

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส

An Weight Height and Non contact Temperature Measuring System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

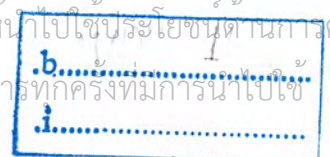
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้...
เลขที่... 55485
เลขทะเบียน...
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2548



ระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส

An Weight Height and Non contact Temperature Measuring System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส

An Weight Height and Non contact Temperature Measuring System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส
An Weight Height and Non contact Temperature Measuring System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส

An Weight Height and Non contact Temperature Measuring System

ผู้จัดทำ

นางสาวเนษณี เกษมธนาสันต์

นายอภิเชษฐ์ สุวรรณภิงคาร

นายอรรถพงษ์ บำเรอจิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส

เนษณี เกษมธนาสันต์

อภิเชษฐ์ สุวรรณภิงคาร

อรรถพงษ์ บำเรอจิต

ดร.กิติพล ชิตสกุล

อ.เฉลิมพันธ์ หวังวิวัฒนา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงการเกี่ยวกับเครื่องชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง พร้อมแสดงค่า Body Mass Index (BMI) ซึ่งเป็นดัชนีแสดงมวลของร่างกาย และรวมไปถึงการวัดอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส วัตถุประสงค์ของโครงการนี้เพื่อนำมาใช้ในทางการแพทย์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 เพื่อทำการประมวลผลและควบคุมวงจรหลัก โดยเมื่อขึ้นไปยืนบนเครื่องแล้ว เราจะสามารถวัดได้ทั้ง น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลรวมของร่างกาย และอุณหภูมิร่างกาย เพื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดไปให้แพทย์ทำการตรวจร่างกาย ซึ่งทางผู้จัดทำคิดว่าโครงการนี้น่าจะมีประโยชน์ในทางการแพทย์ เนื่องจากสามารถลดเวลาในการทำงานก่อนตรวจร่างกายได้



An Weight Height and Non contact Temperature Measuring System

Miss. Nesanee Kasamethanason

Mr. Apicheit Suwanpingkarn

Mr. Atapong Bumrerjit

ABSTRACT

This project present about weight measurement height measurement Body Mass Index (BMI) and a non-contact temperature measurement. The device can be used in the hospital. Non contact temperature measurement use microcontroller PIC16F628 for processing and controlling main.



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คร.กิตติพล ชิตสกุล และ อาจารย์เฉลิมพันธ์ หวังวัฒนา สำหรับคำแนะนำในทุกๆ เรื่อง และคำปรึกษาที่ดีที่สุดในแนวทางในการปฏิบัติงาน ไม่ว่าจะ เป็นปัญหาต่างๆ ก็สามารถทำให้คณะผู้จัดทำทำโครงการชิ้นนี้ลุล่วงผ่านไปด้วยดี คณะผู้จัดทำมีความทราบซึ่งในพระคุณของท่านทั้งสองมาก และขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาต่างๆ ทำให้คณะผู้จัดทำมีความรู้ ความคิด ในการทำโครงการชิ้นนี้ได้สำเร็จ เสร็จสิ้น คณะผู้จัดทำขอระลึกถึงความขอบพระคุณยิ่ง



นางสาวเนษณี เกษมธนาสันต์
(นางสาวเนษณี เกษมธนาสันต์)

อภิชญ์ สุวรรณกิจ
(นายอภิชญ์ สุวรรณกิจ)

นายอรรถพงษ์ บำเรอจิต
(นายอรรถพงษ์ บำเรอจิต)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 แนวคิดของโครงการ	1
1.3 วิธีการดำเนินการ	1
1.4 โครงสร้างโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628	3
2.1.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628	3
2.1.2 รีจิสเตอร์กำหนดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	3
2.1.3 โหมดสัญญาณนาฬิกา	6
2.2 ทฤษฎีของคลื่นอัลตราโซนิก	7
2.2.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิก	7
2.2.2 คลื่นอัลตราโซนิก	7
2.2.3 ชนิดของคลื่น อัลตราโซนิก	8
2.2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นอัลตราโซนิก	9
2.2.5 การเกิดคลื่นอัลตราโซนิก	9
2.2.6 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	11
2.2.7 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับตัวส่ง	12
2.3 เกจความเครียด(Strian Gages)	14
2.3.1 บริดจ์ของเกจความเครียด	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4	LOAD CELL	18
2.4.1	โหลดเซลล์แบบลิงค์ (Link-type load cell)	18
2.4.2	โหลดเซลล์แบบคาน(Beam-Tpye Load Cell)	19
2.4.3	โหลดเซลล์แบบวงแหวน (Ring-Tpye Load Cell)	20
2.5	วงจรขยายผลต่าง (Differential Ampilfier)	21
2.6	วงจรกรองความถี่ (FILTER)	23
2.6.1	วงจรกรองความถี่ต่ำ (LOW PASS FILTER)	23
2.7	วงจรขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier)	24
2.8	ส่วนการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D)	26
2.9	วงจรเรกูเลเตอร์	31
2.10	ไพโรมิเตอร์	32
บทที่ 3 การออกแบบ		
3.1	วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่	35
3.2	ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628	35
3.3	ส่วนของเครื่องชั่งน้ำหนัก	36
3.3.1	Load Cell	36
3.3.2	วงจรขยายความต่าง (Differential Amplifier)	37
3.3.3	วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (lowpass Filter)	37
3.3.4	วงจรขยาย (Inverting Amplifier)	37
3.4	ส่วนการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D Converter)	38
3.5	ส่วนของเครื่องวัดส่วนสูง	38
3.5.1	ภาคส่ง	38
3.5.2	ภาครับ	38
3.6	แสดงการคำนวณค่าดัชนีมวลรวมของร่างกาย (BMI)	41
3.7	ส่วนเครื่องวัดอุณหภูมิ	41
3.8	ตัวหุยมอเตอร์ที่ใช้เตือนเครื่องวัดอุณหภูมิ	42
3.9	วงจรขับมอเตอร์	43
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง		
4.1	เครื่องชั่งน้ำหนัก	46
4.1.1	แรงดันเอาต์พุตที่โหลดเซลล์และเอาต์พุตที่อินเวอร์ตติ้งแอมป์	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2	เครื่องวัดส่วนสูง	49
4.2.1	รูปคลื่น ความถี่ และขนาดจากวงจรกำเนิดความถี่ 40 kHz	49
4.2.2	รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อวัดพร้อมหัวส่งอัลตราโซนิก (TX)	49
4.2.3	รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อวัดพร้อมหัวรับอัลตราโซนิก (RX)	50
4.2.4	รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อผ่านภาคขยายภาคที่ 1	50
4.2.5	รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อผ่านภาคขยายภาคที่ 2	51
4.3	แสดงค่าดัชนีมวลรวมของร่างกาย	52
4.4	การวัดอุณหภูมิ	54
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์	
5.1	สรุป	55
5.2	วิจารณ์	56
บรรณานุกรม		57
ผนวก		



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว	8
รูปที่ 2.2 เกจความเครียดชนิดไม่ยืดติด	15
รูปที่ 2.3 ชนิดของเกจความเครียด	16
รูปที่ 2.4 การติดเกจความเครียด	16
รูปที่ 2.5 สมดุลย์บริดจ์ของเกจความเครียด	17
รูปที่ 2.6 ไม่สมดุลบริดจ์ของเกจความเครียด	17
รูปที่ 2.7 โหลดเซลล์แบบดึงค้ำ	18
รูปที่ 2.8 โหลดเซลล์แบบคาน	19
รูปที่ 2.9 โหลดเซลล์แบบวงแหวน	20
รูปที่ 2.10 วงจรขยายความแตกต่าง	21
รูปที่ 2.11 การคำนวณ V_o	21
รูปที่ 2.12 แสดงการตอบสนองของความถี่ (Frequency Response) ของวงจรกรองความถี่ต่ำ	23
รูปที่ 2.13 วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low-Pass Filter)	23
รูปที่ 2.14 วงจรขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier)	24
รูปที่ 2.15 หลักการของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล	26
รูปที่ 2.16 แสดงการตอบสนองของเวลาการแปลงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์	27
รูปที่ 2.17 กระบวนการแปลงสัญญาณดิจิทัลด้วย A/D คอนเวอร์เตอร์	28
รูปที่ 2.18 การทำงานของวงจรอินทรีเกรเตอร์	29
รูปที่ 2.19 ตัวแปลงสัญญาณ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบเรมปี	29
รูปที่ 2.20 กราฟของส่วน D/A ระหว่างการแปลงสัญญาณ	31
รูปที่ 2.21 เรกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด	31
รูปที่ 2.22 วงจรเรกูเลเตอร์แบบสามขา	32
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการต่อใช้งานไพโรมิเตอร์	32
รูปที่ 3.1 แสดงการต่อวงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่	35
รูปที่ 3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628	35
รูปที่ 3.3 โครงสร้างการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก	36

รูปที่ 3.4	วงจรขยายเครื่องชั่งน้ำหนัก	37
รูปที่ 3.5	ภาคส่งอัลตราโซนิก	38
รูปที่ 3.6	ภาครับอัลตราโซนิก	39
รูปที่ 3.7	การคำนวณความสูง	40
รูปที่ 3.7	โครงสร้างการทำงานตัววัดอุณหภูมิ	41
รูปที่ 3.9	ภาคส่งของวงจรเซ็นเซอร์ อินฟราเรด	42
รูปที่ 3.10	ภาครับของวงจรเซ็นเซอร์ อินฟราเรด	42
รูปที่ 3.11	วงจรขับมอเตอร์	43
รูปที่ 3.12	แสดงFlowchart การทำงานโปรแกรมหลัก	44
รูปที่ 3.13	โครงสร้างโดยรวมของการทำงาน	45
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุต Inv Amp กับ น้ำหนัก	48
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่จอแสดงผล กับ น้ำหนักจริง	48
รูปที่ 4.3	สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรกำเนิดความถี่ 40 KHz	49
รูปที่ 4.4	สัญญาณเมื่อผ่านวงจรโคเรฟ	49
รูปที่ 4.5	สัญญาณที่ตัวรับอัลตราโซนิก (RX)	50
รูปที่ 4.6	สัญญาณเมื่อผ่านภาคขยายภาคที่ 1	50
รูปที่ 4.7	สัญญาณเมื่อผ่านภาคขยายภาคที่ 2	51
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงเครื่องวัดส่วนสูง	52
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงค่าBMI ที่คำนวณกับที่จอแสดงผล	53
รูปที่ 4.10	สัญญาณที่หัววัดอุณหภูมิ	54



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นในก๊าซต่างๆ	11
ตารางที่ 4.1 แสดงแรงดันที่ได้จากโพลีเอทิลีน, ภาควิทยาศาสตร์ และ นำหนักที่ได้จากจอแสดงผลตารางที่ 4.2 แสดงส่วนสูง	46
ตารางที่ 4.2 แสดงผลของเครื่องวัดส่วนสูง	51
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าดัชนีมวลรวมของร่างกาย	53



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ปัจจุบันในการเข้ารับการรักษาพยาบาล ณ สถานพยาบาลทั้งหลาย โดยเฉพาะแผนกที่เกี่ยวข้องกับเด็ก สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อนเข้าพบแพทย์ก็คือ การตรวจสภาพร่างกาย ว่าสภาพร่างกายเป็นอย่างไร น้ำหนัก ส่วนสูง อุณหภูมิร่างกายเป็นเท่าไร ซึ่งในทางปฏิบัติกิจกรรมทั้งสามอย่างนี้ต้องใช้เวลาในการปฏิบัติพอสมควร กับการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดอุณหภูมิ เพื่อเป็นข้อมูลในการวินิจฉัยของแพทย์

การนำกิจกรรมทั้งสามอย่างนี้มาไว้เป็นระบบเดียว และใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการประมวลผลทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้อง ก็จะเป็นการประหยัดทั้งเวลาและบุคลากรในการบริการ และผู้รับบริการก็จะได้รับความสะดวกรวดเร็วอีกด้วย

1.2 แนวคิดของโครงการ

โครงการนี้ได้รับการพัฒนาต่อมาอีกทีหนึ่งจาก [1] โดยพัฒนาในด้านโปรแกรมประมวลผลซึ่งจากที่เคยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ก็จะไปเปลี่ยนมาใช้ตระกูล PIC แทนซึ่งเบอร์ที่ใช้ก็จะเปลี่ยนเป็น PIC16F628 ซึ่งรายละเอียดและข้อดี จะกล่าวต่อไป ในส่วนของเครื่องชั่งน้ำหนัก จะใช้สเตรนเกจ์ในการวัดค่าออกมาแล้วจะผ่าน วงจรขยายผลต่าง ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ผ่านวงจรขยาย และเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงออกมาทาง 7-Segment ต่อไป ส่วนความสูงจะใช้ Ultrasonic เพื่อใช้วัดระยะทาง และเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงผลออกมาทาง 7-Segment เช่นกัน ส่วนในเรื่องของอุณหภูมินั้น จะใช้การวัดแบบไม่ต้องสัมผัส โดยจะใช้การแผ่รังสีความร้อน โดยนำคุณสมบัติของ Pyroelectric มาใช้

1.3 วิธีการดำเนินการ

- ศึกษาแนวความคิดโครงการ
- ศึกษาหลักการของโครงการที่จะทำ
- ศึกษาคุณสมบัติและรายละเอียดของอุปกรณ์
- ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมด
- สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 โครงสร้างโครงการ

รายงานฉบับนี้ได้รวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับความเป็นมา ตลอดจนการพัฒนาโครงการทดลอง ไว้เพื่อการศึกษาค้นคว้าพอสมควร ได้แบ่งรายละเอียดออกเป็นบทต่าง ๆ ดังนี้

บทที่ 1 - บทนำ

บทที่ 2 - กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์และวงจรที่ได้นำมาใช้กับโครงการ

บทที่ 3 - กล่าวถึงการออกแบบและการสร้าง ทั้งส่วนของวงจร และ โครงสร้าง

บทที่ 4 - กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองจากการทดสอบจริง

บทที่ 5 - สรุปผลที่ได้จากการทำโครงการนี้และแนวทางในการพัฒนาต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628

ในโครงการนี้เราได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628 เพราะว่า PIC 16F628 มีหน่วยความจำโปรแกรมมีความจุ $2K \times 14$ บิต หน่วยความจำขนาด 14 บิตอยู่ทั้งสิ้น 2,048 คำแห่งหรือเรียกว่ามีความจุ 2 กิโลเวิร์ด ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมสูงกว่า 8 บิต จึงเรียกว่าเป็น ไบต์ ไม่ได้ ขนาดของข้อมูลที่มากกว่า 8 บิตจึงมักถูกเรียกว่า เวิร์ด สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628 ขนาดของข้อมูล 1 เวิร์ด คือ 14 บิต แต่ถ้าเป็นในตระกูล MCS-51 จะสามารถระบุเป็นหน่วยไบต์ได้ตรงๆ

2.1.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

ส่วนประกอบหลักก็จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาอีกพอควร ได้แก่ วงจรบราวเอาต์รีเซต (brown-out reset) สำหรับสร้างสัญญาณรีเซตซึ่งพียูเมื่อไฟเลี้ยงลดต่ำลงเกินกว่าที่กำหนด, วงจรโปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ (low-voltage programming), ไทเมอร์ที่มีมากถึง 3 ตัว, โมดูลแรงดันเปรียบเทียบ (reference voltage module), โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อก 2 ชุด (analog comparator), วงจรสื่อสารอนุกรม (USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) และ โมดูลตรวจจับสัญญาณ-เปรียบเทียบข้อมูล-วงจรสร้างสัญญาณมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์หรือ PWM (CCP : Capture Compare Pulse-width modulation module)

นอกจากนั้นขนาดของหน่วยความจำทั้งส่วน โปรแกรม, ข้อมูล, รีจิสเตอร์ และ หน่วยความจำอีพรอมในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 ก็มีเพิ่มมากขึ้น

2.1.2 รีจิสเตอร์กำหนดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ทุกเบอร์จะมีพารามิเตอร์อยู่ตัวหนึ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างมากที่ผู้ใช้งานต้องทราบและทำความเข้าใจ พารามิเตอร์ตัวนี้คือ Configuration word ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่บรรจุข้อมูลสำหรับกำหนดการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่ว่าจะเป็นการเลือกป้องกันข้อมูล, การเลือกให้สามารถโปรแกรมหน่วยความจำด้วยแรงดันต่ำ, เลือกรีเซตอัตโนมัติเมื่อไฟเลี้ยงลดต่ำลงถึงค่าที่กำหนด, ควบคุมการทำงานของวอตช์ด็อก ไทเมอร์ หรือกระทั่งการเลือกชนิดของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการกำหนดข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ตัวนี้นั้นสามารถกระทำได้ 2 ทางคือ ด้วยคำสั่ง `_CONFIG (_` เป็นเครื่องหมาย under scroll หรือขีดล่าง 2 ตัวติดกัน) ในส่วนคั่นของ

โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี แล้วแอสเซมบลีด้วยโปรแกรม MPASM ซึ่งบรรจุอยู่ในชุดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MPLAB - อันเป็นซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ของ Microship ผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้นเอง ทางที่สองคือ กำหนดที่ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการโปรแกรมหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ การกำหนดสามารถกระทำในทางใดทางหนึ่งหรือทั้งสองทางก็ได้ แต่ถ้าการกำหนดทั้งสองทางแตกต่างกัน การกำหนดที่ซอฟต์แวร์ของเครื่องโปรแกรมจะมีนัยสำคัญสูงกว่า

รีจิสเตอร์ Configuration มีขนาด 14 บิต เท่ากับขนาดของเวิร์ดในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 หรือเบอร์อื่นๆ ในอนุกรม PIC16xxxx เว้น PIC16C5x และ PIC16C50x ซึ่งมีขนาด 12 บิต ตำแหน่งของ Configuration word อยู่ที่แอดเดรส 0x2007 ดังมีรายละเอียดของการกำหนดข้อมูลแต่ละบิตดังนี้

บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต	บิต
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CP1	CP0	CP1	CP0	-	CP	LV	BO	MC	PW	WD	FOS	FOS	FOS
					D	P	DE	LRE	RT	TE	C2	C1	C0
							N	E					

CP1, CP0 (Code protection bits- บิต 13-10) : บิตเลือกที่สำหรับป้องกันการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรม โดยข้อมูลในบิต 13 กับ 11 (บิต CP1) ต้องเหมือนกัน และข้อมูลในบิต 12 กับ 10 (บิต CP0) ต้องเหมือนกัน

ในกรณีหน่วยความจำโปรแกรมมีขนาด 2 กิโลเวิร์ด (PIC16F628)

“00” - เลือกป้องกันหน่วยความจำในแอดเดรส 0x200-0x7FF (ป้องกันทั้งหมด)

“01” - เลือกป้องกันหน่วยความจำในแอดเดรส 0x200-0x7FF (ป้องกัน ¾ ส่วนของหน่วยความจำในแอดเดรสด้านสูงทั้งหมด)

“10” - เลือกป้องกันหน่วยความจำในแอดเดรส 0x400-0x7FF (ป้องกันหน่วยความจำในแอดเดรสด้านสูงครึ่งหนึ่ง)

“11” - เลือกไม่ป้องกันหน่วยความจำโปรแกรมหรือ Code protection off

ในกรณีหน่วยความจำโปรแกรมมีขนาด 1 กิโลเวิร์ด (PIC16F627)

“00” - เลือกป้องกันหน่วยความจำในแอดเดรส 0x000-0x3FF (ป้องกันทั้งหมด)

“01” - เลือกป้องกันหน่วยความจำในแอดเดรส 0x200-0x3FF (ป้องกัน

หน่วยความจำในแอดเดรสด้านสูงครึ่งหนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“10” และ “11” - เลือกไม่ป้องกันหน่วยความจำโปรแกรมหรือ Code protection off

บิต 9 : ไม่มีการใช้งาน

CPD (Data code protection bit - บิต 8) : บิตเลือกการป้องกันอ่านหน่วยความจำข้อมูลอีพีรอม⁽¹⁾

“0” - เลือกป้องกันการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลอีพีรอม

“1” - เลือกไม่ป้องกันการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลอีพีรอม

LVP (Low voltage programming Enable - บิต 7) : บิตเลือกการโปรแกรมหน่วยความจำด้วยแรงดันต่ำ

“0” - ไม่เลือกความสามารถนี้ ทำให้ขา RA4/PGM ทำงานเป็นขาพอร์ตคิจิตอลและใช้ขา MCLR รับแรงดันสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำแทน

“1” - เลือกความสามารถนี้ ทำให้ขา RA4/PGM เป็นขาอินพุตรับแรงดันต่ำ (+5v) ในการโปรแกรมหน่วยความจำ

BODEN (Brown-out detect enable bit - บิต 6) : บิตเลือกการตรวจจับแรงดันไฟเลี้ยงเพื่อทำให้เกิดการรีเซ็ตโดยอัตโนมัติหรือเรียกว่า บราวเอาต์รีเซ็ต (brown-out reset)⁽²⁾

“0” - ดิสเอเบิลความสามารถนี้

“1” - เอ็นเอเบิลความสามารถนี้

MCLRE (RA5/MCLR pin function select - บิต 5) : บิตเลือกการทำงานของขา RA5/MCLR

“0” - เลือกให้ขา RA5/MCLR ทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตคิจิตอล

“1” - เลือกให้ขา RA5/MCLR ทำงานเป็นขา รีเซ็ตหลักหรือ MCLR

PWRTE (Power-up timer enable bit - บิต 3) : บิตเลือกการทำงานของเพาเวอร์อัปไทมเมอร์

“0” - ดิสเอเบิลความสามารถนี้

“1” - เอ็นเอเบิลความสามารถนี้

WDTE (Watchdog timer enable bit - บิต 2) : บิตเลือกการทำงานของวอตช์ด็อกไทมเมอร์

“0” - ดิสเอเบิลความสามารถนี้หรือ Watchdog timer off

“1” - เอ็นเอเบิลความสามารถนี้หรือ Watchdog timer on

FOSC2:FOSC0 (Oscilaltor selection bit - บิต 4, บิต 1 และ บิต 0) : บิตเลือกโหมด

⁽³⁾ ของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“000”-โหมด LP (คริสตอลพลังงานต่ำ) ต่อคริสตอลเข้าที่ขา RA6/OSC2/CLKOUT และ RA7/OSC1/CLKIN

“001”-โหมด XT (คริสตอลหรือเรโซเนเตอร์) ต่อคริสตอลเข้าที่ขา RA6/OSC2/CLKOUT และ RA7/OSC1/CLKIN

“010” -โหมด HS (คริสตอลหรือเรโซเนเตอร์ความเร็วสูง) โดยต่อคริสตอลเข้าที่ขา RA6/OSC2/CLKOUT และ RA7/OSC1/CLKIN

“011” - โหมด EC (External clock : สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก) โดยป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้ามาที่ขา RA7/OSC1/CLKIN ส่วนขา RA6/OSC2/CLKOUT กำหนดให้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

“100” - โหมด INTRC (วงจร RC ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์) และกำหนดให้ขา RA6/OSC2/CLKOUT และ RA7/OSC1/CLKIN เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตทำให้สามารถใช้งานพอร์ต A ได้เพิ่มเติมอีก 2 บิตคือ RA6 และ RA7

“101”- โหมด INTRC (วงจร RC ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์) และกำหนดให้ขา RA6/OSC2/CLKOUT เป็นขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกา CLKOUT ส่วนขา RA7/OSC1/CLKIN เป็นขาอินพุตเอาต์พุต ทำให้ใช้งานพอร์ต A เพิ่มอีก 1 บิตคือ RA7

“110”- โหมดของ ER (วงจรตัวต้านทานภายนอก) กำหนดให้ขา RA6/OSC2/CLKOUT เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต ส่วนขา RA7/OSC1/CLKIN ใช้ต่อตัวต้านทานเพื่อกำหนดค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาหลัก ทำให้สามารถใช้งานพอร์ต A ได้เพิ่มเติมอีก 1 บิตคือ RA6

“111”- โหมด ER (วงจรตัวต้านทานภายนอก) กำหนดให้ขา RA6/OSC2/CLKOUT เป็นขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกา CLKOUT ส่วนขา RA7/OSC1/CLKIN ใช้ต่อตัวต้านทานเพื่อกำหนดค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาหลัก

2.1.3 โหมดสัญญาณนาฬิกา

PIC16F628 สามารถเลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาได้มากถึง 6 โหมดหลัก 8 โหมดย่อย โดยกำหนดที่บิต FOSC0 – FOSC2 ในรีจิสเตอร์ Configuration ซึ่งในการทำงานจะต้องเลือกโหมดใดโหมดหนึ่ง สามารถสรุปเพื่อแบ่งแยกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มของคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ ซึ่งมีด้วยกัน 3 โหมดคือ LP, XT และ HS โดยมีการต่อคริสตอล และตัวเก็บประจุเพิ่มเติมอีก 2 ตัวในกรณีใช้กับคริสตอล แต่ถ้าใช้กับเซรามิกเรโซเนเตอร์แบบที่มีตัวเก็บประจุภายใน สามารถตัดตัวเก็บประจุออกไปได้อีก 2 ตัว

2. โหมด INTRC มีอีก 2 โหมดการใช้งาน แตกต่างกันที่การทำงานของขา

RA6/OSC2/CLKOUT โดยในโหมด INTRC (100) จะกำหนดให้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในโหมด INTRC (I01) จะกำหนดให้ขา RA6 เป็นขาเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกา CLKOUT ซึ่งมีความถี่เท่ากับ $\frac{1}{4}$ เท่าของความถี่สัญญาณหลัก สำหรับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาหลักในโหมดนี้เลือกได้ 2 ค่าคือ 4MHz และ 37MHz โดยกำหนดที่บิต OSCF (บิต 3) ในรีจิสเตอร์ PCON

3. กลุ่มสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก มีด้วยกัน 3 โหมดคือ ER (2โหมด) และ EC โดยในโหมดER (External Resistor) กำหนดความถี่ได้ 2 ค่าคือ 4MHz และ 37MHz เช่นเดียวกับโหมด INTRC และต้องต่อตัวต้านทานพูลดาวน์ภายนอกที่ขา RA7/OSC1/CLKIN ดังในรูป โดยตัวต้านทานนี้จะเป็นตัวกำหนดค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเมื่อเลือกโหมด 4MHz หากค่าความต้านทานเปลี่ยนไปความถี่ก็จะเปลี่ยนแปลงตาม โดยอยู่ในช่วง 37MHz - 4MHz แต่ถ้าเลือกโหมด 37MHz การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายนอกจะไม่มีผลต่อความถี่ ค่าความต้านทานที่เหมาะสมอยู่ในช่วง $38K\Omega - 1M\Omega$ ในโหมด ER นี้ยังสามารถเลือกได้อีก 2 โหมด ซึ่งแตกต่างกันที่การกำหนดหน้าที่ของขา RA6/OSC2/CLKOUT โดยในโหมด ER (I10) กำหนดให้ขา RA6 ทำงานเป็นขาพอร์ต ส่วนโหมด ER (I11) กำหนดให้ขา RA6 ทำงานเป็นขาเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกา CLKOUT ส่วนในโหมด EC (External Clock In) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกผ่านทางขา RA7/OSC1/CLKIN ในขณะที่ขา RA6/OSC2/CLKOUT จะทำงานเป็นขาพอร์ต

2.2 ทฤษฎีของคลื่นอัลตราโซนิค

2.2.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิค

หลักการการสะท้อนกลับของคลื่นเสียงคือ พีดัดของพลังงานจะถูกส่งออกมาจากตัวส่งถ้าไปกระทบกับวัตถุพลังงานบางส่วนจะถูกสะท้อนกลับไปที่ตัวส่งด้วย แต่การใช้วัตถุเป็นตัวรับที่เหมาะสม (suitable) จะสามารถรับการสะท้อนกลับของสัญญาณ (signal) เวลาที่ใช้ในการเดินทางในอากาศ และสามารถที่จะคำนวณระยะทางได้ เพราะฉะนั้นการศึกษาถึงธรรมชาติของคลื่นจะสามารถทำให้เข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้ได้ถูกต้อง

2.2.2 คลื่นอัลตราโซนิค

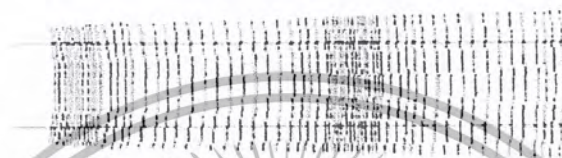
คลื่นอัลตราโซนิคคือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูมนุษย์จะสามารถได้ยินคลื่นความถี่ประมาณ 20 Hz ถึง 20kHz ดังนั้นแล้วคลื่นอัลตราโซนิคจึงหมายถึงแอมพลิจูด (Amplitude) สูงๆ จะเรียนกว่า “ไฮเปอร์ซาวด์”

2.2.3 ชนิดของคลื่น อัลตราโซนิค

คลื่นอัลตราโซนิคที่ส่งผ่านตัวกลางต่างๆ มีหลายชนิดด้วยกัน และแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้นๆ

1. คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือ คลื่นอนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น

อัด ขยาย อัด ขยาย



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูปจะเห็นว่าจะมีส่วนของคลื่นอัด(Compression)ซึ่งก็คือคลื่นช่วงของตัวกลางที่มีความดันสูง และคลื่นขยาย(Recton) คือคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางที่มีความดันต่ำและเมื่อนำค่าของความดัน ที่เปลี่ยนแปลงตามระยะทางมาเขียนกราฟ จะ ได้รูปไซน์(Sine Wave) โดยยอดคลื่นจะตรงกับส่วนอัดและท้องคลื่นจะตรงกับส่วนขยาย ระยะทางระหว่างส่วนอัดและส่วนขยาย ระยะทางระหว่างส่วนอัดและส่วนขยายถึงส่วนขยายคือ 1 ความยาวคลื่นและมีความเวลาเป็นคลื่น (T) ซึ่งเท่ากับ $1/f$ โดยจุดที่เป็นแกนนั้นมีความดัน 1 บรรยากาศ

2. คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือ คลื่นที่ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลาง คลื่นชนิดนี้จะไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งหรือก๊าซ ได้ คลื่นตามขวางมีลักษณะเหมือนการเกิดขั้วบวก ขั้วลบซึ่งเหตุผลที่ว่า การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคในทิศทางเดียวเช่น ในระนาบตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ ไปจากต้นกำเนิดของคลื่นตามแนวขวางเป็นพื้นหน้าเรียบ ของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอื่นเนื่องมาจากการแกว่ง ความหนาของตัวกลาง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาวในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้น ที่ความถี่เดียวกันความยาวคลื่นตามขวางจะน้อยกว่า คลื่นตามยาวเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คลื่นผิวหน้า (Surface Wave or Reyleigh) คือ คลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวางจะต่างกันตรงที่เคลื่อนที่ว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค ไม่เพียงในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว แต่มีการเปลี่ยนแปลง ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบในแนวอนด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

2.2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นอัลตราโซนิก

คุณสมบัติโดยทั่วไปของคลื่นเสียงจะแสดงได้ 4 แบบ คือ

1. การสอดแทรกของเสียง (Interference) คือ การสอดแทรกของเสียงเกิดจากการรวมตัวของคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป ขณะเมื่อพบกันในตัวกลางเดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดผลได้หลายลักษณะคือ

- การบีตส์ (beats) ของคลื่นเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรวมคลื่นที่มีความต่างกันหรือต่างเฟสกันที่ไปในตัวกลางเดียวกันแล้วรวมเป็นคลื่นใหม่ซึ่งทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงไปได้แสดงดังรูป จากรูปเป็นการแสดงบีตส์โดยคลื่นเสียง 2 คลื่นซึ่งคลื่นที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนไปซึ่งประโยชน์ของการบีตส์ของคลื่นนั้นจะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความถี่ของคลื่นให้แสดงผลออกมาในลักษณะแอมพลิจูดที่ต่างกัน

- การเกิดคลื่นนิ่ง (Standing Wave) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นที่แอมพลิจูดเท่ากันและความถี่เท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามกันหรือเฟสตรงกันข้ามกัน ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นนิ่งดังรูป เสียงจะมีความถี่สูงสุดที่ตำแหน่ง ก และต่ำสุดที่ตำแหน่ง ข ระยะทางระหว่างขั้วทั้ง 2 เท่ากับ $d = \lambda/2$ M หรือ $L = n(\lambda/2)$; $n = 1, 2, 3, \dots$

2. การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง (Diffraction) คือ คลื่นเสียงเบนอ้อมสิ่งกีดขวางที่ลักษณะเป็นมุมหรือช่องแคบซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้พบได้ในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา เช่นในกรณีที่ได้ยินเสียงแตรรถที่อยู่คนละมุมของตึก หรือการที่ได้ยินเสียงลอดผ่านช่องเล็กๆ จากอีกห้องหนึ่งดังแสดงในรูป

3. การสะท้อนของคลื่นเสียง (Reflection) คือ คลื่นเสียงที่สามารถสะท้อนได้เมื่อตกกระทบตัวกลางโดยที่มุมสะท้อนจะทำให้เกิดเสียงก้อง ซึ่งเสียงก้องที่สะท้อนกลับมาในเวลาทีมากกว่า 50 ms ทำให้เราได้ยินเสียงเป็น 2 ครั้ง

4. การหักเหของคลื่นเสียง (Refraction) คือ คลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการหักเหของคลื่น ซึ่งจะทำให้ความเร็วของคลื่นเสียงเปลี่ยนไป โดยที่ความถี่ยังคงที่อยู่

2.2.5 การเกิดคลื่นอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมา หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล ให้เกิดย่านอัลตรา

โซนิกกระเจาออกไปในอากาศดังนั้นจึงถือได้ว่า คลื่นที่เกิดเป็นกล (Mechanical Wave) อัลตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซนิคสามารถสร้างได้โดยทรานซิวเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหลักการมีหลายวิธีดังนี้

1.แบบเปียโซอิเล็กทริก(Piezo-Electric Tranducer)

2.แบบแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetrostictive Tranducer) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่าง พลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้น

3.แบบอิเล็กทริก โทรสตริกทีฟ (Electrostrictive Tranducer) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

สำหรับเปียโซอิเล็กทริกเป็นแบบที่นิยมใช้เพราะราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย

ความถี่และความยาวคลื่น(Frequency and Wave Length)

- ความถี่ คือ จำนวนของการอสซิลเลทที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายในเวลา 1 ms คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกัน

- ความยาวคลื่น คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบหนึ่งรอบ(1 Cycle) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง(Successive Compression) หรือการเบาบางของอากาศ

การอัด คือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันบริเวณรอบๆส่วนการเบาบางเป็นบริเวณพหุหะ ที่เกิดจากการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กับแรงดันของบรรยากาศปกติ

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันตามสมการข้างล่าง

$$C = f\lambda$$

C = ความเร็วของการเดินทาง

F = ความถี่ (Hz)

λ = ความยาวคลื่น (m)

ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิค

ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิค ในอากาศที่อุณหภูมิปกติสัมพันธ์ใช้ จะเป็นสมการ

$$V = 331.45 + 0.607t \text{ (m/s)}$$

V = ความเร็วของคลื่นในตัวกลางอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T=อุณหภูมิของคลื่นในอากาศ

GAS	Velocity
AIR (DRY 1 องศาเซลเซียส)	331.45
ARGON	319
CARBON MONOXIDE	338
CARBONDIOXIDE	259
HELIUM	965
HYDROGEN METHANE	1284

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นในก๊าซต่างๆ

ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิค

ปริมาณพลังงานของอัลตราโซนิค จะถูกวัดในรูปความเข้มของคลื่นอัลตราโซนิคจะมีหน่วยเป็นวัตต์(Watt) ต่อตารางเซนติเมตร เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่หนึ่งตารางเซนติเมตรซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทาง ของคลื่นใน 1 วินาที

การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิค

เมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลางลำคลื่น (Beam) ของคลื่นอัลตราโซนิค จะสูญเสียความเข้มซึ่งเกิดจากการสูญเสียของลำอัลตราโซนิค หรือเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นออกจากลำคลื่น เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของตัวกลาง และอาจจะเกิดการดูดซับพลังงาน ส่วนหนึ่งของคลื่น โดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ ผ่านพลังงานที่ดูดซับนี้ จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ที่ใช้ ยิ่งความถี่สูงพลังงานยิ่งดูดซับได้มาก

2.2.6 อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์

ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก เพียโซอิเล็กทริก เป็นการกฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งซึ่งทำให้พลังงานเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกลให้ Solid Crystalline Dielectric ดัง ในรูปก็จะเกิดความเค้น (Stress) ภายในคริสตอล และทำให้ผลึกของคริสตอลผิดรูปไป เช่น พวกรควอตซ์(Quartz) ผลก็คือประจุเปลี่ยนไป การผิดรูปผิดร่างของแลททิซเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการแทนที่ (Displacement) ของประจุ บวกและลบในแลททิซเปลี่ยนไป การแทนที่ของประจุภายในจะเท่ากับประจุภายนอก ของขั้วที่ตรงข้ามของคริสตอลเรียกว่าผลของเพียโซอิเล็กทริก (Piezo Electric Effect)

การวัดประจุทำได้โดยการต่ออิเล็กโทรด(Electrode) เข้าที่ผิวด้านนอกแล้ววัดความต่าง

ศักย์ระหว่างขั้วทั้งสอง ขนาด (Magnitude) และการมีขั้ว (Poarity) ของประจุบนผิวที่ถูก

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนี่ยวนำ (Induced Surface Charge) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดและทิศทางของแรง (Force) ที่มากระทำ

Cc: คาปาซิเตอร์ของชั้น ส่วนเปียโซอิเล็กทริก

Rc: Leakage Resistance ของเปียโซอิเล็กทริก ปกติจะมีค่าสูงประมาณ 0 – 10

ความต้านทานระหว่างเทอร์มินอล โดยทั่วไปจะเป็นความต้านทานทางโหลด RL ที่ความถี่ปานกลางและความถี่สูง โวลต์เตจ E_0 ที่คร่อมโหลดหาโดย Cc และ Cz ค่าเหล่านี้มาได้ โดยการแบ่งโวลต์เตจ E_0 ได้จากสมการ

$$E = E_{cc}/(C_c + C_l)$$

โดยขึ้นกับความถี่ถ้าเอาที่ทุก โวลต์เตจมีค่ามาก สามารถทำให้ลดลงโดยการเพิ่มค่า Cl เช่น การนำค่า Cc ต่อขนานเข้าไป ที่ความถี่ค่า โวลต์เตจ E_0 คร่อมโหลดหาได้โดยค่ารีแอกแตนซ์ของ Cc และอิมพีแดนซ์ของ Cl และ RL ที่ต่อขนานกัน โวลต์เตจ E_0 ขึ้นกับความถี่และลดลงถ้าความถี่ลดลง

วัสดุเปียโซอิเล็กทริก วัสดุเปียโซอิเล็กทริก ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น Quartz , Tourmaline Sulphate , Barium Titanate และ Zirconate Titanate โดยทั่วไปแล้วพวกควอตซ์และคริสตอลที่เป็นเปียโซอิเล็กทริกธรรมชาติมันจะมีขั้วของมันเองตามธรรมชาติ แต่พวกเปียโซอิเล็กทริกที่สังเคราะห์มา เช่น แบเรียม ไททานเนท เซรามิก จะต้องนำมาทำกรอบคริสตอลภายในแรงดัน และวางวัสดุที่ได้นี้ในสนามไฟฟ้าที่มีแรงดันของไฟฟ้ากระแสตรงมาก หลังจากชิ้นส่วนนี้ถูกนำไปในสนามไฟฟ้าแล้วคริสตอลนี้จะมีขั้วตามแนวของทิศทางของสนาม และประพุดิตัวตามคุณสมบัติของเปียโซอิเล็กทริก สำหรับชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์นี้ไม่มีข้อจำกัดทางขนาด โดยโครงสร้างของคริสตอลและยังสามารถทำให้มีรูปร่างและขนาดต่างๆ และทิศทางขั้วก็จะถูกสร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิต

- ชนิดของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

เปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

แบบ Generation – action Transducer ใช้ตัวรับ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อเปียโซอิเล็กทริก

แบบ Motor – action Transducer ใช้เป็นตัวส่ง โดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิค จะขึ้นอยู่กับขนาดความสูงและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ในทั้งสองกรณี ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับขนาดของวัสดุ

2.2.7 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับตัวส่ง

เมื่อเซรามิกได้รับสัญญาณแรงดันคคกร่อมจะทำให้ชิ้นสารเซรามิกโค้งงอ ทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วงๆ (Electrically Pulse) จากการออสซิลเลท จะทำให้ชิ้นสาร โค้งงอมากน้อยหรือทิศทางใดตามขนาดและทิศทาง การเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณ ไฟฟ้าจากกอสซิลเลทนั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาต์พุตที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10 % ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แต่เอาต์พุตจะสูงที่ค่านี้ โดยประมาณ ก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลทที่ป้อนเข้าชิ้นสารเซรามิกตรงกับควมถี่รีโซแนนซ์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิกนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังเอาต์พุตจะลดลงกว่านี้ ส่วนความถี่รีโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิกเข้ามาจะทำให้ชิ้นสาร โค้งตัวไปมาและเกิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลงขึ้นคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมัน

- ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวรับ - ตัวส่งทรานสดิวเซอร์

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ ได้รับการกระทบกระเทือน หรือตกจากที่สูงเพื่อป้องกัน โครงสร้างมิให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่ขายโดยทั่วไปจะทนแรงดันคคกร่อมตัวมัน ไม่เกิน $20 V_{rms}$ ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ในขีดจำกัดนี้
3. ความถี่รีโซแนนซ์ (คือความถี่ที่ตัวมันสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดของทรานสดิวเซอร์) 40 kHz (Bandwidth) ที่มีขายโดยทั่วไปจะผิดพลาดไม่เกิน ± 1 kHz และมีแถบความถี่ประมาณ 4.5 kHz (Bandwidth) สำหรับตัวส่ง และตัวรับมีความถี่ประมาณ 5.0 kHz จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกจากตัวส่งได้
4. อุณหภูมิที่ใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง -20 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส
5. ตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 30 องศา ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาจะลดลงจึงควรจะทำให้ตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงกันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อยู่ในห้องจะเกิดความเบี่ยงเบนจากกัน ได้มาก เพราะคลื่นเสียงอัลตราโซนิค จะสามารถสะท้อนกับกำแพง และวัตถุที่อยู่ภายในห้องทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง อัลตราโซนิคนี้สามารถทำให้เป็นลำแคบได้โดยที่ใช้เลนส์ที่เรียกว่า Planoconc - avelenrs วางข้างหน้าของทรานสดิวเซอร์เพื่อทำให้ลำแสง Beam นี้จะทำให้ near field สั้นลง และ far field กระจายกว้างขึ้น การทำให้เป็นลำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นเหมาะสำหรับทรานสดิวเซอร์ที่สร้างคลื่นสูงที่เหมาะสมสำหรับการแพทย์ที่มีความถี่ตั้งแต่ 2 – 5 MHz เพื่อที่ใช้ในการตรวจเนื้อเยื่อ

6. ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีความต้านทานต่อขานานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานนี้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 10 กิโลโอห์ม ถึง 100 กิโลโอห์ม จากการทดสอบพบว่าถ้าเปลี่ยนจาก 100 กิโลโอห์ม มาเป็น 10 กิโลโอห์ม ความไวจะลดลงประมาณ 10 – 12 dB แต่ความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ความต้านทานต่ำลงไปอีกความถี่รีโซแนนซ์ จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าต้องการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมาควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีความถี่แคบ
7. ตามปกติแล้วสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับ มาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ตัวส่งและตัวรับรุ่นใดก็สามารถใช้งานแทนกันได้ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่รีโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลทางไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้าสถิตเพื่อให้เกิดลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับความถี่เดิม

ประโยชน์ในการใช้งานอัลตราโซนิค คลื่นอัลตราโซนิคเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้สามารถสังเกตเห็นคลื่นไปตามเป้าหมายที่ต้องการเจาะจง ได้ยังคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นก็ยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ทำให้เสียงออกมา) ของตัวที่ทำให้เกิดเสียง ความถี่นี้ เช่นคลื่นความยาว 300Hz ในอากาศจะมีความยาวคลื่นประมาณ 1 เมตร เศษๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องเปิดรับที่ให้คลื่นเสียงเข้ามาจากตัวกำเนิดเสียง โดยทั่วไปคลื่นมากมายจะถูกหักเหที่ด้านนอก ของตัวกำเนิดเสียงที่ทำให้เกิดการกระจายทิศทางของคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิคอย่างเช่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียง 8 มิลลิเมตร เท่านั้นซึ่งเล็กกว่าตัวที่ทำให้เกิดคลื่นเสียง ความถี่นั้นมาจากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบ ซึ่งพุ่งออกมาเป็นลักษณะลำแคบๆ หรือที่เรียกว่า มีทิศทางนั่นเอง การมีทิศทางของคลื่นเสียงอัลตราโซนิคทำให้เราสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น คลื่นวัดความหนาของวัตถุ โดยสังเกตระยะที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึก ทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์อาจใช้ความถี่ช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz และมีความถี่เป็น GHz

2.3 เกจความเครียด(Strian Gages)

ทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้อยู่บนพื้นฐานที่ว่าถ้าตัวนำไฟฟ้าอันหนึ่งถูกดึงให้ตึง หรือถูกอัดตัวค่าความต้านทานของมันจะเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนในความยาว พื้นที่หน้าตัดหรือพิกัดความต้านทานของมัน ค่าความต้านทาน R ของตัวนำไฟฟ้าอันหนึ่งมี

พื้นที่หน้าตัด A ความยาว L และพิกัดความต้านทาน ρ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R = \frac{\rho l}{\mu A} \quad (2.1)$$

เกจฟลักเตอร์ F ของตัวนำไฟฟ้าถูกนิยามเหมือนกับ

$$F = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\zeta} \quad (2.2)$$

เมื่อ ΔR เป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน R เนื่องจากเกจความเครียด ζ ซึ่ง

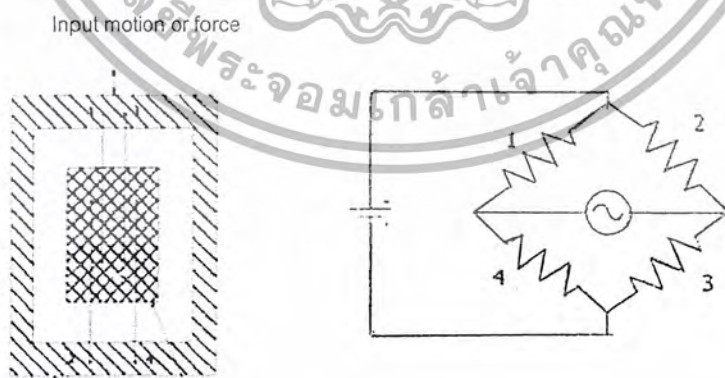
$$\zeta = \Delta L/L \quad (2.3)$$

ในทางปฏิบัติ ตัวนำไฟฟ้าที่ใช้มักอยู่ในรูปของเส้นลวดเล็กหรือโลหะแผ่นบาง
ทรานส์ดิวเซอร์เกจความเครียดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. เกจความเครียดชนิดไม่ยืดติด
2. เกจความเครียดชนิดยืดติด

เกจความเครียดชนิดไม่ยืดติด เกจความเครียดชนิดนี้ ลวดค่าความต้านทานเส้นหนึ่งจะถูกขึงให้ตึงระหว่าง 2 เฟรมเฟรมหนึ่งเคลื่อนที่และอีกเฟรมหนึ่งอยู่กับที่ดังรูปที่ 2.2(ก) ขนาดของเส้นลวดตามปกติจะยาว 25 mm. และเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 mm. เฟลทที่บีบงอได้จะทำหน้าที่เช่นเดียวกับสปริงระหว่างเฟรมทั้งสอง เส้นลวดจะอยู่ภายใต้การบิดงอใหม่ ซึ่งมากกว่าโหลดที่มีการอัดตัวที่ตึงเอาไว้ตอนแรก การเคลื่อนที่ของอินพุทที่แสดงในรูปที่ 2.2 จะขึงเส้นลวดเส้นที่ 1 และ 3 ให้ตึง ขณะเดียวกันก็จะลดความตึงเครียดในเส้นลวดที่ 2 และ 4 การเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามก็จะให้ผลที่ตรงกันข้าม เส้นลวดที่นำมาต่อจะถูกต่อเข้ากับวงจรโทนบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2(ข)

โดยทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้สามารถวัดการเคลื่อนที่ที่มีขนาดเล็กมากๆถึง 50 μm และแรงที่มีขนาดเล็กมากๆอีกด้วย



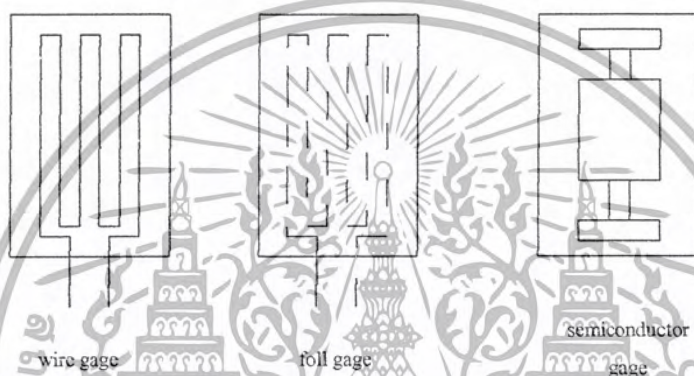
(ก)

(ข)

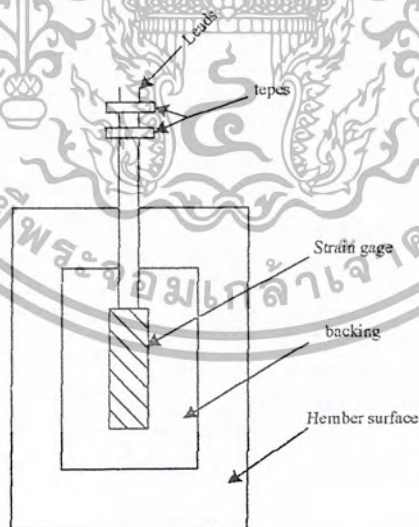
รูปที่ 2.2 เกจความเครียดชนิดไม่ยืดติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกจความเครียดชนิดยืดติด จะถูกใช้งานอย่างกว้างขวางเพื่อวัดสิ่งที่แปรเปลี่ยนไปทางกายภาพหลายอย่าง เช่น ความเครียด แรง แรงบิด ความดัน และการสั่นสะเทือน เป็นต้น เกจเหล่านี้อาจทำด้วยวัสดุจำพวกโลหะหรือสารกึ่งตัวนำและอยู่ในรูปของเกจเส้นลวด (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ $25\ \mu\text{m}$) หรือโลหะแผ่นบางๆหรือแท่งเล็ก (กรณีสารกึ่งตัวนำ) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เกจเหล่านี้มีการคาบหรือวัสดุอื่นห่อหุ้มอยู่ เพื่อใช้ยึดติดกับพื้นผิวที่ต้องการวัดค่าความเครียดดังแสดงในรูปที่ 2.4 เมื่อยึดติดแล้วเกจได้รับความเครียดเหมือนกับความเครียดที่มีอยู่ในพื้นผิวนั้นเกจเหล่านี้มีความค่าสูงมาก และเมื่อนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ความเครียดที่ต่ำประมาณ 10^{-7} อาจวัดได้



รูปที่ 2.3 ชนิดของเกจความเครียด



รูปที่ 2.4 การติดเกจความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 บริดจ์ของเกจความเครียด

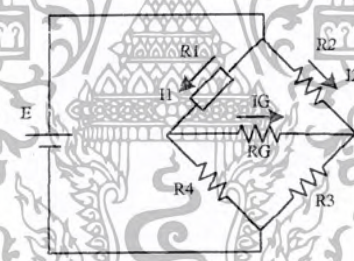
เกจความเครียด โดยปกติแล้ว จะถูกต่อเป็นส่วนหนึ่งของวงจรวิทสโตนบริดจ์เพื่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของมันอันเนื่องมาจากความเครียดจะวัดได้ หรือให้เอาท์พุทที่สามารถนำไปแสดงผลหรือบันทึกผลได้ มีการจัดวางบริดจ์ 2 แบบคือ

1. สมดุลบริดจ์ (Balanced bridge)
2. ไม่สมดุลบริดจ์ (Unbalanced bridge)

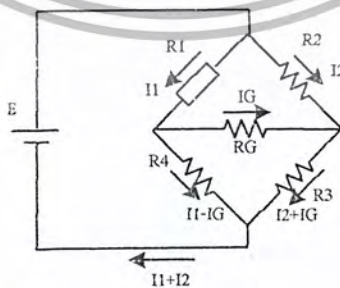
ในการจัดวางแบบสมดุลบริดจ์ ค่าความต้านทานของเกจความเครียด R1 เป็นแขนข้างหนึ่งของวิทสโตนบริดจ์ ขณะที่แขนที่เหลือมีค่าความต้านทาน R2,R3และR4 บริดจ์จะถูกกระตุ้นด้วยแหล่งจ่ายดีซีด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า E และ R0 เป็นค่าความต้านทานของกัลวานนอมิเตอร์ บริดจ์กลางได้ว่าสมดุลย์ เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านกัลวานนอมิเตอร์ เงื่อนไขของการสมดุล ซึ่งเป็นที่รู้จักกันก็คือ

$$\frac{R1}{R2} = \frac{R2}{R3}$$

สมการ 2.4



รูปที่ 2.5 สมดุลย์บริดจ์ของเกจความเครียด



รูปที่ 2.6 ไม่สมดุลบริดจ์ของเกจความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า R1 มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความเครียด บริเวณซึ่งสมมูลในคอนกรีตจะไม่สมมูล อันนี้จะทำให้สมมูลได้อีกครั้ง โดยการเปลี่ยนค่า R4 หรือ R2 การเปลี่ยนแปลงอันนี้สามารถวัดได้และถูกใช้เพื่อการแสดงการเปลี่ยนแปลงของ R1 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเครียดเทคนิค อันนี้สามารถนำมาใช้เพื่อวัดความเครียดทางสถิติ เพียงอย่างเดียว

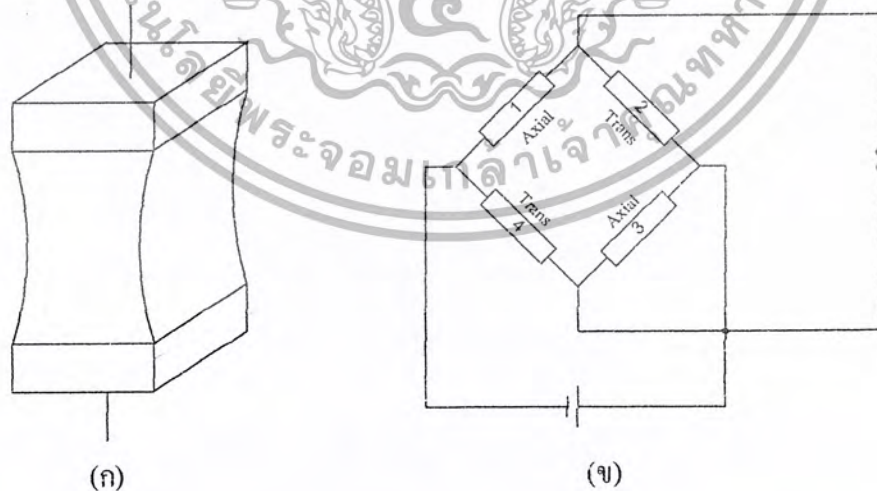
การจัดวางแบบไม่สมมูล ที่แสดงในรูปที่ 2.6 กระแสที่ไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ติดคร่อมกับกัลวานอมิเตอร์ที่ถูกใช้ เพื่อแสดงความเครียดในเกจความเครียด วิธีนี้สามารถใช้เพื่อวัดความเครียดทางไดนามิกได้ดีเช่นเดียวกับการวัดความเครียดทางสถิติ เพื่อแสดงถึงการได้มาของความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแอมป์ทุกที่ที่ไม่สมมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในค่าความต้านทานของเกจ R1

การจัดวางเกจความเครียด (Strain gage arrangement) มีปัจจัย 2 อย่างต่อไปนี้ที่ต้องคำนึงถึงขณะตัดสินใจวางเกจความเครียดบนชิ้นส่วนยึดหยุ่น เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือ

1. ความไวสูง
2. การชดเชยทางอุณหภูมิ

2.4 LOAD CELL

2.4.1 โหลดเซลล์แบบลิงค์ (Link-type load cell)



รูปที่ 2.7 โหลดเซลล์แบบลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหลดเซลล์แบบลึงค์อย่างง่าย ประกอบด้วยลึงค์และเกจเครียด 4 อันดังรูป 2.7 ภาระ P สามารถเป็นไปได้ทั้งแรงดัน (Tensile Load) หรือภาระแรงอัด (Compressive Load) เกจความเครียด 2 อันยึดติดกับลึงค์ในแนวแกนและอีก 2 อันในแนวขวางกับแกน

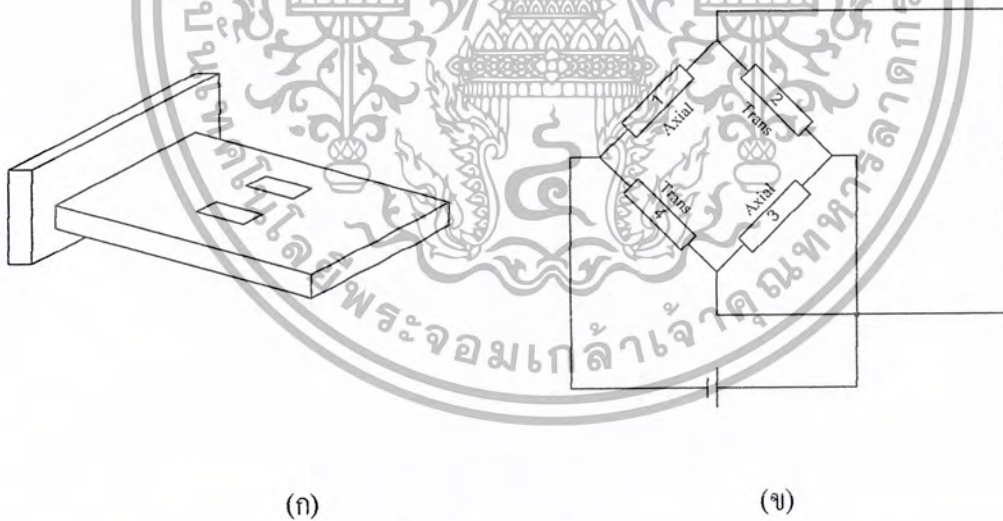
เกจความเครียดทั้ง 4 จะต่อเป็นวงจรวีทสโตนบริดจ์ โดยเกจที่อยู่ในแนวขวางต่ออยู่ในแนวแกน 2 และ 4 ดังรูปที่ 2.7 เมื่อภาระ P กระทำต่อลึงค์ความเครียดตามแนวแกน และตามแนวแกนขวางจะเกิดขึ้นในลึงค์และสัมพันธ์กับภาระตามสมการ

$$\epsilon_s = P/AE \tag{2.14}$$

$$\epsilon_t = -Vp/AE \tag{2.15}$$

- เมื่อ A:พื้นที่หน้าตัดของลึงค์
- E:โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำลึงค์
- V:อัตราส่วนปัวซองของวัสดุที่ใช้ทำลึงค์

2.4.2 โหลดเซลล์แบบคาน(Beam-Type Load Cell)



รูปที่ 2.8 โหลดเซลล์แบบคาน

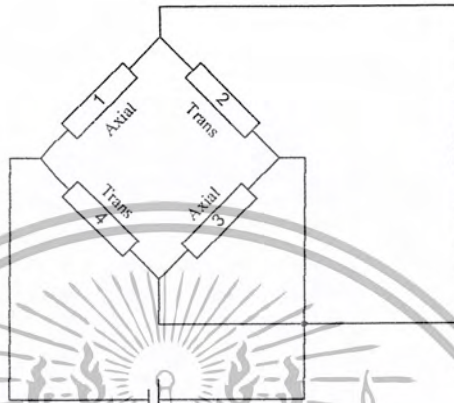
ใช้วัดในกรณีทีโหลดเซลล์แบบลึงค์ใช้วัดไม่ได้จากรูปที่ 2.8 (ก) เป็นคานยื่นซึ่งมีเกจความเครียด 2 อัน ติดอยู่ที่ผิวด้านต่าง ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนยืดหยุ่นและเซนเซอร์สำหรับเซลล์ชนิดนี้คือเกจ ซึ่งต่อกันเป็นวงจรวีทสโตนบริดจ์ภาระ P ทำให้เกิด โมเมนต์ $M=Px$ ที่ตำแหน่ง X ทำให้ได้ผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ b คือความกว้างของหน้าตัดของคาน

h คือความหนาของหน้าตัดของคาน

2.4.3 โหลดเซลล์แบบวงแหวน (Ring-Type Load Cell)



รูปที่ 2.9 โหลดเซลล์แบบวงแหวน

ส่วนประกอบของโหลดเซลล์แบบวงแหวนมี Proving Ring เป็นส่วนยึดหยุ่นและมีเซนเซอร์ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งเกจวัดความเครียดและ LVDT ถ้าใช้ LVDT วัดการกระจัดอันเนื่องมาจากการอัดหรือการดึงในแนวแกนเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด ρ กับภาระ P เป็นไปตามสมการ

$$\delta = (1.79PR^3)/Ewt^3 \quad (2.17)$$

เมื่อ E คือค่าโมดูลัสที่ใช้ทำวงแหวน

w คือความหนา

t คือความหนาของวงแหวน

แรงดัน V_o ของ LVDT สามารถแสดงโดยสมการ

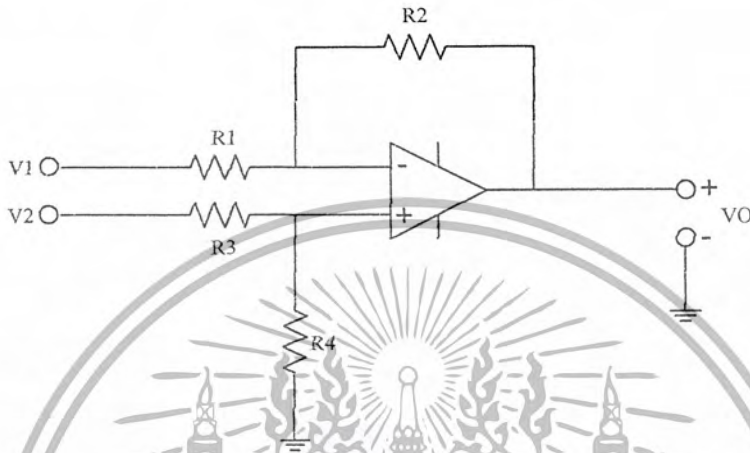
$$V_o = S\delta V_s \quad (2.18)$$

เมื่อ S คือความไวของ LVDT

V_s คือแรงดันที่ป้อนที่ขดลวดปฐมภูมิ LVDT

2.5 วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier)

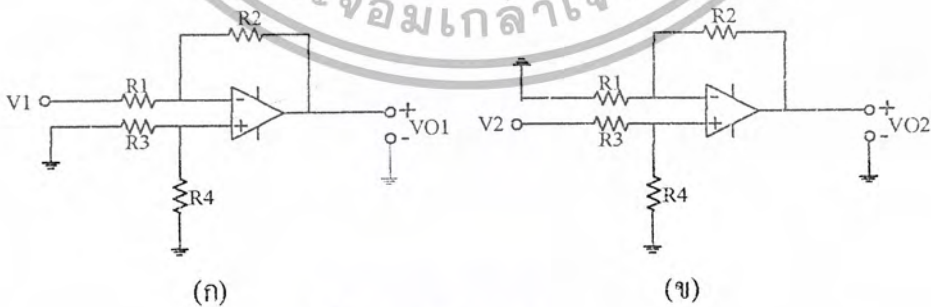
โดยทั่วไปแล้วเรามักจะใช้วงจร ดิฟเฟอเรนเชียลแอมพลิไฟเออร์ เพื่อที่จะขยายความแตกต่างของสัญญาณที่เข้ามา เช่น เอาท์พุทของเซนเซอร์ความดัน วงจรขยายความแตกต่างนี้ เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานอย่างนี้เพราะว่าสามารถที่จะตัดสัญญาณรบกวน ได้ดีกว่า และมีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ที่เท่ากัน



รูปที่ 2.10 วงจรขยายความแตกต่าง

จากรูปที่ 2.10 คำนวณหา V_o ในเทอมของ V_1 และ V_2 ใช้หลักการซ้อนทับ คำนวณ V_2 ดังรูปที่ 2.11 (ก) จะได้

$$v_{o1} = \frac{-R_2}{R_1} v_1 \tag{2.19}$$



รูปที่ 2.11 การคำนวณ V_o

คำนวณ V_1 ดังรูปที่ 2.11 (ข) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_{o2} = \frac{R_4}{R_4 + R_3} v_2 \left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right] \quad 2.20$$

$$v_o = v_{o1} + v_{o2} = -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{R_4}{R_4 + R_3} \left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right] v_2$$

$$= -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{\left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right]}{\left[1 + \frac{R_3}{R_4} \right]} v_2 \quad 2.21$$

วงจรขยายผลต่างตอบสนองในสัดส่วนตรงกับสัญญาณผลต่าง (v_1-v_2) และตอบสนองกับสัญญาณวิธีร่วม (common mode signal) นั่นคือ $V_o=0$ เมื่อ $v_1=v_2$

จากสมการ 2.21 เมื่อกำหนดให้ $v_1=v_2$ ทำให้ $V_o=0$

$$0 = -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{\left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right]}{\left[1 + \frac{R_3}{R_4} \right]} v_2$$

$$\frac{R_2}{R_1} v_1 = \frac{\left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right]}{\left[1 + \frac{R_3}{R_4} \right]} v_2$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right]}{\left[1 + \frac{R_3}{R_4} \right]}$$

ดังนั้น

$$\frac{R_2}{R_1} \left[1 + \frac{R_3}{R_4} \right] = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4} = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

นั่นคือ $\frac{R_2 R_3}{R_1 R_4} = 1$ ต่อเมื่อ $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ จะได้ $R_4 = R_2$ และ $R_3 = R_1$

แทน $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ สมการ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

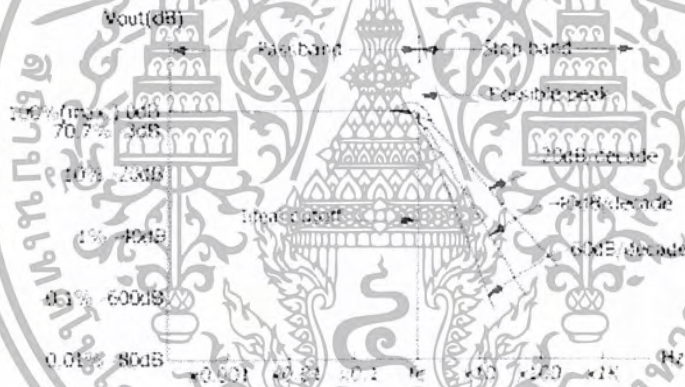
$$\begin{aligned}
 v_o &= -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_1}{R_2}} v_2 = -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{R_1 + R_2}{\frac{R_2 + R_1}{R_2}} v_2 \\
 &= -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{R_2}{R_1} v_2 \\
 v_o &= \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1)
 \end{aligned}$$

2.22

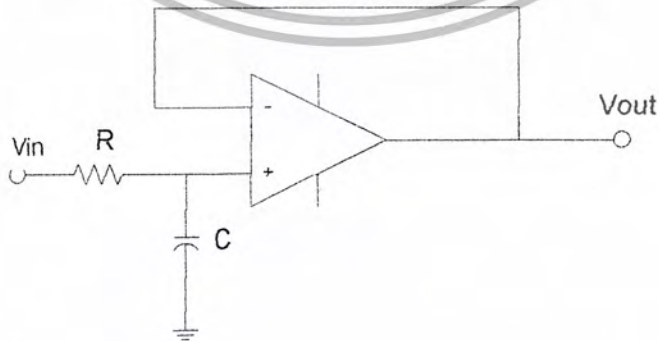
2.6 วงจรกรองความถี่ (FILTER)

2.6.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ (LOW PASS FILTER)

วงจรกรองความถี่ต่ำจะกันไม่ให้สัญญาณที่มีความถี่สูงกว่าความถี่คัทออฟ (f_c) ผ่านไปได้ หากมีสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า f_c ก็จะไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ เนื่องจากสัญญาณจะถูกลดทอนลงไปเรื่อยๆ



รูปที่ 2.12 แสดงการตอบสนองของความถี่ (Frequency Response) ของวงจรกรองความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.13 วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low-Pass Filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างของวงจรกรองความถี่ต่ำแบบพื้นฐาน ซึ่งใช้อุปกรณ์ที่ถูกต้องในลักษณะของวงจรตามแรงดัน และใช้หลักการแบ่งแรงดัน ณ ขั้วอินพุทบวก โดยใช้คุณสมบัติที่ว่าความถี่ของสัญญาณอินพุทจะมีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุดังสมการ

$$X_C = \frac{1}{(\omega_c)} \quad ; \quad X_C = 2\pi f_c \quad 2.23$$

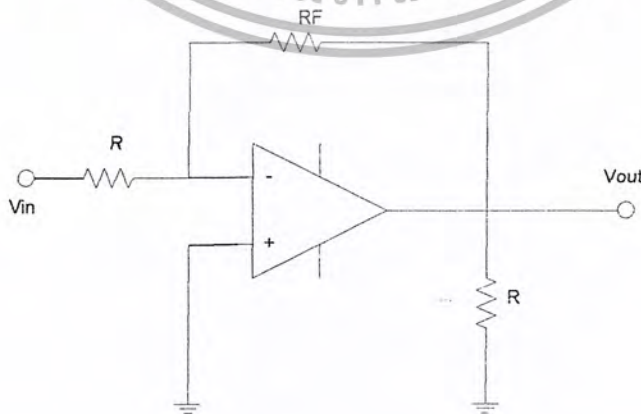
$$= \frac{1}{(2\pi f_c)}$$

โดยที่ f_c คือ ความถี่ของสัญญาณอินพุท ดังนั้น เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าความถี่ต่ำ X_C จะมีค่าสูง ทำให้แรงดันเกือบทั้งหมดจากอินพุทตกคร่อม C และเป็นผลให้เอาต์พุท V_o มีค่าประมาณเท่ากับ V_{in} ด้วย ในขณะที่สัญญาณซึ่งมีความถี่สูงจะทำให้ X_C มีค่าต่ำเป็นผลให้ตัวเก็บประจุเสมือนลัดวงจร ดังนั้น V_{out} จึงมีค่าต่ำด้วย สรุปได้ว่า ช่วงของสัญญาณที่ความถี่ต่ำจะผ่านไปปรากฏที่เอาต์พุทได้ โดยที่สัญญาณซึ่งมีความถี่สูงจะถูกกั้นเอาไว้ และเราสามารถหาความถี่ f_c ที่แบ่งช่วงสัญญาณเป็นสองช่วงได้ดังสมการ

$$f_c \approx 1/(2\pi RC) \quad 2.24$$

2.7 วงจรขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier)

โดยทั่วไป วงจรขยายจะหมายถึงวงจรที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุทน้อยๆ มาเป็นสัญญาณเอาต์พุทที่มีขนาดสูงขึ้นกว่าเดิม ซึ่งสัญญาณที่ว่าอาจเป็นไปได้ทั้งแรงดันและกระแส ในลักษณะเดียวกันวงจรขยายออปแอมป์ก็คืวงจรที่มีอัตราขยายสูงมาก และยังมีลักษณะของการขยายเป็นเส้นตรง นั่นคือ อัตราส่วนระหว่างเอาต์พุตต่ออินพุตจะคงที่เสมอ (ในอุดมคติ) และนอกจากนี้เรายังสามารถควบคุมอัตราขยายของออปแอมป์ได้โดยใช้อุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัว



รูปที่ 2.14 วงจรขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 แสดงวงจรขยายกลับเฟสแบบมาตรฐาน ซึ่งวิธีที่ใช้เป็นแบบลูปิด เรียกว่า การป้อนกลับแบบลบ โดยนำเอาเอาต์พุตซึ่งกลับเฟสกับอินพุตมาป้อนที่จุดอินพุตอีกที ผลก็คือ วงจรภายในออปแอมป์จะพยายามปรับเอาต์พุตจนกระทั่งความต่างศักย์ระหว่างอินพุตมีค่าเข้าใกล้ศูนย์(แต่ต้องเข้าใจว่า แรงดันระหว่างขั้วอินพุตต้องไม่เท่ากับศูนย์พอดี มิฉะนั้นเอาต์พุตก็จะเท่ากับศูนย์โวลต์ด้วย กล่าวคือ ผลต่างระหว่าง V_{in} และบางส่วนของ V_{out} ที่ขั้วอินพุตกลับมีค่าต่ำพอที่จะทำให้เกิดแรงดันเอาต์พุตได้พอดีเท่านั้น)

จากสมการของอัตราขยายแรงดัน A_v :

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

เราพิสูจน์ให้เห็นว่า ค่าขยายแรงดัน ของออปแอมป์เมื่อใช้ใน โหมดของลูปิดจะสามารถหาได้ด้วยสมการ

$$A_v = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

จากข้อกำหนด

1. ความต่างศักย์ระหว่างขั้วอินพุตเท่ากับศูนย์

2. กระแสเข้าขั้วอินพุตใดๆเท่ากับศูนย์

โดยใช้หลักการข้อที่ 1 ซึ่งทำให้ขั้วอินพุตกลับมีศักย์ค่าเดียวกับกราวด์ (ซึ่งเราเรียกว่ากราวด์เสมือน) ถ้าให้ $R_{in} = 10 \text{ K}\Omega$ และ $V_{in} = 1 \text{ V}$ จะได้ I_{in} มีค่า

$$I_{in} = \frac{V_{in}}{R_{in}} = \frac{1 \text{ V}}{10 \text{ K}\Omega} = 0.1 \text{ mA}$$

ข้อกำหนดข้อ 2 เราจะพบว่า กระแสที่ผ่าน R_f ก็จะเท่ากับกระแส I_{in} ดังนั้นเราจึงสามารถหาค่าแรงดันที่เอาต์พุตเทียบกราวด์ได้โดยกระแส I_f จะมีค่า

$$I_f = -\frac{V_{out}}{R_f}$$

เนื่องจาก $I_{in} = I_f$ ดังนั้น

$$\frac{V_{in}}{I_{in}} = -\frac{V_{out}}{R_f}$$

นั่นคือ

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

ดังนั้นในการหา V_{out} ของออปแอมป์ เราจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{out} = A_v V_{in} = - \frac{R_f}{R_{in}} V_{in}$$

โดยที่เครื่องหมายลบแสดงการกลับเฟสของเอาต์พุตเทียบกับอินพุต

2.8 ส่วนการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D)

ในการวัดสัญญาณต่างๆ ด้วยคอมพิวเตอร์นั้น โดยทั่วไปจะทำการประมวลผลข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์ซึ่งต้องการข้อมูลเป็นดิจิตอล ดังนั้น ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่เป็นสัญญาณอนาลอก จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอกดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนที่จะนำไปประมวลผล



รูปที่ 2.15 หลักการของตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

จากรูปที่ 2.15 แสดงตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลที่ประกอบด้วยตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ตัวเปรียบเทียบระดับสัญญาณไฟฟ้า 2 ตัว และวงจรควบคุมในวงจรนี้ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก จะสร้างสัญญาณอนาลอกให้มีระดับศักดาเท่ากับสัญญาณอนาลอกที่ไม่ทราบค่า และเมื่อระดับศักดาไฟฟ้าทั้ง 2 มีค่าเท่ากัน ค่าเอาต์พุตที่ออกมาจะเป็น 0 นั้นหมายความว่าค่าเลขฐานสองที่เราป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกจะทำให้มันสร้างสัญญาณอนาลอกให้มีระดับศักดาไฟฟ้าเท่ากับสัญญาณอนาลอกที่ไม่ทราบค่า แต่ถ้าสัญญาณอนาลอกที่ถูกสร้างจากตัวแปลงดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกนี้ มีระดับศักดาไฟฟ้ามากกว่าหรือน้อยกว่าสัญญาณอนาลอกที่ไม่ทราบค่า 2 ตัวเปรียบเทียบระดับศักดาไฟฟ้าทั้ง 2 ตัวก็จะส่งสัญญาณไปบอกหน่วยควบคุมการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

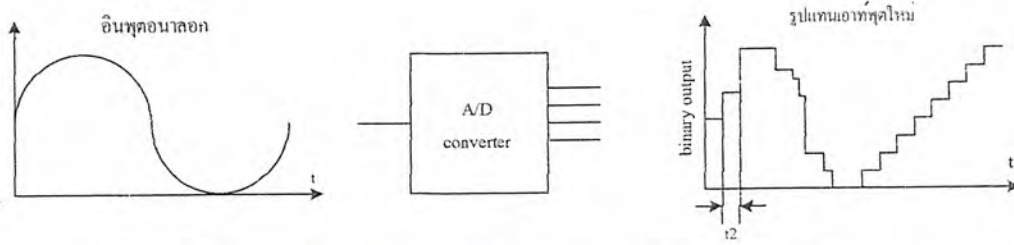
ดิจิทัล ให้ทำการปรับค่าเลขฐานสอง ที่ป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกจนกว่าตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกนี้จะสร้างสัญญาณอนาลอกที่มีระดับศักดาไฟฟ้าเท่ากับสัญญาณอนาลอกที่ไม่ทราบค่า

A/D คอนเวอร์เตอร์ มีสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณอนาลอกและมีสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณเอาต์พุท จำนวน n บิต อินพุทของ A/D คอนเวอร์เตอร์ เป็นสัญญาณอนาลอกที่ผ่านออกมาจากวงจรสุ่ม and hold ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณอนาลอกที่ต้องการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาในวงจรแล้วนำเอาเอาต์พุท ไปเชื่อมต่อกับอินพุทของ A/D คอนเวอร์เตอร์ โดยการแปลงสัญญาณจาก A/D คอนเวอร์เตอร์ ในช่วงเวลาที่เท่ากับเวลาสุ่มที่กำหนดจากความถี่สุ่มในวงจร ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ในการแปลงสัญญาณจะมีค่าจำนวนข้อมูลเท่าใดพิจารณาได้จากความถี่ที่สุ่ม ภายในชุดวงจร sample and hold ในการทำงานของ A/D คอนเวอร์เตอร์ยังขึ้นอยู่กับผลของเวลาในการแปลงสัญญาณภายในก็คือ เวลาที่ใช้ในระหว่างที่อินพุทเข้ามา จนถึงค่าระดับการแสดงผลเอาต์พุทใหม่



รูปที่ 2.16 แสดงการตอบสนองของเวลาการแปลงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์

พิจารณาตามรูป 2.16 อินพุทจากสัญญาณอนาลอกที่เข้ามาใน A/D คอนเวอร์เตอร์จะอยู่ ณ เวลา T_1 และสัญญาณตอบสนองของอินพุทจะเกิดขึ้นจากผลต่างของเวลาทั้งสองคือเวลาการเปลี่ยนแปลงสัญญาณซึ่งเวลาที่ใช้จริงของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ดังนั้น การกำหนดเวลาสุ่มจากความถี่ของการสุ่ม ควรมีเวลามากกว่าเวลาในการแปลงสัญญาณ จะได้ค่าดิจิทัลเอาต์พุทที่ถูกต้องและเพื่อให้ทราบถึงผลของการสุ่มจนสัญญาณอินพุทอนาลอกแปลงเป็นดิจิทัลเอาต์พุทพิจารณาจากกราฟ



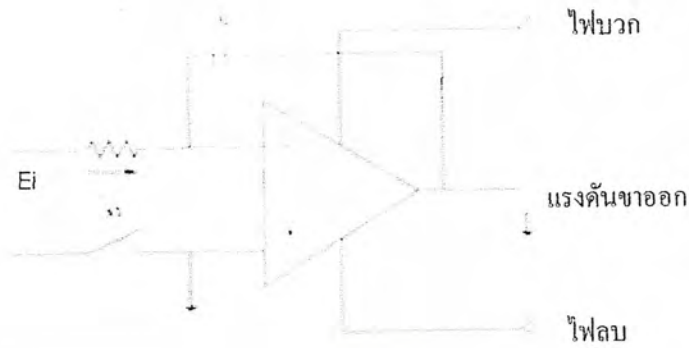
รูปที่ 2.17 กระบวนการแปลงสัญญาณดิจิทัลด้วย A/D คอนเวอร์เตอร์

ทั้งตัวแปลงสัญญาณที่ปรับค่าอย่างต่อเนื่องและตัวแปลงสัญญาณที่ประมาณค่าผลสำเร็จจะเปลี่ยนค่าแต่ละครั้งเมื่อมันได้รับคำสั่งจากไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งก็คือตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ที่ประมาณค่าผลสำเร็จขนาด 8 บิต (ที่ใช้เวลาใน 1 ไมโครวินาที) ในการทำงานแต่ละขั้นตอนจะใช้เวลาทั้งหมด 8 ไมโครวินาที ในการแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล ในช่วงเวลา 8 ไมโครวินาทีที่มีสัญญาณอนาลอกที่ไม่ทราบค่าที่ป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณนั้นจะต้องมีระดับศักดาไฟฟ้าที่คงที่ มิฉะนั้นเอาท์พุทที่ได้อาจไม่ถูกต้อง เพื่อป้องกันการผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจึงได้มีการนำวงจร 'sampling and hold' มาใช้โดยวงจรนี้จะเก็บระดับศักดาไฟฟ้าของสัญญาณที่รับเข้ามาในตัวเก็บประจุก่อนที่ตัวแปลงสัญญาณจะเริ่มทำงานเมื่อสวิตช์ถูกปิด ตัวเก็บประจุจะได้รับประจุนมีระดับแรงดันไฟฟ้าที่คงที่เท่ากับศักดาไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา และเมื่อสวิตช์ถูกเปิดระดับศักดาไฟฟ้าในตัวเก็บประจุยังคงอยู่ที่ค่าที่ต่ำกว่าสวิตช์จะถูกปิดอีกครั้ง โดยปกติสวิตช์แบบ FET ที่ทำงานได้ด้วยความเร็วสูงจะถูกนำมาใช้งานในวงจรนี้

ชนิดของ A/D คอนเวอร์เตอร์มีการนำมาประยุกต์ใช้งานกันมาก 3 แบบ คือ

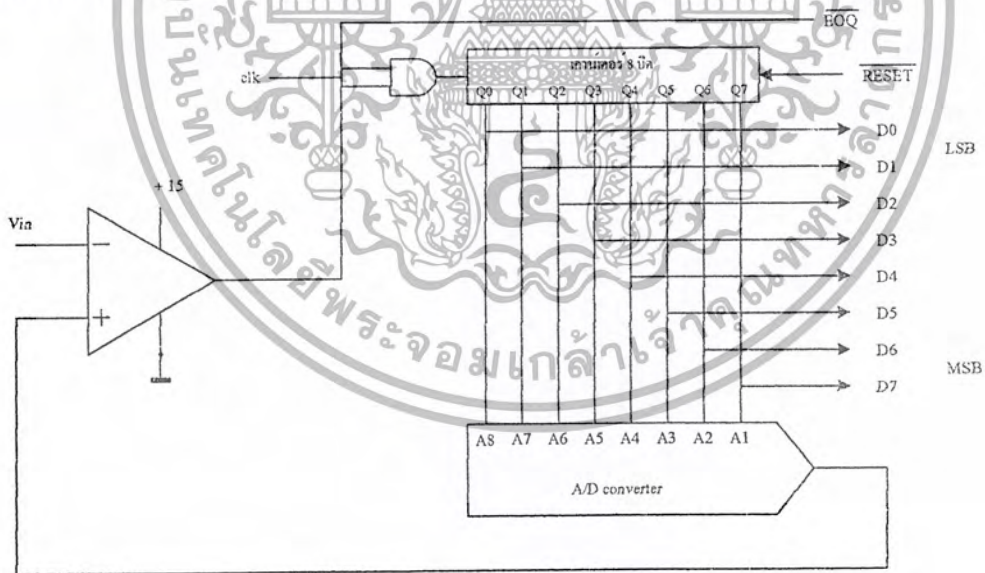
- 1.แบบสโลปคู่ (Dual slope)
- 2.แบบแปลงสัญญาณเป็นความถี่ (V/F Converter)
- 3.แบบประมาณทีละบิต(Successive Approximation)

สโลปคู่ (Dual slope) เป็นแบบที่ง่ายที่สุดไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพมากนักก็สามารถแปลงสัญญาณได้อย่างแม่นยำและมีข้อเสียตรงที่ใช้เวลาในการแปลงสัญญาณมากเกินไป จึงไม่เหมาะในการวัดแรงดันในช่วงเวลาสั้นๆ



รูปที่ 2.18 การทำงานของวงจรอินทรีเกรเตอร์

พิจารณาจากรูปที่ 2.18 ซึ่งเป็นวงจรอินทรีเกรเตอร์แบบพื้นฐานประกอบด้วยออปแอมป์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณต่าง แรมป์เอาต์พุต(Ramp output)ของ A/D คอนเวอร์เตอร์แรมป์เอาต์พุตเป็น A/D คอนเวอร์เตอร์ที่เข้าใจการทำงานได้ง่ายที่สุด โดยแสดงโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ตัวแปลงสัญญาณ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบแรมป์

สามารถอธิบายหลักการดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณรีเซทไปที่เคาท์เตอร์ เพื่อให้สามารถรับสัญญาณอินพุตได้

โดยขณะนั้นผลของเอาต์พุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์มีค่าอยู่ที่ระดับต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การทำงานของวงจรมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณนาฬิกาซึ่งสัญญาณอินพุตถูกนำมา AND กับสัญญาณนาฬิกานี้แล้วจึงส่งไปยังแคทเทดอร์ซึ่งเป็นผลทำให้เอาต์พุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์แสดงระดับแรงดันที่สูงขึ้นทีละ 1 LSB

3.ณ จุดเดียวกันนั้นตัวแคทเทดอร์จะนับเพิ่มขึ้นจะกระทั่งเอาต์พุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์สูงกว่าค่าแรงดันอินพุต เมื่อถึงจุดนี้คอมพาราเตอร์จะแสดงค่าไปจนกระทั่งเอาต์พุตเป็นศูนย์โวลต์เมื่อถึงศูนย์จะมีสัญญาณนาฬิกาหยุดการนับที่จุดซึ่งเอาต์พุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์เริ่มมากกว่าอินพุต ขาของ EOC จะลดระดับเป็นระดับต่ำและ ส่งสัญญาณไปให้คอมพิวเตอรืวางข้อมูล ขณะนี้พร้อมที่จะอ่านแล้ว ซึ่งข้อมูลที่จะส่ง ไปยังคอมพิวเตอรืเป็นสัญญาณดิจิทัลผ่านไปยังอินพุตพอร์ท

4.หลังจากคอมพิวเตอรือ่านข้อมูลเสร็จก็จะส่งสัญญาณรีเซตมาที่ A/D คอนเวอร์เตอร์ หลังจากนั้นก็จะเริ่มทำการกระบวนการแบบเดิมซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

แบบประมาณทีละบิต(Successive Approximation) A/D คอนเวอร์เตอร์

SAR เป็นตัวเลขหลักของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งลักษณะใกล้เคียงกับแบบแรกๆ โดยโครงสร้างการทำงานดังรูป 23 ซึ่งเป็นการแสดงบล็อกไดอะแกรมสำหรับ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบ SAR

SAR คอนเวอร์เตอร์ ต้องใช้ D/A คอนเวอร์เตอร์ และคอมพาราเตอร์ในการทำงานเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างได้แก่ส่วนของแคทเทดอร์วิธีแรกๆทำงานโดยอาศัยการนับขึ้นในลำดับไบนารีจนกระทั่ง V_{in} การทำงานของ SAR คอนเวอร์เตอร์

1.การเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล พิจารณาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่ง ไปยังระบบควบคุมลอจิก โดยเอาต์พุตของระบบควบคุมลอจิกจะส่งพัลส์ถูกหนึ่งให้กับ SAR เพื่อ เซทค่าของ MSB และลบครึ่งค่าเอาต์พุตที่ยังเหลืออยู่ซึ่งจะทำให้ค่าของ V_o มีค่าเท่ากับค่าของ $V_{fs}/2$ ซึ่งจะน้อยกว่าค่า V_{in} และเอาต์ของคอมพาราเตอร์จะยังคงอยู่ในระดับ "1" ระบบควบคุมลอจิกจะตรวจสอบว่าถ้าคอมพาราเตอร์ยังคงเป็น "1" อยู่จะส่งสัญญาณไปที่ SAR ซึ่งจะค้ำค่าของ MSB เป็นลอจิก "1" ที่ Q7

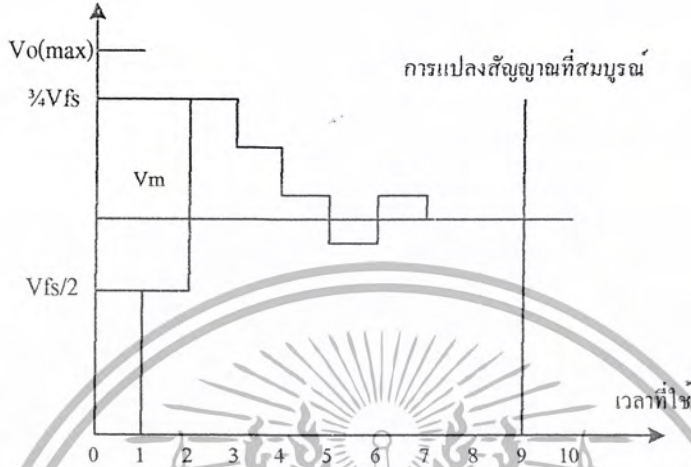
2.เมื่อสัญญาณนาฬิกาถูกตัด ไป MSB ตัวใหม่ซึ่งอยู่ที่ Q6 ของ SAR จะถูกเซทค่าเป็น "1" เอาต์พุตของ D/A จะเกินค่าของ V_{in} ทำให้เอาต์พุตของคอมพาราเตอร์เปลี่ยนระดับระบบควบคุมลอจิกทราบก็จะ ไม่ทำการค้ำค่า Q6 นั่นคือค่าที่ค้ำที่ตำแหน่ง Q6 มีค่าเท่ากับ "0"

3.สัญญาณนาฬิกาถูกถัดมา Q6 จะถูกเคลียร์และ Q5 จะถูกเซทจากการเปรียบเทียบได้เอาต์พุตจากคอมพาราเตอร์เป็น "1" ส่วนควบคุมลอจิกก็จะไม่ทำการค้ำ Q5 ไว้เพราะยังสูงกว่าของ V_{in} โดยปกติแล้ววงจรจะทดสอบเอาต์พุต โดยเริ่มต้นที่ MSB ของ SAR ถ้าเอาต์พุตของ D/A คอนเวอร์เตอร์เกินค่า V_{in} แล้วบิตนั้นจะค้ำค่าลอจิก "1" ไว้หลังจากการตรวจสอบ

หมดแล้ว ไบนารีเอาต์พุตจะเป็นอัตราส่วนกับ V_{in} จะเห็นว่า A/D แบบนี้ดีกว่าแบบแรกๆคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

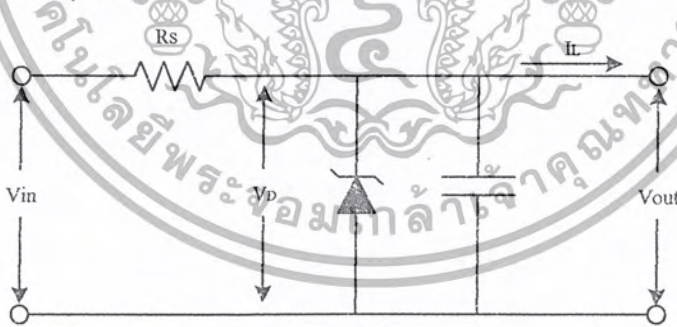
เวลาของการแปลงสัญญาณเป็นสัดส่วนกับจำนวนบิตของเคาทเตอร์แบบ SAR แต่ SAR A/D คอนเวอร์เตอร์มีข้อเสียแบบเดียวกับแรมปีคือ ข้อผิดพลาดทางอัตราขยายออฟเซตและความไม่ เป็นเชิงเส้นที่เกิดขึ้นในส่วนของ A/D



รูปที่ 2.20 กราฟของส่วน D/A ระหว่างการแปลงสัญญาณ

2.9 วงจรเรกูเลเตอร์

วงจรเรกูเลเตอร์ที่ง่ายที่สุด คือการใช้ซีเนอร์ไดโอด วงจรเรกูเลเตอร์สามารถแบ่งได้ เป็น 2 แบบคือ แบบอนุกรม และแบบขนาน



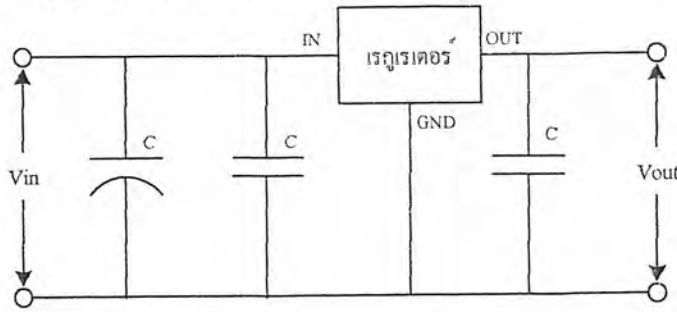
รูปที่ 2.21 เรกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด

วงจรเรกูเลเตอร์แบบอนุกรมคือ วงจรเรกูเลเตอร์ที่ต่ออนุกรมระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงที่ยังไม่คงที่กับโหลด ดังแสดงวงจรในรูปที่ 2.21 ในวงจรนี้ใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นตัวกำหนดแรงดันเอาท์พุท กระแสแทนที่จะไหลจากตัวซีเนอร์ไดโอดออกไปยังโหลดโดยตรง จะผ่านเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเกิดแรงดันปรากฏขึ้นที่เอาท์พุทจากการ

ต่อทรานซิสเตอร์เข้าไปในนี้ ทำให้วงจรมีความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า ได้สูงขึ้น และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไม่มีโหลดในวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดเพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่เกิดกำลังงานความร้อนสูญเสียที่ตัวทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.22 เป็นวงจรเรกูเรเตอร์แบบ 3 ขา

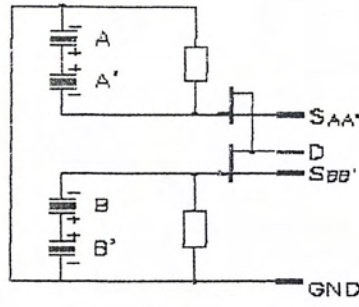
2.10 ไพโรมิเตอร์

ไพโรมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิผิวกวับวิธีการวัดแบบอื่น ๆ คือ ตัววัดอุณหภูมิไม่ต้องสัมผัสโดยตรงกับวัตถุที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ แต่อาศัยการวัดการแผ่รังสีของวัตถุบอกอุณหภูมิของตัววัตถุแทน คุณสมบัติโดยทั่วไปของการแผ่รังสีในช่วงอุณหภูมิ 1000F ถึง 2800F พลังงานที่แผ่รังสีออกมาจะอยู่ในรูปของแสง แต่ในช่วง อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 1000F จนถึงอุณหภูมิห้อง พลังงานที่แผ่รังสีออกมาจะอยู่ในรูปของ การแผ่รังสีความร้อน (Thermal Radiation) ซึ่ง ณ จุดที่อุณหภูมิแตกต่างกันไป ความยาวคลื่นหรือความถี่ของพลังงานเหล่านี้จะแตกต่างกันไปด้วย

ไพโรมิเตอร์ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบบวัดคลื่นรังสีที่ตามนุษย์มองเห็น (Optical Pyrometer) และแบบวัดคลื่นรังสีอินฟราเรด (Infrared Pyrometer) ความเข้มของการแผ่รังสีของวัตถุที่มีค่าอุณหภูมิหนึ่งจะมีค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่นค่าหนึ่งเท่านั้น เช่น เหล็ก ที่ร้อน 700C จะ มีความเข้มของการแผ่รังสีสูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 3 micron แต่ ถ้าเพิ่มความร้อนให้เหล็กต่อไปจนถึง 1000 C จุดที่มีความเข้มของการแผ่รังสีสูงสุดจะ มีความยาวคลื่นต่ำ แสดงให้เห็นค่าความเข้มของพลังงานที่แผ่รังสีของวัตถุที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ จากความยาวคลื่น 4.3 micron ถึง 3 micron ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเพิ่มของอุณหภูมิจาก 400 C ถึง 700 C ตามลำดับ

ดังนั้นเมื่อเราทราบจุดความยาวคลื่นที่มีความเข้มของพลังงานที่แผ่รังสีสูงสุด เราก็จะทราบค่า อุณหภูมิได้ โดยใช้ทฤษฎีของ Stefan-Boltzman ซึ่งต่อมาได้เป็นทฤษฎีของเครื่องมือวัดอุณหภูมิในปัจจุบันส่วนที่มักทำให้เกิด ความผิดพลาดในการวัด คือ ตัวกลางที่พลังงานวิ่งผ่าน อาจมีก๊าซบางอย่าง ผุ่นละอองที่ดูดซึมพลังงานไปก่อนที่จะตกถึงตัววัด ทำให้ W ที่ได้มีค่าน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



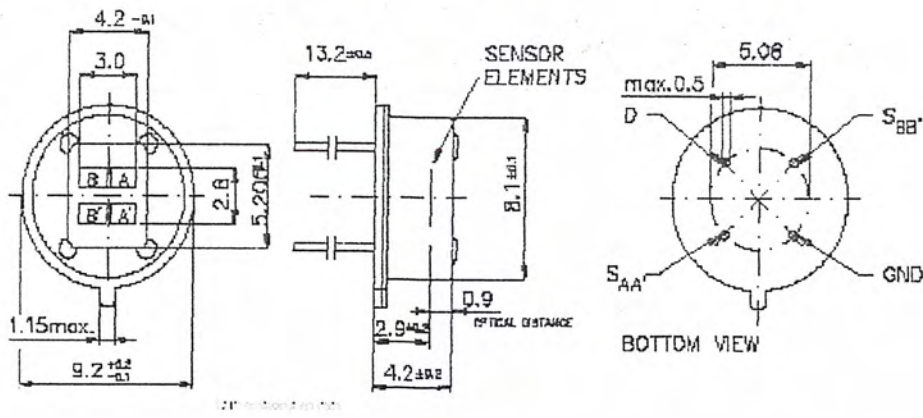
รูปที่ 2.23 แสดง โครงสร้างวงจรภายในของไฟโรมิเตอร์



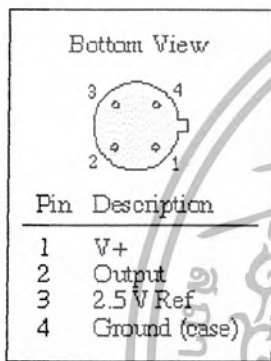
รูปที่ 2.24 แสดงมุมการฉายของอินฟราเรด

รูปที่ 2.25 การตอบสนองความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แสดงการโครงสร้างภายในของโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 2.27 รายละเอียดของขา

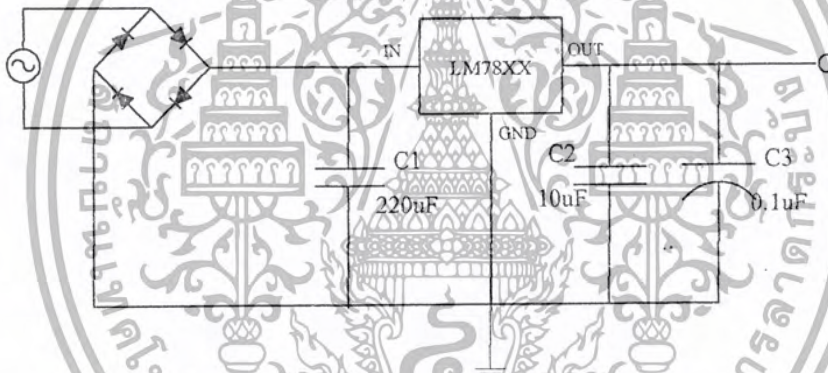
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

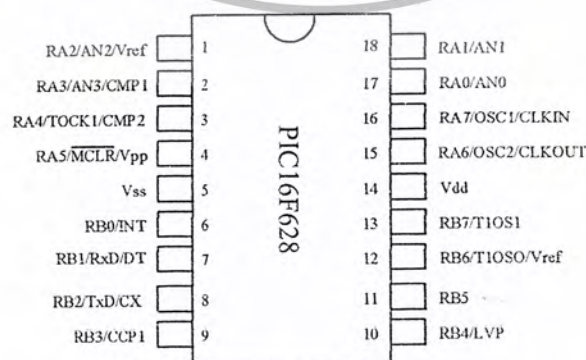
3.1 วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่

จากหม้อแปลงขนาด 15-0-15 ต่อผ่าน บริดจ์เพื่อแปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง แล้วใช้ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์ LM7805 เพื่อแปลงแรงดันไฟ ให้เอาท์พุทมีแรงดันคงที่ที่ 5 โวลต์ เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับไอซีและอุปกรณ์ต่างๆ ของวงจร เช่น ไอซี BCD Seven Segment Decoder เบอร์ SN 7447 , ไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ PIC16F628 และ ไอซีบัฟเฟอร์ เบอร์ 74AC373 ใช้ไอซี เรกูเลเตอร์ เบอร์ LM7810 เพื่อแปลงแรงดันไฟให้คงที่ที่ 10 โวลต์ เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับ LOAD CELL และ ใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ เบอร์ LM7815 และ LM7915 เพื่อแปลงแรงดันคงที่ที่ 15 และ -15 โวลต์ ให้กับออปแอมป์ เบอร์ OP07



รูปที่ 3.1 แสดงการต่อวงจร ไฟเลี้ยงแรงดันคงที่

3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628



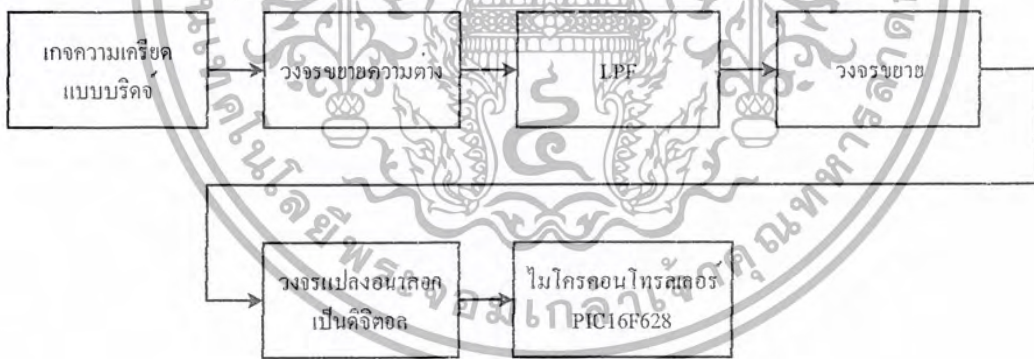
รูปที่ 3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 มาใช้เป็นตัวหลักในการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยในส่วนของ การควบคุมอัตราไซคลิก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ผลิตความถี่สองความถี่ โดยความถี่หนึ่งจะมีค่า 40 KHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ทำให้อัตราไซคลิกทำงาน อีกความถี่หนึ่งจะใช้ความถี่ประมาณ 86.5 Hz ซึ่งเป็นความถี่ที่ดีที่สุดในการวัดค่าความสูง ในส่วนของการควบคุมการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ตรวจสอบการทำงานของ A/D โดยจะรับค่า ขบวนการพัลส์ จาก A/D 12 บิต เพื่อนำไปประมวลผลและนำค่าที่ได้ ออก Display โดยผ่านทาง Seven Segment Decoder

3.3 ส่วนของเครื่องชั่งน้ำหนัก

โหลดเซลล์เป็นส่วนที่รับแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุที่นำมาชั่ง ภายในโหลดเซลล์ประกอบด้วยสเตรนเกจ (Strain Gages) ถูกต่อเป็นวงจรบริดจ์ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรบริดจ์จะแปรผันตามแรงที่กระทำกับโหลดเซลล์ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตนี้จะถูกขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้นคือ 0 – 5 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่ขยายแล้วจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยวงจร A/D คอนเวอร์เตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณดิจิทัลนี้ประมวลผลและแสดงผลทาง LCD



รูปที่ 3.3 โครงสร้างการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก

3.3.1 LOAD CELL

โหลดเซลล์ชนิด Single Point เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการแปลงค่าน้ำหนักมาเป็นค่าแรงดันทางไฟฟ้า ซึ่งโครงสร้างภายในเป็นแบบบริดจ์ ใช้การจ่ายแรงดันไฟตรง 10 โวลต์ที่ขา S+ และ S- คอกลงกราวด์ของวงจรจากนั้นจะได้แรงดันเอาต์พุตที่โหลดเซลล์ที่ขา E+ และ E- มาขยายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรขยายความต่าง (Differential Amplifier)

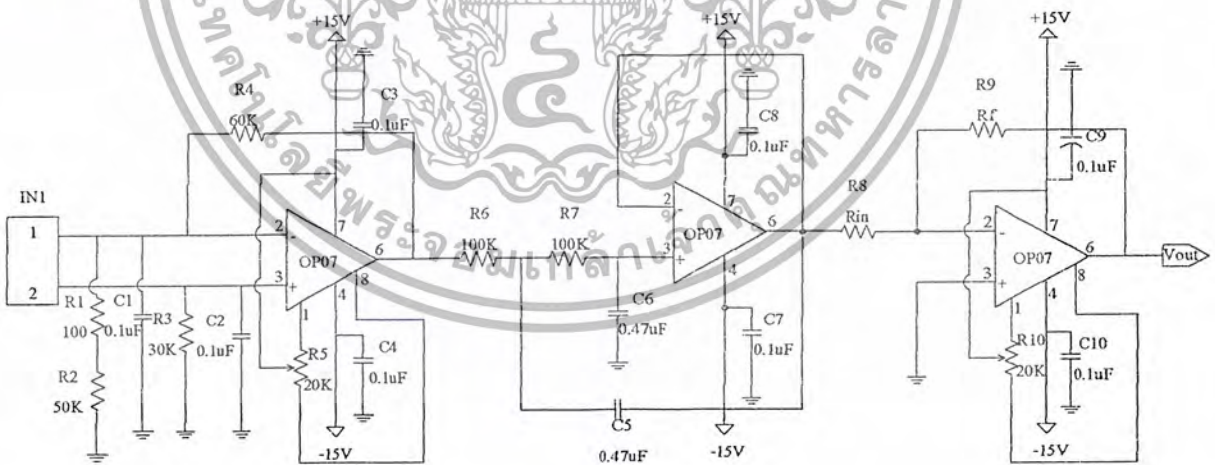
การใช้วงจรขยายความต่าง เนื่องจากการใช้งานของวงจรมีความสามารถในการขยายสัญญาณความแตกต่างที่มีขนาดเล็กได้ดีประกอบกับวงจรมีความสะดวกในการใช้ ดังนั้นสัญญาณที่ได้จากโหนดเซลล์ที่ E+ และ E- นั้นจะต้องถูกนำมาต่อกับขา inverting และขา noninverting ของออปแอมป์เพื่อนำไปขยายสัญญาณจากรูปวงจรจะสังเกตเห็นว่าที่ความถี่ที่อินพุตทั้งสอง นั้นมีค่าไม่เท่ากันเพื่อจุดประสงค์ในการปรับค่า ของแรงดันที่เกิดขึ้น ในขณะที่ไม่มีการชั่งให้คงที่มีค่าเป็น 0 ซึ่งเกิดจากน้ำหนักเพลทฟอร์ม

3.3.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (lowpass Filter)

การนำส่วนของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อนำมาใช้ ในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในวงจร โดยเฉพาะที่สัญญาณรบกวนขนาดความถี่ 50 Hz ที่ได้รับมาจากแหล่งจ่ายภายในวงจรประกอบด้วย ความต้านทาน และตัวเก็บประจุ ต่อในลักษณะ 2nd order ซึ่งมีความถี่คutoff ประมาณ 0.5 Hz แรงดันที่ได้จากเอาต์พุตจะมีค่าเท่าเดิม

3.3.4 วงจรขยาย (Inverting Amplifier)

เป็นส่วนสุดท้าย สาเหตุที่ใช้วงจรนี้เนื่องจากแรงดันที่ได้รับมา มีการขยายในช่วงลบ และขยายสัญญาณในช่วง 0 – 5 โวลต์ โดยแรงดันที่อินพุตนั้นมีขนาดมากกว่า 5 โวลต์ ดังนั้นในวงจรจะทำการลดทอนขนาดของสัญญาณลงที่อัตราขยายประมาณ 7 เท่าของสัญญาณเดิม โดยสัญญาณที่ได้รับนี้จะส่งไปยัง A/D



รูปที่ 3.4 วงจรขยายของเครื่องชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนการแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล (A/D Converter)

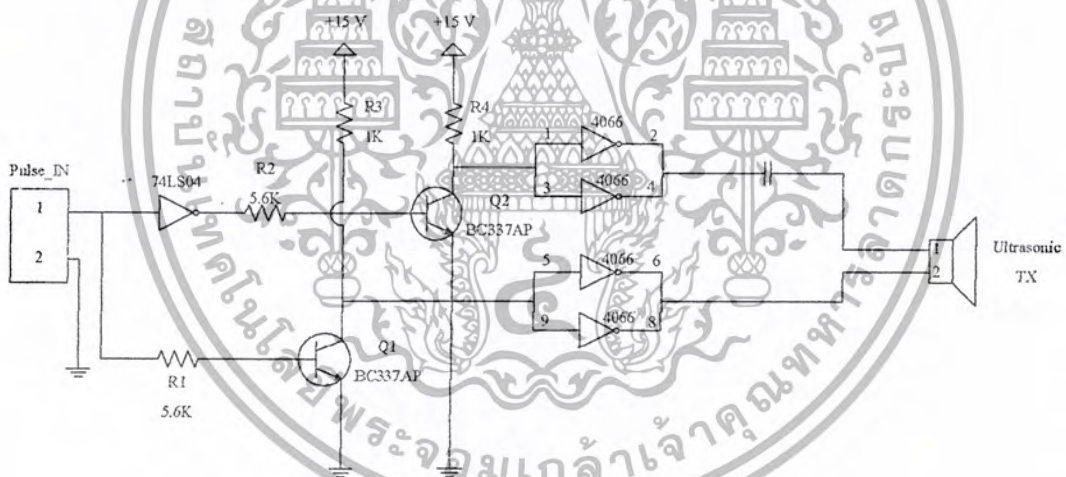
ใช้ไอซี เบอร์ ADS7816 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ อนาลอก เป็น ดิจิตอล ขนาด 12 บิต จำนวน 2 ช่อง โดยเป็นไอซีจัดอยู่ในตัวถังแบบ DIP ขนาด 8 ขา การจัดวงจรเพื่อเชื่อมต่อกับไอซี ต้องใช้สัญญาณทั้งหมด 4 เส้น ซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุตจากอุปกรณ์ภายนอก

3.5 ส่วนของเครื่องวัดส่วนสูง

3.5.1 ภาคส่ง

เป็นการนำเอา microcontroller มาใช้ในการส่ง โดยจะสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 40 kHz มาใช้ในการคำนวณระยะทาง

ซึ่งเราหาความสัมพันธ์จาก $\text{ระยะทาง} = \text{เวลา} \times \text{ความเร็ว}$ ซึ่งระยะทางสูงสุดที่ต้องการวัด เท่ากับ 4 เมตร (ไป-กลับ) และ ความเร็วที่อุณหภูมิห้องมีค่าเท่ากับ 346 เมตรต่อวินาที ซึ่งเราจะได้เวลาสูงสุดเท่ากับ 11560 ไมโครวินาที ขณะเริ่มทำการส่งสัญญาณ ก็จะเริ่มการทำงานของไมโครเบอร์ไปด้วย



รูปที่ 3.5 ภาคส่งอัลตราโซนิก

3.5.2 ภาครับ

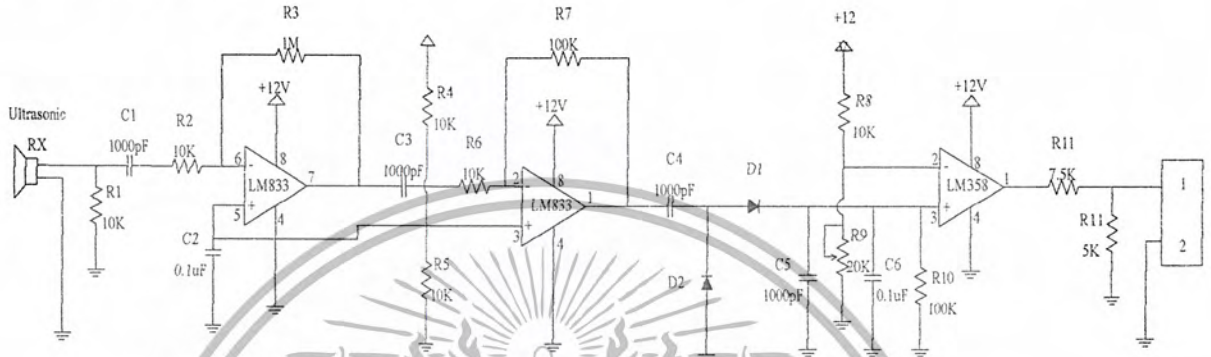
เมื่อสัญญาณจากภาคส่ง ได้ถูกส่งออกไป กระแทกกับสรีระของ ผู้ที่จะทำการวัดแล้วสะท้อนกลับมา ยัง ตัวรับสัญญาณอัลตราโซนิก

สัญญาณที่รับ ได้มาจากตัวรับอัลตราโซนิกจะมีระดับของสัญญาณที่ต่ำมากเราจึงต้องทำการขยายให้สัญญาณมีขนาดประมาณ 0-5 โวลท์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้แยกความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างของสัญญาณได้ เมื่อทำการขยายสัญญาณแล้ว ก็จะทำการกำจัดสัญญาณ 40kHz ออก โดยการใช้ไดโอด 1N4148 แล้วจึงมาเข้าวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันของสัญญาณ เพื่อให้สัญญาณที่ได้ เป็นพัลส์อีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการหยุดไทม์เมอร์แล้วนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณ ระยะทาง

จากนั้นนำมาลบด้วย 2 เมตรก็จะ ได้ความสูงที่ต้องการเพื่อไปแสดงผลที่หน้าจอการแสดงผลเจ็ดส่วน(7segment)



รูปที่ 3.6 ภาครับอัลตราโซนิก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณความสูง



รูปที่ 3.7 การคำนวณความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ภาคแสดงการคำนวณค่าดัชนีมวลของร่างกาย

หลังจากเราได้ค่าของน้ำหนักและส่วนสูงแล้วก็สามารถที่จะนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีมวลรวมของร่างกายได้ โดยใช้โปรแกรมจากคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะให้เราได้ทราบถึงความสมดุลของร่างกายว่าสมดุลเพียงใด อ้วนไปหรือผอมไป โดยเรามีสูตรการคำนวณค่าดัชนีมวลรวมของร่างกาย ดังนี้

$$\text{BMI} = \frac{\text{WEIGHT(kg)}}{\text{HEIGHT(m)}^2}$$

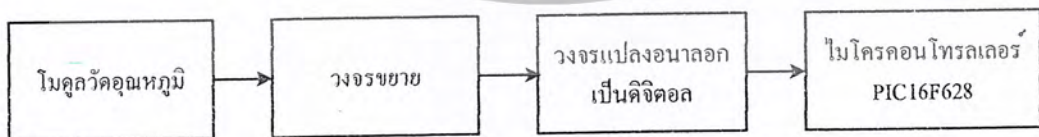
ผลจากการแสดงค่า BMI สรุปผล ได้ดังนี้

- 0 > BMI > 17.9 แสดงว่าร่างกายคุณผอมเกินไป น้ำหนักน้อยเกินไป
- 18 > BMI > 24.9 แสดงว่าร่างกายคุณสมดุลปกติ
- 25 > BMI > 29.9 แสดงว่าร่างกายคุณเริ่มน้ำหนักมากขึ้น
- 30 > BMI แสดงว่าร่างกายคุณน้ำหนักมากเกินไป

ค่า BMI ที่ได้จะถูกคำนวณโดยโปรแกรมจาก คอนโทรลเลอร์ หลังจากคำนวณแล้วก็นำมาแสดงผลออกทางภาคแสดงผลต่อไป

3.7 ส่วนเครื่องวัดอุณหภูมิ

เซ็นเซอร์ที่เราใช้ในการวัดอุณหภูมิคือ ไพโรมิเตอร์ ซึ่งเราจะเอาแรงดันที่เอาที่พูดของโมดูลเครื่องวัดอุณหภูมิมาทำการขยายด้วยวงจรขยายแบบเดียวกับเครื่องชั่งน้ำหนักและทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลและนำสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 และนำผลออกจอแสดงผล

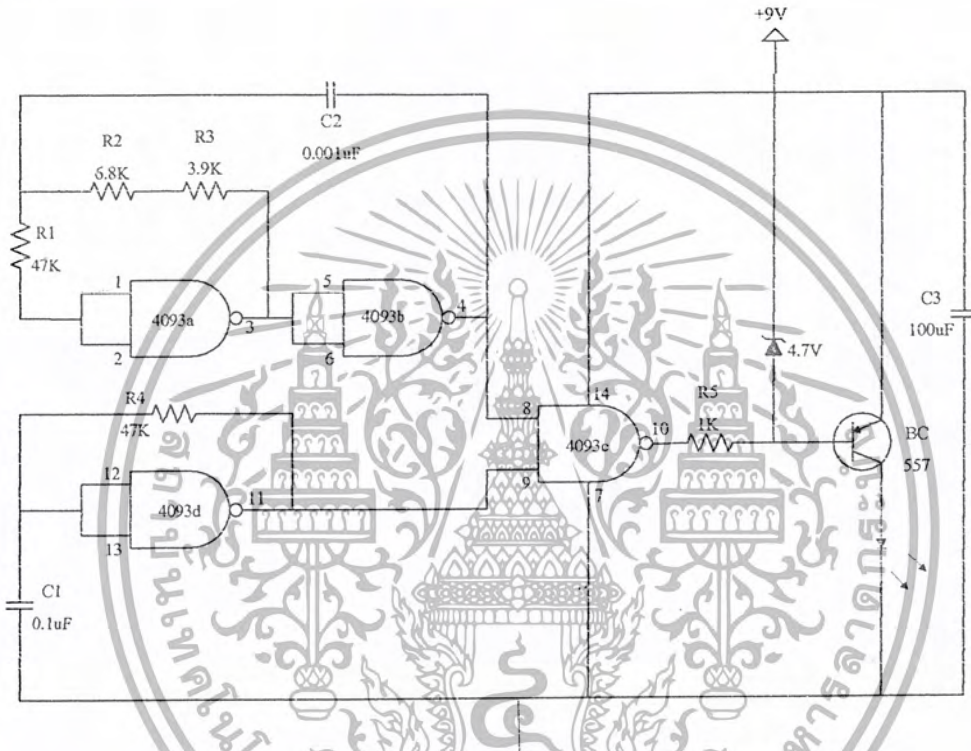


รูปที่ 3.8 โครงสร้างการทำงานตัววัดอุณหภูมิ

3.8 ตัวหยุดมอเตอร์ที่ใช้เลื่อนเครื่องวัดอุณหภูมิ

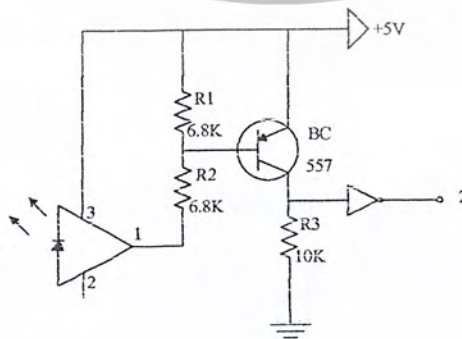
ตัวหยุดมอเตอร์ที่ใช้เลื่อนตัววัดอุณหภูมิโดยใช้ระบบแสงอินฟราเรด จากรูปที่ 3.3 เป็นวงจรในภาคส่งใช้ไดโอดเปล่งแสงย่านความถี่อินฟราเรด IRLED (Infrared Light Emitting Diode) โดยมันโดยมันจะเปล่งแสงออกมาในย่านความถี่ที่คนเรามองไม่เห็น วงจรในภาคส่งจะทำงานเมื่อ IRLED ได้รับ โบ้ตรง เมื่อมีวัตถุผ่านเข้ามาสะท้อนกลับมายังตัวรับ อินฟราเรดของวงจรภาครับ (รูปที่ 3.4) วงจรก็จะส่งสัญญาณไปตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทันที

ภาคส่ง



รูปที่ 3.9 ภาคส่งของวงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรด

ภาครับ

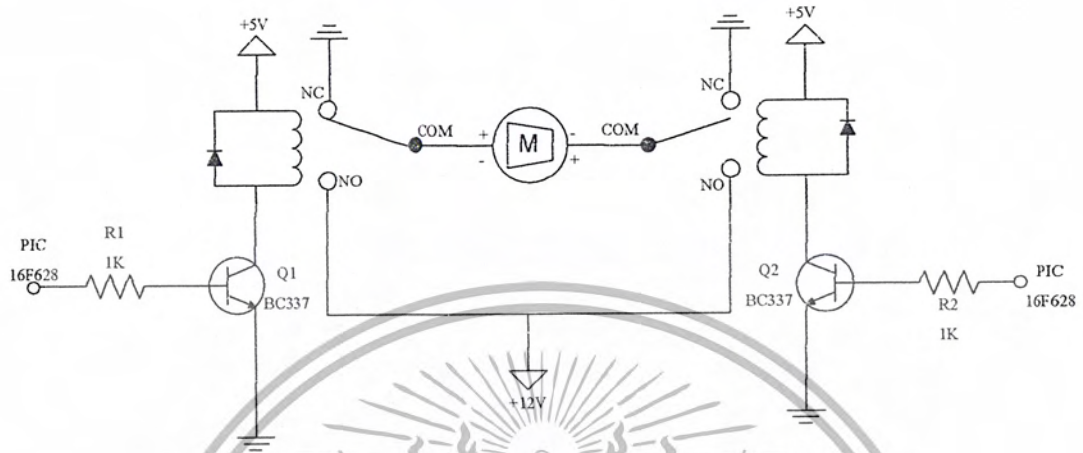


รูปที่ 3.10 ภาครับของวงจรเซ็นเซอร์อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 วงจรขับมอเตอร์

มอเตอร์ที่เราใช้ในโครงการนี้เป็นมอเตอร์คืซี ซึ่งเราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมทิศทางและความเร็วในการหมุน

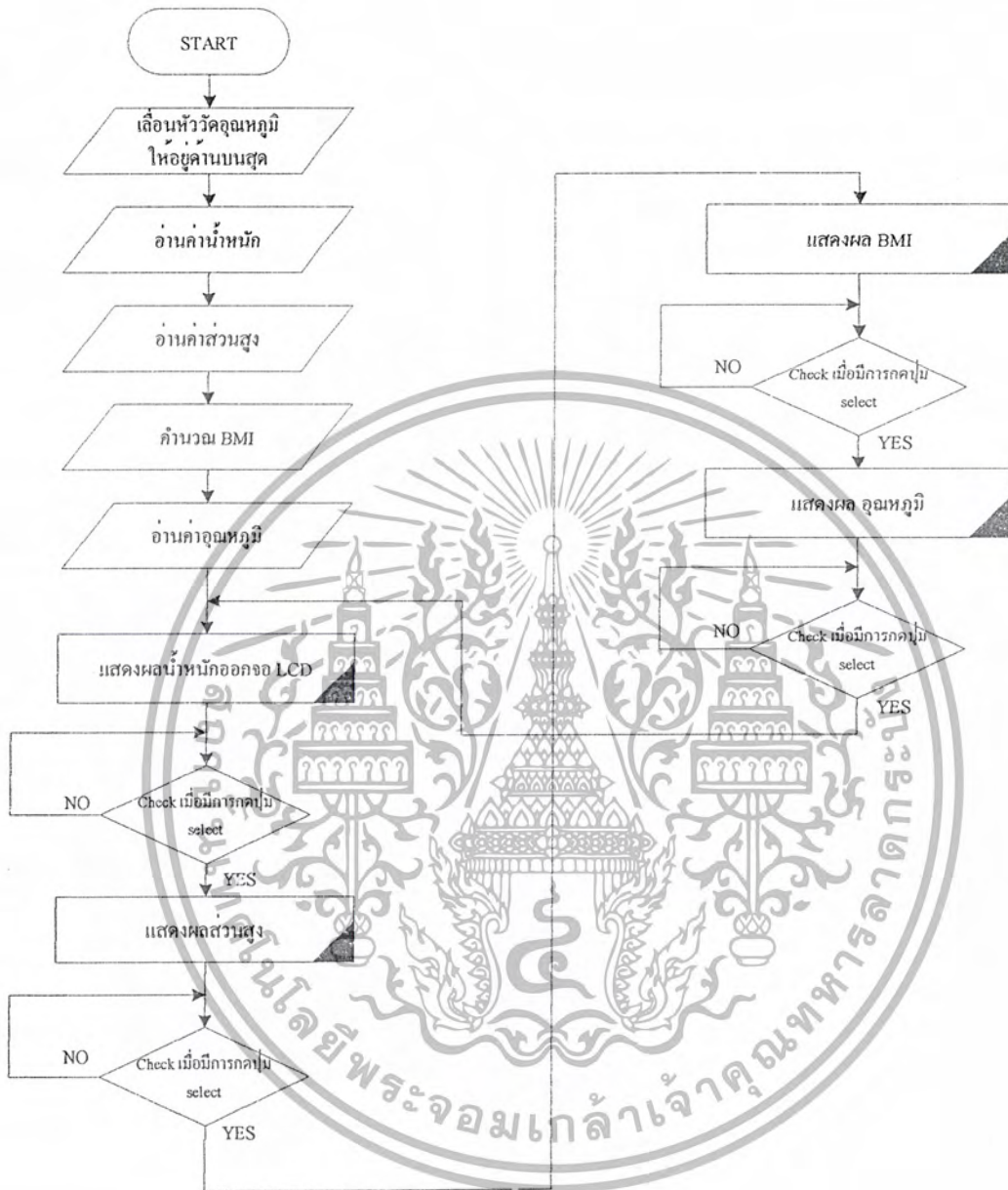


รูปที่ 3.11 วงจรขับมอเตอร์



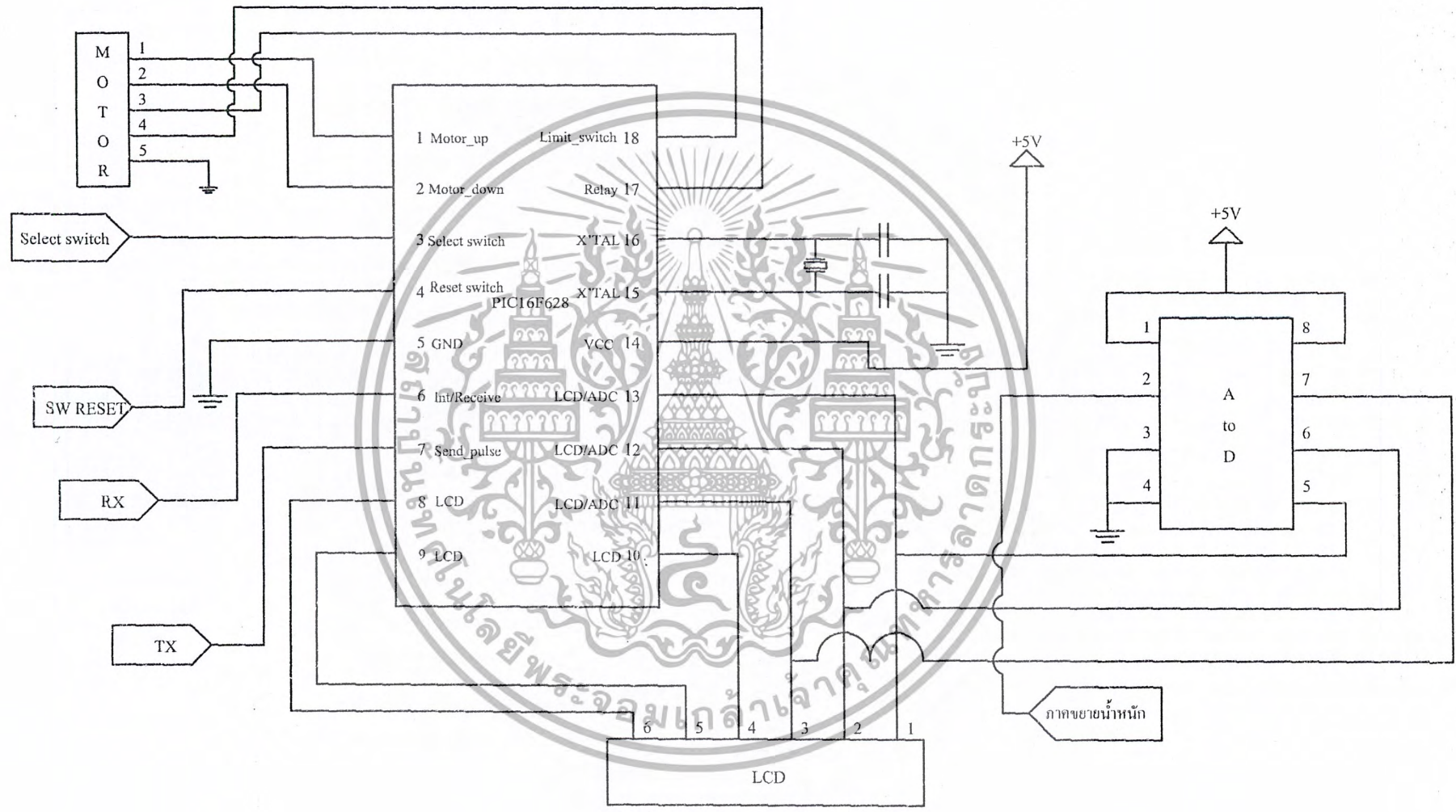
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart ของการทำงาน โปรแกรมหลัก



รูปที่ 3.12 แสดง Flowchart การทำงาน โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 โครงสร้างโดยรวมของการทำงาน

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก

จะใช้น้ำหนักมาตรฐานในการทดสอบ โดยทดลองวัดแรงดันก่อนเข้าวงจรแปลงสัญญาณ อนุบาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อแสดงให้เห็นว่าวงจรทำงานได้ปกติ และมีลักษณะตรงตามทีออกแบบไว้ จากนั้นจะเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวัดกับค่าน้ำหนักมาตรฐานเพื่อตรวจความคลาดเคลื่อนตลอดย่านของการใช้งาน

4.1.1 แรงดันเอาต์พุตที่โพลีเซลล์ , เอาต์พุตที่อินเวอร์ตติ้งแอมป์ และน้ำหนักจากจอแสดงผล เมื่อทดลองชั่งน้ำหนักค่าต่างๆ

น้ำหนักที่ ทดลองชั่ง (kg)	แรงดันเอาต์พุต โพลีเซลล์ (mV)	แรงดันเอาต์พุต วงจรอินเวอร์ตติ้ง แอมป์ (V)	น้ำหนักจาก Display
0	0.00	0.000	0.00
1	0.11	0.031	1.00
2	0.19	0.057	2.00
3	0.31	0.101	3.00
4	0.40	0.140	4.00
5	0.49	0.154	5.00
6	0.58	0.184	6.00
7	0.70	0.233	7.00
8	0.81	0.275	8.00
9	0.92	0.311	9.00
10	1.00	0.332	10.00
15	1.53	0.498	15.01
20	2.10	0.664	20.03
30	3.12	0.997	30.05

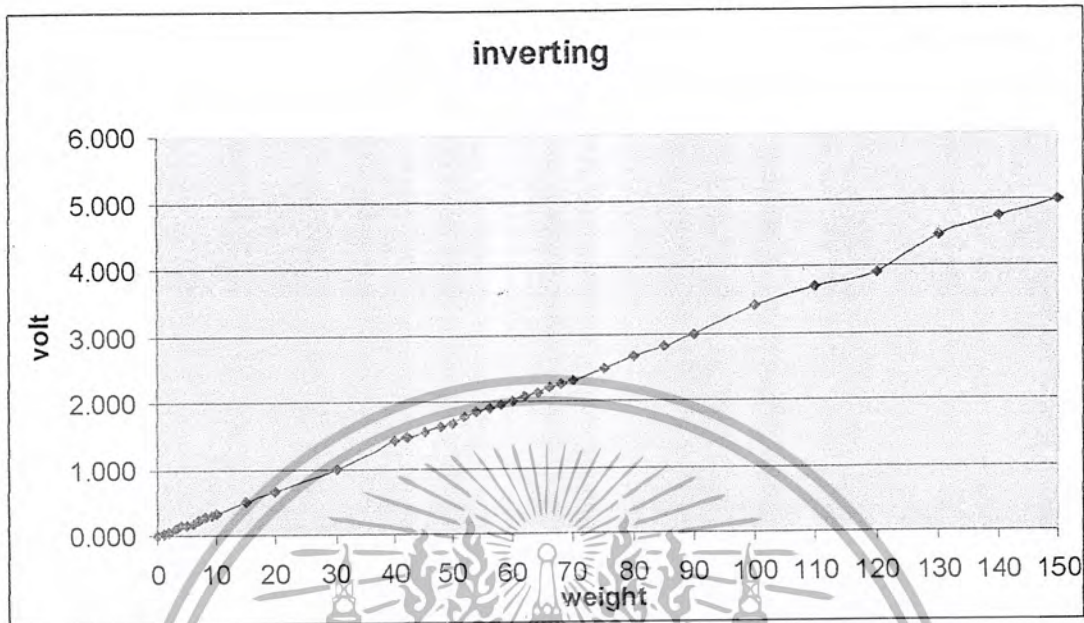
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40	4.15	1.410	40.00
42	4.23	1.460	42.00
45	4.52	1.535	45.00
48	4.78	1.609	48.01
50	5.02	1.659	50.00
52	5.22	1.777	52.00
54	5.43	1.840	54.02
56	5.63	1.897	56.00
58	5.84	1.953	58.01
60	6.04	2.010	60.02
62	6.26	2.070	62.00
64	6.41	2.130	64.01
66	6.63	2.190	66.02
68	6.82	2.250	68.00
70	7.13	2.310	70.01
75	7.58	2.482	75.03
80	8.03	2.654	80.00
85	8.59	2.821	85.01
90	9.14	2.987	90.03
100	10.10	3.425	100.00
110	11.10	3.705	110.02
120	12.04	3.897	120.04
130	13.15	4.452	130.00
140	14.03	4.723	140.02
150	14.89	4.993	150.00

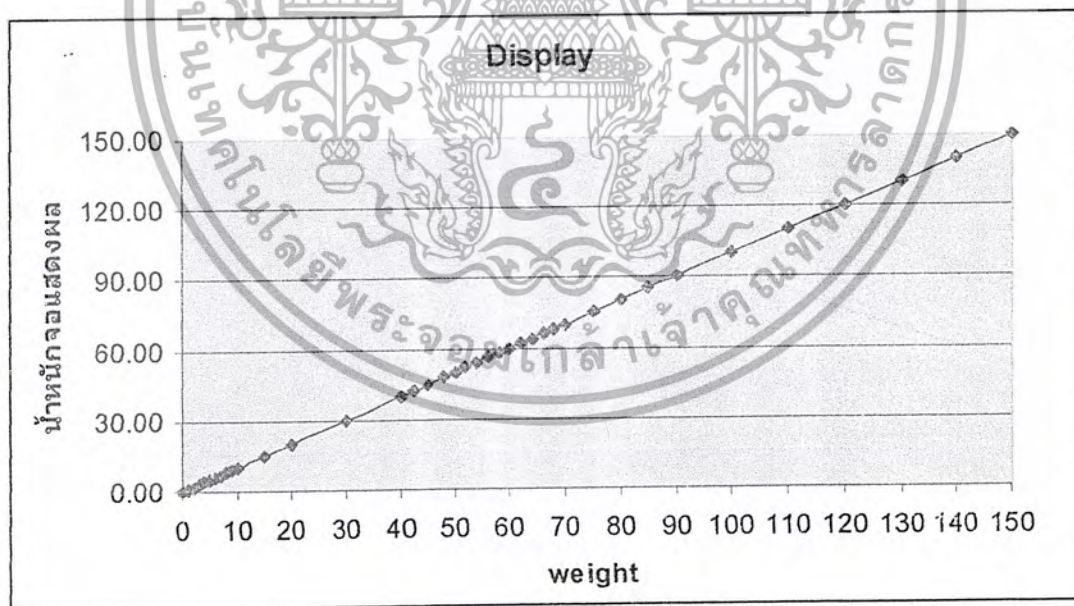
ตารางที่ 4.1 แสดงแรงดันที่ได้จากโพลลเซดต์, ภาคอินเวอร์ตติ้ง และ น้ำหนักที่ได้จาก

จอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาพุท Inv Amp กับ น้ำหนักจริง



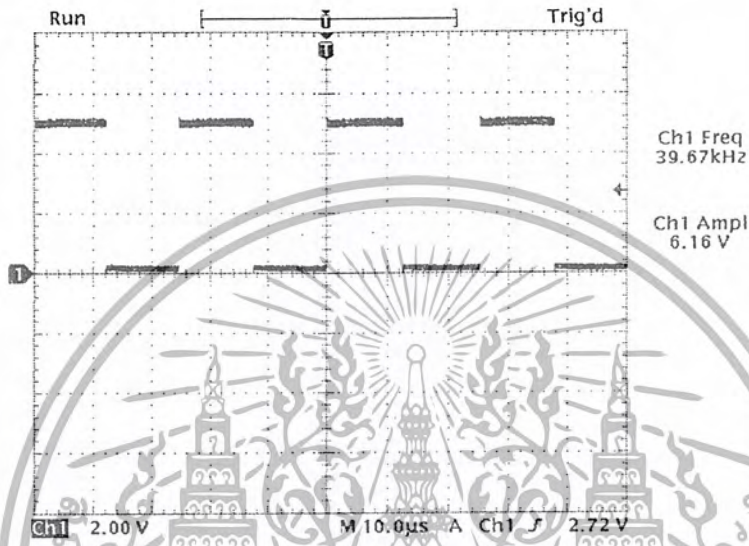
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่จอแสดงผล กับ น้ำหนักจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เครื่องวัดส่วนสูง

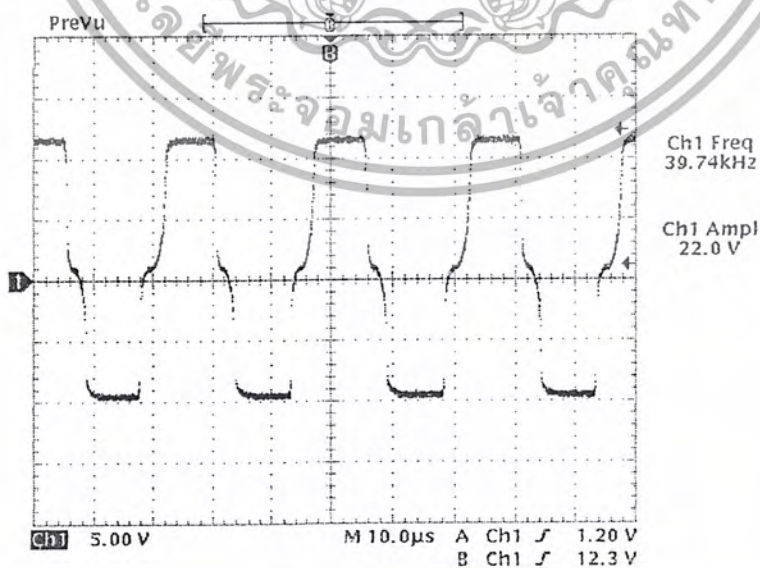
ในส่วนเครื่องวัดส่วนสูงการทดลองที่ได้จะอยู่ในส่วนของ input ที่เข้าหัววัดอัลตราโซนิก และ output ของหัวรับอัลตราโซนิก

4.2.1 รูปคลื่น ความถี่ และขนาดจากวงจรกำเนิดความถี่ 40 kHz



รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรกำเนิดความถี่ 40 kHz

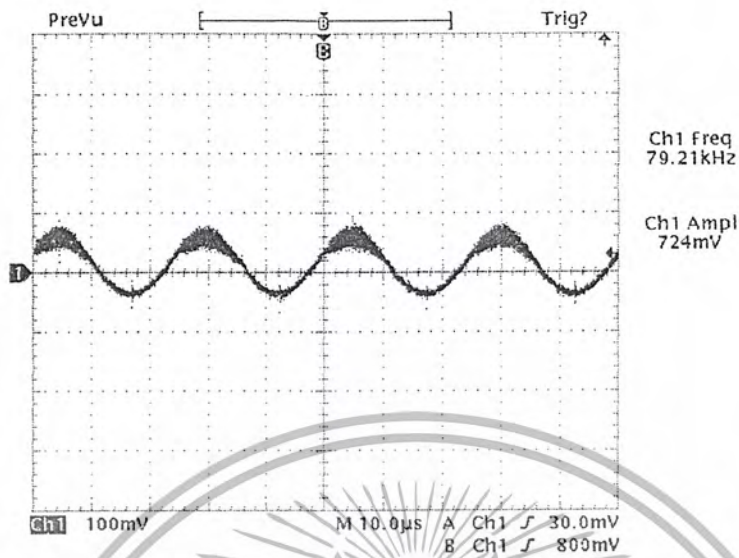
4.2.2 รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อวัดคร่อมหัวส่งอัลตราโซนิก (TX)



รูปที่ 4.4 สัญญาณเมื่อผ่านวงจรไดรฟ์

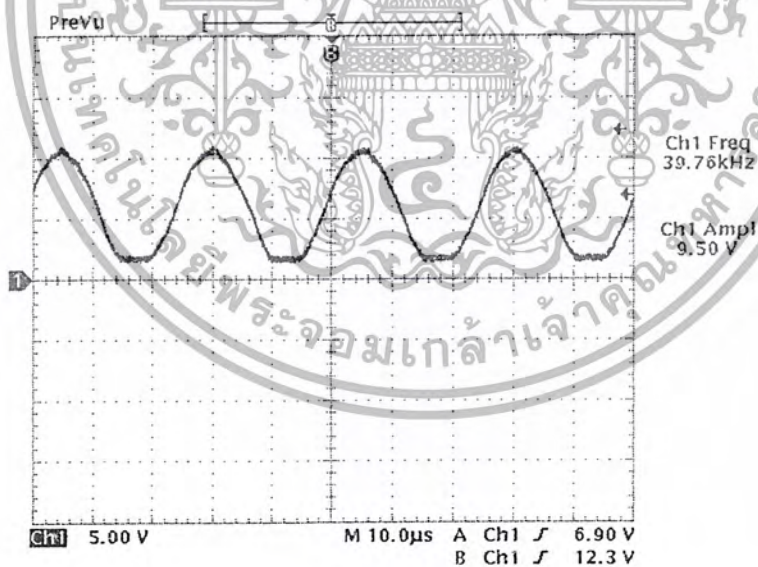
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อวัดพร้อมหัวรับอัลตราโซนิก (RX)



รูปที่ 4.5 สัญญาณที่ตัวรับอัลตราโซนิก (RX)

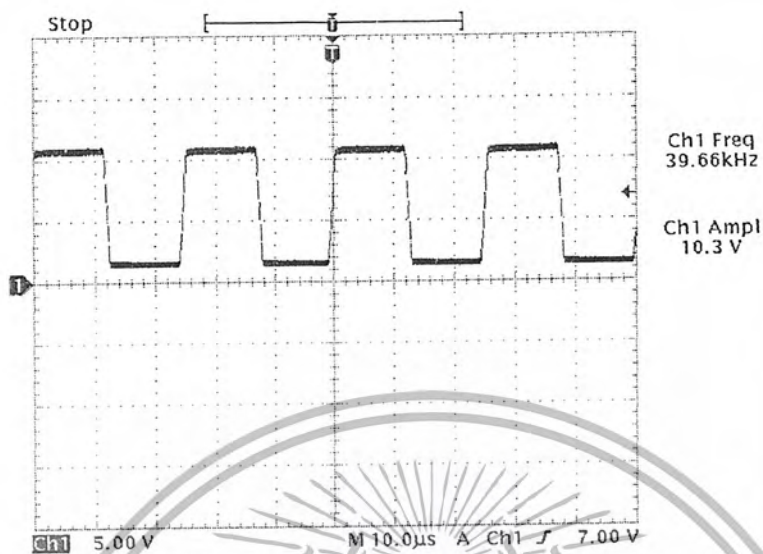
4.2.4 รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อผ่านภาควัสดุที่ 1



รูปที่ 4.6 สัญญาณเมื่อผ่านภาควัสดุที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 รูปคลื่น ความถี่ และขนาดเมื่อผ่านภาคขยายภาคที่ 2



รูปที่ 4.7 สัญญาณเมื่อผ่านภาคขยายภาคที่ 2

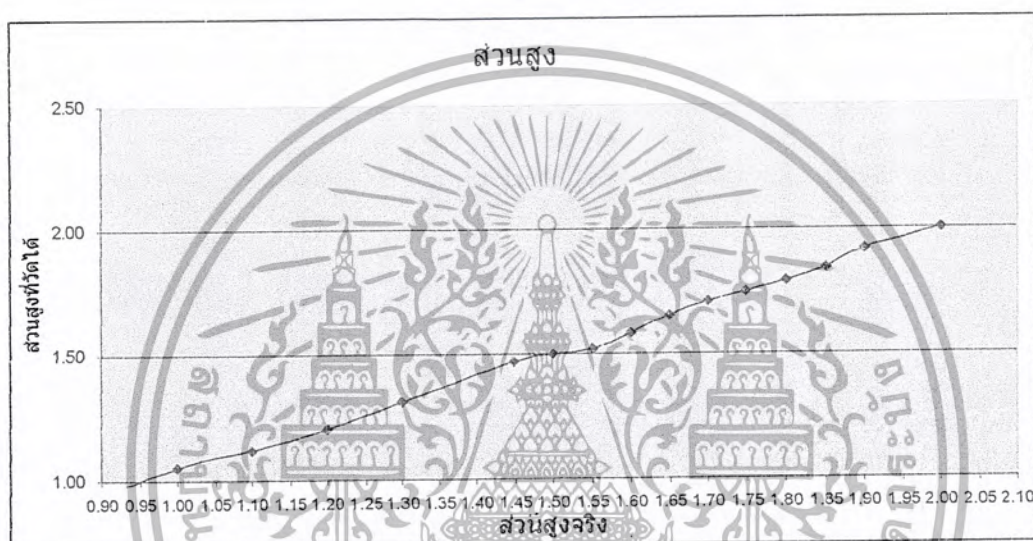
ตารางที่ 4.2 แสดงผลของเครื่องวัดส่วนสูง

ส่วนสูงจริง(เมตร)	ส่วนสูงที่วัดได้(เมตร)	ค่าผิดพลาด(%)
0	0	0
1.00	1.05	5.00
1.10	1.12	1.82
1.20	1.20	0.00
1.30	1.31	0.77
1.45	1.47	1.38
1.50	1.50	0.00
1.55	1.52	1.94
1.60	1.58	1.25
1.65	1.65	0.00
1.70	1.71	0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.75	1.75	0.00
1.80	1.79	0.56
1.85	1.84	0.54
1.90	1.92	1.05
2.00	2.00	0.00

ค่าผิดพลาด = 0.93 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงเครื่องวัดส่วนสูง

4.3 แสดงค่าดัชนีมวลรวมของร่างกาย

เราจะนำเอาน้ำหนักที่วัดได้จากข้อที่ 4.1 และค่าส่วนสูงจากข้อที่ 4.2 มาแทนค่าลงในสูตรและแสดงผลในจอแสดงผล

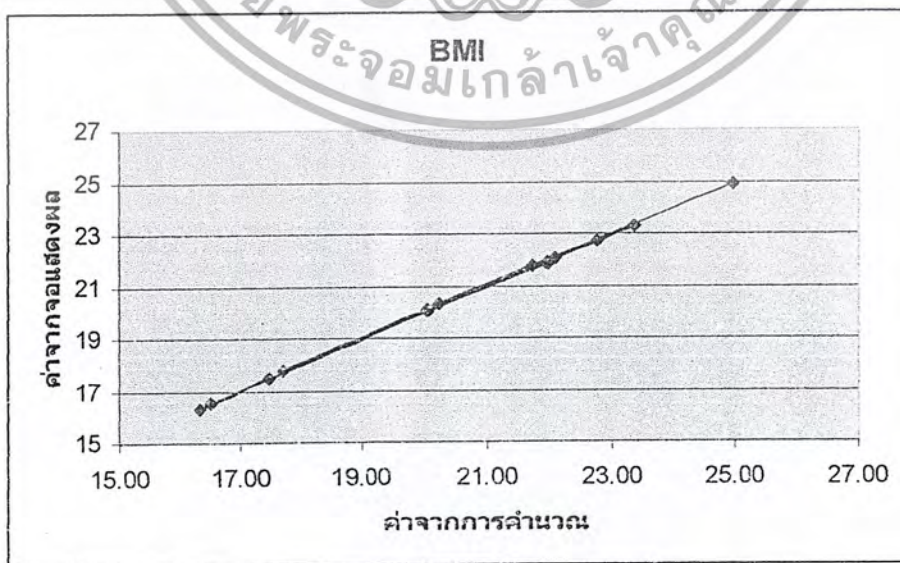
$$BMI = \frac{\text{weight (kg)}}{\text{height (m)}^2} \quad \text{สมการที่ (1)}$$

ซึ่งจากค่าที่คำนวณแล้วมีค่าผิดพลาด = 0.22 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าดัชนีมวลรวมของร่างกาย (BMI)

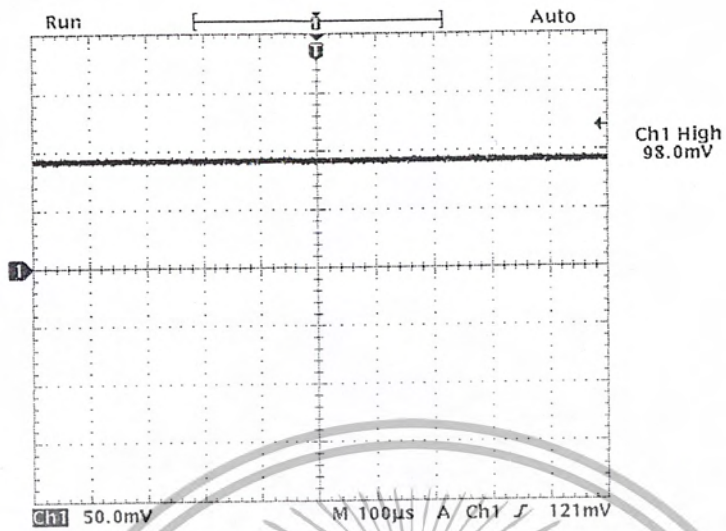
น้ำหนัก (Kg) จากตารางที่ 4.1	ส่วนสูง (M) จากตารางที่ 4.2	ค่า BMI จาก สูตรที่ (1)	ค่า BMI จาก จอแสดงผล	ค่าผิดพลาด (%)
42	1.55	17.48	17.45	0.18
45	1.65	16.53	16.56	0.19
54	1.54	22.77	22.74	0.13
50	1.68	17.72	17.75	0.20
58	1.7	20.07	20.09	0.10
62	1.68	21.97	21.85	0.53
70	1.78	22.09	22.05	0.20
60	1.73	20.05	20.01	0.19
50	1.75	16.33	16.31	0.10
65	1.72	21.97	21.91	0.28
70	1.73	23.39	23.32	0.29
65	1.73	21.72	21.78	0.29
48	1.54	20.24	20.28	0.20
80	1.79	24.97	24.91	0.23



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า BMI ที่คำนวณกับที่จอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.10 สัญญาณที่หัววัดอุณหภูมิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

ในปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้ ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัสโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปพัฒนาใช้ในโรงพยาบาล เป็นเครื่องเก็บข้อมูลพื้นฐานก่อนเข้าไปพบแพทย์

5.1 สรุป

การวัดน้ำหนักใช้เทคโนโลยีความเครียดแบบบริดจ์เป็นเซนเซอร์และใช้อัลตราโซนิกในการวัดความสูงและใช้ไพโรมิเตอร์ในการวัดอุณหภูมิ การออกแบบสร้างเริ่มจากการกำหนดลักษณะเฉพาะของเครื่องชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูงและวัดอุณหภูมิ ศึกษาและเลือกใช้อุปกรณ์มาใช้ ทดลองสร้างและทดสอบจนได้เครื่องชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูงและวัดอุณหภูมิ แสดงผลดิจิทัล ที่มีลักษณะเฉพาะดังนี้

5.1.1 ส่วนชั่งน้ำหนัก

- ❖ ใช้เทคโนโลยีความเครียดแบบบริดจ์เป็นเซนเซอร์ มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาขยายสัญญาณก่อนแปลงเป็นดิจิทัล เลขฐานสอง และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 จำนวนและแปลงเป็นเลขฐานสิบซึ่งเป็นค่าน้ำหนักจริง แสดงผลบนจอ LCD
- ❖ สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 149.99 กิโลกรัม และมีความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5.1.2 ส่วนวัดความสูง

- ❖ ใช้วัดเวลาในการรับส่ง คลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40 kHz จากหัวส่ง ไปยังวัตถุและใช้เวลาที่สะท้อนกลับไปยังหัวรับแปลงกลับเป็นระยะทาง
- ❖ สามารถวัดความสูงได้ 1.00-2.00 เมตร

5.1.3 ส่วนคำนวณดัชนีมวลรวมของร่างกาย

- ❖ เราจะนำเอาค่าน้ำหนักและส่วนสูงที่วัดได้จากข้อ 1 และ ข้อ 2 มาคำนวณตามสูตรโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

5.1.4 ส่วนการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ❖ ใช้ไฟโรมิเตอร์ในการวัดค่าอุณหภูมิ โดยนำสัญญาณที่วัดได้มาเข้าวงจรขยายและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 คำนวณนำค่าออกที่จอ LCD
- ❖ อุณหภูมิที่วัดได้ 35 – 45 องศาเซลเซียส

5.2 วิจัยรณ

5.2.1 การวัดนำหน้า

- ❖ จะเกิดปัญหาที่ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเนื่องจากตัวอุปกรณ์ที่ใช้นั้นมี ความประะบางเกิดการเสียหาย

5.2.2 การวัดส่วนสูง

- ❖ เกิดปัญหาที่ตัวอัตร้าไซนิกไม่ความเสถียรเกิดการรบกวนได้ง่ายทำให้ค่าที่ออกมาเกิด ความคลาดเคลื่อนได้ง่าย

5.2.3 การวัดอุณหภูมิ

- ❖ เนื่องจากเซนเซอร์ที่เราใช้นั้นเป็นอุปกรณ์ที่เป็น โมดูล ทำให้เก้ไขลิ่งที่ผิดพลาดได้ยาก



- ❖ ใช้ไฟโรมิเตอร์ในการวัดค่าอุณหภูมิ โดยนำสัญญาณที่วัดได้มาเข้าวงจรขยายและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 คำนวณนำค่าออกที่จอ LCD
- ❖ อุณหภูมิที่วัดได้ 35 – 45 องศาเซลเซียส

5.2 วิจารณ์

5.2.1 การวัดน้ำหนัก

- ❖ จะเกิดปัญหาที่ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเนื่องจากตัวอุปกรณ์ที่ใช้นั้นมี ความแปรปรวนเกิดการเสียหายง่าย

5.2.2 การวัดส่วนสูง

- ❖ เกิดปัญหาที่ตัวอัตร้าโซนิกไม่ความเสถียรเกิดการรบกวนได้ง่ายทำให้ค่าที่ออกมาเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย

5.2.3 การวัดอุณหภูมิ

- ❖ เนื่องจากเซนเซอร์ที่เราใช้นั้นเป็นอุปกรณ์ที่เป็น โมดูล ทำให้แก้ไขสิ่งที่ผิดพลาดได้ยาก



บรรณานุกรม

1. ไพรัตน์ นิลดวง และมยุรา รักษาอินทร์ เครื่องซังนำหนักและวัดส่วนสูงแสดงผลดิจิทัล
ปริญญาโทสาขาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพ 2545
2. ณีฐพล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล เรียนรู้และปฏิบัติการไมโคร
คอนโทรลเลอร์ PIC16F628 อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมน กรุงเทพ พ.ศ.2542
3. ทะนง โชติสรยุทธ์ เทคนิคการใช้งานอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ เซมิคอนดักเตอร์
อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 96 หน้า 58 พ.ศ. 2533
4. เปรมจิต วิสุทธีศรี LCD สถาปัตยกรรมจอแสดงผล เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 98
ก.พ. - มี.ค. หน้า 272 พ.ศ. 2533





ภาคผนวก

วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือใช้งาน

ฟังก์ชันการทำงาน

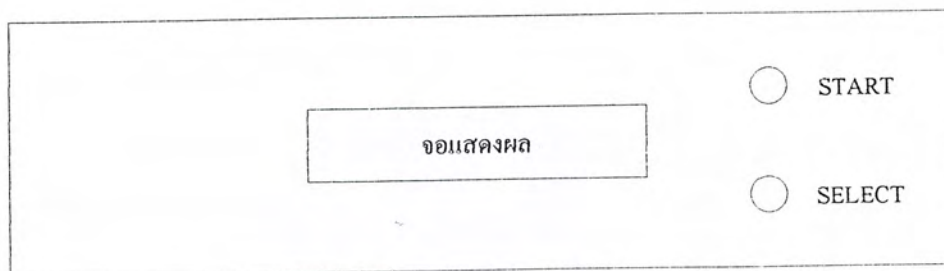
- ปุ่มเปิด/ปิด อยู่ด้านข้างเครื่อง ใช้เมื่อต้องการใช้งาน
- ปุ่มSTART เมื่อผู้วัดต้องการเริ่มการวัดหลังจากกดปุ่มเปิด/ปิด แล้ว อยู่ด้านบนของจอแสดงผล
- ปุ่มSELECCT กดเพื่อเลือกฟังก์ชันการทำงานที่ต้องการซึ่งนำหน้า วัดส่วนสูง หรือ วัดอุณหภูมิ

การใช้งานของระบบวัดน้ำหนัก ส่วนสูง และอุณหภูมิร่างกายโดยไม่สัมผัส

ขั้นตอนที่ 1 เปิดสวิตช์ตรงข้าง ๆ ตัวเครื่อง และขึ้น ไปยืนบนตัวเครื่องเพื่อรอการวัด



ขั้นตอนที่ 2 กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 กดปุ่ม Select เพื่อเลือกวัดข้อมูลที่ต้องการวัด
กดครั้งที่ 1 เลือกวัดน้ำหนัก
กดครั้งที่ 2 เลือกวัดส่วนสูง
กดครั้งที่ 3 นำส่วนสูงกับน้ำหนักมาคิดค่า BMI
กดครั้งที่ 4 เลือกวัดอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 4 ข้อมูลที่เราเลือกวัดจะปรากฏที่จอแสดงผล

ข้อควรระวัง ควรติดตั้งเครื่องไว้บนที่เรียบเพื่อความแม่นยำของน้ำหนัก และส่วนสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
PROJECT
*****

```

```

list                p=16f628                ; list directive to define processor
#include             <p16f628.inc>           ; processor specific variable
definitions
    errorlevel      0,-302,-305
    _CONFIG         0x3F61
    CBLOCK          0x20

```

- DIV_L
- DIV_H
- DIV_S
- NDIV_L
- NDIV_H
- NDIV_S
- TEMP_L
- TEMP_H
- TEMP_S
- temp1
- temp2
- A_DIV_L
- A_DIV_H
- A_DIV_S
- A_DOT1
- A_DOT2
- A_DOT3
- CHECKZ
- DOT
- ADDR
- A_ADC_L
- A_ADC_H
- A_High1
- A_High2
- A_High3
- ACCaLO
- ACCaHI
- ACCbLO
- ACCbHI
- ACCcLO
- ACCcHI
- ACCdLO
- ACCdHI
- BITS
- COUNT
- COUNT1
- COUNT2
- DUMMY1
- DUMMY2
- DAT
- H_max0
- H_max1
- H_max2
- sign
- temp
- H_byte
- L_byte
- H1_byte
- L1_byte



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

H2_byte
L2_byte
W_BMI_L
W_BMI_H
H_BMI
R0
R1
R2
R3
R4
W1
W2
W3
W4
W5
H1
H2
H3
B1
B2
B3
B4
H_temp
L_temp

```

```
ENDC
```

```
TRUE equ 1
FALSE equ 0
```

```

#define E PORTB,2 ; LCD
#define RS PORTB,3 ; LCD
#define CS PORTB,5 ; ADC
#define DCLK PORTB,6 ; ADC
#define D_IN PORTB,7 ; ADC
#define CARRY STATUS,0
#define ZERO STATUS,2

#define LIMIT_SW PORTA,1 ; PIN 18
#define MOTER_UP PORTA,2 ; PIN 1
#define MOTER_DW PORTA,3 ; PIN 2
#define SELECT PORTA,0 ; PIN 17 ("1" == Temperature, "0" = Weight)

```

```
ORG 0x000
goto main
```

```
ORG 0x004
```

```

Int_serv      BCF      INTCON,INTF
              BCF      TICON,TMR1ON      ; Stop Timer
              BSF      TEMP_L,0          ; บอกว่าเกิดการอินเตอร์

รับแล้ว
              BCF      INTCON,INTE
              BCF      INTCON,GIE

```

```
RETFIE
```

```
*****
```

```
;TABLE For DISPLAY
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;+++++
;      Input text for Display      Weight
;+++++
Table_1W      addwf  PCL,F          ; Set message table
              dt      "< Your Weight >"
Table_2W      addwf  PCL,F
              dt      "Kilogram"

;+++++
;      Input text for Display      Height
;+++++
Table_1H      addwf  PCL,F          ; Set message table
              dt      "< Your Height >"
Table_2H      addwf  PCL,F
              dt      " Meter "

;+++++
;      Input text for Display      BMI
;+++++
Table_1B      addwf  PCL,F          ; Set message table
              dt      "Body Mass Index "

;
;                                     End Of TABLE
;*****
;*****
;*****
;***
;
;
main
    movlw    7
    movwf   CMCON
    banksel TRISA
    bsf     TRISA,4
    bsf     TRISA,1
    bcf     TRISA,0
    bcf     TRISA,2
    bcf     TRISA,3

    banksel PORTA
    bcf     MOTER_UP
    bcf     MOTER_DW
    bcf     SELECT

    btfsc   LIMIT_SW
    bsf     MOTER_UP
    btfsc   LIMIT_SW
    goto   $-1
    call   DELAY
    btfsc   LIMIT_SW
    goto   $-4

    bcf     MOTER_UP

    bsf     SELECT
    call   DELAY
    call   read_adc

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

movf  A_ADC_L,W
movwf temp2
movf  A_ADC_H,W
movwf temp1

call          DELAY
call          DELAY

bcf          SELECT

```

```

start  call  WEIGHT          ; ส่วนแรกๆของโปรแกรมย่อย "น้ำหนัก" เป็นการอ่านข้อมูล
       call  HEIGHT        ; ส่วนแรกๆของโปรแกรมย่อย "ส่วนสูง" เป็นการอ่านข้อมูล
       call  BMI           ; ส่วนแรกๆของโปรแกรมย่อย "บีเอ็มไอ" เป็นการอ่านข้อมูล
       call  TEMP_C        ; ส่วนแรกๆของโปรแกรมย่อย "อุณหภูมิ" เป็นการอ่านข้อมูล
       call          Int_LCD

```

```

DSP_W call  D_weight        ; ส่วนที่สองของโปรแกรมย่อย "น้ำหนัก" เป็นการแสดงผล
       btfsc PORTA,4
       goto  $-1
       call          DELAY

```

```

DSP_H call  D_height        ; ส่วนที่สองของโปรแกรมย่อย "ส่วนสูง" เป็นการแสดงผล
       btfsc PORTA,4
       goto  $-1
       call          DELAY

```

```

DSP_B call  D_bmi          ; ส่วนที่สองของโปรแกรมย่อย "บีเอ็มไอ" เป็นการแสดงผล
       btfsc PORTA,4
       goto  $-1
       call          DELAY

```

```

DSP_T call  D_tempc        ; ส่วนที่สองของโปรแกรมย่อย "อุณหภูมิ" เป็นการแสดงผล
       btfsc PORTA,4
       goto  $-1
       call          DELAY
       goto  DSP_W

```

End Main program

```

;
;*****
;*****

```

```

;*****
;*****

```

Start Sub. Weight

```

WEIGHT
       bcf          SELECT
       call         read_adc

       movf         A_ADC_L,W
       movwf       ACCbLO
       movf         A_ADC_H,W

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

movwf ACCbHI
movlw 0x8F ; เอาค่าที่ได้จาก ADC ไปคูณเพื่อปรับค่าเป็น 0-150 KG
movwf ACCaHI
movlw 0x16
movwf ACCaLO
call D_mpyF

```

```

movf ACCbHI,W
movwf H2_byte
movf ACCbLO,W
movwf L2_byte
movf ACCcHI,W ; แปลงเป็น BCD และส่งค่าไป BMI
movwf H1_byte
movf ACCcLO,W
movwf L1_byte
call B2_BCD

```

```

call BCDtoB
movf H_byte,W
movwf W_BMI_H ; ส่งค่าขึ้นเป็น(hex) ไปคำนวณ BMI
movf L_byte,W
movwf W_BMI_L

```

```

movf R0,W
movwf W1
swapf R1,W
andlw 0x0F
movwf W2
movf R1,W ; ปรับค่าที่ละ ดิจิต เพื่อส่งไป แสดงผล
andlw 0x0F
movwf W3
swapf R2,W
andlw 0x0F
movwf W4
movf R2,W
andlw 0x0F
movwf W5

```

RETURN

```

; End Sub Weight
; *****
***

```

```

; *****
***

```

```

; Start Sub. Height

```

```

HEIGHT CLRF TEMP_L
BANKSEL TRISB
movlw b'00000001'
movwf TRISB
BSF OPTION_REG,INTEDG ; เลือกใช้ขอบขาของสัญญาณ ลง=0, up=1

```

```

BANKSEL PORTB
bcf PORTB,0
bsf PORTB,1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BCF          INTCON,INTF          ; เคลียร์ ฟล็ก RB0
BSF          INTCON,INTE         ; RB0 int_Enable
BSF          INTCON,GIE          ; All Enable

```

set_TMR1

```

clr         T1CON
clr         TMR1L
clr         TMR1H

movlw      .2
movwf     COUNT2
bsf       T1CON,TMR1ON      ; Start Time

```

loopp BSF

PORTB,1

```

NOP
NOP
NOP
CALL      DELAY_s          ; Loop Pulse 40k Hz
BCF      PORTB,1
CALL      DELAY_s
BTFS     TEMP_L,0
GOTO     loopp

```

; Load Time to ACCb

```

MOVF     TMR1L,W
MOVWF    ACCbLO
MOVF     TMR1H,W
MOVWF    ACCbHI

```

ACCb,ACCc (32bit)

```

MOVLW    0xAD
MOVWF    ACCaLO
CLRF     ACCaHI
call     D_mpyF          ; resule
call     Sub32
movf     A_High1,W
movwf    L1_byte
movf     A_High2,W
movwf    H1_byte
movf     A_High3,W
movwf    L2_byte
clr      H2_byte
call     B2_BCD

```

```

clr      R0
call     BCDtoB          ; ส่งค่าส่วนสูง(hex) ไปคำนวณ BMI

```

```

movf     L_byte,W
addlw   .14
movwf    H_BMI

```

```

movf     R1,W
movwf    H1
swapf   R2,W
andlw   0x0F
addlw   .1
movwf    H2
movf     R2,W

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

andlw      0x0F
addlw      .4
movwf     H3

```

RETURN

```

;                               End Sub.      Height
;*****
***

```

```

;*****
***

```

```

;                               Start      Sub.      BMI

```

```

BMI      clrf          ACCaHI
         clrf          ACCaLO
         clrf          ACCbHI
         clrf          ACCbLO
         movf         H_BMI,W
         movwf        ACCaLO
         movwf        ACCbLO
         call         D_mpyF ; เก็บไว้ใน ACCcHI,ACCcLO

```

```

         movf         ACCcLO,W
         movwf        NDIV_L
         movf         ACCcHI,W
         movwf        NDIV_H
         clrf         NDIV_S

```

```

         movlw        0x64
         movwf        ACCaLO
         clrf         ACCaHI
         movf         W_BMI_L,W
         movwf        ACCbLO
         movf         W_BMI_H,W
         movwf        ACCbHI
         call         D_mpyF

```

```

         movf         ACCcLO,W
         movwf        DIV_E
         movf         ACCcHI,W
         movwf        DIV_H
         movf         ACCbLO,W
         movwf        DIV_S
         call         DIV

```

```

         movf         A_DIV_H,W
         movwf        B1
         movf         A_DIV_L,W
         movwf        B2
         movf         A_DOT1,W
         movwf        B3
         movf         A_DOT2,W
         movwf        B4

```

return

```

;                               End      Sub.      BMI
;*****
****

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****
****
;           Start   Sub.   Temperature

```

```
TEMP_C
```

```

banksel      TRISB
bsf          TRISB,1
banksel      PORTB

movlw       .6
subwf       H2,W
btfss      STATUS,Z
goto       $+9
movlw       .7
subwf       H2,W
btfss      STATUS,Z
goto       $+8
movlw       .5
subwf       H2,W
btfss      STATUS,Z
goto       $+9
movlw       .3
movwf      COUNT
goto       $+7
movlw       .15
movwf     COUNT
goto       $+4
movlw       .25
movwf     COUNT
goto       $+1

bsf          MOTER_DW
bsf          PORTB,1
btfsc      PORTB,1
goto       $-1
call       DELAY
decfsz     COUNT
goto       $-4

bcf          MOTER_DW

bsf          SELECT
call       DELAY
call       read_adc

movf       A_ADC_L,W
movwf     TEMP_L
movf       A_ADC_H,W
movwf     TEMP_H

call      DELAY
call      DELAY

bcf          SELECT
banksel     TRISB

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bcf

TRISB,1

return

```

;                               End Sub. Temperature
;*****
***

```

```

;*****
***
;                               Start D_weight

```

D_weight

```

;*****
;                               Send Text From Table To LCD Module
;*****
Start1W    call    Init_LCD      ; Initial LCD
           movlw  0x82
           movwf  ADDR          ; Defind aaddress for sending command to LCD
           call   Set_Addr
           clrf   COUNT         ; Get text from table
Send_Loop1W
           movf   COUNT,W       ; Begin with counter = 0
           call   Table_1W      ; Income data position 0
           call   Send          ; Send data to LCD
           incf   COUNT,F       ; Next data if Counter < 16
           movlw  16
           subwf  COUNT,W       ; Test counter < 16 ?
           btfss STATUS,Z
           goto   Send_Loop1W   ; If < 16, try again
Start2W    movlw  0xc8
           movwf  ADDR          ; Defind aaddress for sending command to LCD
           call   Set_Addr
           clrf   COUNT         ; Get text from table
Send_Loop2W
           movf   COUNT,W       ; Begin with counter = 0
           call   Table_2W      ; Income data position 0
           call   Send          ; Send data to LCD
           incf   COUNT,F       ; Next data if Counter < 16
           movlw  8
           subwf  COUNT,W       ; Test counter < 16 ?
           btfss STATUS,Z
           goto   Send_Loop2W   ; If < 8, try again

           movlw  0xc1          ; send number
           movwf  ADDR
           call   Set_Addr
           movf   W1,W
           clrf   TEMP_S
           subwf  TEMP_S,F
           btfss STATUS,Z
           goto   $+3
           movlw  " "
           goto   $+2
           addlw  0x30

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

call          Send
movf         W2,W    ; ส่งค่าเป็นหลักๆออกไป
addlw       0x30    ; ถ้าเป็นตัวเลขจำเป็นต้องบวกเพิ่มเข้าไปเพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการ
call          Send
movf         W3,W
addlw       0x30
call          Send
movlw       "."
call          Send
movf         W4,W
addlw       0x30
call          Send
movf         W5,W
addlw       0x30
call          Send

return

;
;                               End   D_weight
;*****
;*****
;                               Start   D_height
;*****
;*****
;                               D_height
;*****
;                               Send Text From Table To LCD Module
;*****
Start1H      call          Init_LCD    ; Initial LCD
movlw       0x82
movwf       ADDR    ; Defind afdress for sending command to LCD
call          Set_Addr
clr         COUNT    ; Get text from table

Send_Loop1H  movf         COUNT,W    ; Begin with counter = 0
call          Table_1H    ; Income data position 0
call          Send        ; Send data to LCD
incf        COUNT,F    ; Next data if Counter < 16
movlw       .16
subwf       COUNT,W    ; Test counter < 16 ?
btfss       STATUS,Z
goto        Send_Loop1H ; If < 16, try again

Start2H      movlw       0xc8
movwf       ADDR    ; Defind afdress for sending command to LCD
call          Set_Addr
clr         COUNT    ; Get text from table

Send_Loop2H  movf         COUNT,W    ; Begin with counter = 0
call          Table_2H    ; Income data position 0
call          Send        ; Send data to LCD
incf        COUNT,F    ; Next data if Counter < 16
movlw       .8
subwf       COUNT,W    ; Test counter < 16 ?
btfss       STATUS,Z

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

movf      B4,W
addlw    0x30
call     Send

movlw    0xc8          ; send Word "Percent"
movwf    ADDR
call     Set_Addr
movlw    "p"
call     Send
movlw    "e"
call     Send
movlw    "r"
call     Send
movlw    "c"
call     Send
movlw    "e"
call     Send
movlw    "n"
call     Send
movlw    "t"
call     Send
return

;*****
;*****
;          Start  D_Tempc  D_temp
;*****
;          Send Text From Table To LCD Module
;*****
StartIT  call     Init_LCD          ; Initial LCD
movlw    0x82
movwf    ADDR          ; Defind address for sending command to LCD
call     Set_Addr
movlw    " "
call     Send
movlw    " "
call     Send
movlw    "T"
call     Send
movlw    "e"
call     Send
movlw    "m"
call     Send
movlw    "p"
call     Send
movlw    "e"
call     Send
movlw    "r"
call     Send
movlw    "a"
call     Send
movlw    "t"
call     Send
movlw    "u"
call     Send

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

movlw      "r"
call       Send
movlw      "e"
call       Send

movlw      0xc3                ; send number
movwf     ADDR
call      Set_Addr

movlw      .3
movf      temp1,F
addlw     0x30
call      Send

movlw      0x0F
andwf     temp2,W
sublw     .6
addlw     0x30
call      Send

movlw      " "
call      Send

movlw      0xF0
andwf     temp2,F
movlw     .10
subwf     temp2,W
btfsc    STATUS,C
goto     $+2
movlw     .5
movlw     .0
addlw     0x30
call      Send

movlw      " "
call      Send
movlw      " "
call      Send
movlw      ""
call      Send
movlw      "C"
call      Send
movlw      "e"
call      Send
movlw      "I"
call      Send
movlw      "s"
call      Send
movlw      "i"
call      Send
movlw      "u"
call      Send
movlw      "s"
call      Send

```

return

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;/////////////////////////////////////////////////////////////////// ALL MODULE //////////////////////////////////////
```

```
*****  
; LCD MoDule Subroutine *  
*****
```

```
reset_LCD macro  
    movlw 0x38 ; First, send 8-bit mode command  
    movwf BITS  
    call Flip  
    call Pulse  
    call Delay125  
endm  
  
Init_LCD bcf E ; Set command mode  
         bcf RS  
         call Delay125  
  
         reset_LCD  
         reset_LCD  
         reset_LCD  
         reset_LCD  
         movlw 0x28 ; Send 4-bit mode command in MSB only  
         movwf BITS  
         call Flip  
         call Pulse  
         call Delay125  
         movlw 0x28 ; Set LCD mode to 4 bit mode, 2 line display, 5x7 dot  
         call Send  
         movlw 0x0c ; Set LCD on, cursor off, cursor not blink  
         call Send  
         movlw 0x01 ; Clear display  
         call Send  
         call Delay5  
         return  
  
Set_Addr bcf E ; Fix position on LCD  
         bcf RS ; Send command  
         call Delay125  
         movf ADDR,W ; Select address for sending data to LCD  
         call Send  
         bsf RS  
         call Delay125  
         return
```

```
*****  
; Send Data 8 Bit To LCD Module *  
*****
```

```
Send movwf BITS ; Send 8-bit data to LCD module  
     call Flip ;  
     call Pulse ; Send Upper 4-bit first and lower 4-bit following  
     swpfc BITS,F  
     call Flip  
     call Pulse  
     call Delay125  
     return
```

```
Flip bcf PORTB,4 ; Copy data from BITS register to RB4-RB7  
     btfsc BITS,4 ;  
     bsf PORTB,4 ; Unchange other bit of PORTB  
     bcf PORTB,5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        btfsc    BITS,5
        bsf     PORTB,5
        bcf     PORTB,6
        btfsc    BITS,6
        bsf     PORTB,6
        bcf     PORTB,7
        btfsc    BITS,7
        bsf     PORTB,7
        return

Pulse   bsf     E           ; Generate enable pluse for LCD
        nop
        bcf     E
        call    Delay125
        return

Delay125 movlw   .42           ; Delay 125 microsecond
        movwf  DUMMY1
        decfsz DUMMY1,F
        goto   $-1
        return

Delay5   movlw   .41           ; Delay 5 millisecond
D1       movwf  DUMMY2
        call    Delay125
        decfsz DUMMY2,F
        goto   D1
        return
;+++++-----+
;
B2_BCD   bcf     STATUS,0       ; clear the carry bit
        movlw  .32
        movwf  COUNT
        clrf   R0
        clrf   R1
        clrf   R2
        clrf   R3
        clrf   R4

loop32  rlf    L1_byte, F
        rlf    H1_byte, F
        rlf    L2_byte, F
        rlf    H2_byte, F
        rlf    R4, F
        rlf    R3, F
        rlf    R2, F
        rlf    R1, F
        rlf    R0, F
;
        decfsz COUNT, F
        goto   adjDEC
        RETLW  0
;
adjDEC   movlw  R4
        movwf  FSR
        call   adjBCD

        movlw  R3
        moywf  FSR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

call    adjBCD

movlw  R2
movwf  FSR
call   adjBCD
;

movlw  R1
movwf  FSR
call   adjBCD
;

movlw  R0
movwf  FSR
call   adjBCD
;

goto   loop32
;
adjBCD movlw  3
addwf  0,W
movwf  temp
btfsc  temp,3      ; test if result > 7
movwf  0
movlw  30
addwf  0,W
movwf  temp
btfsc  temp,7      ; test if result > 7
movwf  0           ; save as MSD
RETLW  0
;+++++
;+++++
;
Multiplier
SIGNED equ  FALSE      ; Set This To 'TRUE' if the routines
;                        ; for Multiplication & Division needs
;                        ; to be assembled as Signed Integer
;                        ; Routines. If 'FALSE' the above two
;                        ; routines ( D_mpy & D_div ) use
;                        ; unsigned arithmetic
;*****
; multiplication macro
;
mulMac  MACRO
LOCAL  NO_ADD

rrf     ACCdHI, F      ;rotate d right
rrf     ACCdLO, F
btfss  STATUS,C      ;need to add?
goto   NO_ADD        ; no addition necessary
movf   ACCaLO,W      ; Addition ( ACCb + ACCa -> ACCb )
addwf  ACCbLO, F     ;add lsb
btfsc  STATUS,C      ;add in carry
incf   ACCbHI, F
movf   ACCaHI,W
addwf  ACCbHI, F     ;add msb
NO_ADD rrf          ACCbHI, F
rrf     ACCbLO, F
rrf     ACCcHI, F
rrf     ACCcLO, F

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

retlw 0
;
;*****
neg_A comf ACCaLO, F ; negate ACCa (-ACCa -> ACCa)
incf ACCaLO, F
btfsc STATUS, Z
decf ACCaHI, F
comf ACCaHI, F
retlw 0
;
;*****
; Assemble this section only if Signed Arithmetic Needed
;
IF SIGNED
;
S_SIGN movf ACCaHI, W
xorwf ACCbHI, W
movwf sign
btfss ACCbHI, MSB ; if MSB set go & negate ACCb
goto chek_A
;
comf ACCbLO ; negate ACCb
incf ACCbLO
btfsc STATUS, Z
decf ACCbHI
comf ACCbHI
;
chek_A btfss ACCaHI, MSB ; if MSB set go & negate ACCa
retlw 0
goto neg_A
;
ENDIF
;
++++
;
++++
;
; Divider
;
;*****
;
; division macro
;
divMac MACRO
LOCAL NOCHK
LOCAL NOGO
;
bcf STATUS, C
rlf ACCdLO, F
rlf ACCdHI, F
rlf ACCcLO, F
rlf ACCcHI, F
movf ACCaHI, W
subwf ACCcHI, W ;check if a>c
btfss STATUS, Z
goto NOCHK
movf ACCaLO, W
subwf ACCcLO, W ;if msb equal then check lsb

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOCHK      btfss   STATUS,C      ;carry set if c>a
           goto    NOGO
           movf   ACCaLO,W      ;c-a into c
           subwf  ACCcLO, F
           btfss  STATUS,C
           decf   ACCcHI, F
           movf   ACCaHI,W
           subwf  ACCcHI, F
           bsf   STATUS,C      ;shift a l into b (result)
NOGO       rlf   ACCbLO, F
           rlf   ACCbHI, F
;
           ENDM

```

D_divF

```

;
           IF      SIGNED
           CALL    S_SIGN
           ENDIF
;
           call   setup
           clrf   ACCcHI
           clrf   ACCcLO
;
; use the mulMac macro 16 times
;
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
divMac
;
           IF      SIGNED
           btfss  sign,MSB      ; check sign if negative
           retlw  0
           goto  neg_B        ; negate ACCa (-ACCa -> ACCa)
           ELSE
           retlw  0
           ENDIF
;
;*****
; Assemble this section only if Signed Arithmetic Needed
;
           IF      SIGNED
;
S_SIGN     movf   ACCaHI,W
           xorwf  ACCbHI,W
           movwf  sign
           btfss  ACCbHI,MSB   ; if MSB set go & negate ACCb

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

goto    chek_A
;
comf    ACCbLO           ; negate ACCb
incf    ACCbLO
btfsc   STATUS,Z
decf    ACCbHI
comf    ACCbHI
;
chek_A  btfss   ACCaHI,MSB ; if MSB set go & negate ACCa
retlw   0
goto    neg_A
;
        ENDIF
;+++++
+++++

```

```

DELAY_s  NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP

```

```

RETURN
;+++++
+++++

```

```

Sub32    movlw    0x1E
        movwf    H_max2
        movlw    0x84
        movwf    H_max1
        movlw    0x80
        movwf    H_max0
        CLRC
        movf    ACCcLO,W
        subwf   H_max0,W
        btfss   STATUS,C
        decf    H_max1,F
        movwf   A_High1
        CLRC
        movf    ACCcHI,W
        subwf   H_max1,W
        btfss   STATUS,C
        decf    H_max2,F
        movwf   A_High2
        CLRC
        movf    ACCbLO,W
        subwf   H_max2,W
        movwf   A_High3

```

```

return
;+++++
+++++
;
        BCD TO HEX

```

```

mpyl0b   andlw    0x0F
        addwf    L_byte, F
        btfsc   STATUS,C
        incf    H_byte, F
mpyl0a   bcf     STATUS,C ; multiply by 2
        rlf     L_byte,W
        movwf   L_temp

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOOP_DIV	CLRF	CHECKZ
		MOVF DIV_L,0
		MOVWF TEMP_L
		MOVF DIV_H,0
		MOVWF TEMP_H
		MOVF DIV_S,0
		MOVWF TEMP_S
		BCF ZERO
		BSF CARRY
		MOVF NDIV_L,0
		SUBWF TEMP_L,1
		BTFSC ZERO
		INCF CHECKZ
		BCF ZERO
		BTFSS CARRY
		GOTO \$+2
		GOTO \$+6
		BSF CARRY
		MOVLW 0X01
		SUBWF TEMP_H,1
		BTFSS CARRY
		GOTO \$+8
		MOVF NDIV_H,0
		SUBWF TEMP_H,1
		BTFSC ZERO
		INCF CHECKZ
		BCF ZERO
		BTFSC CARRY
		GOTO \$+7
		BSF CARRY
		MOVLW 0X01
		SUBWF TEMP_S,1
		BTFSS CARRY
		GOTO \$+9
		GOTO CHECK_DOT0
		MOVF NDIV_S,0
		SUBWF TEMP_S,1
		BTFSC ZERO
		INCF CHECKZ
		BCF ZERO
		BTFSC CARRY
		GOTO \$+4
		BSF CARRY
		INCF DOT
		GOTO BACKDOT

CHECK_DOT0	MOVLW	0X00
	SUBWF	DOT,0
	BTFSS	ZERO
	GOTO	CHECK_DOT1
	BCF	ZERO
	INCF	A_DIV_L,1
	MOVLW	0X0A
	SUBWF	A_DIV_L,0
	BTFSS	ZERO
	GOTO	CHECK_END
	CLRF	A_DIV_L
	BCF	ZERO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INCF      A_DIV_H,1
MOVLW    0X0A
SUBWF    A_DIV_H,0
BTFS     ZERO
GOTO     CHECK_END
CLRF     A_DIV_H
BCF      ZERO

INCF      A_DIV_S,1
BCF      ZERO

CHECK_DOT1 MOVLW    0X01
SUBWF    DOT,0
BTFS     ZERO
INCF     A_DOT1
BCF      ZERO

MOVLW    0X02
SUBWF    DOT,0
BTFS     ZERO
INCF     A_DOT2
BCF      ZERO

MOVLW    0X03
SUBWF    DOT,0
BTFS     ZERO
INCF     A_DOT3
BCF      ZERO

CHECK_END MOVLW    0X03
SUBWF    CHECKZ,0
BTFS     ZERO
GOTO     FINISH_DIV
MOVF     TEMP_L,0
MOVWF    DIV_L
MOVF     TEMP_H,0
MOVWF    DIV_H
MOVF     TEMP_S,0
MOVWF    DIV_S
GOTO     LOOP_DIV

BACKDOT   MOVLW    0X04
SUBWF    DOT,0
BTFS     ZERO
GOTO     TWODOT
MOVLW    0X0A
MOVWF    ACCaLO
MOVF     DIV_L,0
CLRF     ACCaHI
MOVWF    ACCbLO
MOVF     DIV_H,0
MOVWF    ACCbHI
CLRF     TEMP_S
CALL     D_mpyF

MOVF     ACCcLO,0
MOVWF    DIV_L
MOVF     ACCcHI,0
MOVWF    DIV_H
MOVF     ACCbLO,0

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

read_adc
    BANKSEL    TRISB
    BCF        TRISB,5
    BCF        TRISB,6
    BSF        TRISB,7

    BANKSEL    PORTB                ; INITIAL PORT
    BSF        CS
    BCF        DCLK
    BCF        D_IN
    BCF        STATUS,0
    CLRF       A_ADC_L
    CLRF       A_ADC_H
    MOVLW     .2                    ;

PRESTART
    MOVWF     COUNT
    BCF        CS
    BSF        DCLK
    BCF        DCLK
    DECFSZ    COUNT
    GOTO      $-3
    BSF        A_ADC_L,4

    BTFSC     STATUS,0                ; START MSB
    GOTO      $+7
    BSF        DCLK
    BCF        DCLK
    RLF       A_ADC_L,1
    BTFSC     D_IN
    BSF        A_ADC_L,0
    GOTO      $-7

    MOVF      A_ADC_L,0
    MOVWF     A_ADC_H
    CLRF     A_ADC_L

    BSF        A_ADC_L,0
    BCF        STATUS,0

    BSF        DCLK
    BCF        DCLK
    RLF       A_ADC_L,1
    BTFSC     D_IN
    BSF        A_ADC_L,0
    BTFSS     STATUS,0
    GOTO      $-6
    BSF        CS

return

END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

- Low V_{OS} : 75 μ V Max
- Low V_{OS} Drift: 1.3 μ V/ $^{\circ}$ C Max
- Ultrastable vs. Time: 1.5 μ V/Month Max
- Low Noise: 0.6 μ V p-p Max
- Wide Input Voltage Range: \pm 14 V
- Wide Supply Voltage Range: 3 V to 18 V
- Fits 725, 108A/308A, 741, AD510 Sockets
- 125 $^{\circ}$ C Temperature-Tested Dice

APPLICATIONS

- Wireless Base Station Control Circuits
- Optical Network Control Circuits
- Instrumentation
- Sensors and Controls
 - Thermocouples
 - RTDs
 - Strain Bridges
 - Shunt Current Measurements
- Precision Filters

GENERAL DESCRIPTION

The OP07 has very low input offset voltage (75 μ V max for OP07E) that is obtained by trimming at the wafer stage. These low offset voltages generally eliminate any need for external nulling. The OP07 also features low input bias current (\pm 4 nA for the OP07E) and high open-loop gain (200 V/mV for the OP07E). The low offsets and high open-loop gain make the OP07 particularly useful for high gain instrumentation applications.

The wide input voltage range of \pm 13 V minimum combined with a high CMRR of 105 dB (OP07E) and high input impedance provide high accuracy in the noninverting circuit configuration. Excellent linearity and gain accuracy can be maintained even at

high closed-loop gains. Stability of offsets and gain with time or variations in temperature is excellent. The accuracy and stability of the OP07, even at high gain, combined with the freedom from external nulling have made the OP07 an industry standard for instrumentation applications.

The OP07 is available in two standard performance grades. The OP07E is specified for operation over the 0 $^{\circ}$ C to 70 $^{\circ}$ C range, and the OP07C is specified over the -40 $^{\circ}$ C to +85 $^{\circ}$ C temperature range.

The OP07 is available in epoxy 8-lead PDIP and 8-lead SOIC. It is a direct replacement for 725, 108A, and OP05 amplifiers; 741 types may be directly replaced by removing the 741's nulling potentiometer. For improved specifications, see the OP177 or OP1177. For ceramic DIP and TO-99 packages and standard micro circuit (SMD) versions, see the OP77.

PIN CONNECTIONS

- 8-Lead PDIP (P-Suffix)
- 8-Lead SOIC (S-Suffix)

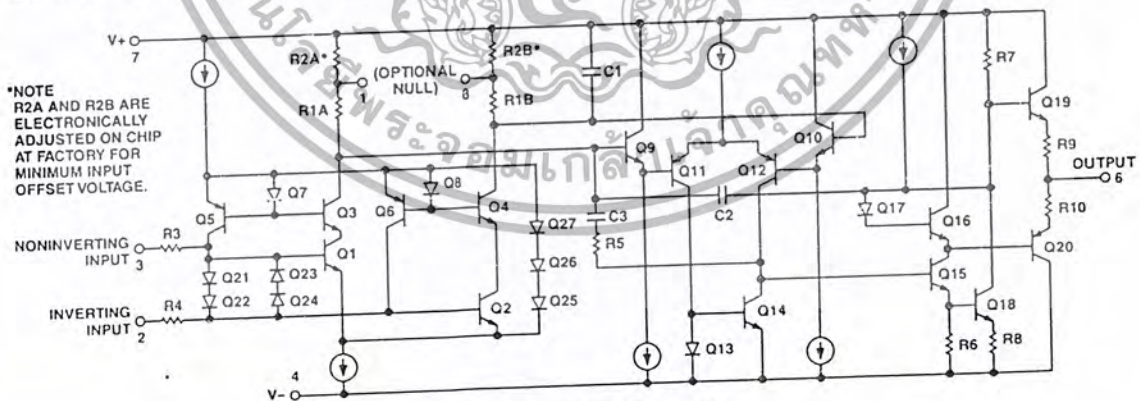
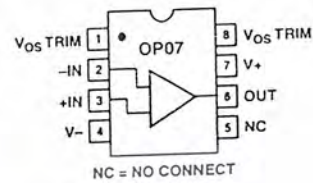


Figure 1. Simplified Schematic

REV. C

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective companies.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
 Tel: 781/329-4700 www.analog.com
 Fax: 781/326-8703 © 2003 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07—SPECIFICATIONS

OP07E ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			30	75	μV
Long-Term V_{OS} Stability ²	V_{OS}/Time			0.3	1.5	$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.5	3.8	nA
Input Bias Current	I_B			± 1.2	± 4.0	nA
Input Noise Voltage	e_n p-p	0.1 Hz to 10 Hz ³		0.35	0.6	μV p-p
Input Noise Voltage Density	e_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		10.3	18.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}^3$		10.0	13.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		9.6	11.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Noise Current	I_n p-p			14	30	pA p-p
Input Noise Current Density	I_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		0.32	0.80	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}^3$		0.14	0.23	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		0.12	0.17	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Resistance—Differential Mode ⁴	R_{IN}		15	50		M Ω
Input Resistance—Common-Mode	R_{INCM}			160		G Ω
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 14		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	106	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$		5	20	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VOL}	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	200	500		V/mV
		$R_L \geq 500\text{ }\Omega$, $V_O = \pm 0.5\text{ V}$, $V_S = \pm 3\text{ V}^1$	150	400		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	± 12.5	± 13.0		V
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 12.0	± 12.8		V
		$R_L \geq 1\text{ k}\Omega$	± 10.5	± 12.0		V
DYNAMIC PERFORMANCE						
Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega^3$	0.1	0.3		V/ μs
Closed-Loop Bandwidth	BW _f	$A_{VOL} = 1^5$	0.4	0.6		MHz
Closed-Loop Output Resistance	R_O	$V_O = 0$, $I_O = 0$		60		Ω
Power Consumption	P_d	$V_S = \pm 15\text{ V}$, No Load		75	120	mW
		$V_S = \pm 3\text{ V}$, No Load		4	6	mW
Offset Adjustment Range		$R_p = 20\text{ k}\Omega$		± 4		mV

NOTES

¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.

²Long-term input offset voltage stability refers to the averaged trend time of V_{OS} vs. the time over extended periods after the first 30 days of operation. Excluding the initial hour of operation, changes in V_{OS} during the first 30 operating days are typically 2.5 μV ; refer to the typical performance characteristics. Parameter is sample tested.

³Sample tested.

⁴Guaranteed by design.

⁵Guaranteed but not tested.

Specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07C ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			60	150	μV
Long-Term V_{OS} Stability ²	V_{OS}/Time			0.4	2.0	$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.8	6.0	nA
Input Bias Current	I_B			± 1.8	± 7.0	nA
Input Noise Voltage	e_n p-p	0.1 Hz to 10 Hz ³		0.38	0.65	μV p-p
Input Noise Voltage Density	e_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		10.5	20.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}$ ³		10.2	13.5	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		9.8	11.5	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Noise Current	I_n p-p			15	35	pA p-p
Input Noise Current Density	I_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		0.35	0.90	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}$ ³		0.15	0.27	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		0.13	0.18	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Resistance—Differential Mode ⁴	R_{IN}		8	33		M Ω
Input Resistance—Common-Mode	R_{INCM}			120		G Ω
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 14		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	100	120		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$		7	32	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	120	400		V/mV
		$R_L \geq 500\ \Omega$, $V_O = \pm 0.5\text{ V}$, $V_S = \pm 3\text{ V}$ ⁴	100	400		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	± 12.0	± 13.0		V
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 11.5	± 12.8		V
		$R_L \geq 1\text{ k}\Omega$		± 12.0		V
DYNAMIC PERFORMANCE						
Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ ³	0.1	0.3		$\text{V}/\mu\text{s}$
Closed-Loop Bandwidth	BW	$A_{VOL} = 1$ ⁵	0.4	0.6		MHz
Closed-Loop Output Resistance	R_O	$V_O = 0$, $I_O = 0$		60		Ω
Power Consumption	P_d	$V_S = \pm 15\text{ V}$, No Load		80	150	mW
		$V_S = \pm 3\text{ V}$, No Load		4	8	mW
Offset Adjustment Range		$R_F = 20\text{ k}\Omega$		± 4		mV

NOTES

¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.

²Long-term input offset voltage stability refers to the averaged trend time of V_{OS} vs. the time over extended periods after the first 30 days of operation. Excluding the initial hour of operation, changes in V_{OS} during the first 30 operating days are typically 2.5 μV , refer to the typical performance characteristics. Parameter is sample tested.

³Sample tested.

⁴Guaranteed by design.

⁵Guaranteed but not tested.

Specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07—SPECIFICATIONS

OP07E ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15 \text{ V}$, $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			45	130	μV
Voltage Drift without External Trim ²	TCV_{OS}			0.3	1.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Voltage Drift with External Trim ³	TCV_{OSX}	$R_p = 20 \text{ k}\Omega$		0.3	1.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.9	5.3	nA
Input Offset Current Drift	TCI_{OS}			8	35	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	I_B			± 1.5	± 5.5	nA
Input Bias Current Drift	TCI_B			13	35	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 13.5		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13 \text{ V}$	103	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3 \text{ V to } \pm 18 \text{ V}$		7	32	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10 \text{ V}$	180	450		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10 \text{ k}\Omega$	± 12	± 12.6		V

NOTES
¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.
²Guaranteed by design.
³Sample tested.
 Specifications subject to change without notice.

OP07C ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15 \text{ V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			85	250	μV
Voltage Drift without External Trim ²	TCV_{OS}			0.5	1.8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Voltage Drift with External Trim ³	TCV_{OSX}	$R_p = 20 \text{ k}\Omega$		0.4	1.8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	I_{OS}			1.6	8.0	nA
Input Offset Current Drift	TCI_{OS}			12	50	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	I_B			± 2.2	± 9.0	nA
Input Bias Current Drift	TCI_B			18	50	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 13.5		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13 \text{ V}$	97	120		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3 \text{ V to } \pm 18 \text{ V}$		10	51	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10 \text{ V}$	100	400		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10 \text{ k}\Omega$	± 11	± 12.6		V

NOTES
¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.
²Guaranteed by design.
³Sample tested.
 Specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS¹

Supply Voltage (V _S)	±22 V
Input Voltage ²	±22 V
Differential Input Voltage	±30 V
Output Short-Circuit Duration	Indefinite
Storage Temperature Range	
S, P Packages	-65°C to +125°C
Operating Temperature Range	
OP07E	0°C to 70°C
OP07C	-40°C to +85°C
Junction Temperature Range	150°C
Lead Temperature Range (Soldering, 60 sec)	300°C

Package Type	θ _{JA} *	θ _{JC}	Unit
8-Lead PDIP (P)	103	43	°C/W
8-Lead SOIC (S)	158	43	°C/W

*θ_{JA} is specified for worst-case conditions, i.e., θ_{JA} is specified for device in socket for PDIP package, and θ_{JA} is specified for device soldered to printed circuit board for SOIC package.

NOTES

¹Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating; functional operation of the device at these or any other conditions above those listed in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

²For supply voltages less than ±22 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

ORDERING GUIDE

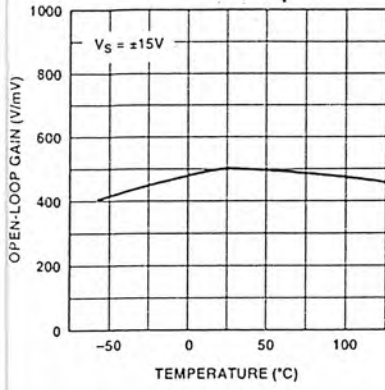
Model	Temperature Range	Package Description	Package Option
OP07EP	0°C to 70°C	8-Lead PDIP	P-8
OP07CP	-40°C to +85°C	8-Lead PDIP	P-8
OP07CS	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC	S-8
OP07CS-REEL	-40°C to +85°C	3-Lead SOIC	S-8
OP07CS-REEL7	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC	S-8

CAUTION

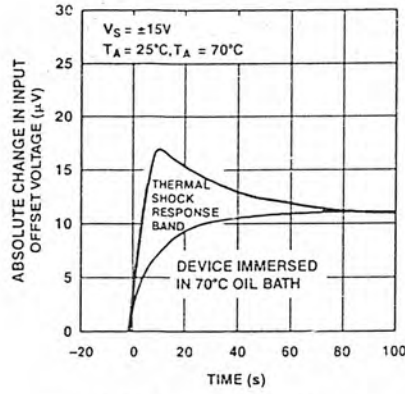
ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although the OP07 features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



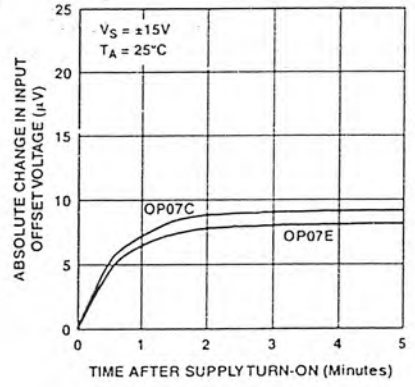
OP07 – Typical Performance Characteristics



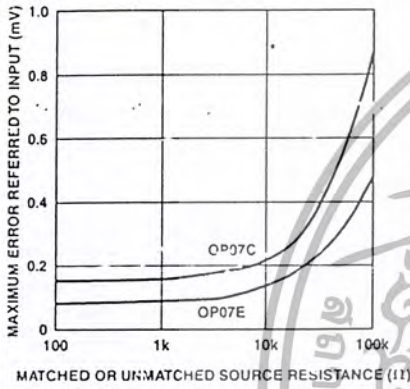
TPC 1. Open-Loop Gain vs. Temperature



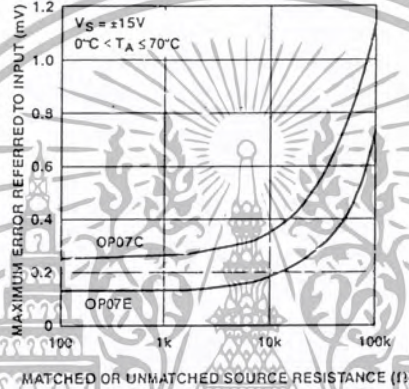
TPC 2. Offset Voltage Change due to Thermal Shock



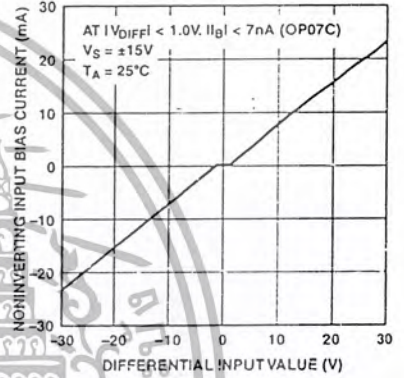
TPC 3. Warm-Up Drift



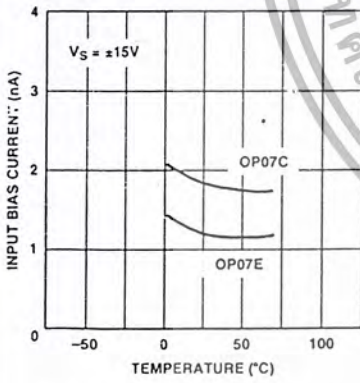
TPC 4. Maximum Error vs. Source Resistance



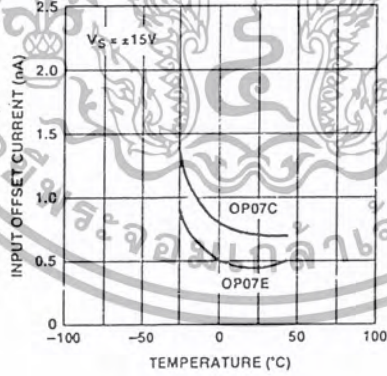
TPC 5. Maximum Error vs. Source Resistance



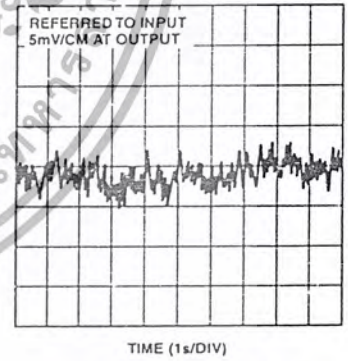
TPC 6. Input Bias Current vs. Differential Input Voltage



TPC 7. Input Bias Current vs. Temperature

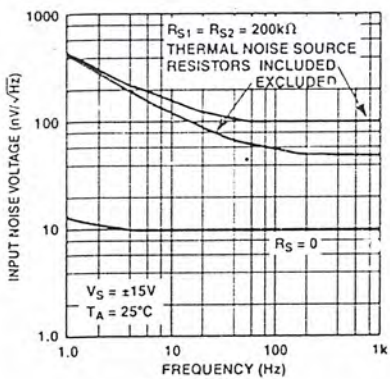


TPC 8. Input Offset Current vs. Temperature

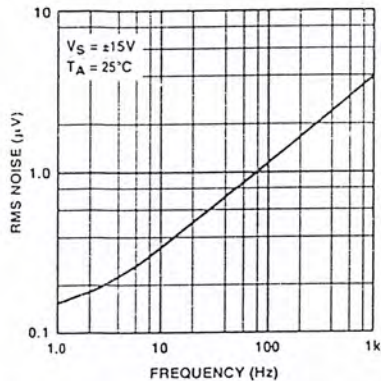


TPC 9. Low Frequency Noise

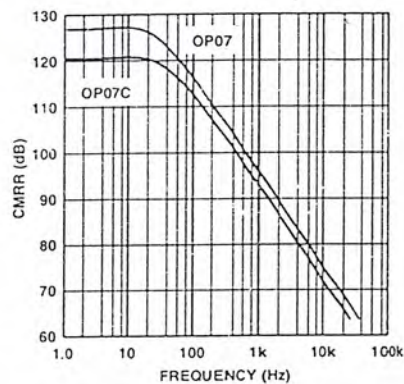
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



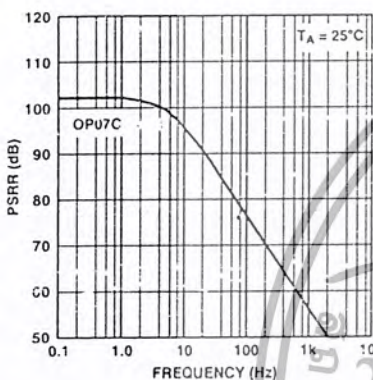
TPC 10. Total Input Noise Voltage vs. Frequency



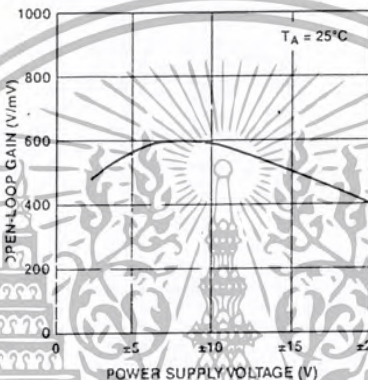
TPC 11. Input Wideband Noise vs. Bandwidth (0.1 Hz to Frequency Indicated)



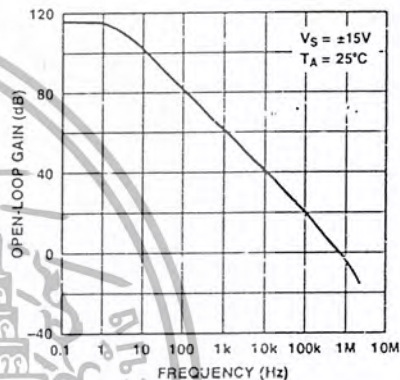
TPC 12. CMRR vs. Frequency



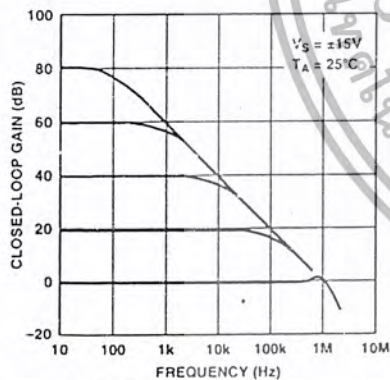
TPC 13. PSRR vs. Frequency



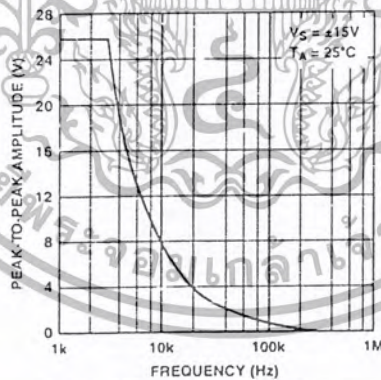
TPC 14. Open-Loop Gain vs. Power Supply Voltage



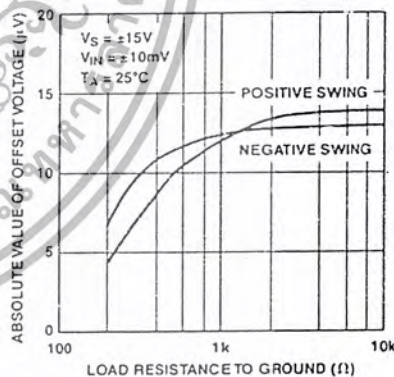
TPC 15. Open-Loop Frequency Response



TPC 16. Closed-Loop Response for Various Gain Configurations

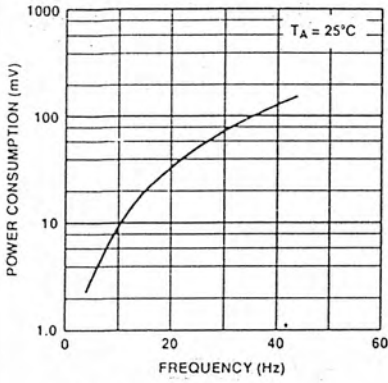


TPC 17. Maximum Output Swing vs. Frequency

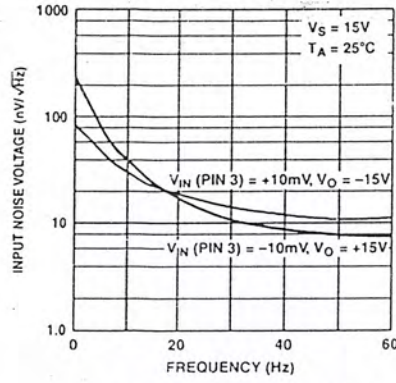


TPC 18. Maximum Output Voltage vs. Load Resistance

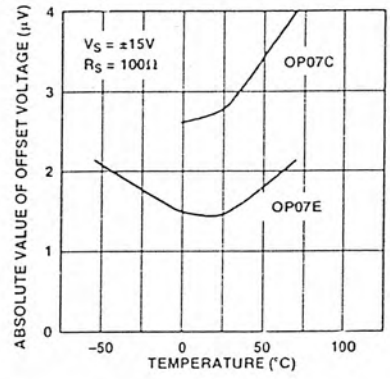
OP07



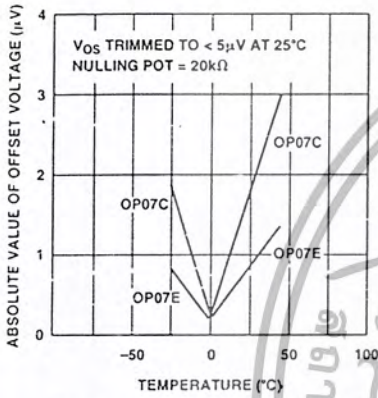
TPC 19. Power Consumption vs. Power Supply



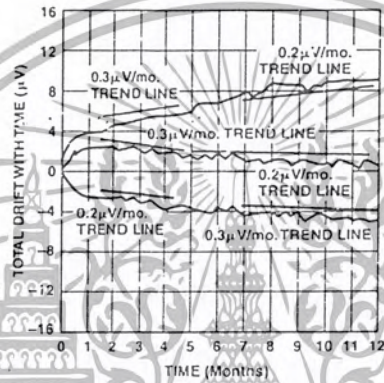
TPC 20. Output Short-Circuit Current vs. Time



TPC 21. Untrimmed Offset Voltage vs. Temperature



TPC 22. Trimmed Offset Voltage vs. Temperature



TPC 23. Offset Voltage Stability vs. Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

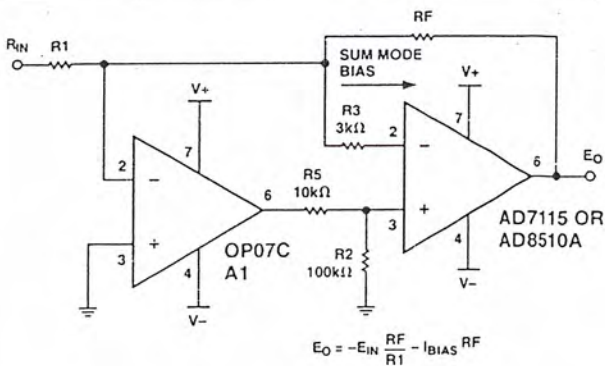


Figure 2. Typical Offset Voltage Test Circuit

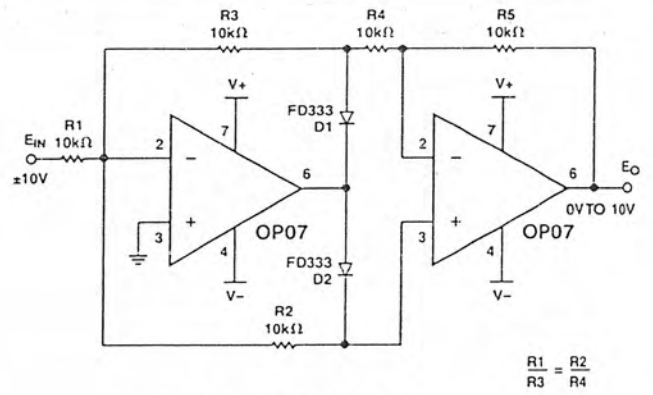


Figure 5. Burn-In Circuit

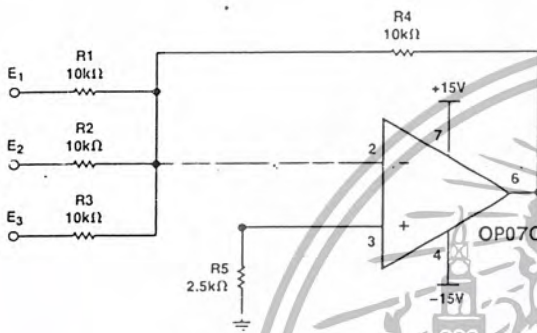


Figure 3. Typical Low Frequency Noise Circuit

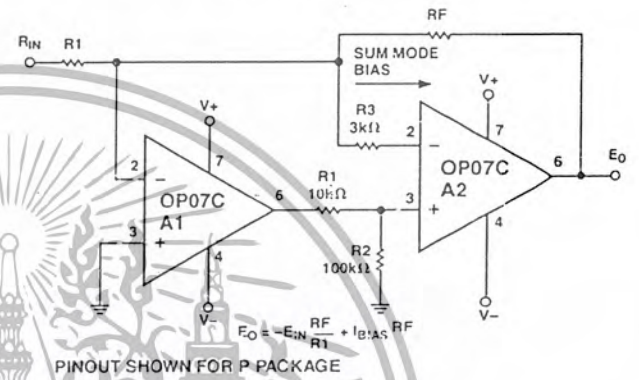


Figure 6. High Speed, Low Vos Composite Amplifier

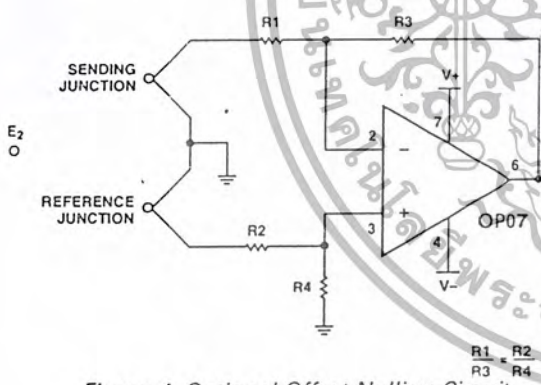


Figure 4. Optional Offset Nulling Circuit

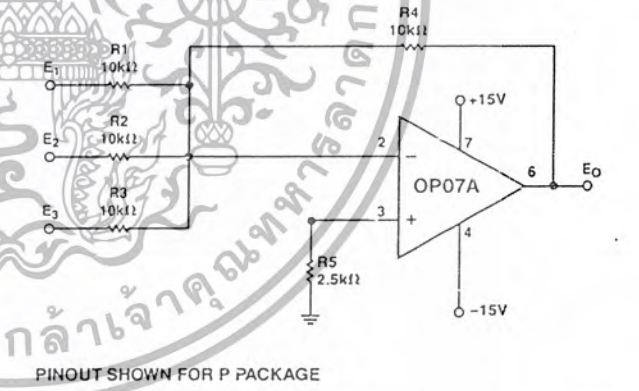
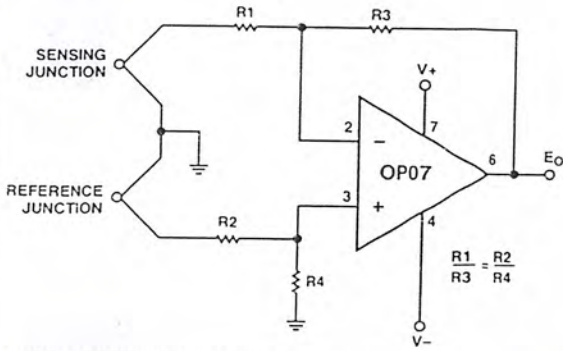


Figure 7. Adjustment-Free Precision Summing Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07

TYPICAL APPLICATIONS



PINOUT SHOWN FOR P PACKAGE

Figure 8. High Stability Thermocouple Amplifier

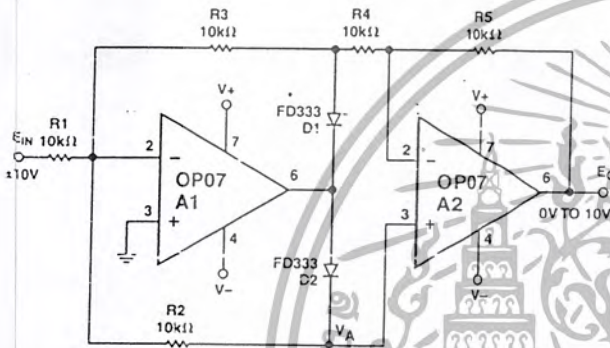
APPLICATIONS INFORMATION

The OP07 series units may be substituted directly into 725, 108A/308A, and OP05 sockets with or without removal of external compensation or nulling components. Additionally, the OP07 may be used in unnullled 741 type sockets. However, if conventional 741 nulling circuitry is in use, it should be modified or removed to enable proper OP07 operation. The OP07 offset voltage may be nulled to 0 through use of a potentiometer (see offset nulling circuit diagram).

PRECISION ABSOLUTE-VALUE CIRCUIT

The OP07 provides stable operation with load capacitance of up to 500 pF and ± 10 V swings; larger capacitances should be decoupled with a 50 Ω decoupling resistor.

Stray thermoelectric voltages generated by dissimilar metals at the contacts to the input terminals can degrade drift performance. Therefore, best operation will be obtained when both input contacts are maintained at the same temperature, preferably close to the package temperature.



PINOUT SHOWN FOR P PACKAGE

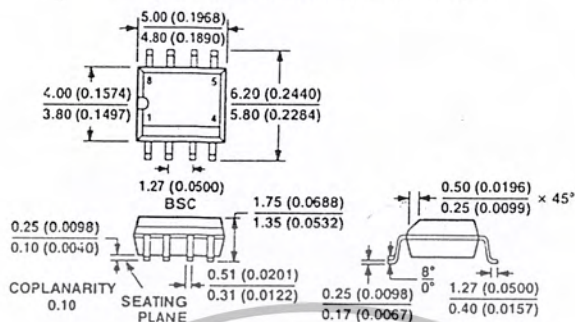
Figure 9. Precision Absolute-Value Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC]
Narrow Body
S-Suffix
(R-8)

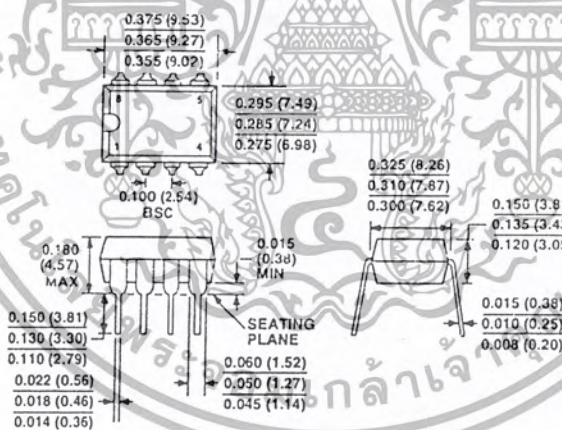
Dimensions shown in millimeters and (inches)



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012AA
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN

3-Lead Plastic Dual-in-Line Package [PDIP]
P-Suffix
(N-8)

Dimensions shown in inches and (millimeters)



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-095AA
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN INCHES; MILLIMETER DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF INCH EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN

Revision History

Location	Page
8/03—Data Sheet changed from REV. B to REV. C.	
Changes to OP07E ELECTRICAL SPECIFICATIONS	2
Changes to OP07C ELECTRICAL SPECIFICATIONS	3
Edits to ORDERING GUIDE	5
Edits to Figure 6	9
Updated OUTLINE DIMENSIONS	11
3/03—Data Sheet changed from REV. A to REV. B.	
Updated Package Titles	Universal
Updated OUTLINE DIMENSIONS	11
2/02—Data Sheet changed from REV. 0 to REV. A.	
Edits to FEATURES	1
Edits to ORDERING GUIDE	1
Edits to PIN CONNECTION drawings	1
Edits to ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS	2
Deleted ELECTRICAL CHARACTERISTICS	2-3
Deleted OP07D Column from ELECTRICAL CHARACTERISTICS	4-5
Edits to TPCs	7-9
Edits to HIGH-SPEED, LOW V_{OS} COMPOSITE AMPLIFIER	9



C00316-0-8/03(C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14069UB

Hex Inverter

The MC14069UB hex inverter is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These inverters find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. Each of the six inverters is a single stage to minimize propagation delays.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-Power TTL Loads or One Low-Power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Triple Diode Protection on All Inputs (see Page 5-2)
- Pin-for-Pin Replacement for CD4069UB
- Meets JEDEC UB Specifications

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

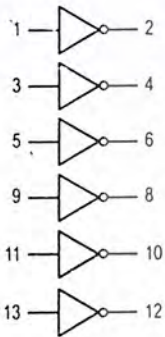
Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	-0.5 to +18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	-55 to +150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

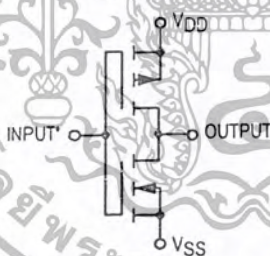
† Temperature Derating:

Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: - 12 mW/°C From 100°C To 125°C

LOGIC DIAGRAM



CIRCUIT SCHEMATIC
(1/6 OF CIRCUIT SHOWN)



* Double diode protection on all inputs not shown.

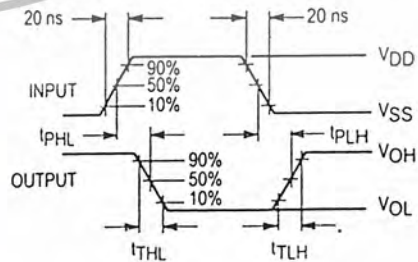
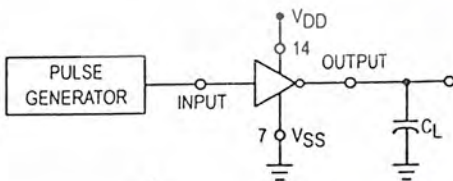
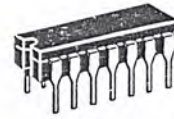


Figure 1. Switching Time Test Circuit and Waveforms



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 632



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 646



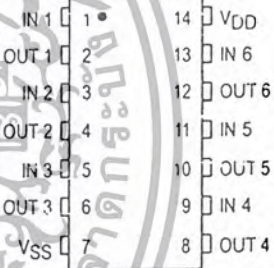
D SUFFIX
SOIC
CASE 751A

ORDERING INFORMATION

MC14XXXUBCP Plastic
MC14XXXUBCL Ceramic
MC14XXXUBD SOIC

T_A = -55° to 125°C for all packages.

PIN ASSIGNMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	- 55°C		25°C			125°C		Unit	
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max		
Output Voltage V _{in} = V _{DD} V _{in} = 0	"0" Level	V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
			10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
			15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
	"1" Level	V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
			10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
			15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage (V _O = 4.5 Vdc) (V _O = 9.0 Vdc) (V _O = 13.5 Vdc) (V _O = 0.5 Vdc) (V _O = 1.0 Vdc) (V _O = 1.5 Vdc)	"0" Level	V _{IL}	5.0	—	1.0	—	2.25	1.0	—	1.0	Vdc
			10	—	2.0	—	4.50	2.0	—	2.0	
			15	—	2.5	—	6.75	2.5	—	2.5	
	"1" Level	V _{IH}	5.0	4.0	—	4.0	2.75	—	4.0	—	Vdc
			10	8.0	—	8.0	5.50	—	8.0	—	
			15	12.5	—	12.5	8.25	—	12.5	—	
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Source	I _{OH}	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc
			10	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—	
			15	-1.6	—	-1.3	-2.25	—	-0.9	—	
	Sink	I _{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
			10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
			15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current	I _{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc	
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF	
Quiescent Current (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	0.25	—	0.0005	0.25	—	7.5	μAdc	
		10	—	0.5	—	0.0010	0.5	—	15		
		15	—	1.0	—	0.0015	1.0	—	30		
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Gate) (C _L = 50 pF)	I _T	5.0				I _T = (0.3 μA/kHz) f + I _{DD} /6					μAdc
		10				I _T = (0.6 μA/kHz) f + I _{DD} /6					
		15				I _T = (0.9 μA/kHz) f + I _{DD} /6					
Output Rise and Fall Times** (C _L = 50 pF)	t _{TLH} , t _{THL}	5.0				100	200			ns	
						50	100				
						40	80				
Propagation Delay Times** (C _L = 50 pF)	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0				65	125			ns	
						40	75				
						30	55				

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

** The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

† To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) V/fk$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} - V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.002.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{IN} and V_{OUT} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

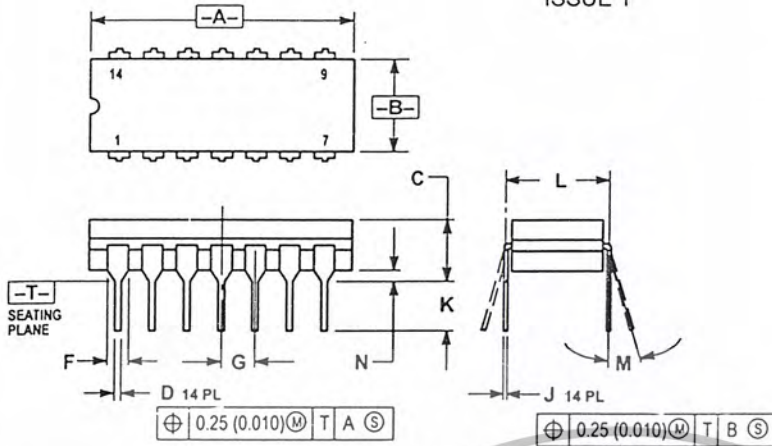
Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

OUTLINE DIMENSIONS

L SUFFIX CERAMIC DIP PACKAGE CASE 632-08 ISSUE Y

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION F MAY NARROW TO 0.76 (0.030) WHERE THE LEAD ENTERS THE CERAMIC BODY.

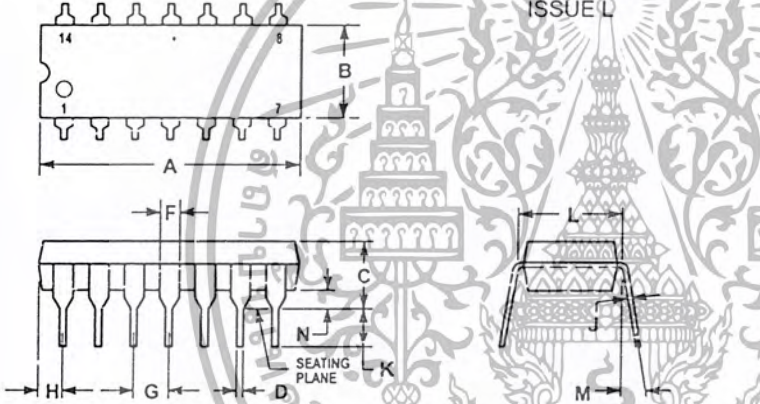


DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.750	0.785	19.05	19.94
B	0.245	0.280	6.23	7.11
C	0.155	0.200	3.94	5.08
D	0.015	0.020	0.39	0.50
F	0.055	0.065	1.40	1.65
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.125	0.170	3.18	4.31
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0° - 15°		0° - 15°	
N	0.020	0.040	0.51	1.01

P SUFFIX PLASTIC DIP PACKAGE CASE 646-06 ISSUE L

NOTES:

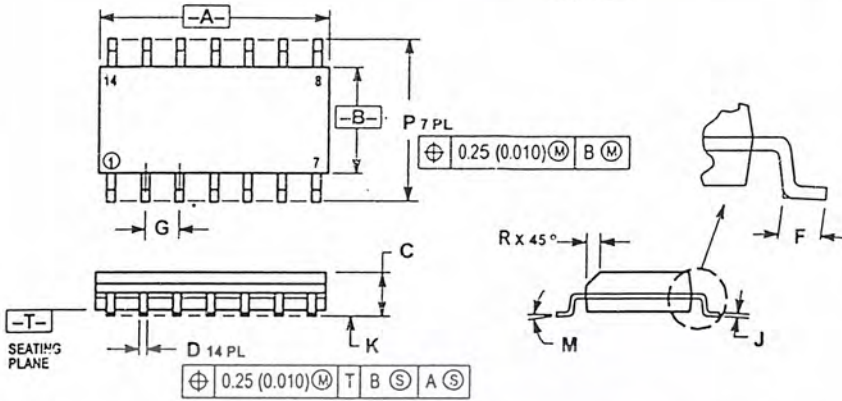
1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.



DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.260	0.280	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0° - 10°		0° - 10°	
N	0.015	0.039	0.39	1.01

OUTLINE DIMENSIONS

D SUFFIX PLASTIC SOIC PACKAGE CASE 751A-03 ISSUE F



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and M are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

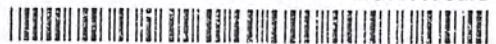
JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mct.com - TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629293



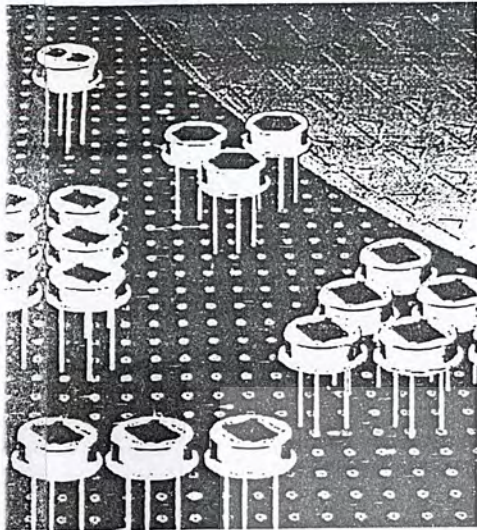
MC14069U8/D



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Detectors

Quad Element Detector LHi 1148



Four elements in two pairs

Two FET outputs, inverse polarity

Designed for redundant PIR alarms

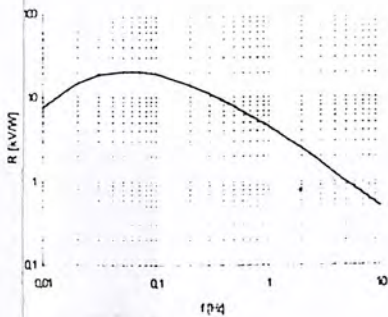
The LHi 1148 pyroelectric infrared detector is designed for high end PIR alarm applications. It includes a Quad type pyroelectric ceramic with 4 sensitive elements connected to two FET source follower circuits. Thus it provides for dual channel output. One channel is inverse to the other.

The LHi 1148 detector is available in TO-5 housing with standard infrared filter. It offers excellent common mode performance (match) and low noise.

Parameters	LHi 1148			units	condition
	min	typical	max		
Element size		1,375x1		mm ²	(4 elements)
Responsivity	3.500	4.500		V/W	100°C, 1 Hz
Match		1	10	%	
Noise		30	75	nV/√Hz	25°C, 0.3...10Hz
Offset Voltage	0.2	1.55		V	R _s = 47kΩ, 25°C
NEP		8.6·10 ⁻¹⁰	28·10 ⁻¹⁰	W/√Hz	1Hz Bw, 100°C, 1 Hz
D*	5·10 ¹⁰	14·10 ¹⁰		cm ² √Hz/W	1Hz Bw, 100°C, 1 Hz
Output Impedance		5	10	kΩ	R _s = 47kΩ, 25°C
Operating Voltage	2	15		V	R _s = 47kΩ, 25°C
Field of View, horizontal		108°			unobstructed
vertical		67°			unobstructed
Operating Temp.	-40		85	°C	non permanent
Storage Temperature	-40		85	°C	non permanent

Right for modification reserved / V

Field of View



Frequency Response

Dimensions in mm

Europe:

PerkinElmer Optoelectronics GmbH
Wenzel Jaksch, Str. 31
Weisbaden / Germany
Phone +49(0)611 492 0
Fax +49(0)611 492 170

USA:

PerkinElmer Optoelectronics
2175 Mission College Blvd
Santa Clara, CA 95054
Phone +408 565 0830
Fax +408 565 0703

Asia:

PerkinElmer Optoelectronics
47, Ayer Rajah Crescent #06-12
Singapore 139947
Phone +65 775 2022
Fax +65 775 1008

Perkin
Optoelectronics

www.perkinelmer.com/opto

PerkinElmer Optoelectronics เป็นบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์ตรวจจับอินฟราเรดและอุปกรณ์ตรวจจับแสงอินฟราเรดที่มีคุณภาพสูงและมีความแม่นยำสูง
PerkinElmer Optoelectronics เป็นบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์ตรวจจับอินฟราเรดและอุปกรณ์ตรวจจับแสงอินฟราเรดที่มีคุณภาพสูงและมีความแม่นยำสูง
PerkinElmer Optoelectronics เป็นบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์ตรวจจับอินฟราเรดและอุปกรณ์ตรวจจับแสงอินฟราเรดที่มีคุณภาพสูงและมีความแม่นยำสูง

FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F627
- PIC16F628

Referred to collectively as PIC16F62X

High Performance RISC CPU:

- Only 35 instructions to learn
- All single cycle instructions (200 ns), except for program branches which are two-cycle
- Operating speed:
 - DC - 20 MHz clock input
 - DC - 200 ns instruction cycle

Device	Memory		
	FLASH Program	RAM Data	EEPROM Data
PIC16F627	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F628	2048 x 14	224 x 8	128 x 8

- Interrupt capability
- 16 special function hardware registers
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative addressing modes

Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM (CCP) module
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit

- Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI
- 16 Bytes of common RAM

Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Multiplexed MCLR-pin
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Programmable code protection
- Low voltage programming
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
 - FLASH configuration bits for oscillator options
 - ER (External Resistor) oscillator
 - Reduced part count
 - Dual speed INTRC
 - Lower current consumption
 - EC External Clock input
 - XT Oscillator mode
 - HS Oscillator mode
 - LP Oscillator mode
- In-circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Four user programmable ID locations

CMOS Technology:

- Low power, high speed CMOS FLASH technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range
 - PIC16F627 - 3.0V to 5.5V
 - PIC16F628 - 3.0V to 5.5V
 - PIC16LF627 - 2.0V to 5.5V
 - PIC16LF628 - 2.0V to 5.5V
- Commercial, industrial and extended temperature range
- Low power consumption
 - < 2.0 mA @ 5.0V, 4.0 MHz
 - 15 µA typical @ 3.0V, 32 kHz
 - < 1.0 µA typical standby current @ 3.0V

```

    rlf          H_byte,W          ;(H_temp,L_temp) = 2*N
    movwf       H_temp
;
    bcf         STATUS,C          ; multiply by 2
    rlf         L_byte, F
    rlf         H_byte, F
    bcf         STATUS,C          ; multiply by 2
    rlf         L_byte, F
    rlf         H_byte, F
    bcf         STATUS,C          ; multiply by 2
    rlf         L_byte, F
    rlf         H_byte, F          ;(H_byte,L_byte) = 8*N
;
    movf        L_temp,W
    addwf       L_byte, F
    btfsc      STATUS,C
    incf       H_byte, F
    movf       H_temp,W
    addwf      H_byte, F
    retlw      0                  ;(H_byte,L_byte) = 10*N
;
;
BCDtoB      clrf          H_byte
            movf         R0,W
            andlw        0x0F
            movwf       L_byte
            call         mpy10a          ; result = 10a+b
;
            swapf       R1,W
            call         mpy10b          ; result = 10[10a+b]
;
            movf        R1,W
            call         mpy10b          ; result = 10[10[10a+b]+c]
;
            swapf       R2,W
            call         mpy10b          ; result = 10[10[10[10a+b]+c]+d]
;
            movf        R2,W
            andlw        0x0F
            addwf       L_byte, F
            btfsc      STATUS,C
            incf       H_byte, F          ; result = 10[10[10[10a+b]+c]+d]+e
            retlw      0                  ; BCD to binary conversion done
;
;+++++
;+++++
;*****SUB_DIV*****

```

```

DIV          CLRF         TEMP_L
            CLRF         TEMP_H
            CLRF         TEMP_S
            CLRF         A_DIV_L
            CLRF         A_DIV_H
            CLRF         A_DIV_S
            CLRF         A_DOT1
            CLRF         A_DOT2
            CLRF         A_DOT3
            CLRF         CHECKZ
            CLRF         DOT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOOP_DIV	CLRF	CHECKZ
	MOVF	DIV_L,0
	MOVWF	TEMP_L
	MOVF	DIV_H,0
	MOVWF	TEMP_H
	MOVF	DIV_S,0
	MOVWF	TEMP_S
	BCF	ZERO
	BSF	CARRY
	MOVF	NDIV_L,0
	SUBWF	TEMP_L,1
	BTFSC	ZERO
	INCF	CHECKZ
	BCF	ZERO
	BTFSS	CARRY
	GOTO	\$+2
	GOTO	\$+6
	BSF	CARRY
	MOVLW	0X01
	SUBWF	TEMP_H,1
	BTFSS	CARRY
	GOTO	\$+8
	MOVF	NDIV_H,0
	SUBWF	TEMP_H,1
	BTFSC	ZERO
	INCF	CHECKZ
	BCF	ZERO
	BTFSC	CARRY
	GOTO	\$+7
	BSF	CARRY
	MOVLW	0X01
	SUBWF	TEMP_S,1
	BTFSS	CARRY
	GOTO	\$+9
	GOTO	CHECK_DOT0
	MOVF	NDIV_S,0
	SUBWF	TEMP_S,1
	BTFSC	ZERO
	INCF	CHECKZ
	BCF	ZERO
	BTFSC	CARRY
	GOTO	\$+4
	BSF	CARRY
	INCF	DOT
	GOTO	BACKDOT

CHECK_DOT0	MOVLW	0X00
	SUBWF	DOT,0
	BTFSS	ZERO
	GOTO	CHECK_DOT1
	BCF	ZERO
	INCF	A_DIV_L,1
	MOVLW	0X0A
	SUBWF	A_DIV_L,0
	BTFSS	ZERO
	GOTO	CHECK_END
	CLRF	A_DIV_L
	BCF	ZERO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INCF      A_DIV_H,1
MOVLW    0X0A
SUBWF    A_DIV_H,0
BTFFS    ZERO
GOTO     CHECK_END
CLRF     A_DIV_H
BCF      ZERO

INCF      A_DIV_S,1
BCF      ZERO

CHECK_DOT1 MOVLW    0X01
SUBWF    DOT,0
BTFFS    ZERO
INCF     A_DOT1
BCF      ZERO

MOVLW    0X02
SUBWF    DOT,0
BTFFS    ZERO
INCF     A_DOT2
BCF      ZERO

MOVLW    0X03
SUBWF    DOT,0
BTFFS    ZERO
INCF     A_DOT3
BCF      ZERO

CHECK_END MOVLW    0X03
SUBWF    CHECKZ,0
BTFFS    ZERO
GOTO     FINISH_DIV
MOVF     TEMP_L,0
MOVWF    DIV_L
MOVE     TEMP_H,0
MOVWF    DIV_H
MOVF     TEMP_S,0
MOVWF    DIV_S
GOTO     LOOP_DIV

BACKDOT   MOVLW    0X04
SUBWF    DOT,0
BTFFS    ZERO
GOTO     TWODOT
MOVLW    0X0A
MOVWF    ACCaLO
MOVF     DIV_L,0
CLRF     ACCaHI
MOVWF    ACCbLO
MOVF     DIV_H,0
MOVWF    ACCbHI
CLRF     TEMP_S
CALL     D_mpyF

MOVF     ACCcLO,0
MOVWF    DIV_L
MOVF     ACCcHI,0
MOVWF    DIV_H
MOVF     ACCbLO,0

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVWF DIV_S
GOTO LOOP_DIV

TWO DOT MOV LW 0X05
SUBWF A_DOT3
BTFS CARRY
INCF A_DOT2

FINISH_DIV
RETURN

;+++++
;+++++
DELAY CLRF TEMP_L
CLRF TEMP_H
DECFSZ TEMP_L,1
GOTO $-1
DECFSZ TEMP_H,1
GOTO $-3

RETURN

;+++++
;+++++
Int_LCD bsf STATUS,RP0 ; Initial port B
movlw b'00000011' ; 6 output for controlling LCD module
movwf PORTB
bcf STATUS,RP0
bcf STATUS,Z

return
;*****
;*****
;*****
;*****
; Read Write EEPROM Subroutine
;*****
EE_Write bsf EECON1,WREN ; Enable EEPROM writing
movlw 0x55 ; First command for EEPROM writing
movwf EECON2
movlw 0xAA ; Second command
movwf EECON2
bsf EECON1,WR ; Write EEPROM
bcf EECON1,WREN ; Disable EEPROM writing
btfs EECON1,WR ; Test writing complete
goto $-1
bcf STATUS,RP0

return

EE_Read bsf STATUS,RP0 ; Load address for EEPROM reading
movwf EEADR
bsf EECON1,RD ; Read EEPROM
movf EEDATA,W ; Move data from EEPROM to W register
bcf STATUS,RP0

return

;*****
;*****
;*****
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

read_adc

```
BANKSEL    TRISB
BCF        TRISB,5
BCF        TRISB,6
BSF        TRISB,7
```

```
BANKSEL    PORTB                ; INITIAL PORT
BSF        CS
BCF        DCLK
BCF        D_IN
BCF        STATUS,0
CLRF       A_ADC_L
CLRF       A_ADC_H
MOVLW     .2
```

PRESTART

```
MOVWF     COUNT
BCF        CS
BSF        DCLK
BCF        DCLK
DECFSZ    COUNT
GOTO      $-3
BSF        A_ADC_L,4
```

```
BTFSCL    STATUS,0                ; START MSB
```

```
GOTO      $+7
BSF        DCLK
BCF        DCLK
RLF        A_ADC_L,1
BTFSCL    D_IN
BSF        A_ADC_L,0
GOTO      $-7
```

```
MOVF      A_ADC_L,0
MOVWF     A_ADC_H
CLRF      A_ADC_L
```

```
BSF        A_ADC_L,0
BCF        STATUS,0
```

```
BSF        DCLK
BCF        DCLK
RLF        A_ADC_L,1
BTFSCL    D_IN
BSF        A_ADC_L,0
```

```
BTFSCL    STATUS,0
GOTO      $-6
BSF        CS
```

return

END



FEATURES

Low V_{OS} : 75 μV Max
 Low V_{OS} Drift: 1.3 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ Max
 Ultrastable vs. Time: 1.5 $\mu\text{V}/\text{Month}$ Max
 Low Noise: 0.6 μV p-p Max
 Wide Input Voltage Range: ± 14 V
 Wide Supply Voltage Range: 3 V to 18 V
 Fits 725, 108A/308A, 741, AD510 Sockets
 125°C Temperature-Tested Dice

APPLICATIONS

Wireless Base Station Control Circuits
 Optical Network Control Circuits
 Instrumentation
 Sensors and Controls
 Thermocouples
 RTDs
 Strain Bridges
 Shunt Current Measurements
 Precision Filters

GENERAL DESCRIPTION

The OP07 has very low input offset voltage (75 μV max for OP07E) that is obtained by trimming at the wafer stage. These low offset voltages generally eliminate any need for external nulling. The OP07 also features low input bias current (± 4 nA for the OP07E) and high open-loop gain (200 V/mV for the OP07E). The low offsets and high open-loop gain make the OP07 particularly useful for high gain instrumentation applications. The wide input voltage range of ± 13 V minimum combined with a high CMRR of 106 dB (OP07E) and high input impedance provide high accuracy in the noninverting circuit configuration. Excellent linearity and gain accuracy can be maintained even at

high closed-loop gains. Stability of offsets and gain with time or variations in temperature is excellent. The accuracy and stability of the OP07, even at high gain, combined with the freedom from external nulling have made the OP07 an industry standard for instrumentation applications.

The OP07 is available in two standard performance grades. The OP07E is specified for operation over the 0°C to 70°C range, and the OP07C is specified over the -40°C to $+85^\circ\text{C}$ temperature range.

The OP07 is available in epoxy 8-lead PDIP and 8-lead SOIC. It is a direct replacement for 725, 108A, and OP05 amplifiers; 741 types may be directly replaced by removing the 741's nulling potentiometer. For improved specifications, see the OP177 or OP1177. For ceramic DIP and TO-99 packages and standard micro circuit (SMD) versions, see the OP77.

PIN CONNECTIONS

8-Lead PDIP (P-Suffix)
 8-Lead SOIC (S-Suffix)

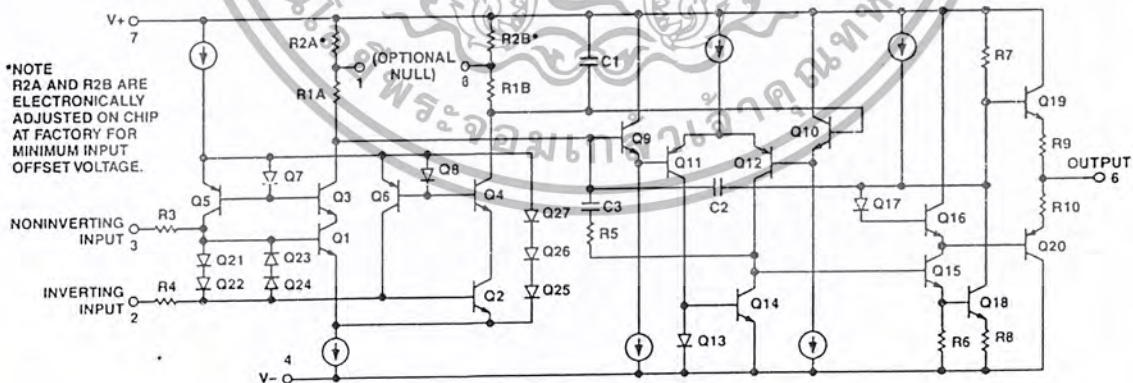
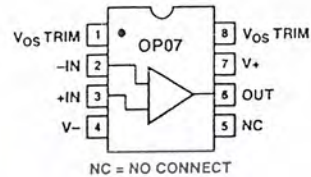


Figure 1. Simplified Schematic

REV. C

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective companies.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
 Tel: 781/329-4700 www.analog.com
 Fax: 781/326-8703 © 2003 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07—SPECIFICATIONS

OP07E ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			30	75	μV
Long-Term V_{OS} Stability ²	V_{OS}/Time			0.3	1.5	$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.5	3.8	nA
Input Bias Current	I_B			± 1.2	± 4.0	nA
Input Noise Voltage	e_n p-p	0.1 Hz to 10 Hz ³		0.35	0.6	$\mu\text{V p-p}$
Input Noise Voltage Density	e_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		10.3	18.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}^3$		10.0	13.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		9.6	11.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Noise Current	I_n p-p			14	30	pA p-p
Input Noise Current Density	I_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		0.32	0.80	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}^3$		0.14	0.23	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		0.12	0.17	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Resistance—Differential Mode ⁴	R_{IN}		15	50		M Ω
Input Resistance—Common-Mode	R_{INCM}			160		G Ω
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 14		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	106	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$	5	20		$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	200	500		V/mV
		$R_L \geq 500\text{ }\Omega$, $V_O = \pm 0.5\text{ V}$, $V_S = \pm 3\text{ V}^4$	150	400		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	± 12.5	± 13.0		V
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 12.0	± 12.8		V
		$R_L \geq 1\text{ k}\Omega$	± 10.5	± 12.0		V
DYNAMIC PERFORMANCE						
Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega^3$	0.1	0.3		V/ μs
Closed-Loop Bandwidth	BW	$A_{VOL} = 1^5$	0.4	0.6		MHz
Closed-Loop Output Resistance	R_O	$V_O = 0$, $I_O = 0$		60		Ω
Power Consumption	P_d	$V_S = \pm 15\text{ V}$, No Load		75	120	mW
		$V_S = \pm 3\text{ V}$, No Load		4	6	mW
Offset Adjustment Range		$R_p = 20\text{ k}\Omega$		± 4		mV

NOTES
¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.
²Long-term input offset voltage stability refers to the averaged trend time of V_{OS} vs. the time over extended periods after the first 30 days of operation. Excluding the initial hour of operation, changes in V_{OS} during the first 30 operating days are typically $2.5\text{ }\mu\text{V}$, refer to the typical performance characteristics. Parameter is sample tested.
³Sample tested.
⁴Guaranteed by design.
⁵Guaranteed but not tested.
 Specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07C ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			60	150	μV
Long-Term V_{OS} Stability ²	V_{OS}/Time			0.4	2.0	$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.8	6.0	nA
Input Bias Current	I_B			± 1.8	± 7.0	nA
Input Noise Voltage	e_n p-p	0.1 Hz to 10 Hz ³		0.38	0.65	μV p-p
Input Noise Voltage Density	e_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		10.5	20.0	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}$ ³		10.2	13.5	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		9.8	11.5	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Noise Current	I_n p-p			15	35	pA p-p
Input Noise Current Density	I_n	$f_0 = 10\text{ Hz}$		0.35	0.90	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 100\text{ Hz}$ ³		0.15	0.27	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_0 = 1\text{ kHz}$		0.13	0.18	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Resistance—Differential Mode ⁴	R_{IN}		8	33		M Ω
Input Resistance—Common-Mode	R_{INCM}			120		G Ω
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 14		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	100	120		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$		7	32	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	120	400		V/mV
		$R_L \geq 500\ \Omega$, $V_O = \pm 0.5\text{ V}$, $V_S = \pm 3\text{ V}$ ⁵	100	400		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	± 12.0	± 13.0		V
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 11.5	± 12.8		V
		$R_L \geq 1\text{ k}\Omega$		± 12.0		V
DYNAMIC PERFORMANCE						
Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ ³	0.1	0.3		$\text{V}/\mu\text{s}$
Closed-Loop Bandwidth	BW	$A_{VOL} = 1$ ⁵	0.4	0.6		MHz
Closed-Loop Output Resistance	R_O	$V_O = 0$, $I_O = 0$		60		Ω
Power Consumption	P_d	$V_S = \pm 15\text{ V}$, No Load		80	150	mW
		$V_S = \pm 3\text{ V}$, No Load		4	8	mW
Offset Adjustment Range		$R_p = 20\text{ k}\Omega$		± 4		mV

- NOTES**
- ¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.
- ²Long-term input offset voltage stability refers to the averaged trend time of V_{OS} vs. the time over extended periods after the first 30 days of operation. Excluding the initial hour of operation, changes in V_{OS} during the first 30 operating days are typically 2.5 μV , refer to the typical performance characteristics. Parameter is sample tested.
- ³Sample tested.
- ⁴Guaranteed by design.
- ⁵Guaranteed but not tested.
- Specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07—SPECIFICATIONS

OP07E ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15\text{ V}$, $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			45	130	μV
Voltage Drift without External Trim ²	TCV_{OS}			0.3	1.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Voltage Drift with External Trim ³	TCV_{OSN}	$R_P = 20\text{ k}\Omega$		0.3	1.3	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.9	5.3	nA
Input Offset Current Drift	TCI_{OS}			8	35	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	I_B			± 1.5	± 5.5	nA
Input Bias Current Drift	TCI_B			13	35	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 13.5		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	103	123		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$		7	32	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	180	450		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	± 12	± 12.6		V

NOTES
¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.
²Guaranteed by design.
³Sample tested.
 Specifications subject to change without notice.

OP07C ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15\text{ V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Offset Voltage ¹	V_{OS}			85	250	μV
Voltage Drift without External Trim ²	TCV_{OS}			0.5	1.8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Voltage Drift with External Trim ³	TCV_{OSN}	$R_P = 20\text{ k}\Omega$		0.4	1.8	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	I_{OS}			1.6	8.0	nA
Input Offset Current Drift	TCI_{OS}			12	50	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	I_B			± 2.2	± 9.0	nA
Input Bias Current Drift	TCI_B			18	50	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Voltage Range	IVR		± 13	± 13.5		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	97	120		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$		10	51	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$	100	400		V/mV
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Swing	V_O	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	± 11	± 12.6		V

NOTES
¹Input offset voltage measurements are performed by automated test equipment approximately 0.5 seconds after application of power.
²Guaranteed by design.
³Sample tested.
 Specifications subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS¹

Supply Voltage (V _S)	±22 V
Input Voltage ²	±22 V
Differential Input Voltage	±30 V
Output Short-Circuit Duration	Indefinite
Storage Temperature Range	
S, P Packages	-65°C to +125°C
Operating Temperature Range	
OP07E	0°C to 70°C
OP07C	-40°C to +85°C
Junction Temperature Range	150°C
Lead Temperature Range (Soldering, 60 sec)	300°C

Package Type	θ _{JA} *	θ _{JC}	Unit
8-Lead PDIP (P)	103	43	°C/W
8-Lead SOIC (S)	158	43	°C/W

*θ_{JA} is specified for worst-case conditions, i.e., θ_{JA} is specified for device in socket for PDIP package, and θ_{JA} is specified for device soldered to printed circuit board for SOIC package.

NOTES

¹Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating; functional operation of the device at these or any other conditions above those listed in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

²For supply voltages less than ±22 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

ORDERING GUIDE

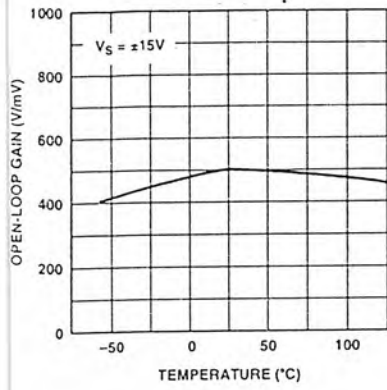
Model	Temperature Range	Package Description	Package Option
OP07EP	0°C to 70°C	8-Lead PDIP	P-8
OP07CP	-40°C to +85°C	8-Lead PDIP	P-8
OP07CS	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC	S-8
OP07CS-REEL7	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC	S-8
OP07CS-REEL7	-40°C to +85°C	8-Lead SOIC	S-8

CAUTION

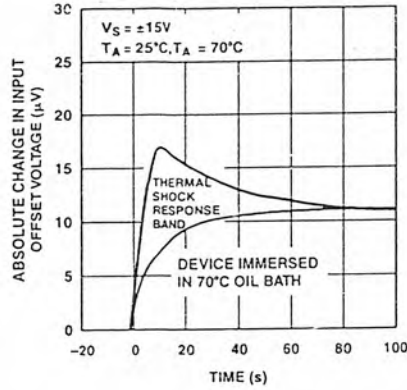
ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although the OP07 features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



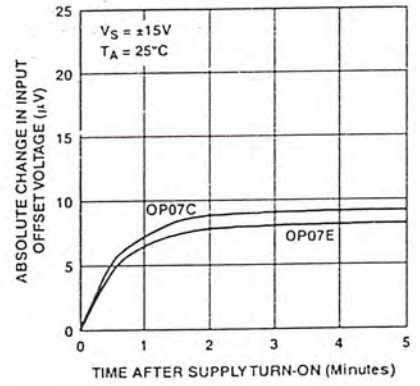
OP07 – Typical Performance Characteristics



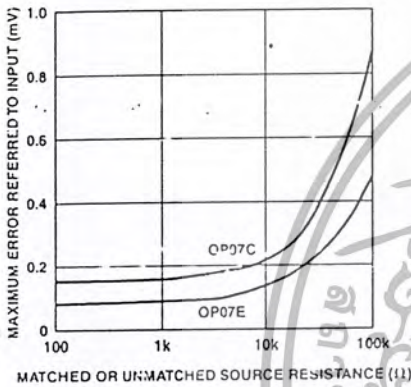
TPC 1. Open-Loop Gain vs. Temperature



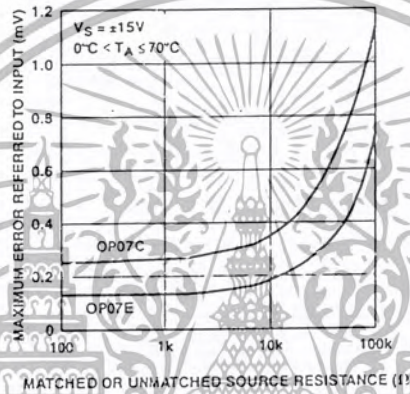
TPC 2. Offset Voltage Change due to Thermal Shock



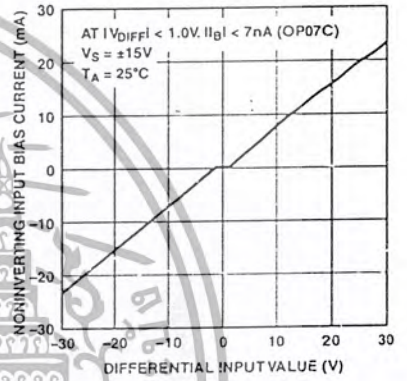
TPC 3. Warm-Up Drift



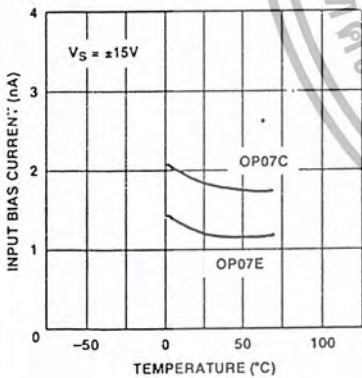
TPC 4. Maximum Error vs. Source Resistance



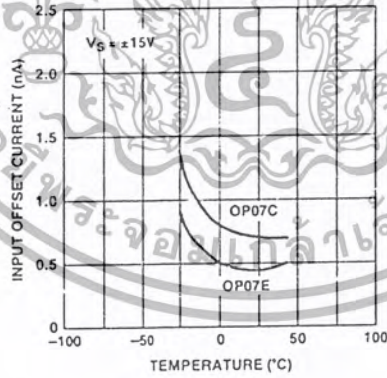
TPC 5. Maximum Error vs. Source Resistance



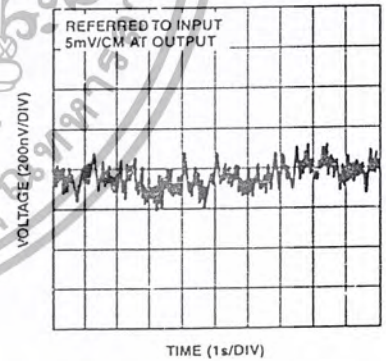
TPC 6. Input Bias Current vs. Differential Input Voltage



TPC 7. Input Bias Current vs. Temperature

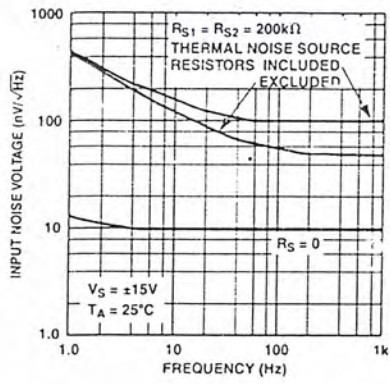


TPC 8. Input Offset Current vs. Temperature

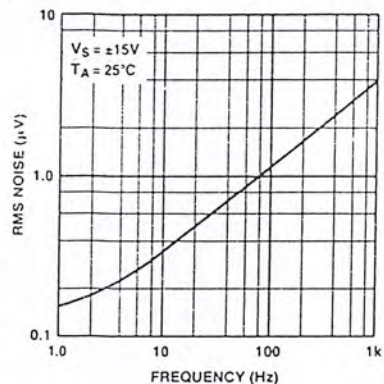


TPC 9. Low Frequency Noise

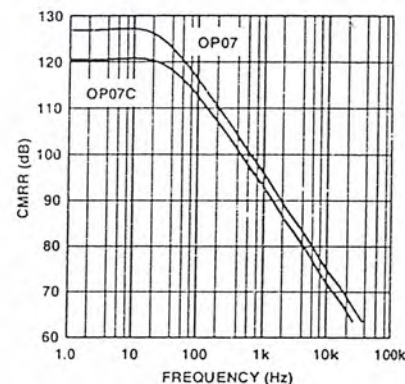
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



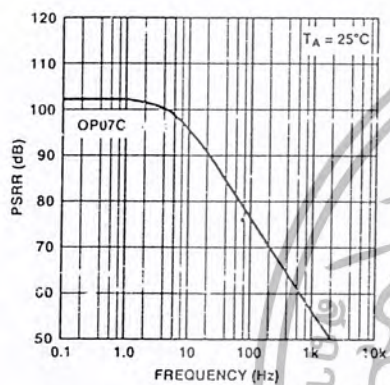
TPC 10. Total Input Noise Voltage vs. Frequency



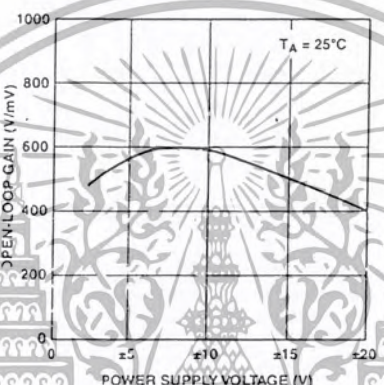
TPC 11. Input Wideband Noise vs. Bandwidth (0.1 Hz to Frequency Indicated)



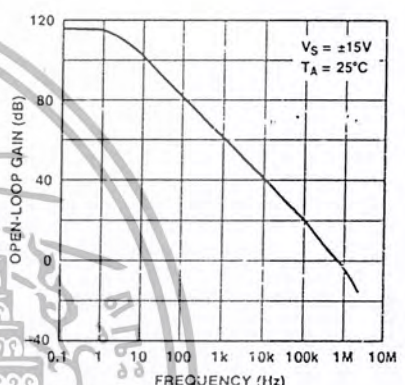
TPC 12. CMRR vs. Frequency



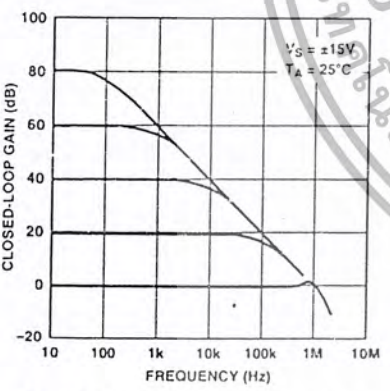
TPC 13. PSRR vs. Frequency



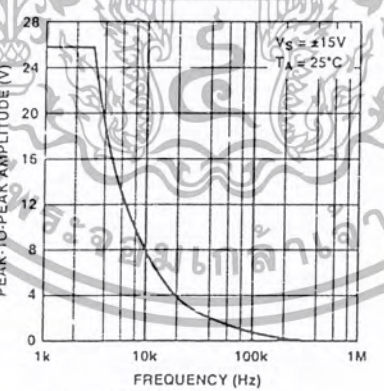
TPC 14. Open-Loop Gain vs. Power Supply Voltage



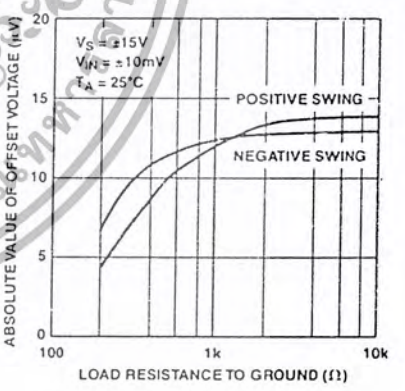
TPC 15. Open-Loop Frequency Response



TPC 16. Closed-Loop Response for Various Gain Configurations



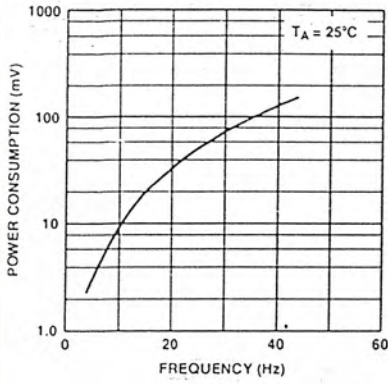
TPC 17. Maximum Output Swing vs. Frequency



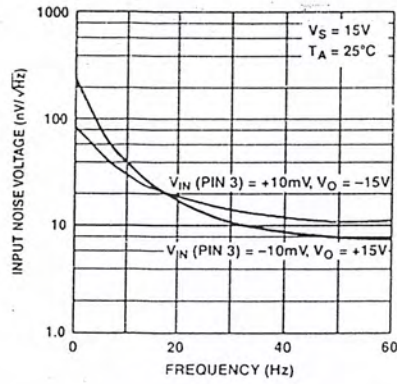
TPC 18. Maximum Output Voltage vs. Load Resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

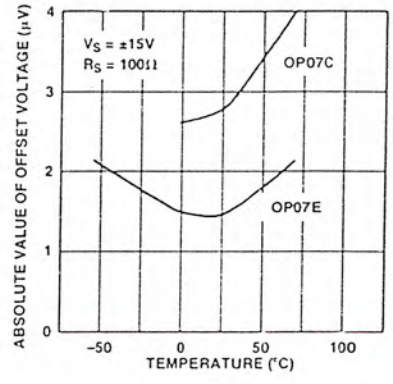
OP07



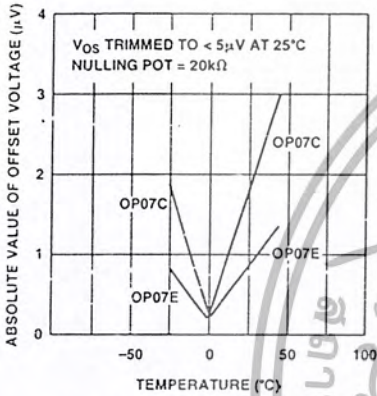
TPC 19. Power Consumption vs. Power Supply



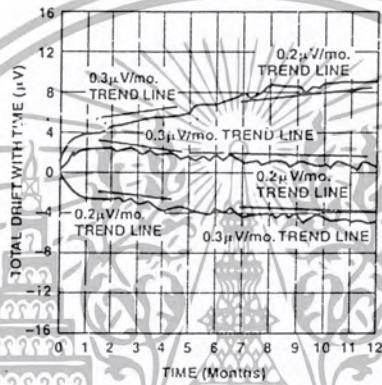
TPC 20. Output Short-Circuit Current vs. Time



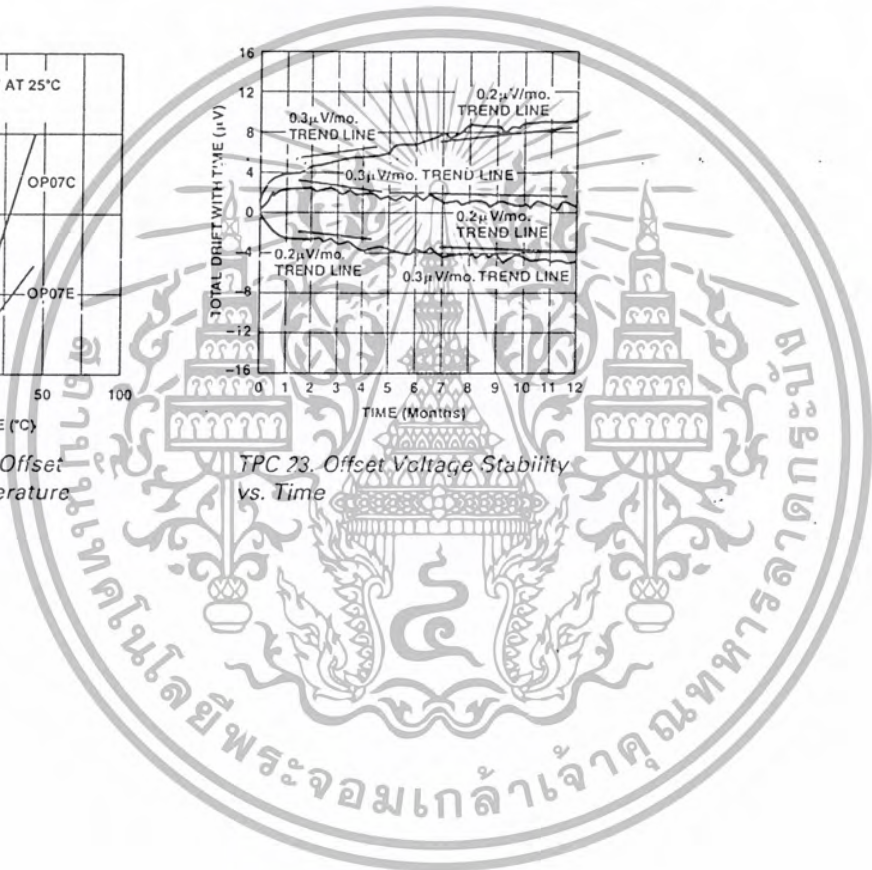
TPC 21. Untrimmed Offset Voltage vs. Temperature



TPC 22. Trimmed Offset Voltage vs. Temperature



TPC 23. Offset Voltage Stability vs. Time



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

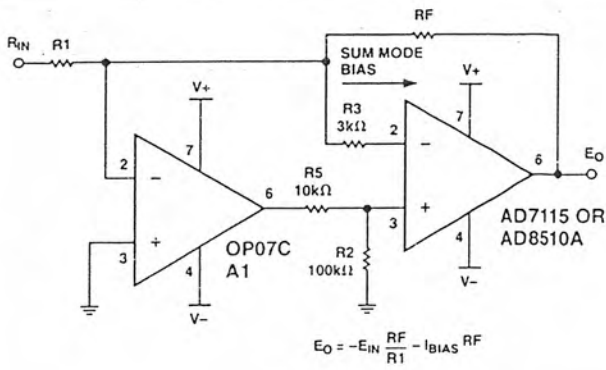


Figure 2. Typical Offset Voltage Test Circuit

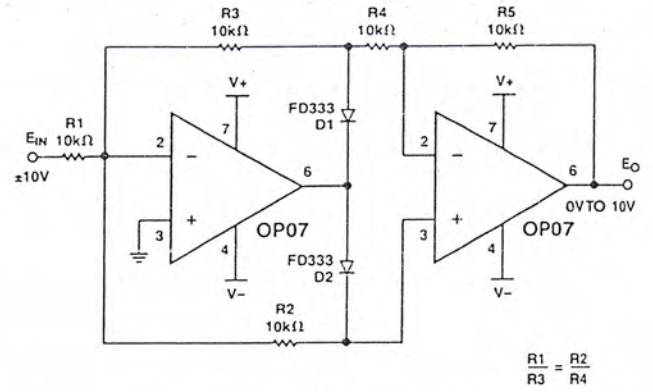


Figure 5. Burn-In Circuit

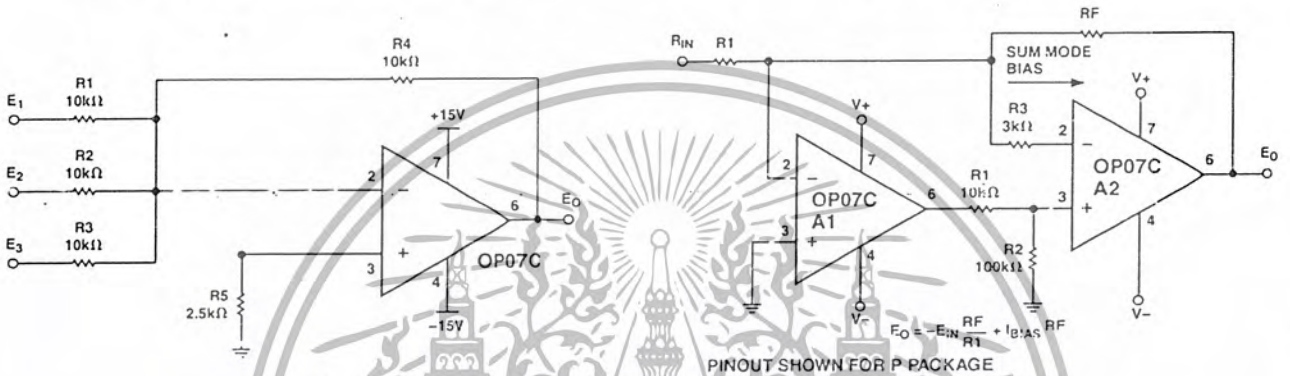


Figure 3. Typical Low Frequency Noise Circuit

Figure 6. High Speed, Low Vos Composite Amplifier

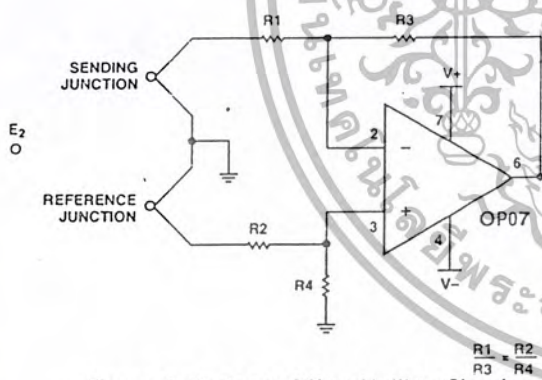


Figure 4. Optional Offset Nulling Circuit

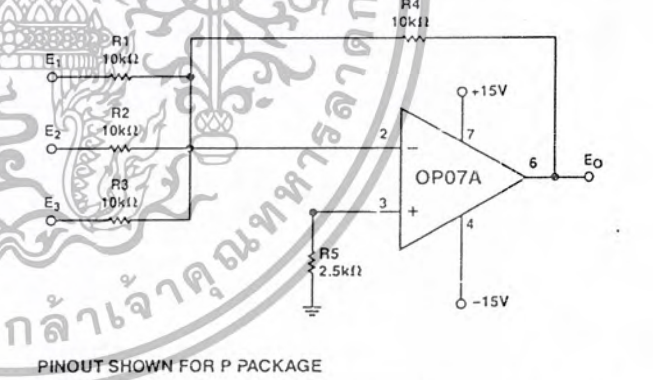
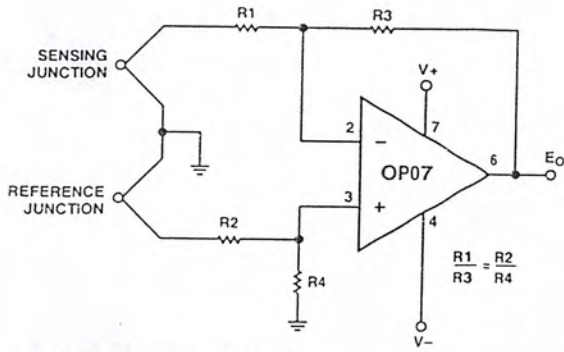


Figure 7. Adjustment-Free Precision Summing Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07

TYPICAL APPLICATIONS



PINOUT SHOWN FOR P PACKAGE

Figure 8. High Stability Thermocouple Amplifier

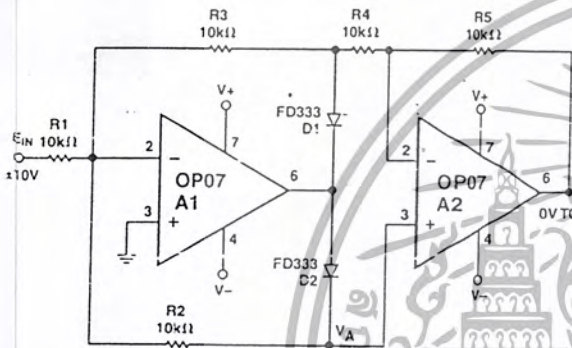
APPLICATIONS INFORMATION

The OP07 series units may be substituted directly into 725, 108A/308A, and OP05 sockets with or without removal of external compensation or nulling components. Additionally, the OP07 may be used in unnull'd 741 type sockets. However, if conventional 741 nulling circuitry is in use, it should be modified or removed to enable proper OP07 operation. The OP07 offset voltage may be nulled to 0 through use of a potentiometer (see offset nulling circuit diagram).

PRECISION ABSOLUTE-VALUE CIRCUIT

The OP07 provides stable operation with load capacitance of up to 500 pF and ± 10 V swings; larger capacitances should be decoupled with a 50 Ω decoupling resistor.

Stray thermoelectric voltages generated by dissimilar metals at the contacts to the input terminals can degrade drift performance. Therefore, best operation will be obtained when both input contacts are maintained at the same temperature, preferably close to the package temperature.



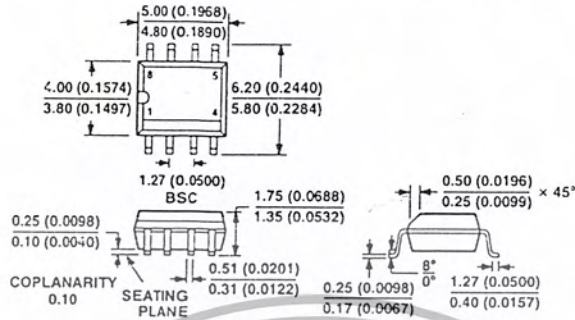
PINOUT SHOWN FOR P PACKAGE

Figure 9. Precision Absolute-Value Circuit

OUTLINE DIMENSIONS

8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC]
Narrow Body
S-Suffix
(R-8)

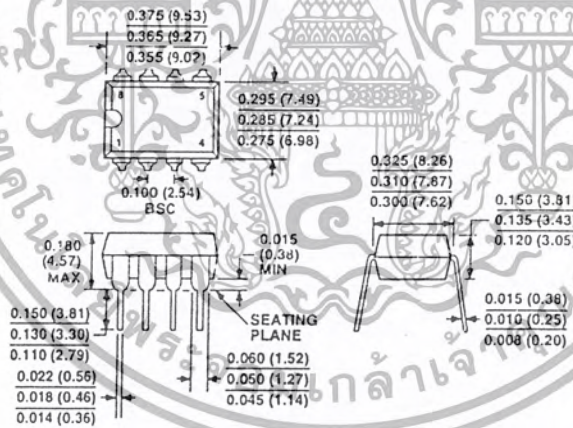
Dimensions shown in millimeters and (inches)



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012AA
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN

8-Lead Plastic Dual-in-Line Package [PDIP]
P-Suffix
(N-8)

Dimensions shown in inches and (millimeters)



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-095AA
CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN INCHES; MILLIMETER DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF INCH EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Revision History

Location	Page
8/03—Data Sheet changed from REV. B to REV. C.	
Changes to OP07E ELECTRICAL SPECIFICATIONS	2
Changes to OP07C ELECTRICAL SPECIFICATIONS	3
Edits to ORDERING GUIDE	5
Edits to Figure 6	9
Updated OUTLINE DIMENSIONS	11
3/03—Data Sheet changed from REV. A to REV. B.	
Updated Package Titles	Universal
Updated OUTLINE DIMENSIONS	11
2/02—Data Sheet changed from REV. 0 to REV. A.	
Edits to FEATURES	1
Edits to ORDERING GUIDE	1
Edits to PIN CONNECTION drawings	1
Edits to ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS	2
Deleted ELECTRICAL CHARACTERISTICS	2-3
Deleted OP07D Column from ELECTRICAL CHARACTERISTICS	4-5
Edits to TPCs	7-9
Edits to HIGH-SPEED, LOW V_{OS} COMPOSITE AMPLIFIER	9

C00316-0-8/03(C)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14069UB

Hex Inverter

The MC14069UB hex inverter is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These inverters find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. Each of the six inverters is a single stage to minimize propagation delays.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-Power TTL Loads or One Low-Power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Triple Diode Protection on All Inputs (see Page 5-2)
- Pin-for-Pin Replacement for CD4069UB
- Meets JEDEC UB Specifications

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

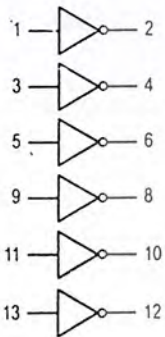
Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage	-0.5 to +18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	-0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T _{stg}	Storage Temperature	-55 to +150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

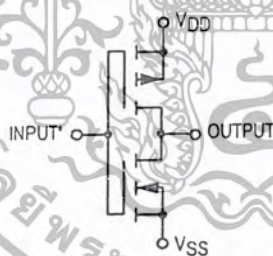
† Temperature Derating:

Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: - 12 mW/°C From 100°C To 125°C

LOGIC DIAGRAM



CIRCUIT SCHEMATIC
(1/6 OF CIRCUIT SHOWN)



* Double diode protection on all inputs not shown.

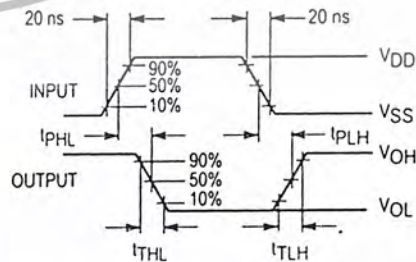
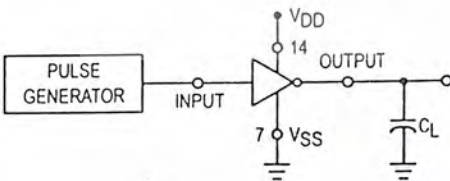


Figure 1. Switching Time Test Circuit and Waveforms



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 632



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 646



D SUFFIX
SOIC
CASE 751A

ORDERING INFORMATION

MC14XXXUBCP Plastic
MC14XXXUBCL Ceramic
MC14XXXUBD SOIC

T_A = -55° to 125°C for all packages.

PIN ASSIGNMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	- 55°C		25°C			125°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ #	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} = V _{DD} V _{in} = 0	"0" Level V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
	"1" Level V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage (V _O = 4.5 Vdc) (V _O = 9.0 Vdc) (V _O = 13.5 Vdc) (V _O = 0.5 Vdc) (V _O = 1.0 Vdc) (V _O = 1.5 Vdc)	"0" Level V _{IL}	5.0	—	1.0	—	2.25	1.0	—	1.0	Vdc
		10	—	2.0	—	4.50	2.0	—	2.0	
		15	—	2.5	—	6.75	2.5	—	2.5	
	"1" Level V _{IH}	5.0	4.0	—	4.0	2.75	—	4.0	—	Vdc
		10	8.0	—	8.0	5.50	—	8.0	—	
		15	12.5	—	12.5	8.25	—	12.5	—	
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-3.0	—	-2.4	-4.2	—	-1.7	—	mAdc
		5.0	-0.64	—	-0.51	-0.88	—	-0.36	—	
		10	-1.6	—	-1.3	-2.25	—	-0.9	—	
		15	-4.2	—	-3.4	-8.8	—	-2.4	—	
	Sink I _{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	—		
Input Current	I _{in}	15	—	± 0.1	—	± 0.00001	± 0.1	—	± 1.0	μAdc
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	0.25	—	0.0005	0.25	—	7.5	μAdc
		10	—	0.5	—	0.0010	0.5	—	15	
		15	—	1.0	—	0.0015	1.0	—	30	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Gate) (C _L = 50 pF)	I _T	5.0 10 15	I _T = (0.3 μA/kHz) f + I _{DD} /6 I _T = (0.6 μA/kHz) f + I _{DD} /6 I _T = (0.9 μA/kHz) f + I _{DD} /6							μAdc
Output Rise and Fall Times** (C _L = 50 pF) t _{TLH} , t _{THL} = (1.35 ns/pF) C _L + 33 ns t _{TLH} , t _{THL} = (0.60 ns/pF) C _L + 20 ns t _{TLH} , t _{THL} = (0.40 ns/pF) C _L + 20 ns	t _{TLH} , t _{THL}	5.0	—	—	—	100	200	—	—	ns
		10	—	—	—	50	100	—	—	
		10	—	—	—	50	100	—	—	
		15	—	—	—	40	80	—	—	
Propagation Delay Times** (C _L = 50 pF) t _{PLH} , t _{PHL} = (0.90 ns/pF) C _L + 20 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.36 ns/pF) C _L + 22 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.26 ns/pF) C _L + 17 ns	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0	—	—	—	65	125	—	—	ns
		10	—	—	—	40	75	—	—	
		10	—	—	—	40	75	—	—	
		15	—	—	—	30	55	—	—	

#Data labeled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) \text{ vk}$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} - V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.002.

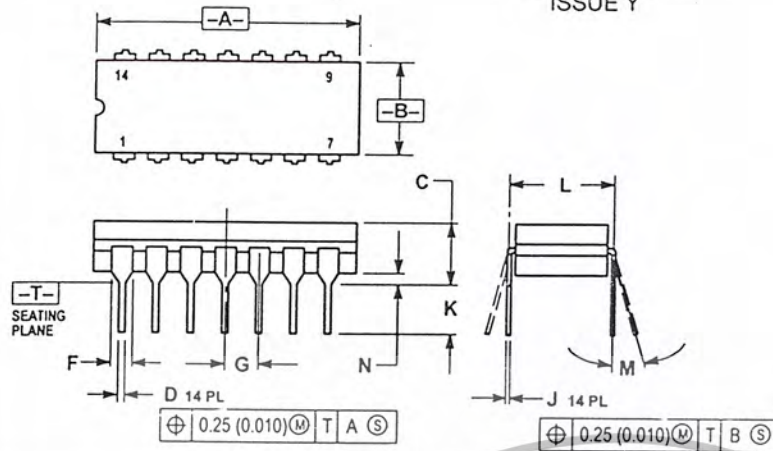
This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

L SUFFIX CERAMIC DIP PACKAGE CASE 632-08 ISSUE Y

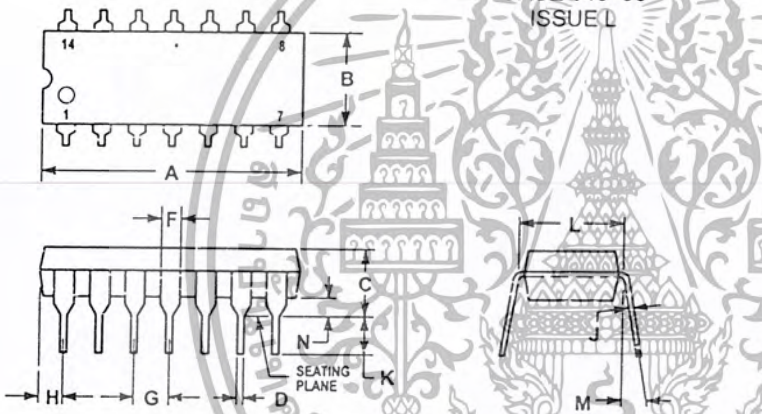


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION F MAY NARROW TO 0.075 (0.030) WHERE THE LEAD ENTERS THE CERAMIC BODY.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.750	0.785	19.05	19.94
B	0.245	0.280	6.23	7.11
C	0.155	0.200	3.94	5.08
D	0.015	0.020	0.39	0.50
F	0.055	0.065	1.40	1.65
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.125	0.170	3.18	4.31
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.020	0.040	0.51	1.01

P SUFFIX PLASTIC DIP PACKAGE CASE 646-06 ISSUE L



NOTES:

1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

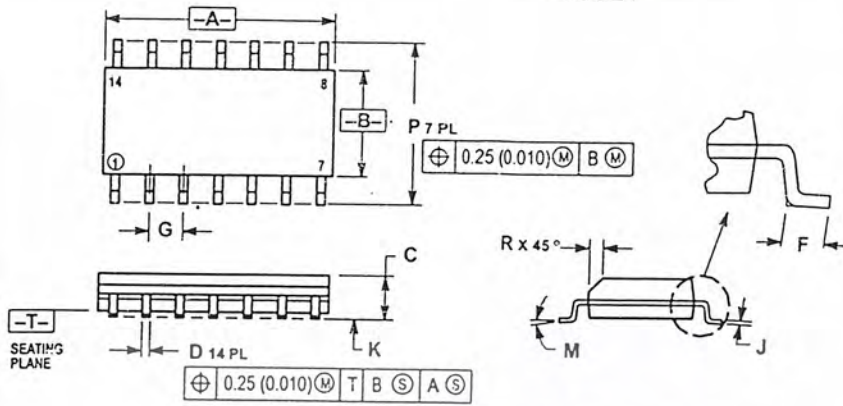
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

OUTLINE DIMENSIONS

D SUFFIX PLASTIC SOIC PACKAGE CASE 751A-03 ISSUE F

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.



DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and μ are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

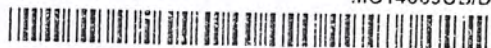
JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mct.com - TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629293



MC14069UE/D



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quad Element Detector LHi 1148

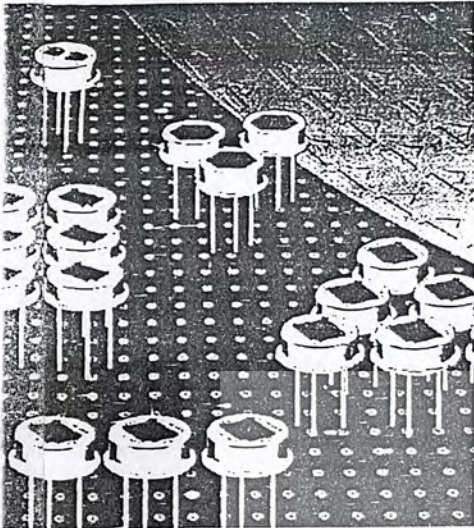
Four elements in two pairs

Two FET outputs, inverse polarity

Designed for redundant PIR alarms

The LHi 1148 pyroelectric infrared detector is designed for high end PIR alarm applications. It includes a Quad type pyroelectric ceramic with 4 sensitive elements connected to two FET source follower circuits. Thus it provides for dual channel output. One channel is inverse to the other.

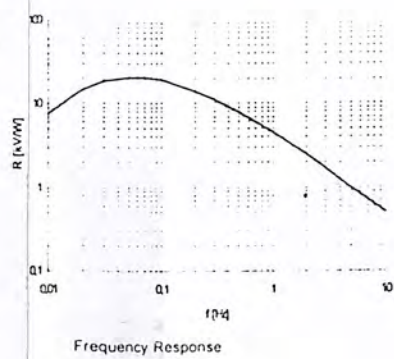
The LHi 1148 detector is available in TO-5 housing with standard infrared filter. It offers excellent common mode performance (match) and low noise.



Parameters	LHi 1148			units	condition
	min	typical	max		
Element size		1.375x1		mm ²	(4 elements)
Responsivity	3.500	4.500		V/W	100°C, 1 Hz
Match		1	10	%	
Noise		30	75	μV/√Hz	25°C, 0.3...10Hz
Offset Voltage	0.2		1.55	V	R _s = 47kΩ, 25°C
NEP		8.6x10 ⁻¹⁰	28x10 ⁻¹⁰	W/√Hz	1Hz Bw, 100°C, 1 Hz
D*	5x10 ¹⁰	14x10 ¹⁰		cm ² √Hz/W	1Hz Bw 100°C, 1 Hz
Output Impedance		5	10	kΩ	R _s = 47kΩ, 25°C
Operating Voltage	2		15	V	R _s = 47kΩ, 25°C
Field of View, horizontal		108°			unobstructed
Field of View, vertical		67°			unobstructed
Operating Temp.	-40		85	°C	non permanent
Storage Temperature	-40		85	°C	non permanent



Right for modification reserved / V



Dimensions in mm

Europe: PerkinElmer Optoelectronics GmbH, Wenzel Jaksch Str 31, Wiesbaden / Germany, Phone +49(0)611 492 0, Fax +49(0)611 492 170
 USA: PerkinElmer Optoelectronics, 2175 Mission College Blvd, Santa Clara, CA 95051, Phone +408 565 0830, Fax +408 565 0703
 Asia: PerkinElmer Optoelectronics, 47, Ayer Rajah Crescent #08-12, Singapore 139947, Phone +65 775 2022, Fax +65 775 1008



FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F627
- PIC16F628

Referred to collectively as PIC16F62X

High Performance RISC CPU:

- Only 35 instructions to learn
- All single cycle instructions (200 ns), except for program branches which are two-cycle
- Operating speed:
 - DC - 20 MHz clock input
 - DC - 200 ns instruction cycle

Device	Memory		
	FLASH Program	RAM Data	EEPROM Data
PIC16F627	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F628	2048 x 14	224 x 8	128 x 8

- Interrupt capability
- 16 special function hardware registers
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative addressing modes

Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM (CCP) module
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit

- Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI
- 16 Bytes of common RAM

Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Multiplexed MCLR-pin
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Programmable code protection
- Low voltage programming
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
 - FLASH configuration bits for oscillator options
 - ER (External Resistor) oscillator
 - Reduced part count
 - Dual speed INTRC
 - Lower current consumption
 - EC External Clock input
 - XT Oscillator mode
 - HS Oscillator mode
 - LP Oscillator mode
- In-circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Four user programmable ID locations

CMOS Technology:

- Low power, high speed CMOS FLASH technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range
 - PIC16F627 - 3.0V to 5.5V
 - PIC16F628 - 3.0V to 5.5V
 - PIC16LF627 - 2.0V to 5.5V
 - PIC16LF628 - 2.0V to 5.5V
- Commercial, industrial and extended temperature range
- Low power consumption
 - < 2.0 mA @ 5.0V, 4.0 MHz
 - 15 µA typical @ 3.0V, 32 kHz
 - < 1.0 µA typical standby current @ 3.0V

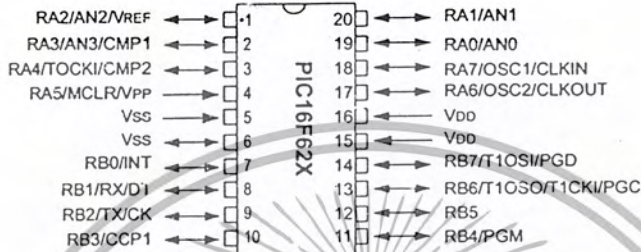
PIC16F62X

Pin Diagrams

PDIP, SOIC



SSOP



Device Differences

Device	Voltage Range	Oscillator	Process Technology (Microns)
PIC16F627	3.0 - 5.5	(Note 1)	0.7
PIC16F628	3.0 - 5.5	(Note 1)	0.7
PiC16LF627	2.0 - 5.5	(Note 1)	0.7
PIC16LF628	2.0 - 5.5	(Note 1)	0.7

Note 1: If you change from this device to another device, please verify oscillator characteristics in your application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 PIC16F62X DEVICE VARIETIES

A variety of frequency ranges and packaging options are available. Depending on application and production requirements, the proper device option can be selected using the information in the PIC16F62X Product Identification System section (Page 167) at the end of this data sheet. When placing orders, please use this page of the data sheet to specify the correct part number.

1.1 FLASH Devices

FLASH devices can be erased and reprogrammed electrically. This allows the same device to be used for prototype development, pilot programs and production.

A further advantage of the electrically-erasable FLASH is that it can be erased and reprogrammed in-circuit, or by device programmers, such as Microchip's PICSTART[®] Plus, or PRO MATE[®] II programmers.

1.2 Quick-Turnaround Production (QTP) Devices

Microchip offers a QTP Programming Service for factory production orders. This service is made available for users who chose not to program a medium-to-high quantity of units and whose code patterns have stabilized. The devices are standard FLASH devices but with all program locations and configuration options already programmed by the factory. Certain code and prototype verification procedures apply before production shipments are available. Please contact your Microchip Technology sales office for more details.

1.3 Serialized Quick-Turnaround Production (SQTPsm) Devices

Microchip offers a unique programming service where a few user-defined locations in each device are programmed with different serial numbers. The serial numbers may be random, pseudo-random or sequential.

Serial programming allows each device to have a unique number which can serve as an entry-code, password or ID number.



2.0 ARCHITECTURAL OVERVIEW

The high performance of the PIC16F62X family can be attributed to a number of architectural features commonly found in RISC microprocessors. To begin with, the PIC16F62X uses a Harvard architecture, in which, program and data are accessed from separate memories using separate buses. This improves bandwidth over traditional Von Neumann architecture where program and data are fetched from the same memory. Separating program and data memory further allows instructions to be sized differently than 8-bit wide data word. Instruction opcodes are 14-bits wide making it possible to have all single-word instructions. A 14-bit wide program memory access bus fetches a 14-bit instruction in a single cycle. A two-stage pipeline overlaps fetch and execution of instructions. Consequently, all instructions (35) execute in a single cycle (200 ns @ 20 MHz) except for program branches.

The Table below lists program memory (FLASH, Data and EEPROM).

TABLE 2-1: DEVICE DESCRIPTION

Device	Memory		
	FLASH Program	RAM Data	EEPROM Data
PIC15F627	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F628	2048 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16LF627	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16LF628	2048 x 14	224 x 8	128 x 8

The PIC16F62X can directly or indirectly address its register files or data memory. All Special Function registers, including the program counter, are mapped in the data memory. The PIC16F62X have an orthogonal (symmetrical) instruction set that makes it possible to carry out any operation, on any register, using any Addressing mode. This symmetrical nature, and lack of 'special optimal situations' make programming with the PIC16F62X simple yet efficient. In addition, the learning curve is reduced significantly.

The PIC16F62X devices contain an 8-bit ALU and working register. The ALU is a general purpose arithmetic unit. It performs arithmetic and Boolean functions between data in the working register and any register file.

The ALU is 8-bit wide and capable of addition, subtraction, shift and logical operations. Unless otherwise mentioned, arithmetic operations are two's complement in nature. In two-operand instructions, typically one operand is the working register (W register). The other operand is a file register or an immediate constant. In single operand instructions, the operand is either the W register or a file register.

The W register is an 8-bit working register used for ALU operations. It is not an addressable register.

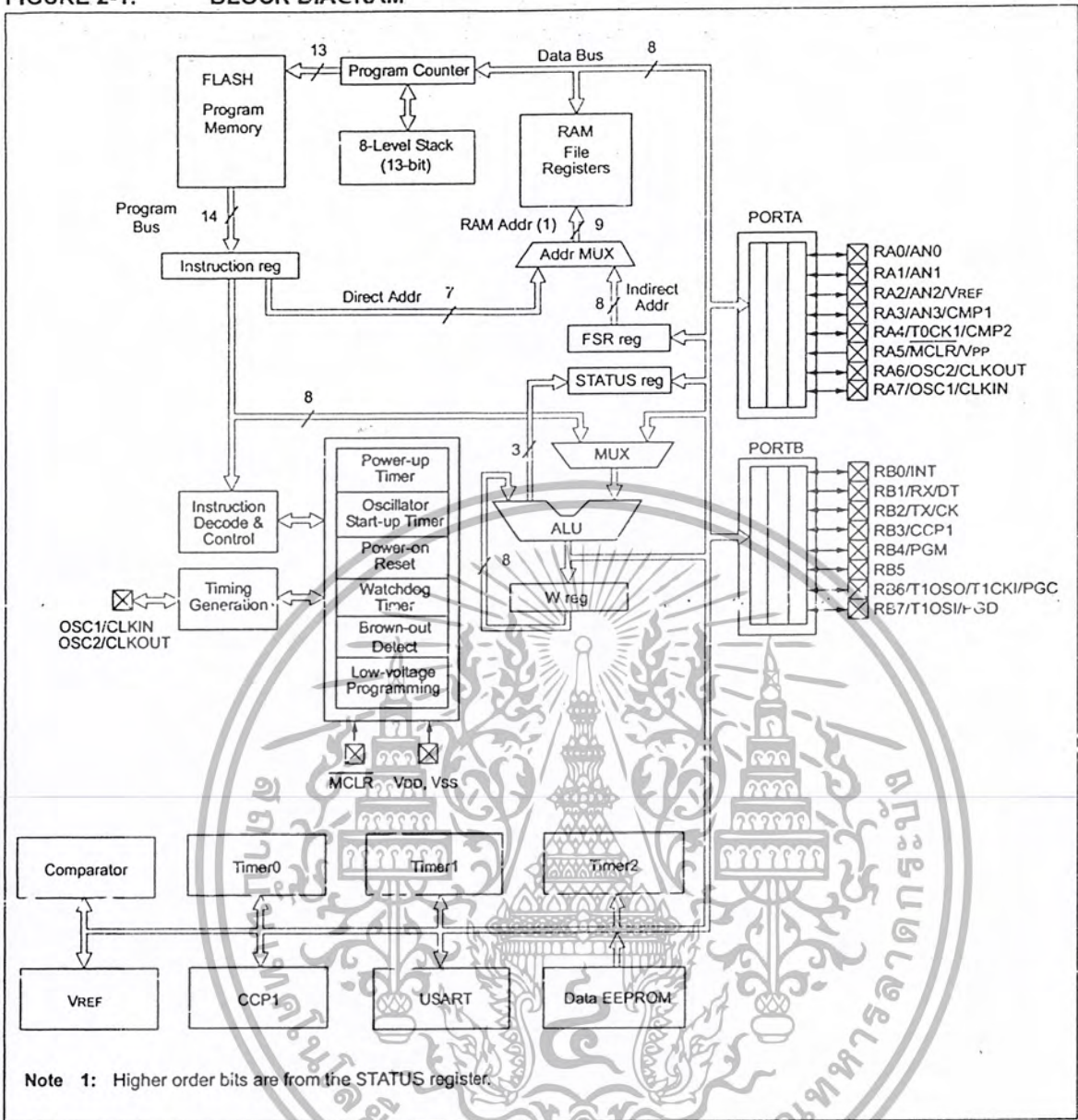
Depending on the instruction executed, the ALU may affect the values of the Carry (C), Digit Carry (DC), and Zero (Z) bits in the STATUS register. The C and DC bits operate as a Borrow and Digit Borrow out bit, respectively, bit in subtraction. See the `SUBLW` and `SUBWF` instructions for examples.

A simplified block diagram is shown in Figure 2-1, and a description of the device pins in Table 2-1.

Two types of data memory are provided on the PIC16F62X devices. Non-volatile EEPROM data memory is provided for long term storage of data such as calibration values, lookup table data, and any other data which may require periodic updating in the field. This data is not lost when power is removed. The other data memory provided is regular RAM data memory. Regular RAM data memory is provided for temporary storage of data during normal operation. It is lost when power is removed.

PIC16F62X

FIGURE 2-1: BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 2-1: PIC16F62X PINOUT DESCRIPTION

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RA0/AN0	RA0	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN0	AN	—	Analog comparator input
RA1/AN1	RA1	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN1	AN	—	Analog comparator input
RA2/AN2/VREF	RA2	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN2	AN	—	Analog comparator input
	VREF	—	AN	VREF output
RA3/AN3/CMP1	RA3	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN3	AN	—	Analog comparator input
	CMP1	—	CMOS	Comparator 1 output
RA4/T0CKI/CMP2	RA4	ST	OD	Bi-directional I/O port
	T0CKI	ST	—	Timer0 clock input
	CMP2	—	OD	Comparator 2 output
RA5/MCLR/VPP	RA5	ST	—	Input port
	MCLR	ST	—	Master clear
	VPP	—	—	Programming voltage input. When configured as MCLR, this pin is an active low RESET to the device. Voltage on MCLR/VPP must not exceed V _{DD} during normal device operation.
RA6/OSC2/CLKOUT	RA6	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	OSC2	XTAL	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode.
	CLKOUT	—	CMOS	In ER/INTRC mode, OSC2 pin can output CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1.
RA7/OSC1/CLKIN	RA7	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	OSC1	XTAL	—	Oscillator crystal input
	CLKIN	ST	—	External clock source input, ER biasing pin.
RB0/INT	RB0	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	INT	ST	—	External interrupt.
RB1/RX/DT	RB1	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	RX	ST	—	USART receive pin
	DT	ST	CMOS	Synchronous data I/O.
RB2/TX/CK	RB2	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port.
	TX	—	CMOS	USART transmit pin
	CK	ST	CMOS	Synchronous clock I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB3/CCP1	RB3	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	CCP1	ST	CMOS	Capture/Compare/PWM I/O

Legend: O = Output
 — = Not used
 TTL = TTL Input

CMOS = CMOS Output
 I = Input
 OD = Open Drain Output

P = Power
 ST = Schmitt Trigger Input
 AN = Analog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F62X

TABLE 2-1: PIC16F62X PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RB4/PGM	RB4	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	PGM	ST	—	Low voltage programming input pin. Interrupt-on-pin change. When low voltage programming is enabled, the interrupt-on-pin change and weak pull-up resistor are disabled.
RB5	RB5	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB6/T1OSO/T1CKI/PGC	RB6	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSO	—	XTAL	Timer1 oscillator output.
	T1CKI	ST	—	Timer1 clock input.
	PGC	ST	—	ICSP™ Programming Clock.
RB7/T1OSI/PGD	RB7	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSI	XTAL	—	Timer1 oscillator input. Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	PGD	ST	CMOS	ICSP Data I/O
Vss	Vss	Power	—	Ground reference for logic and I/O pins
VDD	VDD	Power	—	Positive supply for logic and I/O pins

Legend: O = Output
 — = Not used
 TTL = TTL Input
 CMOS = CMOS Output
 ST = Input
 OD = Open Drain Output
 P = Power
 ST = Schmitt Trigger Input
 AN = Analog



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 Clocking Scheme/Instruction Cycle

The clock input (OSC1/CLKIN/RA7 pin) is internally divided by four to generate four non-overlapping quadrature clocks namely Q1, Q2, Q3 and Q4. Internally, the program counter (PC) is incremented every Q1, the instruction is fetched from the program memory and latched into the instruction register in Q4. The instruction is decoded and executed during the following Q1 through Q4. The clocks and instruction execution flow is shown in Figure 2-2.

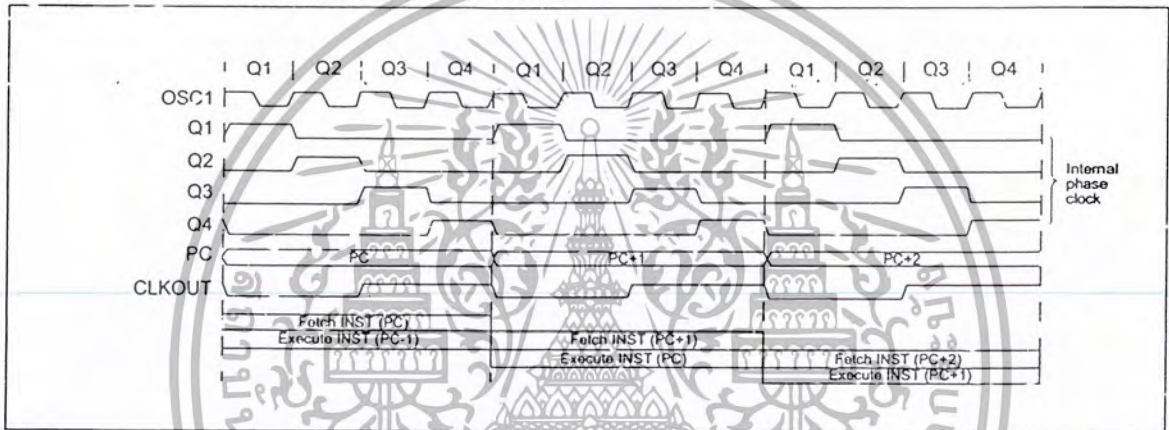
2.2 Instruction Flow/Pipelining

An "Instruction Cycle" consists of four Q cycles (Q1, Q2, Q3 and Q4). The instruction fetch and execute are pipelined such that fetch takes one instruction cycle while decode and execute takes another instruction cycle. However, due to the pipelining, each instruction effectively executes in one cycle. If an instruction causes the program counter to change, (e.g., GOTO) then two cycles are required to complete the instruction (Example 2-1).

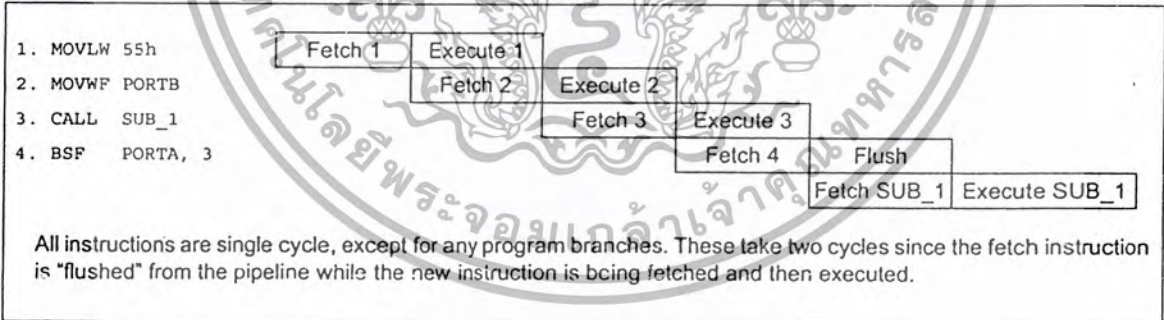
A fetch cycle begins with the program counter (PC) incrementing in Q1.

In the execution cycle, the fetched instruction is latched into the "Instruction Register (IR)" in cycle Q1. This instruction is then decoded and executed during the Q2, Q3, and Q4 cycles. Data memory is read during Q2 (operand read) and written during Q4 (destination write).

FIGURE 2-2: CLOCK/INSTRUCTION CYCLE



EXAMPLE 2-1: INSTRUCTION PIPELINE FLOW

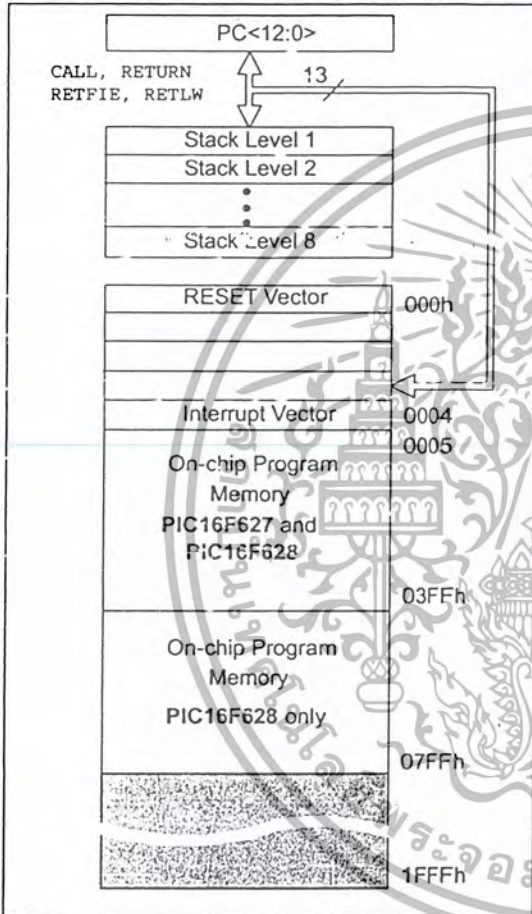


3.0 MEMORY ORGANIZATION

3.1 Program Memory Organization

The PIC16F62X has a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. Only the first 1K x 14 (0000h - 03FFh) for the PIC16F627 and 2K x 14 (0000h - 07FFh) for the PIC16F628 are physically implemented. Accessing a location above these boundaries will cause a wrap-around within the first 1K x 14 space (PIC16F627) or 2K x 14 space (PIC16F628). The RESET vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h (Figure 3-1).

FIGURE 3-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



3.2 Data Memory Organization

The data memory (Figure 3-2) is partitioned into four banks, which contain the general purpose registers and the Special Function Registers (SFR). The SFR's are located in the first 32 locations of each Bank. Register locations 20-7Fh, A0h-FFh, 120h-14Fh, 170h-17Fh and 1F0h-1FFh are general purpose registers implemented as static RAM.

The Table below lists how to access the four banks of registers:

	RP1	RP0
Bank0	0	0
Bank1	0	1
Bank2	1	0
Bank3	1	1

Addresses F0h-FFh, 170h-17Fh and 1F0h-1FFh are implemented as common RAM and mapped back to addresses 70h-7Fh.

3.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

The register file is organized as 224 x 8 in the PIC16F62X. Each is accessed either directly or indirectly through the File Select Register FSR (See Section 3.4).

PIC16F62X

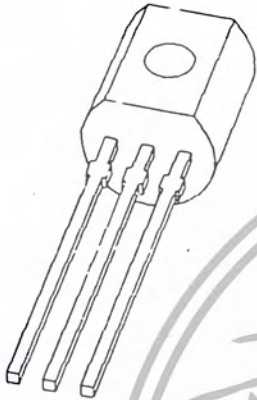
FIGURE 3-2: DATA MEMORY MAP OF THE PIC16F627 AND PIC16F628

Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		File Address
TMR0	00h	OPTION	80h	TMR0	100h	OPTION	180h	
PCL	01h	PCL	81h	PCL	101h	PCL	181h	
STATUS	02h	STATUS	82h	STATUS	102h	STATUS	182h	
FSR	03h	FSR	83h	FSR	103h	FSR	183h	
PORTA	04h	TRISA	84h		104h		184h	
PORTB	05h	TRISB	85h	PORTB	105h	TRISB	185h	
	06h		86h		106h		186h	
	07h		87h		107h		187h	
	08h		88h		108h		188h	
	09h		89h		109h		189h	
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah	
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh	
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch		10Ch		18Ch	
	0Dh		8Dh		10Dh		18Dh	
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh		10Eh		18Eh	
TMR1H	0Fh		8Fh		10Fh		18Fh	
T1CON	10h		90h					
TMR2	11h		91h					
T2CON	12h	PR2	92h					
	13h		93h					
	14h		94h					
CCPR1L	15h		95h					
CCPR1H	16h		96h					
CCP1CON	17h		97h					
RCSTA	18h	TXSTA	98h					
TXREG	19h	SPBRG	99h					
RCREG	1Ah	EEDATA	9Ah					
	1Bh	EEADR	9Bh					
	1Ch	EECON1	9Ch					
	1Dh	EECON2 ⁽¹⁾	9Dh					
	1Eh		9Eh					
CMCON	1Fh	VRCON	9Fh					
	20h		A0h	General Purpose Register 48 Bytes	11Fh			
General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes			120h			
					14Fh			
					150h			
	6Fh		EFh		16Fh			1EFh
16 Bytes	70h	accesses 70h-7Fh	F0h	accesses 70h-7Fh	170h			1F0h
	7Fh		FFh		17Fh			1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3		

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
Note 1: Not a physical register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET



BC337

NPN general purpose transistor

Product specification

1999 Apr 15

Supersedes data of 1997 Mar 10

NPN general purpose transistor

BC337

FEATURES

- High current (max. 500 mA)
- Low voltage (max. 45 V).

APPLICATIONS

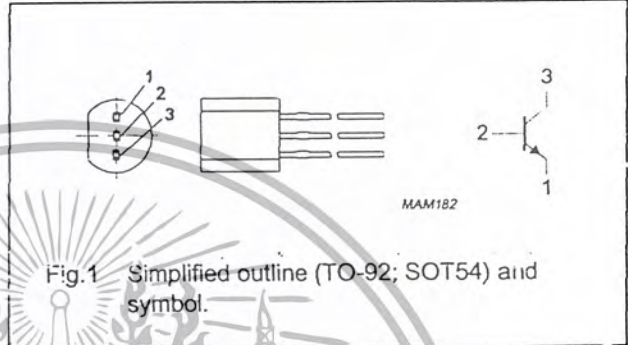
- General purpose switching and amplification, e.g. driver and output stages of audio amplifiers.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
PNP complement: BC327.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	-	50	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	-	45	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	-	5	V
I_C	collector current (DC)		-	500	mA
I_{CM}	peak collector current		-	1	A
I_{BM}	peak base current		-	200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$; note 1	-	625	mW
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		-	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

NPN general purpose transistor

BC337

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	0.2	K/mW

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

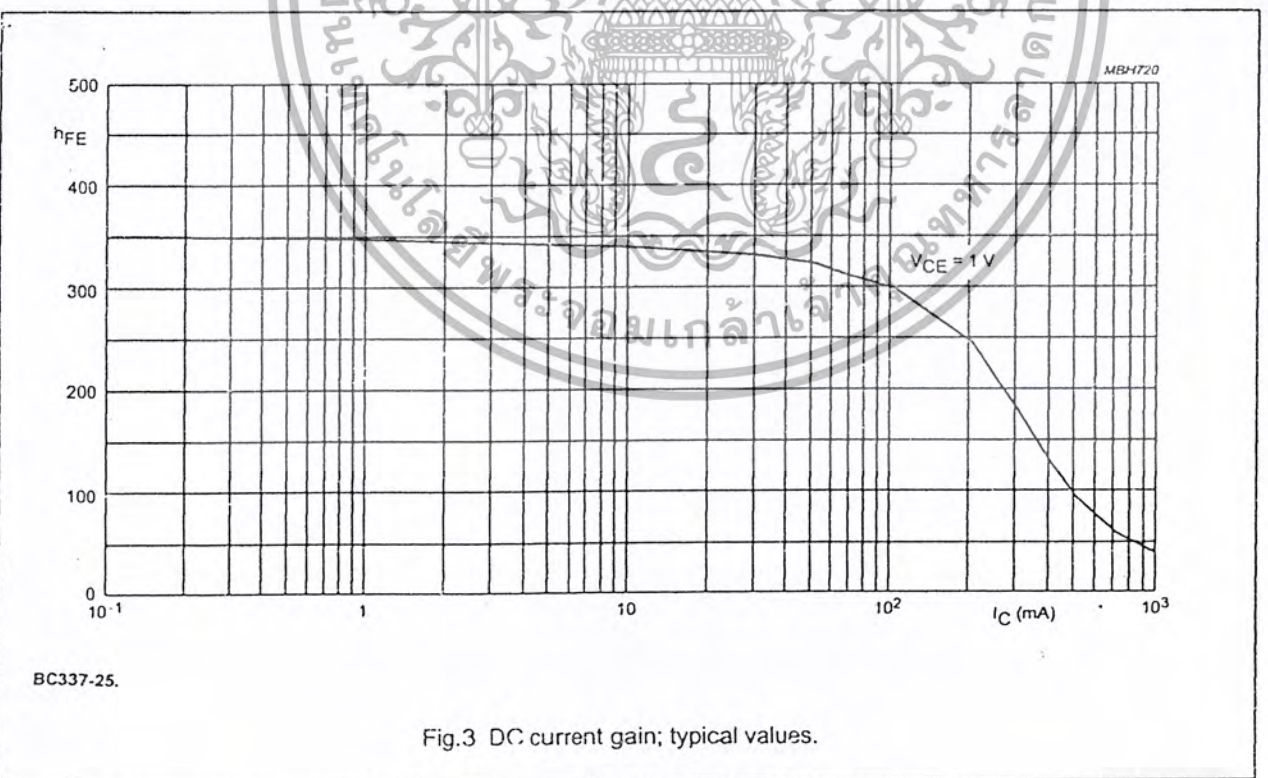
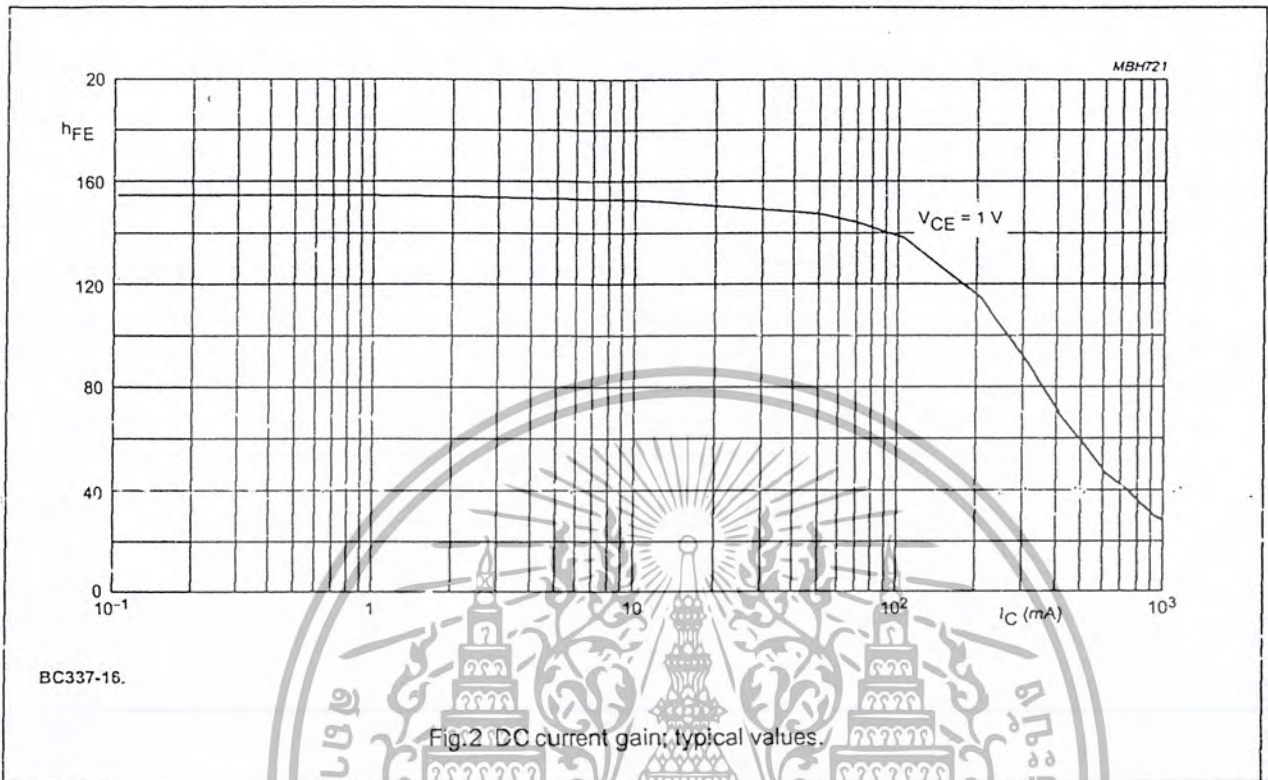
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = 20\text{ V}$	–	–	100	nA	
		$I_E = 0; V_{CB} = 20\text{ V}; T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	5	μA	
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	–	–	100	nA	
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 100\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4	100	–	600		
			BC337	–	–	–	
			BC337-16	100	–	250	
			BC337-25	160	–	400	
	BC337-40	250	–	600			
	DC current gain	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4	40	–	–		
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}$	–	–	700	mV	
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ note 1	–	–	1.2	V	
C_c	collector capacitance	$I_E = I_B = 0; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	5	–	pF	
f_T	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz	

Note

1. V_{BE} decreases by about 2 mV/K with increasing temperature.

NPN general purpose transistor

BC337



NPN general purpose transistor

BC337

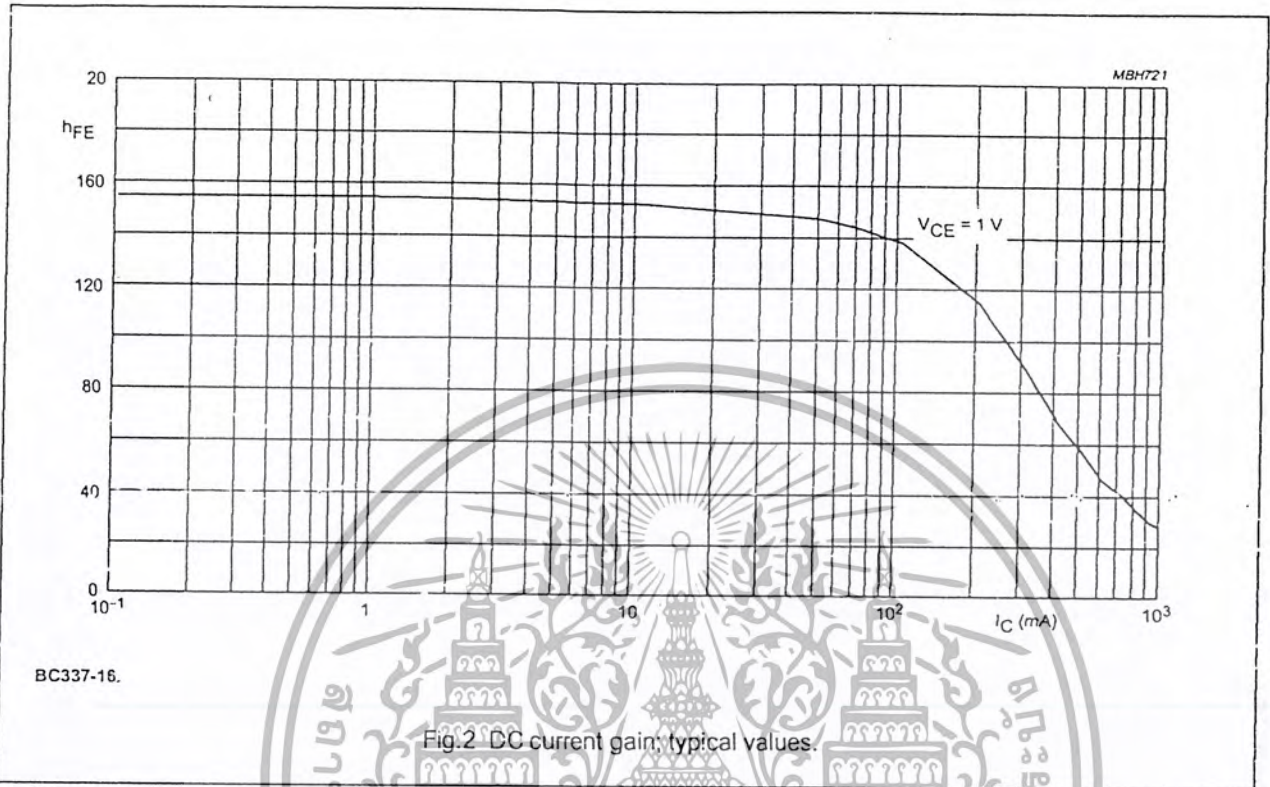


Fig.2 DC current gain; typical values.

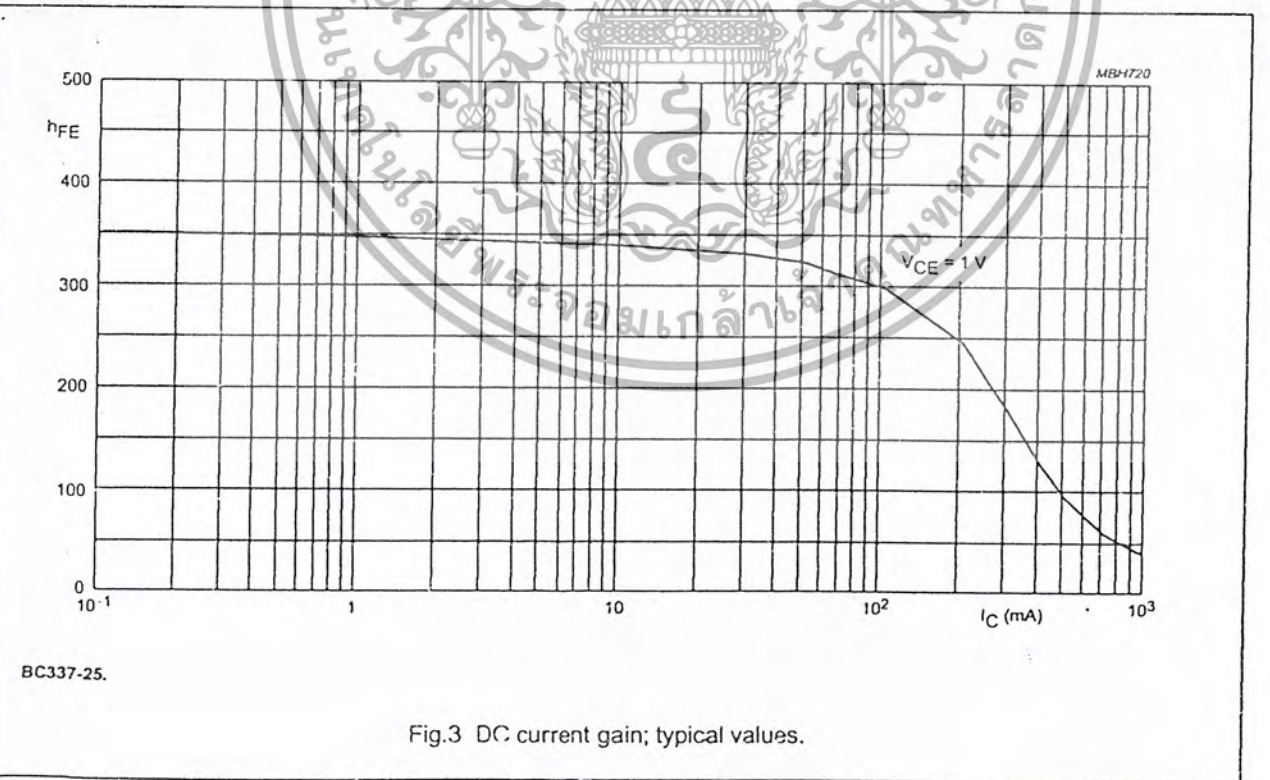


Fig.3 DC current gain; typical values.

NPN general purpose transistor

BC337

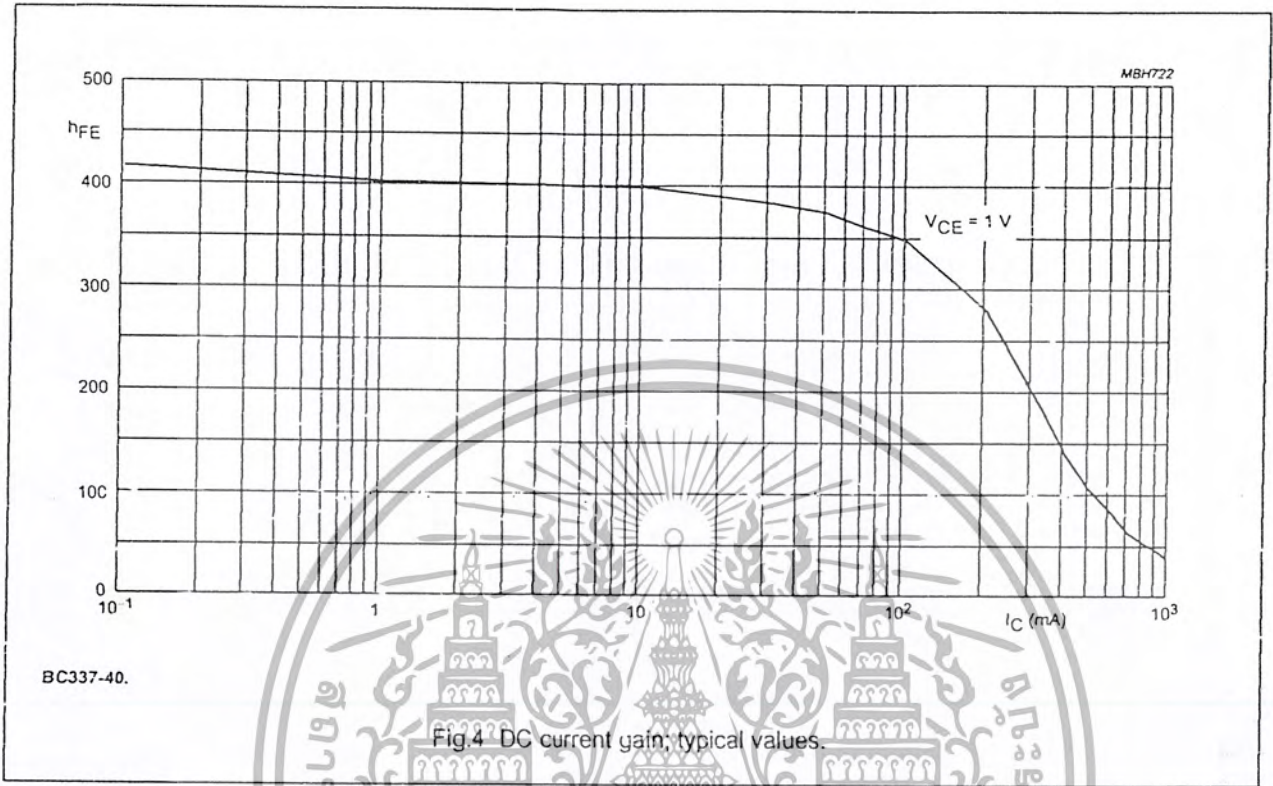


Fig.4 DC current gain; typical values.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

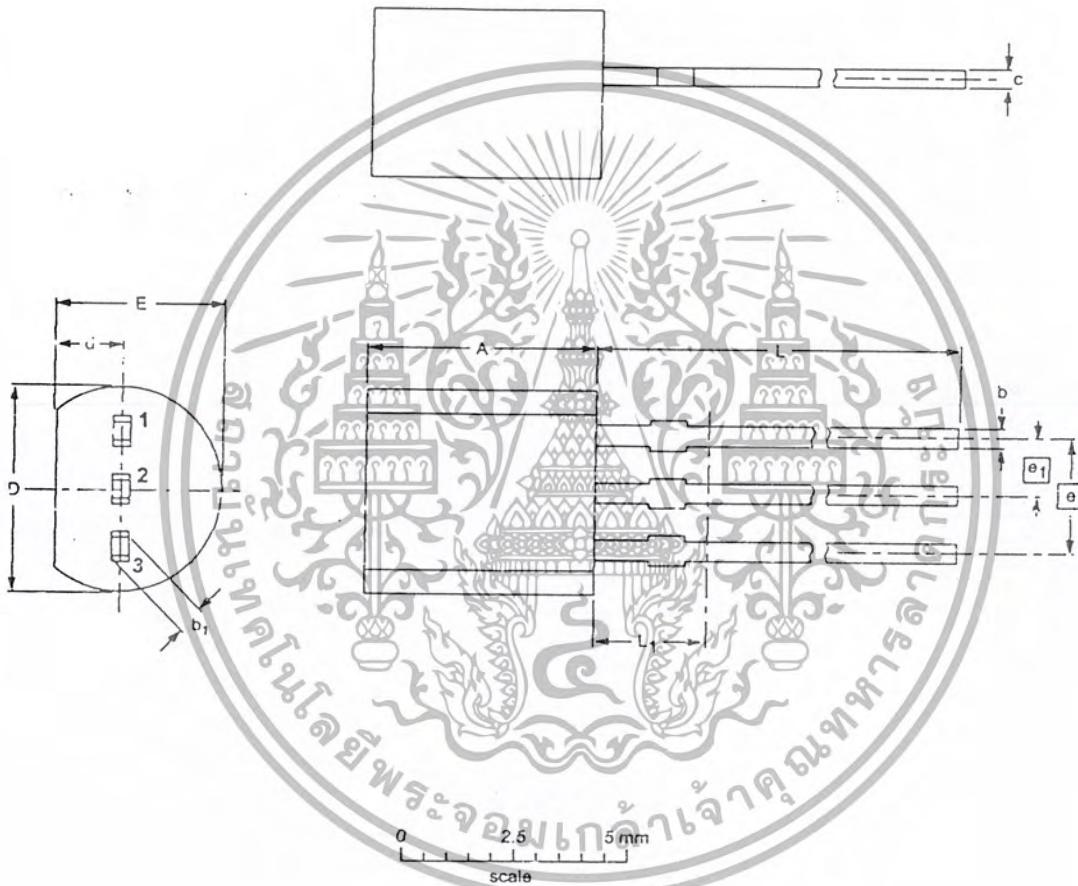
NPN general purpose transistor

BC337

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b ₁	c	D	d	E	e	e ₁	L	L ₁ (¹)
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.56	0.45 0.40	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note
1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT54		TO-92	SC-43		97-02-28

NPN general purpose transistor

BC337

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.



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 and LM2904 are available in a micro size 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.

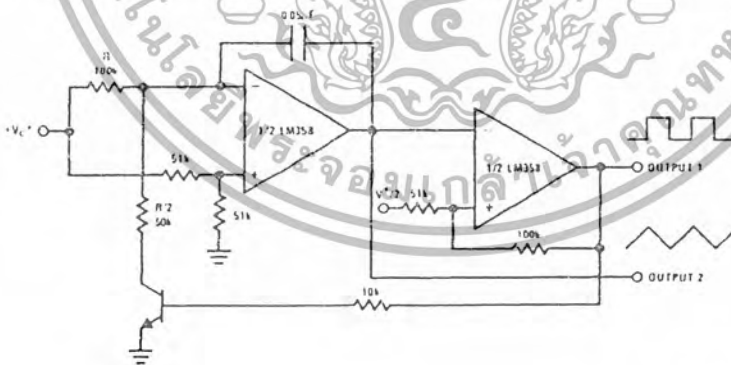
Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows circuit sensing near GND and V_{DD} as long as goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation
- Pin-out same as LM158/LM158 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 (1500 nA) independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Different input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing: 5V to $V_{DD} - 1.5V$

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



00778723

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)		
Metal DIP	830 mW	850 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (SO) micro SMD	530 mW 435mW	530 mW
Output Short-Circuit to GND (Wave Amplitude (Note 2)) $V^+ = 15V$ and $I_L = 25mA$	Continuous 50 mA	Continuous 50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	0°C to +65°C	
LM158	55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +135°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 (10 seconds) Infrared (15 seconds)	230°C 230°C	215°C 200°C
See AN-750 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	±25kV	±25kV

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) $I_{in} = 25\mu A$	1	2	2	2	3	2	3	3	mV	
Input Bias Current	I_{in1} or I_{in2} , $T_A = 25^\circ C$ $V_{in} = 0V$ (Note 6)	20	50	45	100	45	150	45	150	nA	
Input Offset Current	$I_{in1} - I_{in2}$, $V_{in} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	2	10	5	20	3	30	3	30	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30V$ (Note 7)	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V	
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_{in} = 10k\Omega$ (DIP Amps) $V^+ = 30V$ (LM2904 $V^+ = 26V$) $V^+ = 5V$	1	2	1	2	1	2	1	2	mA	
		0.1	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	mA	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

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

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), $I_{IO} = 25 \mu A$		2	7		2	7	mV
Input Bias Current	$I_{BIAS} \text{ or } I_{IB1} = I_{IB2} = 25 \mu A$ $V_{IO} = 0V$ (Note 6)		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IO} = I_{IB1} - I_{IB2} = 0V, I_{IO} = 25 \mu A$		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 0V$ (Note 7)		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ on All I/O Amps $V^+ = 0V$ (LM2904 $V^+ = 0V$) $V^+ = 5V$		1	2		1	2	mA
			3.5	1.2		3.5	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	$V^+ = 15V, V^+ = 25^\circ C$ $R_L = 2k\Omega$ (For $V_{IO} = 1V$) $f = 1kHz$	50	100		25	100		50	100		V/mV	
Common-Mode Rejection Ratio	$I_{IO} = 25 \mu A$	70	85		65	80		70	85		dB	
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $20V$ (LM158A $V^+ = 5V$) to $20V$, $I_{IO} = 25 \mu A$	65	100		65	100		65	100		dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1kHz, R_L = 2k\Omega, I_{IO} = 25 \mu A$ $V_{IO} = 0V$ (Note 8)									120	dB	
Output Current	Source $V_{IO} = 1V$ $V_{IO} = 0V$ $V_{IO} = 1V$		20	40		20	40		20	40	mA	
	Sink $V_{IO} = 1V, V_{IO} = 0V$ $V^+ = 15V, I_{IO} = 25 \mu A$ $V_{IO} = 2V$ $V_{IO} = 1V$ $V_{IO} = 0V$ $I_{IO} = 25 \mu A, V_{IO} = 200 mV$ $V^+ = 15V$		10	20		10	20		10	20	mA	
			12	50		12	50		12	50	mA	
												mA
												mA
Short Circuit to Ground	$I_{IO} = 25 \mu A$ (Note 21) $V^+ = 15V$		40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage Drift	(Note 16)			4		5			7		mV/°C	
Input Offset Current Drift	(Note 16)			7		15			7		$\mu A/^\circ C$	
Input Bias Current Drift	(Note 16)			30		75			100		nA/°C	
Input Offset Current Drift	(Note 16)			10		200			10		$\mu A/^\circ C$	
Input Bias Current	$I_{BIAS} \text{ or } I_{IB1}$		40	100		40	200		40	300	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 0V$ (Note 7)		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$	V	
Voltage Range	(LM2904 $V^+ = 0V$)		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$	V	

www.ti.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

 $V_{CC} = +5.0V$ (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	$V_{CC} = +15V$ $(V_{OL} = 1V \text{ to } 11V)$ $R_L = 2 k\Omega$	25			15			25			V/mV
Output Voltage Swing	$V_{CC} = +10V$ (LM2904, $V_{CC} = 26V$) $R_L = 2 k\Omega$	26			26			26			V
	$V_{CC} = +5V$, $R_L = 10 k\Omega$	5	20		5	20		5	20		mV
Output Current	Source: $V_{OL} = +1V$, $V_{IN} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{OL} = 2V$	10	20		10	20		10	20		mA
	Sink: $V_{OL} = +1V$, $V_{IN} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{OL} = 2V$	10	15		5	8		5	8		mA

Electrical Characteristics

 $V_{CC} = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V_{CC} = 15V$, $T_c = 25^\circ C$ $R_L = 2 k\Omega$ (or $V_{OL} = 1V$ to $11V$)	25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_c = 25^\circ C$ $V_{CC} = 0V$, $V_{IN} = 1 mV$	65	NS		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V_{CC} = 5V$ to $30V$ (LM2904, $V_{CC} = 5V$ to $26V$) $T_c = 25^\circ C$	65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 kHz$, $10 Hz$ to $1 kHz$, $T_c = 25^\circ C$ (Typ. 1 kV/cm, 0.1 μF)	120			120			dB
Output Current	Source: $V_{OL} = 1V$ $V_{CC} = 15V$ $V_{OL} = 2V$ (to $26V$)	10	20		10	20		mA
	Sink: $V_{OL} = 1V$, $V_{IN} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $T_c = 25^\circ C$ $V_{OL} = 2V$	10	20		10	20		mA
	$V_{OL} = 1V$ $V_{IN} = 0V$ $T_c = 25^\circ C$, $V_{OL} = 200 mV$ $V_{CC} = 15V$	12	50		12	50		mA
Short Circuit to Ground	$T_c = 25^\circ C$, (Rate 2), $V_{CC} = 15V$	40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	(Rate 5)			9		10		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_L = 10\Omega$			7		7		$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current I				150		45	200	nA
Input Offset Current Drift	$R_L = 62\Omega$			10		10		$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$T_c = 25^\circ C$	10	500		10	500		nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V_{CC} = 30V$, (Note 7) (LM2904, $V_{CC} = 26V$)	0	$V_{CC} - 2$	0	$V_{CC} - 2$			V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

$V_I = +5\text{V}$, (Note 4), unless otherwise stated.

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V_I = -15\text{V}$ ($V_{CE} = 1\text{V}$ to 11V) $R_L = 2\text{ k}\Omega$	15			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_I = -30\text{V}$ (LM2904 $V_I = -20\text{V}$) $R_L = 2\text{ k}\Omega$ $R_L = 10\text{ k}\Omega$	28	0		22	0		V
Output Current	Source $V_{CE} = +1\text{V}$, $V_{BE} = 0\text{V}$ $V_I = 15\text{V}$, $V_{CE} = 2\text{V}$	5	20		5	100		mA
	Sink $V_{BE} = +1\text{V}$, $V_{CE} = 0\text{V}$ $V_I = 15\text{V}$, $V_{CE} = 2\text{V}$	5	5		5	8		mA

Note 1: For operation at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated to a maximum junction temperature of 125°C (maximum junction temperature of 150°C for LM358/LM358A and 175°C for LM2904) for operation at 100°C to 125°C , which applies for the above conditions except for the output current, output voltage, and large signal gain. The LM2904/LM2904A and LM358/LM358A are derated to a maximum junction temperature of 150°C . The dissipation is the total of both amplifiers unless otherwise stated. The derating factor is $0.005\text{ W}/^\circ\text{C}$ for the LM358/LM358A and $0.007\text{ W}/^\circ\text{C}$ for the LM2904/LM2904A.

Note 2: Short-circuit current (output low) must be limited. Limit the current by using a series resistor. Considering also the risk of failure, the maximum total current is approximately 40 mA (dependent of the temperature of V_I). A series resistor is also recommended for the output of the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A to prevent damage to the output stage.

Note 3: This input current will vary with the voltage across the input and the output. The input current is not specified for the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A. The input current is not specified for the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A. The input current is not specified for the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A. The input current is not specified for the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A.

Note 4: Pulse operation was not tested. $f_{TYP} = 1\text{ MHz}$ for the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A. The pulse rise and fall times were limited to 10 ns and 10 ns respectively. The pulse width was limited to 10 ns and 10 ns respectively. The pulse period was limited to 10 ns and 10 ns respectively.

Note 5: $V_I = +14\text{V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$ with V_I from 0V to 30V . The output current is limited to 10 mA for the LM358/LM358A and 10 mA for the LM2904/LM2904A.

Note 6: The detection of the input current is equal to the IC output current. The output current is limited to 10 mA for the LM358/LM358A and 10 mA for the LM2904/LM2904A.

Note 7: The input common-mode voltage range is limited to 0V to $V_I - 1\text{V}$ for the LM358/LM358A and 0V to $V_I - 1\text{V}$ for the LM2904/LM2904A. The input common-mode voltage range is limited to 0V to $V_I - 1\text{V}$ for the LM358/LM358A and 0V to $V_I - 1\text{V}$ for the LM2904/LM2904A.

Note 8: This is a measure of the common-mode rejection ratio (CMRR) of the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A. The CMRR is limited to 80 dB for the LM358/LM358A and 80 dB for the LM2904/LM2904A.

Note 9: Refer to the LM358/LM358A and LM2904/LM2904A data sheets for the input common-mode voltage range.

Note 10: The output current is limited to 10 mA for the LM358/LM358A and 10 mA for the LM2904/LM2904A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ADS7816



12-Bit High Speed Micro Power Sampling ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER

FEATURES

- 200kHz SAMPLING RATE
- MICRO POWER:
1.9mW at 200kHz
150μW at 12.5kHz
- POWER DOWN: 3μA Max
- 8-PIN MINI-DIP, SOIC, AND MSOP
- DIFFERENTIAL INPUT
- SERIAL INTERFACE

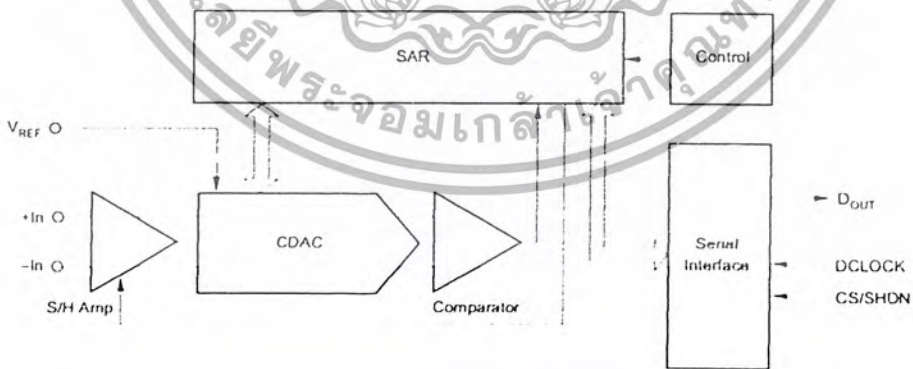
APPLICATIONS

- BATTERY OPERATED SYSTEMS
- REMOTE DATA ACQUISITION
- ISOLATED DATA ACQUISITION

DESCRIPTION

The ADS7816 is a 12-bit, 200kHz sampling analog-to-digital converter. It features low power operation with automatic power down, a synchronous serial interface, and a differential input. The reference voltage can be varied from 100mV to 5V, with a corresponding resolution from 24μV to 1.22mV.

Low power, automatic power down, and small size make the ADS7816 ideal for battery operated systems or for systems where a large number of signals must be acquired simultaneously. It is also ideal for remote and/or isolated data acquisition. The ADS7816 is available in an 8-pin plastic mini-DIP, an 8-lead SOIC, or an 8-lead MSOP package.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Tlx: 910-852-1111
Internet: <http://www.burr-brown.com> • FAX Line: (800) 548-8133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-8491 • FAX: (520) 893-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-8132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIFICATIONS

A1: -40°C to +85°C, +V_{CC} = +5V, V_{REF} = +5V, f_{SAMPLE} = 200kHz, f_{CLK} = 16 • f_{SAMPLE}, unless otherwise specified.

PARAMETER	CONDITIONS	ADS7816			ADS7816B			ADS7816C			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
ANALOG INPUT											
Full-Scale Input Span	+In - (-In)	0		V _{REF}	*		*	*		*	V
Absolute Input Voltage	+In	-0.2		V _{CC} + 0.2	*		*	*		*	V
	-In	-0.2			*		*	*		*	V
Capacitance			25			*			*		pF
Leakage Current			±1			*			*		µA
SYSTEM PERFORMANCE											
Resolution		11	12		12	*		*	*		Bits
No Missing Codes						*		*	*		Bits
Integral Linearity Error			±0.5	±2		±0.5	±2		±0.5	±1	LSB ⁽¹⁾
Differential Linearity Error			±0.5	±2		±0.5	±1		±0.25	±0.75	LSB
Offset Error				±4		*	*		*	*	LSC
Gain Error				±4		*	*		*	*	LSB
Noise			33			*	*		*	*	µVrms
Power Supply Rejection			82			*	*		*	*	dB
SAMPLING DYNAMICS											
Conversion Time				12		*	*		*	*	Clk Cycles
Acquisition Time		1.5			*		*	*		*	Clk Cycles
Throughput Rate				200		*	*		*	*	kHz
DYNAMIC CHARACTERISTICS											
Total Harmonic Distortion	V _{IN} = 5.0V _{p-p} at 1kHz		-84		*	*	*	*	*	*	dB
	V _{IN} = 5.0V _{p-p} at 5kHz		-82		*	*	*	*	*	*	dB
SINAD	V _{IN} = 5.0V _{p-p} at 1kHz		72		*	*	*	*	*	*	dB
Spurious Free Dynamic Range	V _{IN} = 5.0V _{p-p} at 1kHz		86		*	*	*	*	*	*	dB
REFERENCE INPUT											
Voltage Range		0.1		5	*	*	*	*	*	*	V
Resistance	CS = GND, f _{SAMPLE} = 0Hz		5		*	*	*	*	*	*	GΩ
	CS = V _{CC}		5		*	*	*	*	*	*	GΩ
Current Drain	AI Code 710h		38	100	*	*	*	*	*	*	µA
	f _{SAMPLE} = 12.5kHz		2.4	20	*	*	*	*	*	*	µA
	CS = V _{CC}		0.001	3	*	*	*	*	*	*	µA
DIGITAL INPUT/OUTPUT											
Logic Family			CMOS		*	*	*	*	*	*	
Logic Levels:					*	*	*	*	*	*	
V _{IH}	I _{IH} = +5µA		2	V _{CC} • 0.3	*	*	*	*	*	*	V
V _{IL}	I _{IL} = +5µA		0.3	0.8	*	*	*	*	*	*	V
V _{OH}	I _{OH} = -250µA		3.5		*	*	*	*	*	*	V
V _{OL}	I _{OL} = 250µA			0.4	*	*	*	*	*	*	V
Data Format			Straight Binary		*	*	*	*	*	*	
POWER SUPPLY REQUIREMENTS											
V _{CC}	Specified Performance	4.50		5.25	*	*	*	*	*	*	V
Quiescent Current			380	700	*	*	*	*	*	*	µA
	f _{SAMPLE} = 12.5kHz ^(2,3)		30		*	*	*	*	*	*	µA
	f _{SAMPLE} = 12.5kHz ⁽³⁾		280	400	*	*	*	*	*	*	µA
Power Down	CS = V _{CC} , f _{SAMPLE} = 0Hz			3	*	*	*	*	*	*	µA
TEMPERATURE RANGE											
Specified Performance		-40		+85	*	*	*	*	*	*	°C

* Specifications same as grade to the left.

NOTE: (1) LSB means Least Significant Bit, with V_{REF} equal to +5V, one LSB is 1.22mV. (2) f_{CLK} = 3.2MHz, CS = V_{CC} for 251 clock cycles out of every 256. (3) See the Power Dissipation section for more information regarding lower sample rates.



ADS7816

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)

+V _{CC}	+6V
Analog Input	-0.3V to (+V _{CC} + 0.3V)
Logic Input	-0.3V to (+V _{CC} + 0.3V)
Case Temperature	+100°C
Junction Temperature	+150°C
Storage Temperature	+125°C
External Reference Voltage	+5.5V

NOTE: (1) Stresses above these ratings may permanently damage the device.

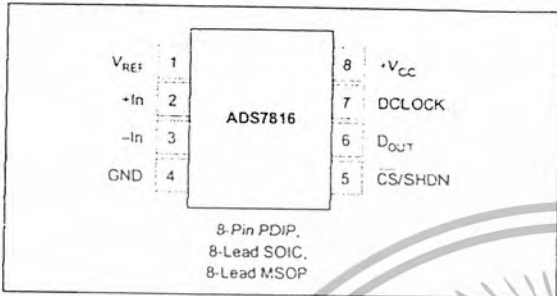


ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

Electrostatic discharge can cause damage ranging from performance degradation to complete device failure. Burr-Brown Corporation recommends that all integrated circuits be handled and stored using appropriate ESD protection methods.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet published specifications.

PIN CONFIGURATION



PIN ASSIGNMENTS

PIN	NAME	DESCRIPTION
1	V _{REF}	Reference Input.
2	+In	Non-Inverting Input.
3	-In	Inverting Input. Connect to ground or to remote ground sense point.
4	GND	Ground.
5	CS/SHDN	Chip Select when LOW, Shutdown Mode when HIGH.
6	D _{OUT}	The serial output data word is comprised of 12 bits of data. In operation, the data is valid on the falling edge of DCLOCK. The second clock pulse after the falling edge of CS enables the serial output. After one null bit the data is valid for the next 12 edges.
7	DCLOCK	Data Clock synchronizes the serial data transfer and determines conversion speed.
8	+V _{CC}	Power Supply.

PACKAGE/ORDERING INFORMATION

PRODUCT	MAXIMUM INTEGRAL LINEARITY ERROR (LSB)	MAXIMUM DIFFERENTIAL LINEARITY ERROR (LSB)	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER(1)
ADS7816P	±2	±2	-40°C to +85°C	Plastic DIP	006
ADS7816U	±2	±2	-40°C to +85°C	SOIC	182
ADS7816E	±2	±2	-40°C to +85°C	MSOP	337
ADS7816PB	±2	±1	-40°C to +85°C	Plastic DIP	006
ADS7816UB	±2	±1	-40°C to +85°C	SOIC	182
ADS7816EB	±2	±1	-40°C to +85°C	MSOP	337
ADS7816PC	±1	±0.75	-40°C to +85°C	Plastic DIP	006
ADS7816UC	±1	±0.75	-40°C to +85°C	SOIC	182
ADS7816EC	±1	±0.75	-40°C to +85°C	MSOP	337

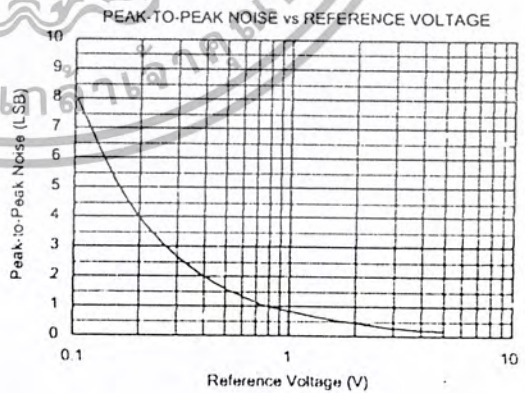
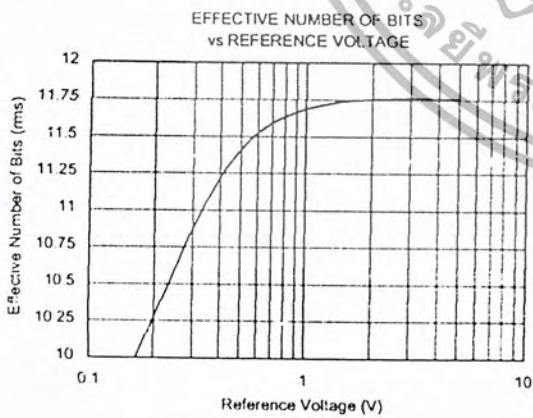
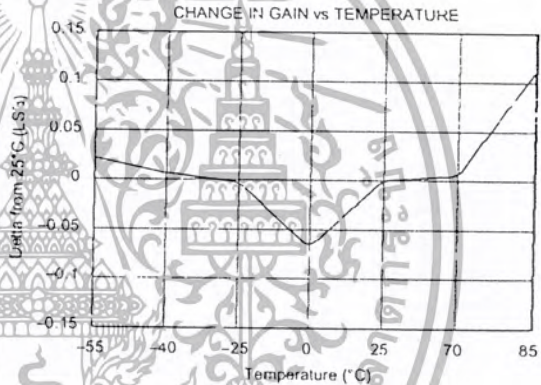
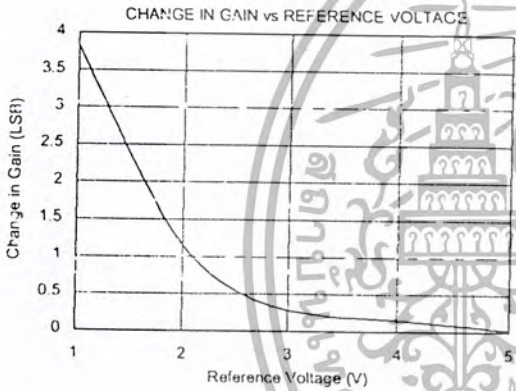
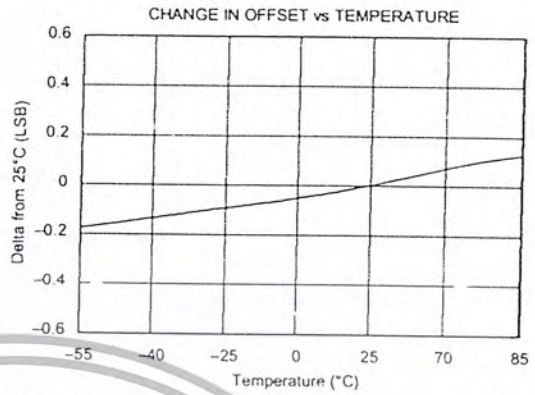
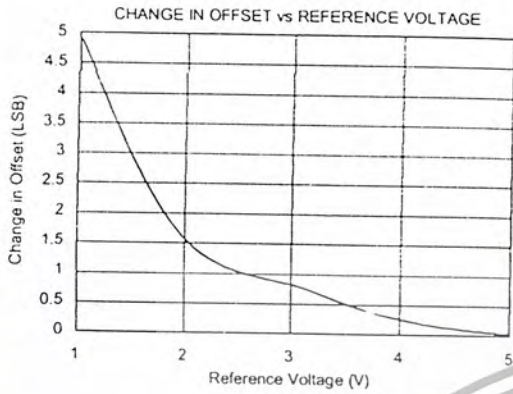
NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book.

The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

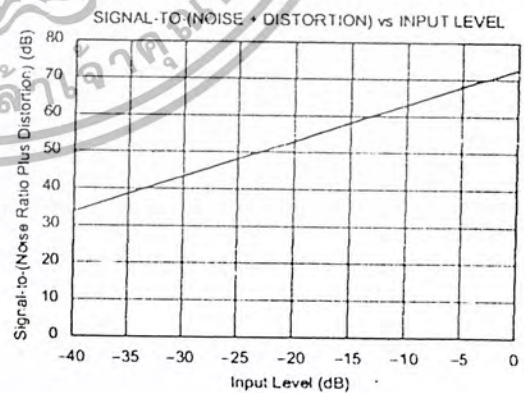
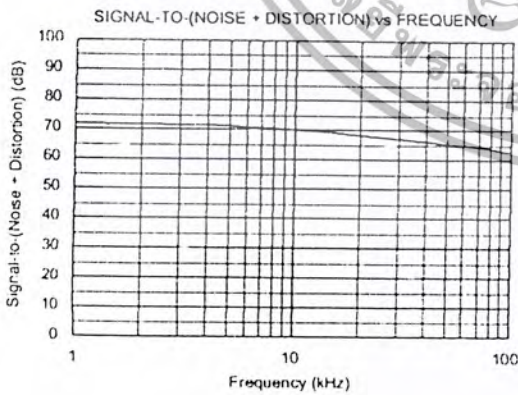
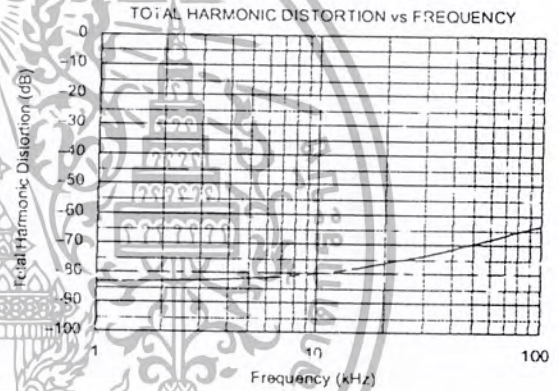
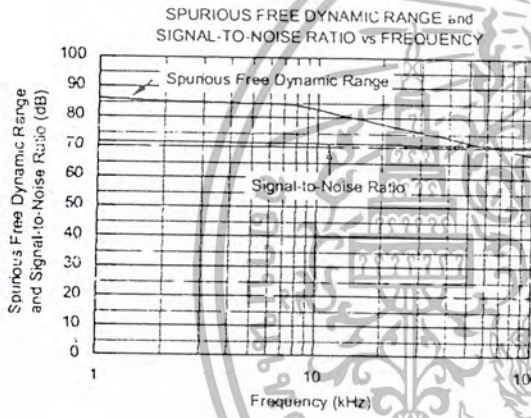
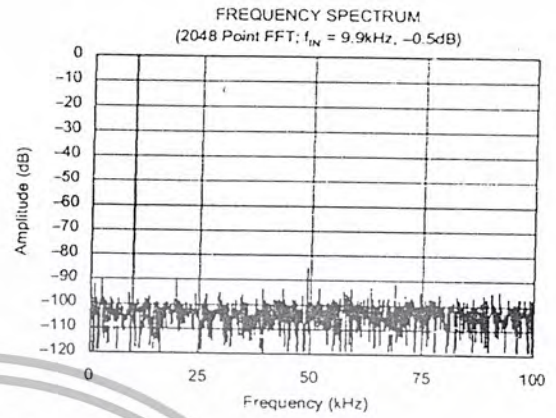
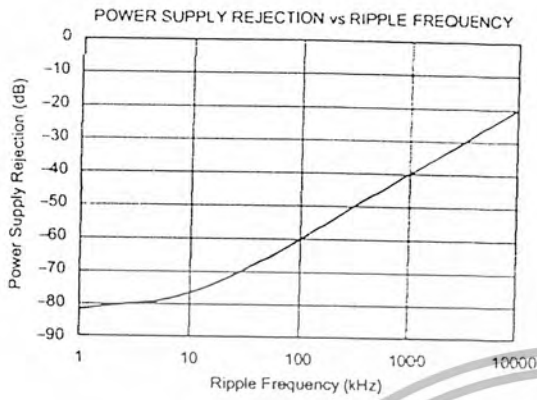
At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$, $V_{REF} = +5\text{V}$, $f_{SAMPLE} = 200\text{kHz}$, and $f_{CL} = 16 \cdot f_{SAMPLE}$, unless otherwise specified.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

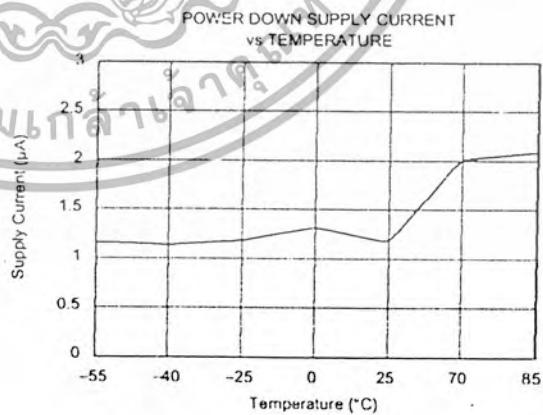
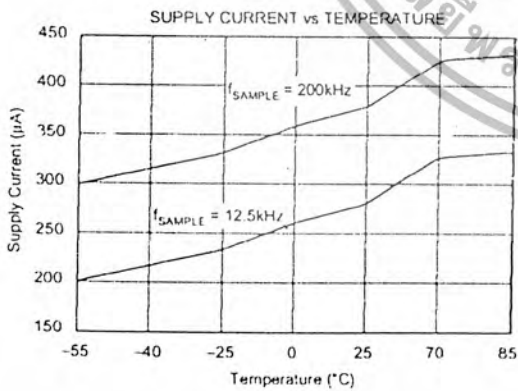
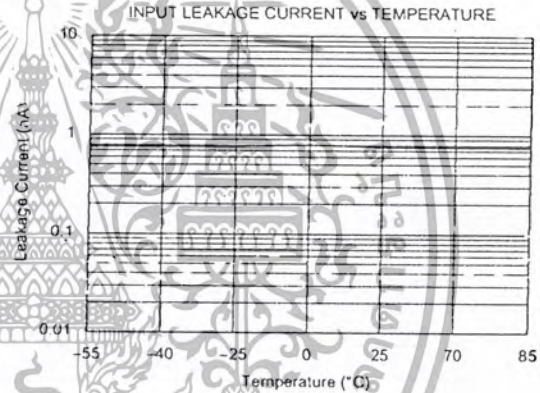
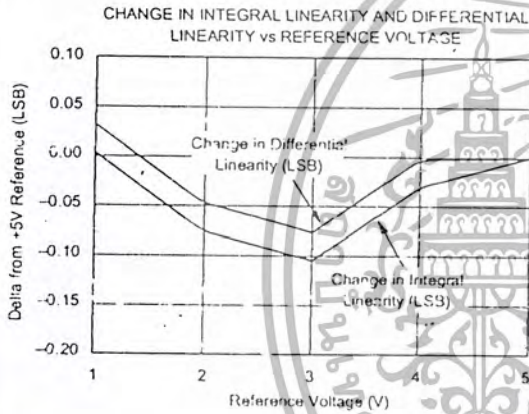
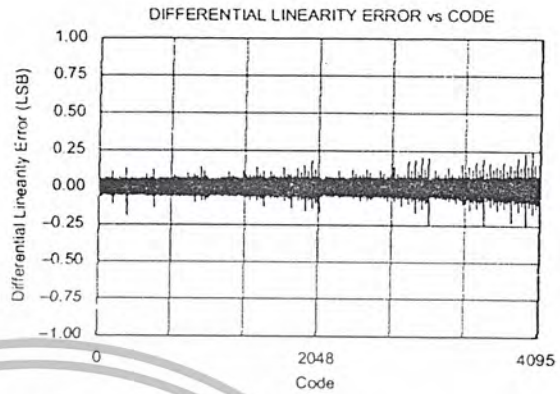
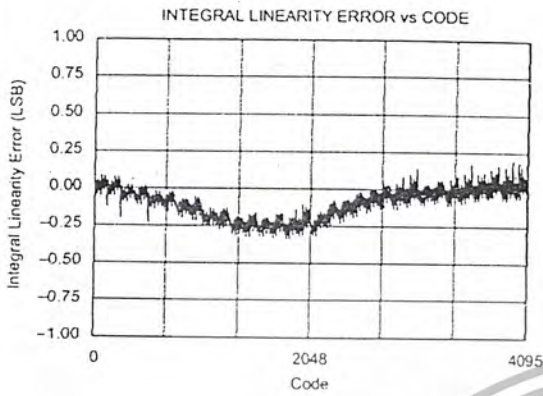
At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$, $V_{REF} = +5\text{V}$, $f_{\text{SAMPLE}} = 200\text{kHz}$, and $f_{\text{CLK}} = 16 \cdot f_{\text{SAMPLE}}$, unless otherwise specified.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

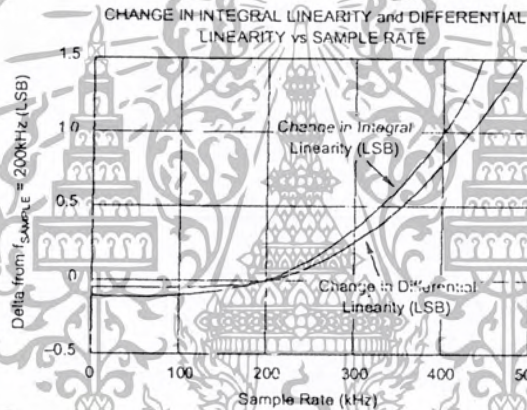
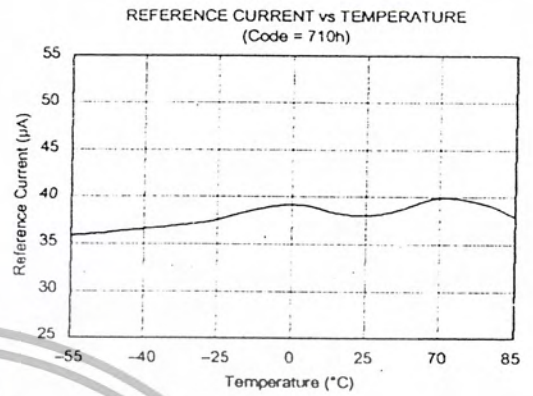
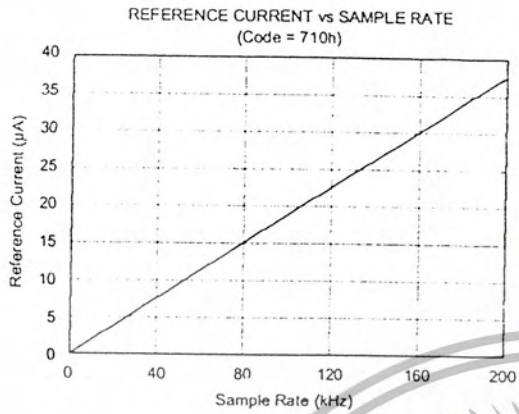
At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$, $V_{REF} = +5\text{V}$, $f_{\text{SAMPLE}} = 200\text{kHz}$, and $f_{\text{CLK}} = 16 \cdot f_{\text{SAMPLE}}$, unless otherwise specified.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

A: $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$, $V_{REF} = +5\text{V}$, $f_{SAMPLE} = 200\text{kHz}$, and $f_{CLK} = 16 \cdot f_{SAMPLE}$, unless otherwise specified.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THEORY OF OPERATION

The ADS7816 is a classic successive approximation register (SAR) analog-to-digital (A/D) converter. The architecture is based on capacitive redistribution which inherently includes a sample/hold function. The converter is fabricated on a 0.6 μ m CMOS process. The architecture and process allow the ADS7816 to acquire and convert an analog signal at up to 200,000 conversions per second while consuming very little power.

The ADS7816 requires an external reference, an external clock, and a single +5V power source. The external reference can be any voltage between 100mV and V_{CC} . The value of the reference voltage directly sets the range of the analog input. The reference input current depends on the conversion rate of the ADS7816.

The external clock can vary between 10kHz (625Hz throughput) and 3.2MHz (200kHz throughput). The duty cycle of the clock is essentially unimportant as long as the minimum high and low times are at least 150ns. The minimum clock frequency is set by the leakage on the capacitors internal to the ADS7816.

The analog input is provided to two input pins: +In and -In. When a conversion is initiated, the differential input on these pins is sampled on the internal capacitor array. While a conversion is in progress, both inputs are disconnected from any internal function.

The digital result of the conversion is clocked out by the DCLOCK input and is provided serially, most significant bit first, on the D_{OUT} pin. The digital data that is provided on the D_{OUT} pin is for the conversion currently in progress—there is no pipeline delay. It is possible to continue to clock the ADS7816 after the conversion is complete and to obtain the serial data least significant bit first. See the Digital Interface section for more information.

ANALOG INPUT

The +In and -In input pins allow for a differential input signal. Unlike some converters of this type, the -In input is not re-sampled later in the conversion cycle. When the converter goes into the hold mode, the voltage difference between +In and -In is captured on the internal capacitor array.

The range of the -In input is limited to ± 200 mV. Because of this, the differential input can be used to reject only small signals that are common to both inputs. Thus, the -in input is best used to sense a remote signal ground that may move slightly with respect to the local ground potential.

The input current on the analog inputs depends on a number of factors: sample rate, input voltage, source impedance, and power down mode. Essentially, the current into the ADS7816 charges the internal capacitor array during the sample period. After this capacitance has been fully charged, there is no further input current. The source of the analog input voltage must be able to charge the input capacitance (25pF)

to a 12-bit settling level within 1.5 clock cycles. When the converter goes into the hold mode or while it is in the power down mode, the input impedance is greater than 1G Ω .

Care must be taken regarding the absolute analog input voltage. To maintain the linearity of the converter, the -In input should not exceed $GND \pm 200$ mV. The +In input should always remain within the range of $GND - 200$ mV to $V_{CC} + 200$ mV. Outside of these ranges, the converter's linearity may not meet specifications.

REFERENCE INPUT

The external reference sets the analog input range. The ADS7816 will operate with a reference in the range of 100mV to V_{CC} . There are several important implications of this.

As the reference voltage is reduced, the analog voltage weight of each digital output code is reduced. This is often referred to as the LSB (least significant bit) size and is equal to the reference voltage divided by 4096. This means that any offset or gain error inherent in the A/D converter will appear to increase, in terms of LSB size, as the reference voltage is reduced. The typical performance curves of "Change in Offset vs Reference Voltage" and "Change in Gain vs Reference Voltage" provide more information.

The noise inherent in the converter will also appear to increase with lower LSB size. With a 5V reference, the internal noise of the converter typically contributes only 0.16 LSB peak-to-peak of potential error to the output code. When the external reference is 100mV, the potential error contribution from the internal noise will be 50 times larger—8 LSBs. The errors due to the internal noise are gaussian in nature and can be reduced by averaging consecutive conversion results.

For more information regarding noise, consult the typical performance curves "Effective Number of Bits vs Reference Voltage" and "Peak-to-Peak Noise vs Reference Voltage." The effective number of bits (ENOB) figure is calculated based on the converter's signal-to-(noise + distortion) ratio with a 1kHz, 0dB input signal. SINAD is related to ENOB as follows: $SINAD = 6.02 \cdot ENOB + 1.76$.

With lower reference voltages, extra care should be taken to provide a clean layout including adequate bypassing, a clean power supply, a low-noise reference, and a low-noise input signal. Because the LSB size is lower, the converter will also be more sensitive to external sources of error such as nearby digital signals and electromagnetic interference.

The current that must be provided by the external reference will depend on the conversion result. The current is lowest at full-scale (FFFh) and is typically 25 μ A at a 200kHz conversion rate (25°C). For the same conditions, the current will increase as the input approaches zero, reaching 50 μ A at an output result of 000h. The current does not increase linearly, but depends, to some degree, on the bit pattern of the digital output.

The reference current diminishes directly with both conversion rate and reference voltage. As the current from the reference is drawn on each bit decision, clocking the converter more quickly during a given conversion period will not reduce the overall current drain from the reference. The reference current changes only slightly with temperature. See the curves, "Reference Current vs Sample Rate" and "Reference Current vs Temperature" in the Typical Performance Curves section for more information.

value for one clock period. For the next 12 DCLOCK periods, D_{OUT} will output the conversion result, most significant bit first. After the least significant bit (B₀) has been output, subsequent clocks will repeat the output data but in a least significant bit first format.

After the most significant bit (B₁₁) has been repeated, D_{OUT} will tri-state. Subsequent clocks will have no effect on the converter. A new conversion is initiated only when CS has been taken HIGH and returned LOW.

DIGITAL INTERFACE

SERIAL INTERFACE

The ADS7816 communicates with microprocessors and other digital systems via a synchronous 3-wire serial interface as shown in Figure 1 and Table 1. The DCLOCK signal synchronizes the data transfer with each bit being transmitted on the falling edge of DCLOCK. Most receiving systems will capture the bitstream on the rising edge of DCLOCK. However, if the minimum hold time for D_{OUT} is acceptable, the system can use the falling edge of DCLOCK to capture each bit.

A falling CS signal initiates the conversion and data transfer. The first 1.5 to 2.0 clock periods of the conversion cycle are used to sample the input signal. After the second falling DCLOCK edge, D_{OUT} is enabled and will output a LOW

SYMBOL	DESCRIPTION	MIN	TYP	MAX	UNITS
t _{SMPL}	Analog Input Sample Time	1.5		2.0	Clk Cycles
t _{CONV}	Conversion Time		12		Clk Cycles
t _{CYC}	Throughput Rate			200	kHz
t _{CS0}	CS Falling to DCLOCK LOW			0	ns
t _{SUCS}	CS Falling to DCLOCK Rising	30			ns
t _{DC0}	DCLOCK Falling to Current D _{OUT} Not Valid	15			ns
t _{DC00}	DCLOCK Falling to Next D _{OUT} Valid		85	150	ns
t _{CS1}	CS Rising to D _{OUT} Tri-State	25	50		ns
t _{EN}	DCLOCK Falling to D _{OUT} Enabled	50	100		ns
t _{D0F}	D _{OUT} Fall Time	70	100		ns
t _{D0R}	D _{OUT} Rise Time	60	100		ns

TABLE 1. Timing Specifications -40°C to +85°C.

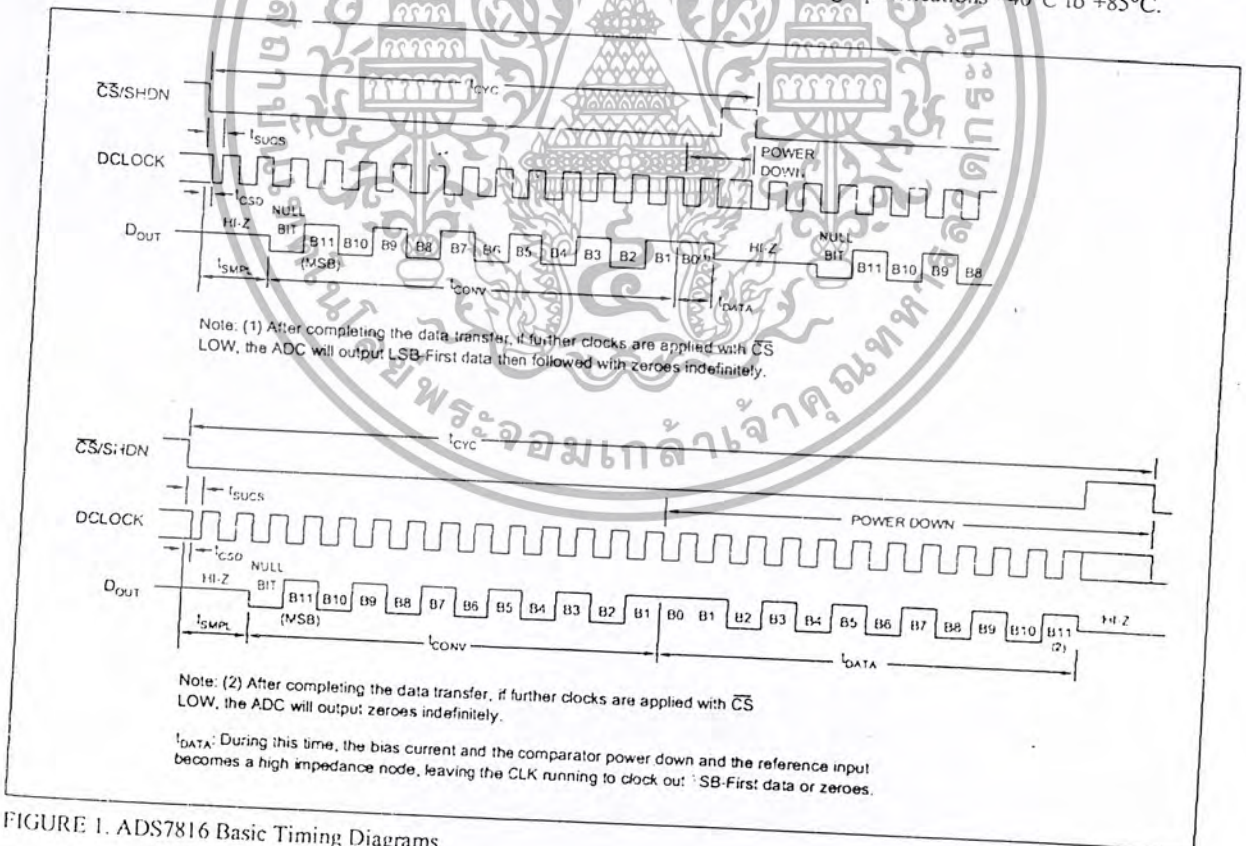


FIGURE 1. ADS7816 Basic Timing Diagrams.