

เครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ
Automatic Volume Sound Control



นาย กิตตินันท์ โพธิ์คัย รหัสนักศึกษา 60010072

Mr. Kittinan Pokai Student ID 60010072

นาย กิตติภพ สมจิตร รหัสนักศึกษา 60010078

Mr. Kittiphop Somchit Student ID 60010078

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ
Automatic Volume Sound Control

โดย



นาย กิตตินันท์ โพธิ์คัย	รหัสนักศึกษา	60010072
Mr. Kittinan Pokai	Student ID	60010072
นาย กิตติภพ สมจิตร	รหัสนักศึกษา	60010078
Mr. Kittiphop Somchit	Student ID	60010078

ปฏิญญาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

Automatic Volume Sound Control

ผู้จัดทำ นายกิตตินันท์ โพธิ์คัย รหัสประจำตัว 60010072

นายกิตติภาพ สมจิตร รหัสประจำตัว 60010078

ปริญญาานิพนธ์ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายกิตตินันท์ โพธิ์คัย รหัสประจำตัว 60010072 นายกิตติภาพ สมจิตร รหัสประจำตัว 60010078
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร. แสงระวี บัวแก้ว

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ มีจุดประสงค์ทำขึ้นเพื่อช่วยในการสนทนาในชีวิตประจำวันมีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นและเพิ่มอรรถรสในการฟังเพลง โดยสามารถลดระดับเสียงเพลงเมื่อได้รับสัญญาณเสียงที่ระดับ 60 dB ในช่วงความถี่ 90 – 900 Hz และสามารถปรับย่านความถี่ของเสียงเพลงได้อย่างอิสระ โดยสามารถเปลี่ยนได้จากบุคคลหรือจากฟังก์ชันการทำงานโดยการใช้ เช่น เซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือ ซึ่งมีฟังก์ชันการเปลี่ยนย่านความถี่ตามแนวเพลงดังนี้ POP ROCK และ HIPHOP โดยการใช้มือทำท่าทางดังนี้ ปิดขึ้นลงและปิดซ้ายขวา

จากผลการทดลองเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติพบว่าทำงานได้ตามที่คาดหวังไว้ รวมทั้งการเพิ่มลดระดับเสียงของหูฟังอัตโนมัติ การเปลี่ยนฟังก์ชันย่านความถี่เสียงตามแนวเพลงโดยใช้ท่าทางของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title**Students** Mr.Kittinan Pokai Student ID 60010072

Mr. Kittiphop Somchit Student ID 60010078

Degree Bachelor of Engineering**Program** Electronics Engineering**Academic Year** 2020**Thesis Advisor** Assist. Prof. Seangrawee Buakaew**ABSTRACT**

This project presents automatic volume control. It is intended to help make everyday conversations more comfortable and to enhance the enjoyment of music. It can reduce the music volume when receiving a 60 dB signal in the 90 - 900 Hz frequency range and can adjust the music frequency independently. They can be changed either from a person or from the functionality by using a hand-motion sensor which has a function to change the frequency according to the music genre, as follows: pop, rock, and hip-hop by hand gestures as follows swipe up, down, and left and right.

From the experiment, the automatic volume control machine was found to work as expected. This includes automatic increase and decrease in the volume of headphones changing the sound band function according to the music genre using hand gestures.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ “เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ” สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาจาก ผศ.ดร. แสงระวี บัวแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือในการทดลอง วงจรและให้ความรู้รวมถึงการแก้ปัญหาต่างๆเมื่อผลิตชิ้นงานออกมา จนกระทั่งวงจรที่ทำออกมานั้นประสบความสำเร็จออกมาได้ตามที่ต้องการ สุดท้ายขอขอบคุณทุก ๆ คน ที่ช่วยให้คำแนะนำ ในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ อยู่ทำงานด้วยกันและเป็นกำลังใจให้กันเสมอตลอด

กิตตินันท์ โพธิ์คัย

กิตติภาพ สมจิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมุติฐานการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 หลักการทำงานของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	3
2.2 โครงสร้างในการทำงานของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	4
2.2.1 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit).....	4
2.2.2 วงจรขยายสัญญาณโดยออปแอมป์.....	8
2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	12
2.2.4 สัญญาณเสียง.....	15
2.2.5 หลักการทำงานของ Digital Potentiometer.....	17
2.2.6 หลักการทำงานของ Gesture.....	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	20
3.1 การออกแบบส่วนวงจรขยาย.....	20
3.1.1 การเลือกออปแอมป์.....	20
3.1.2 การคำนวณวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน(ย่านเบส).....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

	หน้า
3.1.3 การคำนวณวงจรกรองแบบแบนพาส(ย่านกลาง).....	21
3.1.4 การคำนวณวงจรกรองความถี่สูงผ่าน(ย่านแหลม).....	22
3.2 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	23
3.3 การเขียนโค้ดการทำงานของเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	24
3.4 รูปภาพแบบร่างของวงจรที่ออกแบบได้.....	35
3.5 รูปภาพลายปรีนของวงจร.....	38
3.6 รูปภาพวงจรทดสอบ.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง	39
4.1 คุณสมบัติของเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	39
4.2 ผลการทดลองต่างๆ.....	40
4.2.1 การทดลองลดระดับเสียงอัตโนมัติเมื่อมีการสนทนา.....	40
4.2.2 การปรับเพิ่ม-ลดย่านความถี่ต่างๆ.....	43
4.2.3 การเปลี่ยนฟังก์ชันในการกรองย่านความถี่โดยใช้ Gesture Sensor.....	49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	50
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	50
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	50
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.2.1.1 ผลการทดลองรับความถี่ที่ย่านความถี่ ต่างๆ.....	41
ตารางที่ 4.2.1.2 ผลการทดลองรับสัญญาณเสียงจากสถานการณ์การสนทนาจริง.....	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	3
รูปที่ 2.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวที.....	4
รูปที่ 2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวพาย.....	5
รูปที่ 2.4 วงจรกรองความถี่สูงผ่านรูปตัวที.....	5
รูปที่ 2.5 วงจรกรองความถี่สูงผ่านรูปตัวพาย.....	5
รูปที่ 2.6 วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (อนุกรม).....	6
รูปที่ 2.7 วงจรกรองแถบความถี่ (ขนาน).....	6
รูปที่ 2.8 วงจรหยุดแถบความถี่ผ่าน (ขนาน).....	7
รูปที่ 2.9 วงจรหยุดแถบความถี่ผ่าน (อนุกรม).....	7
รูปที่ 2.10 กราฟความสัมพันธ์ของ Frequency – Filter Response.....	8
รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของอปแอมป์.....	8
รูปที่ 2.12 ลักษณะการทำงานของอปแอมป์.....	9
รูปที่ 2.13 วงจรขยายกลับเฟส.....	10
รูปที่ 2.14 วงจรขยายไม่กลับเฟส.....	11
รูปที่ 2.15 วงจรขยายไม่กลับเฟสเทียบกราวด์.....	11
รูปที่ 2.16 วงจรขยายรวมสัญญาณ.....	11
รูปที่ 2.17 วงจรขยายสัญญาณรวมเทียบกราวด์.....	11
รูปที่ 2.18 เปรียบเทียบระหว่าง Arduino UNO กับ Arduino MEGA	13
รูปที่ 2.19 ข้อมูลต่างๆของ Arduino MEGA 2560	14
รูปที่ 2.20 สัญญาณเสียง.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.21 เฟสของสัญญาณเสียง.....	16
รูปที่ 2.22 บันไดตัวต้านทาน.....	16
รูปที่ 2.23 บิตของตัวต้านทานเสียง.....	16
รูปที่ 2.24 Blockdigram ของ Gesture Sensor PAL7602.....	16
รูปที่ 2.25 การทำงานของ Gesture Sensor.....	16
รูปที่ 2.26 การประยุกต์ใช้ Gesture Sensor.....	16
รูปที่ 3.1 วงจรรองความถี่ย่านเบส.....	20
รูปที่ 3.2 วงจรรองความถี่ย่านกลาง.....	21
รูปที่ 3.3 วงจรรองความถี่ย่านแหลม.....	22
รูปที่ 3.4 วงจรส่วนคอนโทรลเลอร์.....	23
รูปที่ 3.5 Flowchart ของเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	24
รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	35
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมส่วนที่1ของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	36
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมส่วนที่2ของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	37
รูปที่ 3.9 ลายปรีนของวงจรเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	38
รูปที่ 3.10 วงจรทดสอบของเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ.....	38
รูปที่ 4.1 ระดับเสียงก่อนสนทนา.....	40
รูปที่ 4.2 ระดับเสียงขณะสนทนา.....	40
รูปที่ 4.3 ความถี่ที่สามารถรับได้จากไมโครโฟน.....	41
รูปที่ 4.4 สถานะการทำงานของวงจรรับสัญญาณเสียง.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่ขอการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบย่านความถี่ต่ำผ่าน.....	43
รูปที่ 4.6 Frequency respond ย่านความถี่ต่ำผ่าน.....	44
รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %THD กับ Attitude วงจร Bass.....	44
รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของวงจร Bass ที่ความถี่ 1 KHz.....	45
รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบย่านความถี่แถบกลาง.....	45
รูปที่ 4.10 Frequency respond ย่านความถี่แถบกลาง.....	46
รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %THD กับ Attitude วงจร Mid.....	46
รูปที่ 4.12 สเปกตรัมของวงจร Mid ที่ความถี่ 100 KHz.....	47
รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบย่านความถี่สูงผ่าน.....	47
รูปที่ 4.14 Frequency respond ย่านความถี่สูงผ่าน.....	48
รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %THD กับ Attitude วงจร Treble.....	48
รูปที่ 4.16 สเปกตรัมของวงจร Treble ที่ความถี่ 1 MHz.....	49
รูปที่ 4.17 ฟังก์ชันการเลือกแนวเพลงด้วย Gesture Sensor.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากคณะผู้จัดทำมีความสนใจในเรื่องของเสียงดนตรีและเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางด้านเสียง โดยในปัจจุบันเราจะพบเห็นผู้คนที่ใช้งานหูฟังในการฟังเพลงในแทบทุกการกระทำเช่น ขณะเดินทาง โดยอาศัยระบบการขนส่งสาธารณะ ขณะทำงานหรืออ่านหนังสือ เป็นต้น คณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นปัญหาระหว่างการสนทนาขณะคู่สนทนากำลังใช้งานหูฟังที่มีระดับเสียงมากเกินไปและคณะผู้จัดทำได้พัฒนาฟังก์ชัน การใช้งานที่ทันสมัย รวมถึงตอบสนองลักษณะการฟังเพลงในแต่ละแนวเพลงของบุคคล ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงจัดทำโครงการนี้เพื่อศึกษาและผลิต “เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ” เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและเพื่อเป็นการศึกษาวงจรต่าง ๆ เพื่อนำไปพัฒนาทักษะของคณะผู้จัดทำ นอกจากนี้คณะผู้จัดทำต้องการพัฒนาตัวโครงการนี้ให้สามารถนำมาใช้งานในชีวิตประจำวันได้และเกิดประโยชน์กับผู้ใช้ และสามารถนำไปพัฒนาตัวโครงการนี้ได้ในภายหลัง อาทิเช่น การเพิ่มอรรถรสในการฟังเพลงให้มากขึ้น การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าในตลาด

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการทำโครงการครั้งนี้มีจุดประสงค์จัดทำขึ้นเพื่อ

- 1.2.1 เพื่อเป็นการฝึกทักษะเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการปฏิบัติงาน
- 1.2.2 เพื่อนำโครงการมาแก้ไขปัญหาระหว่างการสนทนา
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการทำงานของ Amplifier
- 1.2.4 เพื่อศึกษาการทำงานของ Microcontroller
- 1.2.5 เพื่อศึกษาการแปลงสัญญาณ Analog to Digital
- 1.2.7 เพื่อศึกษาการทำงานของ equaliser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

“เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ” สามารถลดระดับเสียงของหูฟังได้หลังจากที่ได้รับสัญญาณเสียงจากคู่สนทนา และสามารถเพิ่มระดับเสียงกลับมาเช่นเดิมได้หลังจบการสนทนา โดยจะทำงานเมื่อรับคลื่นความถี่เสียงจากคู่สนทนาในช่วง 90 – 900 Hz ที่ระดับเสียงมากกว่า 60 dB ซึ่งคณะผู้จัดทำได้กำหนดสำหรับทั้งเสียงของผู้ชายและผู้หญิง และสามารถปรับย่านความถี่ต่างๆของเพลงได้ทั้ง 3 ย่าน ได้แก่ เบส กลาง แแหลม

1.4 ขอบเขตของโครงการ

ทำการศึกษาและออกแบบ ”เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ” ที่มีคุณสมบัติดังนี้

- 1.4.1 สามารถลดระดับเสียงของหูฟังได้ขณะทำการสนทนากับผู้อื่น
- 1.4.2 สามารถเพิ่มระดับเสียงของหูฟังให้กลับมาเช่นเดิมหลังจบการสนทนา
- 1.4.3 สัญญาณเสียงของหูฟังขณะที่ไม่ได้สนทนาต้องไม่แหลม ไม่ต่ำเกินไป
- 1.4.4 สามารถปรับระดับเสียงย่านต่างๆได้ เช่น หูม กลาง แแหลม
- 1.4.5 สามารถปรับย่านความถี่เสียงต่างๆได้ โดยใช้ท่าทางของมือ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.5.2 สามารถออกแบบวงจร ออกแบบ PCB
- 1.5.3 เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติสามารถใช้งานได้จริง
- 1.5.4 สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมดนตรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

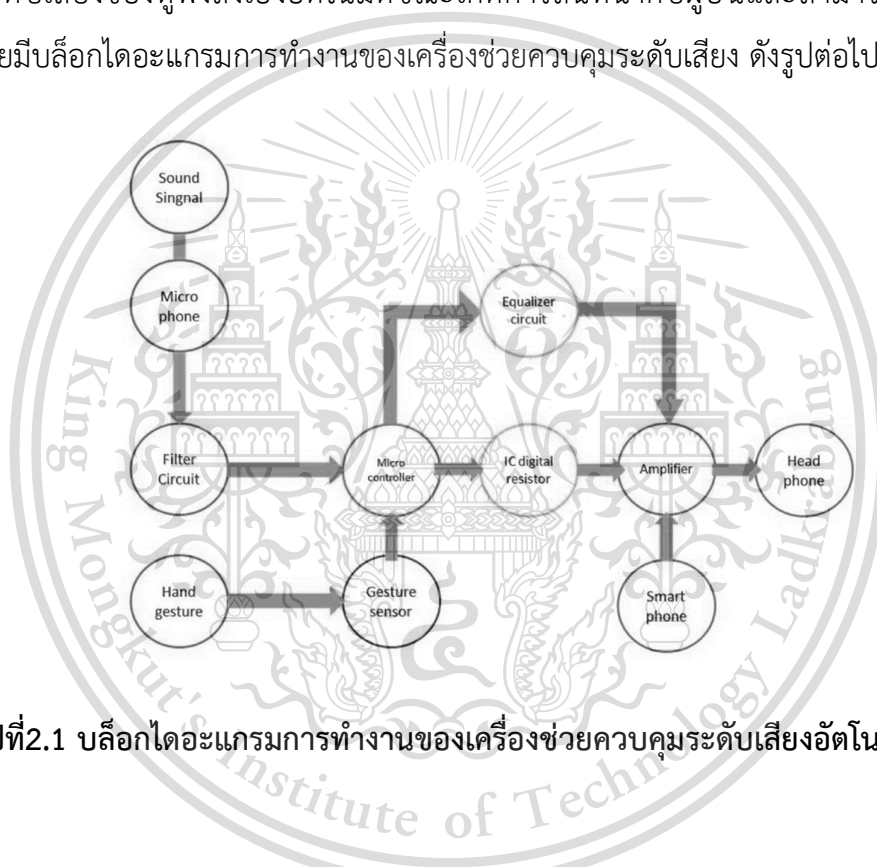
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

เครื่องช่วยควบคุมระดับเสียง คือ อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาให้แก้ไขปัญหาการสนทนาในขณะที่คุณสนทนากำลังใช้งานหูฟังในระดับเสียงที่มากเกินไป เครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงจะทำการปรับลดระดับเสียงของหูฟังลงเองอัตโนมัติขณะเกิดการสนทนากับผู้อื่นและสามารถปรับย่านความถี่ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียง ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

เครื่องช่วยควบคุมเสียงอัตโนมัติจะทำงานเมื่อได้รับสัญญาณเสียงที่ช่วงความถี่ 90-900 Hz โดยรับสัญญาณเสียงผ่านทาง Microphone สัญญาณเสียงจะถูกกรองความถี่โดยวงจรกรองความถี่กลาง ก่อนสัญญาณเสียงจะถูกส่งไปยังวงจรคอนโทรลเลอร์ เมื่อวงจรคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณเสียงที่ช่วงความถี่ 90 - 900 Hz วงจรคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไฟกระแสตรงไปยัง IC Switch ให้ทำงานเพื่อเพิ่มความต้านทานในวงจรขยายสัญญาณเสียงให้มากขึ้น เมื่อวงจรขยายสัญญาณเสียงมีความต้านทานเพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดสัญญาณเสียงมีขนาดและกำลังลดลง เสียงที่ไม่ว่าจะได้รับจากหูฟังผ่านเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัตินั้นจะมีระดับเสียงที่ลดลง ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงสร้างในการทำงานของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

2.2.1 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit)

วงจรกรองความถี่ คือ วงจรที่เลือกความถี่ต่าง ๆ ให้ผ่านไปได้ โดยใช้คุณสมบัติของ R C และ L ที่มีการตอบสนองต่อช่วงความถี่ที่ต่างกัน วงจรกรองความถี่นิยมใช้งานวงจรของวิทย์ ที่ใช้การตัดความถี่คลื่นพาออกไป หรือใช้ในวงจรดีมอดูเลชั่นของโทรทัศน์ หากในวงจรเครื่องเสียง ก็จะใช้เลือกความถี่ให้เหมาะสมกับลำโพงที่จะใช้งาน หรือปรับแต่งความถี่ที่ผ่านได้ เพื่อให้ระบบเสียงโดยรวมสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

- ตัวต้านทาน (R : Resistor) คุณสมบัติของตัวต้านทานคือต้านทานกระแสไฟฟ้า
- ตัวเก็บประจุ (C : Capacitor) คุณสมบัติโดยปกติของตัวเก็บประจุจะยอมให้ความถี่สูงผ่าน
- ตัวเหนี่ยวนำ (L : Inductor) คุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำคือจะยอมให้ความถี่ต่ำผ่านเท่านั้น ยิ่งความถี่สูงมากเท่าใด ความต้านทานภายในจะยิ่งสูงขึ้น

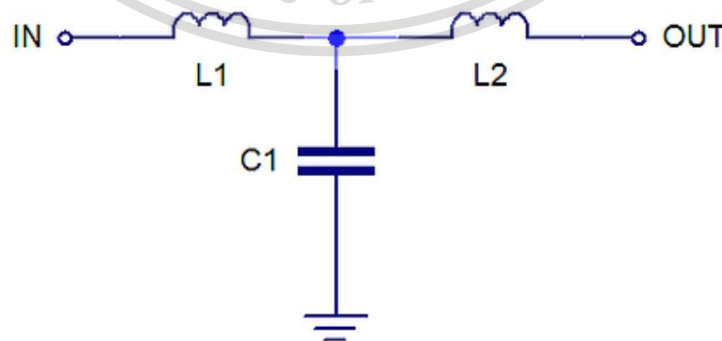
การแบ่งประเภทของวงจรการกรองความถี่

โดยแบ่งตามการตัดความถี่ได้ดังนี้

1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) จะตัดความถี่ที่สูงกว่าความถี่ที่กำหนดทิ้งไป (ความถี่ที่กำหนด จะถูกเรียกว่าความถี่ตัดผ่าน)

1.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวที (T Type Low Pass Filter)

ในรูปของวงจร T จะใช้งาน L 2 ตัว และใช้ C อีก 1 ตัว ช่วยให้การตัดความถี่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยหากให้การตัดความถี่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ต้องใช้วงจรนี้มาต่อกับหลายๆชุด



รูปที่ 2.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวที

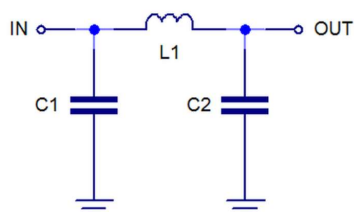
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เชิญดูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวพาย (Pi Type Low Pass Filter)

วงจรมีการใช้ C 2 ตัว และใช้ L 1 ตัวในการกรองความถี่สูงทิ้งไป นิยมใช้งานในวงจรภาคจ่ายไฟแบบสวิตซิ่ง

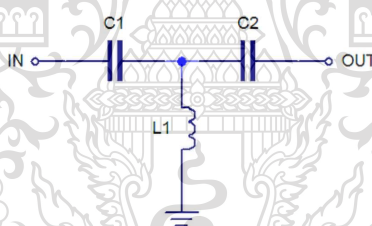


รูปที่ 2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านรูปตัวพาย

(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) จะยอมให้ความถี่ที่สูงกว่าที่กำหนดทิ้งไป และจะตัดความถี่ที่ต่ำกว่าที่กำหนดทิ้งไป จะใช้งาน C เข้ามากรองความถี่ และเพื่อให้การตัดความถี่มีความสมบูรณ์ขึ้น จึงใช้งานวงจรรูปที่ และตัวพายแบบเดียวกับวงจรกรองความถี่ต่ำ เพียงแต่สลับตำแหน่งของอุปกรณ์กัน

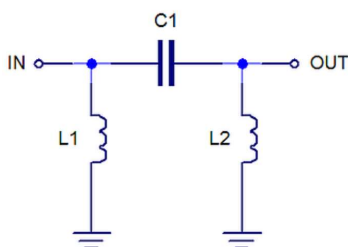
2.1 วงจรกรองความถี่สูงผ่านรูปตัวที (T Type High Pass Filter)



รูปที่ 2.4 วงจรกรองความถี่สูงผ่านรูปตัวที

(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

2.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่านรูปตัวพาย (Pi Type High Pass Filter)



รูปที่ 2.5 วงจรกรองความถี่สูงผ่านรูปตัวพาย

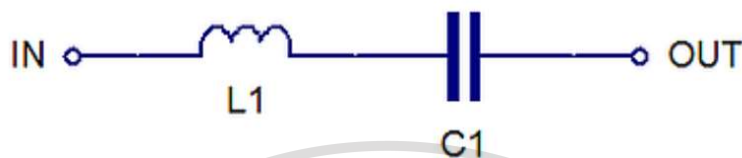
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

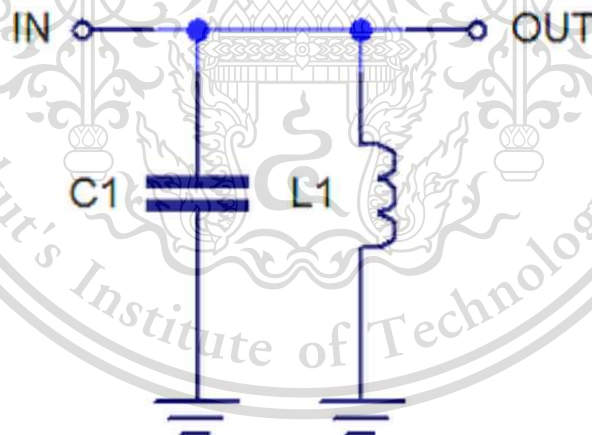
3. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) จะตัดความถี่ให้ผ่านไปในช่วงหนึ่งเริ่มจากที่กำหนด และสิ้นสุดที่กำหนด วงจรนี้จะใช้งาน L และ C มาต่อขนานหรือ อนุกรมกัน โดยหลักการคือให้ L กรองความถี่สูงสุดที่จะให้ผ่านก่อน ความถี่ที่สูงกว่าจะถูกตัดทิ้งไป จากนั้นจึงใช้ C มากรองความถี่ต่ำที่สุดที่จะให้ผ่าน ความถี่ที่ต่ำกว่าที่กำหนดก็จะถูกตัดทิ้งไป



รูปที่2.6 วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (อนุกรม)

(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

หากนำ C และ L มาต่อขนานกันลงกราวด์ ตามคุณสมบัติของ L คือจะยอมให้ความถี่ต่ำผ่าน ดังนั้นจึงใช้ L ในการตัดความถี่ที่ต่ำกว่าที่กำหนดลงกราวด์ และตามคุณสมบัติของ C ที่ยอมให้ความถี่สูงผ่าน ทำให้ตัดความถี่ที่สูงกว่าที่กำหนดลงกราวด์ จากนั้นจึงมีช่วงความถี่ที่ไม่ถูกกำหนดไว้ไม่ถูกตัดลงกราวด์ ทำให้สามารถผ่านออกไปได้



รูปที่2.7 วงจรกรองแถบความถี่ (ขนาน)

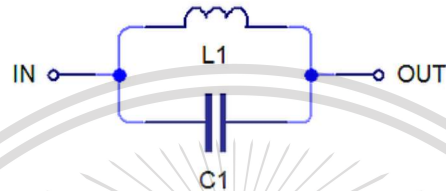
(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

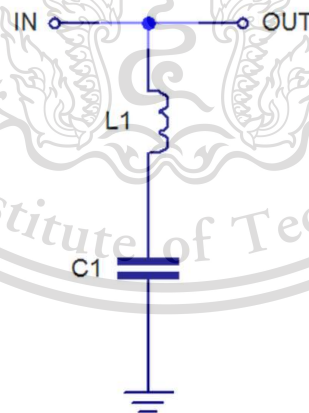
4. วงจรหยุดแถบความถี่ผ่าน (Band Stop Filter) จะยอมให้ความถี่ที่นอกเหนือจากความถี่ที่กำหนดไว้ผ่านไปได้ วงจรจะคล้ายๆกับวงจรกรองความถี่ผ่าน แต่จะใช้การตัดความถี่ของ L C ในจุดที่ต่างกัน จากวงจรจะเห็นว่าเราจะให้ความถี่ผ่านเข้ามาที่ L และ C พร้อม ๆ กัน โดยหากความถี่ที่เข้ามาต่ำกว่าความถี่ตัดของ L จะทำให้ความถี่สามารถผ่าน L ไปได้ แต่หากสูงกว่าจะไม่สามารถผ่านไปได้ ต่อมาก็มาดูที่ C ตามคุณสมบัติคือยอมให้ความถี่สูงผ่านไปได้ ดังนั้นหากความถี่ที่เข้ามาสูงกว่าความถี่ตัดของ L ถึงจะผ่าน L ไปไม่ได้ แต่หากสูงกว่าความถี่ตัดของ C ก็จะทำให้ความถี่นั้นผ่าน C ไปได้โดยง่าย



รูปที่ 2.8 วงจรหยุดแถบความถี่ผ่าน (ขนาน)

(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

วงจรด้านล่างนี้จะใช้หลักการดึงความถี่ที่อยู่ในแถบความถี่ที่ไม่ต้องการให้ผ่าน ดึงลงกราวด์เพื่อไม่ให้ความถี่ผ่านไปได้ โดยเมื่อความถี่เข้ามาผ่าน L แล้วความถี่นั้นต่ำกว่าจุดตัดของ L จะทำให้ความถี่สามารถผ่านไปหา C ได้ และหากความถี่ที่ผ่าน L มานั้น สูงกว่าจุดตัดของ C จะทำให้ความถี่นั้นผ่านลงกราวด์ไป ทำให้ไม่สามารถผ่านไปได้



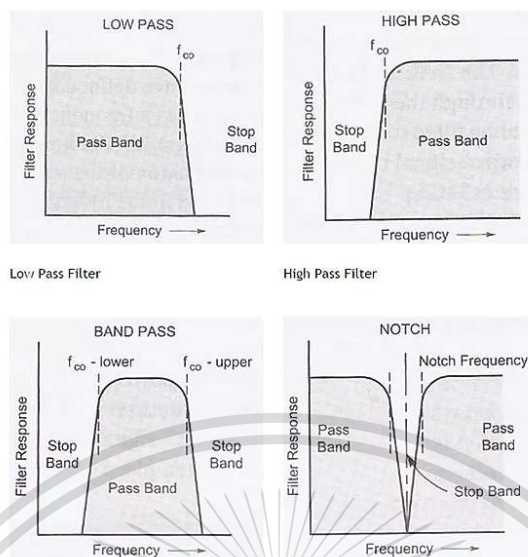
รูปที่ 2.9 วงจรหยุดแถบความถี่ผ่าน (อนุกรม)

(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

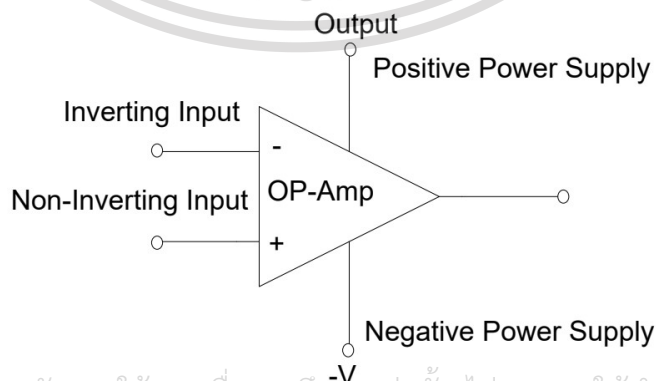


รูปที่ 2.10 กราฟความสัมพันธ์ของ Frequency – Filter Response

(ข้อมูลจาก: <https://aksboon9.wixsite.com>)

2.2.2 วงจรขยายสัญญาณโดยออปแอมป์

ออปแอมป์ (Operational Amplifier or Op-Amp) ออปแอมป์ เป็นไอซีแบบหนึ่งของตระกูลไอซีแบบลิเนียร์ที่ทำหน้าที่ได้สารพัดประโยชน์ แต่โดยพื้นฐานแล้วออปแอมป์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อขยายสัญญาณ ออปแอมป์จะขยายความแตกต่างระหว่างแรงเคลื่อน หรือสัญญาณ (AC หรือ DC) ที่ ป้อนเข้าที่อินพุตทั้งสอง แรงเคลื่อนหรือสัญญาณที่ต้องการจะขยายสามารถป้อนเข้าทางอินพุตใด อินพุตหนึ่งหรือทั้งสองอินพุตก็ได้ สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์แสดงดังรูปต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อเบ็ดเตล็ดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ออปแอมป์มีขาใช้งานพื้นฐานอยู่ 3 ประเภทคือ

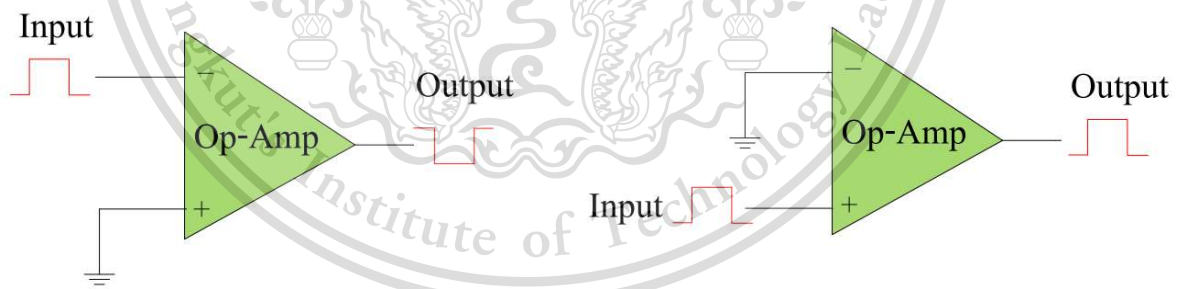
1. ขาอินพุต 2 ขาคือขาอินพุตกลับเฟส (Inverting Input) และขาอินพุตไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input)
2. ขาเอาต์พุต 1 ขา
3. ขาต่อไฟเลี้ยง

คุณสมบัติในทางอุดมคติของออปแอมป์

- มีอัตราขยายแรงดันและค่าความต้านทานทางด้านอินพุตเป็นอนันต์
- มีกระแสอินพุตและค่าความต้านทานทางเอาต์พุตเป็นศูนย์
- สามารถตอบสนองค่าที่ได้ตั้งแต่ระดับไฟตรงไปจนถึงความถี่ที่มีค่าเป็นอนันต์

ลักษณะการทำงานของออปแอมป์

ในตัวออปแอมป์ ประกอบด้วยสองอินพุต คือกลับทาง (Inverting) และไม่กลับทาง (Non-inverting) กลับทางคือ (-) และไม่กลับทางคือ (+)



(ก) แบบกลับทาง

(จ) แบบไม่กลับทาง

รูปที่ 2.12 ลักษณะการทำงานของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การป้อนกลับ (Feedback)

การป้อนกลับหมายถึงการนำแรงเคลื่อนหรือสัญญาณบางส่วนจากเอาต์พุตของออปแอมป์ มาป้อนให้ทางอินพุต การป้อนกลับมีสองแบบคือ

1. การป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback) คือการนำเอาสัญญาณบางส่วนจากเอาต์พุตมาป้อนกลับให้อินพุตแล้วทำให้ขนาดของเอาต์พุตมีค่ามากกว่าเดิม (ขณะที่ไม่มีการป้อนกลับ) เช่น วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit)

2. การป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback) คือลักษณะการทำงานที่ตรงกันข้ามกับการป้อนกลับแบบบวกคือขนาดของเอาต์พุตมีค่าลดลงกว่าเดิม ได้แก่ วงจรขยายทั่ว ๆ ไป

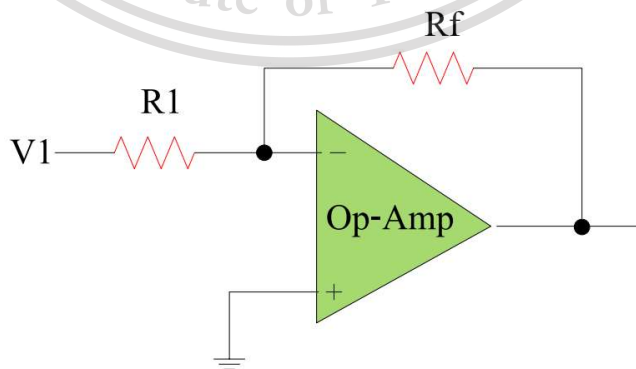
สำหรับวงจรขยายของออปแอมป์โดยทั่ว ๆ ไป เมื่อไม่มีการป้อนกลับจะมีอัตราขยาย (Gain) สูงมากในทางอุดมคติคือมีอัตราขยายเป็นอนันต์ สำหรับตัวของออปแอมป์เองก็ยากที่จะควบคุมให้ทำงาน (ขยาย) ตามที่ต้องการได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการป้อนกลับ มาช่วยแก้ไข เพื่อให้อัตราขยายของออปแอมป์มีค่าลดลงและสามารถที่จะควบคุมได้

วงจรออปแอมป์พื้นฐาน

1. วงจรขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier) วงจรขยายซึ่งมีอัตราขยายคงที่ และได้รับความนิยมมากแบบหนึ่งคือ วงจรขยายกลับเฟส สามารถหาค่า V_o ได้โดยการคูณ V_i ด้วยอัตราส่วนของความต้านทานป้อนกลับ (R_f) ต่อความต้านทานอินพุต (R_1) ดัง สมการต่อไปนี้

$$V_o = \frac{R_f}{R_1} V_i \quad (2.1)$$

เครื่องหมายเป็นลบแสดงว่า สัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตมีมุมต่างเฟสกัน 180 องศา



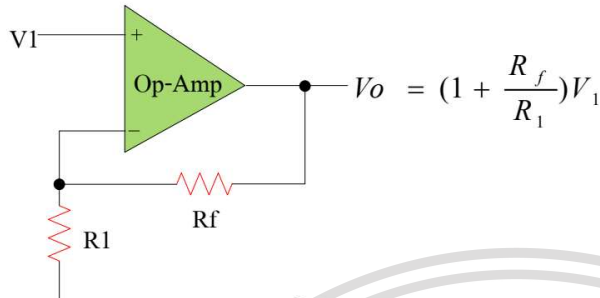
รูปที่ 2.13 วงจรขยายกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในองค์กรของคุณ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

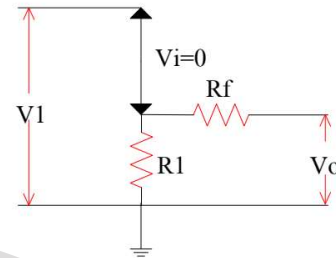
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. วงจรขยายไม่กลับเฟส (Non-inverting Amplifier) วงจรขยายไม่กลับเฟส สามารถเขียนวงจรเทียบกราวด์เสมือนได้ดังภาพที่ 2.14 (ข) เนื่องจาก $V_i = 0$ จึงหาค่า V_1 ได้โดยใช้กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้าคือ



รูปที่ 2.14 วงจรขยายไม่กลับเฟส

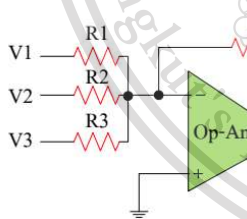


รูปที่ 2.15 วงจรขยายไม่กลับเฟสเทียบกราวด์

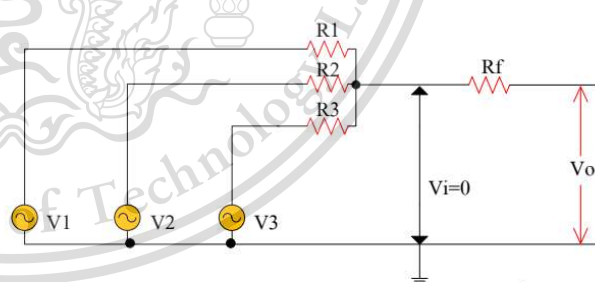
3. วงจรขยายรวมสัญญาณ (Summing Amplifier) วงจรขยายรวมสัญญาณคือ วงจรขยายที่ให้ค่า V_0 เท่ากับ

วงจขยายรวมสัญญาณใน ภาพที่ 2.15 (ก) มีสัญญาณอินพุต 3 สัญญาณเขียนวงจร เทียบเคียงกราวด์เสมือนได้ดัง ภาพที่ 2.15 (ข) ค่าแรงดัน เอาต์พุต เกิดจากผลรวมของอัตราขยาย สัญญาณอินพุตทั้งสาม ดังสมการ

$$V_0 = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{V_f}{R_2}V_2 + \frac{V_f}{R_3}V_3\right) \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.16 วงจขยายรวมสัญญาณ



รูปที่ 2.17 วงจรขยายสัญญาณรวมเทียบกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีโครงสร้างภายนอกเป็นวงจรรวมหรือไอซี (Integrate Circuit : IC) ซึ่งมีโครงสร้างภายในเหมือนกับไมโครคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยประมวลผล (Processor unit), หน่วยความจำ (Memory unit) และหน่วยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (I/O Port unit) มีหลายตระกูลให้เลือกใช้งาน เช่น MCS-51, PIC, AVR, ARM, Basic Stamp, PSoC และ Arduino เป็นต้น โดยจะสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาแอสเซมบลี ภาษาเบสิก ภาษาซีหรือภาษาอื่น ๆ ที่บริษัทผู้ผลิต ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตระกูลได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานร่วมกัน เพื่อควบคุมการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติที่นำไป ใช้ในระบบควบคุมแบบอัตโนมัติได้

โครงสร้างและส่วนประกอบ

- CPU
- Memory
- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
- BUS
- Port
- ส่วนประกอบอื่น ๆ

หน้าที่ส่วนต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

- 1) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยรับข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูล มาประมวลผลหรือวิเคราะห์ข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผล
- 2) หน่วยความจำ (Memory)
สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) โดยข้อมูลที่ถูเก็บไว้ในส่วนนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง และอีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง
- 3) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือ พอร์ต (Port)
มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4) ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS)

คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

6) ส่วนประกอบอื่น ๆ

ส่วนใหญ่เป็นพอร์ตพิเศษสำหรับการรับและส่งค่าข้อมูล โดยขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของบริษัทที่ผลิตหรือการออกแบบสำหรับงานประเภทต่างๆ เช่น DAC ACD I2C SPI PWM UART เป็นต้น

หลักการการทำงานของ Arduino MEGA 2560

Arduino MEGA คือ บอร์ดรุ่นใหญ่ในกลุ่มบอร์ด Arduino โดยใช้ Atmega2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้แตกต่างจาก ATmega328 ที่ใช้อยู่กับ บอร์ด Arduino UNO โดย Arduino MEGA มี Digital Pins ขา อินพุต เอาท์พุต ดิจิตอล จำนวน 54 ขา (เป็น PWM ได้ 15 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด และขา แหล่งจ่ายไฟ 5V จำนวน 3 ขา สามารถเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่าน USB เหมาะสำหรับผู้ที่มีพื้นฐานเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการบอร์ด Arduino ที่มี หน่วยความจำและขาสัญญาณต่าง ๆ ให้ต่อใช้งานมากขึ้น

UNO		MEGA	
Microcontroller	ATmega328	Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V	Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V	Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V	Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)	Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	6	Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA	DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA	DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader	Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)	SRAM	8 KB
EEPROM	1 KB (ATmega328)	EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz	Clock Speed	16 MHz

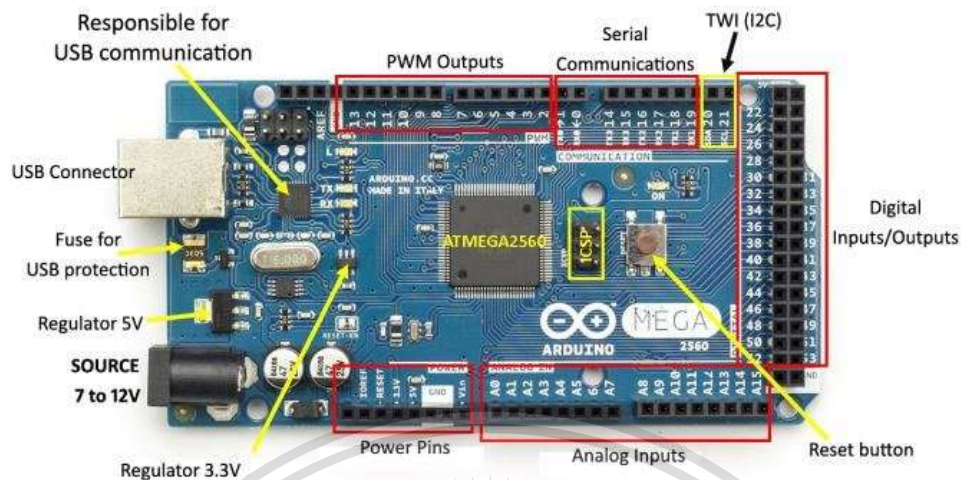
รูปที่ 2.18 เปรียบเทียบระหว่าง Arduino UNO กับ Arduino MEGA

(ข้อมูลจาก: <http://www.lungmaker.com>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.19 ข้อมูลต่างๆของ Arduino MEGA 2560

(ข้อมูลจาก: <http://www.lungmaker.com>)

คุณสมบัติและขาของ Arduino MEGA 2560

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ : Atmega2560
- แรงดันไฟฟ้า: 5 โวลต์
- แรงดันไฟฟ้าอินพุตที่แจ๊ค SOURCE : 7 ถึง 12 โวลต์
- Digital I / O Pins: 54 พิน
- ขาอินพุตแบบอนาล็อก: 16
- กระแส DC ต่อ I / O Pin: 20 mA
- กระแสตรงสำหรับ 3.3V Pin: 50 mA
- หน่วยความจำแฟลช: 256 KB
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB
- ความเร็วสัญญาณนาฬิกา: 16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.4 สัญญาณเสียงพื้นฐาน

คลื่นเสียงจะแบ่งเป็นสองส่วน

1. Amplitude หรือ dB เป็นขนาดความดังหรือความเข้มของเสียง

2. ความยาวคลื่น โดยคลื่นเสียงจะเดินทางเป็นลักษณะคลื่นวน 1 รอบ เป็น 360 องศา ค่าความถี่เสียงมีหน่วยเป็น Hz หรือ เฮิรซ์ หมายความว่า เสียงเดินทางที่รอบใน 1 วินาที หากเสียงเดินทางหลายรอบจะเรียกว่า High-pitched sound หรือคลื่นความถี่สูง ลักษณะเสียงจะสูง โดยปกติแล้วระดับเสียงที่คนฟังได้คือ 20-20000 Hz แต่จะได้ยินมากที่สุดที่ 500-6000 Hz

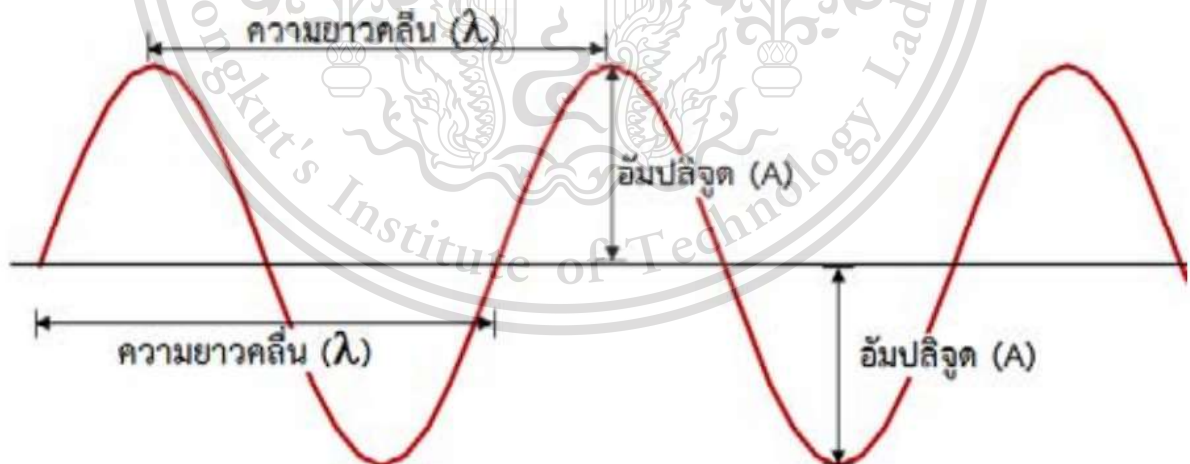
หลักการคำนวณคลื่นเสียง มีสูตรคือ

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.3)$$

λ คือ ความยาวคลื่น (m)

c คือ ความเร็วเสียง (m/s)

f คือ ความถี่เสียง (Hz)



รูปที่ 2.20 สัญญาณเสียง

(ข้อมูลจาก: <http://www.sat2you.com>)

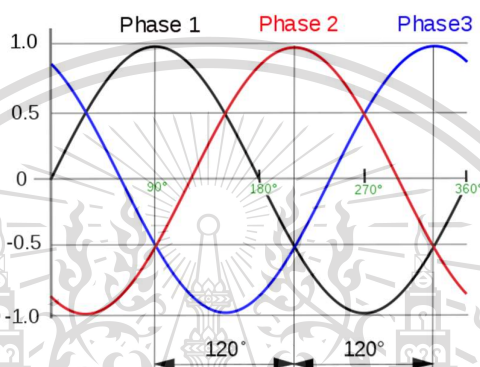
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Phase

คือ ระยะห่างของจุดเริ่มต้นของคลื่นสัญญาณเสียง 2 คลื่น หรือระยะเวลาการเริ่มต้นของคลื่นสัญญาณเสียง 2 คลื่น คำว่าระยะห่างคือ ระยะที่คลื่นสัญญาณเสียงกำเนิดออกมา 2 คลื่นสัญญาณที่มีระยะห่างเราวัดกันเป็นองศาว่าห่างกันกี่องศา หรือระยะเวลาที่คลื่นเสียงเกิดขึ้นใช้เวลาห่างกันเท่าไร เราเปรียบเทียบหรือวัดความถี่ใดความถี่หนึ่งเท่านั้น เรื่องของ Phase นี้เราสามารถแบ่งออกได้หลักๆ 3 รูปแบบ



รูปที่ 2.21 เฟสของสัญญาณเสียง

(ข้อมูลจาก: <http://www.sat2you.com>)

1. **In Phase** คือลักษณะของคลื่นเสียง 2 คลื่นสัญญาณเกิดขึ้นพร้อมกันในเวลาเดียวกันโดยมีทำให้องศาที่เกิดขึ้นตรงกันคือ 0 องศา สิ่งที่ได้คือ คลื่นเสียง 2 คลื่นสัญญาณเมื่อรวมตัวกันคลื่นจะใหญ่ขึ้น นั่นเท่ากับว่าเสียงที่เราได้จะดังขึ้นอีกเท่าตัวนั่นคือ 3dB อธิบายง่ายคือ ถ้า Phase ตรงกัน เสียงจะดังขึ้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2. **Out of Phase** คือลักษณะของคลื่นเสียง 2 สัญญาณเกิดในเวลาที่แตกต่างกันและระยะห่างของจุดกำเนิดคลื่นมีถึง 180 องศา ทำให้คลื่นเสียงที่ได้มีเสียงเบาถึงระดับ 0dB ในความถี่ใดความถี่หนึ่ง ทำให้เราไม่สามารถได้ยินเสียงนั้นได้ โดยปกติส่วนมากการเกิด Out of Phase นั้นมักจะเกิดจากการทำสายสัญญาณสลับขั้วกัน

3. **Phase Shift** คือลักษณะของคลื่นเสียง 2 คลื่นสัญญาณเกิดขึ้นในเวลาที่แตกต่างกันและระยะห่างของจุดกำเนิดคลื่นเริ่มต้นตั้งแต่ 1 องศาไปเรื่อยๆแต่ไม่ถึง 180 องศา ทำให้เสียงบางช่วงก็ดังขึ้นและบางช่วงก็เบา ซึ่งในงาน Live ที่เราทำอยู่ในปัจจุบันจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงเรื่องของ Phase Shift ไปได้เลย และ Phase Shift นี้แหละที่ทำให้เสียงเกิดมิติเสียง Stereo ขึ้นมาทำให้เพลงนั้นน่าฟังมากขึ้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

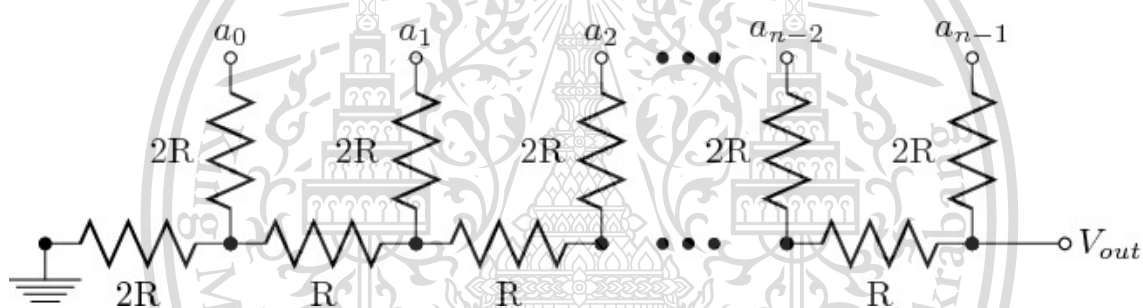
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.5 หลักการทำงานของ Digital Potentionmeter

Digital Potentionmeter เป็นส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมด้วยสัญญาณดิจิทัล โดยมีลักษณะการทำงานเหมือนแบบอนาล็อก มักใช้สำหรับการปรับขนาดสัญญาณอนาล็อกซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

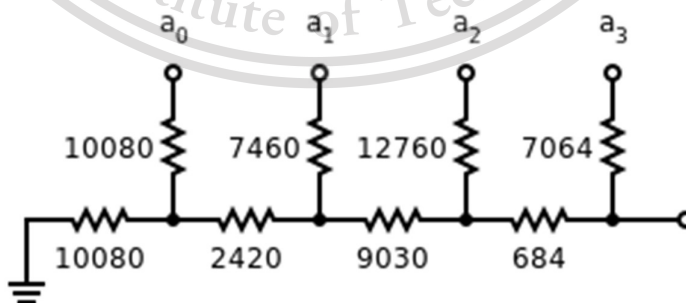
โครงสร้างของ Digital Potentionmeter

Digital Potentionmeter ถูกสร้างขึ้นโดยการออกแบบโครงสร้างภายในประกอบไปด้วยวงจรรวมต้านทานแบบขั้นบันไดและวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก ทุกชั้นของบันไดตัวต้านทานจะมีสวิตช์เป็นของตัวเองซึ่งเชื่อมต่อกับขั้วเอาต์พุตของ Digital Potentiometer โดยปกติจำนวนของขั้นบันไดจะระบุด้วยค่าบิตเช่น 8 บิตเท่ากับ 256 ชั้น



รูปที่ 2.22 บันไดตัวต้านทาน

(ข้อมูลจาก: <https://th.wikinew.wiki>)



รูปที่ 2.23 บิตของบันไดตัวต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะที่ออกการศึกษาเท่านั้น โปรดอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(ข้อมูลจาก: <https://th.wikinew.wiki>)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

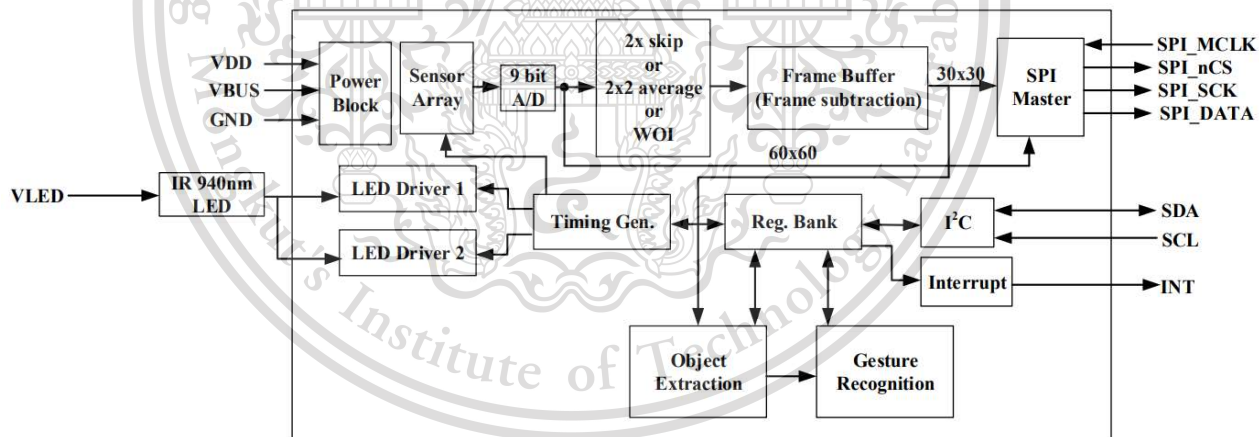
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การประยุกต์ใช้ Digital Potentiometer

Digital Potentiometer ใช้โปรโตคอลดิจิทัลเช่น I2C หรือ Serial Peripheral Interface Bus สำหรับการส่งสัญญาณ หรือใช้โปรโตคอล Up/Down ที่ควบคุมได้ง่ายกว่า การใช้งานทั่วไปของ Digital Potentiometer สามารถประยุกต์ใช้ได้ ในหลายๆ วงจรเช่น วงจรควบคุมการขยายสัญญาณ วงจรปรับสมมูลเสียงขนาดเล็กและวงจรปรับค่าออฟเซต

2.2.6 หลักการทำงานของ Gesture Sensor

Gesture Sensor คือเซ็นเซอร์ที่มีไว้สำหรับการตรวจจับลักษณะการเคลื่อนไหวของฝ่ามือ หรือลักษณะท่าทางของผู้ใช้งาน โดยเป็นการตรวจจับด้วยลำแสงอินฟราเรด (Infrared Rays) ดังนั้นก็จะทำให้เครื่องสามารถทำงานตามการแสดงผลท่าทางของผู้ใช้งานได้ เช่นในสมาร์ตโฟนบางรุ่นที่มี Gesture Sensor หากผู้ใช้งานโบกฝ่ามือไปทางซ้าย ก็อาจจะเป็นการสั่งให้เลื่อนไปดูรูปภาพถัดไปในแกลเลอรี โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องสัมผัสที่หน้าจอเลยแม้แต่น้อย



รูปที่ 2.24 Blockdigram ของ Gesture Sensor PAL7602

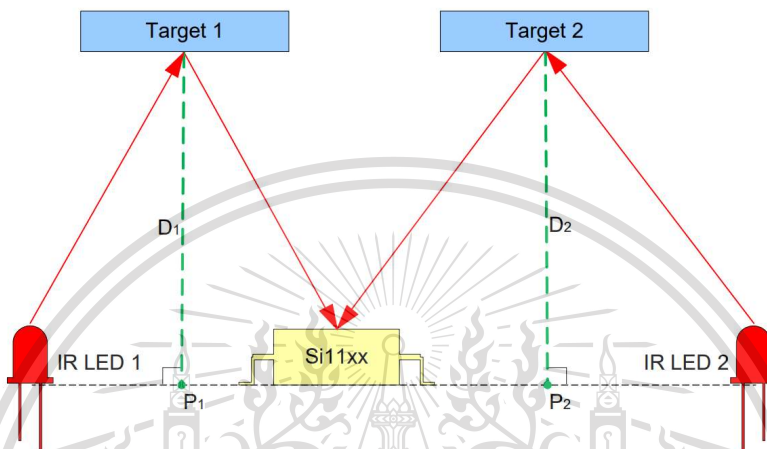
(ข้อมูลจาก: datasheet PAL7602)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โครงสร้างของ Gesture Sensor ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ IR LED และส่วนชิปประมวลผล โดย IR LED จะทำการปล่อยลำแสงอินฟราเรดไปกระทบวัตถุในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และเก็บข้อมูลลำแสงที่สะท้อนกลับมา เพื่อส่งไปประมวลผลที่ชิปของเซนเซอร์นั้นๆ



รูปที่ 2.25 Blockdigram ของ Gesture Sensor PAL7602

(ข้อมูลจาก: Silicon Labs)

ชิปประมวลผลจะทำการคำนวณระยะของวัตถุในแต่ละช่วงเวลาเพื่อมาวิเคราะห์หาทิศทาง การเคลื่อนที่ของวัตถุดังรูป 2.24 ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ Gesture Sensor อย่างแพร่หลายเช่น การติดตั้งใน โทรศัพท์มือถือเพื่อเพิ่มฟังก์ชันการทำงานของโทรศัพท์มือถือ การตรวจสอบการหยิบสินค้า เป็นต้น



รูปที่ 2.26 การประยุกต์ใช้งาน Gesture Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปวงกว้างให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ข้อมูลจาก: <https://www.springwise.com>)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ นี้ได้ถูกออกแบบให้มีคุณสมบัติต่างๆดังนี้

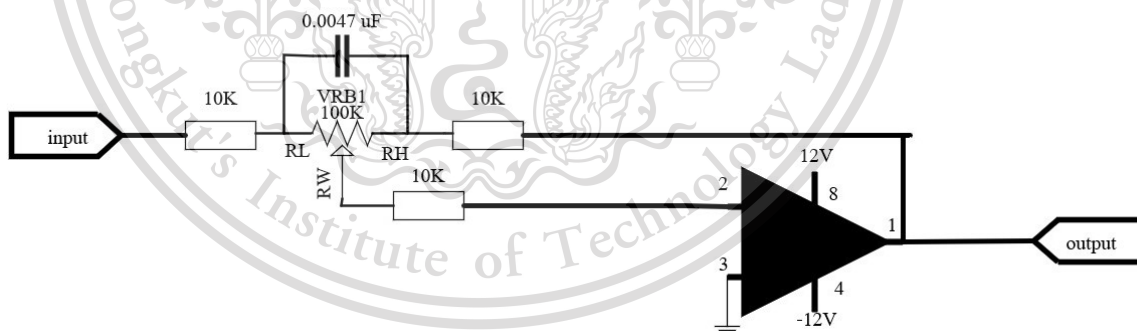
1. สามารถลดระดับเสียงของหูฟังได้ขณะทำการสนทนากับผู้อื่น
2. สามารถเพิ่มระดับเสียงของหูฟังให้กลับมาเช่นเดิมหลังจบการสนทนา
3. สามารถปรับระดับเสียงท่อม กลาง แหลมได้
4. สามารถใช้การเคลื่อนไหวของมือในการควบคุมฟังก์ชันปรับย่านความถี่ตามแนวเพลงได้

3.1) การออกแบบส่วนวงจรขยาย

3.1.1) การเลือกอปแอมป์

คณะผู้จัดทำเลือกใช้ออปแอมป์เบอร์ NE5532 เนื่องจากเป็นแบบ dual สำหรับวงจรรขนาดเล็ก ใช้ไฟเลี้ยงต่ำ สัญญาณรบกวนต่ำ

3.1.2) การคำนวณวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน(ย่านเบส)



รูปที่ 3.1 วงจรรองความถี่ย่านเบส

เพื่อให้ได้ช่วงความถี่ที่เหมาะสมโดยจากที่ต้องการในช่วงความถี่เสียงที่ต้องการ คณะผู้จัดจึงได้ออกแบบให้ได้กรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อให้สามารถปรับย่านความถี่ต่ำที่เราต้องการได้ **Amplifier** ที่ได้มีอัตราความเพี้ยนของสัญญาณที่ต่ำที่สุดโดยสามารถคำนวณได้ดังนี้ การศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

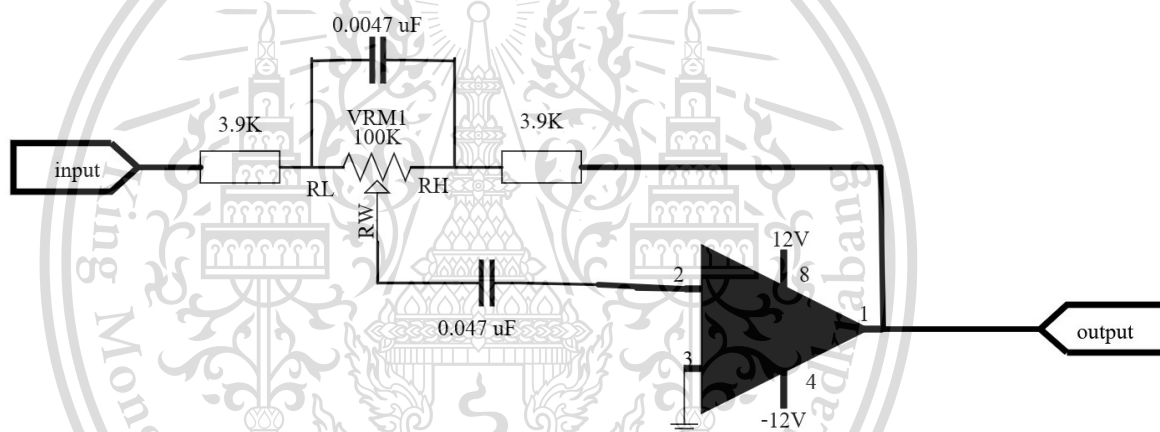
จากวงจรค่าความต้านทานทั้งหมดในวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านคือ

$$R = 100k + 10k + 10k = 120k$$

จากสูตรหาความถี่คัตออฟจะได้

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(120k)(47n)} = 28.22Hz \approx 28Hz$$

3.1.3) การคำนวณวงจรกรองแบบแบนพาส(ย่านกลาง)



รูปที่ 3.2 วงจรกรองความถี่ย่านกลาง

เพื่อให้ได้ช่วงความถี่ที่เหมาะสมโดยจากที่ต้องการในช่วงความถี่เสียงที่ต้องการ คณะผู้จัดจึงได้ออกแบบให้กรองความถี่แบบแบนพาสเพื่อให้สามารถปรับความถี่ของเสียงย่านกลางได้ส่วน Amplifier ที่ได้มีอัตราความเพี้ยนของสัญญาณที่ต่ำที่สุดโดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

ช่วงความถี่สูงของย่านกลาง

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(3.9k)(4.7n)} \approx 8683Hz$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

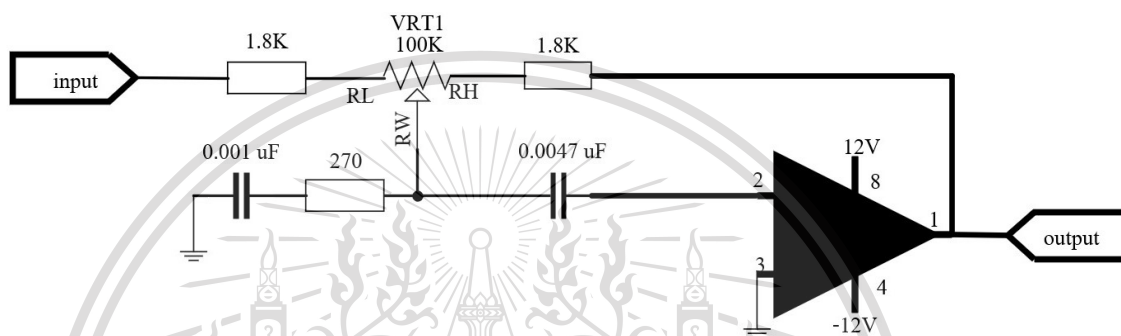
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ช่วงความถี่ต่ำของย่านกลาง

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(3.9k + 100k)(22n)} \approx 70\text{Hz}$$

3.1.4) การคำนวณวงจรกรองความถี่สูงผ่าน(ย่านแหลม)



รูปที่ 3.3 วงจรกรองความถี่ย่านแหลม

เพื่อให้ได้ช่วงความถี่ที่เหมาะสมโดยจากที่ต้องการในช่วงความถี่เสียงที่ต้องการ คณะผู้จัดจึงได้ออกแบบให้ได้กรองความถี่สูงผ่านเพื่อให้สามารถปรับย่านความถี่สูงที่เราต้องการได้ Amplifier ที่ได้มีอัตราความเพี้ยนของสัญญาณที่ต่ำที่สุดโดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

เมื่อเราปรับความถี่เสียงสูงในย่านต่ำสุดนั้นหมายความว่าเราจะใช้potentiometerในค่าสูงสุดคือ 100k จะได้ความถี่คัตออฟ

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(101800)(4.7n)} = 332.64\text{Hz} \approx 333\text{Hz}$$

เมื่อเราปรับความถี่เสียงสูงในย่านสูงสุดนั้นหมายความว่าเราจะใช้potentiometerในค่าต่ำสุดคือ 0 จะได้ความถี่คัตออฟ

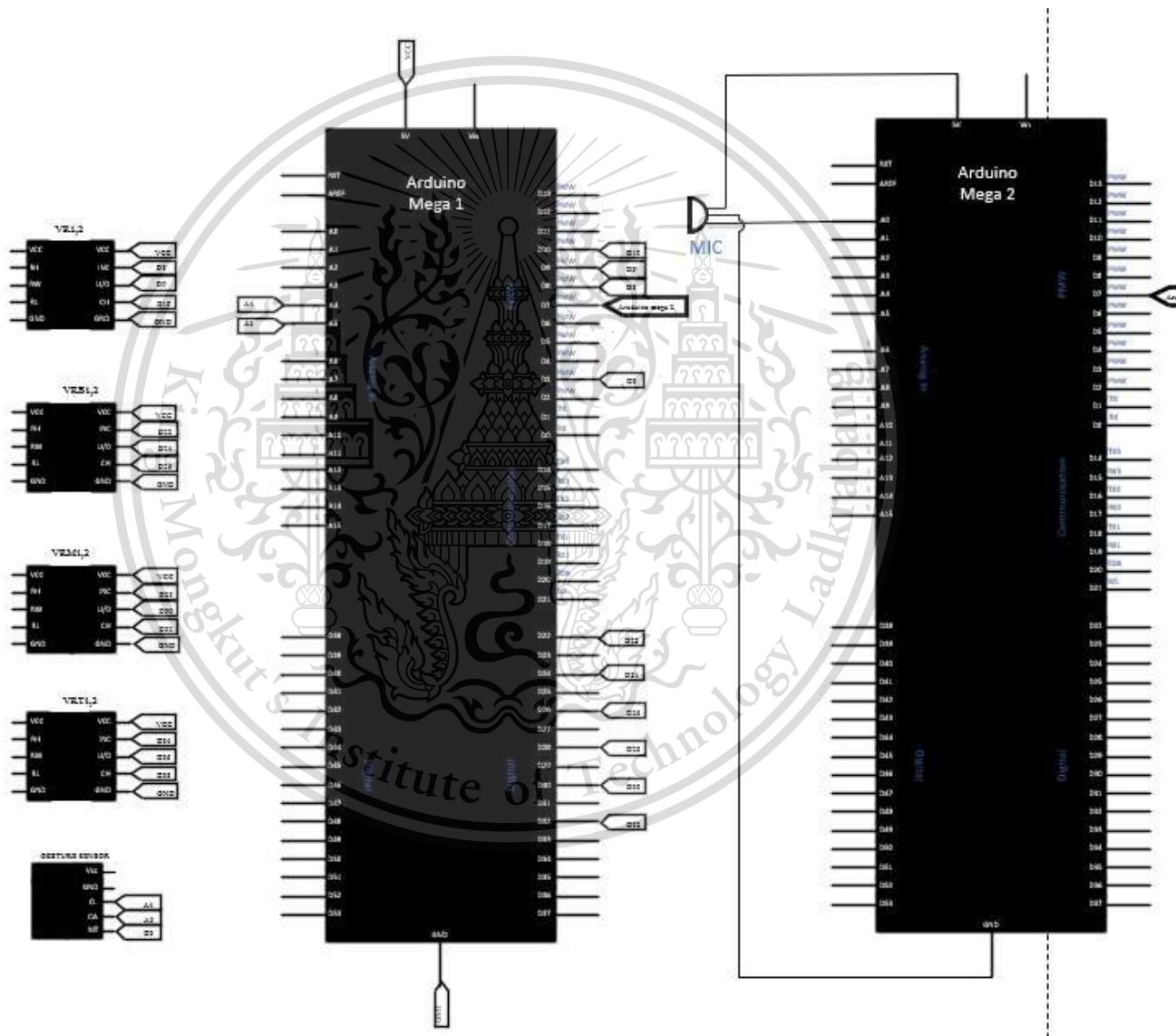
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น $f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(1800)(4.7n)} = 18812.64\text{Hz} \approx 19\text{kHz}$ อังอาจองถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2) การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

คณะผู้จัดทำได้เลือกใช้ IC ATMEGA328P เนื่องจากตัว IC ดังกล่าวเป็น IC ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในการผลิตบอร์ด Arduino uno r3 ดังนั้นจึงง่ายต่อการออกแบบโค้ดควบคุมการทำงานโดยแบ่งการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัว คือ Arduino Mega 2 ตัว โดยแบ่งหน้าที่การทำงานให้ตัวที่1 ควบคุมการทำงานและรับค่าของไมโครโฟน มาประมวลผลหลังจากนั้นจึงส่งค่าไปยัง ตัวที่2 เพื่อควบคุมการทำงานของ Digital Potentiometer X9C



รูปที่ 3.4 วงจรส่วนคอนโทรลเลอร์

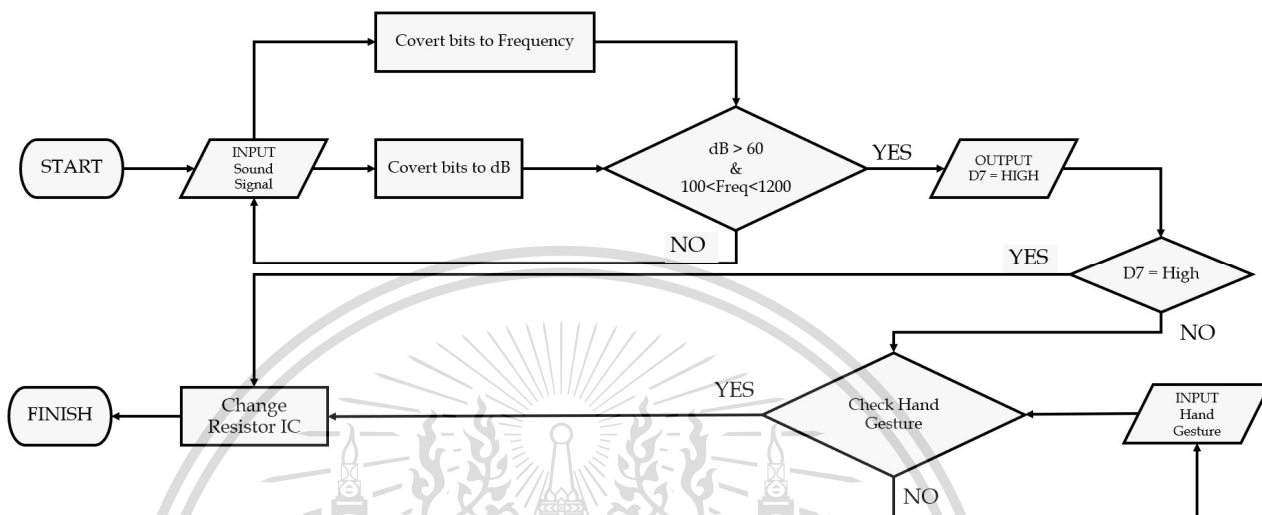
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3) การเขียนโค้ดการทำงานของเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

3.3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ



รูปที่ 3.5 Flowchart ของ เครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

3.3.2 โค้ดควบคุมการทำงานของส่วนไมโครโฟน

```

#include "arduinoFFT.h"

// ส่วนของ detect Freq.

#define SAMPLES 128

#define SAMPLING_FREQUENCY 2048 // 10 bit แยก 2 ช่วง

arduinoFFT FFT = arduinoFFT();

unsigned int samplingPeriod;

unsigned long microSeconds;

double vReal[SAMPLES];

double vImag[SAMPLES];

// ส่วนdB

```

```
const int sampleWindow = 50; // Sample window width in mS (50 mS = 20Hz)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  samplingPeriod = round(1000000*(1.0/SAMPLING_FREQUENCY));

  pinMode(3,OUTPUT);

  pinMode(A1,INPUT);

  pinMode(A2,INPUT);

  pinMode(7,OUTPUT);
}

void loop()
{
  Freq();

  Serial.println();
}

void Freq()
{
  samplingPeriod = round(1000000*(1.0/SAMPLING_FREQUENCY));
  /*คำสั่งเวลา*/
  for(int i=0; i<SAMPLES; i++)
  {
    microSeconds = micros();

    vReal[i] = analogRead(0);

    vImag[i] = 0;

    while(micros() < (microSeconds + samplingPeriod))
    {
      //do nothing
    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

/*คำสั่งmain*/

FFT.Windowing(vReal, SAMPLES, FFT_WIN_TYP_HAMMING, FFT_FORWARD);

FFT.Compute(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);

FFT.ComplexToMagnitude(vReal, vImag, SAMPLES);

/* หาความถี่ peak */

double peak = FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);

Serial.print(" peak "+ String(peak)); //Print out the most dominant frequency.

// ส่วน dB

unsigned long startMillis= millis(); // Start of sample window

unsigned int peakToPeak = 0; // peak-to-peak level

unsigned int signalMax = 0;

unsigned int signalMin = 1024;

// collect data for 50 mS

while (millis() - startMillis < sampleWindow)

{

sample = analogRead(A0);

if (sample < 1024) // toss out spurious readings

{

if (sample > signalMax)

{

signalMax = sample; // save just the max levels

}

else if (sample < signalMin)

{

signalMin = sample; // save just the min levels

}

}

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}

peakToPeak = signalMax - signalMin; // max - min = peak-peak amplitude

double volts = (peakToPeak * 5.0) / 1024; // convert to volts

double dB = (20* log(volts/5.0))+95;

Serial.print(" dB "+ String(dB));

if( dB>60 & peak>100 & peak<1200 )

{

    digitalWrite(7,HIGH);

}

elseif

    digitalWrite(7,LOW);

}

int a = digitalRead(7);

Serial.print(" State "+ String(a));

}

```

3.3.2 วัตถุประสงค์การทำงานของส่วน Gesture Sensor และ Digital Potentiometer

```

#include <SPI.h>

#include <Wire.h>

#include <EEPROM.h>

#include "paj7620.h"

#include <DigiPotX9Cxxx.h>

// ส่วน Gesture

#define I2C_ADDR 0x27 //I2C adress, you should use the code to scan the adress first (0x27) here

#define GES_REACTION_TIME 1

#define GES_ENTRY_TIME 1

#define GES_QUIT_TIME 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

DigiPot pot1(8, 9, 10);

DigiPot potBass(22, 24, 26);

DigiPot potMid(28, 30, 32);

DigiPot potTreble(34, 36, 28);

int rst = 2;

volatile int i = 0;

int wiperPos = 0;

long PotOhm = 100000 ; //x9c104

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  paj7620Init();

  pinMode(7,INPUT);

}

void loop() {

  uint8_t data = 0, data1 = 0, error;

  error = paj7620ReadReg(0x43, 1, &data); // Read Bank_0_Reg_0x43/0x44 for gesture result.

  if (error)

  {

    if(data == GES_RIGHT_FLAG)

    {

      Serial.println("Right Hiphop");

      MixHiphop();

    }

    else if(data == GES_LEFT_FLAG)

    {

      Serial.println("Left Rock");

      MixRock();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}

else if(data == GES_UP_FLAG)

{

Serial.println("UP Pop");

MixPop();

}

else if(data == GES_DOWN_FLAG)

{

Serial.println("Down Auto Manual");

LoopMixer();

}

}

}

void LoopMixer() { //MODE
for(int y = 0; y > -1; y++){
int reset = digitalRead(3); //ใช้อ่านตรจจับท่าทางขณะทำงาน
if(reset == LOW){
loop();
break;
}
}
else{
int a = digitalRead(7);

//Freq();

if(a == HIGH){

//Serial.println(1);

pot1.set(100);

wiperPos = pot1.get();
Serial.print(wiperPos);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

Serial.println();

}

else{

//Serial.println(0);

pot1.set(50);

wiperPos = pot1.get();

Serial.print(wiperPos);

Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

Serial.println();

}

}

}

}

}

unsigned long getOhm(int wiperPosition) {

unsigned long Ohm ;

Ohm = (long) wiperPosition * (PotOhm / 100);

return Ohm;

}

float getVolt(int wiperPosition) {

float Vcc = 5.00;

float Rwl = (float)getOhm(wiperPosition);

float Vw = Vcc * (Rwl / (float)PotOhm);

return Vw;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}

void MixHiphop() { //MODE

for(int y = 0;y > -1;y++){

int reset = digitalRead(3); // ใช้อ่านตรวจจับท่าทางขณะทำงาน

if(reset == LOW){

loop();

break;

}

else{

int a = digitalRead(7);

//Freq();

if(a == HIGH){

//Serial.println(1);

pot1.set(100);

potBass.set(0);

potMid.set(50);

potTreble.set(70);

wiperPos = pot1.get();

Serial.print(wiperPos);

Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

Serial.println();

}

else{

//Serial.println(0);

pot1.set(50);

potBass.set(0);

potMid.set(50);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

potTreble.set(70);

wiperPos = pot1.get();

Serial.print(wiperPos);

Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

Serial.println();

}

}

}

}

void MixRock() { //MODE
for(int y = 0;y > -1;y++){
int reset = digitalRead(3); //ใช้อ่านตรวจจับท่าทางขณะทำงาน
if(reset == LOW){
loop();
break;
}
else{
int a = digitalRead(7);

//Freq();

if(a == HIGH){

//Serial.println(1);

pot1.set(100);

potBass.set(60);

potMid.set(10);

potTreble.set(30);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Serial.print(wiperPos);

Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

Serial.println();

}

else{

//Serial.println(0);

pot1.set(50);

potBass.set(60);

potMid.set(10);

potTreble.set(30);

wiperPos = pot1.get();

Serial.print(wiperPos);

Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

Serial.println();

}

}

}

}

void MixPop() { //MODE

for(int y = 0;y > -1;y++){

int reset = digitalRead(3); // ใช้อ่านตรวจจับท่าทางขณะทำงาน

if(reset == LOW){

loop();

break;

}

}

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

int a = digitalRead(7);

//Freq();

if(a == HIGH){

  //Serial.println(1);

  pot1.set(100);

  potBass.set(60);

  potMid.set(30);

  potTreble.set(10);

  wiperPos = pot1.get();

  Serial.print(wiperPos);

  Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

  Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

  Serial.println();

}

else{

  //Serial.println(0);

  pot1.set(50);

  potBass.set(60);

  potMid.set(30);

  potTreble.set(10);

  wiperPos = pot1.get();

  Serial.print(wiperPos);

  Serial.print(", Ohm = " + String(getOhm(wiperPos)));

  Serial.print(", Volt = "); Serial.print(getVolt(wiperPos), 2);

  Serial.println();

}

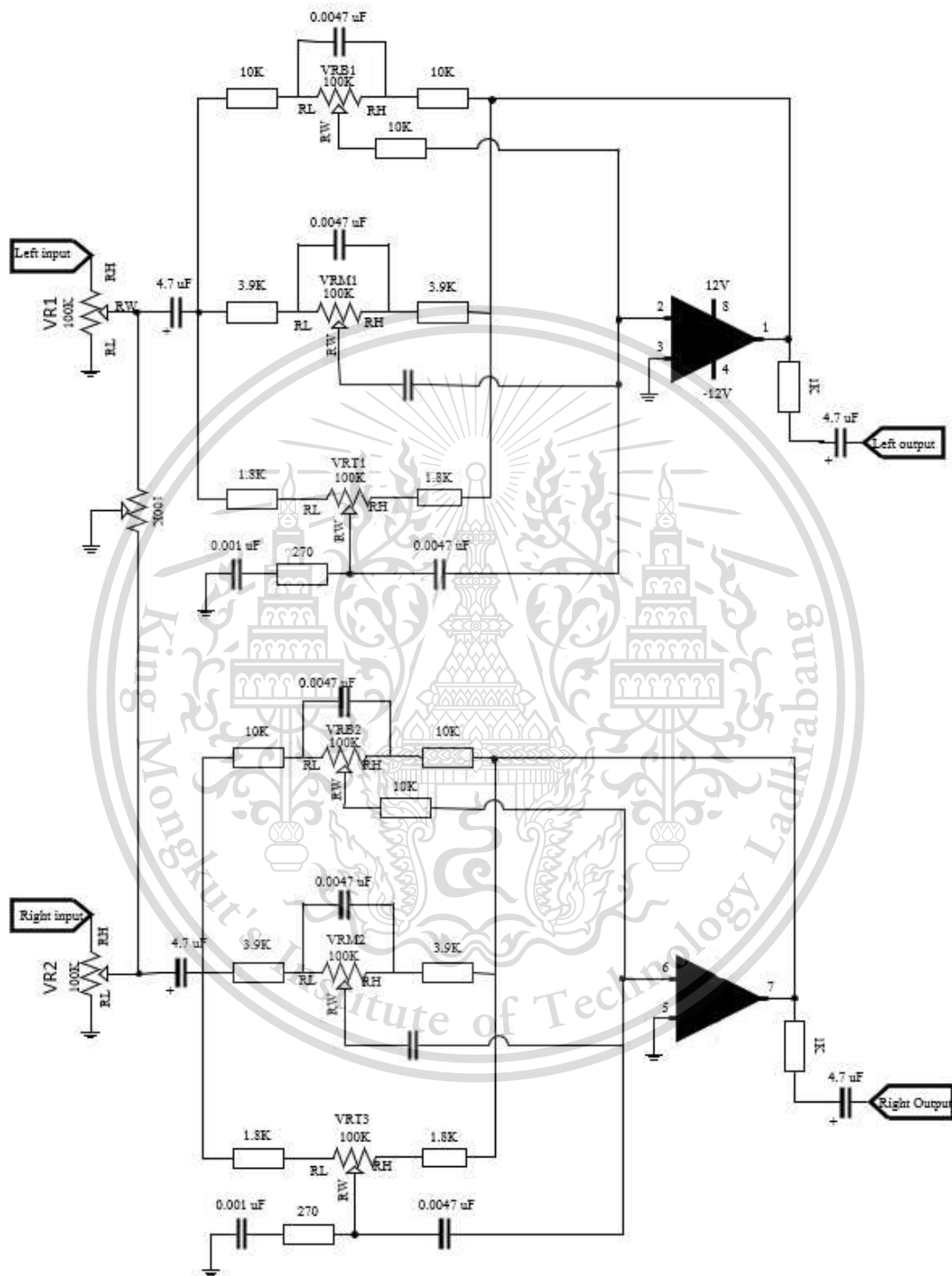
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4) รูปภาพแบบร่างของวงจรที่ออกแบบได้

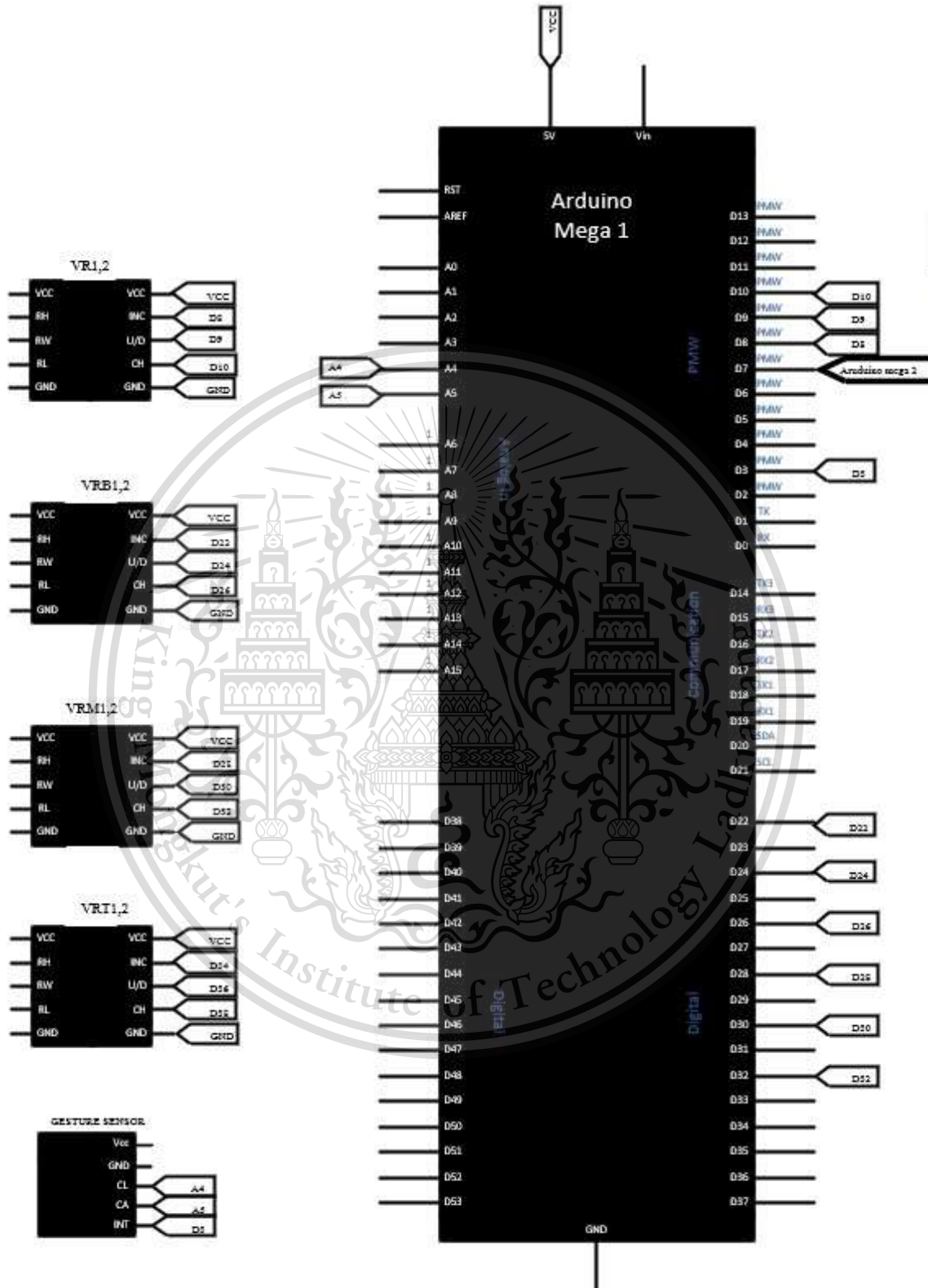


รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

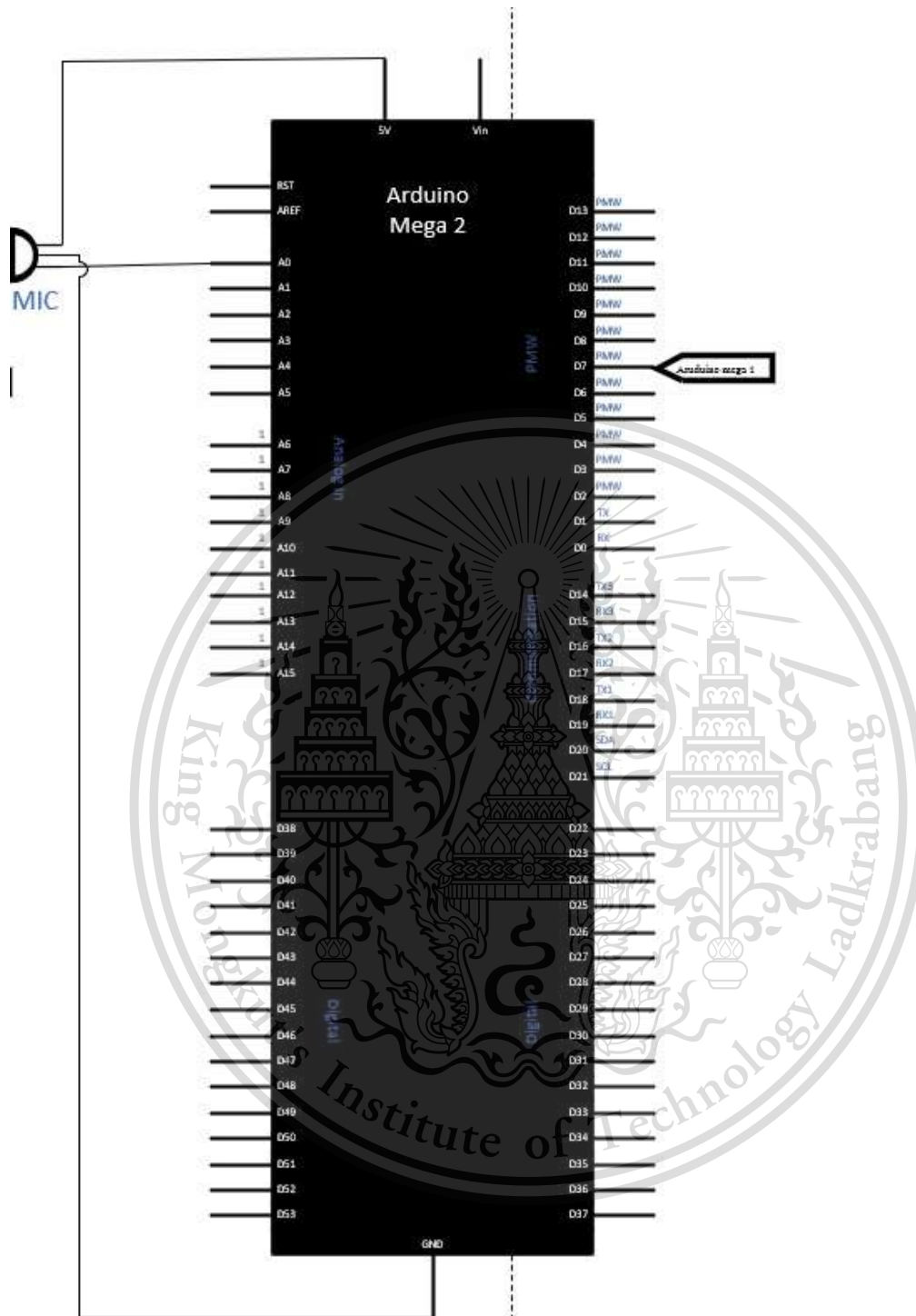


รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมส่วนที่1ของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการค้าเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



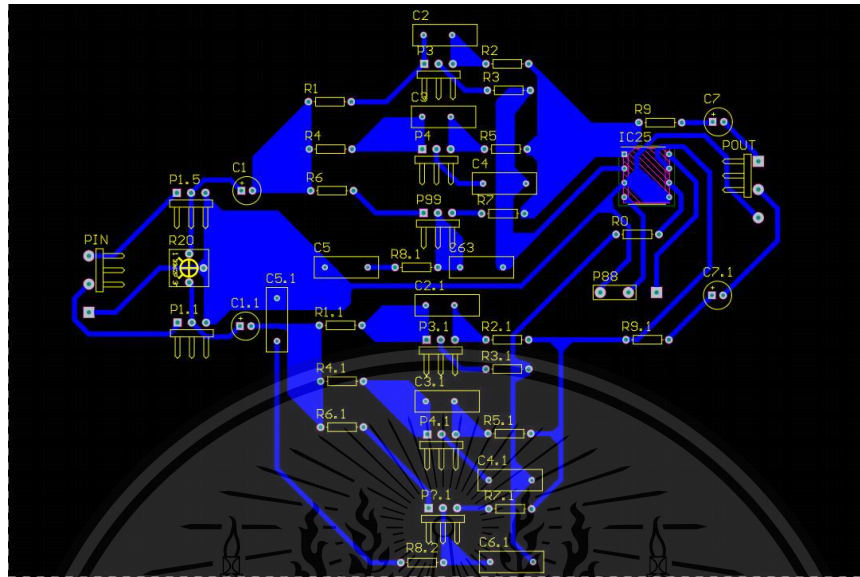
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมส่วนที่2ของเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

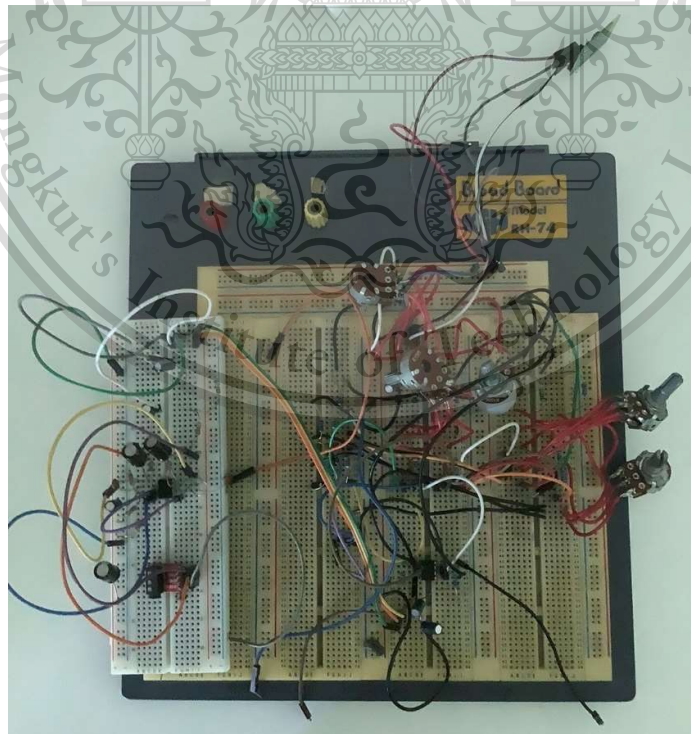
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5) รูปภาพลายปรีนของวงจร



รูปที่ 3.9 ลายปรีนของวงจรเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

3.6) รูปถ่ายวงจรทดสอบ



รูปที่ 3.10 วงจรทดสอบของวงจรเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ห้ามมิให้ผู้อื่นนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1) คุณสมบัติของดิจิตอลโวลมิเตอร์ที่ควบคุมด้วยการเคลื่อนไหวของมือ

4.1.1) สามารถลดระดับเสียงลงอัตโนมัติเมื่อมีการสนทนา

- ลดระดับเสียง เมื่อ ได้รับสัญญาณเสียง dB > 60 ที่ช่วงความถี่ 90 – 900 Hz

4.1.2) สามารถเพิ่ม – ลด ย่านความถี่ต่างๆได้ แบ่งออกเป็น 3 ย่าน

- ย่านเสียงเบส

- ย่านเสียงกลาง

- ย่านแหลม

4.1.3) Gesture สามารถเปลี่ยนฟังก์ชันในการกรองย่านความถี่เสียงตามแนวเพลงได้

- แนว Pop ,R&B

- แนว Rock

- แนว HIPHOP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

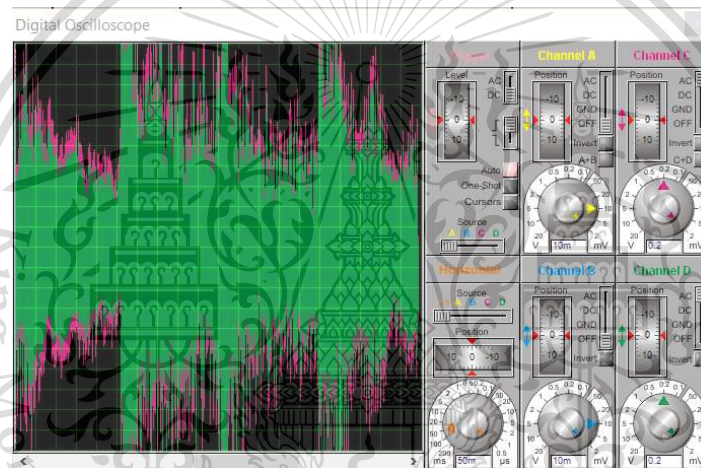
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2) ผลการทดลองต่างๆ

4.2.1) การทดลองลดระดับเสียงลงอัตโนมัติเมื่อมีการสนทนา

ทำการทดสอบโดยป้อนสัญญาณเพลงเข้าวงจร (สัญญาณสี่ชมพู) โดยทำการวัดเปรียบเทียบกับสัญญาณขาออก (สัญญาณสี่เขียว) ก่อนเริ่มการสนทนาจะเห็นว่าสัญญาณขาเข้าและขาออกของวงจรมีระดับ amplitude เท่ากัน ดังรูปที่ 4.1 และเมื่อมีการสนทนา ส่วนควบคุมของคอนโทรลเลอร์จึงเปลี่ยนค่าความต้านทานของ วงจรขยายสัญญาณ ผ่าน digital potentiometer X9C ให้เพิ่มค่าความต้านทานของวงจรให้สูงขึ้น ส่งผลให้ระดับเสียงของวงจรมีขนาด amplitude ของสัญญาณขาออก มีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ระดับเสียงก่อนสนทนา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดรูปที่ 4.2 ระดับเสียงขณะสนทนาไปใช้ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เงื่อนไขการทำงานของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์คือ ระดับเสียงจากไมโครโฟนมากกว่า 60 dB และ อยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 90 Hz ถึง 900 Hz ซึ่งสามารถทดสอบช่วงของความถี่ที่ไมโครโฟนสามารถตรวจจับได้โดยป้อนสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ตั้งแต่ 20 Hz ถึง 20 KHz เข้าไปยังไมโครโฟน โดยผลที่ได้จากรูป 4.3 แสดงให้เห็นว่าช่วงของความถี่ที่ไมโครโฟนของเครื่องควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ อยู่ในช่วงความถี่ 140 – 1000 Hz



รูปที่ 4.3 ความถี่ที่สามารถรับได้จากไมโครโฟน

ตารางที่ 4.2.1.1 ผลการทดลองรับความถี่ที่ย่านความถี่ ต่างๆ

ผลการทดลองรับสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ 20 – 1200 Hz	
ช่วงความถี่ขาเข้า	ช่วงความถี่ที่สามารถรับได้
0 – 400 Hz	140 – 400 Hz
401 – 800 Hz	401 – 800 Hz
801 – 1200 Hz	801 – 1000 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อได้รับสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ 90 – 900 Hz ส่วนประมวลผลจะนำสัญญาณเสียงขาเข้าไปวิเคราะห์และแปลงค่าสัญญาณเป็นระดับความดังของเสียงโดยวัดเป็นหน่วย เดซิเบล ซึ่งได้กำหนดระดับเสียงที่ระดับมากกว่า 60 dB เครื่องจึงจะทำงาน (เข้าสู่ State 1) ดังรูปที่ 4.4 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 จะส่งข้อมูลไปยังตัวที่ 2 ให้ควบคุมความต้านทานของวงจรเพื่อลดระดับเสียงของหูฟัง

```

peak 96.11 dB 37.92 State 0
peak 124.34 dB 36.52 State 0
peak 598.08 dB 36.88 State 0
peak 134.53 dB 40.16 State 0
peak 141.30 dB 80.70 State 1
peak 480.80 dB 46.14 State 0
peak 151.05 dB 69.14 State 1
peak 515.43 dB 32.94 State 0
peak 320.59 dB 32.05 State 0

```

รูปที่ 4.4 สถานการณ์ทำงานของวงจรรับสัญญาณเสียง

ตารางที่ 4.2.1.2 ผลการทดลองรับสัญญาณเสียงจากสถานการณ์การสนทนาจริง

ผลการทดลองที่ระดับเสียง 60 dB ที่ ความถี่ 90 Hz – 900 Hz		
สัญญาณเสียง	dB เฉลี่ย	ระดับเสียงของหูฟัง
ก่อนรับสัญญาณเสียง	30 – 50 dB	ปกติ
ขณะรับสัญญาณเสียง	60 dB	เบาลง
หยุดรับสัญญาณเสียง	30 – 50 dB	ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

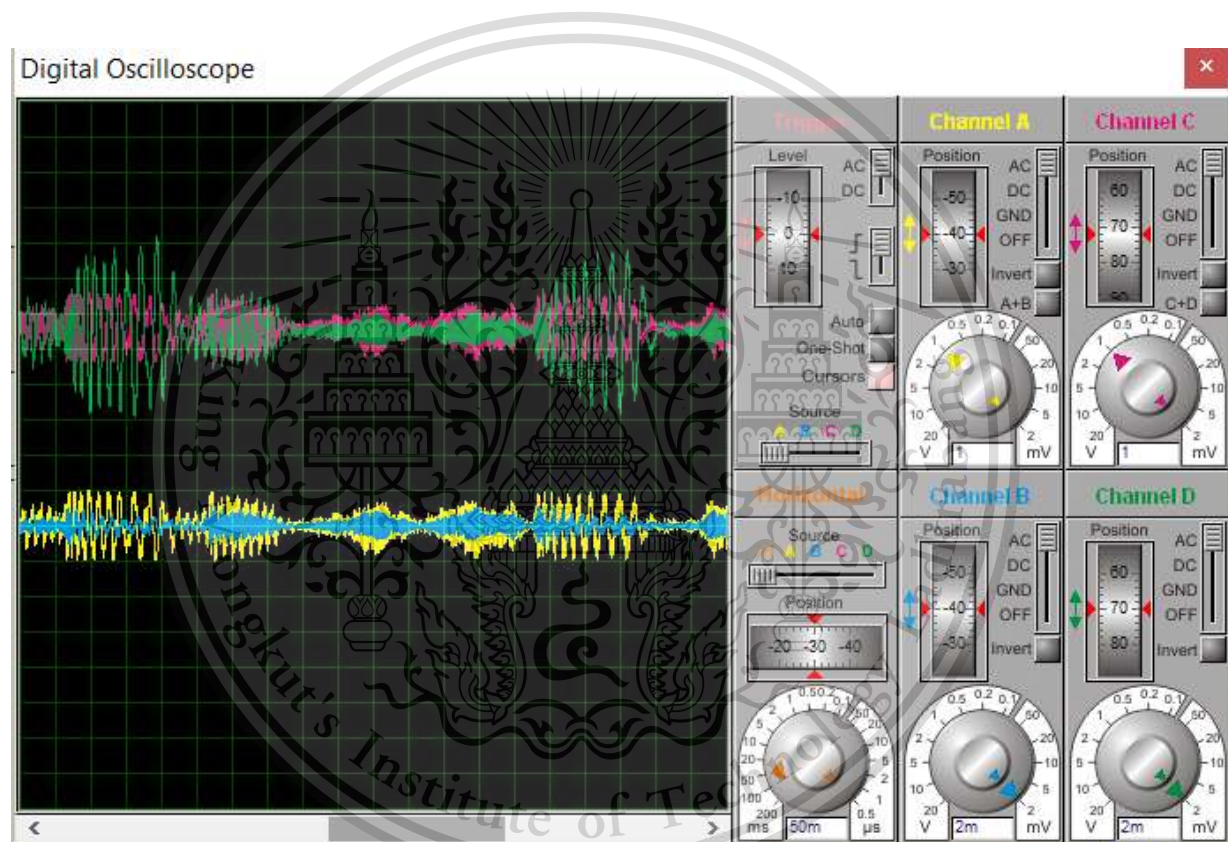
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2) การปรับ เพิ่ม – ลด ย่านความถี่ต่างๆ

ย่านความถี่ต่ำผ่าน (เบส)

ผลการจำลองวงจร โดยสัญญาณสี่เหลี่ยมและซมพู คือสัญญาณเพลงที่รับเข้า โดยเมื่อปรับความต้านทานเพื่อควบคุม ความถี่ต่ำผ่าน พบว่าสัญญาณเสียงขาออก สีเขียวและสีฟ้า มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสีเขียวคือปรับความต้านทานที่ไปที่ 0 โอห์ม เพื่อให้ความถี่ต่ำผ่านเพิ่มสูงสุดและสีฟ้าคือปรับความต้านทานไปที่ 100 โอห์ม เพื่อให้ความถี่ต่ำผ่านลดลงต่ำสุด โดยอ้างอิงจากสัญญาณขาเข้าเดียวกัน

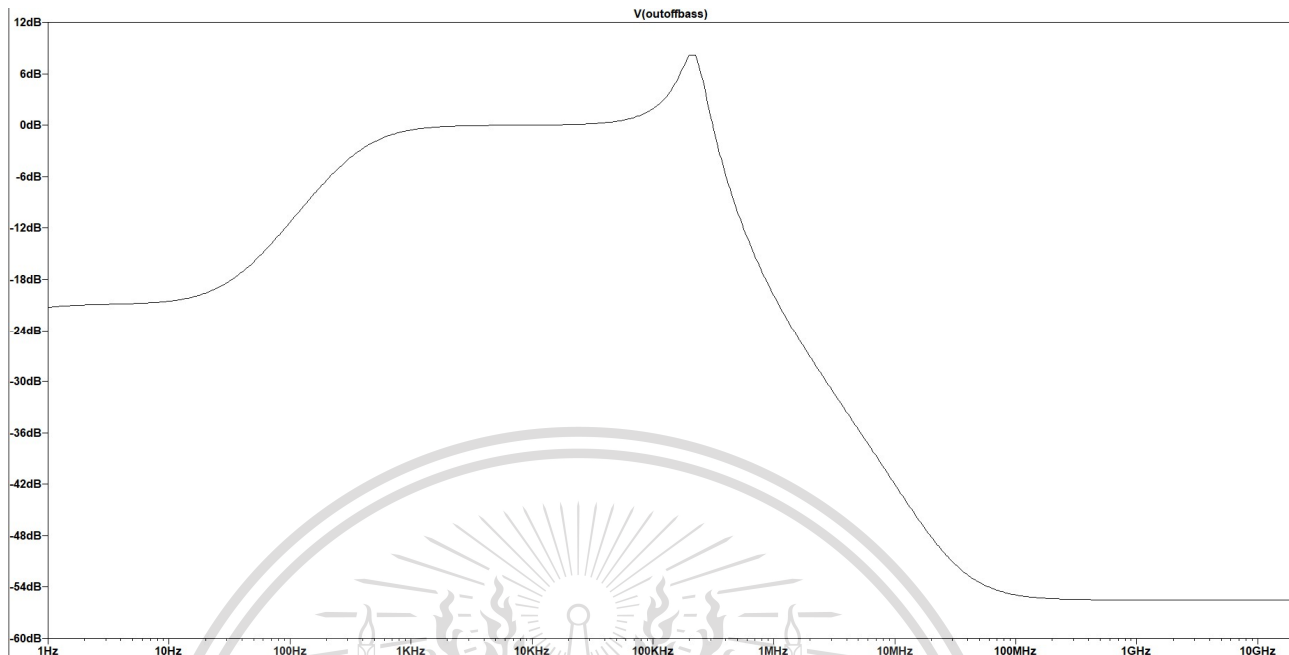


รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบย่านความถี่ต่ำผ่าน

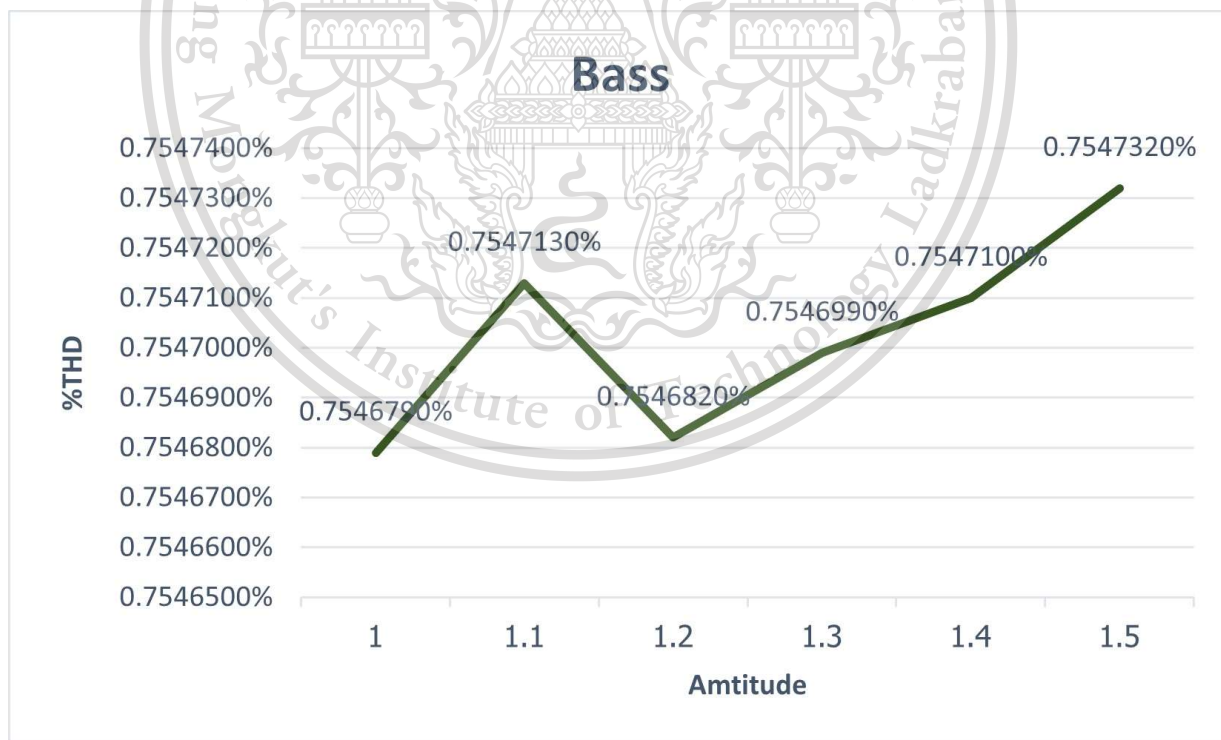
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 Frequency respond ย่านความถี่ต่ำผ่าน

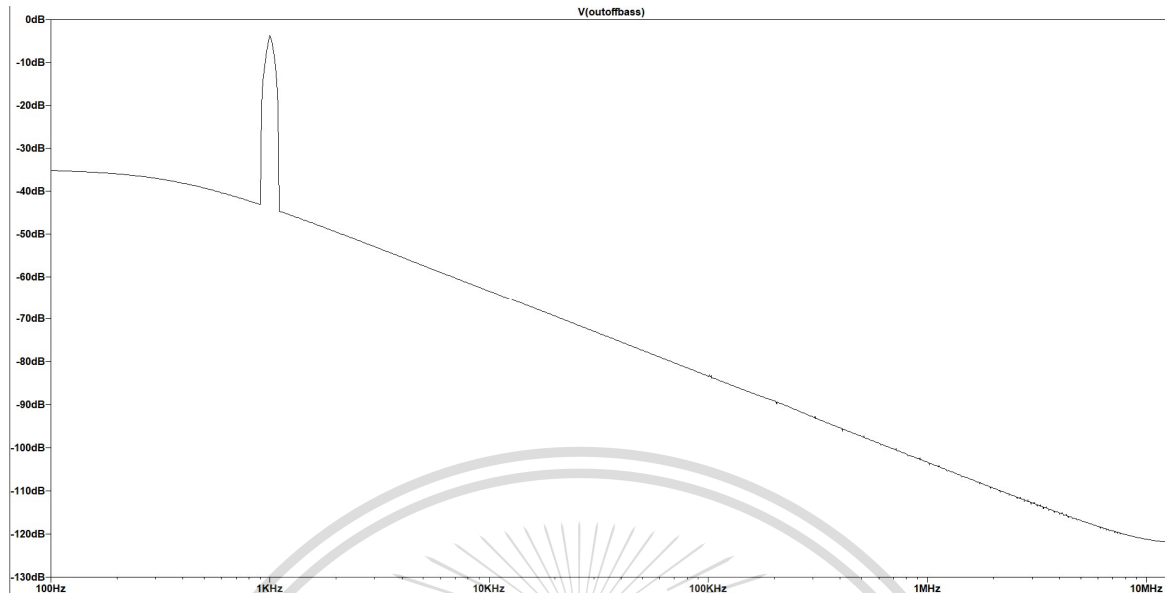


รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %THD กับ Amplitude ของวงจร Bass ที่ความถี่ 1 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

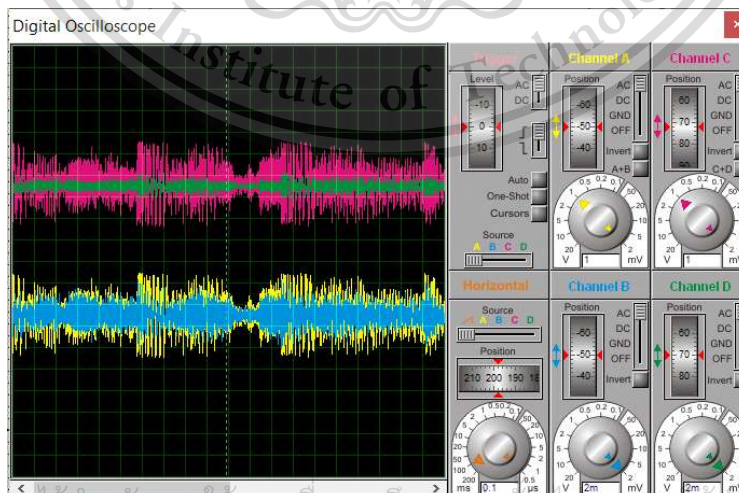
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของวงจร Bass ที่ความถี่ 1 KHz

ย่านความถี่แถบกลาง (กลาง)

ผลการจำลองวงจร โดยสัญญาณสี่เหลี่ยมและซมพู คือสัญญาณเพลงที่รับเข้า โดยเมื่อปรับความต้านทานเพื่อควบคุม ความถี่แถบกลาง พบว่าสัญญาณเสียงขาออก สีเขียวและสีฟ้า มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสีเขียวคือปรับความต้านทานที่ไปที่ 100 โอห์ม เพื่อให้ความถี่แถบกลางลดต่ำสุดและสีฟ้าคือปรับความต้านทานไปที่ 0 โอห์ม เพื่อให้ความถี่แถบกลางเพิ่มสูงสุด โดยอ้างอิงจากสัญญาณขาเข้าเดียวกัน

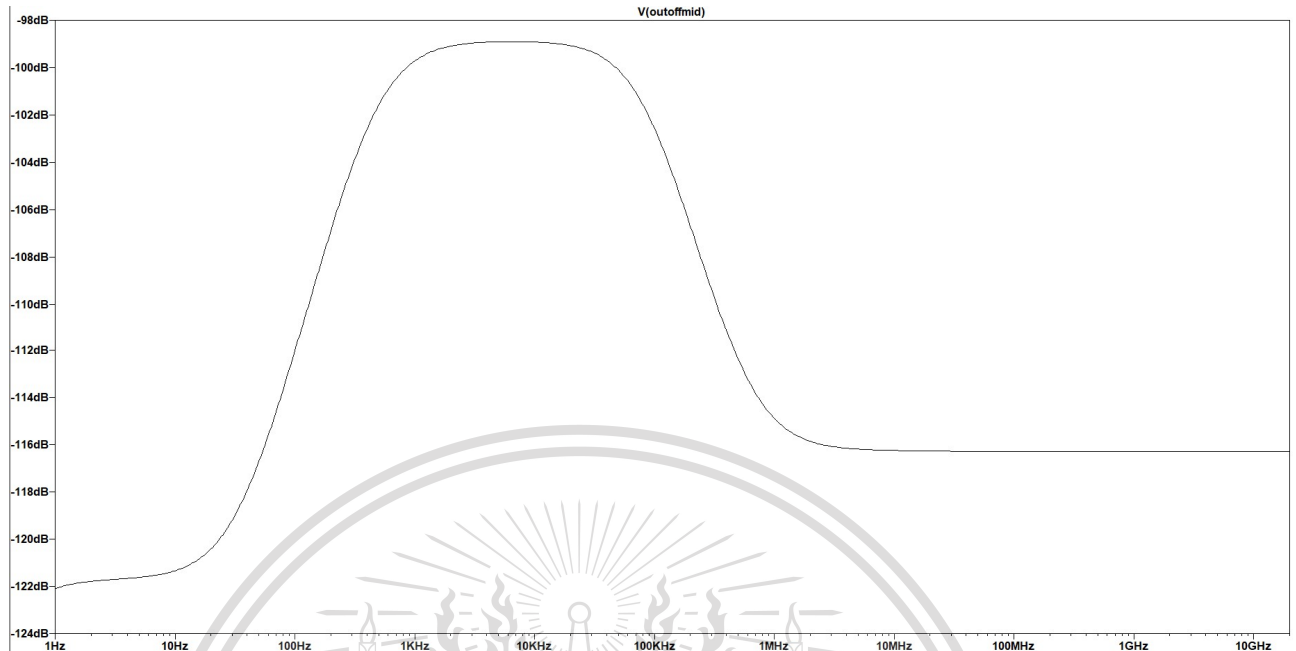


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

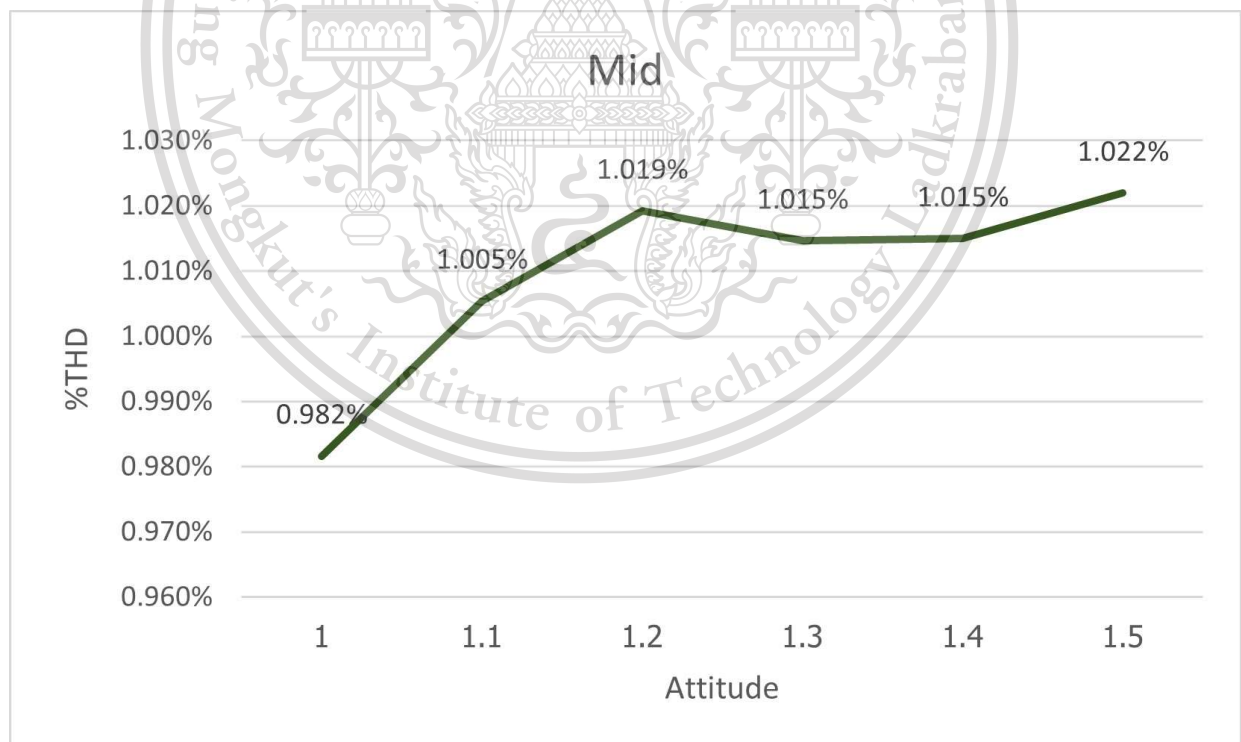
รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบย่านความถี่แถบกลาง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.10 Frequency respond ย่านความถี่แถบกลาง

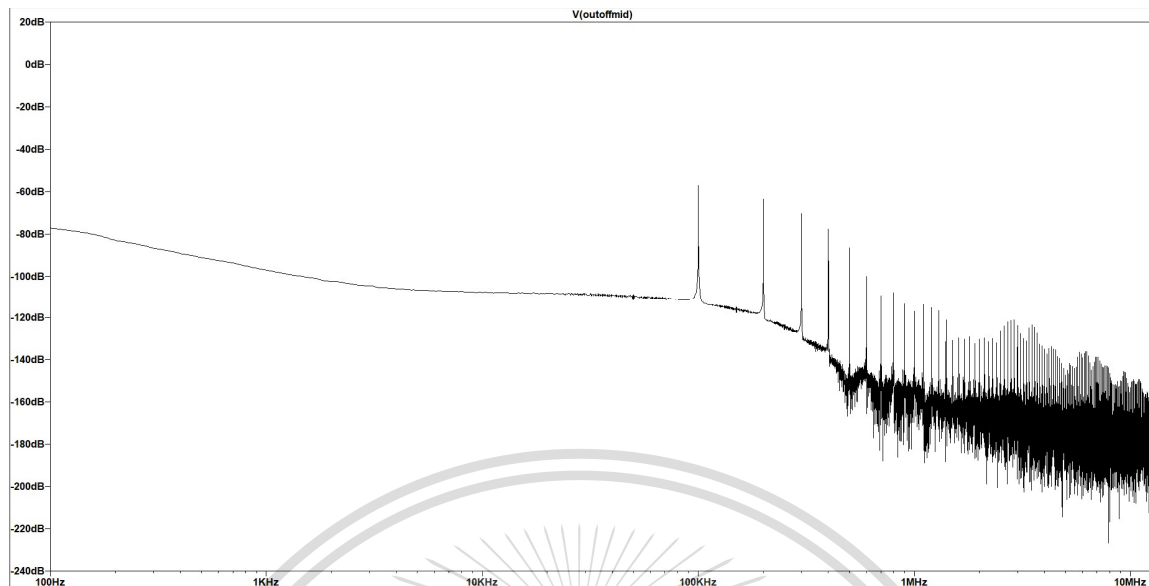


รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %THD กับ Attitude ของวงจร Mid ที่ความถี่ 20 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.12 สเปกตรัมของวงจร Mid ที่ความถี่ 100 KHz

ย่านความถี่สูงผ่าน (แหลม)

ผลการจำลองวงจร โดยเมื่อปรับความต้านทานเพื่อควบคุม ความถี่สูงผ่าน พบว่าสัญญาณเสียงขาออก สีเขียวและสีฟ้า มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยสีเขียวคือปรับความต้านทานไปที่ 100 โอห์ม เพื่อให้ความถี่ต่ำผ่านลดลงต่ำสุดและสีฟ้าคือปรับความต้านทานไปที่ 0 โอห์ม เพื่อให้ความถี่ต่ำผ่านเพิ่มขึ้นสูงสุด โดยอ้างอิงจากสัญญาณขาเข้าเดียวกัน

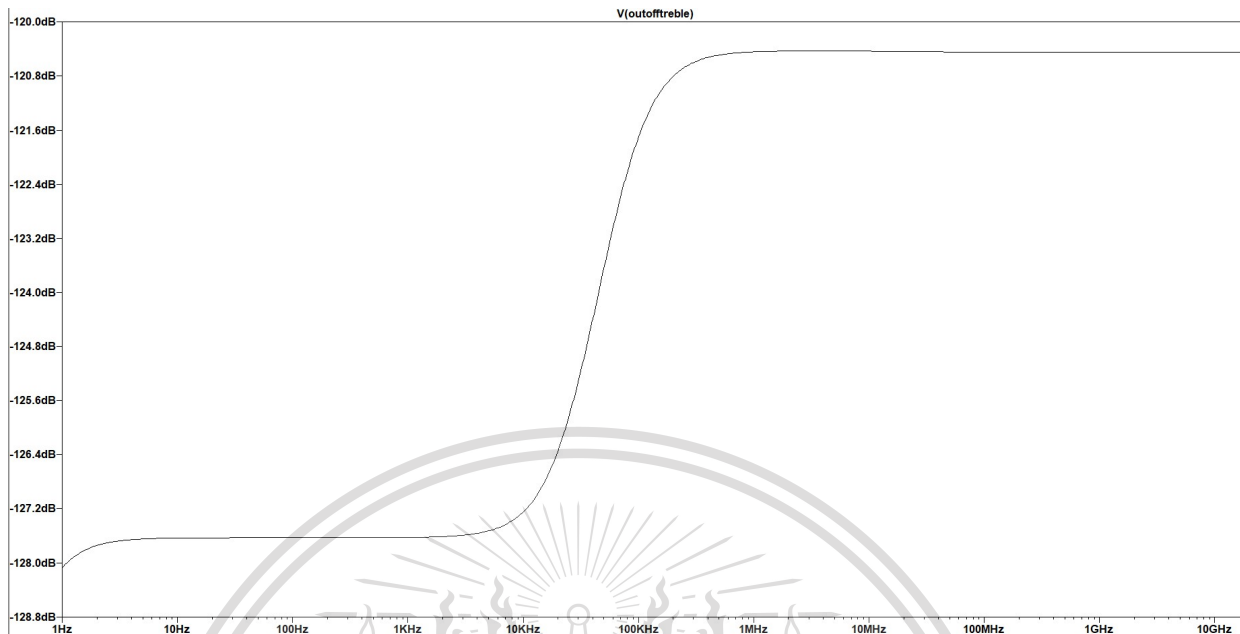


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะลงเนื้อหาใดๆ และต้องแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

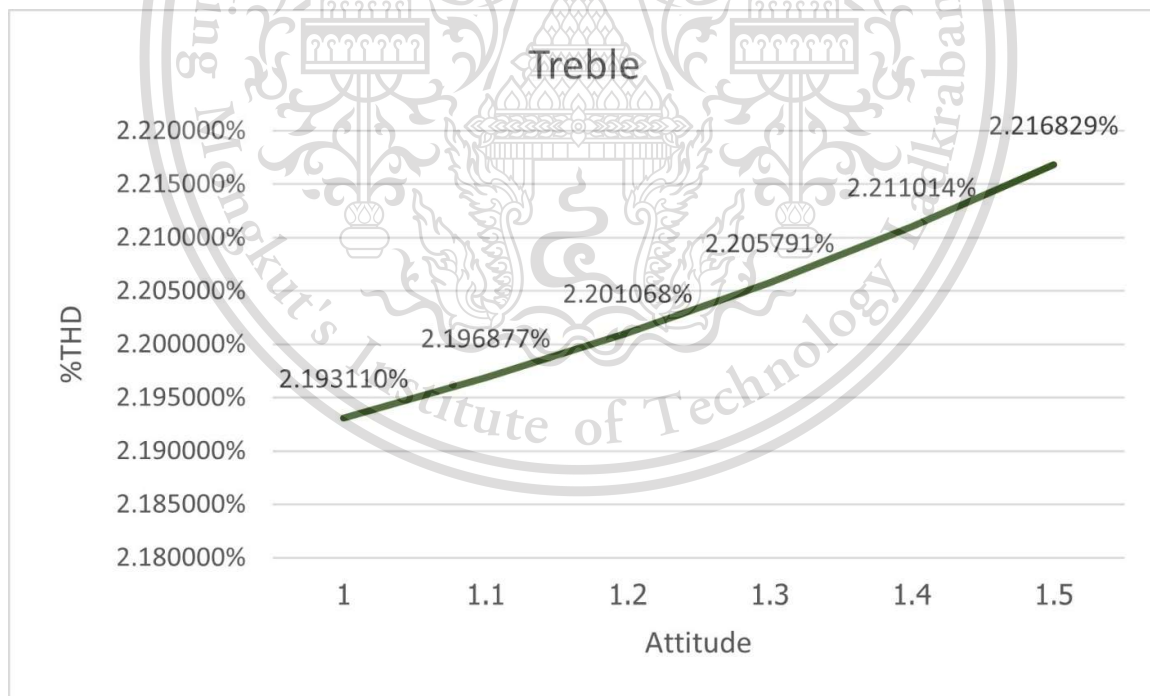
รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบย่านความถี่สูงผ่าน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.14 Frequency respond ย่านความถี่สูงผ่าน

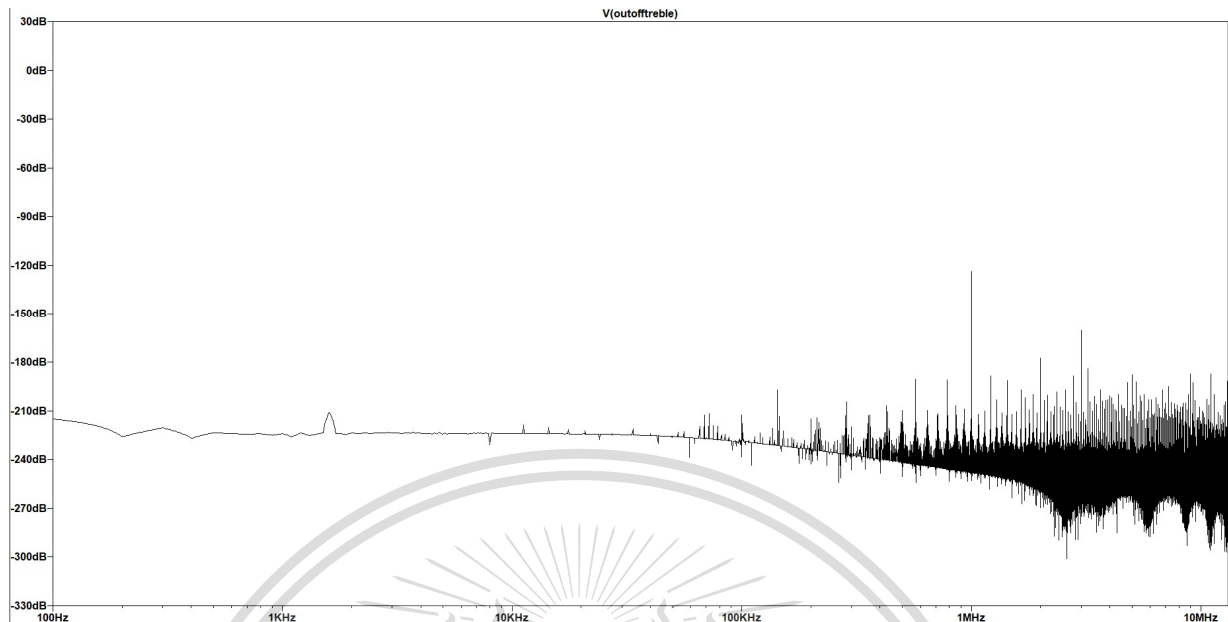


รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %THD กับ Amplitude ของวงจร Treble ที่ความถี่ 1 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.16 สเปกตรัมของวงจร Treble ที่ความถี่ 1 MHz

4.2.3) Gesture สามารถเปลี่ยนฟังก์ชันในการรอกย่นความถี่เสียงตามแนวเพลงได้

ตัวเครื่องสามารถเปลี่ยนความต้านทานในการรอกย่นความถี่ต่างๆ เพื่อปรับให้สัญญาณเสียงที่แตกต่างจากเดิมได้ ตามแต่ละแนวเพลงที่กำหนดได้แก่ แนวเพลง POP ROCK และ HIPHOP โดยทำการเพิ่ม-ลด ความต้านทานของแต่ละวงจรรอกความถี่ได้แก่ Bass Mid และ Treble โดยแนวเพลงต่างๆ สามารถปรับย่นความถี่ที่เหมาะสมได้จากการตรวจจับท่าทางของมือ

```

INIT SENSOR...
Addr0 =20, Addr1 =76
wake-up finish.
Set up gaming mode.
Paj7620 initialize register finished.
UP
Function Pop
Down
Function Manual
Left
Function Rock
Right
Function Hiphop

```

รูปที่ 4.17 ฟังก์ชันการเลือกแนวเพลงด้วย Gesture Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเครื่องช่วยควบคุมระดับเสียงอัตโนมัติ สามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ โดยสามารถลดระดับเสียงเมื่อได้รับสัญญาณเสียงที่ระดับ 60 dB ในช่วงความถี่ 140 – 1000 Hz สามารถปรับเพิ่มลดย่านความถี่ เบส กลาง แแหลม ได้โดยสามารถใช้ทั้งฟังก์ชันการตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมือทั้ง 4 รูปแบบคือ ปัดขึ้น-ลงและปัดซ้าย-ขวา หรือสามารถปรับได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า Gesture sensor นั้นประสิทธิภาพในการประมวลผลนั้นยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากเป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยวัดจากจากแสงที่ผ่าน Optics lens ดังนั้นเมื่อทำงานในที่ที่มีแสงสว่างน้อย ทำให้อาจทำให้การเปลี่ยนฟังก์ชันการทำงานเป็นไปได้ยากหรือทำได้ช้ากว่าที่ควร นอกจากนี้การรับสัญญาณเสียงมีระยะที่จำกัด และการทดลองบางส่วนเป็นแบบจำลองจึงทำให้ผลการทดสอบเครื่องจริงมีความผิดพลาดเนื่องจากสถานการณ์ COVID-19 ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบค่าหลายๆอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] Posted on July 12, 2020 by abhilash_patel in Project Hub, EasyFFT: Fast Fourier Transform (FFT) for Arduino
- [2] Posted on December 18, 2019 by lbf20012001 in Project Hub, Audio Frequency Detector
- [3] IC Op-Amp Cookbook - Walter G Jung (1974), published by Howard W Sams & Co., Inc.
- [4] Active Filter Cookbook - Don Lancaster (1979), published by Howard W Sams & Co., Inc.
- [5] National Semiconductor Audio Handbook, published by National Semiconductor
- [6] Posted on 11/12/2017 by bdaouas in Lawn Mower, Robotics Projects & Kits, Electronic
- [7] Posted on 08/10/2018 by noke in SpeakerBox, ความเร็วและความยาวคลื่นเสียง Wavelength



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

PAJ7620U2: Integrated Gesture Recognition Sensor

General Description

The PAC7620 integrates gesture recognition function with general I²C interface into a single chip forming an image analytic sensor system. It can recognize 9 human hand gesticulations such as moving up, down, left, right, forward, backward, circle-clockwise, circle-counter clockwise, and waving. It also offers built-in proximity detection in sensing approaching or departing object from the sensor. The PAC7620 is designed with great flexibility in power-saving mechanism, well suit for low power battery operated HMI devices. The PAJ7620 is packaged into module form in-built with IR LED and optics lens as a complete sensor solution

Key Features

- Gesture/Cursor/Image modes
- Built-in proximity detection
- Gesture speed is 60~600°/s in Normal Mode and 60~1200°/s in Gaming Mode
- Flexible power saving scheme
- Communication interface options
 - I²C (for Gesture/Cursor mode)
 - 4-wire SPI (for Image mode)
- I²C interface up to 400 Kbit/s
- SPI interface range from
 - 22~48 MHz (Frame subtraction mode)
 - 44~48 MHz (Raw data mode)
- Ambient light immunity
- Ambient light noise cancellation

Applications

- PAD Phone
- Tablet Personal Computer
- Automobile Application

Key Parameters

Parameter	Value
Array Size	60x60 pixels
Pixel Size	20x20 μm ²
Max Frame Rate	720 fps @ 240 report rate
Input Clock	22MHz for SPI Image Out 44MHz for SPI raw data mode
Supply Voltage	VDD: 2.8~3.6V VBUS: 1.8~3.3V VLED: 3.0~4.2V
Current Consumption	Operation State: 2.82 mA Standby 1 State: 2.3mA Standby 2 State: 1.5mA
Package Dimensions	5.2x3x1.88 mm ³

Ordering Information

Part Number	Package Type
PAJ7620U2	13-pins LGA Module



Lead (Pb) Free
RoHS 6 fully
compliant



For any additional inquiries, please contact us at
<http://www.pixart.com/contact.asp>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Version 1.0 | 29 Mar 2016 | 41002AEN

PixArt Imaging Inc. <http://www.pixart.com>

All rights reserved. Any portion in this paper shall not be reproduced, copied, or transformed to any other forms without permission. SEE · FEEL · TOUCH.

Table of Contents

PAJ7620U2: Integrated Gesture Recognition Sensor 1

 General Description 1

 Key Features 1

 Applications 1

 Key Parameters 1

 Ordering Information 1

List of Figures 3

1.0 Sensor Overview 4

 1.1 Gesture Mode 4

 1.2 Image Mode 4

 1.3 Architecture Block Diagram 4

 1.4 Signal Description 5

 1.5 Pin Configuration 5

2.0 Mechanical Specifications 6

 2.1 Package Dimension 6

 2.2 Recommend Mechanical Design 7

 2.3 Recommended IR Ink Spectrum 9

3.0 Reference Schematics 10

4.0 Sensor Specifications 11

 4.1 Absolute Maximum Ratings, $T_A = 27^\circ\text{C}$ 11

 4.2 Recommended Operating Condition 11

 4.3 Electrical Specifications, $V_{DD}=2.8\text{V}$, $T_A = 27^\circ\text{C}$ 12

 4.4 Gesture Functional Specifications 13

 4.5 Interface AC Specifications 13

5.0 Register Tables 14

 5.1 Register Bank Select 14

 5.2 Image Size Setting 14

 5.3 Setting 30x30 Pixels Image Output Mode 14

 5.4 AE/AG Controls 15

 5.5 GPIO Setting 15

 5.6 Interrupt Controls 16

 5.7 Gesture Mode Controls 17

 5.8 Cursor Mode Controls 20

 5.9 Proximity Mode Controls 20

 5.10 EFuse Program Controls 21

 5.11 Background Controls 22

 5.12 Lens Shading Compensation 22

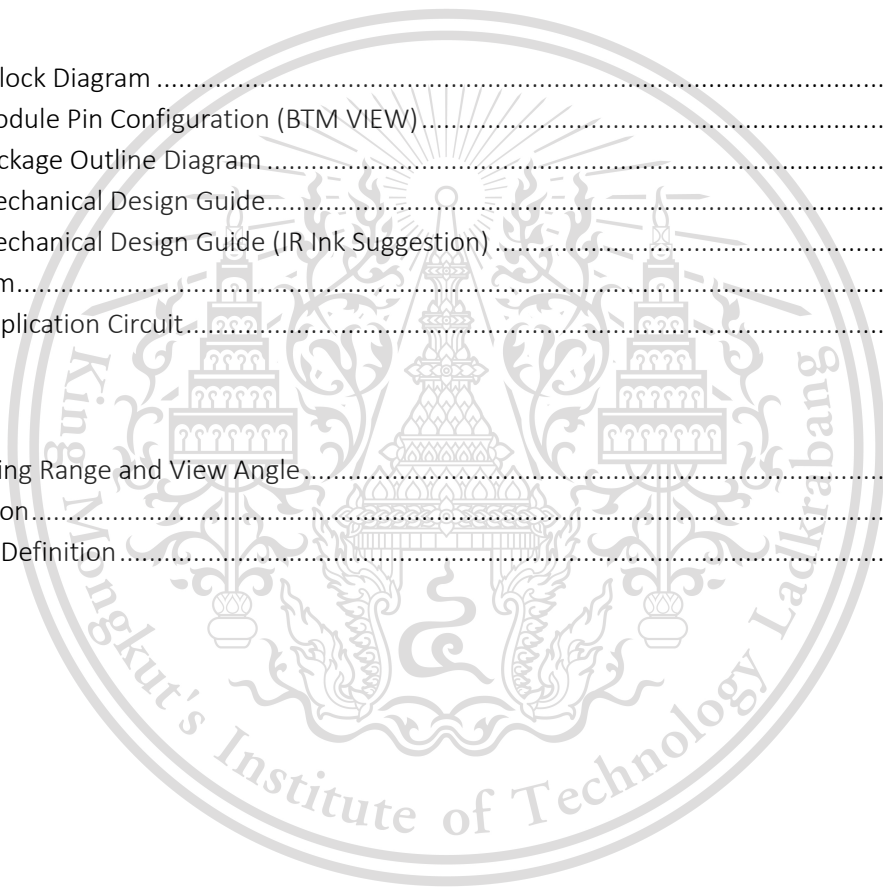
5.13	LED Controls	22
5.14	Sleep Mode	23
5.15	Clock Controls.....	24
5.16	Chip/Version ID.....	24
5.17	Suspend/Reset.....	24
5.18	Test Mode	25
5.19	Reserved Registers List.....	25
Document Revision History		28

List of Figures

Figure 1.	Architecture Block Diagram	4
Figure 2.	PAJ7620U2 Module Pin Configuration (BTM VIEW).....	5
Figure 3.	PAJ7620U2 Package Outline Diagram	6
Figure 4.	PAJ7620U2 Mechanical Design Guide.....	7
Figure 5.	PAJ7620U2 Mechanical Design Guide (IR Ink Suggestion)	8
Figure 6.	IR Ink Spectrum.....	9
Figure 7.	PAJ7620U2 Application Circuit.....	10

List of Tables

Table 1.	Gesture Detecting Range and View Angle.....	4
Table 2.	Signal Description.....	5
Table 3.	PAJ7620U2 Pin Definition.....	5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 Sensor Overview

1.1 Gesture Mode

For Gesture Mode, there are 9 gestures recognition being embedded in the sensor including move up, move down, move left, move right, move forward, move backward, circle-clockwise, circle-counter clockwise, and wave. These gestures information can be simply accessed by register reading via I²C bus. The normal gesture detecting range from 5 to 15 cm from where PAC7620 is located through the operating view angle of diagonally 60° respectively. Additionally, The PAC7620 can be configured as Normal Mode (Gesture speed is 60°/s - 600°/s) or Gaming Mode (Gesture speed is 60°/s - 1200°/s) for different applications. The PAC7620 also offer built-in proximity detection for the purpose of sensing object approaching or departing.

Table 1. Gesture Detecting Range and View Angle

Part Number	Detecting Range	View Angle (Diagonal)
PAJ7620U2	5 to 15 cm	60°

1.2 Image Mode

For image mode, the typical report rate is 120Hz with image size equals 30x30 (Frame subtraction mode, WOI) or 30x30 (Raw data mode, WOI). The depth of pixel data depth is 9 bit and output through the SPI bus. The SCK rate of SPI bus equals to the external SPI clock input ranging from 22 to 48 MHz (Frame subtraction mode) or 44 to 48 MHz (Raw data mode). By programming the internal register set via I²C serial control bus, it performs on-chip report rate, exposure time, gain adjustment, array skip mode, and array average mode.

1.3 Architecture Block Diagram

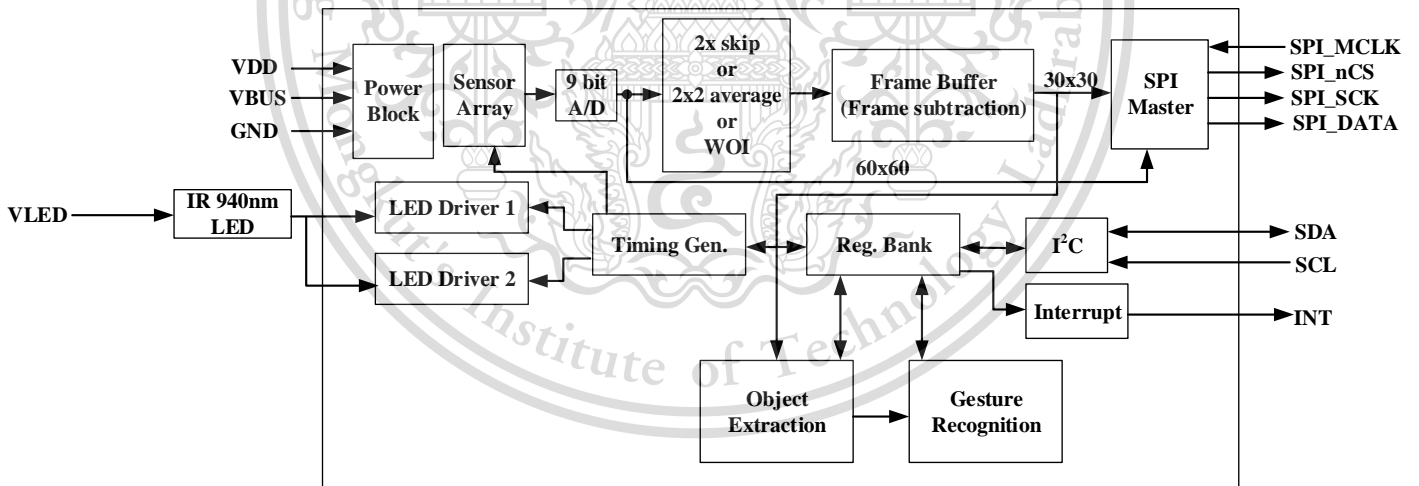


Figure 1. Architecture Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 Signal Description

Table 2. Signal Description

Signal Name	Description
SDA	I ² C data pin
SCL	I ² C clk pin
INT_N	Interrupt pin (Active low) for Gesture Mode.
GPIO3(SPI_DATA)	Data out of SPI master for image mode
GPIO2(SPI_SCK)	SCK signal of SPI master for image mode
GPIO1(SPI_nCS)	nCS signal of SPI master for image mode
GPIO0(SPI_MCLK)	External clock input of SPI master for image mode

1.5 Pin Configuration

Table 3. PAJ7620U2 Pin Definition

Pin No.	Symbol	Type	Function
1	V _{BUS}	POWER	BUS power supply
2	SDA	IN/OUT	I ² C data pin (Open Drain)
3	INT_N	OUT	Interrupt pin (Active low) (Open Drain)
4	TESTMD	IN	For Module Test Only
5	SCL	IN	I ² C clock pin (Open Drain)
6, 10	GND	GND	Ground
7	GPIO3 (SPI_DATA)	SPI Mode : OUT GPIO Mode : IN/OUT	SPI Mode : Data out of SPI master GPIO Mode : GPIO
8	GPIO2 (SPI_SCK)	SPI Mode : OUT GPIO Mode : IN/OUT	SPI Mode : SCK signal of SPI master GPIO Mode : GPIO
9	GPIO1 (SPI_nCS)	SPI Mode : OUT GPIO Mode : IN/OUT	SPI Mode : Chip select signal of SPI master (Active Low) GPIO Mode : GPIO
11	V _{LED}	POWER	LED power input
12	V _{DD}	POWER	Main power supply
13	GPIO0 (SPI_MCLK)	SPI Mode : IN GPIO Mode : IN/OUT	SPI Mode : External clock input for SPI GPIO Mode : GPIO

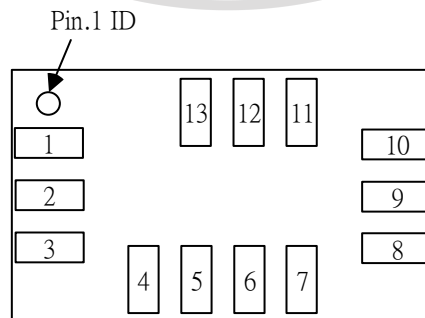


Figure 2. PAJ7620U2 Module Pin Configuration (BTM VIEW)

2.0 Mechanical Specifications

2.1 Package Dimension

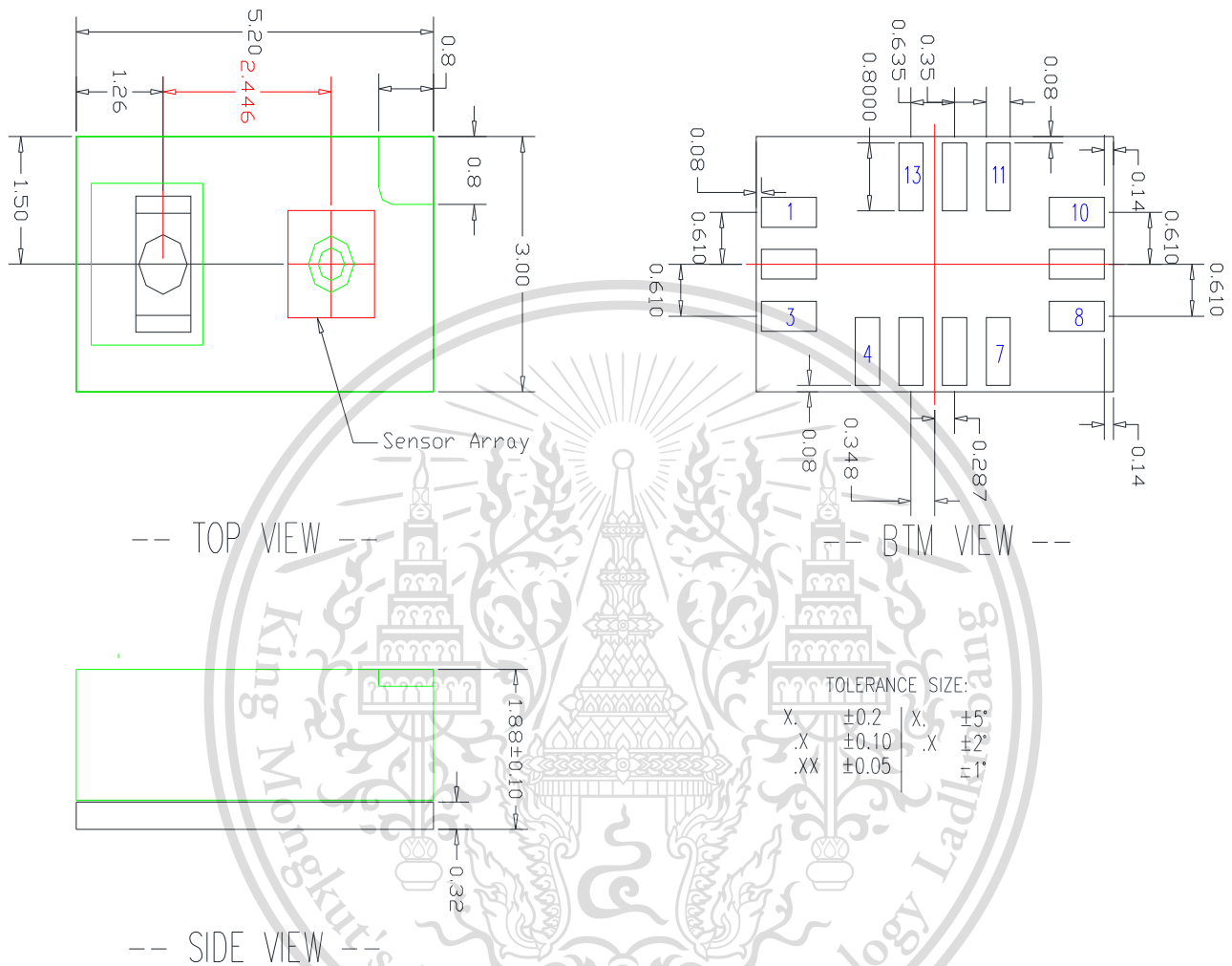
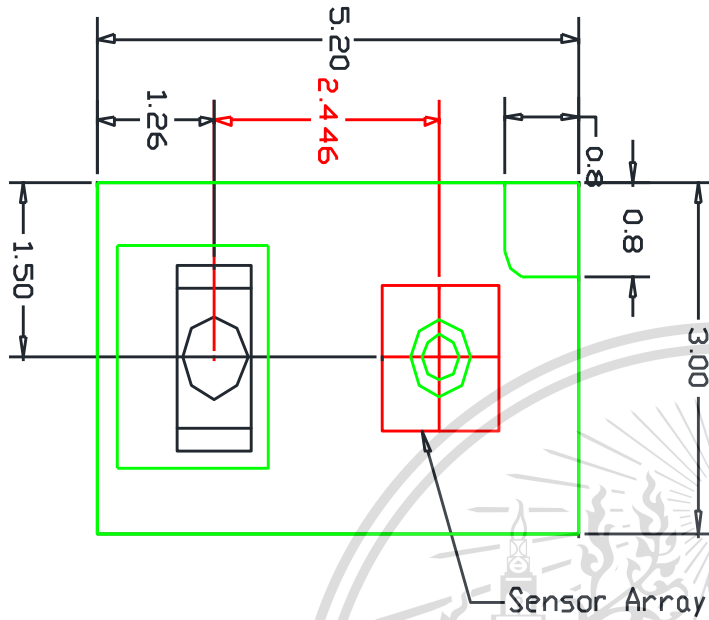


Figure 3. PAJ7620U2 Package Outline Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Recommend Mechanical Design

PXI suggest mechanical design as below to optimize the performance.



Note:

1. Recommended Cover Glass Material: Glass or PC
2. Clear Glass Part Transparency: > 90%
3. Cover Glass Thickness $\leq 0.7\text{mm}$
4. Cover Glass and PAJ7620U2 are close as much as possible. Air Gap $\leq 0.2\text{mm}$

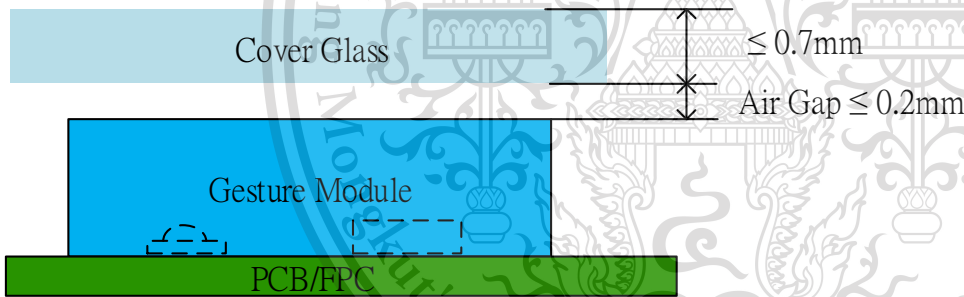
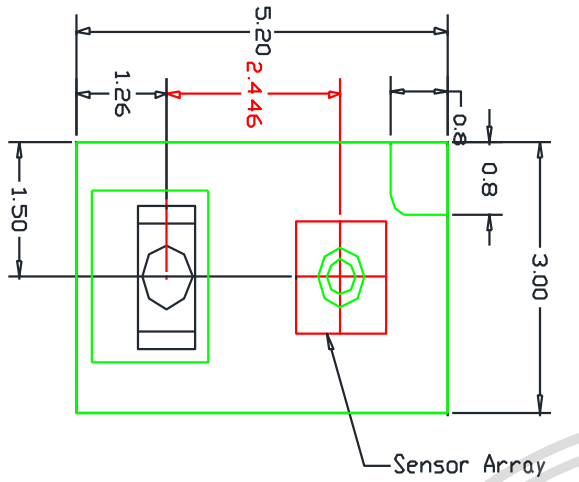


Figure 4. PAJ7620U2 Mechanical Design Guide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Note:

1. If thickness of cover glass $\leq 0.7\text{mm}$, and Air Gap $\leq 0.2\text{mm}$, the black Ink region is not necessary.
2. For appearance reason, Ink on cover may be necessary. Please follow the IR Ink spectrum above

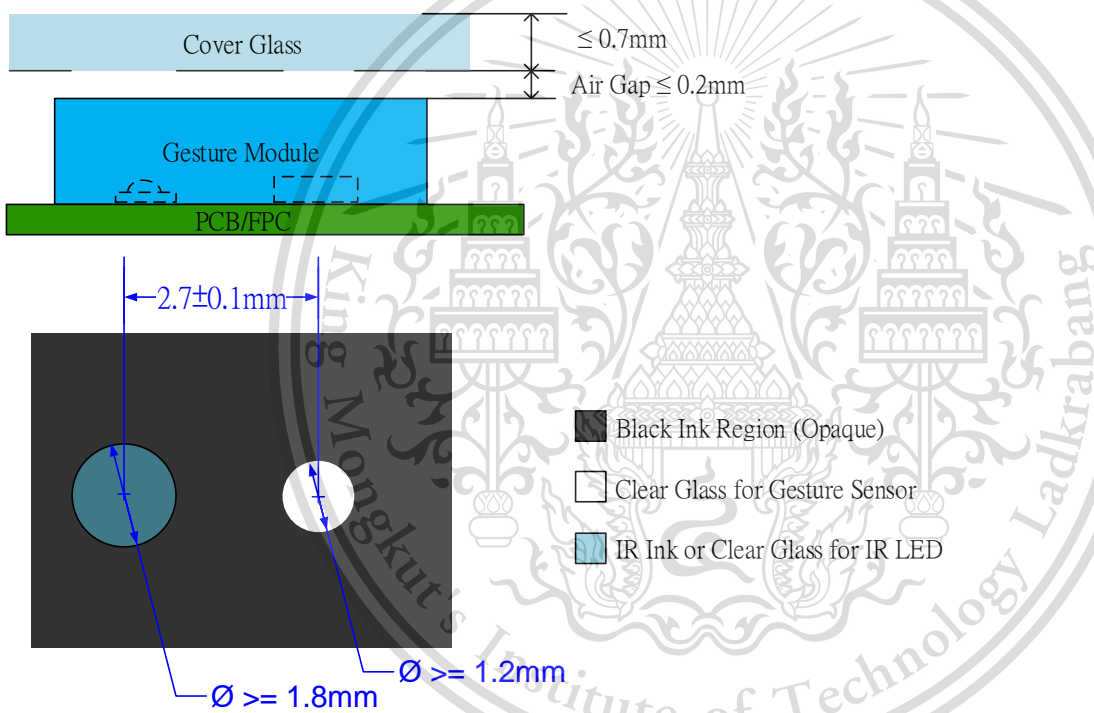


Figure 5. PAJ7620U2 Mechanical Design Guide (IR Ink Suggestion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Recommended IR Ink Spectrum

IR Ink Vendor: Teikoku Ink

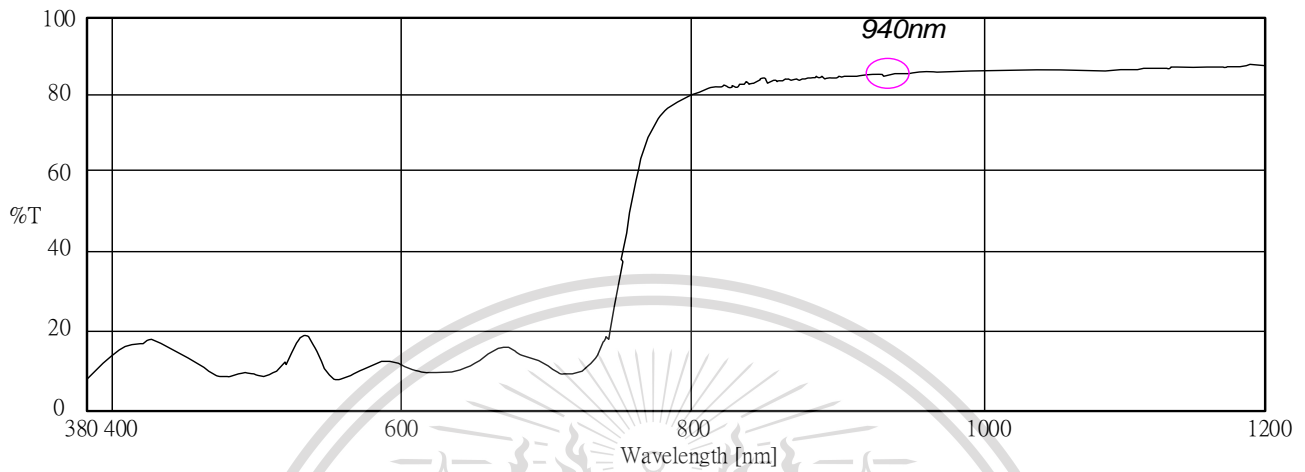
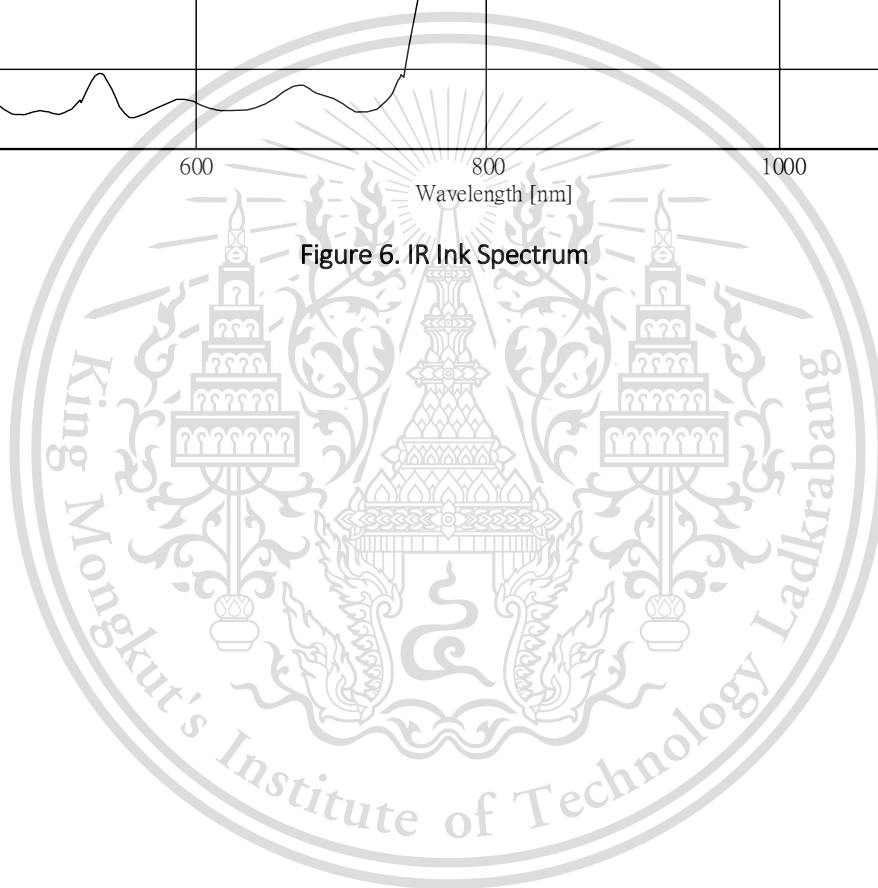


Figure 6. IR Ink Spectrum



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.0 Reference Schematics

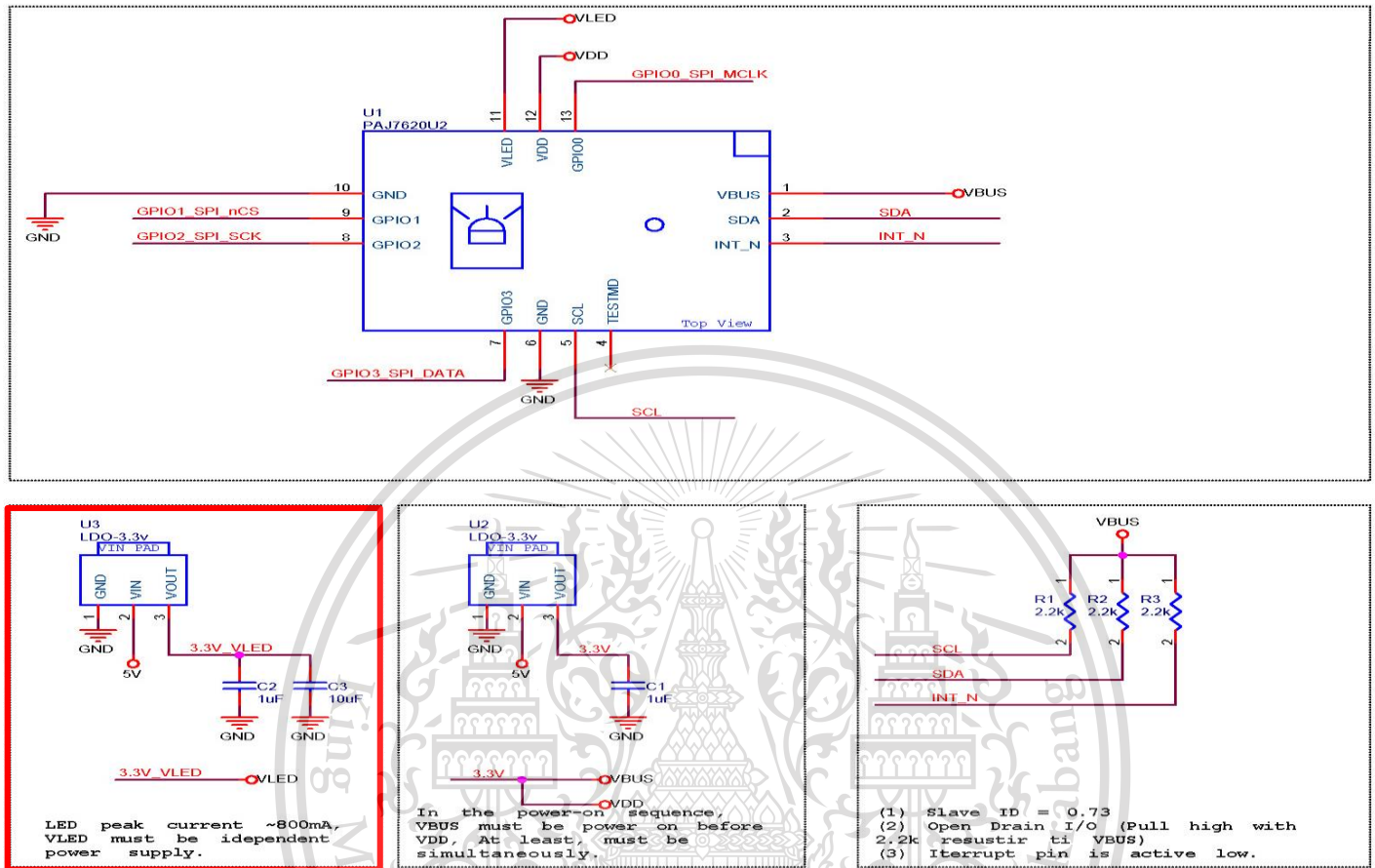


Figure 7. PAJ7620U2 Application Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.0 Sensor Specifications

4.1 Absolute Maximum Ratings, T_A = 27°C

Parameters	Symbol	Min.	Max.	Unit	Conditions
Supply Voltage	V _{DD}	-	4	V	
LED Supply Voltage	V _{LED}	-	4.6	V	
LED Pulse Current	I _{LED}	-	2	A	Pulse Width < 500us, Duty Cycle < 5%
I ² C Pin, INT_N Pin Voltage	V _{BUS}	-0.3	V _{DD} +0.3	V	SCL, SDA, INT_N
I ² C Pin, INT_N Pin Current	I _{BUS}	-	10	mA	SCL, SDA, INT_N
I/O Pin Voltage	V _{DDIO}	-0.3	V _{DD} +0.3	V	SPIM_CLK, SPI_SCK, SPI_DATA, SPI_nCS
I/O Pin Current	I _{DDIO}	-	10	mA	SPIM_CLK, SPI_SCK, SPI_DATA, SPI_nCS
ESD, human body model	ESD _{HBM}	-	2	kV	
ESD, Machine model	ESD _{MM}	-	200	V	

Notes:

1. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
2. Exposure to these conditions or conditions beyond those indicated may adversely affect device reliability.
3. Functional operation under absolute maximum-rated conditions is not implied. Functional operation should be restricted to the Recommended Operating Conditions.

4.2 Recommended Operating Condition

Parameters	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Supply Voltage	V _{DD}	2.8	-	3.6	V	
LED Supply Voltage	V _{LED}	3	-	4.2	V	
Peak LED Driver 1/ 2 Current Pulse	I _{LED}	-	360	430	mA	Pulse Width < 500us, Duty Cycle < 5%
I ² C Pin, INT_N Pin Voltage	V _{BUS}	1.8	-	3.3	V	SCL, SDA, INT_N
I ² C Pin, INT_N Pin Current	I _{BUS}	-	-	5	mA	SCL, SDA, INT_N
I/O Pin Voltage	V _{DDIO}	1.8	-	3.3	V	SPIM_CLK, SPI_SCK, SPI_DATA, SPI_nCS
I/O Pin Current	I _{DDIO}	-	-	5	mA	SPIM_CLK, SPI_SCK, SPI_DATA, SPI_nCS
Frequency of external SPI clock input	Frame subtraction mode	f _{SPI}	22	-	48	MHz *If using EXT CLK En=1 and EXT CLK IN = 4 MHz
	Raw data mode	f _{SPI}	44 or 22*	-	48	
Operating Temperature	T _{op}	-40	-	85	°C	
Storage Temperature	T _{storage}	-40	-	125	°C	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Electrical Specifications, $V_{DD}=2.8V$, $T_A = 27^\circ C$

Parameters		Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Supply Voltage		V_{DD}	2.8	-	3.6	V	
LED Supply Voltage		V_{LED}	3.0	-	4.2	V	LED Supply Voltage
I ² C, INT_N Pin Pull-up Voltage		V_{BUS}	1.8	-	3.3	V	
Current Consumption for Operation Modes	PAJ7620U2	I_{DD}	-	2.82	-	mA	Under Normal Mode. Including LED current (Peak = 760mA)
	Average Mode	$I_{DD_Avg_Mode}$	-	1	-	mA	Excluding IR LED. 120Hz report rate. 2x2 pixel average mode
	Skip Mode	$I_{DD_Skip_Mode}$	-	0.8	-	mA	Excluding IR LED. 120Hz report rate. 2x skip mode
Suspend Current		I_{DD_SUS}	-	15	-	μA	
Current Consumption for Standby State 1		I_{DD_ST1}	-	2.3	-	mA	Refer to Operating Principle 1. Under Normal Mode
Current Consumption for Standby State 2		I_{DD_ST2}	-	1.5	-	mA	2. S_1 , Response Factor =0.5 3. S_2 , Response Factor =0.25 4. Including LED current @ Peak = 760mA
Current Consumption for Proximity Detection		I_{PS}	-	0.2	-	mA	1. Detecting Rate = 10Hz 2. LED peak current = 600mA 3. LED on time = 6.8 μs
I ² C Bus Input High Voltage		V_{IH_I2C}	$0.7 * V_{BUS}$	-	$V_{BUS} + 0.3$	V	
I ² C Bus Input Low Voltage		V_{IL_I2C}	-0.3	-	$0.3 * V_{BUS}$	V	
Output Low Voltage		V_{OL_SDA} $V_{OL_INT_N}$	-	-	$0.1 * V_{BUS}$	V	For INT_N, SDA
I/O Input High Voltage		V_{IH}	$0.7 * V_{DDIO}$	-	$V_{DDIO} + 0.3$	V	
I/O Input Low Voltage		V_{IL}	-0.3	-	$0.2 * V_{DDIO}$	V	
I/O Output High Voltage		V_{OH}	$V_{DDIO} - 0.3$	-	-	V	
I/O Output Low Voltage		V_{OL}	-	-	0.3	V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 Gesture Functional Specifications

Parameters	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Gesture Detecting Range	d_{OP}	5	-	15	cm	Calculated from PAJ7620U2 sensor center
Gesture Detecting View Angle	θ_{OP}	-	60	-	degree	Calculated diagonally
Gesture Speed Response	ω	60		600	degree/s	Angular velocity under Normal Mode
		60		1200		Angular velocity under Gaming Mode
Gesture Update Rate	f_{Update}	-	120	240	Hz	120 Hz for Normal Mode 240 Hz for Gaming Mode
LED View Angle	$2\theta_{1/2}$		60		degree	
LED Peak Wavelength	λ		940		nm	

4.5 Interface AC Specifications

Parameters	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
I ² C Speed	S_{I2C}	-	100	400	Kbit/s	
Frequency of External SPI Clock Input		22	-	48	MHz	Frame subtraction mode
		44	-	48	MHz	Raw data mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.0 Register Tables

5.1 Register Bank Select

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0/1	0xEF	R_RegBankSel[0]	0x00	R/W
1	0x7F	R_RegBankSel[0]	0x00	R/W

5.2 Image Size Setting

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0xAA	R_ImageHeight[5:0]	0x1E	R/W
0	0xAB	R_ImageWidth[5:0]	0x1E	R/W
1	0x00	Cmd_HSize[5:0]	0x1E	R/W
1	0x01	Cmd_VSize[5:0]	0x1E	R/W
1	0x02	Cmd_HStart[5:0]	0x00	R/W
1	0x03	Cmd_VStart[5:0]	0x00	R/W
1	0x04	Cmd_ASkip_V[5]	0x01	R/W
1	0x04	Cmd_ASkip_H[4]	0x01	R/W
1	0x04	Cmd_DAvg_V[3]	0x00	R/W
1	0x04	Cmd_VFlip[1]	0x00	R/W
1	0x04	Cmd_HFlip[0]	0x00	R/W

5.3 Setting 30x30 Pixels Image Output Mode

Bank	Address	Bit
0	0xAA	5:0
0	0xAB	5:0
1	0x00	5:0
1	0x01	5:0
1	0x02	5:0
1	0x03	5:0
1	0x04	7
1		6
1		5
1		4
1		3
1		2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 AE/AG Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x46	R_AELedOff_UB[7:0]	0x60	R/W
0	0x47	R_AELedOff_LB[7:0]	0x20	R/W
0	0x48	R_AE_Exposure_UB[7:0]	0x20	R/W
0	0x49	R_AE_Exposure_UB[15:8]	0x03	R/W
0	0x4A	R_AE_Exposure_LB[7:0]	0xC8	R/W
0	0x4B	R_AE_Exposure_LB[15:8]	0x00	R/W
0	0x4C	R_AE_Gain_UB[7:0]	0x14	R/W
0	0x4D	R_AE_Gain_LB[7:0]	0x00	R/W
0	0x4E	R_AE_Gain_Step[3:0]	0x0A	R/W
0	0x4E	R_SleepAEAG_AutoDisable[4]	0x01	R/W
0	0x4F	R_AE_Gain_Default[6:0]	0x14	R/W
0	0x50	R_Exp_Sel[2:0]	0x00	R/W
0	0x51	R_Manual_GG[0]	0x01	R/W
0	0x51	R_Manual_Exposure[1]	0x00	R/W
0	0x51	R_Manual_Exposure_Default[2]	0x01	R/W
0	0x51	R_AE_EnH[4]	0x00	R/W
0	0x54	AG_stage_GG[7:0]	-	R
0	0x55	Reg_ExposureNum[7:0]	-	R
0	0x56	Reg_ExposureNum[15:8]	-	R
0	0x57	Reg_ggh[1:0]	-	R
0	0x57	Reg_global[3:0]	-	R
0	0x58	AE_LED_Off_YAvg[8:1]	-	R
0	0x59	AE_Dec[0]	-	R
0	0x59	AE_Inc[1]	-	R
0	0x5A	AE_Normal_Factor[2:0]	-	R
1	0x42	R_global[3:0]	0x08	R/W
1	0x44	R_ggh[1:0]	0x00	R/W

5.5 GPIO Setting

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x80	Im_GPIO0	-	R
0	0x80	Tm_GPIO0_OEL	0x01	R/W
0	0x80	Tm_GPIO0_IEB	0x01	R/W
0	0x80	R_GPIO0	0x01	W
0	0x80	Im_GPIO1	-	R
0	0x80	Tm_GPIO1_OEL	0x01	R/W
0	0x80	Tm_GPIO1_IEB	0x01	R/W
0	0x80	R_GPIO1	0x01	W
0	0x80	Im_GPIO2	-	R

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x81	Tm_GPIO2_OEL	0x01	R/W
0	0x81	Tm_GPIO2_IEB	0x01	R/W
0	0x81	R_GPIO2	0x01	W
0	0x80	Im_GPIO3	-	R
0	0x81	Tm_GPIO3_OEL	0x01	R/W
0	0x81	Tm_GPIO3_IEB	0x01	R/W
0	0x81	R_GPIO3	0x01	W
0	0x82	Im_INT	-	R
0	0x82	Tm_INT_OEL	0x00	R/W
0	0x82	Tm_INT_IEB	0x01	R/W
0	0x82	Tm_INT	0x01	W

5.6 Interrupt Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x40	R_MCU_IntFlagGClr	0x01	R/W
0	0x40	R_MCU_IntFlagInv	0x00	R/W
0	0x41	R_Int_1_En[7:0]	0xFF	R/W
0	0x42	R_Int_2_En[7:0]	0xFF	R/W
0	0x43	IntFlag_1[7:0]	-	R
0	0x44	IntFlag_2[7:0]	-	R

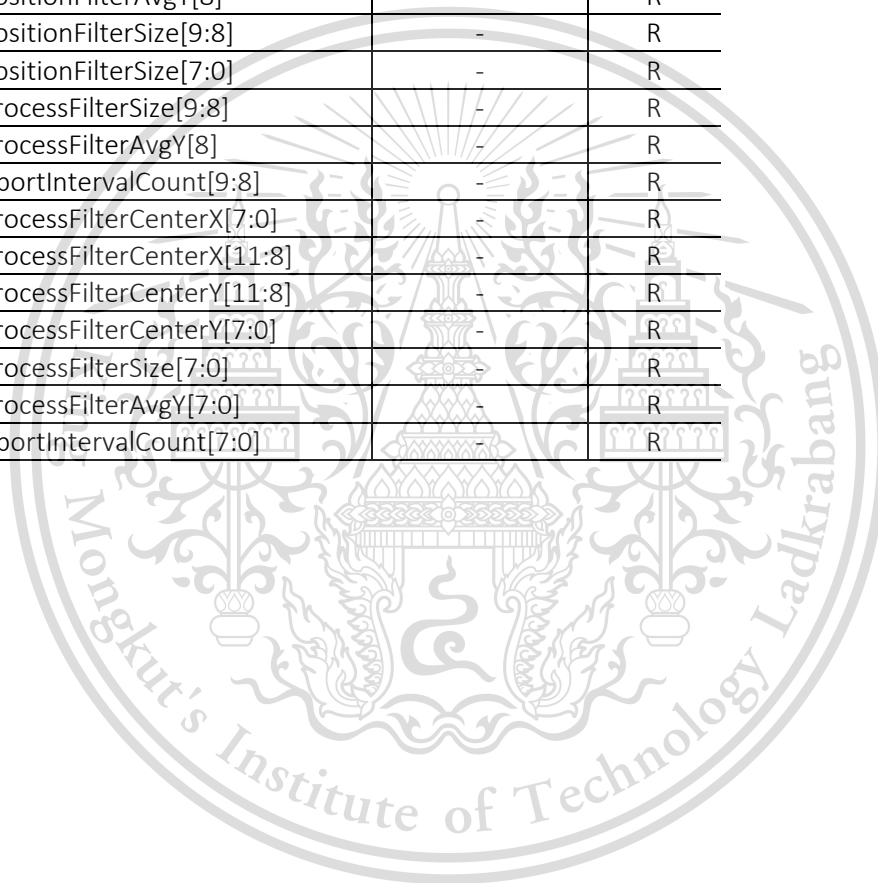
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 Gesture Mode Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x83	R_LightThd[7:0]	0x20	R/W
0	0x84	R_GestureStartTh[7:0]	0x20	R/W
0	0x85	R_GestureStartTh[9:8]	0x00	R/W
0	0x86	R_GestureEndTh[7:0]	0x10	R/W
0	0x87	R_GestureEndTh[9:8]	0x00	R/W
0	0x88	R_ObjectMinZ[4:0]	0x05	R/W
0	0x89	R_ObjectMaxZ[5:0]	0x18	R/W
0	0x8C	R_ProcessResolution[1:0]	0x03	R/W
0	0x8D	R_TimeDelayNum[7:0]	0x00	R/W
0	0x8E	R_Disable45Degree	0x00	R/W
0	0x8E	R_45DegreeRatio[3:0]	0xF0	R/W
0	0x8F	R_XtoYGain	0x01	R/W
0	0x8F	R_XYGainRatio[3:0]	0x08	R/W
0	0x90	R_NoMotionCountThd[6:0]	0x0C	R/W
0	0x91	R_NoObjectCountThd[6:0]	0x06	R/W
0	0x92	R_NormalizedImageWidth[4:0]	0x1E	R/W
0	0x93	R_XDirectionThd[4:0]	0x0D	R/W
0	0x94	R_YDirectionThd[4:0]	0x0A	R/W
0	0x95	R_ZDirectionThd[4:0]	0x0C	R/W
0	0x96	R_ZDirectionXYThd[4:0]	0x0A	R/W
0	0x97	R_ZDirectionAngleThd[3:0]	0x04	R/W
0	0x98	R_RotateAngleThd[5:0]	0x0A	R/W
0	0x99	R_RotateContiEnh	0x01	R/W
0	0x99	R_RotateContiThd[5:0]	0x00	R/W
0	0x9A	R_RotateXYThd[4:0]	0x0A	R/W
0	0x9B	R_RotateZThd[4:0]	0x0A	R/W
0	0x9C	R_FilterWeight[1:0]	0x03	R/W
0	0x9C	R_FilterDistThd[4:0]	0x0A	R/W
0	0x9D	R_StartDistThd[3:0]	0x03	R/W
0	0x9D	R_EndDistThd[2:0]	0x03	R/W
0	0x9F	R_RotateEnh	0x01	R/W
0	0x9F	R_ZDirectionEnh	0x01	R/W
0	0x9F	R_YDirectionEnh	0x01	R/W
0	0x9F	R_XDirectionEnh	0x01	R/W
0	0xA5	R_FilterImage	0x01	R/W
0	0xA5	R_FilterAverage_Mode	0x00	R/W
0	0xA5	R_UseLightWeight	0x01	R/W
0	0xA9	R_DiffAngleThd[3:0]	0x04	R/W
0	0xAC	ObjectCenterX[7:0]	-	R

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0xAD	ObjectCenterX[12:8]	-	R
0	0xAE	ObjectCenterY[7:0]	-	R
0	0xAF	ObjectCenterY[12:8]	-	R
0	0xB0	ObjectAvgY[8:1]	-	R
0	0xB1	ObjectSize[7:0]	-	R
0	0xB2	ObjectSize[11:8]	-	R
0	0xB3	Gx[5:0]	-	R
0	0xB4	Gy[5:0]	-	R
0	0xB5	Gz[6:0]	-	R
0	0xB6	GestureResult[3:0]	-	R
0	0xB6	State[1:0]	-	R
0	0xB7	WaveCount[3:0]	-	R
0	0xB7	AbortCount[2:0]	-	R
0	0xB8	NoObjectCount[7:0]	-	R
0	0xB9	NoMotionCount[7:0]	-	R
0	0xBA	LightCount[5:0]	-	R
0	0xBB	LightAcc[7:0]	-	R
0	0xBC	LightAcc[9:8]	-	R
0	0xBD	TimeAcc[7:0]	-	R
0	0xBE	TimeAcc[12:8]	-	R
0	0xBF	GxAcc[7:0]	-	R
0	0xC0	GxAcc[9:8]	-	R
0	0xC1	GyAcc[7:0]	-	R
0	0xC2	GyAcc[9:8]	-	R
0	0xC3	VelX[7:0]	-	R
0	0xC4	VelX[11:8]	-	R
0	0xC5	VelY[7:0]	-	R
0	0xC6	VelY[11:8]	-	R
0	0xC7	AngleAcc[7:0]	-	R
0	0xC8	AngleAcc[10:8]	-	R
0	0xC9	CurAngle[4:0]	-	R
0	0xCA	XGainValue[7:0]	-	R
0	0xCB	YGainValue[7:0]	-	R
0	0xCC	R_YtoZSum[5:0]	0x1A	R/W
0	0xCD	R_YtoZFactor[5:0]	0x0D	R/W
0	0xCE	R_PositionFilterLength[2:0]	0x03	R/W
0	0xCE	R_ProcessFilterLength[2:0]	0x00	R/W
0	0xCF	R_WaveCountThd[3:0]	0x03	R/W
0	0xCF	R_WaveAngleThd[3:0]	0x06	R/W
0	0xD0	R_AbortCountThd[2:0]	-	R/W
0	0xD0	R_AbortXYRatio[4:0]	0x22	R/W
0	0xD1	R_AbortLength[6:0]	0x0F	R/W

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0xD2	R_AbortIntervalCountThd [5:0]	0x88	R/W
0	0xD2	R_ConfirmMode		R/W
0	0xD2	R_WaveEnh		R/W
0	0xD3	PositionFilterCenterX[7:0]	-	R
0	0xD4	PositionFilterCenterX[11:8]	-	R
0	0xD4	PositionFilterCenterY[11:8]	-	R
0	0xD5	PositionFilterCenterY[7:0]	-	R
0	0xD6	PositionFilterAvgY[7:0]	-	R
0	0xD7	PositionFilterAvgY[8]	-	R
0	0xD7	PositionFilterSize[9:8]	-	R
0	0xD8	PositionFilterSize[7:0]	-	R
0	0xD9	ProcessFilterSize[9:8]	-	R
0	0xD9	ProcessFilterAvgY[8]	-	R
0	0xD9	AbortIntervalCount[9:8]	-	R
0	0xDA	ProcessFilterCenterX[7:0]	-	R
0	0xDB	ProcessFilterCenterX[11:8]	-	R
0	0xDB	ProcessFilterCenterY[11:8]	-	R
0	0xDC	ProcessFilterCenterY[7:0]	-	R
0	0xDD	ProcessFilterSize[7:0]	-	R
0	0xDE	ProcessFilterAvgY[7:0]	-	R
0	0xDF	AbortIntervalCount[7:0]	-	R



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 Cursor Mode Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x32	R_CursorUseTop	0x01	R/W
0	0x32	R_CursorUseBGModel	0x00	R/W
0	0x32	R_CursorInvertY	0x00	R/W
0	0x32	R_CursorInvertX	0x01	R/W
0	0x32	R_CursorTopRatio[1:0]	0x02	R/W
0	0x33	R_PositionFilterStartSizeTh[7:0]	0x01	R/W
0	0x34	R_PositionFilterStartSizeTh[8]	0x00	R/W
0	0x35	R_ProcessFilterStartSizeTh[7:0]	0x01	R/W
0	0x36	R_ProcessFilterStartSizeTh[8]	0x00	R/W
0	0x37	R_CursorClampLeft[4:0]	0x09	R/W
0	0x38	R_CursorClampRight[4:0]	0x15	R/W
0	0x39	R_CursorClampUp[4:0]	0x0A	R/W
0	0x3A	R_CursorClampDown[4:0]	0x12	R/W
0	0x3B	CursorClampCenterX[7:0]	0x00	R
0	0x3C	CursorClampCenterX[11:8]	0x7D	R
0	0x3D	CursorClampCenterY[7:0]	0x0F	R
0	0x3E	CursorClampCenterY[11:8]	0xA0	R
0	0x8B	R_Cursor_ObjectSizeTh[7:0]	0x10	R/W
0	0x8C	R_PositionResolution[2:0]	0x07	R/W

5.9 Proximity Mode Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x69	R_Pox_UB[7:0]	0xC8	R/W
0	0x6A	R_Pox_LB[7:0]	0x40	R/W
0	0x6B	S_State	-	R
0	0x6C	S_AvgY[8:1]	-	R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10 EFuse Program Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x70	R_EFuse_A[5:0]	0x00	R/W
0	0x70	R_EFuse_READ	0x00	R/W
0	0x70	R_EFuse_ENB	0x01	R/W
0	0x71	R_EFuse_SEL[2:0]	0x00	R/W
0	0x71	R_PROGRAM_BitsCnt[3:0]	0x00	R/W
0	0x72	R_EFuse_PROGRAM_En	0x00	R/W
0	0x72	EFuse_PROGRAM	0x00	R
0	0x73	R_EFuse_PROGRAM_CLK Cnt[14:8]	0x00	R/W
0	0x74	R_EFuse_PROGRAM_CLK Cnt[7:0]	0xF0	R/W
0	0x75	R_EFuse_PROGRAM_Data [7:0]	0x00	R/W
0	0x76	EFuse_Dout[63:56]	-	R
0	0x77	EFuse_Dout[55:48]	-	R
0	0x78	EFuse_Dout[47:40]	-	R
0	0x79	EFuse_Dout[39:32]	-	R
0	0x7A	EFuse_Dout[31:24]	-	R
0	0x7B	EFuse_Dout[23:16]	-	R
0	0x7C	EFuse_Dout[15:8]	-	R
0	0x7D	EFuse_Dout[7:0]	-	R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.11 Background Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x9F	R_UseBGModel	0x01	R/W
0	0x9F	R_BGUseDiffWeight	0x00	R/W
0	0x9F	R_BGUpdateAtProcess	0x00	R/W
0	0x9F	R_BGUpdateMaxIntensity_En	0x01	R/W
0	0xA0	R_BGUpdateMaxIntensity[7:0]	0x03	R/W
0	0xA1	R_BGFilterLengthUp[1:0]	0x01	R/W
0	0xA1	R_BGFilterLengthDown[1:0]	0x10	R/W
0	0xA2	R_BGDiffThd[5:0]	0x08	R/W
0	0xA3	R_BGUpdateFreq[7:0]	0x00	R/W
0	0xA4	R_BGUpdateFreq[9:8]	0x03	R/W
0	0xA4	R_BGResolution[1:0]	0x03	R/W

5.12 Lens Shading Compensation

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
1	0x04	R_LS_Comp_DAVg_v	0x00	R/W
1	0x25	R_LensShadingComp_EnH	0x00	R/W
1	0x26	R_OffsetX[6:0]	0x00	R/W
1	0x27	R_OffsetY[6:0]	0x00	R/W
1	0x28	R_LSC[6:0]	0x40	R/W
1	0x29	R_LSFT[3:0]	0x0A	R/W

5.13 LED Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
1	0x30	R_LED_SoftStart_time[7:0]	0x03	R/W
1	0x31	R_LED2_DAC_EnL	0x00	R/W
1	0x31	R_LED1_DAC_EnL	0x00	R/W
1	0x31	R_LED2_DAC_manual	0x00	R/W
1	0x31	R_LED1_DAC_manual	0x00	R/W
1	0x32	R_LED1_DAC_UB[4:0]	0x14	R/W
1	0x33	R_LED2_DAC_UB[4:0]	0x14	R/W
1	0x34	R_LEDC_Step_Up[4:0]	0x07	R/W
1	0x35	R_LEDC_Step_Down[4:0]	0x07	R/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.14 Sleep Mode

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x45	SleepMode_Status[1:0]	-	R
0	0x52	R_SleepAE1[1:0]	0x00	R/W
0	0x52	R_SleepAE2[1:0]	0x00	R/W
0	0x52	R_SleepAG1[1:0]	0x00	R/W
0	0x52	R_SleepAG2[1:0]	0x00	R/W
1	0x65	R_IDLE_TIME[7:0]	0xB4	R/W
1	0x66	R_IDLE_TIME[15:8]		
1	0x67	R_IDLE_TIME_SLEEP_1[7:0]	0x168	R/W
1	0x68	R_IDLE_TIME_SLEEP_1[15:8]		
1	0x69	R_IDLE_TIME_SLEEP_2[7:0]	0x2D0	R/W
1	0x6A	R_IDLE_TIME_SLEEP_2[15:8]		
1	0x6B	R_Obj_TIME_1[7:0]	0x4B0	R/W
1	0x6C	R_Obj_TIME_1[15:8]		
1	0x6D	R_Obj_TIME_2[7:0]	0x960	R/W
1	0x6E	R_Obj_TIME_2[15:8]		
1	0x6F	R_TG_INIT_TIME[7:0]	0x32	R/W
1	0x71	R_TG_POWERON_WAKEUP_T IME	0x00	R/W
1	0x72	R_TG_EnH	0x00	R/W
1	0x73	R_AUTO_SLEEP_Mode1	0x00	R/W
1	0x73	R_AUTO_SLEEP_Mode2	0x00	R/W
1	0x73	R_AUTO_WakeUP_Mode	0x00	R/W
1	0x74	R_WakeUpSig_Sel[1:0]	0x00	R/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.15 Clock Controls

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x3F	R_oscrpcpd	0x00	R/W
0	0x5C	R_SenClkPrd[5:0]	0x02	R/W
0	0x5D	R_SENCLK_Control	0x00	R/W
0	0x5E	R_Other_CLK_manual	0x00	R/W
0	0x5F	R_CLK_manual	0x7F	R/W
0	0x60	TS_osc_code[6:0]	-	R
0	0x61	R_osc_code[6:0]	0x34	R/W
0	0x63	R_Ref_CLK_Cnt_UB[15:8]	0x03	R/W
0	0x64	R_Ref_CLK_Cnt_UB[7:0]	0xF7	R/W
0	0x65	R_Ref_CLK_Cnt_LB[15:8]	0x03	R/W
0	0x66	R_Ref_CLK_Cnt_LB[7:0]	0xD9	R/W
0	0x67	R_OSC_Wait[7:0]	0x03	R/W
0	0x68	T_osc_range[1:0]	0x01	R/W

5.16 Chip/Version ID

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x00	PartID[7:0]	0x20	R
0	0x01	PartID[15:8]	0x76	R
0	0x02	VersionID[7:0]	0x01	R

5.17 Suspend/Reset

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x03	SW_Suspend_EnL	0x01	W
0	0xEE	R_RegBank Reset	0x01	W
0	0xEE	R_TGRegBank_SWRstn	0x01	R/W
0	0xEE	R_DMSRegBank_SWRstn	0x01	R/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.18 Test Mode

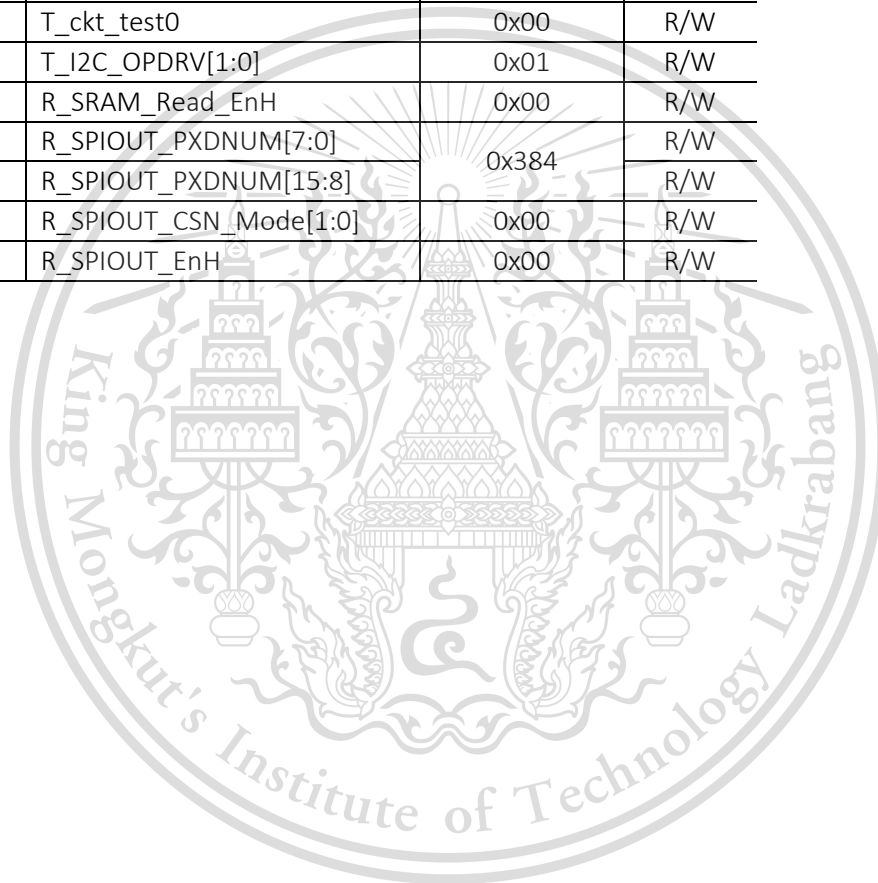
Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0xE0	R_DSP_TestObj_Size[3:0]	0x01	R/W
0	0xE0	R_DSP_Test_Mode[3:0]	0x00	R/W
0	0xE1	R_DSP_TestObj_Hi[7:0]	0x04	R/W
0	0xE2	R_DSP_TestObj_Lo[7:0]	0x41	R/W
0	0xE3	R_DSP_TestObj_Dist[3:0]	0x06	R/W
0	0xE3	R_DSP_TestObj_Speed[3:0]	0x0D	R/W
0	0xE4	R_DSP_TestObj_PosL[5:0]	0x00	R/W
0	0xE5	R_DSP_TestObj_PosR[5:0]	0x8C	R/W
0	0xE6	R_DSP_TestObj_PosU[5:0]	0x4A	R/W
0	0xE7	R_DSP_TestObj_PosD[5:0]	0x00	R/W
0	0xE8	R_DSP_TestObj_FrameCnt[5:0]	0x00	R/W
0	0xE8	R_DSP_TestObj_Num[1:0]	0x00	R/W
0	0xE9	R_DSP_Test_Noise_EnH	0x00	R/W

5.19 Reserved Registers List

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
0	0x5B	Trigger	0x00	R/W
0	0x6D	R_SRAM_DS[3:0]	0x04	R/W
0	0x6E	R_BIST_mode[3:0]	0x00	R/W
0	0x6F	R_BIST_mode_1[3:0]	0x00	R/W
0	0x8A	R_LockReg	0x00	R/W
0	0x8A	R_AutoLock	0x10	R/W
1	0x05	Cmd_DebugMode	0x00	R/W
1	0x06	Cmd_CDS_Timing_Control	0x4B0	R/W
1	0x07	Cmd_CDS_Timing_Control		R/W
1	0x08	Cmd_CDS_Timing_Control	0x0D	R/W
1	0x09	Cmd_CDS_Timing_Control	0x0E	R/W
1	0x0A	Cmd_CDS_Timing_Control	0x708	R/W
1	0x0B	Cmd_CDS_Timing_Control		R/W
1	0x0C	Cmd_CDS_Timing_Control	0x05	R/W
1	0x0D	Cmd_CDS_Timing_Control	0x0F	R/W
1	0x0E	Cmd_CDS_Timing_Control	0x02	R/W
1	0x0F	Cmd_CDS_Timing_Control	0x12	R/W
1	0x10	Cmd_CDS_Timing_Control	0x02	R/W
1	0x11	Cmd_CDS_Timing_Control	0x02	R/W
1	0x12	Cmd_CDS_Timing_Control	0x00	R/W
1	0x13	Cmd_CDS_Timing_Control	0x01	R/W
1	0x14	Cmd_CDS_Timing_Control	0x05	R/W
1	0x15	Cmd_CDS_Timing_Control	0x07	R/W
1	0x16	Cmd_CDS_Timing_Control	0x05	R/W

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
1	0x17	Cmd_CDS_Timing_Control	0x07	R/W
1	0x18	Cmd_CDS_Timing_Control	0x01	R/W
1	0x19	Cmd_CDS_Timing_Control	0x04	R/W
1	0x1A	Cmd_CDS_Timing_Control	0x05	R/W
1	0x1B	Cmd_CDS_Timing_Control	0x0C	R/W
1	0x1C	Cmd_CDS_Timing_Control	0x2A	R/W
1	0x1D	Cmd_CDS_Timing_Control	0x01	R/W
1	0x1E	R_TG_Mode	0x00	R/W
1	0x21	R_OnOffNegComp[7:0]	0x00	R/W
1	0x22	R_OnOffNegComp[8]	0x00	R/W
1	0x23	R_RowDummyTrailing0_EnH	0x00	R/W
1	0x36	R_I2C_AutoResync_EnH	0x01	R/W
1	0x37	R_I2C_AutoResync_Time[7:0]	0xFF	R/W
1	0x38	R_adc_control	0x03	R/W
1	0x39	R_pwrsv_control	0x01	R/W
1	0x3A	R_I2CID_Sel[2:0]	0x00	R/W
1	0x3E	Cmd_DebugPattern[7:0]	0x00	R/W
1	0x3F	Cmd_DebugPattern[8]	0x00	R/W
1	0x40	R_cds_mode	0x00	R/W
1	0x41	R_dac_control	0x00	R/W
1	0x43	R_pga_test	0x00	R/W
1	0x45	R_adc_test	0x00	R/W
1	0x46	R_ScanDAC_Control	0x00	R/W
1	0x47	R_dac_control	0x00	R/W
1	0x48	R_PDN_Test	0x01	R/W
1	0x4A	R_CP_WOI_HSize[5:0]	0x1E	R/W
1	0x4B	R_CP_WOI_VSize[5:0]	0x1E	R/W
1	0x4C	R_CP_WOI_HStart[5:0]	0x00	R/W
1	0x4D	R_CP_WOI_VStart[5:0]	0x00	R/W
1	0x4E	R_Clamp_control	0xA0	R/W
1	0x4F	R_WAKE_ivreg_EnL[7:0]	0x80	R/W
1	0x50	R_bgp_control	0x00	R/W
1	0x51	R_TS_Test	0x00	R/W
1	0x52	R_ref_gen_EnL_Manual	0x00	R/W
1	0x53	R_ref_gen_EnL	0x00	R/W
1	0x54	R_ref_gen_forceNoPwrsv_EnH	0x00	R/W
1	0x57	R_WAKE_tg_EnL[7:0]	0x80	R/W
1	0x59	T_ab_blk_EnH	0x01	R/W
1	0x5A	T_cds_asout_EnH	0x00	R/W
1	0x5B	T_pixbias[2:0]	0x04	R/W
1	0x5C	T_pxoset_EnH	0x01	R/W

Bank	Address	Register Name	Default Value	R/W
1	0x5D	T_tg_allow_EnH	0x00	R/W
1	0x5E	T_clamp_drv_ctl[1:0]	0x01	R/W
1	0x5F	T_vdda28_lvl[2:0]	0x04	R/W
1	0x60	T_vrtb_shift[1:0]	0x01	R/W
1	0x61	T_flush_lvl[2:0]	0x04	R/W
1	0x63	T_adc_vcmtest_EnH	0x00	R/W
1	0x64	T_GPIO_OPDRV[1:0]	0x00	R/W
1	0x74	R_Control_Mode[2:0]	0x00	R/W
1	0x74	R_GPIO_Probe_En	0x00	R/W
1	0x75	T_ckt_test0	0x00	R/W
1	0x76	T_I2C_OPDRV[1:0]	0x01	R/W
1	0x77	R_SRAM_Read_EnH	0x00	R/W
1	0x7C	R_SPIOUT_PXDNUM[7:0]	0x384	R/W
1	0x7D	R_SPIOUT_PXDNUM[15:8]		R/W
1	0x7E	R_SPIOUT_CSN_Mode[1:0]	0x00	R/W
1	0x7E	R_SPIOUT_EnH	0x00	R/W



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Document Revision History

Revision No.	Date	Description of Change(s)
1.0	2016/03/29	1 st Released version (Based on DS V1.2)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X9C102, X9C103, X9C104, X9C503

Digitally Controlled Potentiometer (XDCP™)

FN8222
Rev 4.00
Jan 11, 2019

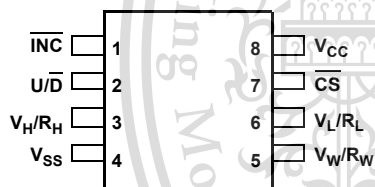
The [X9C102](#), [X9C103](#), [X9C104](#), [X9C503](#) are digitally controlled (XDCP) potentiometers. The device consists of a resistor array, wiper switches, a control section, and nonvolatile memory. The wiper position is controlled by a three-wire interface.

The potentiometer is implemented by a resistor array composed of 99 resistive elements and a wiper switching network. Between each element and at either end are tap points accessible to the wiper terminal. The position of the wiper element is controlled by the CS, U/D, and INC inputs. The position of the wiper can be stored in non-volatile memory and then be recalled upon a subsequent power-up operation.

The device can be used as a three-terminal potentiometer or as a two-terminal variable resistor in a wide variety of applications ranging from control to signal processing to parameter adjustment.

Pinout

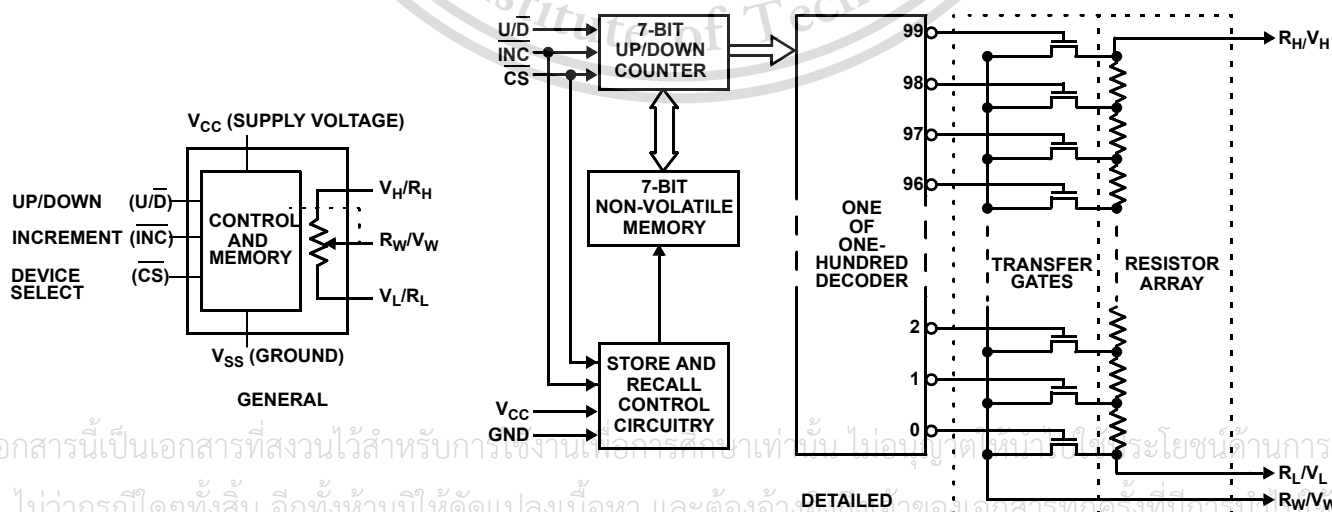
X9C102, X9C103, X9C104, X9C503
(8 LD SOIC, 8 LD PDIP)
TOP VIEW



Features

- Solid-State Potentiometer
- Three-Wire Serial Interface
- 100 Wiper Tap Points
 - Wiper Position Stored in Non-volatile Memory and Recalled on Power-up
- 99 Resistive Elements
 - Temperature Compensated
 - End-to-End Resistance, ±20%
 - Terminal Voltages, ±5V
- Low Power CMOS
 - V_{CC} = 5V
 - Active Current, 3mA max.
 - Standby Current, 750µA max.
- High Reliability
 - Endurance, 100,000 Data Changes per Bit
 - Register Data Retention, 100 years
- X9C102 = 1kΩ
- X9C103 = 10kΩ
- X9C503 = 50kΩ
- X9C104 = 100kΩ
- Packages
 - 8 Ld SOIC
 - 8 Ld PDIP
- Pb-Free Available (RoHS Compliant)

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานในเชิงพาณิชย์เท่านั้น โปรดอย่าเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเรเนซัสกรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ในใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Ordering Information

PART NUMBER	PART MARKING	R _{TOTAL} (kΩ)	TEMP RANGE (°C)	PACKAGE (RoHS Compliant)	PACKAGE DWG. #
X9C102PZ (Notes 2, 3)	X9C102P Z	1	0 to +70	8 Ld PDIP	MDP0031
X9C102PIZ (Notes 2, 3)	X9C102P ZI		-40 to +85	8 Ld PDIP	MDP0031
X9C102SZ (Notes 1, 2)	X9C102S Z		0 to +70	8 Ld SOIC	M8.15E
X9C102SIZ (Notes 1, 2)	X9C102S ZI		-40 to +85	8 Ld SOIC	M8.15E
X9C103PZ (Notes 2, 3)	X9C103P Z	10	0 to +70	8 Ld PDIP	MDP0031
X9C103PIZ (Notes 2, 3)	X9C103P ZI		-40 to +85	8 Ld PDIP	MDP0031
X9C103SZ (Notes 1, 2)	X9C103S Z		0 to +70	8 Ld SOIC	M8.15
X9C103SIZ (Notes 1, 2)	X9C103S ZI		-40 to +85	8 Ld SOIC	M8.15
X9C503PZ (Notes 2, 3)	X9C503P Z	50	0 to +70	8 Ld PDIP	MDP0031
X9C503PIZ (Notes 2, 3)	X9C503P ZI		-40 to +85	8 Ld PDIP	MDP0031
X9C503SZ (Notes 1, 2)	X9C503S Z		0 to +70	8 Ld SOIC	M8.15E
X9C503SIZ (Notes 1, 2)	X9C503S ZI		-40 to +85	8 Ld SOIC	M8.15E
X9C104PIZ (Notes 2, 3)	X9C104P ZI	100	-40 to +85	8 Ld PDIP	MDP0031
X9C104SZ (Notes 1, 2)	X9C104S Z		0 to +70	8 Ld SOIC	M8.15E
X9C104SIZ (Notes 1, 2)	X9C104S ZI		-40 to +85	8 Ld SOIC	M8.15E

NOTES:

1. Add "T1" suffix for tape and reel. See [TB347](#) for details about reel specifications.
2. These Pb-free plastic packaged products employ special Pb-free material sets, molding compounds/die attach materials, and 100% matte tin plate plus anneal (e3 termination finish, which is RoHS compliant and compatible with both SnPb and Pb-free soldering operations). Pb-free products are MSL classified at Pb-free peak reflow temperatures that meet or exceed the Pb-free requirements of IPC/JEDEC J STD-020.
3. Pb-free PDIPs can be used for through-hole wave solder processing only. They are not intended for use in Reflow solder processing applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Pin Descriptions

PIN NUMBER	PIN NAME	DESCRIPTION
1	$\overline{\text{INC}}$	INCREMENT The $\overline{\text{INC}}$ input is negative-edge triggered. Toggling $\overline{\text{INC}}$ will move the wiper and either increment or decrement the counter in the direction indicated by the logic level on the $\text{U}/\overline{\text{D}}$ input.
2	$\text{U}/\overline{\text{D}}$	UP/DOWN The $\text{U}/\overline{\text{D}}$ input controls the direction of the wiper movement and whether the counter is incremented or decremented.
3	$\text{V}_\text{H}/\text{R}_\text{H}$	$\text{V}_\text{H}/\text{R}_\text{H}$ The high ($\text{V}_\text{H}/\text{R}_\text{H}$) terminals of the X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 are equivalent to the fixed terminals of a mechanical potentiometer. The minimum voltage is -5V and the maximum is +5V. The terminology of $\text{V}_\text{H}/\text{R}_\text{H}$ and $\text{V}_\text{L}/\text{R}_\text{L}$ references the relative position of the terminal in relation to wiper movement direction selected by the $\text{U}/\overline{\text{D}}$ input and not the voltage potential on the terminal.
4	V_SS	V_SS
5	$\text{V}_\text{W}/\text{R}_\text{W}$	$\text{V}_\text{W}/\text{R}_\text{W}$ $\text{V}_\text{W}/\text{R}_\text{W}$ is the wiper terminal and is equivalent to the movable terminal of a mechanical potentiometer. The position of the wiper within the array is determined by the control inputs. The wiper terminal series resistance is typically 40 Ω .
6	$\text{R}_\text{L}/\text{V}_\text{L}$	$\text{R}_\text{L}/\text{V}_\text{L}$ The low ($\text{V}_\text{L}/\text{R}_\text{L}$) terminals of the X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 are equivalent to the fixed terminals of a mechanical potentiometer. The minimum voltage is -5V and the maximum is +5V. The terminology of $\text{V}_\text{H}/\text{R}_\text{H}$ and $\text{V}_\text{L}/\text{R}_\text{L}$ references the relative position of the terminal in relation to wiper movement direction selected by the $\text{U}/\overline{\text{D}}$ input and not the voltage potential on the terminal.
7	$\overline{\text{CS}}$	$\overline{\text{CS}}$ The device is selected when the $\overline{\text{CS}}$ input is LOW. The current counter value is stored in non-volatile memory when $\overline{\text{CS}}$ is returned HIGH while the $\overline{\text{INC}}$ input is also HIGH. After the store operation is complete the X9C102, X9C103, X9C104, X9C503 device will be placed in the low power standby mode until the device is selected once again.
8	V_CC	V_CC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Absolute Maximum Ratings

Voltage on \overline{CS} , \overline{INC} , U/\overline{D} and V_{CC} with Respect to V_{SS} . -1V to +7V
 Voltage on V_H/R_H and V_L/R_L Referenced to V_{SS} -8V to +8V
 $\Delta V = |V_H/R_H - V_L/R_L|$
 X9C102 4V
 X9C103, X9C104, and X9C503 10V
 I_W (10s) 8.8mA
 Power Rating
 X9C102 16mW
 X9C103 X0C104, and X9C503 10mW

Thermal Information

Temperature Under Bias -65°C to +135°C
 Storage Temperature -65°C to +150°C
 Pb-Free Reflow Profile. [TB493](#)
 *Pb-free PDIPs can be used for through-hole wave solder processing only. They are not intended for use in Reflow solder processing applications.

Recommended Operating Conditions

Commercial Temperature Range. 0°C to +70°C
 Industrial Temperature Range -40°C to +85°C
 Supply Voltage Range (V_{CC}) 5V ±10%

CAUTION: Do not operate at or near the maximum ratings listed for extended periods of time. Exposure to such conditions may adversely impact product reliability and result in failures not covered by warranty.

Electrical Specifications Over recommended operating conditions unless otherwise stated.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNIT
			MIN	TYP (Note 7)	MAX	
POTENTIOMETER CHARACTERISTICS						
R_{TOTAL}	End-to-End Resistance Variation		-20		+20	%
$V_{VH/RH}$	V_H Terminal Voltage		-5		+5	V
$V_{VL/RL}$	V_L Terminal Voltage		-5		+5	V
I_W	Wiper Current		-4.4		4.4	mA
R_W	Wiper Resistance	Wiper Current = ±1mA		40	100	Ω
	Resistor Noise (Note 8)	Ref 1kHz		-120		dBV
	Charge Pump Noise (Note 8)	@ 850kHz		20		mV _{RMS}
	Resolution			1		%
	Absolute Linearity (Note 4)	$V_{W(n)(actual)} - V_{W(n)(EXPECTED)}$		-1	+1	MI (Note 6)
	Relative Linearity (Note 5)	$V_{W(n+1)(ACTUAL)} - [V_{W(n)} + MI]$		-0.2	+0.2	MI (Note 6)
	R_{TOTAL} Temperature Coefficient	X9C103, X9C503, X9C104			±300 (Note 8)	ppm/°C
	R_{TOTAL} Temperature Coefficient	X9C102			±600 (Note 8)	ppm/°C
	Ratiometric Temperature Coefficient			±20	ppm/°C	
$C_H/C_L/C_W$ (Note 8)	Potentiometer Capacitances	See "Circuit #3 SPICE Macro Model" on page 5.		10/10/25		pF
DC OPERATING CHARACTERISTICS						
I_{CC}	V_{CC} Active Current	$\overline{CS} = V_{IL}$, $U/\overline{D} = V_{IL}$ or V_{IH} and $\overline{INC} = 0.4V$ to $2.4V$ at Max t_{CYC}		1	3	mA
I_{SB}	Standby Supply Current	$\overline{CS} = V_{CC} - 0.3V$, U/\overline{D} and $\overline{INC} = V_{SS}$ or $V_{CC} - 0.3V$		200	750	μA
I_{LI}	\overline{CS} , \overline{INC} , U/\overline{D} Input Leakage Current	$V_{IN} = V_{SS}$ to V_{CC}			±10	μA
V_{IH}	\overline{CS} , \overline{INC} , U/\overline{D} input HIGH Voltage		2			V
V_{IL}	\overline{CS} , \overline{INC} , U/\overline{D} input LOW Voltage				0.8	V
C_{IN}	\overline{CS} , \overline{INC} , U/\overline{D} Input Capacitance (Note 8)	$V_{CC} = 5V$, $V_{IN} = V_{SS}$, $T_A = +25^\circ C$, $f = 1MHz$		10		pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

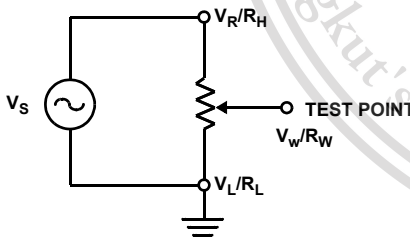
Electrical Specifications Over recommended operating conditions unless otherwise stated. (Continued)

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNIT
			MIN	TYP (Note 7)	MAX	
AC OPERATION CHARACTERISTICS						
t_{CI}	\overline{CS} to \overline{INC} Setup		100			ns
t_{ID}	\overline{INC} HIGH to U/\overline{D} Change		100			ns
t_{DI}	U/\overline{D} to \overline{INC} Setup		2.9			μ s
t_{L}	\overline{INC} LOW Period		1			μ s
t_{H}	\overline{INC} HIGH Period		1			μ s
t_{IC}	\overline{INC} Inactive to \overline{CS} Inactive		1			μ s
t_{CPH}	\overline{CS} Deselect Time (STORE)		20			ms
t_{CPH}	\overline{CS} Deselect Time (NO STORE)		100			ns
$t_{W}^{(5)}$	\overline{INC} to $V_{W/RW}$ Change			100		μ s
t_{CYC}	\overline{INC} Cycle Time		2			μ s
t_{CYC}	\overline{INC} Input Rise and Fall Time				500	μ s
t_R, t_F	Power-up to Wiper Stable (Note 8)			500		μ s
t_{PU}	V_{CC} Power-up Rate (Note 8)		0.2		50	V/ms

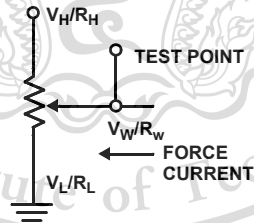
NOTES:

- Absolute linearity is utilized to determine actual wiper voltage vs expected voltage = $[V_{W(n)(actual)} - V_{W(n)(expected)}] = \pm 1$ MI Maximum.
- Relative linearity is a measure of the error in step size between taps = $V_{W(n+1)} - [V_{W(n)} + MI] = +0.2$ MI.
- 1 MI = Minimum Increment = $R_{TOT}/99$.
- Typical values are for $T_A = +25^\circ C$ and nominal supply voltage.
- This parameter is not 100% tested.

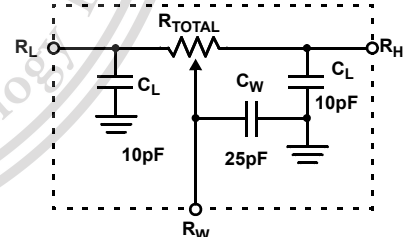
Test Circuit #1



Test Circuit #2



Circuit #3 SPICE Macro Model



Endurance and Data Retention

PARAMETER	MIN	UNIT
Medium Endurance	100,000	Data changes per bit per register
Data Retention	100	years

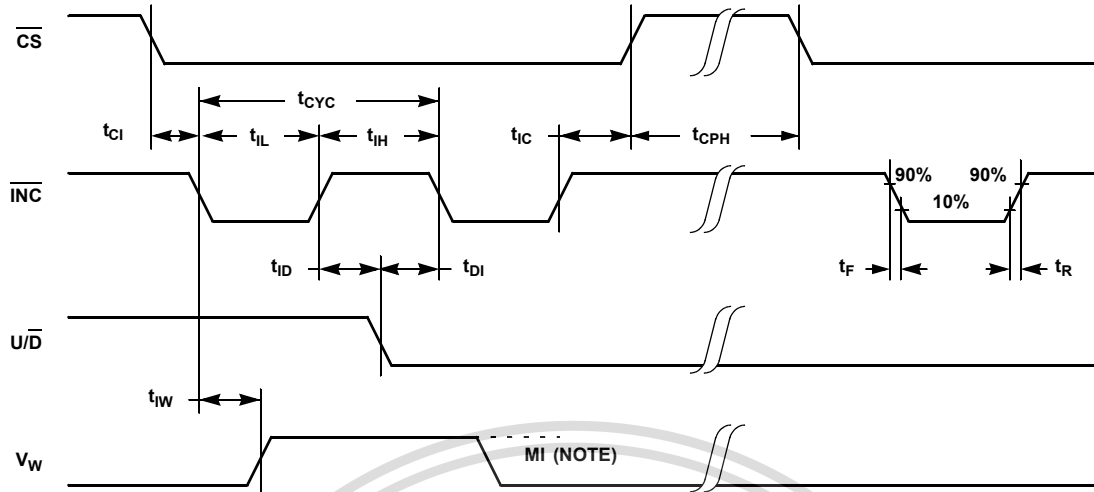
Power-up and Down Requirements

At all times, voltages on the potentiometer pins must be less than $\pm V_{CC}$. The recall of the wiper position from non-volatile memory is not in effect until the V_{CC} supply reaches its final value. The V_{CC} ramp rate specification is always in effect.

AC Conditions of Test

Input Pulse Levels	0V to 3V
Input Rise and Fall Times	10ns
Input Reference Levels	1.5V

AC Timing Diagram



NOTE: MI REFERS TO THE MINIMUM INCREMENTAL CHANGE IN THE V_W OUTPUT DUE TO A CHANGE IN THE WIPER POSITION.

Pin Descriptions

R_H/V_H and R_L/V_L

The high (V_H/R_H) and low (V_L/R_L) terminals of the ISLX9C102, X9C103, X9C104, X9C503 are equivalent to the fixed terminals of a mechanical potentiometer. The minimum voltage is -5V and the maximum is +5V. The terminology of V_H/R_H and V_L/R_L references the relative position of the terminal in relation to wiper movement direction selected by the U/\bar{D} input and not the voltage potential on the terminal.

R_W/V_W

V_W/R_W is the wiper terminal, and is equivalent to the movable terminal of a mechanical potentiometer. The position of the wiper within the array is determined by the control inputs. The wiper terminal series resistance is typically 40Ω.

Up/Down (U/\bar{D})

The U/\bar{D} input controls the direction of the wiper movement and whether the counter is incremented or decremented.

Increment (\bar{INC})

The \bar{INC} input is negative-edge triggered. Toggling \bar{INC} will move the wiper and either increment or decrement the counter in the direction indicated by the logic level on the U/\bar{D} input.

Chip Select (\bar{CS})

The device is selected when the \bar{CS} input is LOW. The current counter value is stored in non-volatile memory when \bar{CS} is returned HIGH while the \bar{INC} input is also HIGH. After the store operation is complete the ISLX9C102, X9C103, X9C104, X9C503 device will be placed in the low power standby mode until the device is selected once again.

Principles of Operation

There are three sections of the X9C102, X9C103, ISL9C104 and ISL9C503: the input control, counter and decode section; the non-volatile memory; and the resistor array. The input control section operates just like an up/down counter. The output of this counter is decoded to turn on a single electronic switch connecting a point on the resistor array to the wiper output. Under the proper conditions, the contents of the counter can be stored in non-volatile memory and retained for future use. The resistor array is comprised of 99 individual resistors connected in series. At either end of the array and between each resistor is an electronic switch that transfers the potential at that point to the wiper.

The wiper, when at either fixed terminal, acts like its mechanical equivalent and does not move beyond the last position. That is, the counter does not wrap around when clocked to either extreme.

The electronic switches on the device operate in a “make-before-break” mode when the wiper changes tap positions. If the wiper is moved several positions, multiple taps are connected to the wiper for t_{IW} (\bar{INC} to V_W/R_W change). The R_{TOTAL} value for the device can temporarily be reduced by a significant amount if the wiper is moved several positions.

When the device is powered-down, the last wiper position stored will be maintained in the non-volatile memory. When power is restored, the contents of the memory are recalled and the wiper is reset to the value last stored.

The internal charge pump allows a wide range of voltages (from -5V to 5V) applied to XDCP terminals yet given a convenience of single power supply. The typical charge pump noise of 20mV at 850kHz should be taken in consideration when designing an application circuit.

Instructions and Programming

The \overline{INC} , $\overline{U/D}$ and \overline{CS} inputs control the movement of the wiper along the resistor array. With \overline{CS} set LOW, the device is selected and enabled to respond to the $\overline{U/D}$ and \overline{INC} inputs. HIGH to LOW transitions on \overline{INC} will increment or decrement (depending on the state of the $\overline{U/D}$ input) a 7-bit counter. The output of this counter is decoded to select one of one-hundred wiper positions along the resistive array.

The value of the counter is stored in non-volatile memory whenever \overline{CS} transitions HIGH while the \overline{INC} input is also HIGH.

The system may select the X9Cxxx, move the wiper and deselect the device without having to store the latest wiper position in non-volatile memory. After the wiper movement is performed as previously described and once the new position is reached, the system must keep \overline{INC} LOW while taking \overline{CS} HIGH. The new wiper position will be maintained until changed by the system or until a power-down/up cycle recalled the previously stored data.

This procedure allows the system to always power-up to a pre-set value stored in non-volatile memory; then during system operation, minor adjustments could be made. The adjustments might be based on user preference, i.e.: system parameter changes due to temperature drift, etc.

The state of $\overline{U/D}$ may be changed while \overline{CS} remains LOW. This allows the host system to enable the device and then move the wiper up and down until the proper trim is attained.

Mode Selection

\overline{CS}	\overline{INC}	$\overline{U/D}$	MODE
L		H	Wiper Up
L		L	Wiper Down
	H	X	Store Wiper Position
H	X	X	Standby Current
	L	X	No Store, Return to Standby
	L	H	Wiper Up (not recommended)
	L	L	Wiper Down (not recommended)

Symbol Table

WAVEFORM	INPUTS	OUTPUTS
	Must be steady	Will be steady
	May change from Low to High	Will change from Low to High
	May change from High to Low	Will change from High to Low
	Don't Care: Changes Allowed	Changing: State Not Known
	N/A	Center Line is High Impedance

Performance Characteristics

Contact the factory for more information.

Applications Information

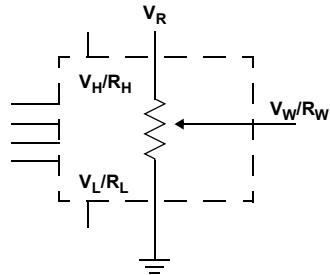
Electronic digitally controlled (XCDP) potentiometers provide three powerful application advantages:

1. The variability and reliability of a solid-state potentiometer.
2. The flexibility of computer-based digital controls.
3. The retentivity of non-volatile memory used for the storage of multiple potentiometer settings or data.

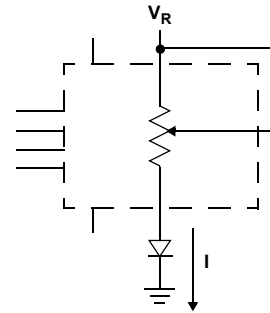
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Basic Configurations of Electronic Potentiometers

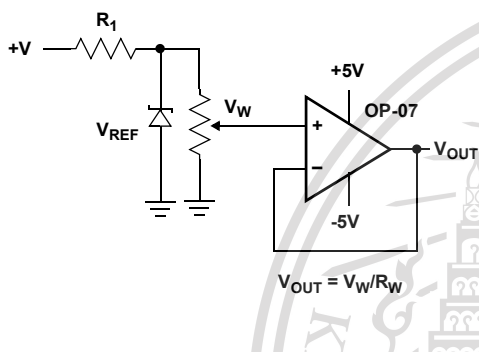


**THREE TERMINAL POTENTIOMETER;
VARIABLE VOLTAGE DIVIDER**

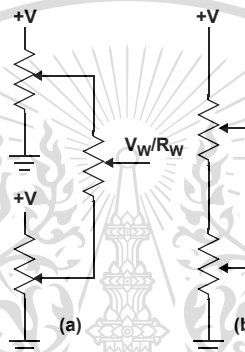


**TWO TERMINAL VARIABLE RESISTOR;
VARIABLE CURRENT**

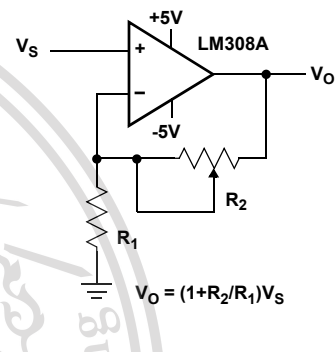
Basic Circuits



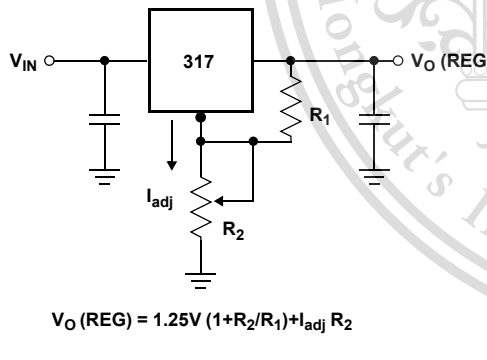
BUFFERED REFERENCE VOLTAGE



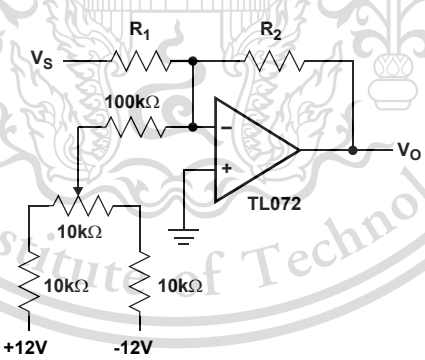
CASCADING TECHNIQUES



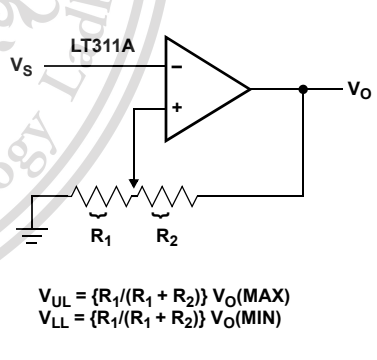
NONINVERTING AMPLIFIER



VOLTAGE REGULATOR



OFFSET VOLTAGE ADJUSTMENT



COMPARATOR WITH HYSTERESIS

(FOR ADDITIONAL CIRCUITS SEE AN1145)

Revision History

Rev.	Date	Description
4.00	Jan 11, 2019	Updated Ordering Information table to remove Obsolete and Retired parts. Added Revision History. Updated PODs for X9C102, X9C104, and X9C503 SOICs from: MDP0027 to: M8.15E and X9C103 SOIC from: MDP0027 to: M8.15, to include the Land Pattern design and convert dimensions from table to graphics. Updated Intersil disclaimer to Renesas disclaimer.

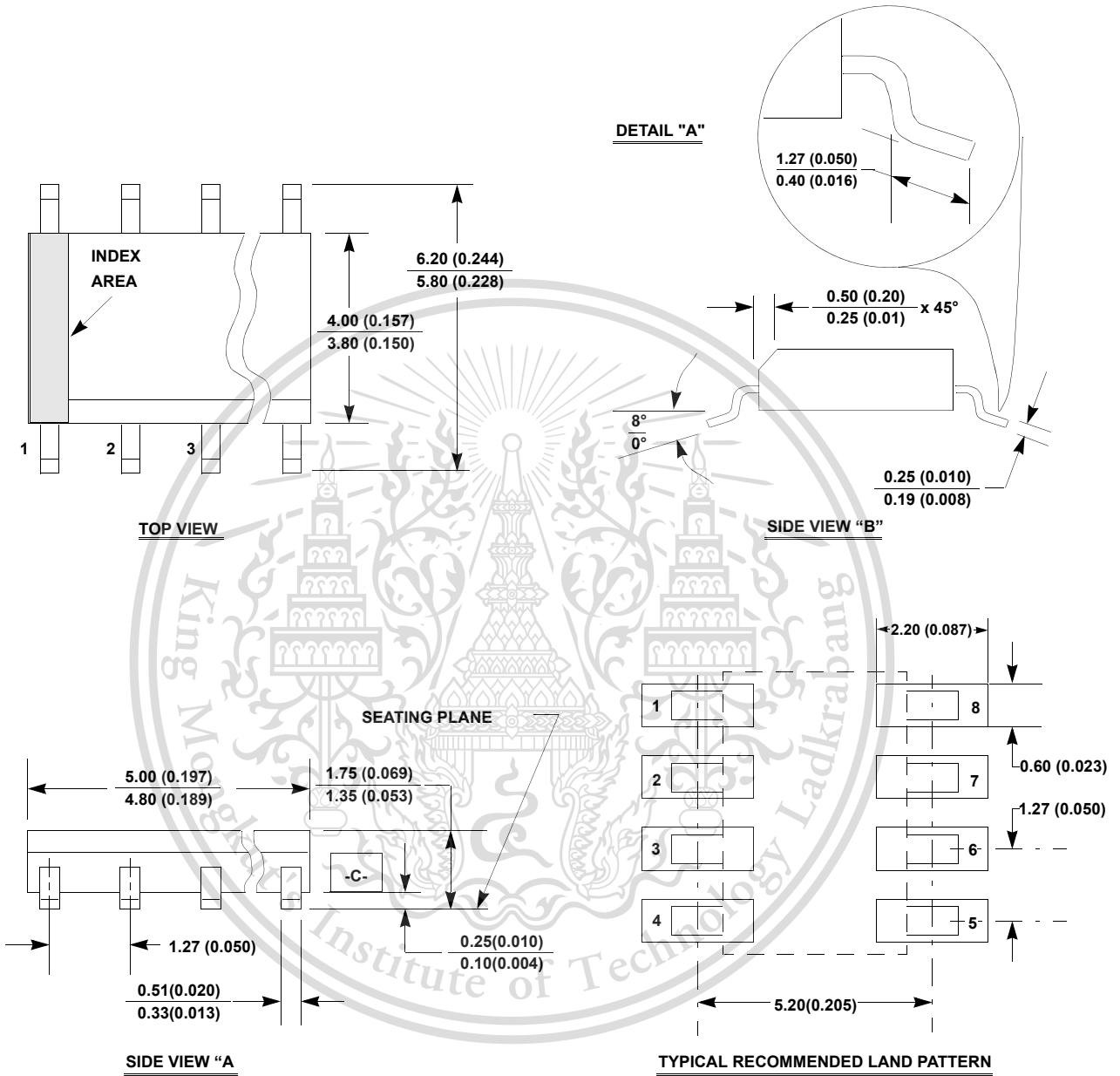
Package Outline Drawings

For the most recent package outline drawing, see [M8.15](#).

M8.15

8 LEAD NARROW BODY SMALL OUTLINE PLASTIC PACKAGE

Rev 4, 1/12



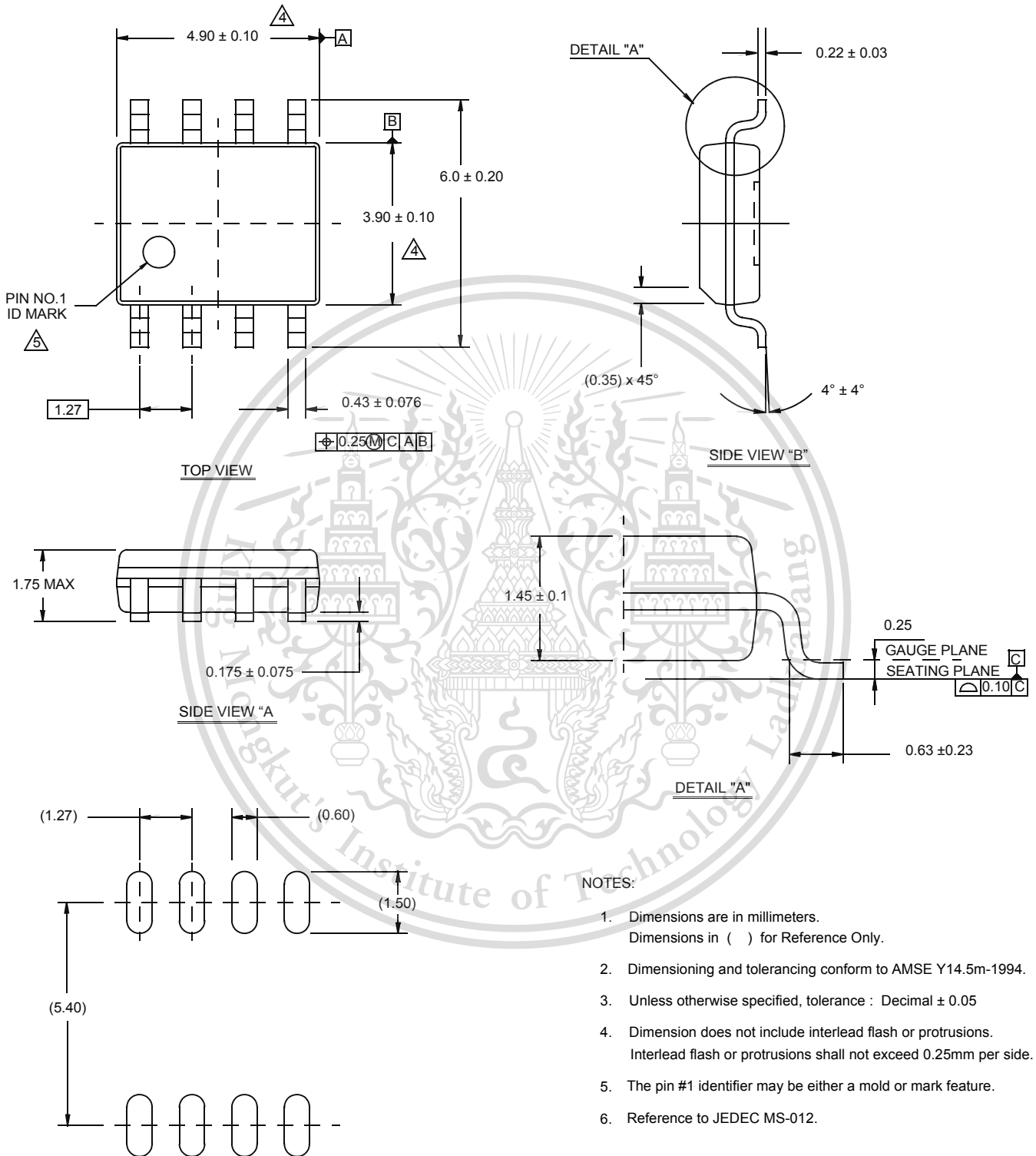
NOTES:

9. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1994.
10. Package length does not include mold flash, protrusions or gate burrs. Mold flash, protrusion and gate burrs shall not exceed 0.15mm (0.006 inch) per side.
11. Package width does not include interlead flash or protrusions. Interlead flash and protrusions shall not exceed 0.25mm (0.010 inch) per side.
12. The chamfer on the body is optional. If it is not present, a visual index feature must be located within the crosshatched area.
13. Terminal numbers are shown for reference only.
14. The lead width as measured 0.36mm (0.014 inch) or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0.61mm (0.024 inch).
15. Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.
16. This outline conforms to JEDEC publication MS-012-AA ISSUE C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการที่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

M8.15E
8 LEAD NARROW BODY SMALL OUTLINE PLASTIC PACKAGE
 Rev 0, 08/09

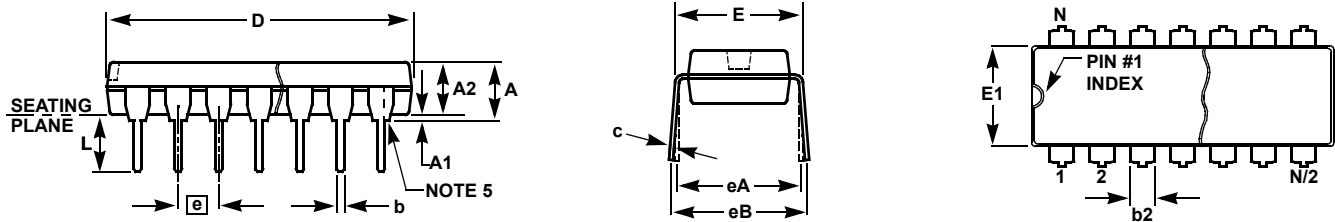
For the most recent package outline drawing, see [M8.15E](#).



เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP)

For the most recent package outline drawing, see [MDP0031](#).



**MDP0031
PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE**

SYMBOL	INCHES					TOLERANCE	NOTES
	PDIP8	PDIP14	PDIP16	PDIP18	PDIP20		
A	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	MAX	
A1	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	MIN	
A2	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	±0.005	
b	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	±0.002	
b2	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	+0.010/-0.015	
c	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	+0.004/-0.002	
D	0.375	0.750	0.750	0.890	1.020	±0.010	1
E	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	+0.015/-0.010	
E1	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	±0.005	2
e	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	Basic	
eA	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	Basic	
eB	0.345	0.345	0.345	0.345	0.345	±0.025	
L	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	±0.010	
N	8	14	16	18	20	Reference	

Rev. C 2/07

NOTES:

17. Plastic or metal protrusions of 0.010" maximum per side are not included.
18. Plastic interlead protrusions of 0.010" maximum per side are not included.
19. Dimensions E and eA are measured with the leads constrained perpendicular to the seating plane.
20. Dimension eB is measured with the lead tips unconstrained.
21. 8 and 16 lead packages have half end-leads as shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Notice

1. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation or any other use of the circuits, software, and information in the design of your product or system. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses and damages incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
 2. Renesas Electronics hereby expressly disclaims any warranties against and liability for infringement or any other claims involving patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties, by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document, including but not limited to, the product data, drawings, charts, programs, algorithms, and application examples.
 3. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
 4. You shall not alter, modify, copy, or reverse engineer any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses or damages incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copying or reverse engineering.
 5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The intended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.
"Standard": Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; industrial robots; etc.
"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control (traffic lights); large-scale communication equipment; key financial terminal systems; safety control equipment; etc.
Unless expressly designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not intended or authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems; surgical implantations; etc.), or may cause serious property damage (space system; undersea repeaters; nuclear power control systems; aircraft control systems; key plant systems; military equipment; etc.). Renesas Electronics disclaims any and all liability for any damages or losses incurred by you or any third parties arising from the use of any Renesas Electronics product that is inconsistent with any Renesas Electronics data sheet, user's manual or other Renesas Electronics document.
 6. When using Renesas Electronics products, refer to the latest product information (data sheets, user's manuals, application notes, "General Notes for Handling and Using Semiconductor Devices" in the reliability handbook, etc.), and ensure that usage conditions are within the ranges specified by Renesas Electronics with respect to maximum ratings, operating power supply voltage range, heat dissipation characteristics, installation, etc. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any malfunctions, failure or accident arising out of the use of Renesas Electronics products outside of such specified ranges.
 7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of Renesas Electronics products, semiconductor products have specific characteristics, such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Unless designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. You are responsible for implementing safety measures to guard against the possibility of bodily injury, injury or damage caused by fire, and/or danger to the public in the event of a failure or malfunction of Renesas Electronics products, such as safety design for hardware and software, including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult and impractical, you are responsible for evaluating the safety of the final products or systems manufactured by you.
 8. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. You are responsible for carefully and sufficiently investigating applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive, and using Renesas Electronics products in compliance with all these applicable laws and regulations. Renesas Electronics disclaims any and all liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
 9. Renesas Electronics products and technologies shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations. You shall comply with any applicable export control laws and regulations promulgated and administered by the governments of any countries asserting jurisdiction over the parties or transactions.
 10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, or any other party who distributes, disposes of, or otherwise sells or transfers the product to a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document.
 11. This document shall not be reprinted, reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
 12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products.
- (Note 1) "Renesas Electronics" as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its directly or indirectly controlled subsidiaries.
(Note 2) "Renesas Electronics product(s)" means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

(Rev.4.0-1 November 2017)



Renesas Electronics Corporation

<http://www.renesas.com>

SALES OFFICES

Refer to "<http://www.renesas.com>" for the latest and detailed information.

Renesas Electronics Corporation

TOYOSU FORESIA, 3-2-24 Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-0061, Japan

Renesas Electronics America Inc.

1001 Murphy Ranch Road, Milpitas, CA 95035, U.S.A.
Tel: +1-408-432-8888, Fax: +1-408-434-5351

Renesas Electronics Canada Limited

9251 Yonge Street, Suite 8309 Richmond Hill, Ontario Canada L4C 9T3
Tel: +1-905-237-2004

Renesas Electronics Europe Limited

Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K.
Tel: +44-1628-651-700

Renesas Electronics Europe GmbH

Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany
Tel: +49-211-6503-0, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.

Room 1709 Quantum Plaza, No.27 ZhichunLu, Haidian District, Beijing, 100191 P. R. China
Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.

Unit 301, Tower A, Central Towers, 555 Langao Road, Putuo District, Shanghai, 200333 P. R. China
Tel: +86-21-2226-0888, Fax: +86-21-2226-0999

Renesas Electronics Hong Kong Limited

Unit 1601-1611, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2265-6688, Fax: +852 2886-9022

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.

13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei 10543, Taiwan
Tel: +886-2-8175-9600, Fax: +886 2-8175-9670

Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.

80 Bendemeer Road, Unit #06-02 Hyflux Innovation Centre, Singapore 339949
Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.

Unit 1207, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jin Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

Renesas Electronics India Pvt. Ltd.

No.777C, 100 Feet Road, HAL 2nd Stage, Indiranagar, Bangalore 560 038, India
Tel: +91-80-67208700, Fax: +91-80-67208777

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.

17F, KAMCO Yangjae Tower, 262, Gangnam-daero, Gangnam-gu, Seoul, 06265 Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5338

© 2018 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.

Colophon 7.2

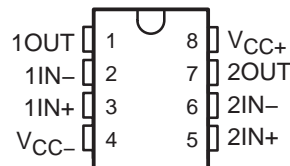
All trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

NE5532, NE5532A, SA5532, SA5532A DUAL LOW-NOISE OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS075H – NOVEMBER 1979 – REVISED MAY 2004

- **Equivalent Input Noise Voltage**
5 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ Typ at 1 kHz
- **Unity-Gain Bandwidth** . . . 10 MHz Typ
- **Common-Mode Rejection Ratio** . . . 100 dB Typ
- **High dc Voltage Gain** . . . 100 V/mV Typ
- **Peak-to-Peak Output Voltage Swing** 32 V Typ With $V_{CC\pm} = \pm 18\text{ V}$ and $R_L = 600\ \Omega$
- **High Slew Rate** . . . 9 V/ μs Typ
- **Wide Supply-Voltage Range** . . . $\pm 3\text{ V}$ to $\pm 20\text{ V}$

NE5532, NE5532A . . . D, P, OR PS PACKAGE
SA5532, SA5532A . . . D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The NE5532, NE5532A, SA5532, and SA5532A are high-performance operational amplifiers combining excellent dc and ac characteristics. They feature very low noise, high output-drive capability, high unity-gain and maximum-output-swing bandwidths, low distortion, high slew rate, input-protection diodes, and output short-circuit protection. These operational amplifiers are compensated internally for unity-gain operation. These devices have specified maximum limits for equivalent input noise voltage.

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP – P	Tube of 50	NE5532P	NE5532P
			NE5532AP	NE5532AP
	SOIC – D	Tube of 75	NE5532D	N5532
		Reel of 2500	NE5532DR	
		Tube of 75	NE5532AD	N5532A
		Reel of 2500	NE5532ADR	
SOP – PS	Reel of 2000		NE5532PSR	N5532
			NE5532APSR	N5532A
–40°C to 85°C	PDIP – P	Tube of 50	SA5532P	SA5532P
			SA5532AP	SA5532AP
	SOIC – D	Tube of 75	SA5532D	SA5532
		Reel of 2500	SA5532DR	
		Tube of 75	SA5532AD	SA5532A
		Reel of 2500	SA5532ADR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



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

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



TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

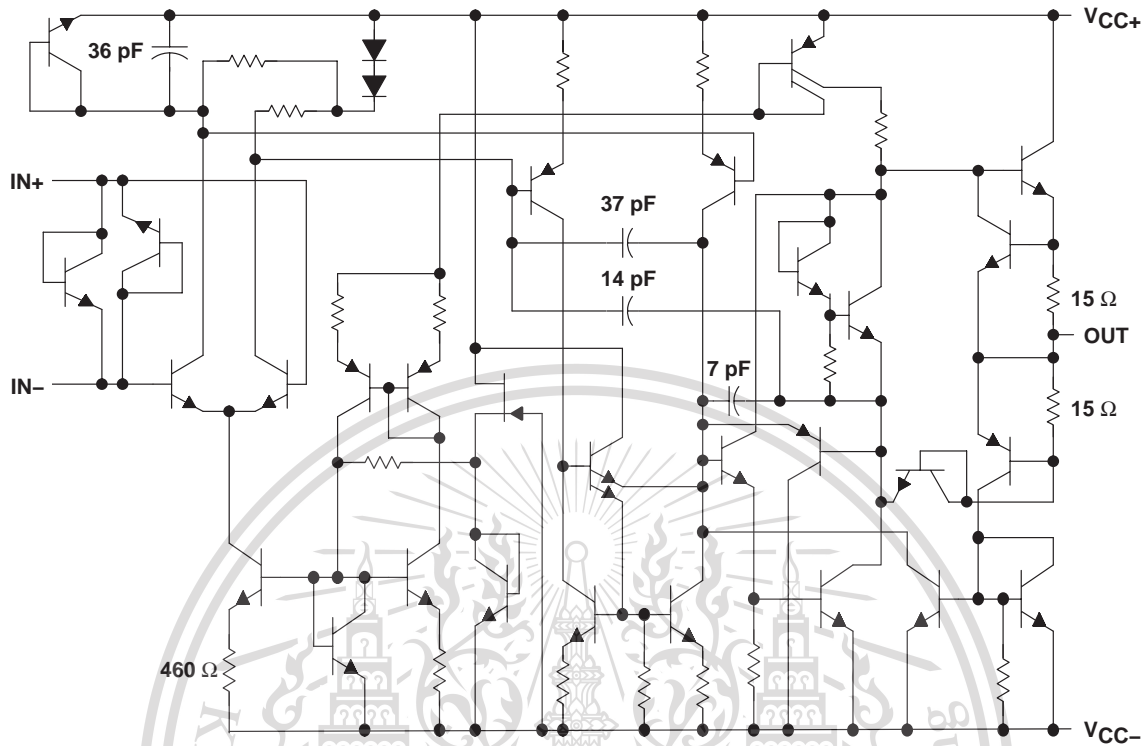
Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

Forbidden to modify the content of this document when use.

NE5532, NE5532A, SA5532, SA5532A DUAL LOW-NOISE OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS075H – NOVEMBER 1979 – REVISED MAY 2004

schematic (each amplifier)



Component values shown are nominal.

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

Supply voltage (see Note 1): V_{CC+}	22 V
V_{CC-}	-22 V
Input voltage, either input (see Notes 1 and 2)	$V_{CC\pm}$
Input current (see Note 3)	± 10 mA
Duration of output short circuit (see Note 4)	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 5 and 6): D package	97°C/W
P package	85°C/W
PS package	95°C/W
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

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

- NOTES:
1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 2. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage.
 3. Excessive input current will flow if a differential input voltage in excess of approximately 0.6 V is applied between the inputs, unless some limiting resistance is used.
 4. The output may be shorted to ground or either power supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure the maximum dissipation rating is not exceeded.
 5. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 6. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น คือห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



Forbidden to modify the content of the document when use.

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

NE5532, NE5532A, SA5532, SA5532A DUAL LOW-NOISE OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS075H – NOVEMBER 1979 – REVISED MAY 2004

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT	
V _{CC+}	Supply voltage	5	15	V	
V _{CC-}	Supply voltage	-5	-15	V	
T _A	Operating free-air temperature range	NE5532, NE5532A	0	70	°C
		SA5532, SA5532A	-40	85	

electrical characteristics, V_{CC±} = +15 V, T_A = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		NE5532, NE5532A SA5532, SA5532A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
V _{IO}	Input offset voltage	V _O = 0	T _A = 25°C T _A = Full range‡		0.5 4 5	mV
I _{IO}	Input offset current	T _A = 25°C T _A = Full range‡			10 150 200	nA
I _{IB}	Input bias current	T _A = 25°C T _A = Full range‡			200 800 1000	nA
V _{ICR}	Common-mode input-voltage range		±12	±13		V
V _{OPP}	Maximum peak-to-peak output-voltage swing	R _L ≥ 600 Ω	V _{CC±} = ±15 V V _{CC±} = ±18 V		24 26 30 32	V
A _{VD}	Large-signal differential-voltage amplification	R _L ≥ 600 Ω, V _O = ±10 V	T _A = 25°C T _A = Full range‡		15 50 10	V/mV
		R _L ≥ 2 kΩ, V _O = ±10 V	T _A = 25°C T _A = Full range‡		25 100 15	
A _{vd}	Small-signal differential-voltage amplification	f = 10 kHz			2.2	V/mV
B _{OM}	Maximum-output-swing bandwidth	R _L = 600 Ω	V _O = ±10 V V _{CC±} = ±18 V, V _O = ±14 V		140 100	kHz
B ₁	Unity-gain bandwidth	R _L = 600 Ω, C _L = 100 pF			10	MHz
r _i	Input resistance				30 300	kΩ
z _O	Output impedance	A _{VD} = 30 dB, R _L = 600 Ω, f = 10 kHz			0.3	Ω
CMRR	Common-mode rejection ratio	V _{IC} = V _{ICR} min			70 100	dB
k _{SVR}	Supply-voltage rejection ratio (ΔV _{CC±} /ΔV _{IO})	V _{CC±} = ±9 V to ±15 V, V _O = 0			80 100	dB
I _{OS}	Output short-circuit current				10 38 60	mA
I _{CC}	Total supply current	V _O = 0, No load			8 16	mA
	Crosstalk attenuation (V _{O1} /V _{O2})	V _{O1} = 10 V peak, f = 1 kHz			110	dB

† All characteristics are measured under open-loop conditions, with zero common-mode input voltage, unless otherwise specified.

‡ Full temperature ranges are: -40°C to 85°C for the SA5532 and SA5532A, and 0°C to 70°C for the NE5532 and NE5532A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น คือห้ามทำซ้ำโดยไม่ขออนุญาต และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE5532, NE5532A, SA5532, SA5532A DUAL LOW-NOISE OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS075H – NOVEMBER 1979 – REVISED MAY 2004

operating characteristics, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	NE5532, SA5532			NE5532A, SA5532A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
SR	Slew rate at unity gain	9			9			V/ μs
	Overshoot factor	10			10			%
V_n	Equivalent input noise voltage	f = 30 Hz			8	8	10	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		f = 1 kHz			5	5	6	
I_n	Equivalent input noise current	f = 30 Hz			2.7	2.7		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		f = 1 kHz			0.7	0.7		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น คือทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
NE5532AD	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-250C-1 YEAR
NE5532ADR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-250C-1 YEAR
NE5532AIP	OBSOLETE	PDIP	P	8		None	Call TI	Call TI
NE5532AP	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
NE5532APSR	ACTIVE	SO	PS	8	2000	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
NE5532D	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-250C-1 YEAR
NE5532DR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-250C-1 YEAR
NE5532IP	OBSOLETE	PDIP	P	8		None	Call TI	Call TI
NE5532P	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
NE5532PSR	ACTIVE	SO	PS	8	2000	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SA5532AD	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SA5532ADR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SA5532AP	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
SA5532D	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SA5532DR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SA5532P	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - May not be currently available - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

None: Not yet available Lead (Pb-Free).

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean "Pb-Free" and in addition, uses package materials that do not contain halogens, including bromine (Br) or antimony (Sb) above 0.1% of total product weight.

⁽³⁾ MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.



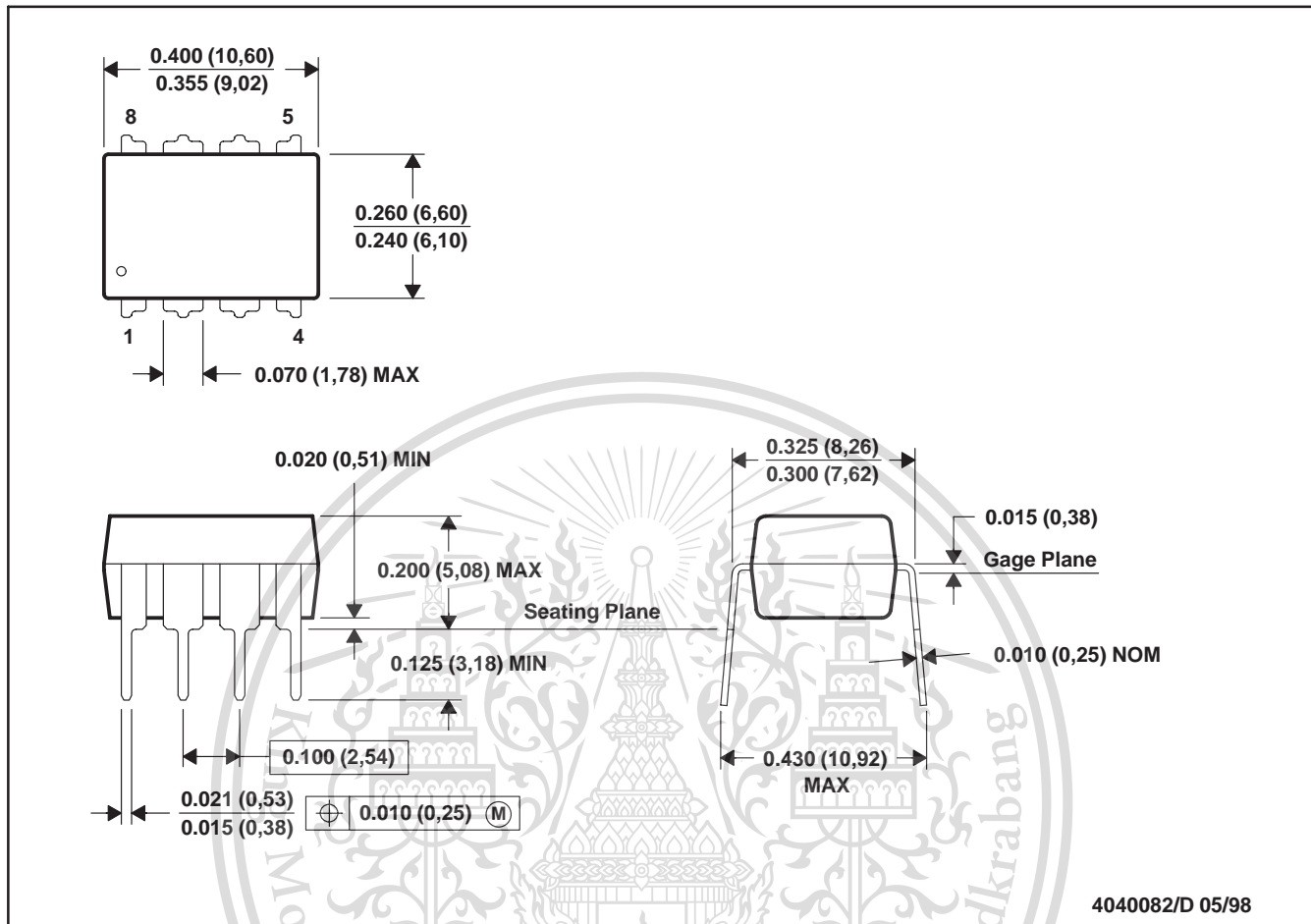
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for education Addendum-Page 2 not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

P (R-PDIP-T8)

PLASTIC DUAL-IN-LINE



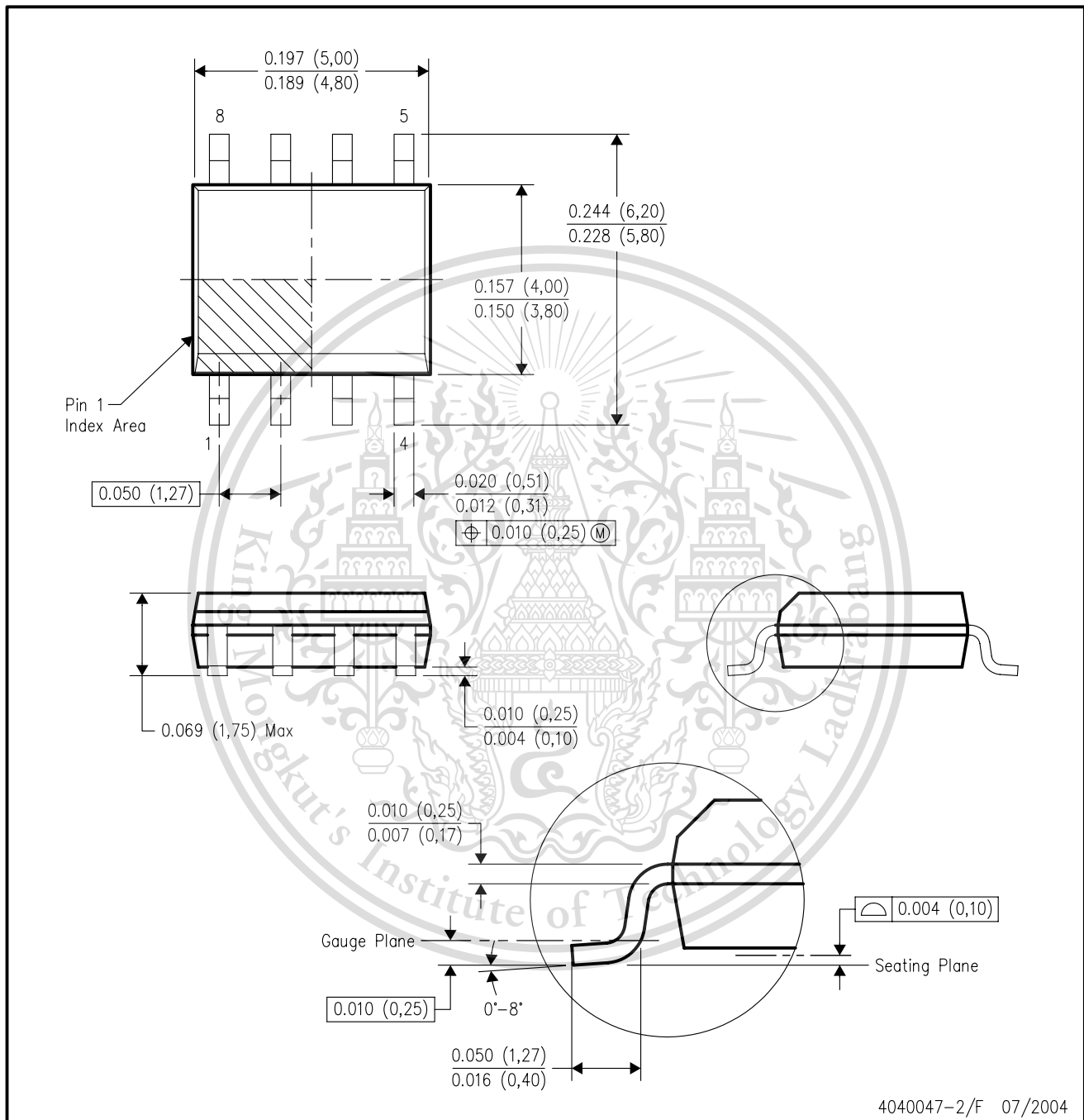
- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. Falls within JEDEC MS-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

For the latest package information, go to http://www.ti.com/sc/docs/package/pkg_info.htm

D (R-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
 - D. Falls within JEDEC MS-012 variation AA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

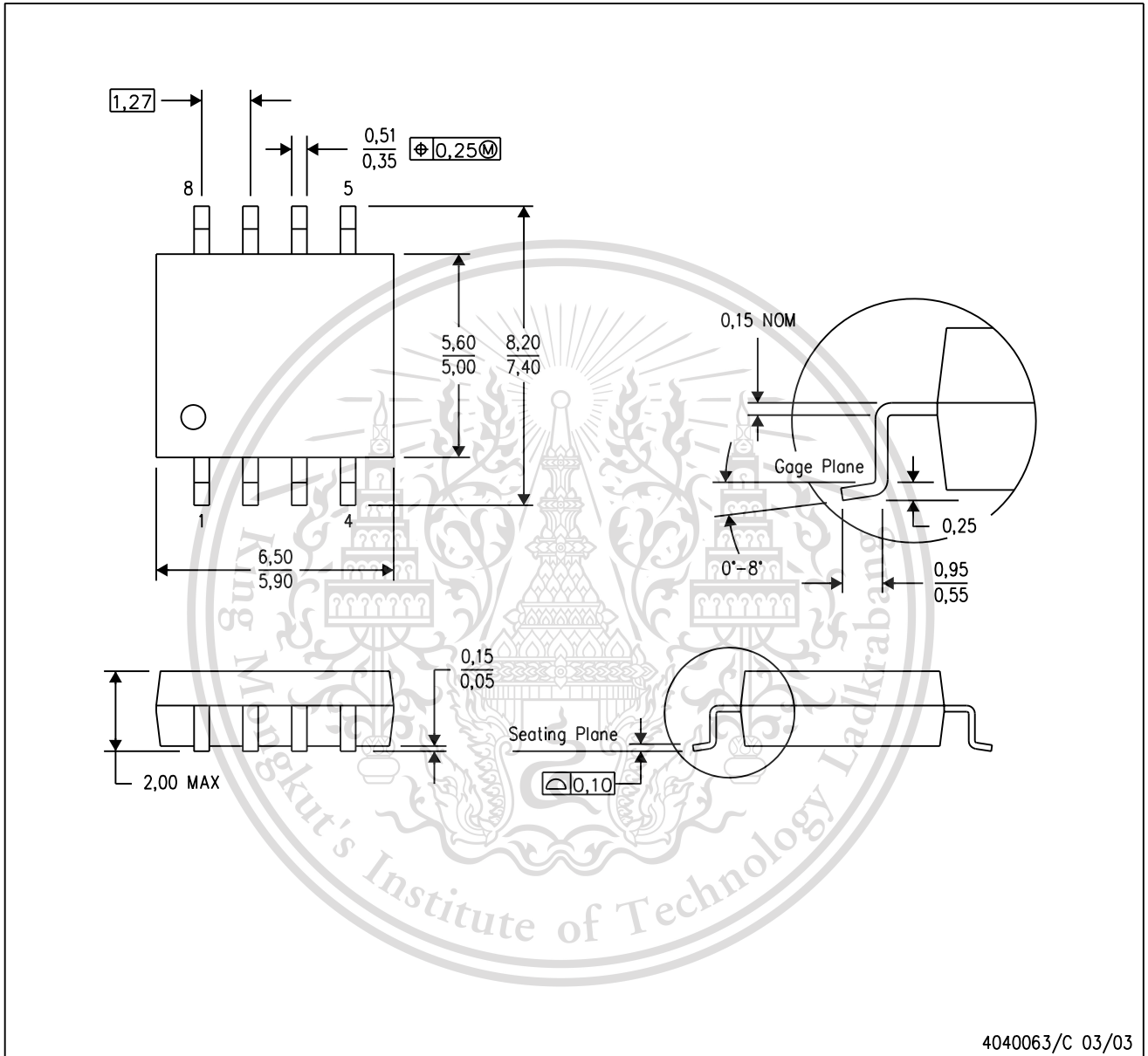
www.ti.com

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

MECHANICAL DATA

PS (R-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรดัดแปลงแก้ไข หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

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

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products

Amplifiers	amplifier.ti.com
Data Converters	dataconverter.ti.com
DSP	dsp.ti.com
Interface	interface.ti.com
Logic	logic.ti.com
Power Mgmt	power.ti.com
Microcontrollers	microcontroller.ti.com

Applications

Audio	www.ti.com/audio
Automotive	www.ti.com/automotive
Broadband	www.ti.com/broadband
Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Military	www.ti.com/military
Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Security	www.ti.com/security
Telephony	www.ti.com/telephony
Video & Imaging	www.ti.com/video
Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาระดับชั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Copyright © 2005, Texas Instruments Incorporated

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.