- Three lead transistor package

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package



DS005715-8

Bottom View

Order Number LM236Z-2.5,
LM236AZ-2.5, LM336Z-2.5 or LM336BZ-2.5
See NS Package Number Z03A

TO-46
Metal Can Package



DS005715-20

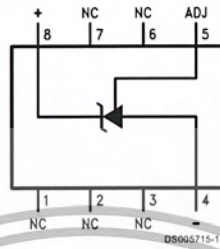
Bottom View

Order Number LM136H-2.5,
LM136H-2.5/883, LM236H-2.5,
LM136AH-2.5, LM136AH-2.5/883
or LM236AH-2.5
See NS Package Number H03H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams (Continued)

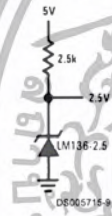
SO Package



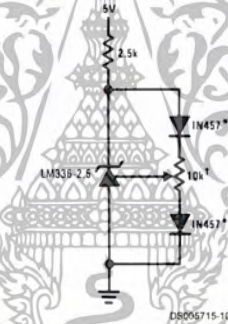
Top View
 Order Number LM236M-2.5,
 LM236AM-2.5, LM336M-2.5
 or LM336BM-2.5
 See NS Package Number M08A

Typical Applications

2.5V Reference

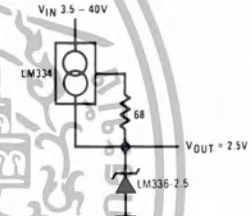


2.5V Reference with Minimum Temperature Coefficient



Adjust to 2.490V
 Any silicon signal diode

Wide Input Range Reference



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	-60°C to +150°C

Operating Temperature Range (Note 2)

LM136	-55°C to +150°C
LM236	-25°C to +85°C
LM336	0°C to +70°C

Soldering Information

TO-92 Package (10 sec.)	260°C
TO-46 Package (10 sec.)	300°C
SO Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" (Appendix D) for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM136A-2.5/LM236A-2.5			LM336B-2.5			Units
		LM136-2.5/LM236-2.5			LM336-2.5			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reverse Breakdown Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$							V
	LM136, LM236, LM336	2.440	2.490	2.540	2.390	2.490	2.590	V
	LM136A, LM236A, LM336B	2.465	2.490	2.515	2.440	2.490	2.540	V
Reverse Breakdown Change With Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 10\text{ mA}$		2.6	6		2.6	10	mV
Reverse Dynamic Impedance	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$, $f = 100\text{ Hz}$		0.2	0.6		0.2	1	Ω
Temperature Stability (Note 4)	V_R Adjusted to 2.490V $I_R = 1\text{ mA}$, Figure 2							
	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ (LM336)					1.8	6	mV
	$-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ (LM236H, LM236Z)		3.5	9				mV
	$-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ (LM236M)		7.5	18				mV
	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ (LM136)		12	18				mV
Reverse Breakdown Change With Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 10\text{ mA}$		3	10		3	12	mV
Reverse Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.4	1		0.4	1.4	Ω
Long Term Stability	$T_A = 25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$, $I_R = 1\text{ mA}$, $t = 1000\text{ hrs}$		20			20		ppm

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

Note 2: For elevated temperature operation, T_J max is:

LM136	150°C
LM236	125°C
LM336	100°C

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{ja} (Junction to Ambient)	180°C/W (0.4" leads) 170°C/W (0.125" lead)	440°C/W	165°C/W
θ_{jc} (Junction to Case)	n/a	80°C/W	n/a

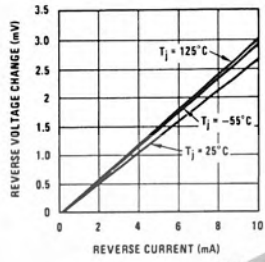
Note 3: Unless otherwise specified, the LM136-2.5 is specified from $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$, the LM236-2.5 from $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ and the LM336-2.5 from $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$.

Note 4: Temperature stability for the LM336 and LM236 family is guaranteed by design. Design limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels. Stability is defined as the maximum change in V_{ref} from 25°C to T_A (min) or T_A (max).

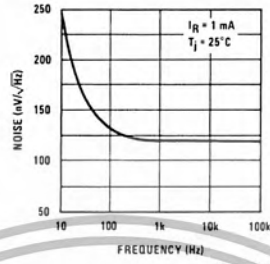
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

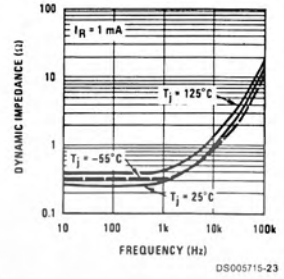
Reverse Voltage Change



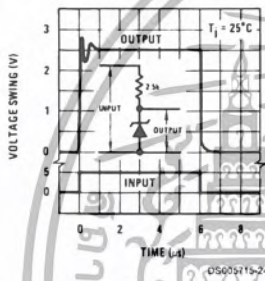
Zener Noise Voltage



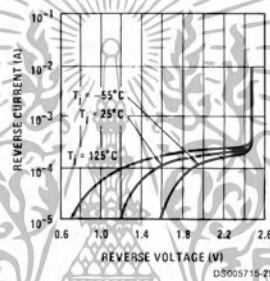
Dynamic Impedance



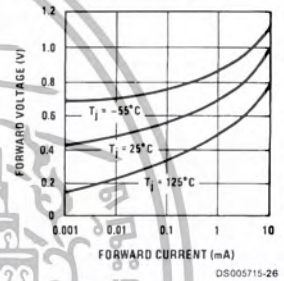
Response Time



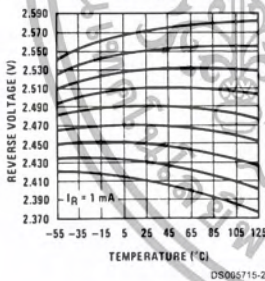
Reverse Characteristics



Forward Characteristics



Temperature Drift



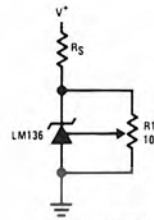
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints

The LM136 series voltage references are much easier to use than ordinary zener diodes. Their low impedance and wide operating current range simplify biasing in almost any circuit. Further, either the breakdown voltage or the temperature coefficient can be adjusted to optimize circuit performance.

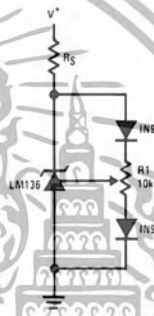
Figure 1 shows an LM136 with a 10k potentiometer for adjusting the reverse breakdown voltage. With the addition of R1 the breakdown voltage can be adjusted without affecting the temperature coefficient of the device. The adjustment range is usually sufficient to adjust for both the initial device tolerance and inaccuracies in buffer circuitry.

If minimum temperature coefficient is desired, two diodes can be added in series with the adjustment potentiometer as shown in Figure 2. When the device is adjusted to 2.490V the temperature coefficient is minimized. Almost any silicon signal diode can be used for this purpose such as a 1N914, 1N4148 or a 1N457. For proper temperature compensation the diodes should be in the same thermal environment as the LM136. It is usually sufficient to mount the diodes near the LM136 on the printed circuit board. The absolute resistance of R1 is not critical and any value from 2k to 20k will work.



DS005715-28

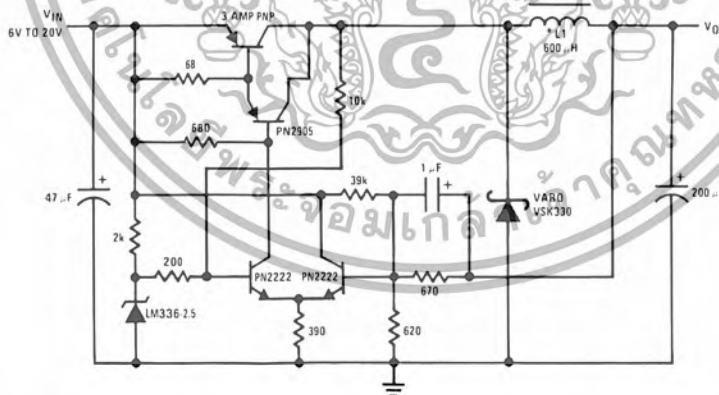
FIGURE 1. LM136 With Pot for Adjustment of Breakdown Voltage (Trim Range = ± 120 mV typical)



DS005715-29

FIGURE 2. Temperature Coefficient Adjustment (Trim Range = ± 170 mV typical)

Low Cost 2 Amp Switching Regulator



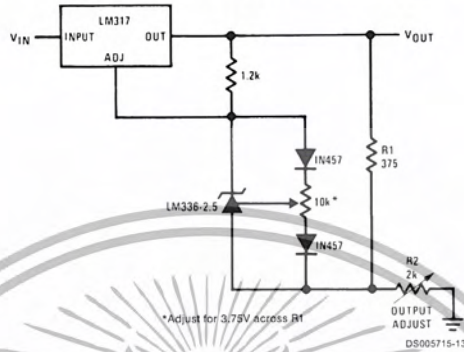
DS005715-5

¹L 1 60 turns #16 wire on Arnold Core A-254168-2
²Efficiency = 80%

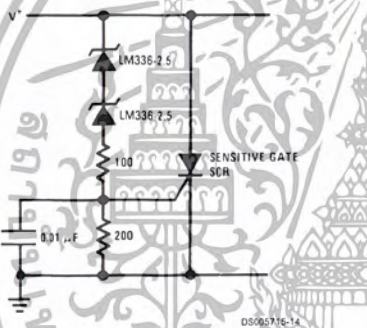
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (Continued)

Precision Power Regulator with Low Temperature Coefficient



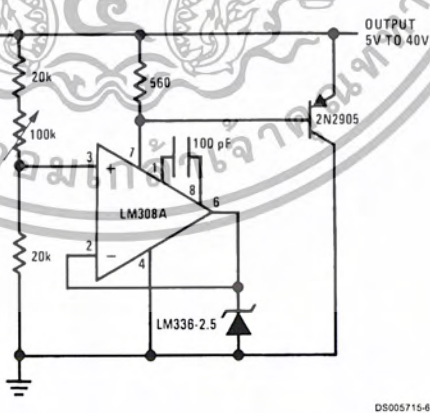
5V Crowbar



Trimmed 2.5V Reference with Temperature Coefficient Independent of Breakdown Voltage



Adjustable Shunt Regulator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54HC541, SN74HC541 OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

SCLS305A - JANUARY 1996 - REVISED MAY 1997

- High-Current 3-State Outputs Drive Bus Lines Directly or up to 15 LSTTL Loads
- Data Flow-Through Pinout (All Inputs on Opposite Side From Outputs)
- Package Options Include Plastic Small-Outline (DW), Thin Shrink Small-Outline (PW), and Ceramic Flat (W) Packages, Ceramic Chip Carriers (FK), and Standard Plastic (N) and Ceramic (J) 300-mil DIPs

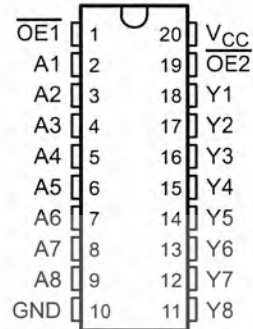
description

These octal buffers and line drivers feature the performance of the 'HC240 and a pinout with inputs and outputs on opposite sides of the package. This arrangement greatly enhances printed circuit board layout.

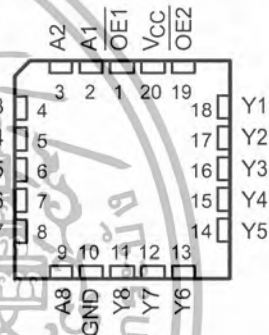
The 3-state control gate is a 2-input NOR. If either output-enable ($\overline{OE1}$ or $\overline{OE2}$) input is high, all eight outputs are in the high-impedance state. The 'HC541 provide true data at the outputs.

The SN54HC541 is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The SN74HC541 is characterized for operation from -40°C to 85°C .

SN54HC541 ... J OR W PACKAGE
SN74HC541 ... DW, N, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54HC541 ... FK PACKAGE
(TOP VIEW)



FUNCTION TABLE
(each buffer/driver)

INPUTS			OUTPUT	
$\overline{OE1}$	$\overline{OE2}$	A	Y	
L	L	L	L	
L	L	H	H	
H	X	X	Z	
X	H	X	Z	



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

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

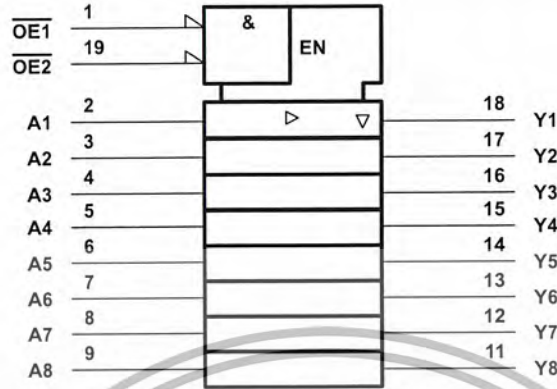
Copyright © 1997, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในวงจำกัดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54HC541, SN74HC541 OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

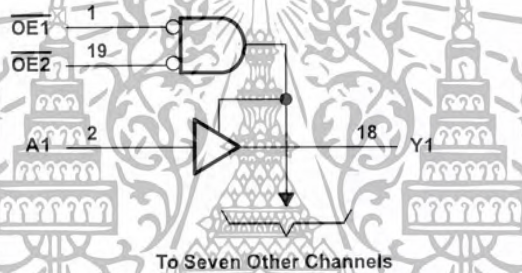
SCLS305A – JANUARY 1996 – REVISED MAY 1997

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range‡

Supply voltage range, V_{CC}	-0.5 V to 7 V
Input clamp current, I_{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{CC}$) (see Note 1)	± 20 mA
Output clamp current, I_{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{CC}$) (see Note 1)	± 20 mA
Continuous output current, I_O ($V_O = 0$ to V_{CC})	± 35 mA
Continuous current through V_{CC} or GND	± 70 mA
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): DW package	97°C/W
..... N package	67°C/W
..... PW package	128°C/W
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°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. The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ภายในองค์กรของคุณ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54HC541, SN74HC541 OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

SCLS305A – JANUARY 1996 – REVISED MAY 1997

recommended operating conditions

		SN54HC541			SN74HC541			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC}	Supply voltage	2	5	6	2	5	6	V
V_{IH}	High-level input voltage	$V_{CC} = 2\text{ V}$		1.5	$V_{CC} = 2\text{ V}$		1.5	V
		$V_{CC} = 4.5\text{ V}$		3.15	$V_{CC} = 4.5\text{ V}$		3.15	
		$V_{CC} = 6\text{ V}$		4.2	$V_{CC} = 6\text{ V}$		4.2	
V_{IL}	Low-level input voltage	$V_{CC} = 2\text{ V}$		0	0.5	$V_{CC} = 2\text{ V}$		V
		$V_{CC} = 4.5\text{ V}$		0	1.35	$V_{CC} = 4.5\text{ V}$		
		$V_{CC} = 6\text{ V}$		0	1.8	$V_{CC} = 6\text{ V}$		
V_I	Input voltage	0	V_{CC}		0	V_{CC}		V
V_O	Output voltage	0	V_{CC}		0	V_{CC}		V
t_t	Input transition (rise and fall) time	$V_{CC} = 2\text{ V}$		0	1000	$V_{CC} = 2\text{ V}$		ns
		$V_{CC} = 4.5\text{ V}$		0	500	$V_{CC} = 4.5\text{ V}$		
		$V_{CC} = 6\text{ V}$		0	400	$V_{CC} = 6\text{ V}$		
T_A	Operating free-air temperature	-55		125	-40		85	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	V_{CC}	$T_A = 25^\circ\text{C}$			SN54HC541		SN74HC541		UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
V_{OH}	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}	$I_{OH} = -20\ \mu\text{A}$	2 V	1.9	1.998	1.9	1.9	V		
			4.5 V	4.4	4.499	4.4	4.4			
		6 V	5.9	5.999	5.9	5.9				
		$I_{OH} = -6\text{ mA}$	4.5 V	3.98	4.3	3.7	3.84			
6 V	5.48		5.8	5.2	5.34					
V_{OL}	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}	$I_{OL} = 20\ \mu\text{A}$	2 V	0.002	0.1	0.1	0.1	V		
			4.5 V	0.001	0.1	0.1	0.1			
		6 V	0.001	0.1	0.1	0.1				
		$I_{OL} = 6\text{ mA}$	4.5 V	0.17	0.26	0.4	0.33			
6 V	0.15		0.26	0.4	0.33					
I_I	$V_I = V_{CC}$ or 0	6 V	± 0.1	± 100	± 1000	± 1000	nA			
I_{OZ}	$V_O = V_{CC}$ or 0	6 V	± 0.01	± 0.5	± 10	± 5	μA			
I_{CC}	$V_I = V_{CC}$ or 0, $I_O = 0$	6 V		8	160	80	μA			
C_i		2 V to 6 V		3	10	10	10	pF		



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในผลิตภัณฑ์ที่ระบุไว้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN54HC541, SN74HC541
OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS
WITH 3-STATE OUTPUTS**

SCLS305A – JANUARY 1996 – REVISED MAY 1997

switching characteristics over recommended operating free-air temperature range, $C_L = 50 \text{ pF}$ (unless otherwise noted) (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V_{CC}	$T_A = 25^\circ\text{C}$			SN54HC541		SN74HC541		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
t_{pd}	A	Y	2 V		40	115	171		144		ns
			4.5 V		12	23	34		29		
			6 V		10	20	29		25		
t_{en}	\overline{OE}	Y	2 V		80	150	224		188		ns
			4.5 V		17	30	45		38		
			6 V		15	26	38		32		
t_{dis}	\overline{OE}	Y	2 V		40	150	224		188		ns
			4.5 V		18	30	45		38		
			6 V		17	26	38		32		
t_t		Y	2 V		28	60	90		75		ns
			4.5 V		8	12	18		15		
			6 V		6	10	15		13		

switching characteristics over recommended operating free-air temperature range, $C_L = 150 \text{ pF}$ (unless otherwise noted) (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V_{CC}	$T_A = 25^\circ\text{C}$			SN54HC541		SN74HC541		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
t_{pd}	A	Y	2 V		65	165	246		206		ns
			4.5 V		16	33	49		41		
			6 V		14	28	42		35		
t_{en}	\overline{OE}	Y	2 V		100	200	298		250		ns
			4.5 V		20	40	60		50		
			6 V		17	34	51		43		
t_t		Y	2 V		45	210	315		265		ns
			4.5 V		17	42	63		53		
			6 V		13	36	53		45		

operating characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TYP	UNIT
C_{pd} Power dissipation capacitance per buffer/driver	No load	35	pF



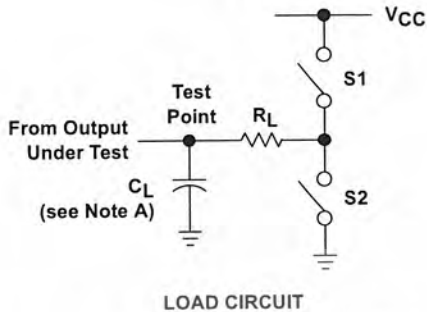
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรในบริษัทที่ซื้อผลิตภัณฑ์ของ Texas Instruments โดยไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

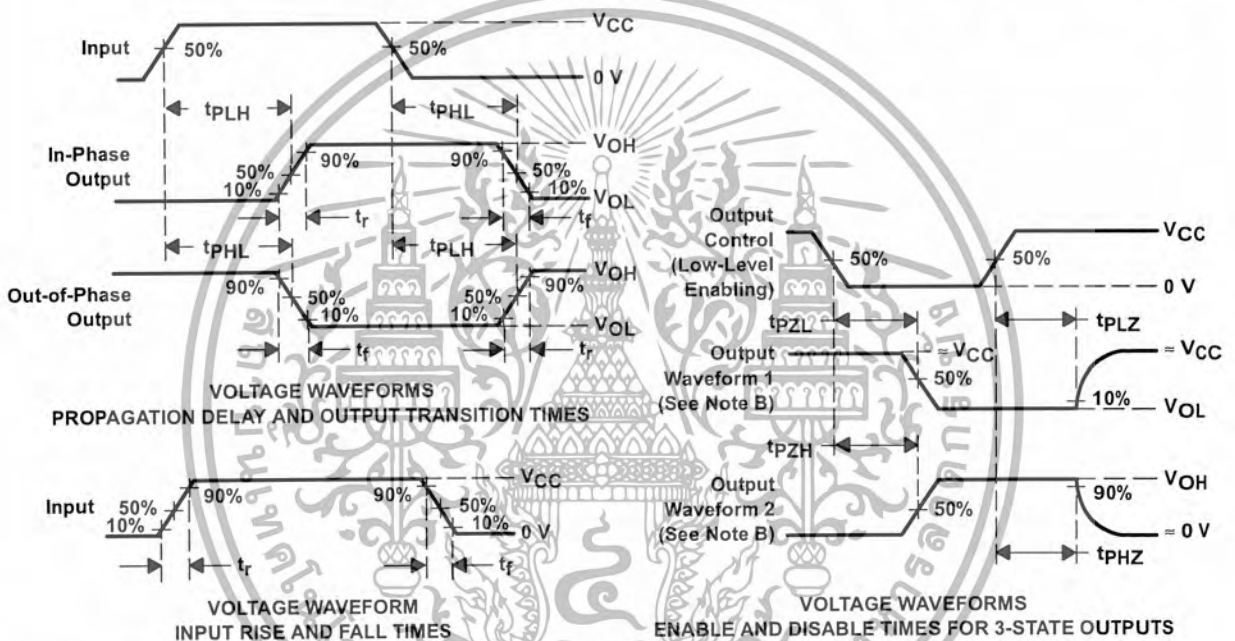
SN54HC541, SN74HC541 OCTAL BUFFERS AND LINE DRIVERS WITH 3-STATE OUTPUTS

SCLS305A - JANUARY 1996 - REVISED MAY 1997

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



PARAMETER	R_L	C_L	S1	S2
t_{en}	1 k Ω	50 pF or 150 pF	Open	Closed
			Closed	Open
t_{dis}	1 k Ω	50 pF	Open	Closed
			Closed	Open
t_{pd} or t_t	—	50 pF or 150 pF	Open	Open



- NOTES:
- C_L includes probe and test-fixture capacitance.
 - Waveform 1 is for an output with internal conditions such that the output is low except when disabled by the output control. Waveform 2 is for an output with internal conditions such that the output is high except when disabled by the output control.
 - Phase relationships between waveforms were chosen arbitrarily. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: $PRR \leq 1$ MHz, $Z_O = 50 \Omega$, $t_r = 6$ ns, $t_f = 6$ ns.
 - The outputs are measured one at a time with one input transition per measurement.
 - t_{PLZ} and t_{PHZ} are the same as t_{dis} .
 - t_{PZL} and t_{PZH} are the same as t_{en} .
 - t_{PLH} and t_{PHL} are the same as t_{pd} .

Figure 1. Load Circuit and Voltage Waveforms



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้