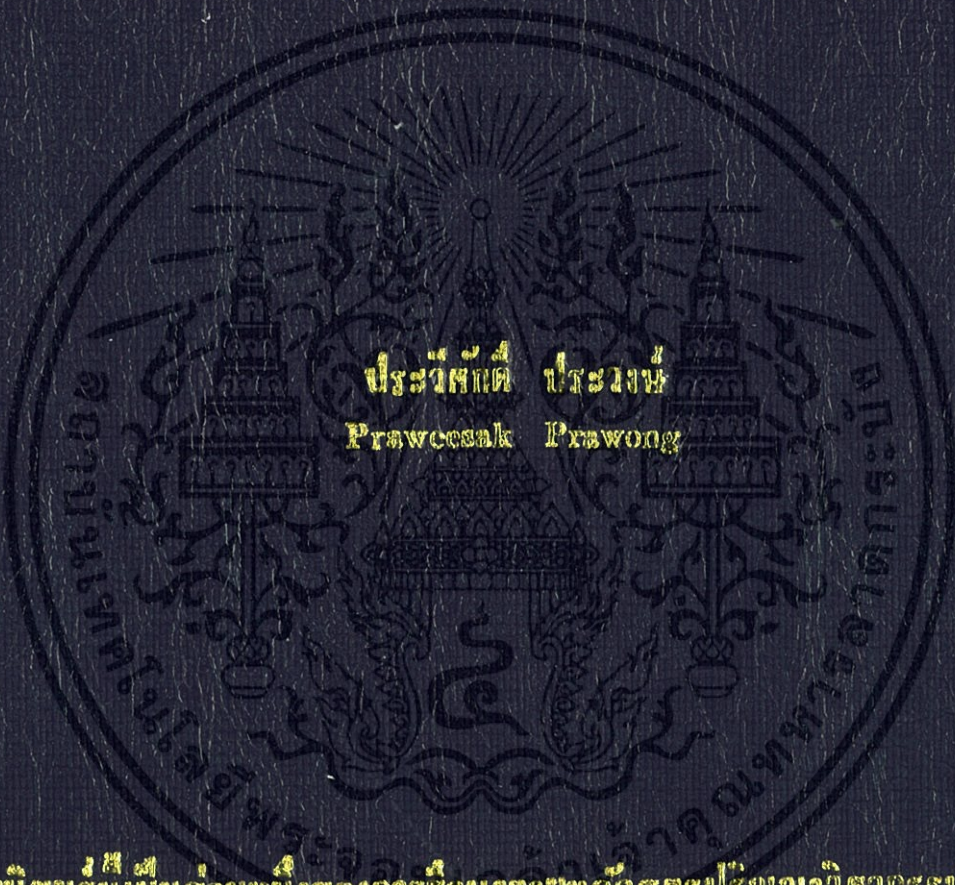


เครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจ
HEART SOUND MONITOR



ประวิศักดิ์ ประวงษ์
Praweesak Prawong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

เครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจ
HEART SOUND MONITOR



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจ

HEART SOUND MONITOR

ผู้จัดทำ นายประวิศักดิ์ ประวงษ์ รหัสประจำตัว 53010931

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเรียบร้อยแล้ว



(ดร. เทอดศักดิ์ ลีวหาทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	เครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจ
นักศึกษา	นายประวิศักดิ์ ประวงษ์ รหัสประจำตัว 53010931
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาททอง

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นการกล่าวถึงการสร้างเครื่องวัดเสียงเต้นของหัวใจแล้วประมวลผลเสียงเต้นของหัวใจเพื่อแยกระหว่างสัญญาณเสียงของหัวใจปกติและสัญญาณเสียงของหัวใจไม่ปกติด้วยเครื่องวัดเสียงหัวใจ โดยรับสัญญาณเสียงหัวใจจากคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน โดยผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน กรองความถี่สูงผ่าน วงจรขยายสัญญาณ วงจรขยายกำลัง และวงจรซาร์ตแบตเตอรี่ หลังจากสัญญาณผ่านวงจรดังกล่าวแล้วสัญญาณจะแบ่งเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกออกลำโพง เพื่อแสดงเสียงของหัวใจ และส่วนที่สองจะถูกแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งผ่านบลูทูธไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	HEART SOUND MONITOR
Student	Mr.Praweesak Prawong Student ID.530100931
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronic Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Dr.Thurdsak Leauhathong

Abstract

The purpose of this project is studying a heart sound system and analysis. The system aims to detect the sounds of normal and abnormal heart. The Heart Sound Monitor consists of a condenser microphone, low pass filter, High pass filter, amplifier, power amplifier, and battery charger. After this stage, the signal will be separated into two channels. The first channel is a power amplifier circuit where the heart sound is amplified. Then, the amplified signal will be transferred to the speaker in order to show the sound of heart beats. The second channel will be transferred to Microcontroller for Analog to Digital Converter. Finally the signal is sent via Bluetooth to a computer to showed signal.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเครื่องวัดสัญญาณหัวใจ (HEART SOUND MONITOR) นี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความ อนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของท่านอาจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ ลีมหาทอง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ทางผู้จัดทำจึงขอขอบคุณท่านอาจารย์ อาจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ ลีมหาทอง และ อาจารย์ทุกท่าน ที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้ ทำให้โครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ทุกๆ คนที่คอย แนะนำทางในการดำเนินงาน ให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังคอยให้กำลังใจ และติดตามเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จไปได้ ด้วยดี



ประวิศักดิ์ ประวงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 ส่วนประกอบ.....	2
บทที่ 2 หลักการทฤษฎี.....	3
2.1 โครงสร้างของหัวใจ.....	3
2.1.1 ชั้นเยื่อหุ้มหัวใจ.....	3
2.1.2 กล้ามเนื้อหัวใจ.....	3
2.1.3 ลิ้นหัวใจ.....	3
2.2 เสียงหัวใจ.....	4
2.2.1 เสียงหัวใจอันดับที่ 1.....	4
2.2.2 เสียงหัวใจอันดับที่ 2.....	5
2.2.3 เสียงหัวใจลำดับที่ 3.....	5
2.2.4 เสียงหัวใจลำดับที่ 4.....	5
2.2.5 เสียงเมอเมอร์.....	6
2.3 หลักการฟังเสียงหัวใจ.....	6
2.3.1 เสียงหนึ่ง.....	7
2.3.2 เสียงสอง.....	8

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.3 เสียงสาม.....	8
2.3.4 เสียงสี่.....	8
2.4 เซนเซอร์.....	9
2.4.1 สเตทโทสโคป.....	9
2.4.2 คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน.....	10
2.5 ทฤษฎีวงจรถอด.....	11
2.5.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ.....	11
2.5.2 วงจรกรองความถี่สูง.....	12
2.5.3 วงจร Non-Inverting Amplifier.....	12
2.5.4 วงจร Inverting Low pass และ high pass Amplifier.....	13
2.5.5 วงจร Band Pass Inverting และ Non-inverting Amplifier.....	14
2.5.6 วงจร two state serie.....	15
2.5.7 วงจร Sallen key filter butterworth.....	16
2.5.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	17
2.5.9 เทคโนโลยี Bluetooth.....	18
2.5.10 วงจร Power Amplifier.....	20
บทที่ 3 การออกแบบวงจรและการทำงาน.....	21
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	22
3.2 โมดูลบลูทูธ (Module Bluetooth).....	23
3.3 แบตเตอรี่ชาร์จ (Battery Charger).....	23
3.4 การคำนวณและออกแบบวงจร.....	25
3.5 ขั้นตอนการทำงาน.....	27
บทที่ 4 การทดลอง และ ผลการทดลอง.....	28
4.1 วิธีการทดลอง.....	28
4.2 การทดลองตอนที่ 1.....	28
4.3 การทดลองตอนที่ 2.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	39
5.1 บทสรุป.....	39
5.2 ปัญหาที่เกิดจากการทดลอง.....	39
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
รูปที่ 2.1	ตัวอย่าง heart sound signal S1 และ S2.....	5
รูปที่ 2.2	รูปภาพแสดง Heart Murmur.....	6
รูปที่ 2.3	ภาพแสดงตำแหน่งการวัดเสียงหัวใจ.....	7
รูปที่ 2.4	เสียง S1,S2,S3, และS4.....	7
รูปที่ 2.5	สเตรโทสโคป.....	9
รูปที่ 2.6	คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน.....	10
รูปที่ 2.7	วงจรรองความถี่ต่ำ.....	11
รูปที่ 2.8	Order ของวงจร Low-pass Filter.....	11
รูปที่ 2.9	วงจรรองความถี่สูง.....	12
รูปที่ 2.10	วงจร Non-Inverting Amplifier.....	12
รูปที่ 2.11	กราฟ Non-Inverting Low pass และ high pass Amplifier.....	13
รูปที่ 2.12	วงจรInverting Low pass และ high pass Amplifier.....	13
รูปที่ 2.13	วงจร Band Pass Inverting และ Non-inverting Amplifier.....	14
รูปที่ 2.14	วงจร 2 state อนุกรมกัน.....	15
รูปที่ 2.15	วงจร Sallen key filter butterworth.....	16
รูปที่ 2.16	แสดงกระบวนการทำงานของ A to D Converter.....	18
รูปที่ 2.17	พื้นฐานอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล.....	19
รูปที่ 2.18	วงจร Power Amplifier TDA2822.....	20
รูปที่ 3.1	Arduino Due.....	22
รูปที่ 3.2	แสดง Module Bluetooth.....	23
รูปที่ 3.3	วงจรแบตเตอรี่ชาร์จ.....	24
รูปที่ 3.4	Condenser Microphone+ วงจร Pre-Amplifier.....	26
รูปที่ 3.5	Low Pass Filter Sallen Key.....	26
รูปที่ 3.6	High Pass Filter Sallen Key.....	26
รูปที่ 3.7	Power amplifier.....	27

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
รูปที่ 4.1	frequency response.....	28
รูปที่ 4.2	กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 1.....	29
รูปที่ 4.3	กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 2.....	30
รูปที่ 4.4	กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 3.....	31
รูปที่ 4.5	กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 4.....	32
รูปที่ 4.6	กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 5.....	33



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากเสียงหัวใจเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการวินิจฉัยโรค และความผิดปกติที่เกิดขึ้นของหัวใจและลิ้นหัวใจ เสียงหัวใจแบ่งออกเป็นได้ทั้งหมด 4 เสียง S1, S2, S3 และ S4 โดยเสียงที่ได้ยินนั้นมาเพียงแค่ S1 และ S2 เท่านั้น ในขณะที่หัวใจกำลังบีบตัวทำให้เกิดเสียง ซึ่งเป็นเสียงจากระยะ S1 ถึง S2 และในขณะที่หัวใจกำลังคลายตัวทำให้เกิดเสียง ซึ่งเป็นเสียงจากระยะ S2 ถึง S1 นอกจากนี้ยังมีเสียง Murmur ซึ่งเป็นเสียงที่เกิดจากความผิดปกติจะสังเกตจาก ช่วงการเกิดเสียง, ความดัง, ความถี่ของเสียง (เสียงสูง เสียงต่ำ) เสียงต่างๆเหล่านี้เป็นเสียงที่ใช้สำหรับวินิจฉัยโรคของแพทย์ ในปัจจุบัน มีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านการวินิจฉัยโรคของหัวใจนี้ไม่มากนัก

จึงมีแนวคิดที่จะทำเครื่องฟังเสียงหัวใจและนาสัญญาณที่ได้มาเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะศึกษาสัญญาณเสียงหัวใจของผู้ป่วยโรคหัวใจต่างๆ และคาดว่าในอนาคตจะสามารถช่วยแพทย์ในการตรวจและวินิจฉัยโรคต่างๆที่เกิดขึ้นของหัวใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพียงแค่ส่งสัญญาณเสียงหัวใจที่วัดได้จากผู้ป่วย มาเทียบกับสัญญาณเสียงหัวใจที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ก็จะสามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ออกแบบเครื่องฟังเสียงหัวใจให้มีเสียงที่เหมือนกับเสียงที่ฟังจากStethoscope(เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการฟังเสียงหัวใจของแพทย์)มากที่สุดและส่งข้อมูลสัญญาณเสียงไปแสดงบนคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลสัญญาณเสียงหัวใจ ซึ่งจะสามารถช่วยในการวินิจฉัยโรคต่างๆที่เกิดขึ้นของหัวใจและลิ้นหัวใจ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจสามารถฟังเสียงหัวใจได้ชัดเจนมากขึ้นพร้อมทั้งสามารถปรับระดับความดังของเสียงได้เพื่อให้แพทย์ฟังได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นพร้อมทั้งแสดงสัญญาณบนหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยทำการเชื่อมต่อผ่านบลูทูธ(Bluetooth) กับคอมพิวเตอร์(Computer)เพื่อให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างแม่นยำซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแพทย์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคต่างๆต่อไป

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในบริบทนี้เราจะทำการวัดสัญญาณเสียงหัวใจโดยใช้ออสซิลโลสโคป (oscilloscopes) วัดสัญญาณอนาล็อก (Analog signal) และนำสัญญาณมาเปรียบเทียบกับสัญญาณดิจิทัล (Digital signal) จากนั้นให้ทำการทดลองวัดสัญญาณเสียงหัวใจกับผู้ทดลองหลายๆท่านว่ามีลักษณะของสัญญาณอนาล็อกเหมือนสัญญาณดิจิทัลบนหน้าจคอมพิวเตอร์หรือไม่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1). ได้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้ เครื่องมือฟังเสียงหัวใจของแพทย์ สเตทโทสโคป (stethoscope)
- 2). ได้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน (Condenser Microphone) ในอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งนำมาประยุกต์ใช้กับสเตทโทสโคป
- 3). ได้ทบทวนเรื่องการออกแบบวงจรกรองสัญญาณทั้งความถี่ต่ำผ่าน, ความถี่สูงผ่าน และวงจรขยายกำลัง (power amplifier) ตั้งแต่พื้นฐาน ซึ่งการได้ศึกษาเองและลงมือทำนั้นทำให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
- 4). ได้เครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจมาใช้เพื่อฟังเสียงหัวใจ เทียบกับเสียงจากสเตทโทสโคป เพื่อที่จะปรับปรุงต่อไป

1.6 ส่วนประกอบ

- 1). สเตทโทสโคป ทาหน้าที่วัดเสียงหัวใจขั้นแรก
- 2). คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน ทาหน้าที่รับเสียงจาก สเตทโทสโคป แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียง 3 กิโลเฮิร์ตซ์ (KHz) fourth order Butterworth low-pass filter circuit ทาหน้าที่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านซึ่ง ใช้วงจร Second order butter worth Low-pass filter จำนวน 2 stage มาต่อกัน 20 กิโลเฮิร์ตซ์ fourth order Butterworth high-pass filter circuit ทาหน้าที่เป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่านซึ่งได้ใช้ วงจร Second order butter worth high-pass filter จำนวน 2 stage มาต่อกัน
- 3). วงจรขยายกำลัง TDA2822 ทาหน้าที่เป็น วงจรขยายเสียง
- 4). หูฟัง (Headphone) เป็นหูฟังแบบ in ear ซึ่งลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้
- 5). แบตเตอรี่ (Battery Lithium Ion) 3.7 V.
- 6). วงจรชาร์ตแบตเตอรี่

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 โครงสร้างของหัวใจ

หัวใจเป็นอวัยวะขนาดใหญ่ในช่องอก โดยวางทับปอดทางด้านซ้ายและอยู่ใกล้กับหน้าอก ทาหน้าที่สูบฉีดเลือดให้ไหลอยู่ในระบบหลอดเลือดของร่างกาย หัวใจทำหน้าที่เป็นสูบที่มีประสิทธิภาพมากชนิดหนึ่ง และเป็นอวัยวะแรกที่เกิดริ้วรอยจากการทำงานได้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดา หัวใจประกอบด้วยระบบสูบสองส่วน ส่วนแรกคือ หัวใจด้านขวา ประกอบด้วย หัวใจห้องบนขวา (right atrium) และหัวใจห้องล่างขวา (right ventricle) ระบบนี้ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดให้ไหลจากระบบหลอดเลือดดำของการไหลเวียนส่วนกาย เข้าสู่การไหลเวียนส่วนปอด หัวใจส่วนที่สองคือ หัวใจด้านซ้าย ประกอบด้วยหัวใจห้องบนซ้าย (left atrium) และหัวใจห้องล่างซ้าย (left ventricle) ทาหน้าที่สูบฉีดเลือดจากการไหลเวียนส่วนปอดไปยังการไหลเวียนส่วนกาย ด้วยการทางานดังกล่าว ทาให้เลือดสามารถไหลหมุนเวียนผ่านหัวใจและระบบหลอดเลือดเพียงทางเดียวเท่านั้นในภาวะปกติ

2.1.1 ชั้นเยื่อหุ้มหัวใจ (Pericardium)

เป็นเยื่อบางๆ ห่อหุ้มหัวใจ เป็นอวัยวะที่สำคัญแต่สามารถผ่าตัดเลาะออกไปได้ถ้าเกิดกรณีเป็นโรค โดยเยื่อหุ้มหัวใจจะประกอบด้วย Fibrous Pericardium ซึ่งเป็นเส้นใยที่เหนียว และแข็งแรง หุ้มอยู่นอกสุดของหัวใจและ Serous Pericardium ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบขึ้นจาก ชั้นนอก (Parietal layer) กับ ชั้นใน (Visceral layer) ซึ่งระหว่างชั้นนอกกับชั้นในนั้นจะมีช่องที่เรียกว่า Serous Fluid บรรจุอยู่เพื่อลดแรงเสียดทานขณะหัวใจเต้น

2.1.2 กล้ามเนื้อหัวใจ (Myocardium)

เป็นชั้นที่มีความหนามากที่สุด ทาหน้าที่บีบตัวเพื่อส่งเลือดไปเลี้ยง ส่วนต่างๆของร่างกายและทำหน้าที่คลายตัวเพื่อรับเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจประกอบด้วยกล้ามเนื้อหลักๆอยู่ 2 ชนิดคือ

- 1) เนื้อเยื่อที่ทาหน้าที่ทาให้หัวใจบีบตัวโดยตรง
- 2) กล้ามเนื้อที่ทาหน้าที่ในด้านการนาไฟฟ้าได้แก่ Pacemaker cell หรือ Nodal cell เป็นกลุ่มเซลล์ที่สามารถให้กำเนิดกระแสประสาทได้เอง

2.1.3 ลิ้นหัวใจ

ลิ้นหัวใจเป็นแผ่นของกล้ามเนื้อหัวใจและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แข็งแรงที่ยื่นออกมาจากผนังของหัวใจ เพื่อควบคุมทิศทางการไหลของเลือดภายในหัวใจ ให้เป็นไปในทิศทางเดียว โดยอาศัยความแตกต่างของความดันโลหิตในแต่ละห้อง ลิ้นหัวใจที่สำคัญได้แก่

- ลิ้นหัวใจไตรคัสปิด (Tricuspid valve) มีสามกลีบ (cusps) อยู่ระหว่างหัวใจห้องบนขวาและล่างขวา
- ลิ้นไมทรัล (Mitral valve) มีสองกลีบ บางครั้งเรียกว่า ลิ้นหัวใจไบคัสปิด (bicuspid valve) อยู่ระหว่าง หัวใจห้องบนซ้ายและล่างซ้าย
- ลิ้นหัวใจพัลโมนารีเซมิลูนาร์ (pulmonary semilunar valve) มีสามกลีบ อยู่ระหว่างหัวใจห้องล่างขวาและหลอดเลือดแดงพัลโมนารี
- ลิ้นหัวใจเอออร์ติกเซมิลูนาร์ (Aortic semilunar valve) มีสามกลีบ อยู่ระหว่างหัวใจห้องล่างซ้ายและหลอดเลือดแดงใหญ่ ใกล้ๆกับโคนของลิ้นหัวใจนี้จะมีรูเปิดเล็กๆ ซึ่งเป็นทางเข้าของเลือดที่จะเข้าสู่ระบบ หลอดเลือดหัวใจ

2.2 เสียงหัวใจ

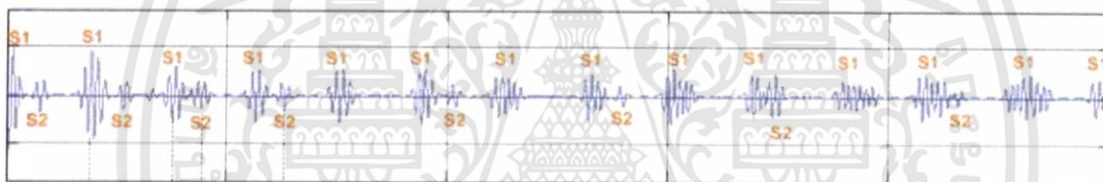
ในหนึ่งรอบการทำงานของหัวใจของคนปกตินั้น เราสามารถฟังเสียงหัวใจได้ 2 - 4 ครั้ง เสียงนี้ เกิดจากการปิดของลิ้นหัวใจ การแกว่งของเลือดในหัวใจและส่วนต้นของเอออร์ตาและหลอดเลือดพัลโมนารี การสั่นสะเทือนของผนังหัวใจและหลอดเลือดที่เกี่ยวข้อง และการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วการไหลของเลือด เสียงที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุจากหลายประการด้วยกัน เช่น การหดตัวของผนังห้องหัวใจ การเคลื่อนที่ของเลือดซึ่งเป็นการไหลวน และการเปิด-ปิดของลิ้นหัวใจ โดยทั่วไปแบ่งเสียงเด่นของหัวใจเป็น 2 ชนิด คือ heart sound และ heart murmurs โดยที่ heart sound มีลักษณะเป็นทรานเซียนที่มีความถี่ต่ำ ซึ่งเกิดจากการสั่นของลิ้นหัวใจหลังจากการเปิด-ปิด และจากโครงสร้างโดยรวม ส่วน heart murmurs มีลักษณะสัญญาณเหมือนสัญญาณรบกวนซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อน เนื่องจากเกิดขึ้นจากการไหลวนของโลหิตเสียงหัวใจจะมีทั้งหมด ดังนี้

2.2.1 เสียงหัวใจอันดับที่ 1 (S1)

เสียงหัวใจอันดับหนึ่งได้ยินในช่วงหัวใจห้องล่างบีบตัวเป็นเสียงที่มีช่วงเวลาในการได้ยินยาวที่สุด มีความถี่ค่อนข้างสูง เสียงนี้เกิดจากการปิดของลิ้น AV ทำให้เกิดการสั่นพร้อมกับการแกว่งของเลือดในหัวใจห้องล่างทำให้ผนังหัวใจห้องล่างเกิดการสั่นสะเทือน เสียงหัวใจอันดับหนึ่งมีส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ M1 และ T2 (Mitral Valve ปิดก่อน Tricuspid Valve เล็กน้อย)ซึ่งหมายถึงเสียงที่เกิดจากการปิดของลิ้นไมทรัล และลิ้นไตรคัสปิดตามลำดับ ปกติไม่สามารถฟังให้แยกเป็นสองเสียงได้ชัดเจนแต่จะสามารถแยกได้ในขณะที่หายใจเข้า เนื่องจากการหายใจเข้า เลือดไหลกลับหัวใจด้านขวาได้ดีกว่าหัวใจด้านซ้าย

2.2.2 เสียงหัวใจอันดับที่ 2 (S2)

เสียงหัวใจอันดับสองได้ยินในช่วงหัวใจคลายตัวเป็นเสียงหัวใจที่มีความถี่สูงสุด แต่มีความดังและช่วงเวลาสั้นกว่าเสียงหัวใจอันดับหนึ่ง เสียงนี้เกิดจาก Semilunar Valves ปิดในขณะที่หัวใจห้องล่างคลายตัว ทำให้เลือดในส่วนต้นของหลอดเลือดเอออร์ตาและหลอดเลือดแดงปัลโมนารีไหลย้อนกลับเข้าหัวใจ และดันให้เสียงนี้เกิดจากการปิดของลิ้นครึ่งทรงกลม (Semilunar Valves) ปิดอย่างรวดเร็ว เลือดจึงไหลออกจากหัวใจลดลง เสียงหัวใจอันดับสองประกอบด้วย 2 เสียงย่อย คือ A2 และ P2 โดย A2 เป็นเสียงที่เป็นผลมาจากการปิดของลิ้นเอออร์ติก (Aortic Valves) ส่วน P2 เป็นผลมาจากการปิดของลิ้นปัลโมนารี (Pulmonary Valves) โดยที่จะได้ยินเสียง A2 ก่อน P2 ในผู้ป่วยที่ลิ้นหัวใจตีบ ลิ้นปัลโมนารีจะปิดก่อนลิ้นเอออร์ติก ทำให้ได้ยินเสียง P2 ก่อน A2 เรียกภาวะนี้ว่า การแยกของเสียงหัวใจอันดับสองแบบผกผัน (paradoxical or reversal splitting of S2) ในภาวะที่มีการกีดกันแขนงของกลุ่มเส้นใยของฮีสตันซ้ายและความดันเลือดสูงก็สามารถพบความผิดปกติเช่นนี้ได้



รูปที่ 2.1: ตัวอย่าง heart sound signal S1 และ S2

2.2.3 เสียงหัวใจลำดับที่ 3 (S3)

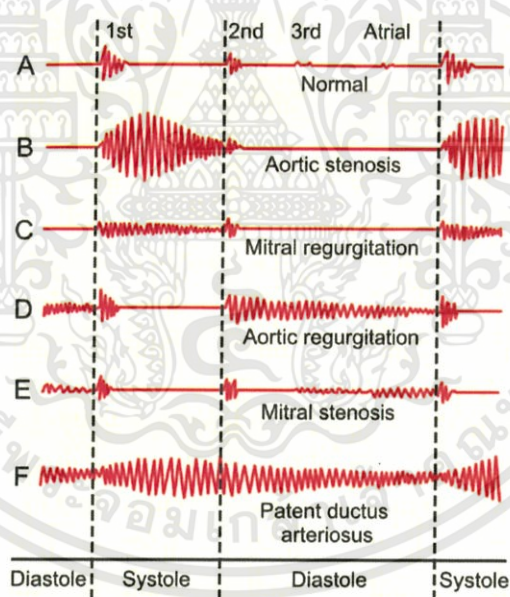
เสียงหัวใจอันดับสามเป็นเสียงหัวใจที่เกิดขึ้นในช่วงที่หัวใจห้องล่างและห้องบนคลายตัวหรือระยะหัวใจห้องล่างคลายตัวรับเลือด เป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำและความดังน้อย เกิดจากการไหลของเลือดจากหัวใจห้องบนลงห้องล่าง ปกติเสียงนี้เบาและไม่ได้ยิน แต่อาจได้ยินชัดเจนในเด็กและในผู้ใหญ่ที่กำลังออกกำลังกาย ทั้งนี้เนื่องจากในภาวะดังกล่าวเลือดจากหัวใจห้องบนไหลลงหัวใจห้องล่างมากและรวดเร็วเสียงนี้ได้ยินชัดที่บริเวณทรวงอกกับตรงขั้วหัวใจ

2.2.4 เสียงหัวใจลำดับที่ 4 (S4)

เสียงหัวใจอันดับสี่เป็นเสียงหัวใจที่ได้ยินก่อนเสียงหัวใจอันดับหนึ่งเล็กน้อย เป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำมากและความดังน้อยที่สุด ปกติจะไม่ได้ยินเสียงนี้ แต่อาจได้ยินชัดขึ้นในผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันเลือดสูงและในขณะออกกำลังกาย ซึ่งในภาวะนี้หัวใจห้องบนบีบตัวแรงขึ้น

2.2.5 เสียงเมอเมอร์ (Heart Murmur)

เสียงฟู่ของหัวใจ (Heart Murmur) คือเสียงหัวใจอย่างหนึ่งซึ่งเกิดจากการที่เลือดที่ไหลผ่านหัวใจ มีการไหลปั่นป่วนมากพอที่จะเกิดเป็นเสียงให้ได้ยิน ส่วนใหญ่จะได้ยินได้ด้วยการฟังผ่านหูฟัง เท่านั้นเสียงฟู่ของหัวใจชนิดปกติ (functional murmur, physiologic murmur) คือเสียงฟู่ของหัวใจที่เกิดจากภาวะอื่นๆ ที่ไม่ได้เป็นผลจากความผิดปกติของโครงสร้างของหัวใจโดยตรง เสียงฟู่ของหัวใจชนิดปกตินี้ไม่บ่งบอกถึงอันตรายแต่อย่างใด (innocent murmur) เสียงฟู่ของหัวใจอาจบ่งบอกความผิดปกติได้หลายอย่าง เช่น ภาวะลิ้นหัวใจตีบหรือรั่ว หรือมีการไหลของเลือดผ่านช่องทางที่ปกติแล้วไม่ควรจะมี (เช่น ผนังกันหัวใจมีช่องว่าง) เสียงฟู่เหล่านี้เรียกว่าเสียงฟู่ของหัวใจชนิดมีพยาธิสภาพ (pathologic murmur) ซึ่งควรได้รับการตรวจเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญเสียงฟู่ของหัวใจมักแบ่งออกตามระยะเวลาที่เกิดเสียงขึ้น ได้แก่ เสียงฟู่หัวใจช่วงหัวใจบีบตัว (systolic heart murmur) และเสียงฟู่หัวใจช่วงหัวใจคลาย (diastolic heart murmur) อย่างไรก็ตามก็มีเสียงฟู่หัวใจชนิดต่อเนื่อง (continuous murmurs) ซึ่งเป็นเสียงฟู่ที่ดังตลอดทั้งช่วงหัวใจบีบตัวและหัวใจคลาย และไม่สามารถจำแนกลงไปเป็นสองกลุ่มนี้ได้



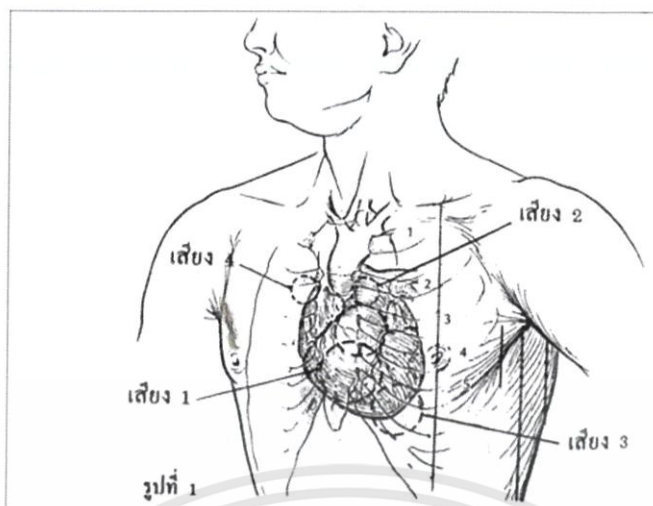
รูปที่ 2.2: รูปภาพแสดง Heart Murmur

2.3 หลักการฟังเสียงหัวใจ

การตรวจทรวงอกด้วยการฟัง นอกจากจะใช้ฟังเสียงที่เกิดจากการหายใจแล้ว ยังใช้ฟังเสียงที่เกิดจากหัวใจเต้นได้ด้วย เสียงที่เกิดจากหัวใจเต้น อาจแบ่งออกเป็น

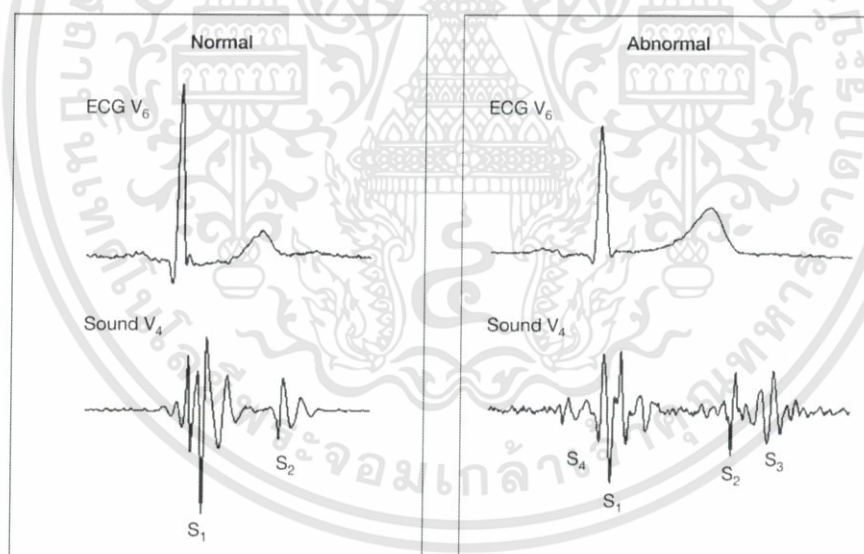
- ก. เสียงหัวใจ (heart sounds)
- ข. เสียงฟู่ (heart murmurs)
- ค. เสียงอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3: ภาพแสดงตำแหน่งการวัดเสียงหัวใจ

เสียงหัวใจที่ได้ยินชัด จะได้ยินในบริเวณทรวงอกด้านหน้าตรงตำแหน่งหัวใจ (ดูรูปที่ 2.3) แต่อาจจะแบ่งบริเวณทรวงอกด้านหน้าของหัวใจเป็น 4 ส่วนตามตำแหน่งที่ได้ยินเสียงผิดปกติของลิ้นหัวใจทั้ง 4 ได้ (ดูรูปที่ 2.3) เสียงหัวใจที่ได้ยินชัดใจทุกตำแหน่ง คือ เสียงหนึ่งและเสียงสอง



รูปที่ 2.4: เสียง S1,S2,S3, และS4

2.3.1 เสียงหนึ่ง (first heart sound)

เสียงหนึ่ง คือเสียงที่ได้ยินพร้อมกับการเต้นของหัวใจ (ห้องล่าง) ดังนั้น เสียงหนึ่งคือ เสียงที่ได้ยินพร้อมกับการเต้นของหัวใจที่เห็นได้ในบริเวณหน้าอก โดยเฉพาที่ยอดหัวใจ(ดูรูปที่ 2.4) และพร้อมกับการเต้นของชีพจรที่คลาได้ที่คอ (การคลาชีพจรที่ข้อมือ ซึ่งมาช้ากว่าชีพจรที่คอบอก อาจจะทำให้เข้าใจผิดคิดว่าเสียงสองเป็นเสียงหนึ่งได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เสียงสอง(second heart sound)

เสียงสอง คือเสียงที่ได้ยินขณะที่หัวใจ (ห้องล่าง) ไม่เต้น จึงฟังได้ในขณะที่ไม่เห็นการเต้นของหัวใจ และในขณะที่คลาซิฟิเจอร์ไม่ได้ (หรือช่วงระหว่างชีพจรเต้น) เสียงหนึ่ง มักจะทุ้มกว่า เบากว่า และยาว(นาน) กว่าเสียงสองในคนที่หัวใจเต้นไม่เร็วนัก เราจะได้ยินเสียงหนึ่งและเสียงสองติดต่อกันเป็นคู่ ๆ (ดูรูปที่ 2.4) ในคนที่หัวใจเต้นเร็วมาก เสียงหนึ่งและเสียงสองที่ได้ยินจะไม่แยกกันเป็นคู่ ๆ ทำให้บางครั้งฟังไม่ออกว่าเสียงไหนเป็นเสียงหนึ่ง เสียงไหนเป็นเสียงสอง ต้องใช้การจับชีพจรหรือการเห็นการเต้นของหัวใจที่ผนังหน้าอก จึงจะแยกเสียงหนึ่งและเสียงสองได้ในคนที่ผนังหน้าอกบาง ๆ เช่นในเด็ก ในคนที่พอมบางอาจจะได้ยินเสียงสามและในบางกรณีอาจจะได้ยินเสียงสี่ด้วย

2.3.3 เสียงสาม (third heart sound)

เสียงสามคือ เสียงที่เกิดตามหลังเสียงสอง เป็นเสียงที่เบากว่าเสียงหนึ่งและเสียงสอง (ดูรูปที่ 2.4) ฟังยากจะฟังได้ดีขึ้นเมื่อใช้ส่วนกรวยรับเสียง (bell piece) ของเครื่องฟัง ตะเบาๆ ในบริเวณยอดหัวใจ (apex) หรือหน้าหัวใจ (precordium) ในท่านอนหงาย

2.3.4 เสียงสี่ (fourth heart sound)

เสียงสี่คือ เสียงที่เกิดตามหลังเสียงสาม โดยทั่วไปจะได้ยินติดกับเสียงหนึ่ง ทำให้ได้ยินคล้ายเสียงหนึ่งแตกเป็นเสียงสองเสียง (ดูรูปที่ 2.4) แต่แยกจากเสียงหนึ่งแตกเป็นสองเสียงได้เพราะ เสียงสี่เป็นเสียงละเอียด (เสียงที่มีความถี่สูง) จึงฟังชัดด้วยกรวยรับเสียงแต่เสียงหนึ่งแตกเป็นสองเสียงเป็นเสียงที่หยาบกว่า จึงฟังชัดด้วยตลับรับเสียง และเสียงหนึ่งที่แตกเป็นสองเสียง มักจะมีความดังของทั้งสองเสียงใกล้เคียงกัน (ดูรูปที่ 2.4) ส่วนเสียงสี่นั้น ค่อยกว่าเสียงหนึ่งมาก สองเสียงที่ได้ยินจึงเป็นเสียงค่อยกับเสียงดังเสียงหนึ่งที่ได้ยินเป็นสองเสียงนอกจากจะเป็น เสียงสี่ กับเสียงหนึ่ง และเสียงหนึ่งที่แตกเป็นสองเสียงแล้ว ยังอาจเกิดจากเสียงหนึ่งกับเสียงสะบัดพุ่ง (ejection sound) ซึ่งจะฟังได้คล้ายกับเสียงหนึ่งที่แตกเป็นสอง แต่เสียงหลัง (เสียงที่สอง) จะมีลักษณะคล้ายเสียงกล้วคอ (เสียงกล้ว) ซึ่งอาจจะเกิดเป็นหลาย ๆ เสียงแทนที่จะเป็นสองเสียงก็ได้

2.4 Sensor

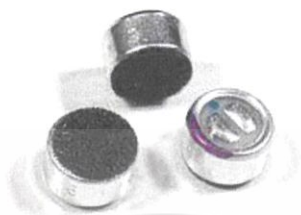
2.4.1 สเตทโทสโคป



รูปที่ 2.5: สเตทโทสโคป

สเตทโทสโคป เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้ฟังเสียงหัวใจส่วนใหญ่ Stethoscope แบบมาตรฐาน จะมีหัว bell กับ diaphragm บางรุ่นจะรวมหัว bell กับ diaphragm เข้าด้วยกันเป็นหัวเดียว(tunable diaphragm) หากกดเบาๆลงบน chest wall ก็จะได้ยินเสียงสูง(high frequency) ออกไป ทาหน้าที่เหมือนหัว bell ในทางกลับกันหากกดแน่นขึ้นก็จะได้ยินเสียงต่ำ(low frequency) ออกไป ทาหน้าที่เหมือนหัว diaphragm อีกรุ่นที่ไม่ค่อยเห็นใช้กันที่บ้านเราก็คือ corrugated diaphragm แต่หากใครมีใช้ก็จะใช้วิธีการกดที่ chest wall ด้วยแรงที่ต่างกันเพื่อให้ได้ variable sound frequency ด้าน bell chest pieces มีลักษณะคล้ายถ้วยหรือระฆัง ใช้ฟังเสียงทุ้มต่ำ เช่น S3, S4 gallop, diastolic rumbling murmur ของ mitral stenosis ที่ apex เป็นต้น วิธีใช้ ให้แตะเบาๆที่ผิวหนังหน้าอก โดยใช้เพียงน้ำหนักของ chest pieces เอง ให้พอคลุมผิวหนังที่รอบวงคล้ายสูญญากาศ หากผิวหนังไม่รอบวงจะไม่ได้ยิน ดังนั้นหากผู้ป่วยเป็นคนผอมหรือเป็นเด็กเล็ก bell chest pieces ที่เล็กจะมีประโยชน์มากด้าน diaphragm chest pieces มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ออกแบบมาเพื่อใช้ฟังเสียงแหลม เช่น S2 ทั้ง 2 components, systolic ejection murmur ที่พบใน aortic หรือ pulmonic stenosis, pansystolic murmur ที่พบใน mitral regurgitation หรือ ventricular septal defect วิธีใช้ ให้กดแรงพอสมควร เพื่อให้แนบไปกับผิวหนังบริเวณที่ต้องการจะฟังมากที่สุด

2.4.2 คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน

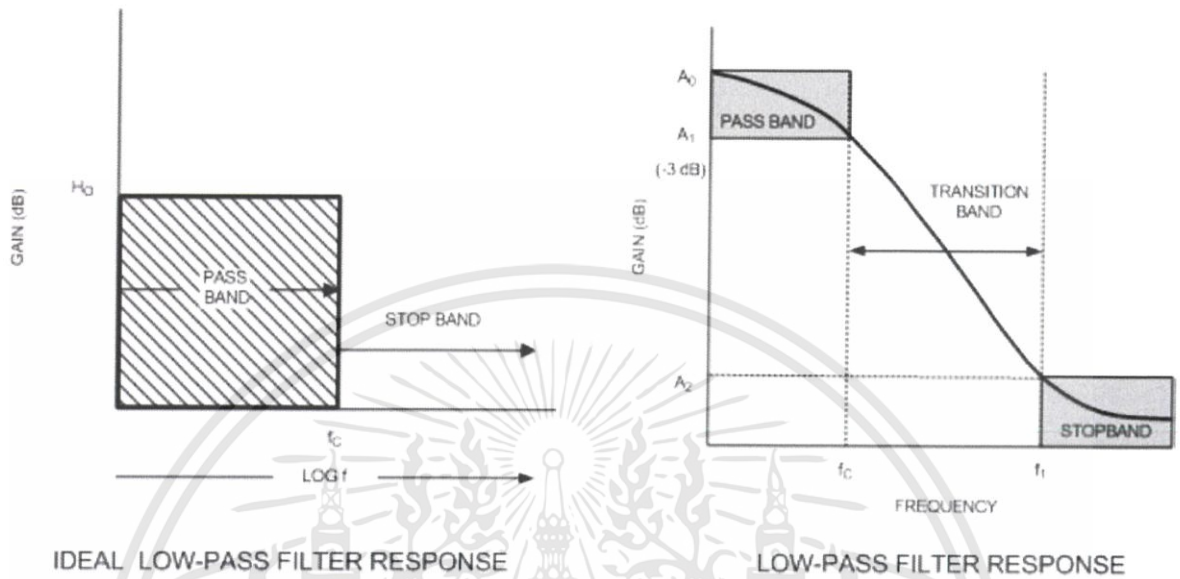


รูปที่ 2.6: คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน

คอนเดนเซอร์หรือ คาร์ปาสเตอร์ไมโครโฟนเป็นไมโครโฟนประเภทหนึ่งที่มีนิยมนำมาใช้พอกับไดนามิกไมโครโฟน สามารถรับเสียงได้ไวมาก และมักติดอยู่กับเครื่องบันทึกเสียงทั่ว ๆ ไป คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ต้องมีไฟเลี้ยงจ่ายให้อยู่ตลอดเวลาที่มีการใช้งานซึ่งอยู่ระหว่าง 2.2-10 โวลต์ที่มาจากแบตเตอรี่ที่บรรจุเข้าไปในตัวไมโครโฟน หรือจาก มิกเซอร์โดยผ่านทางสายไมโครโฟน หลักการทำงานของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนคือเมื่อมีการเคลื่อนไหวเข้าใกล้และห่างออกจากกันระหว่างไดอะแฟรมกับแบคเพลท (Back plate) โดยแบคเพลทจะอยู่กับที่และส่วนที่เป็นไดอะแฟรมจะเคลื่อนไหวตามเสียงที่เข้ามา จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณสมบัติทางประจุไฟฟ้าและทำให้เกิดกระแส ไฟฟ้าขึ้นซึ่งมีขนาดเล็กมาก ซึ่งจะถูกนำไปขยายโดยภาคขยายเล็กๆ ซึ่งซ่อนอยู่เพื่อขยายสัญญาณและเพื่อแยกค่าอิมพีแดนซ์ของไมโครโฟนออกจากค่า อิมพีแดนซ์ที่ต่ำที่ตัวไมโครโฟนต่ออยู่ คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟนมีคุณสมบัติทางเสียงที่ดีเหมือนธรรมชาติ ใช้กับงานที่ต้องการการตอบสนองทาง Transient เช่น เครื่องดนตรีที่เป็นพวก Percussion และนิยมนำมาใช้กันมากในห้องบันทึกเสียง และงานทั่วไป ความทนทานจะสู้ไดนามิกไมโครโฟนไม่ได้ วัตถุประสงค์หลักของการเสียหายเมื่อมีการกระทบของเสียง การกระทบกระเทือนอย่างแรง และสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น ราคาจะสูงกว่าไดนามิกไมโครโฟน

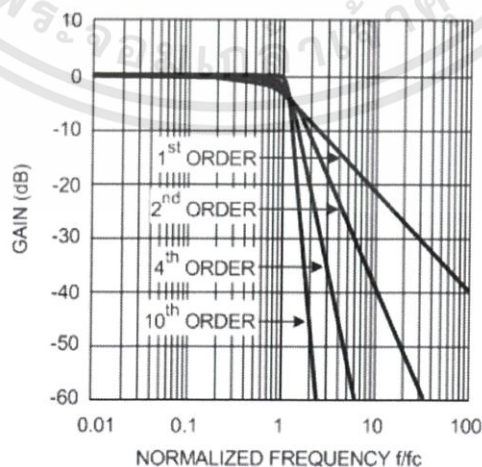
2.5 ทฤษฎีวงจร

2.5.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.7: วงจรกรองความถี่ต่ำ

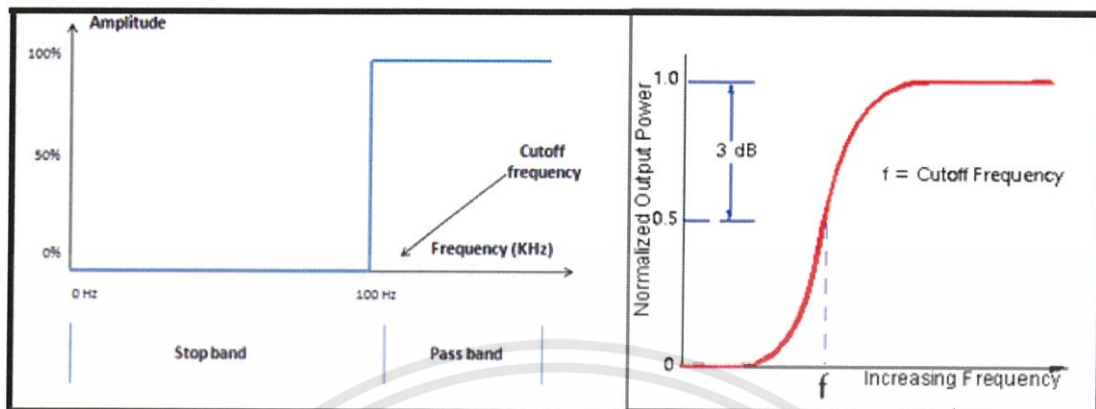
วงจรกรองความถี่ต่ำเป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ทำงานดังกราฟนี้ ช่วง Pass Band คือช่วงความถี่ที่เราต้องการช่วง Transition Band ถ้าแปลความหมายตามตรง คือช่วงแถบเปลี่ยน ซึ่งจะเปลี่ยนจากช่วงความถี่ที่ต้องการ ไปยังช่วงความถี่ที่ไม่ต้องการ Transition Band นี้ส่วนใหญ่จะเป็นช่วงความถี่ที่เราไม่ต้องการช่วง Stop Band คือช่วงความถี่ที่เราไม่ต้องการ Order ของวงจร Low-pass Filter นั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจร ยิ่ง Order สูงๆ ช่วง Transition Band ยิ่งแคบทำให้ได้วงจรกรองความถี่ที่ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 2.8: Order ของวงจร Low-pass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 วงจรกรองความถี่สูง



รูปที่ 2.9: วงจรกรองความถี่สูง

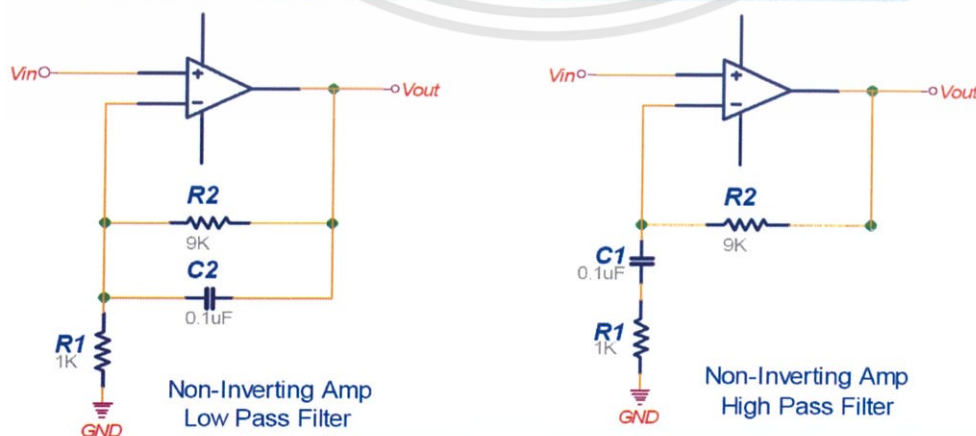
วงจรกรองความถี่สูงเป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่าน ทำงานดังกราฟนี้ ช่วง Pass Band คือช่วงความถี่ที่เราต้องการช่วง Transition Band ถ้าแปลความหมายตามตรง คือช่วงแทบเปลี่ยน ซึ่งจะเปลี่ยนจากช่วงความถี่ที่ต้องการ ไปยังช่วงความถี่ที่ไม่ต้องการ Transition Band นี้ส่วนใหญ่จะเป็นช่วงความถี่ที่เราไม่ต้องการช่วง Stop Band คือช่วงความถี่ที่เราไม่ต้องการ Order ของวงจร Low-pass Filter นั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจร ยิ่ง Order สูงๆ ช่วง Transition Band ยิ่งแคบทำให้ได้วงจรกรองความถี่ที่ดียิ่งขึ้น

2.5.3 วงจร Non-Inverting Amplifier

Gain = $1 + R2/R1$

$f_c(\text{low pass}) = 1/2(3.14)R2C2$

$f_c(\text{High pass}) = 1/2(3.14)R1C1$



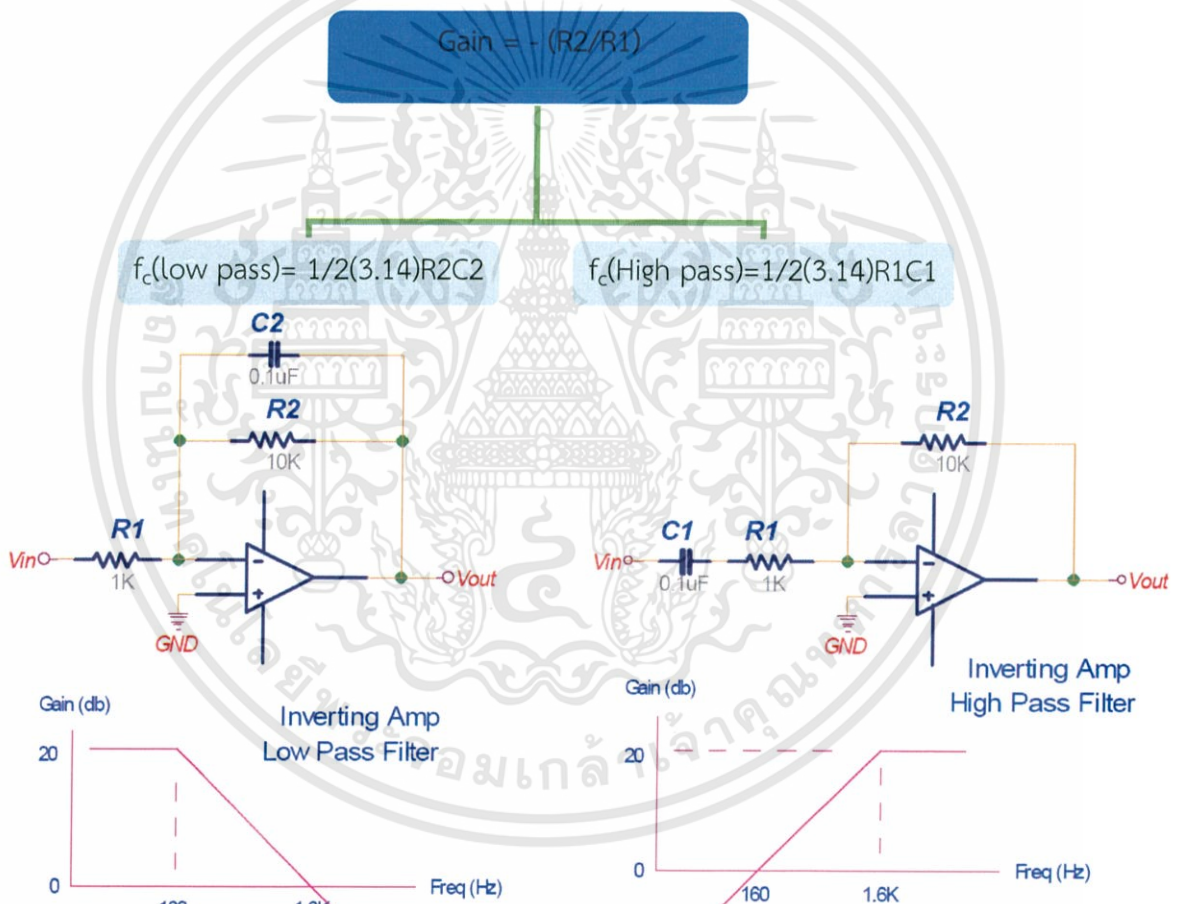
รูปที่ 2.10: วงจร Non-Inverting Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11: กราฟ Non-Inverting Low pass และ high pass Amplifier

2.5.4 วงจร Inverting Low pass และ high pass Amplifier



รูปที่ 2.12: วงจร Inverting Low pass และ high pass Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

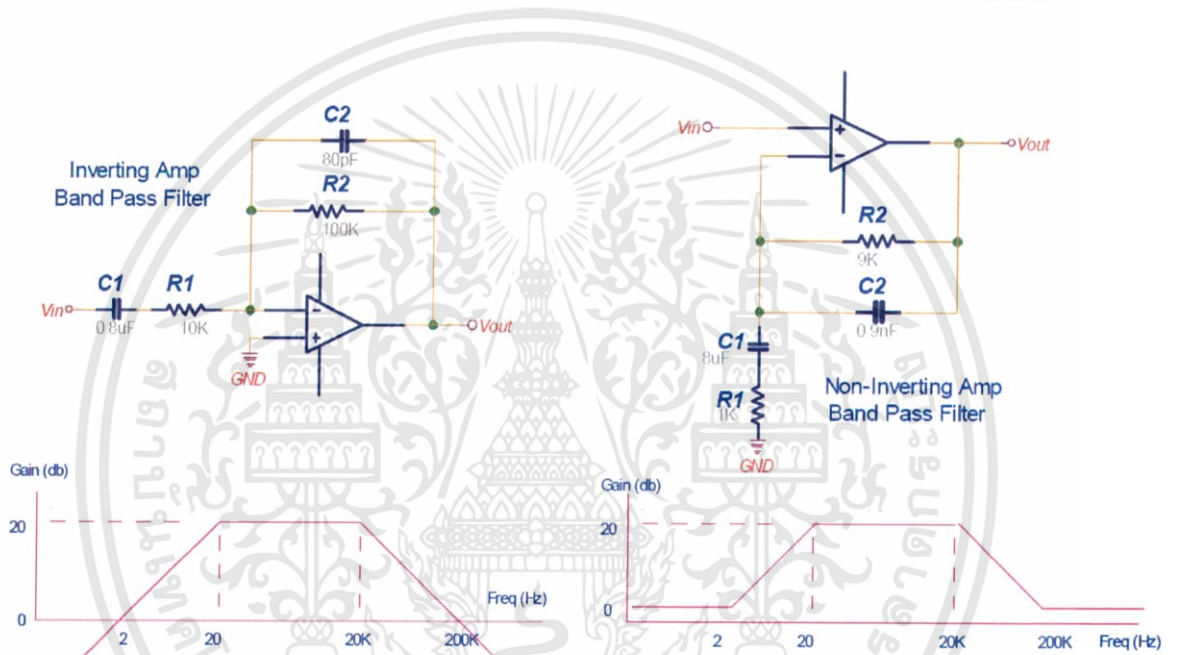
2.5.5 วงจร Band Pass Inverting และ Non-inverting Amplifier

$$\text{Gain} = - (R2/R1)$$

$$f \text{ (High pass)} = 1/2(3.14)R1C1$$

$$\text{Gain} = 1+ (R2/R1)$$

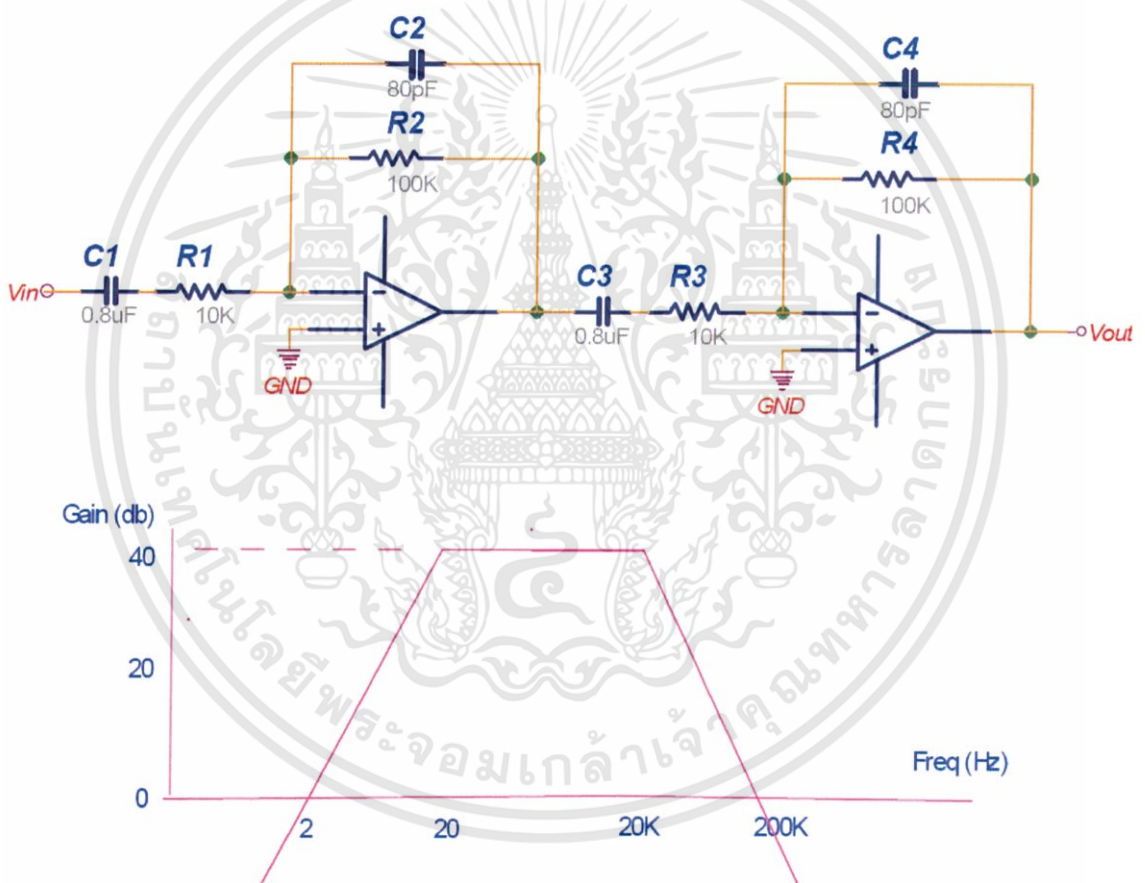
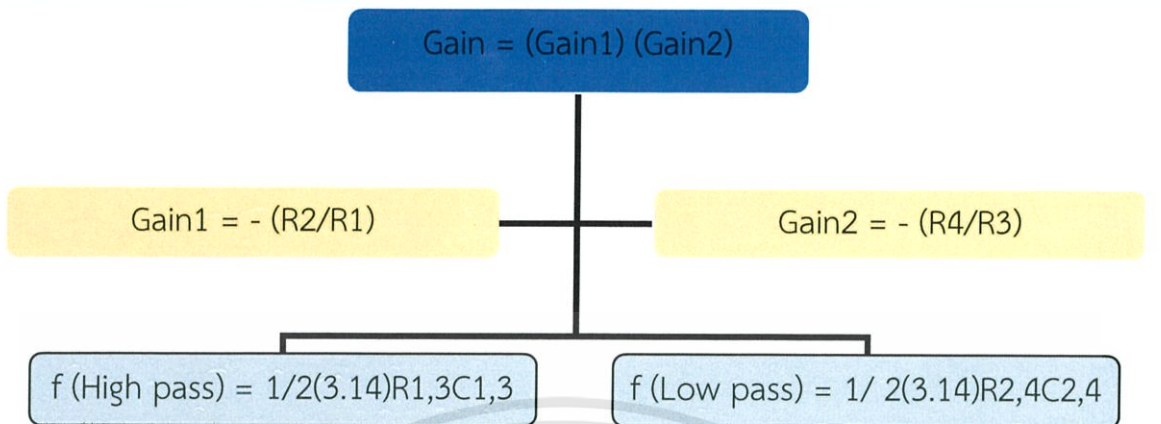
$$f \text{ (Low pass)} = 1/ 2(3.14)R2C2$$



รูปที่ 2.13: วงจร Band Pass Inverting และ Non-inverting Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 วงจร two state series

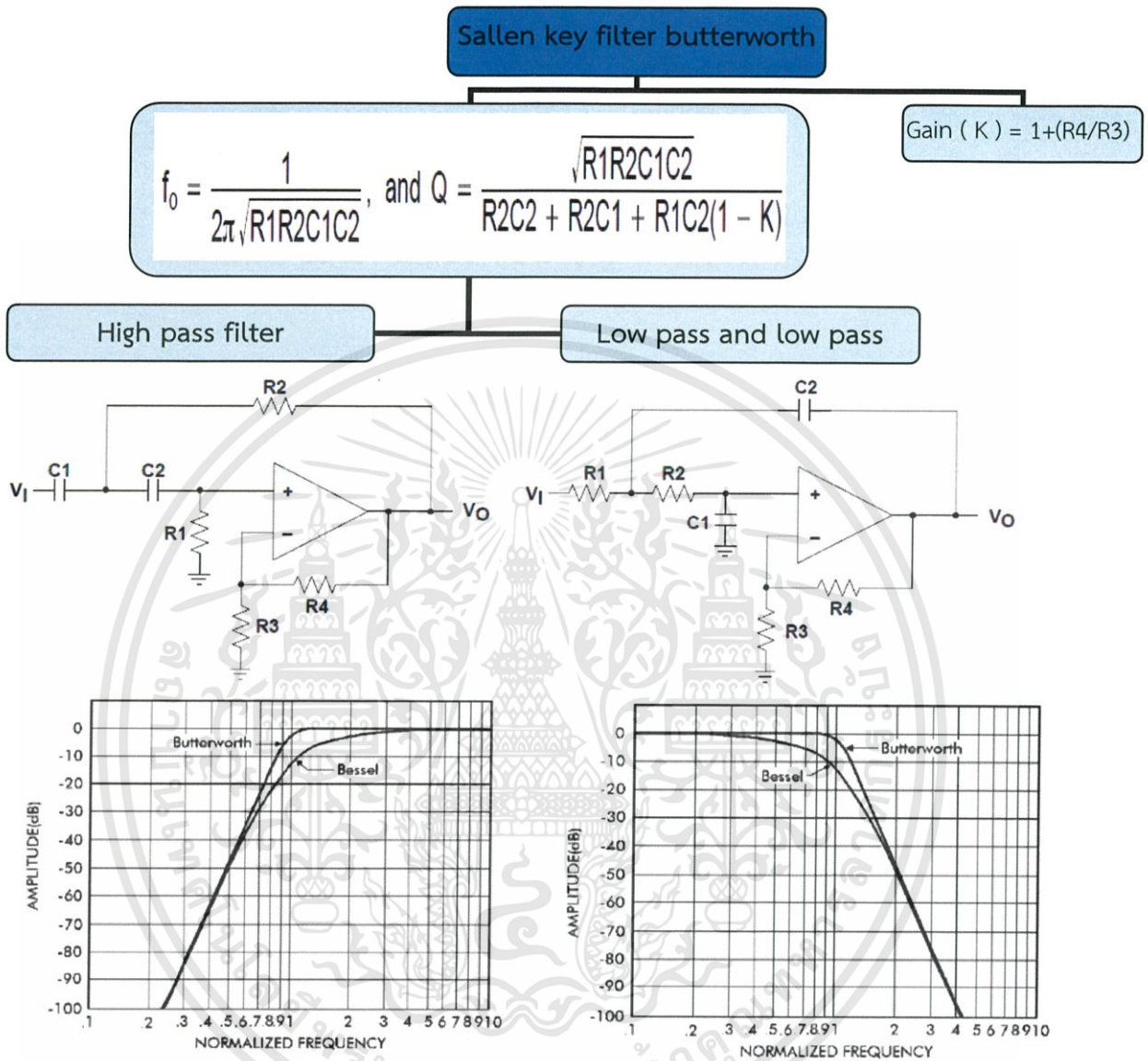


รูปที่ 2.14: วงจร 2 state อนุกรมกัน

2 stage มาต่อกันทำให้ ได้กราฟที่มี slope ชนกว่าเดิม (gain ตกไวกว่า 1 stage)
ทำให้กรองสัญญาณที่ไม่ได้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้เนียนกว่า 1 stage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 วงจร Sallen key filter butterworth



รูปที่ 2.15: วงจร Sallen key filter butterworth

กราฟแสดงวงจร Filter แบบ Butterworth ซึ่งมีช่วง Transition band ที่น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิปจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิปเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็นเช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาต์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น สรุปคือ

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เต้าอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่ามีไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ

ในโครงการนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณเอาต์พุตจากเซ็นเซอร์วัดความแรงและเซ็นเซอร์วัดแรงสั่นสะเทือน เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีค่าความละเอียดของแรงดันในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC Voltage Resolution : R_{ADV}) ตามสมการที่ (2.5)

$$R_{ADV} = \frac{V_{DD} - V_{SS}}{2^N - 1} \quad (2.5)$$

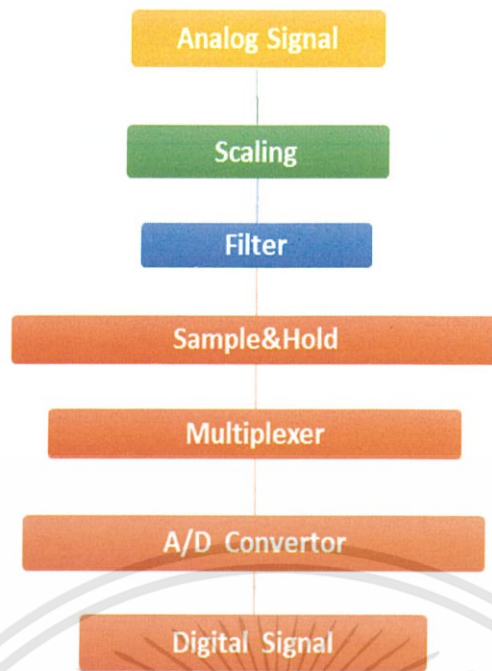
โดยที่

V_{DD} คือ ไฟเลี้ยงสูงสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์

V_{SS} คือ ไฟเลี้ยงต่ำสุดของไมโครคอนโทรลเลอร์

N คือ จำนวนบิตที่ได้จากการแปลงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16: แสดงกระบวนการทำงานของ A to D Converter

2.5.9 เทคโนโลยี Bluetooth

Bluetooth คือ เทคโนโลยีไร้สายเป็นระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทางด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิลหรือสายสัญญาณเชื่อมต่อและไม่จำเป็นจะต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับรังสีอินฟราเรด ซึ่งมีความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนและในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังคงศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับ Headset (ชุดหูฟัง) บนโทรศัพท์มือถือด้วย

Bluetooth เป็นระบบสำหรับการเชื่อมโยงสื่อสารไร้สายระหว่างอุปกรณ์แบบ Portable (แบบพกพา) ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในระยะบริเวณใกล้เคียงกัน ไม่ห่างไกลกันมากนัก ซึ่งความสามารถในการส่งข้อมูลของ Bluetooth นั้นขึ้นกับแต่ละ class(ประเภท) ที่ใช้ ซึ่งมี 3 class ดังนี้

- Class 1 กำลังส่ง 100 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 100 เมตร
- Class 2 กำลังส่ง 2.5 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 10 เมตร
- Class 3 กำลังส่ง 1 มิลลิวัตต์ ระยะประมาณ 1 เมตร

นอกจากนี้ในส่วนของ Air interface (อินเทอร์เฟซของอากาศ) ถูกพัฒนาอย่างเหมาะสมเพื่อสามารถต้านทานต่อสัญญาณแทรกแซงรบกวนที่เกิดขึ้นในแถบความถี่ 2.45 GHz ได้ ระบบนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลายผู้ผลิตชั้นนำทั้งทางด้านคอมพิวเตอร์ PC และ อุปกรณ์โทรคมนาคมต่าง ๆ



รูปที่ 2.17: พื้นฐานอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล

Bluetooth จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่ในช่วง 2.4 ถึง 2.4835 GHz. โดยแบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสารโดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น โดยหลักของ Bluetooth จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่าง ๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย แต่ต้องอยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อย ๆ ด้วย ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถือเคลื่อนย้ายได้สามารถติดต่อเชื่อมโยงสื่อสารแบบไร้สายระหว่างกัน ในช่วงระยะห่างสั้น ๆ ได้ อุปกรณ์แต่ละตัวสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้สูงสุดถึง 7 เครื่องพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.10 วงจร Power Amplifier

TDA2822

DUAL LOW-VOLTAGE POWER AMPLIFIER

- SUPPLY VOLTAGE DOWN TO 1.8V
- LOWCROSSOVER DISTORTION
- LOW QUIESCENT CURRENT
- BRIDGE OR STEREO CONFIGURATION

DESCRIPTION

The TDA2822D is a monolithic integrated circuit in 8 lead (SO-8) package. It is intended for use as dual audio power amplifier in portable cassette players, radios and CD players

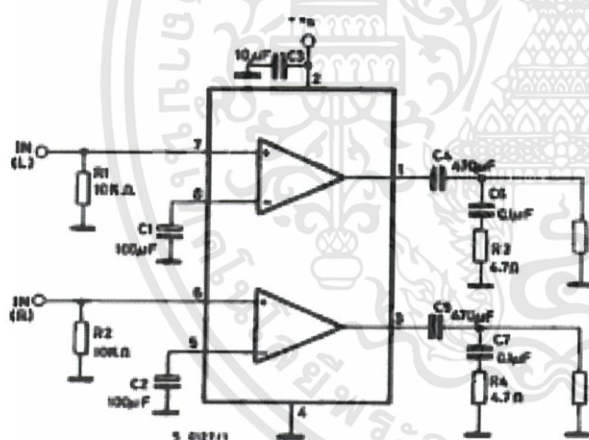


SO8

ORDERING NUMBER: TDA2822D

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	15	V
I_O	Peak Output	1	A
P_{tot}	Total Power Dissipation $T_{amb} = 50^\circ\text{C}$	0.5	W
T_{stg}, T_J	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ\text{C}$



รูปที่ 2.18: วงจร Power Amplifier TDA2822

TDA2822 เป็น Op-Amp ขนาดเล็ก ซึ่งใช้ง่ายและราคา ถูก ใช้ไฟเลี้ยงได้กว้าง 1.8V-15V

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย (RESEARCH METHODOLOGY)

ในการปฏิบัติงานให้สำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์ ภายในระยะเวลาที่กำหนดนั้นจำเป็นต้องมีการวางแผนโครงการเพื่อให้ทราบถึงแนวทางและขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง แผนโครงการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนผังการดำเนินงานในการทำโครงการเครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจได้ ดังแสดงในภาพ

Block Diagram

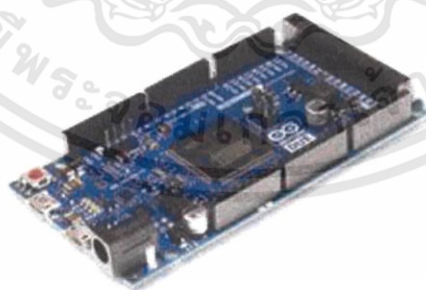


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลภายในรายงานฉบับนี้ คือ Arduino Due โดยมีรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังต่อไปนี้

1. Microcontroller: AT91SAM3X8E
2. Operating Voltage: 3.3V
3. Recommended Input Voltage: 7-12V
4. Min-Max Input Voltage: 6-20V
5. Digital I/O Pins: 54 (of which 12 provide PWM output)
6. Analog Input Pins: 12
7. Analog Outputs Pins: 2
8. Total DC Output Current on all I/O lines: 130 mA
9. DC Current for 3.3V Pin: 800 mA
10. DC Current for 5V Pin: 800 mA
11. Flash Memory: 512 KB all available for the user applications
12. SRAM: 96 KB (two banks: 64KB and 32KB)
13. Clock Speed: 84 MHz

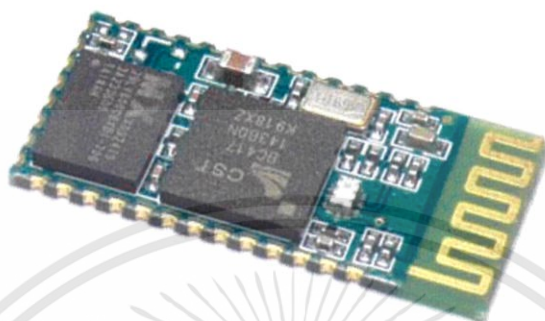


รูปที่ 3.1 : Arduino Due

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โมดูลบลูทูธ (Module Bluetooth)

โมดูลบลูทูธ ที่ใช้ในการส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ภายในโครงงานนี้ คือ HC-05 โดยมีรายละเอียดของ โมดูลบลูทูธ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2: แสดง Module Bluetooth

1. Typical -80dBm sensitivity
2. Up to +4dBm RF transmit power
3. Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
4. PIO control
5. UART interface with programmable baud rate
6. With integrated antenna
7. With edge connector
8. Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has.

Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.

3.3 แบตเตอรี่ชาร์จ (Battery Charger)

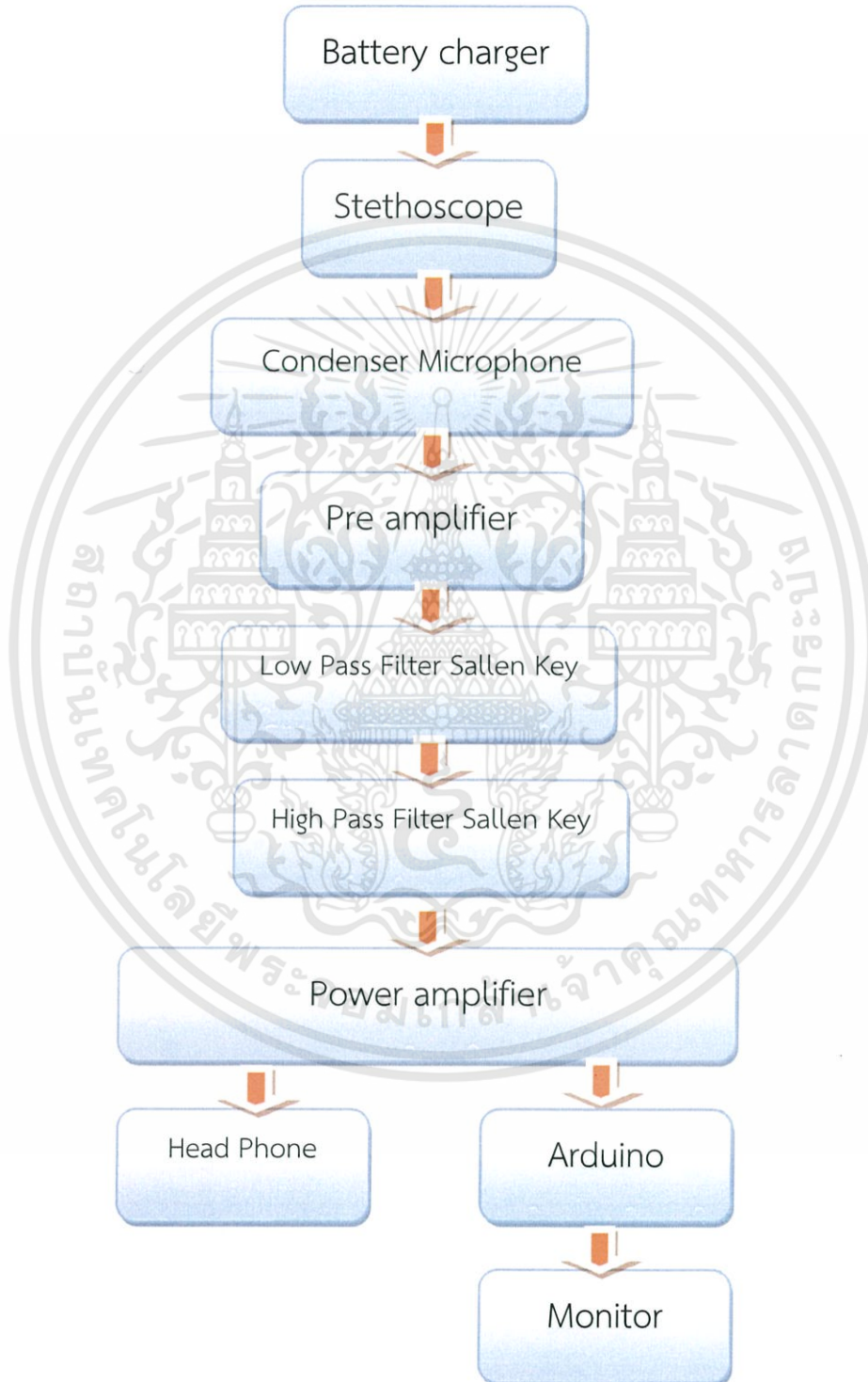
ในเครื่องตรวจจับคนล้มเราต้องใช้แบตเตอรี่ ดังนั้นจึงได้ทำวงจรชาร์จแบตเตอรี่ขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- Complete Linear Charge Management Controller
 - Integrated Pass Transistor
 - Integrated Current Sense
 - Integrated Reverse Discharge Protection

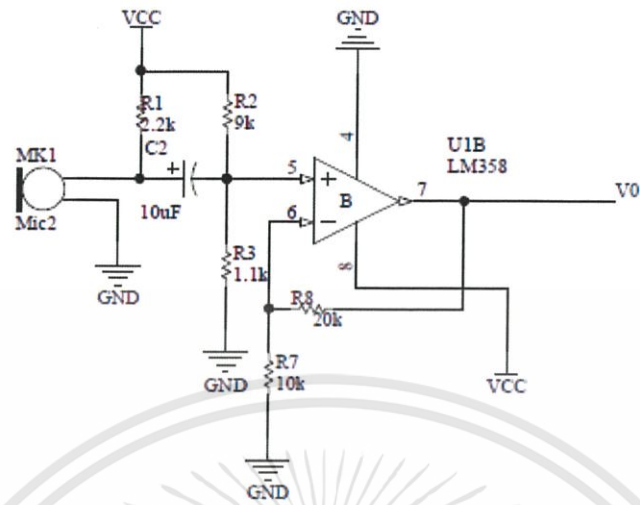
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การคำนวณและออกแบบวงจร

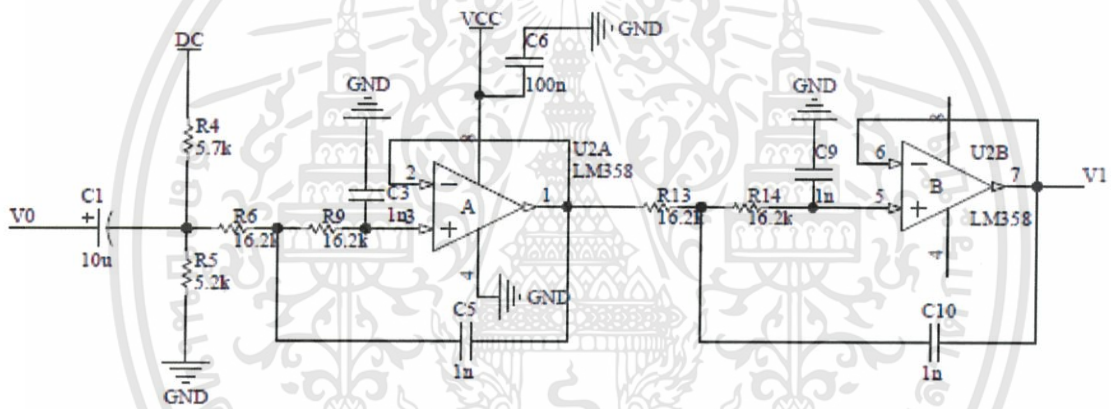
Block Diagram เครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจ (HEART SOUND MONITOR)



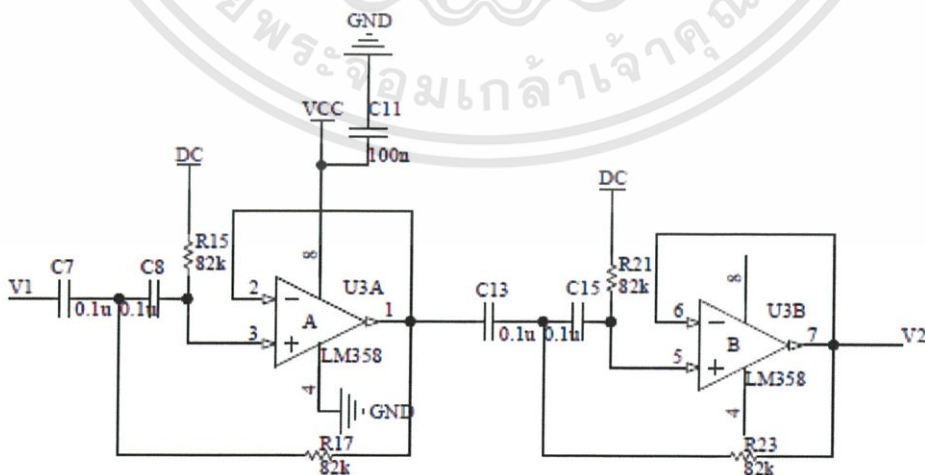
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4: Condenser Microphone+ วงจร Pre-Amplifier

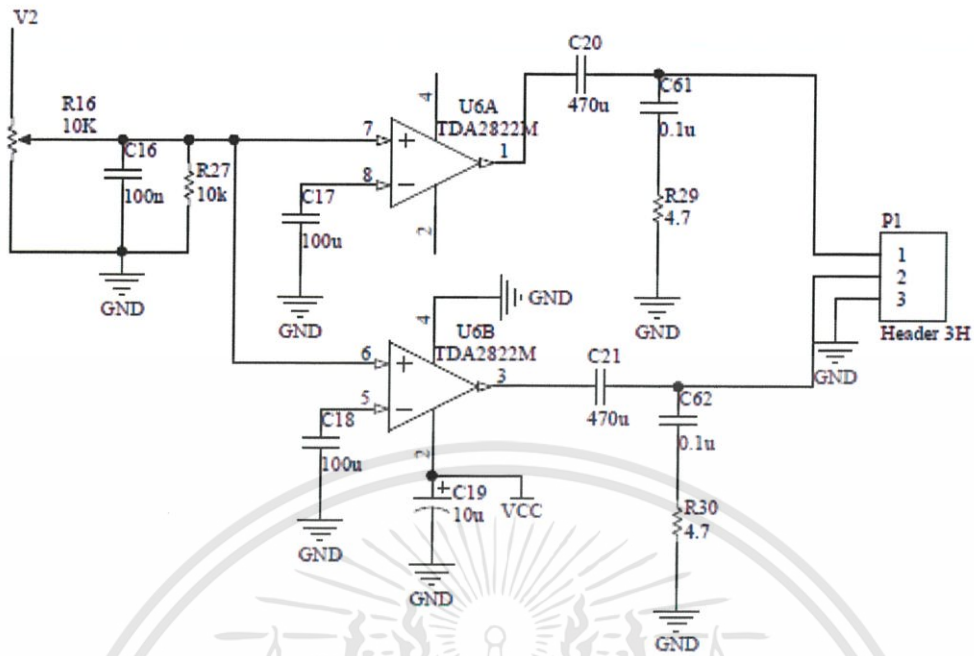


รูปที่ 3.5: Low Pass Filter Sallen Key



รูปที่ 3.6: High Pass Filter Sallen Key

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7: Power amplifier

3.5 ขั้นตอนการทำงาน

วงจรวัดสัญญาณเสียงหัวใจ

- 1.) ใช้โปรแกรม Altium ในการวาด Schematic ตามวงจรวัดสัญญาณเสียงหัวใจ (ออกแบบวงจรวัดสัญญาณเสียงหัวใจ โดยอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. เทอดศักดิ์ ลีวาทอง) ขึ้นมา ดังรูป
- 2.) ใช้โปรแกรม Altium สร้างแผ่น PCB (มาจากการ update Schematic) ทำการ ROUTE หรือลากลายวงจร จะได้ลายวงจรสำเร็จออกมา
- 3.) สั่งกัดปรินท์กับทางบริษัท Seagate
- 4.) เมื่อได้แผ่นวงจรมาจากทางบริษัทแล้ว นำอุปกรณ์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ต่างๆ มาบัดกรีลง

บนลายทองแดง

บทที่ 4

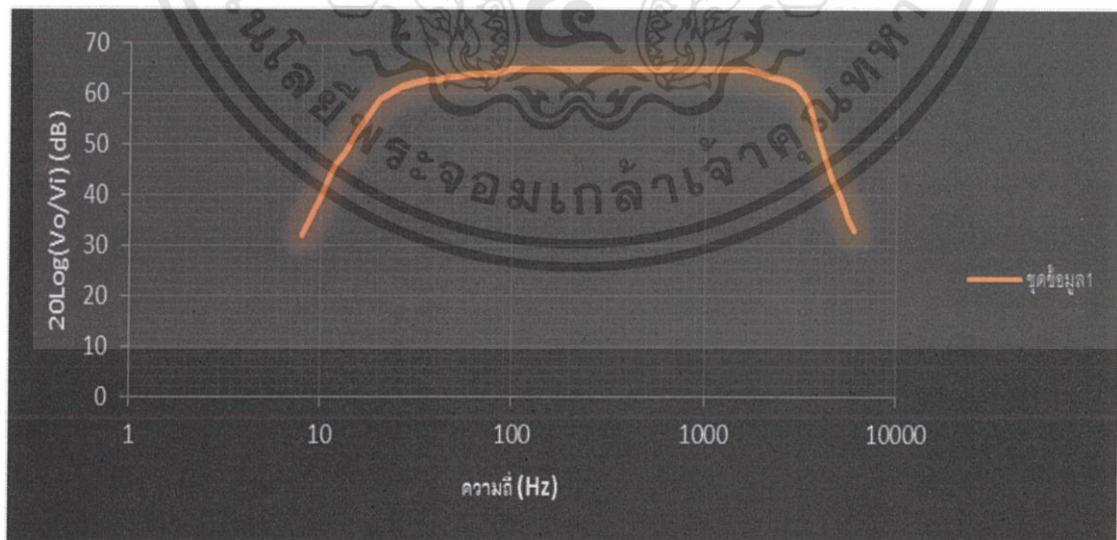
การทดลอง และ ผลการทดลอง

วิธีการทดลอง

1. การทดลองตอนที่ 1 ทดลองวงจร Filter ทั้ง 2 วงจร เริ่มต้นด้วยการป้อน Input จากฟังก์ชันเจน ซึ่งมี Amplitude ประมาณ 300 mVp-p ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระดับสัญญาณเสียงหัวใจ
2. เปลี่ยนค่าความถี่ไปเรื่อยๆ โดยเริ่มต้นที่ความถี่ 1Hz – 6KHz
3. นำค่าต่างๆ ที่วัดได้ มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แอมพลิจูด (dB) กับความถี่ (Hz)
4. การทดลองตอนที่ 2 ทดลองโดยนำ input จาก stethoscope โดยจะเป็นสัญญาณเสียงหัวใจของจริง สังเกต input และ output ซึ่งจะมีความต่างกันตรงความเรียบของสัญญาณ ซึ่งจะทำให้ฟังเสียงได้ชัดเจน และเปรียบเทียบกับการส่งสัญญาณเสียงหัวใจผ่านบลูทูธไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อพล็อตกราฟเป็นสัญญาณอนาล็อก
5. สังเกตสัญญาณที่เป็นไปตามจังหวะเสียงหัวใจ โดยกราฟเส้นสูงสุด คือเส้นดั่งสุด (s_1) และเส้นที่สูง รองลงมาคือเสียงที่สอง (s_2)

4.1 การทดลองตอนที่ 1

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูด (dB) กับความถี่ (Hz) frequency response



รูปที่ 4.1: frequency response

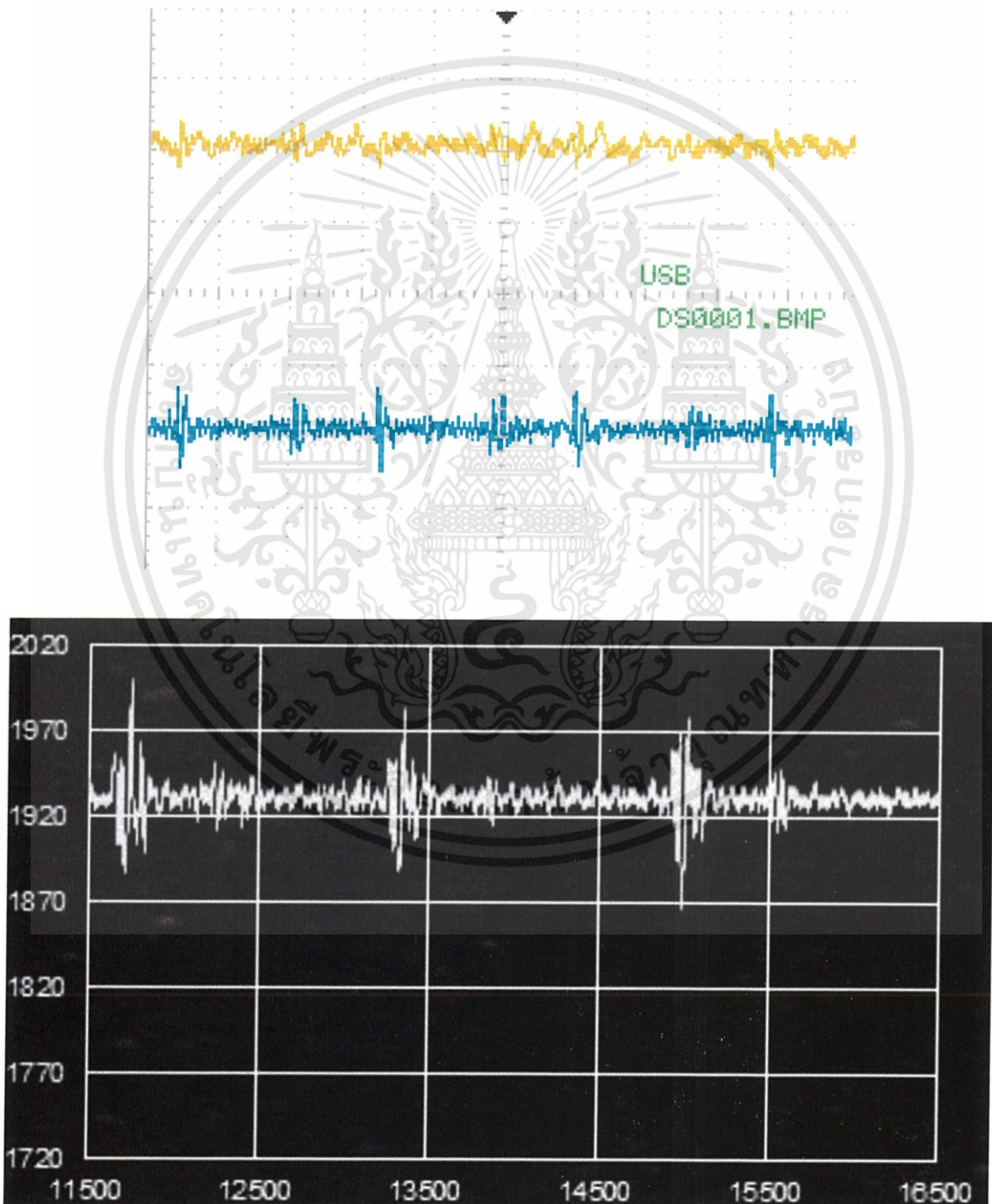
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองตอนที่ 2

นำเครื่องวัดสัญญาณเสียงหัวใจไปทดลองวัดสัญญาณเสียงหัวใจของคนปกติเพื่อดูอัตราการขยายสัญญาณหัวใจว่าได้ผลตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ และเทียบกับกราฟฟอนาลอกที่พล็อตได้

ผลการทดลอง

วัดสัญญาณเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 1

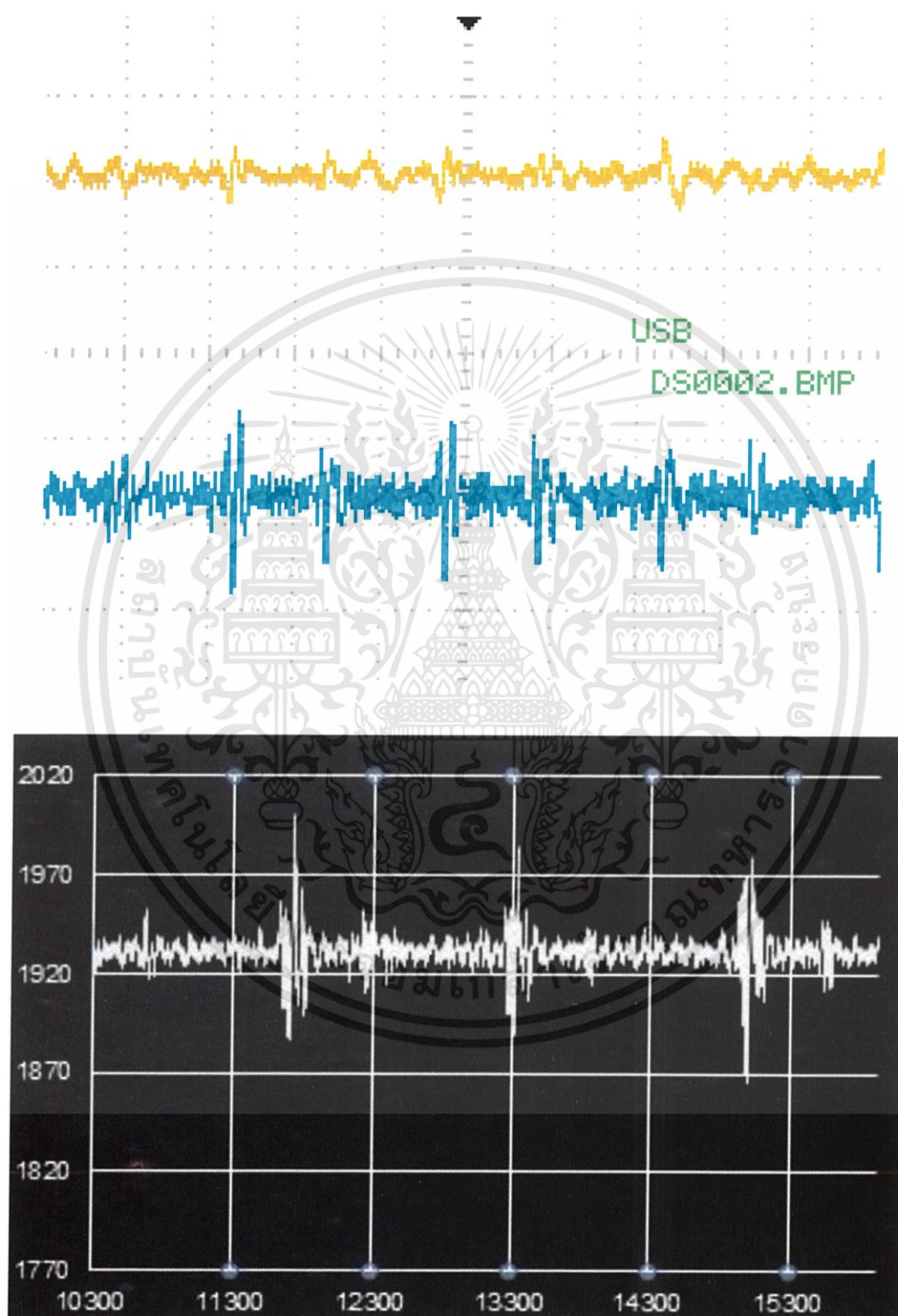


รูปที่ 4.2: กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

วัดสัญญาณเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 2

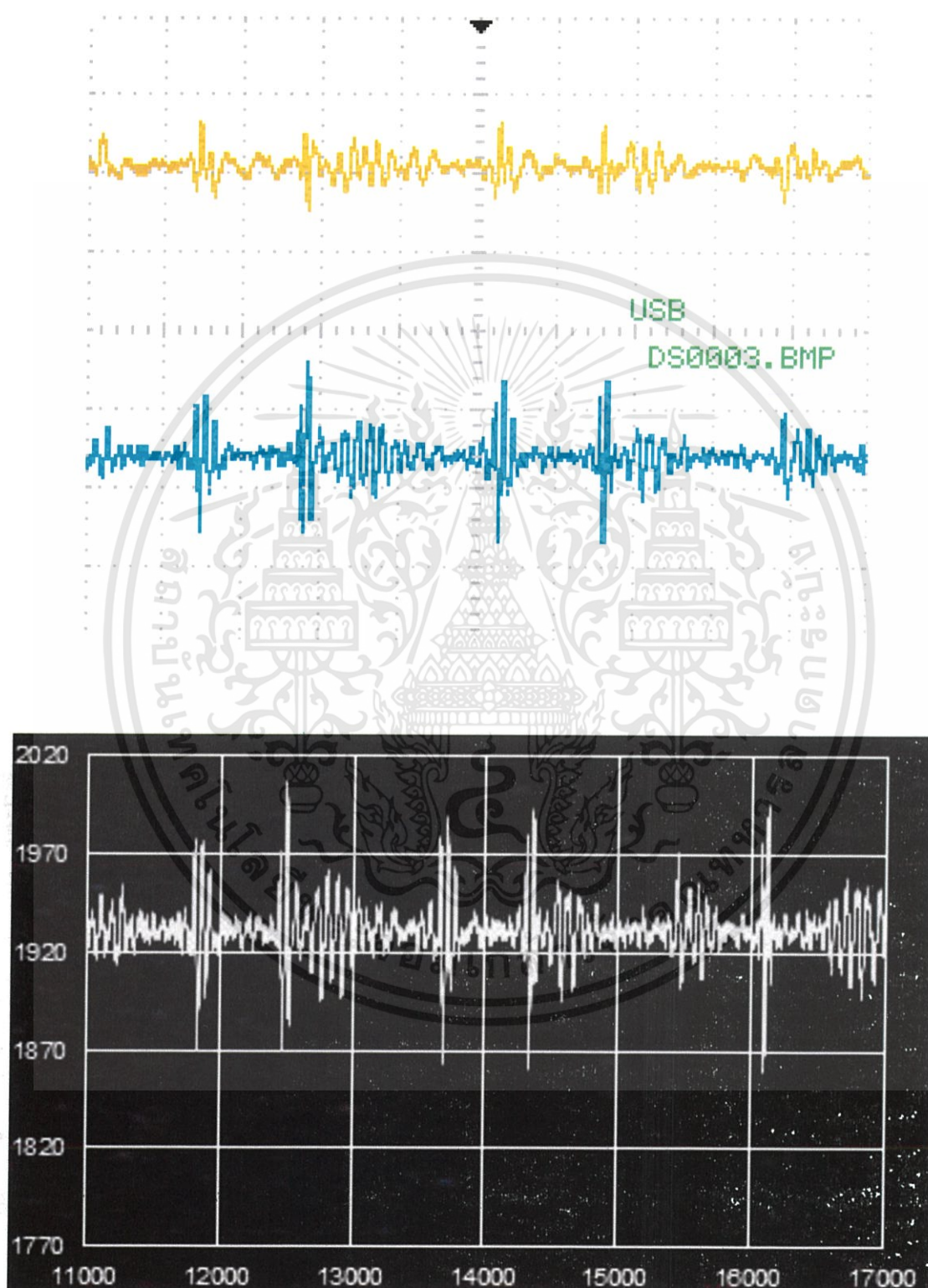


รูปที่ 4.3: กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

วัดสัญญาณเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 3

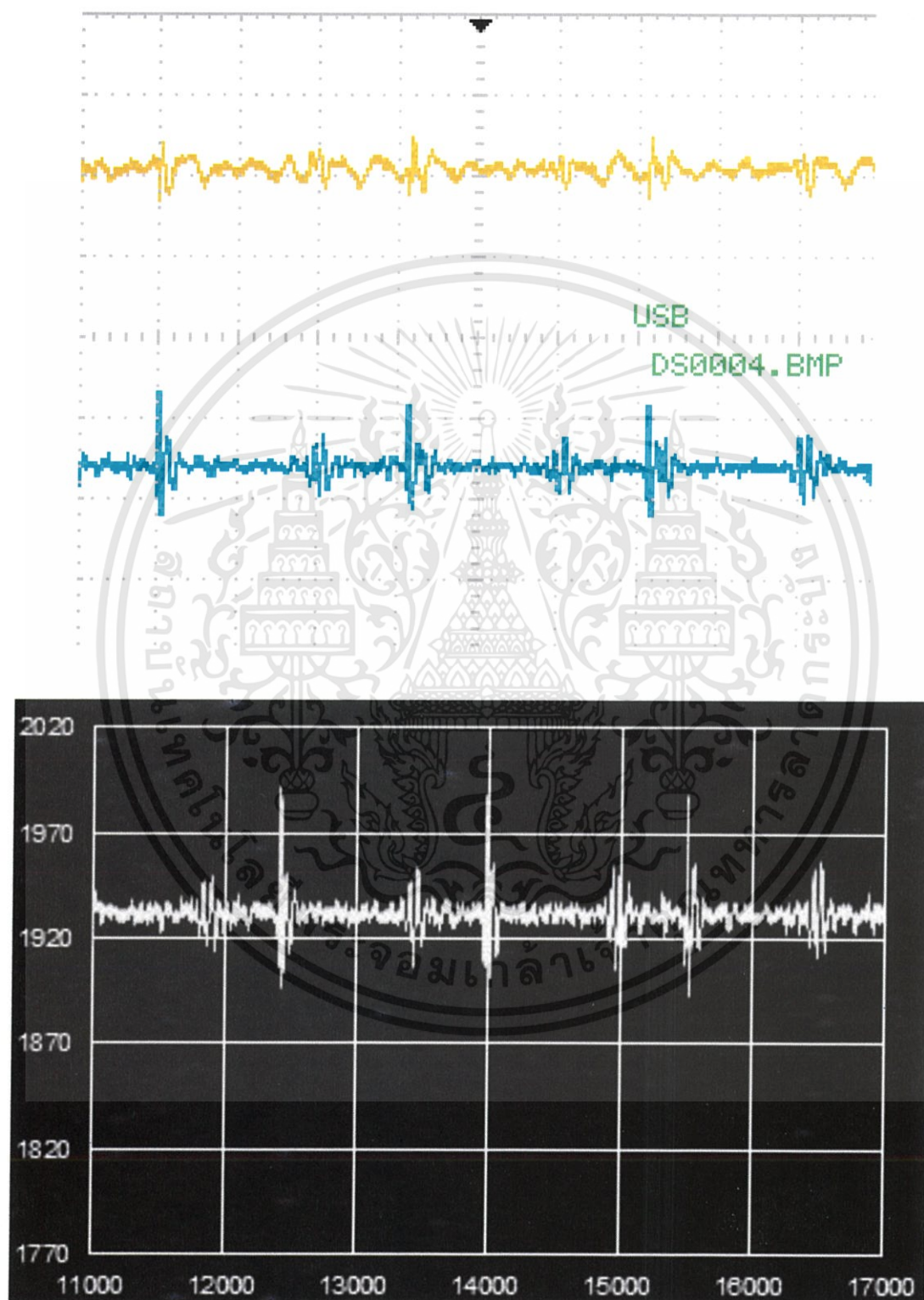


รูปที่ 4.4: กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

วัดสัญญาณเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 4

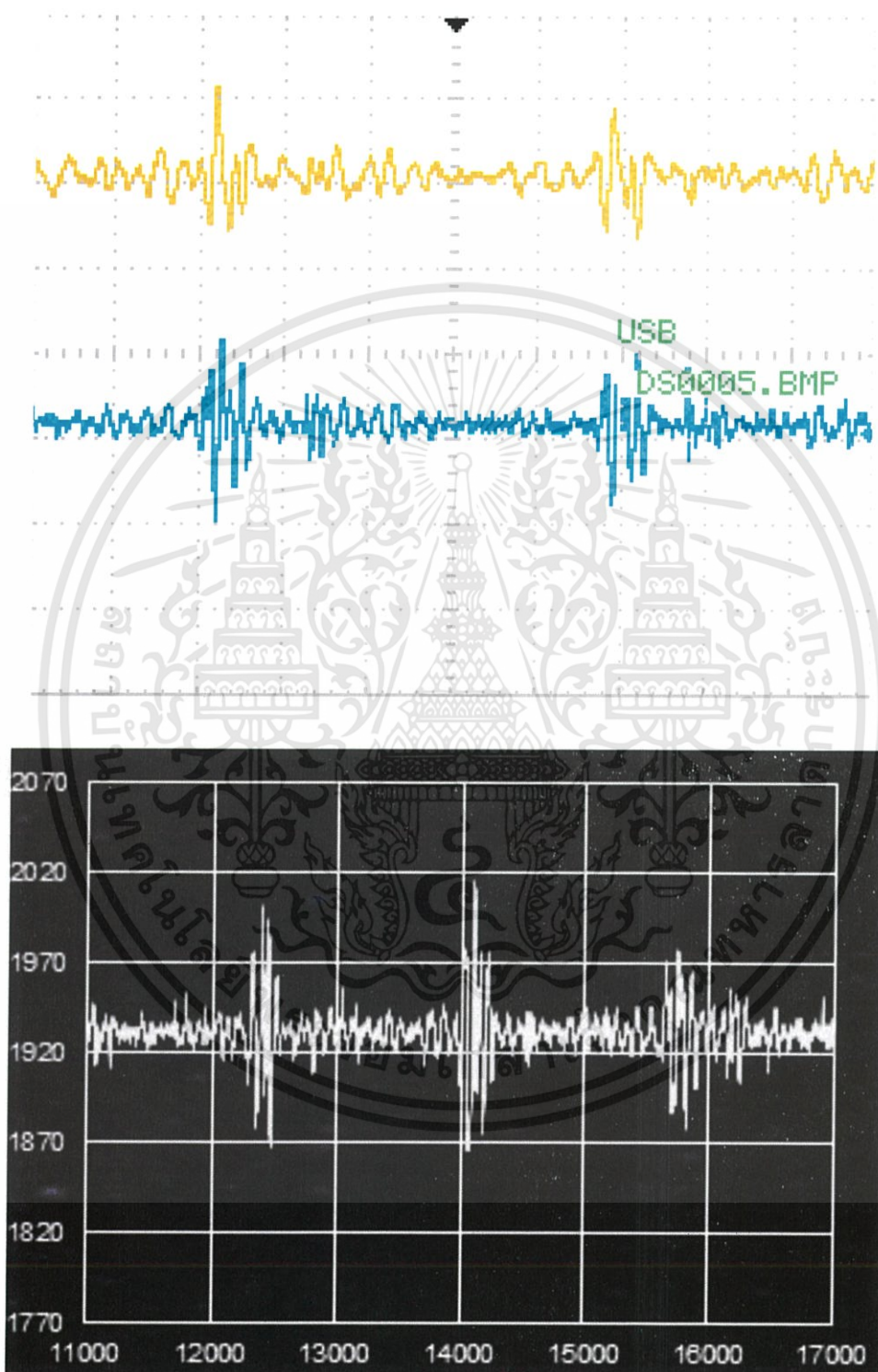


รูปที่ 4.5: กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

วัดสัญญาณเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 5



รูปที่ 4.6: กราฟเสียงหัวใจของคนปกติ คนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

5.1 บทสรุป

จากการสร้างและออกแบบเครื่องวัดเสียงหัวใจแล้ว ได้ผลการทดลองที่ตรงตามทฤษฎีโดย วงจรสามารถกรองสัญญาณในช่วงความถี่ที่ไม่ต้องการได้ ซึ่งสัญญาณเสียงหัวใจจะอยู่ในช่วง 20 Hz ถึง 3 KHz และเมื่อต่อ stethoscope เข้ากับวงจรแล้ว ทำให้ได้สัญญาณเสียงหัวใจที่เรียบยิ่งขึ้น หรือกล่าวได้ว่าวงจรกรองสัญญาณได้กรองเฉพาะสัญญาณที่ต้องการตามทฤษฎี เมื่อกรองความถี่ได้แล้ว ตามที่ต้องการคือ 20 Hz ถึง 3 KHz เราได้นำสัญญาณมาเข้าส่วนขยายของเราคือวงจร Amplifier เพื่อขยายสัญญาณให้ได้ตามต้องการ หลังจากนั้นนำ output ที่ได้ มาต่อเข้ากับ วงจร Power Amplifier ต่อ load หูฟัง ทำให้สามารถได้ยินเสียงหัวใจได้อย่างชัดเจน คล้ายคลึงกับเสียงที่ฟังจาก Stethoscope โดยตรง และได้มีวงจรเพื่อแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลแสดงผลเป็นกราฟ บนจอคอมพิวเตอร์

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

1. เนื่องจากต้องการออกแบบวงจรกรองสัญญาณ เลือกค่าอุปกรณ์ต่างๆเอง จึงเสียเวลาไปพอสมควร และได้วงจรที่ไม่มีประสิทธิภาพดีพอจะกรองสัญญาณให้สวยได้
2. เนื่องจากสัญญาณเสียงหัวใจนั้นเล็กและเบามาก จึงไม่สามารถได้ยินได้อย่างชัดเจนจึงต้องศึกษา วงจร power amplifier เพื่อช่วยให้ได้ยินชัดเจนยิ่งขึ้น
3. เนื่องจากห้องโปรเจกมีเสียงดังจึงเป็นเสียงรบกวนทำให้ไม่สามารถฟังเสียงหัวใจได้อย่างชัดเจนไม่สามารถหาผู้ป่วยที่หัวใจผิดปกติมาวัดเสียงหัวใจได้
4. เนื่องจากทดลองฟังกับผู้คนหลายวัยทำให้ทราบว่าเสียงหัวใจที่ฟังได้จากผู้รับการทดลองมีทั้งเสียงดังและเสียงเบา จึงเพิ่มส่วนขยายเข้าไป amplifier

เอกสารอ้างอิง

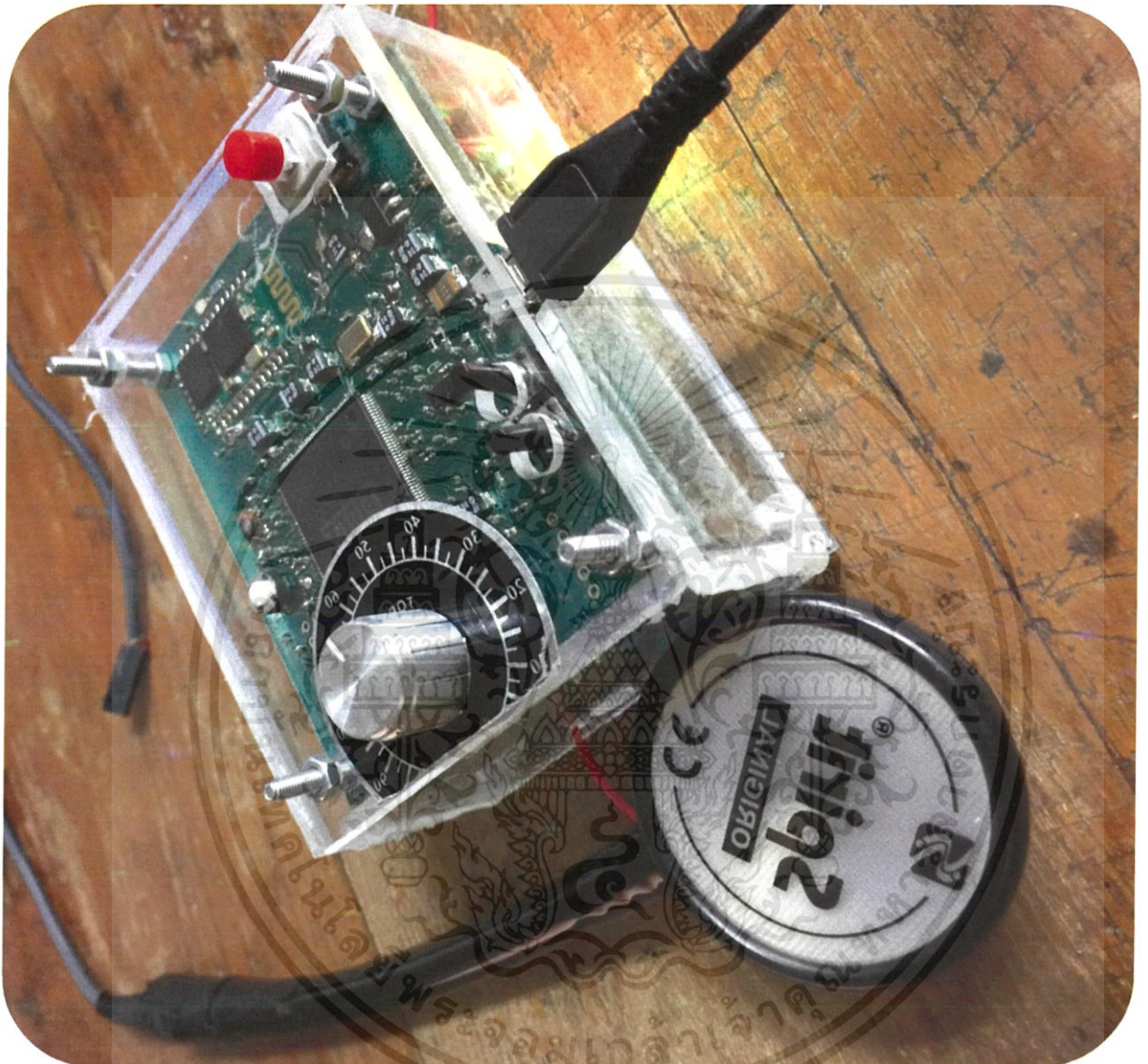
- [1] <http://lorien.die.upm.es/~macias/docencia/datasheets/varios/sallenkey-ti.pdf>
- [2] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=06098495>
- [3] <http://www.ti.com/lit/an/sbfa001c/sbfa001c.pdf>
- [4] <http://www.gits.kmutnb.ac.th/ethesis/data/isbn9741907125.pdf>
- [5] <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Tda2822>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM158/LM258/LM358/LM2904

Low Power Dual Operational Amplifiers

General Description

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

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

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Unique Characteristics

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

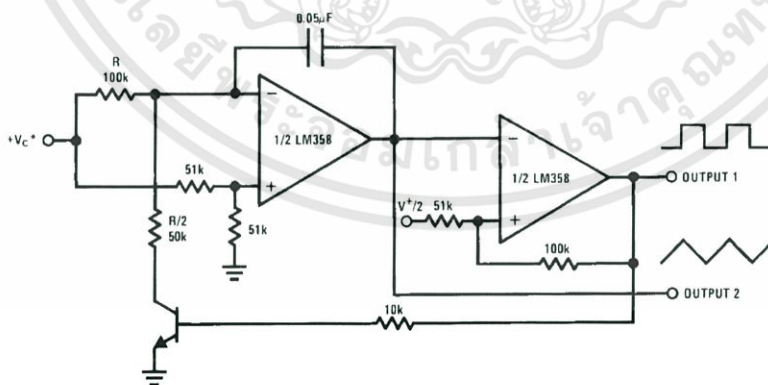
Advantages

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

Features

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

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



00776723

Absolute Maximum Ratings (Note 9)

Distributors for availability and specifications.

If Military/Aerospace specified devices are required,
please contact the National Semiconductor Sales Office/

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

Electrical CharacteristicsV⁺ = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), T _A = 25°C	1	2		2	3		2	5		mV
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , T _A = 25°C, V _{CM} = 0V, (Note 6)	20	50		45	100		45	150		nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	2	10		5	30		3	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range	V ⁺ = 30V, (Note 7) (LM2904, V ⁺ = 26V), T _A = 25°C	0		V ⁺ -1.5	0		V ⁺ -1.5	0		V ⁺ -1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ on All Op Amps V ⁺ = 30V (LM2904 V ⁺ = 26V) V ⁺ = 5V	1	2		1	2		1	2		mA
		0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2		mA

Electrical Characteristics

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

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

Electrical Characteristics

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

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

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

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ($V_O = 1V$ to $11V$) $R_L \geq 2 k\Omega$	25			15			25			V/mV
Output Voltage	V_{OH} $V^+ = +30V$ (LM2904, $V^+ = 26V$)	$R_L = 2 k\Omega$ 26			26			26			V
Swing	V_{OL} $V^+ = 5V$, $R_L = 10 k\Omega$	5 20			5 20			5 20			mV
Output Current	Source $V_{IN}^+ = +1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$	10 20			10 20			10 20			mA
	Sink $V_{IN}^- = +1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$	10 15			5 8			5 8			mA

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

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$, $R_L \geq 2 k\Omega$, (For $V_O = 1V$ to $11V$)	25	100		25	100		V/mV	
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ C$, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$	65	85		50	70		dB	
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2904, $V^+ = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100		50	100		dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 kHz$ to $20 kHz$, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred), (Note 8)	-120			-120				dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		mA	
	Sink $V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$ $V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$, $V_O = 2V$	10	20		10	20		mA	
	$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$ $T_A = 25^\circ C$, $V_O = 200 mV$, $V^+ = 15V$	12	50		12	50		μA	
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ C$, (Note 2), $V^+ = 15V$	40 60			40 60				mA
Input Offset Voltage	(Note 5)	9			10				mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7			7				$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$	150			45 200				nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10			10				$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$	40 500			40 500				nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V$, (Note 7) (LM2904, $V^+ = 26V$)	0			$V^+ - 2$				V

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

Parameter	Conditions	LM358			LM2904			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ($V_O = 1V$ to $11V$) $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	15			15			V/mV	
Output Voltage Swing	V_{OH} $V^+ = +30V$ (LM2904, $V^+ = 26V$)	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	26		22			V	
		$R_L = 10\text{ k}\Omega$	27	28	23	24		V	
Output Current	V_{OL} $V^+ = 5V$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$	5			20	5		100	mV
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = +1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$	10	20		10	20		mA
	Sink	$V_{IN}^- = +1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$	5	8		5	8		mA

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

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

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

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

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

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

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

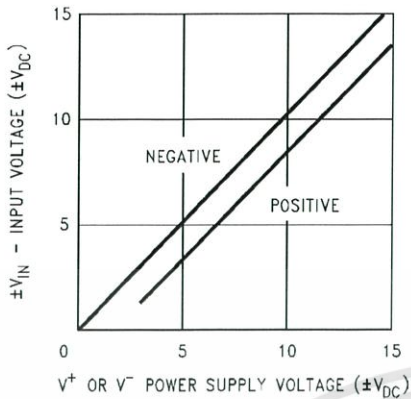
Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

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

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

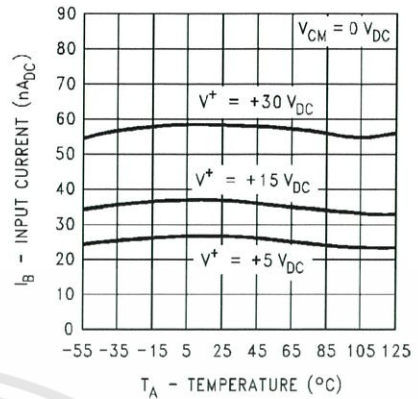
Typical Performance Characteristics

Input Voltage Range



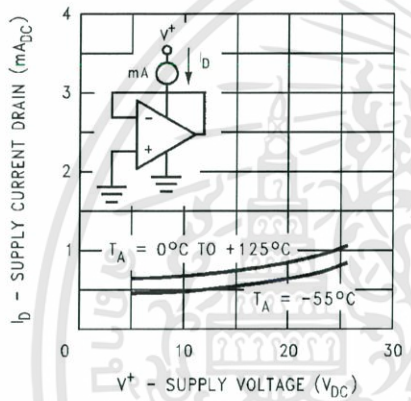
00778734

Input Current



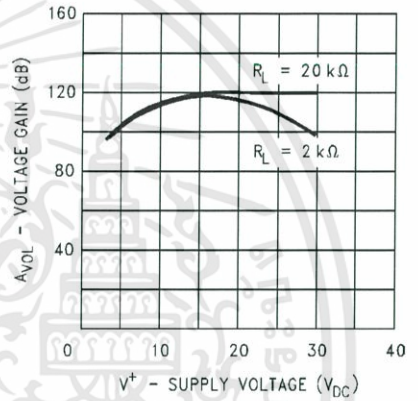
00778735

Supply Current



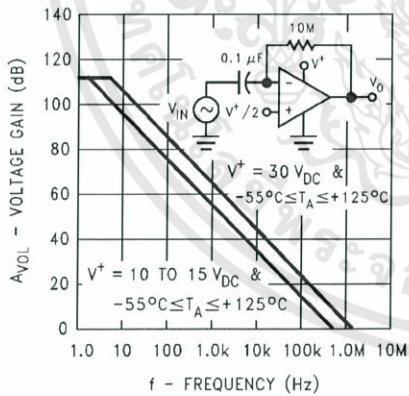
00778736

Voltage Gain



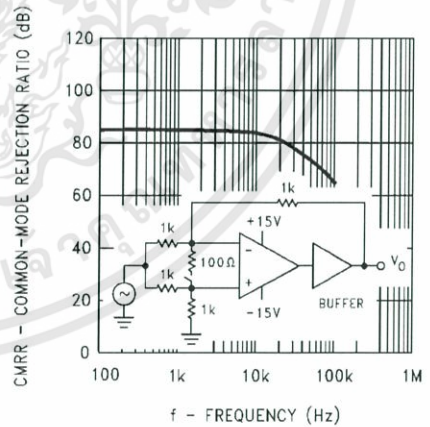
00778737

Open Loop Frequency Response



00778738

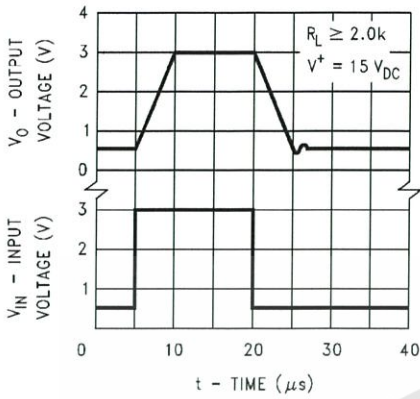
Common-Mode Rejection Ratio



00778739

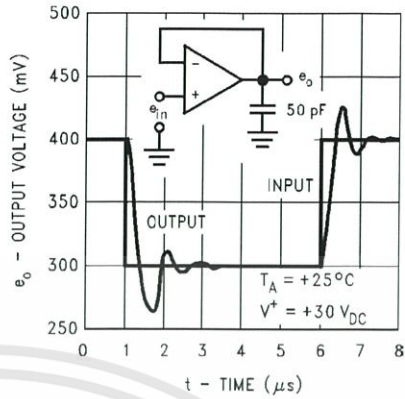
Typical Performance Characteristics (Continued)

Voltage Follower Pulse Response



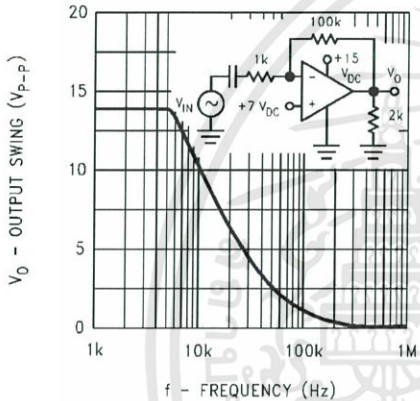
00778740

Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



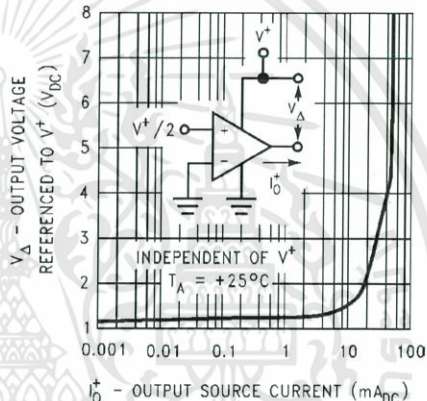
00778741

Large Signal Frequency Response



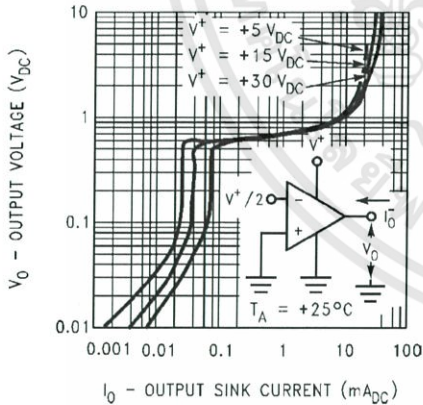
00778742

Output Characteristics Current Sourcing



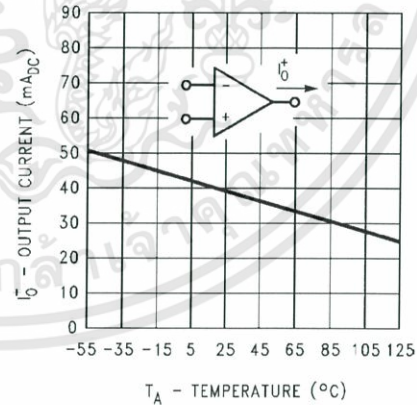
00778743

Output Characteristics Current Sinking



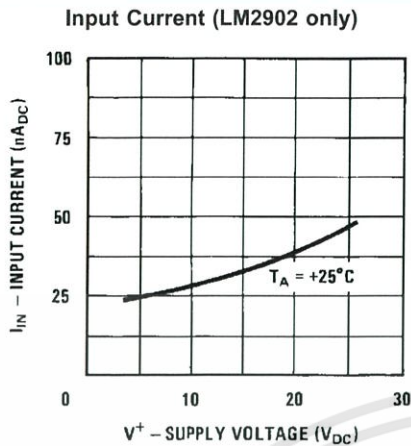
00778744

Current Limiting

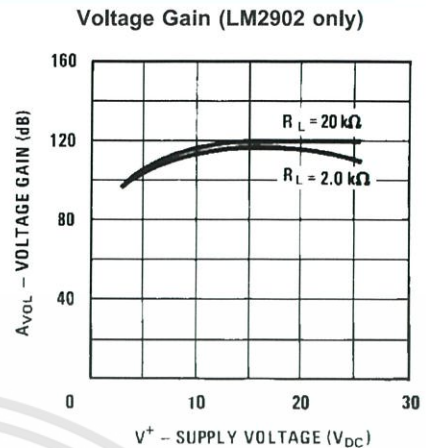


00778745

Typical Performance Characteristics (Continued)



00778746



00778747

Application Hints

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

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

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V⁺ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than -0.3 V_{DC} (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

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

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

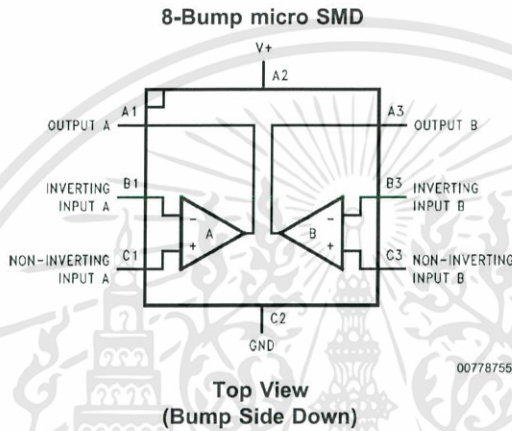
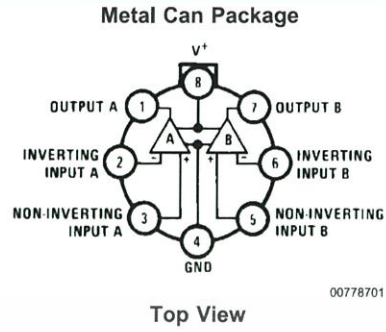
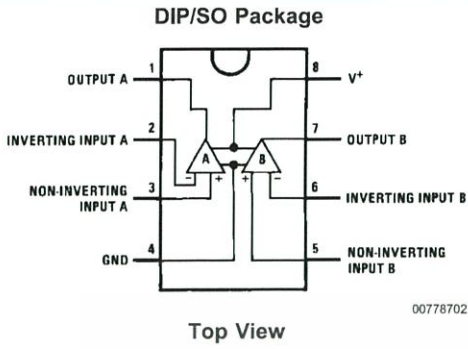
Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven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

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

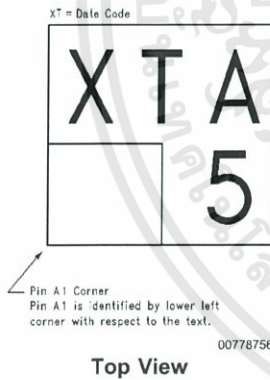
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive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

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

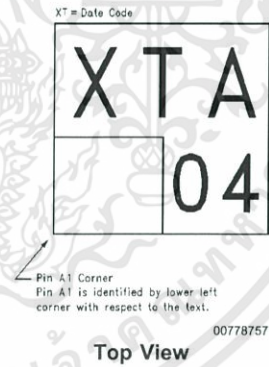
Connection Diagrams



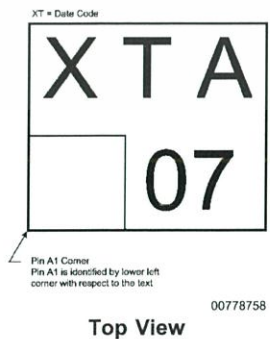
LM358BP micro SMD Marking Orientation



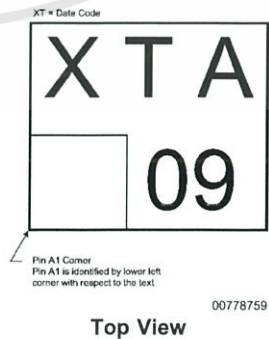
LM2904IBP micro SMD Marking Orientation



LM358TP micro SMD Marking Orientation



LM2904ITP micro SMD Marking Orientation





MICROCHIP

MCP73833/4

Stand-Alone Linear Li-Ion / Li-Polymer Charge Management Controller

Features

- Complete Linear Charge Management Controller
 - Integrated Pass Transistor
 - Integrated Current Sense
 - Integrated Reverse Discharge Protection
- Constant Current / Constant Voltage Operation with Thermal Regulation
- High Accuracy Preset Voltage Regulation:
 - 4.2V, 4.35V, 4.4V, or 4.5V, $\pm 0.75\%$
- Programmable Charge Current: 1A Maximum
- Preconditioning of Deeply Depleted Cells
 - Selectable Current Ratio
 - Selectable Voltage Threshold
- Automatic End-of-Charge Control
 - Selectable Current Threshold
 - Selectable Safety Time Period
- Automatic Recharge
 - Selectable Voltage Threshold
- Two Charge Status Outputs
- Cell Temperature Monitor
- Low-Dropout Linear Regulator Mode
- Automatic Power-Down when Input Power Removed
- Under Voltage Lockout
- Numerous Selectable Options Available for a Variety of Applications:
 - Refer to **Section 1.0 "Electrical Characteristics"** for Selectable Options
 - Refer to the **"Product Identification System"** for Standard Options
- Available Packages:
 - 3mm x 3mm DFN-10
 - MSOP-10

Applications

- Lithium-Ion / Lithium-Polymer Battery Chargers
- Personal Data Assistants
- Cellular Telephones
- Digital Cameras
- MP3 Players
- Bluetooth Headsets
- USB Chargers

Description

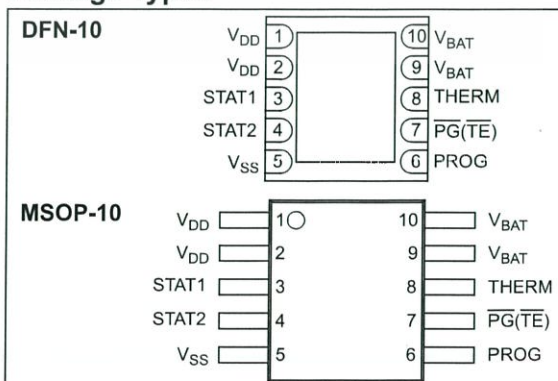
The MCP73833/4 is a highly advanced linear charge management controller for use in space-limited, cost sensitive applications. The MCP73833/4 is available in a 10-Lead, 3mm x 3mm DFN package or a 10-Lead, MSOP package. Along with its small physical size, the low number of external components required makes the MCP73833/4 ideally suited for portable applications. For applications charging from a USB port, the MCP73833/4 can adhere to all the specifications governing the USB power bus.

The MCP73833/4 employs a constant current/constant voltage charge algorithm with selectable preconditioning and charge termination. The constant voltage regulation is fixed with four available options: 4.20V, 4.35V, 4.40V, or 4.50V, to accommodate new, emerging battery charging requirements. The constant current value is set with one external resistor. The MCP73833/4 limits the charge current based on die temperature during high power or high ambient conditions. This thermal regulation optimizes the charge cycle time while maintaining device reliability.

Several options are available for the preconditioning threshold, preconditioning current value, charge termination value, and automatic recharge threshold. The preconditioning value and charge termination value are set as a ratio, or percentage, of the programmed constant current value. Preconditioning can be set to 100%. Refer to **Section 1.0 "Electrical Characteristics"** for available options and the **"Product Identification System"** for standard options.

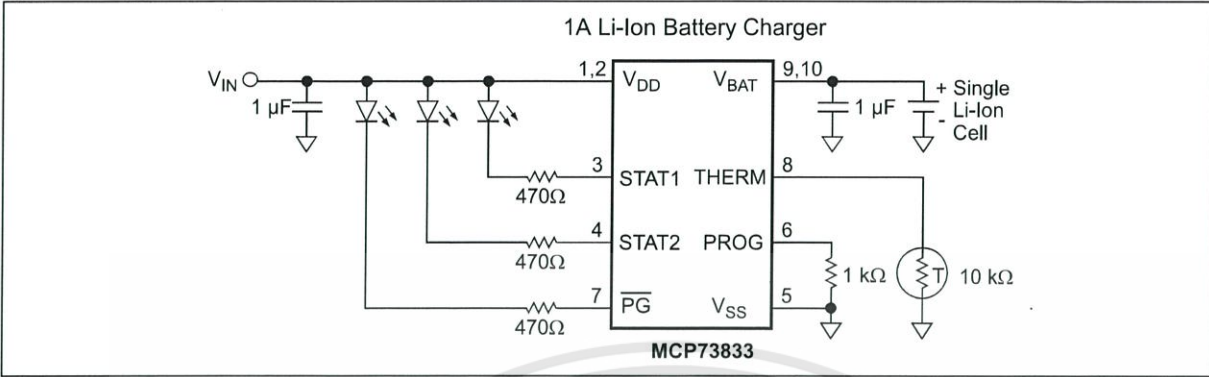
The MCP73833/4 is fully specified over the ambient temperature range of -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$.

Package Types

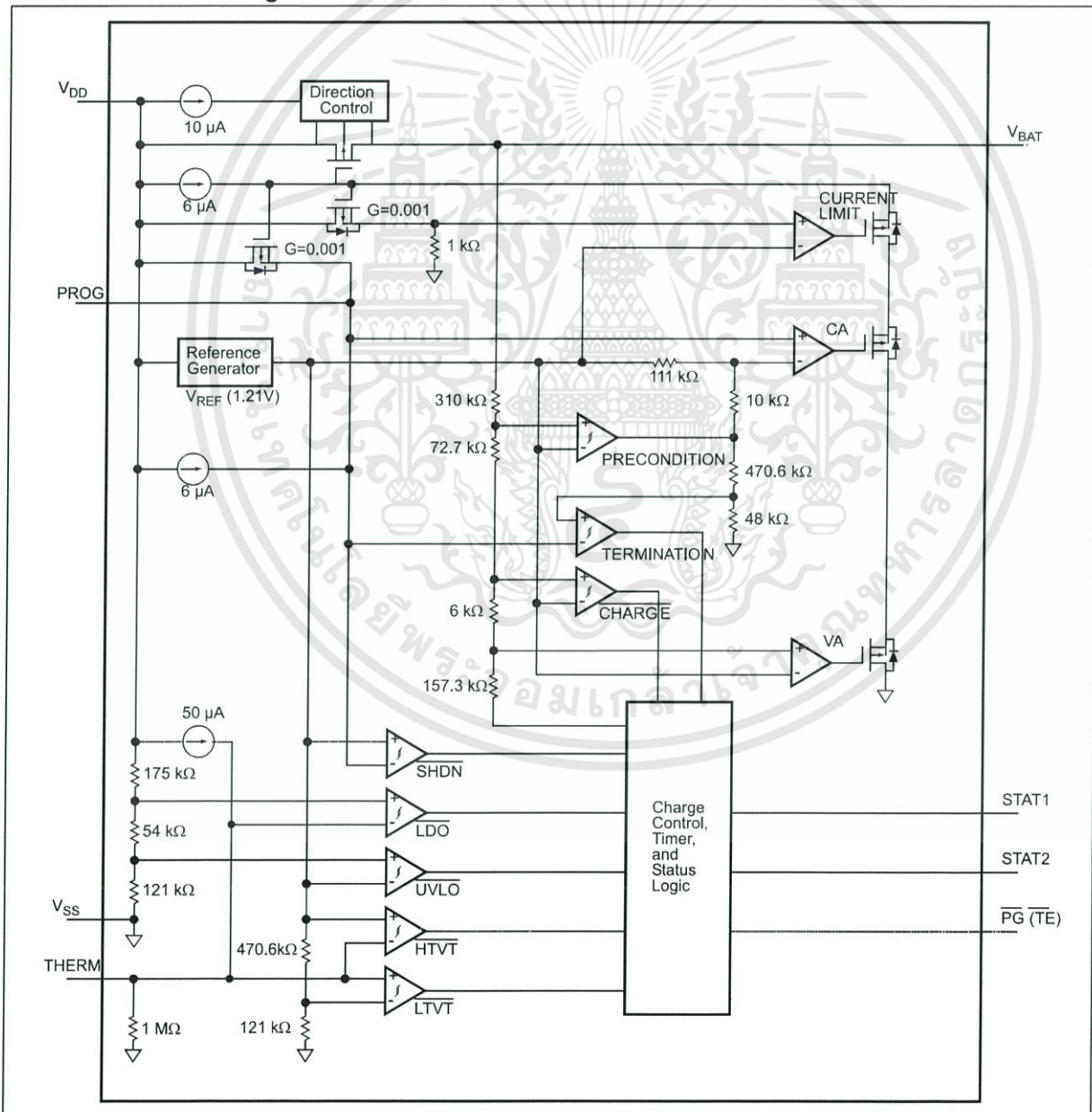


MCP73833/4

Typical Application



Functional Block Diagram



1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings

V_{DD} 7.0V
 All Inputs and Outputs w.r.t. V_{SS} -0.3 to ($V_{DD}+0.3$)V
 Maximum Junction Temperature, T_J . Internally Limited
 Storage temperature -65°C to +150°C
 ESD protection on all pins:
 Human Body Model (HBM)
 (1.5 k Ω in Series with 100 pF) ≥ 4 kV
 Machine Model (MM)
 (200 pF, No Series Resistance) 300V

***Notice:** Stresses above those listed under "Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise specified, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+0.3V]$ to 6V, $T_A = -40^\circ C$ to $85^\circ C$. Typical values are at $+25^\circ C$, $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Supply Input						
Supply Voltage	V_{DD}	3.75	—	6	V	Charging
		$V_{REG}(Typ)+0.3V$	—	6	V	Charge Complete, Standby
Supply Current	I_{SS}	—	2000	3000	μA	Charging
		—	150	300	μA	Charge Complete
		—	100	300	μA	Standby (No Battery or PROG Floating)
		—	50	100	μA	Shutdown ($V_{DD} \leq V_{BAT}$ or $V_{DD} < V_{STOP}$)
UVLO Start Threshold	V_{START}	3.4	3.55	3.7	V	V_{DD} Low to High
UVLO Stop Threshold	V_{STOP}	3.3	3.45	3.6	V	V_{DD} High to Low
UVLO Hysteresis	V_{HYS}	—	100	—	mV	
Voltage Regulation (Constant Voltage Mode, System Test Mode)						
Regulated Output Voltage	V_{REG}	4.168	4.20	4.232	V	$V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1V]$
		4.318	4.35	4.382	V	$I_{OUT} = 10$ mA
		4.367	4.40	4.433	V	$T_A = -5^\circ C$ to $+55^\circ C$
		4.467	4.50	4.533	V	
Line Regulation	$[(\Delta V_{BAT}/V_{BAT}) / \Delta V_{DD}]$	—	0.10	0.30	%/V	$V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1V]$ to 6V $I_{OUT} = 10$ mA
Load Regulation	$ \Delta V_{BAT} / V_{BAT} $	—	0.10	0.30	%	$I_{OUT} = 10$ mA to 100 mA $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1V]$
Supply Ripple Attenuation	PSRR	—	58	—	dB	$I_{OUT} = 10$ mA, 10Hz to 1 kHz
		—	47	—	dB	$I_{OUT} = 10$ mA, 10Hz to 10 kHz
		—	25	—	dB	$I_{OUT} = 10$ mA, 10Hz to 1 MHz
Current Regulation (Fast Charge Constant Current Mode)						
Fast Charge Current Regulation	I_{REG}	90	100	110	mA	PROG = 10 k Ω
		900	1000	1100	mA	PROG = 1.0 k Ω $T_A = -5^\circ C$ to $+55^\circ C$
Maximum Output Current Limit	I_{MAX}	—	1200	—	mA	PROG < 833 Ω

MCP73833/4

DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

Electrical Specifications: Unless otherwise specified, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+0.3V]$ to 6V, $T_A = -40^\circ C$ to $85^\circ C$. Typical values are at $+25^\circ C$, $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Preconditioning Current Regulation (Trickle Charge Constant Current Mode)						
Precondition Current Ratio	I_{PREG} / I_{REG}	7.5	10	12.5	%	PROG = 1.0 k Ω to 10 k Ω $T_A = -5^\circ C$ to $+55^\circ C$
		15	20	25	%	
		30	40	50	%	
		—	100	—	%	
Precondition Voltage Threshold Ratio	V_{PTH} / V_{REG}	64	66.5	70	%	V_{BAT} Low to High
		69	71.5	75	%	
Precondition Hysteresis	V_{PHYS}	—	100	—	mV	V_{BAT} High to Low
Charge Termination						
Charge Termination Current Ratio	I_{TERM} / I_{REG}	3.75	5	6.25	%	PROG = 1.0 k Ω to 10 k Ω $T_A = -5^\circ C$ to $+55^\circ C$
		5.6	7.5	9.4	%	
		7.5	10	12.5	%	
		15	20	25	%	
Automatic Recharge						
Recharge Voltage Threshold Ratio	V_{RTH} / V_{REG}	—	94.0	—	%	V_{BAT} High to Low
		—	96.5	—	%	
Pass Transistor ON-Resistance						
ON-Resistance	R_{DSON}	—	300	—	m Ω	$V_{DD} = 3.75V$ $T_J = 105^\circ C$
Battery Discharge Current						
Output Reverse Leakage Current	$I_{DISCHARGE}$	—	0.15	2	μA	PROG Floating
		—	0.25	2	μA	$V_{DD} \leq V_{BAT}$
		—	0.15	2	μA	$V_{DD} < V_{STOP}$
		—	-5.5	-15	μA	Charge Complete
Status Indicators - STAT1, STAT2, PG						
Sink Current	I_{SINK}	—	15	25	mA	
Low Output Voltage	V_{OL}	—	0.4	1	V	$I_{SINK} = 4$ mA
Input Leakage Current	I_{LK}	—	0.01	1	μA	High Impedance, 6V on pin
PROG Input						
Charge Impedance Range	R_{PROG}	1	—	20	k Ω	
Standby Impedance	R_{PROG}	70	—	200	k Ω	Minimum Impedance for Standby
Thermistor Bias						
Thermistor Current Source	I_{THERM}	47	50	53	μA	2 k Ω < R_{THERM} < 50 k Ω
Thermistor Comparator						
Upper Trip Threshold	V_{T1}	1.20	1.23	1.26	V	V_{THERM} Low to High
Upper Trip Point Hysteresis	V_{T1HYS}	—	-50	—	mV	
Lower Trip Threshold	V_{T2}	0.235	0.25	0.265	V	V_{THERM} High to Low
Lower Trip Point Hysteresis	V_{T2HYS}	—	50	—	mV	
System Test (LDO) Mode						
Input High Voltage Level	V_{IH}	($V_{DD}-0.1$)	—	—	V	
THERM Input Sink Current	I_{SINK}	3	6	20	μA	Stand-by or system test mode
Bypass Capacitance	C_{BAT}	1	—	—	μF	$I_{OUT} < 250$ mA
		4.7	—	—	μF	$I_{OUT} > 250$ mA

DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

Electrical Specifications: Unless otherwise specified, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+0.3V]$ to 6V, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C . Typical values are at $+25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Automatic Power Down						
Automatic Power Down Entry Threshold	V_{PD}	—	$V_{BAT} + 50\text{ mV}$	—	V	$2.3V \leq V_{BAT} \leq V_{REG}$ V_{DD} Falling
Automatic Power Down Exit Threshold	V_{PDEXIT}	—	$V_{BAT} + 150\text{ mV}$	—	V	$2.3V \leq V_{BAT} \leq V_{REG}$ V_{DD} Rising
Timer Enable Input (TE)						
Input High Voltage Level	V_{IH}	2.0	—	—	V	
Input Low Voltage Level	V_{IL}	—	—	0.6	V	
Input Leakage Current	I_{LK}	—	0.01	1	μA	$V_{TE} = 6V$
Thermal Shutdown						
Die Temperature	T_{SD}	—	150	—	$^\circ\text{C}$	
Die Temperature Hysteresis	T_{SDHYS}	—	10	—	$^\circ\text{C}$	

AC CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise specified, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+0.3V]$ to 6V, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C . Typical values are at $+25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
UVLO Start Delay	t_{START}	—	—	5	ms	V_{DD} Low to High
Current Regulation						
Transition Time Out of Preconditioning	t_{DELAY}	—	—	1	ms	$V_{BAT} < V_{PTH}$ to $V_{BAT} > V_{PTH}$
Current Rise Time Out of Preconditioning	t_{RISE}	—	—	1	ms	I_{OUT} Rising to 90% of I_{REG}
Preconditioning Comparator Filter Time	t_{PRECON}	0.4	1.3	3.2	ms	Average V_{BAT} Rise/Fall
Termination Comparator Filter Time	t_{TERM}	0.4	1.3	3.2	ms	Average I_{OUT} Falling
Charge Comparator Filter Time	t_{CHARGE}	0.4	1.3	3.2	ms	Average V_{BAT} Falling
Thermistor Comparator Filter Time	t_{THERM}	0.4	1.3	3.2	ms	Average THERM Rise/Fall
Elapsed Timer						
Elapsed Timer Period	$t_{ELAPSED}$	0	0	0	Hours	Timer Disabled
		3.6	4.0	4.4	Hours	
		5.4	6.0	6.6	Hours	
		7.2	8.0	8.8	Hours	
Status Indicators						
Status Output turn-off	t_{OFF}	—	—	200	μs	$I_{SINK} = 1\text{ mA}$ to 0 mA
Status Output turn-on	t_{ON}	—	—	200	μs	$I_{SINK} = 0\text{ mA}$ to 1 mA

TEMPERATURE SPECIFICATIONS

Electrical Specifications: Unless otherwise specified, all limits apply for $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+0.3V]$ to 6V. Typical values are at $+25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = [V_{REG}(Typ)+1.0V]$

Parameters	Symbol	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Temperature Ranges						
Specified Temperature Range	T_A	-40	—	+85	$^\circ\text{C}$	
Operating Temperature Range	T_A	-40	—	+125	$^\circ\text{C}$	
Storage Temperature Range	T_A	-65	—	+150	$^\circ\text{C}$	
Thermal Package Resistances						
Thermal Resistance, MSOP-10	θ_{JA}	—	113	—	$^\circ\text{C/W}$	4-Layer JC51-7 Standard Board, Natural Convection
Thermal Resistance, 3mm x 3mm DFN-10	θ_{JA}	—	41	—	$^\circ\text{C/W}$	4-Layer JC51-7 Standard Board, Natural Convection

MCP73833/4

2.0 TYPICAL PERFORMANCE CURVES

Note: The graphs and tables provided following this note are a statistical summary based on a limited number of samples and are provided for informational purposes only. The performance characteristics listed herein are not tested or guaranteed. In some graphs or tables, the data presented may be outside the specified operating range (e.g., outside specified power supply range) and therefore outside the warranted range.

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = 5.2V$, $V_{REG} = 4.20V$, $I_{OUT} = 10\text{ mA}$ and $T_A = +25^\circ\text{C}$, Constant-voltage mode.

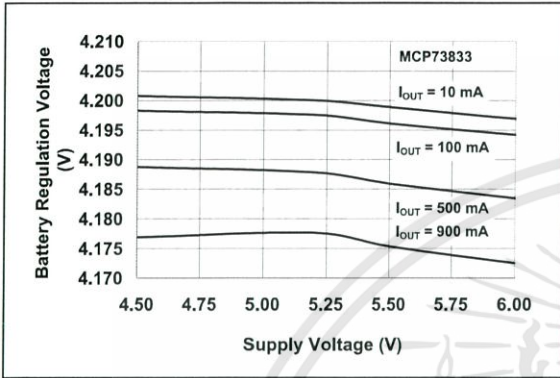


FIGURE 2-1: Battery Regulation Voltage (V_{BAT}) vs. Supply Voltage (V_{DD}).

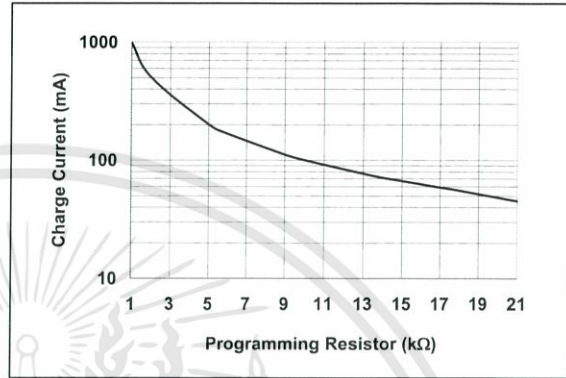


FIGURE 2-4: Charge Current (I_{OUT}) vs. Programming Resistor (R_{PROG}).

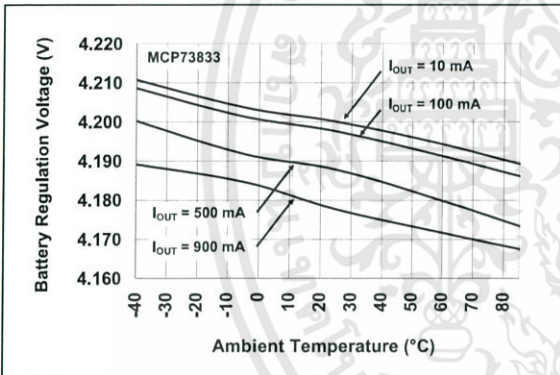


FIGURE 2-2: Battery Regulation Voltage (V_{BAT}) vs. Ambient Temperature (T_A).

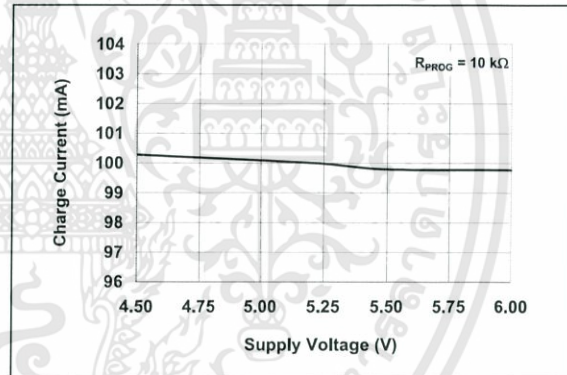


FIGURE 2-5: Charge Current (I_{OUT}) vs. Supply Voltage (V_{DD}).

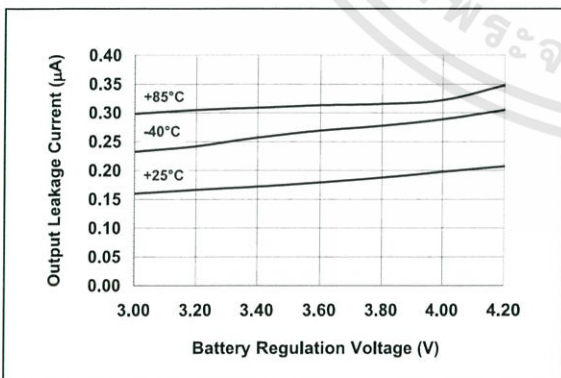


FIGURE 2-3: Output Leakage Current ($I_{DISCHARGE}$) vs. Battery Regulation Voltage (V_{BAT}).

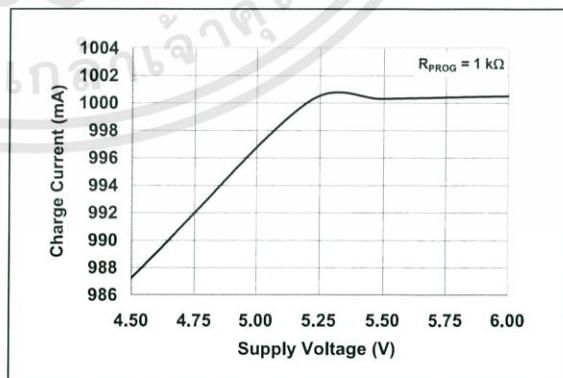


FIGURE 2-6: Charge Current (I_{OUT}) vs. Supply Voltage (V_{DD}).

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (Continued)

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = 5.2V$, $V_{REG} = 4.20V$, $I_{OUT} = 10\text{ mA}$ and $T_A = +25^\circ\text{C}$, Constant-voltage mode.

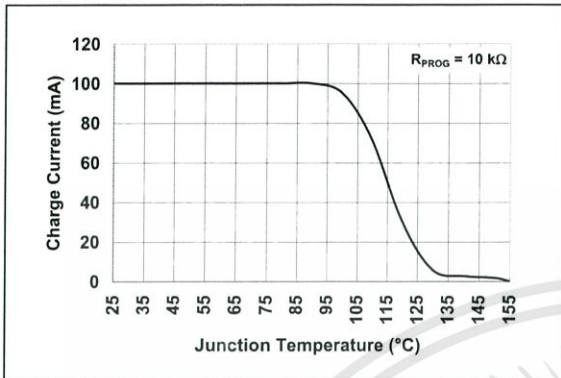


FIGURE 2-7: Charge Current (I_{OUT}) vs. Junction Temperature (T_J).

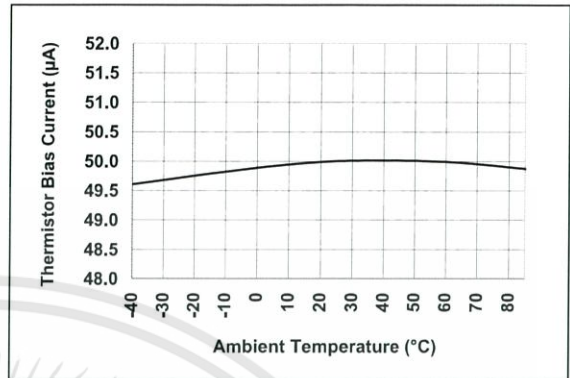


FIGURE 2-10: Thermistor Bias Current (I_{THERM}) vs. Ambient Temperature (T_A).

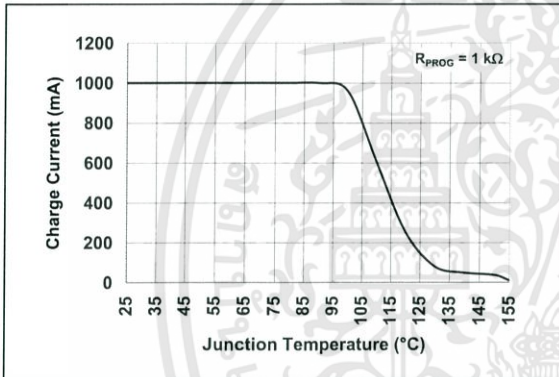


FIGURE 2-8: Charge Current (I_{OUT}) vs. Junction Temperature (T_J).

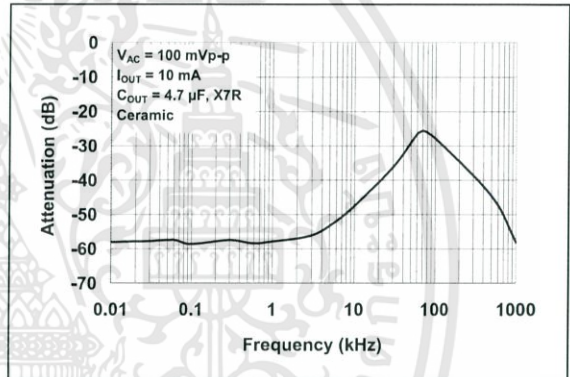


FIGURE 2-11: Power Supply Ripple Rejection (PSRR).

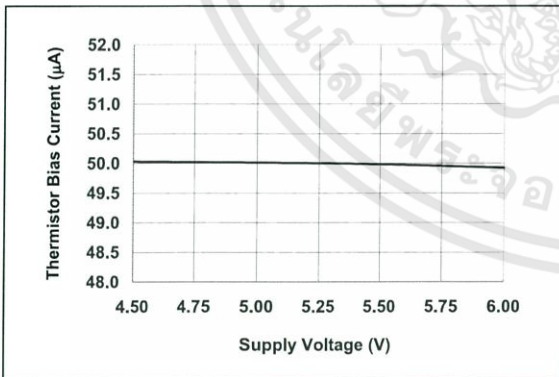


FIGURE 2-9: Thermistor Bias Current (I_{THERM}) vs. Supply Voltage (V_{DD}).

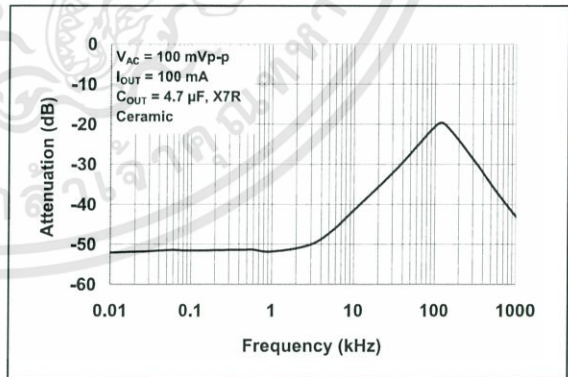


FIGURE 2-12: Power Supply Ripple Rejection (PSRR).

MCP73833/4

TYPICAL PERFORMANCE CURVES (Continued)

Note: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = 5.2V$, $V_{REG} = 4.20V$, $I_{OUT} = 10\text{ mA}$ and $T_A = +25^\circ\text{C}$, Constant-voltage mode.

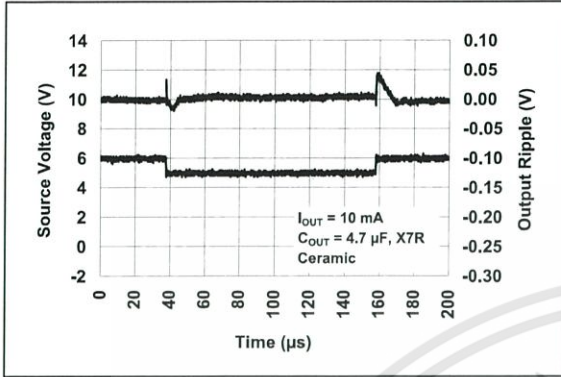


FIGURE 2-13: Line Transient Response.

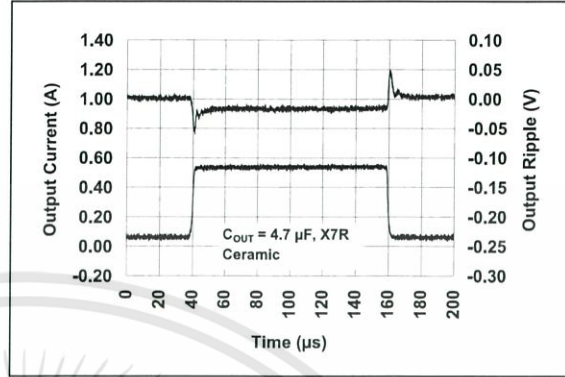


FIGURE 2-16: Load Transient Response.

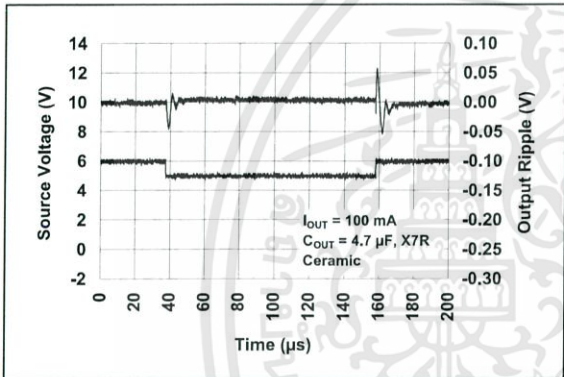


FIGURE 2-14: Line Transient Response.

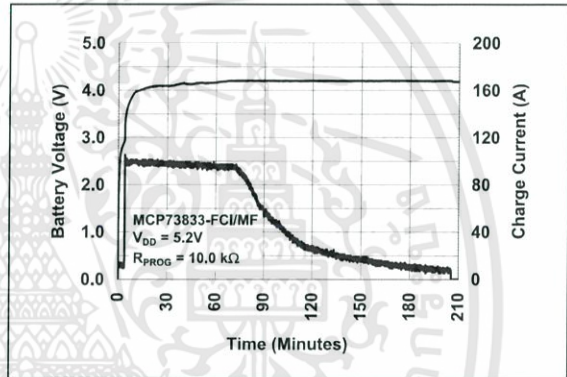


FIGURE 2-17: Complete Charge Cycle (180 mA Li-Ion Battery).

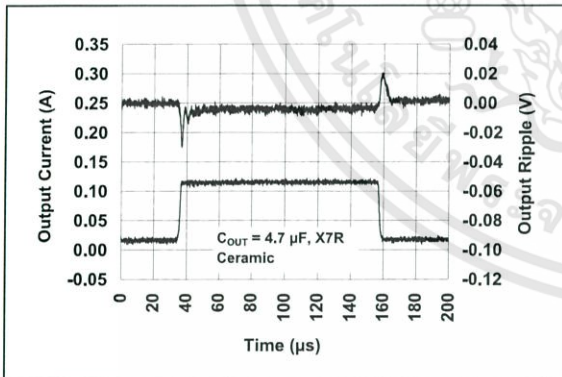


FIGURE 2-15: Load Transient Response.

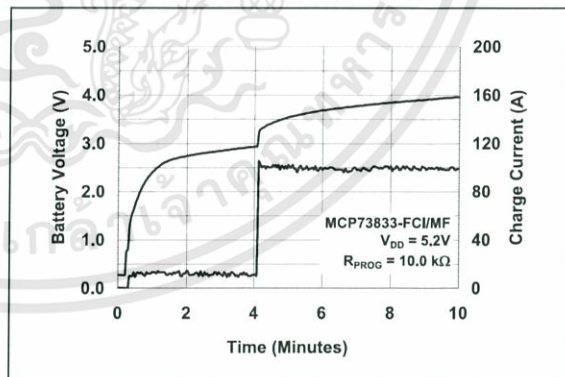


FIGURE 2-18: Charge Cycle Start - Preconditioning (180 mAh Li-Ion Battery).

3.0 PIN DESCRIPTIONS

Descriptions of the pins are listed in Table 3-1.

TABLE 3-1: PIN FUNCTION TABLE

Pin No.		Symbol	Function
DFN	MSOP		
1	1	V _{DD}	Battery Management Input Supply
2	2	V _{DD}	Battery Management Input Supply
3	3	STAT1	Charge Status Output
4	4	STAT2	Charge Status Output
5	5	V _{SS}	Battery Management 0V Reference
6	6	PROG	Current Regulation Set and Charge Control Enable
7	7	$\overline{\text{PG}}$, $\overline{\text{TE}}$	MCP73833: Power Good output, MCP73834: Timer Enable input
8	8	THERM	Thermistor input
9	9	V _{BAT}	Battery Charge Control Output
10	10	V _{BAT}	Battery Charge Control Output

3.1 Battery Management Input Supply (V_{DD})

A supply voltage of [V_{REG} (typ.) + 0.3V] to 6V is recommended. Bypass to V_{SS} with a minimum of 1 μ F.

3.2 Charge Status Outputs (STAT1, STAT2)

STAT1 and STAT2 are open-drain logic outputs for connection to a LED for charge status indication. Alternatively, a pull-up resistor can be applied for interfacing to a host microcontroller.

3.3 Battery Management 0V Reference (V_{SS})

Connect to negative terminal of battery and input supply.

3.4 Current Regulation Set (PROG)

Preconditioning, fast charge, and termination currents are scaled by placing a resistor from PROG to V_{SS}.

The charge management controller can be disabled by allowing the PROG input to float.

3.5 Power Good Indication ($\overline{\text{PG}}$) MCP73833 Only

The power good ($\overline{\text{PG}}$) option is a pseudo open-drain output. The $\overline{\text{PG}}$ output can sink current, but not source current. However, there is a diode path back to the input, and, as such, the $\overline{\text{PG}}$ output should only be pulled up to the input. The $\overline{\text{PG}}$ output is low whenever the input to the MCP73833 is above the UVLO threshold and greater than the battery voltage.

3.6 Timer Enable Input ($\overline{\text{TE}}$) MCP73834 Only

The timer enable ($\overline{\text{TE}}$) input option is used to enable or disable the internal timer. A low signal on this pin enables the internal timer and a high signal disables the internal timer. The $\overline{\text{TE}}$ input can be used to disable the timer when the charger is supplying current to charge the battery and power the system load. The $\overline{\text{TE}}$ input is compatible with 1.8V logic.

3.7 Thermistor Input (THERM)

An internal 50 μ A current source provides the bias for most common 10 k Ω negative-temperature coefficient thermistors (NTC). The MCP73833/4 compares the voltage at the THERM pin to factory set thresholds of 1.20V and 0.25V, typically.

3.8 Battery Charge Control Output (V_{BAT})

Connect to positive terminal of battery. Drain terminal of internal P-channel MOSFET pass transistor. Bypass to V_{SS} with a minimum of 1 μ F to ensure loop stability when the battery is disconnected.

MCP73833/4

4.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The MCP73833/4 is a highly advanced linear charge management controller. Refer to the functional block diagram and Figure 4-1 that depicts the operational flow algorithm from charge initiation to completion and automatic recharge.

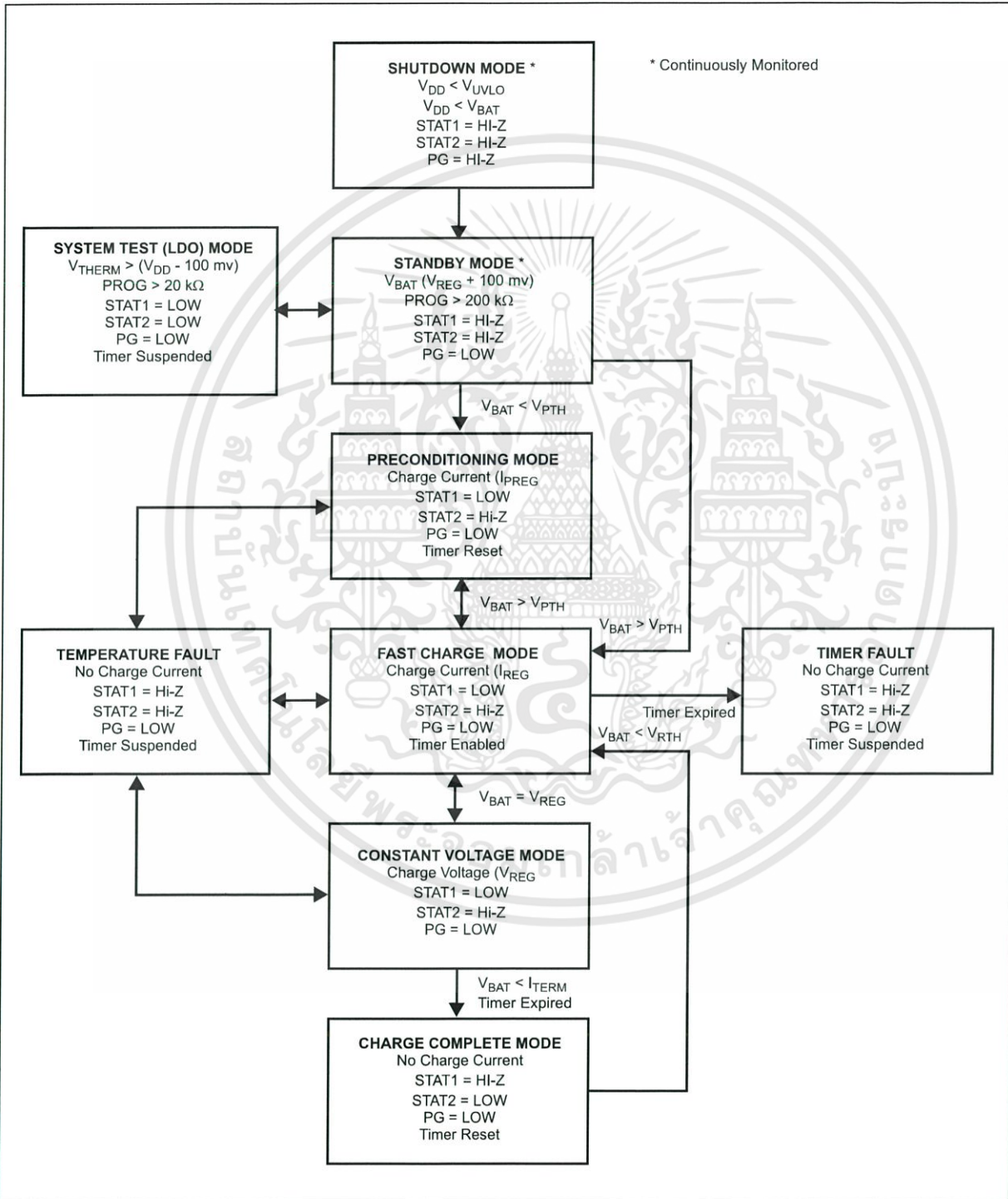


FIGURE 4-1: Flow Chart.

4.1 Under Voltage Lockout (UVLO)

An internal under voltage lockout (UVLO) circuit monitors the input voltage and keeps the charger in shutdown mode until the input supply rises above the UVLO threshold. The UVLO circuitry has a built in hysteresis of 100 mV.

In the event a battery is present when the input power is applied, the input supply must rise +150 mV above the battery voltage before the MCP73833/4 becomes operational.

The UVLO circuit places the device in shutdown mode if the input supply falls to within +50 mV of the battery voltage.

The UVLO circuit is always active. At any time the input supply is below the UVLO threshold or within +50 mV of the voltage at the V_{BAT} pin, the MCP73833/4 is placed in a shutdown mode.

During any UVLO condition, the battery reverse discharge current shall be less than 2 μ A.

4.2 Charge Qualification

For a charge cycle to begin, all UVLO conditions must be met and a battery or output load must be present.

A charge current programming resistor must be connected from PROG to V_{SS} . If the PROG pin is open or floating, the MCP73833/4 is disabled and the battery reverse discharge current is less than 2 μ A. In this manner, the PROG pin acts as a charge enable and can be used as a manual shutdown.

If the input supply voltage is above the UVLO threshold, but below $V_{REG}(Typ)+0.3V$, the MCP73833/4 will pulse the STAT1 and PG outputs as the device determines if a battery is present.

4.3 Preconditioning

If the voltage at the V_{BAT} pin is less than the preconditioning threshold, the MCP73833/4 enters a preconditioning or trickle charge mode. The preconditioning threshold is factory set. Refer to **Section 1.0 "Electrical Characteristics"** for preconditioning threshold options.

In this mode, the MCP73833/4 supplies a percentage of the charge current (established with the value of the resistor connected to the PROG pin) to the battery. The percentage or ratio of the current is factory set. Refer to **Section 1.0 "Electrical Characteristics"** for preconditioning current options.

When the voltage at the V_{BAT} pin rises above the preconditioning threshold, the MCP73833/4 enters the constant current or fast charge mode.

4.4 Constant Current - Fast Charge Mode

During the constant current mode, the programmed charge current is supplied to the battery or load. The charge current is established using a single resistor from PROG to V_{SS} . The program resistor and the charge current are calculated using Equation 4-1:

EQUATION 4-1:

Where:	$I_{REG} = \frac{1000V}{R_{PROG}}$
R_{PROG}	= kilo-ohms
I_{REG}	= milliampere

Constant current mode is maintained until the voltage at the V_{BAT} pin reaches the regulation voltage, V_{REG} .

When constant current mode is invoked, the internal timer is reset.

4.4.1 TIMER EXPIRED DURING CONSTANT CURRENT - FAST CHARGE MODE

If the internal timer expires before the recharge voltage threshold is reached, a timer fault is indicated and the charge cycle terminates. The MCP73833/4 remains in this condition until the battery is removed, the input power is removed, or the PROG pin is opened. If the battery is removed or the PROG pin is opened, the MCP73833/4 enters the Standby mode where it remains until a battery is reinserted or the PROG pin is reconnected. If the input power is removed, the MCP73833/4 is in Shutdown. When the input power is reapplied, a normal start-up sequence ensues.

4.5 Constant Voltage Mode

When the voltage at the V_{BAT} pin reaches the regulation voltage, V_{REG} constant voltage regulation begins. The regulation voltage is factory set to 4.20V, 4.35V, 4.40V, or 4.50V with a tolerance of $\pm 0.75\%$.

4.6 Charge Termination

The charge cycle is terminated when, during constant voltage mode, the average charge current diminishes below a percentage of the programmed charge current (established with the value of the resistor connected to the PROG pin) or the internal timer has expired. A 1 ms filter time on the termination comparator ensures that transient load conditions do not result in premature charge cycle termination. The percentage or ratio of the current is factory set. The timer period is factory set and can be disabled. Refer to **Section 1.0 "Electrical Characteristics"** for charge termination current ratio and timer period options.

The charge current is latched off and the MCP73833/4 enters a charge complete mode.

MCP73833/4

4.7 Automatic Recharge

The MCP73833/4 continuously monitors the voltage at the V_{BAT} pin in the charge complete mode. If the voltage drops below the recharge threshold, another charge cycle begins and current is once again supplied to the battery or load. The recharge threshold is factory set. Refer to **Section 1.0 “Electrical Characteristics”** for recharge threshold options.

4.8 Thermal Regulation

The MCP73833/4 limits the charge current based on the die temperature. The thermal regulation optimizes the charge cycle time while maintaining device reliability. Figure 4-2 depicts the thermal regulation for the MCP73833/4.

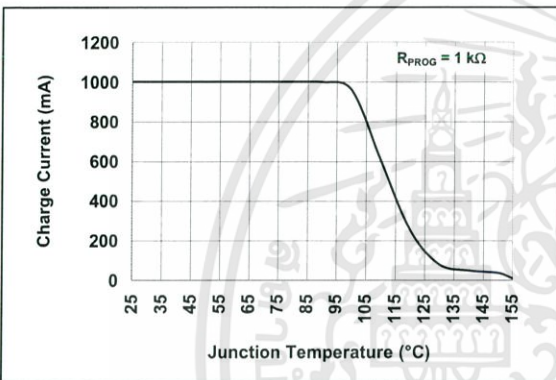


FIGURE 4-2: Thermal Regulation.

4.9 Thermal Shutdown

The MCP73833/4 suspends charge if the die temperature exceeds $+150^{\circ}\text{C}$. Charging will resume when the die temperature has cooled by approximately $+10^{\circ}\text{C}$. The thermal shutdown is a secondary safety feature in the event that there is a failure within the thermal regulation circuitry.

5.0 DETAILED DESCRIPTION

5.1 Analog Circuitry

5.1.1 BATTERY MANAGEMENT INPUT SUPPLY (V_{DD})

The V_{DD} input is the input supply to the MCP73833/4. The MCP73833/4 automatically enters a Power-down mode if the voltage on the V_{DD} input falls below the UVLO voltage (V_{STOP}). This feature prevents draining the battery pack when the V_{DD} supply is not present.

5.1.2 CURRENT REGULATION SET (PROG)

Fast charge current regulation can be scaled by placing a programming resistor (R_{PROG}) from the PROG input to V_{SS}. The program resistor and the charge current are calculated using the Equation 5-1:

EQUATION 5-1:

Where:	$I_{REG} = \frac{1000V}{R_{PROG}}$
R _{PROG}	= kilo-ohms
I _{REG}	= milliamperere

The preconditioning trickle-charge current and the charge termination current are ratiometric to the fast charge current based on the selected device options.

5.1.3 BATTERY CHARGE CONTROL OUTPUT (V_{BAT})

The battery charge control output is the drain terminal of an internal P-channel MOSFET. The MCP73833/4 provides constant current and voltage regulation to the battery pack by controlling this MOSFET in the linear region. The battery charge control output should be connected to the positive terminal of the battery pack.

5.1.4 TEMPERATURE QUALIFICATION (THERM)

The MCP73833/4 continuously monitors battery temperature during a charge cycle by measuring the voltage between the THERM and V_{SS} pins. An internal 50 μA current source provides the bias for most common 10 kΩ negative-temperature coefficient (NTC) or positive-temperature coefficient (PTC) thermistors. The current source is controlled, avoiding measurement sensitivity to fluctuations in the supply voltage (V_{DD}). The MCP73833/4 compares the voltage at the THERM pin to factory set thresholds of 1.20V and 0.25V, typically. Once a volage outside the thresholds is detected during a charge cycle, the MCP73833/4 immediately suspends the charge cycle. The MCP73833/4 suspends charge by turning off the

pass transistor and holding the timer value. The charge cycle resumes when the voltage at the THERM pin returns to the normal range.

If temperature monitoring is not required, place a standard 10 kΩ resistor from THERM to V_{SS}

5.1.4.1 System Test (LDO) Mode

The MCP73833/4 can be placed in a system test mode. In this mode, the MCP73833/4 operates as a low dropout linear regulator (LDO). The output voltage is regulated to the factory set voltage regulation option. The available output current is limited to the programmed fast charge current. For stability, the V_{BAT} output must be bypassed to V_{SS} with a minimum capacitance of 1 μF for output currents up to 250 mA. A minimum capacitance of 4.7 μF is required for output currents above 250 mA.

The system test mode is entered by driving the THERM input greater than (V_{DD}-100 mV) with no battery connected to the output. In this mode, the MCP73833/4 can be used to power the system without a battery present.

Note 1: I_{THERM} is disabled during shutdown, stand-by, and system test modes.

2: A pull-down current source on the THERM input is active only in stand-by and system test modes.

3: During system test mode, the PROG input sets the available output current limit.

4: System test mode shall be exited by releasing the THERM input or cycling input power.

5.2 Digital Circuitry

5.2.1 STATUS INDICATORS AND POWER GOOD (PG - OPTION)

The charge status outputs have two different states: Low (L), and High Impedance (Hi-Z). The charge status outputs can be used to illuminate LEDs. Optionally, the charge status outputs can be used as an interface to a host microcontroller. Table 5-1 summarize the state of the status outputs during a charge cycle.

TABLE 5-1: STATUS OUTPUTS

CHARGE CYCLE STATE	STAT1	STAT2	PG
Shutdown	Hi-Z	Hi-Z	Hi-Z
Standby	Hi-Z	Hi-Z	L
Charge in Progress	L	Hi-Z	L
Charge Complete (EOC)	Hi-Z	L	L
Temperature Fault	Hi-Z	Hi-Z	L
Timer Fault	Hi-Z	Hi-Z	L
System Test Mode	L	L	L

MCP73833/4

5.2.2 POWER GOOD ($\overline{\text{PG}}$) OPTION

The power good ($\overline{\text{PG}}$) option is a pseudo open-drain output. The $\overline{\text{PG}}$ output can sink current, but not source current. However, there is a diode path back to the input, and as such, the $\overline{\text{PG}}$ output should only be pulled up to the input. The $\overline{\text{PG}}$ output is low whenever the input to the MCP73833 is above the UVLO threshold and greater than the battery voltage. If the supply voltage is above the UVLO, but below $V_{\text{REG}}(\text{Typ})+0.3\text{V}$, the MCP73833 will pulse the PG output as the device determines if a battery is present.

5.2.3 TIMER ENABLE ($\overline{\text{TE}}$) OPTION

The timer enable ($\overline{\text{TE}}$) Input option is used to enable or disable the internal timer. A low signal on this pin enables the internal timer and a high signal disables the internal timer. The $\overline{\text{TE}}$ input can be used to disable the timer when the charger is supplying current to charge the battery and power the system load. The $\overline{\text{TE}}$ input is compatible with 1.8V logic.

5.2.4 DEVICE DISABLE (PROG)

The current regulation set input pin (PROG) can be used to terminate a charge at any time during the charge cycle, as well as to initiate a charge cycle or initiate a recharge cycle.

Placing a programming resistor from the PROG input to V_{SS} enables the device. Allowing the PROG input to float or by applying a logic-high input signal, disables the device and terminates a charge cycle. When disabled, the device's supply current is reduced to 100 μA , typically.





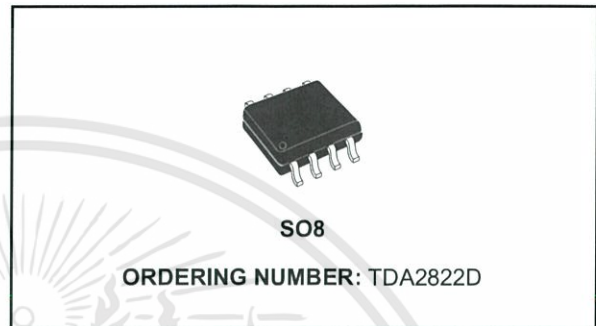
TDA2822D

DUAL LOW-VOLTAGE POWER AMPLIFIER

- SUPPLY VOLTAGE DOWN TO 1.8V
- LOWCROSSOVER DISTORTION
- LOW QUIESCENT CURRENT
- BRIDGE OR STEREO CONFIGURATION

DESCRIPTION

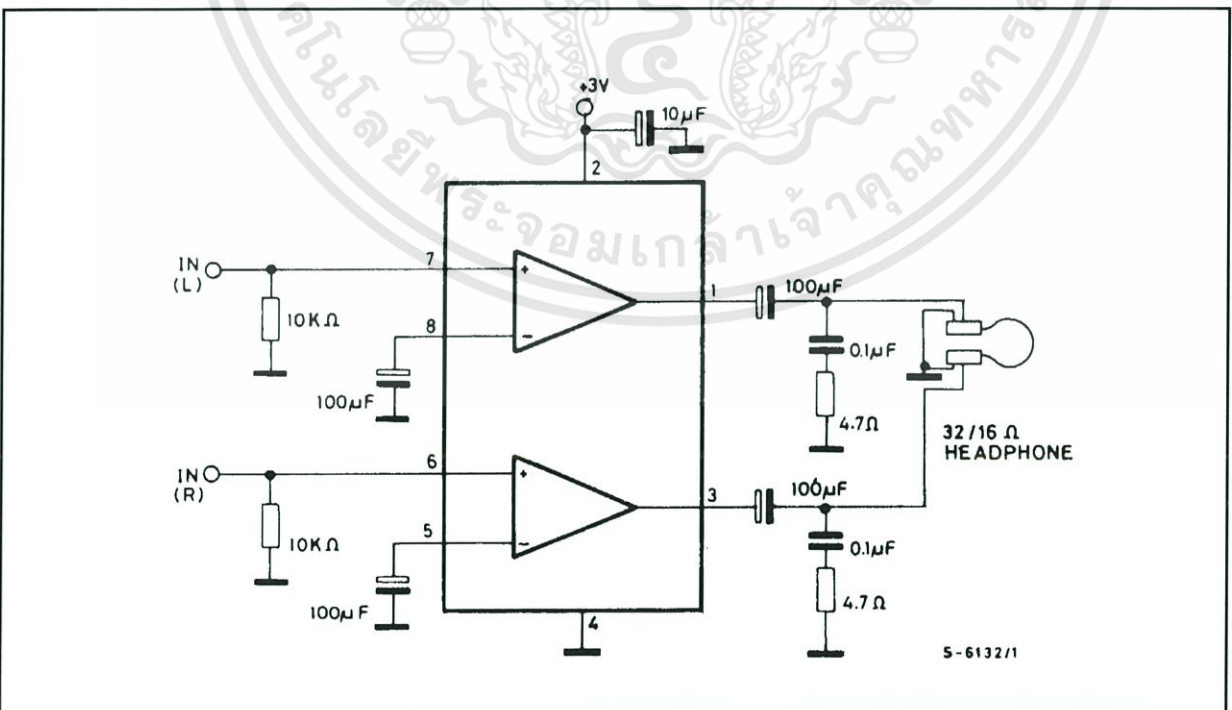
The TDA2822D is a monolithic integrated circuit in 8 lead (SO-8) package. It is intended for use as dual audio power amplifier in portable cassette players, radios and CD players



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

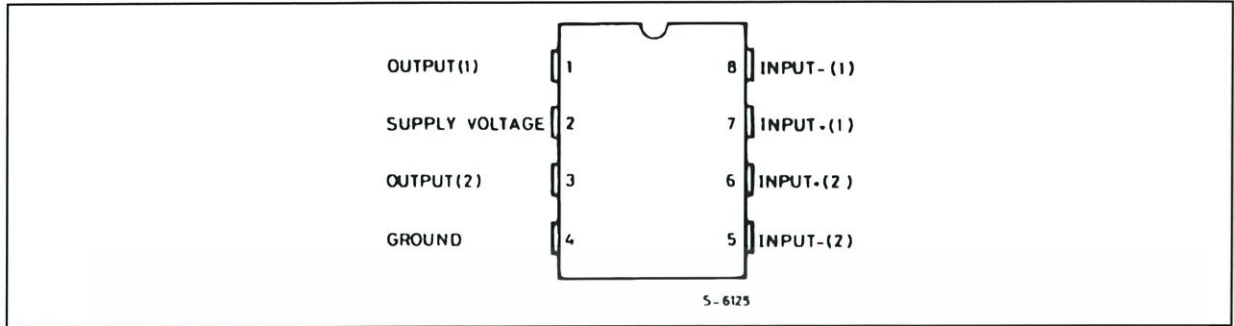
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage	15	V
I_O	Peak Output	1	A
P_{tot}	Total Power Dissipation $T_{amb} = 50^\circ\text{C}$	0.5	W
T_{stg}, T_J	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ\text{C}$

APPLICATION CIRCUIT



TDA2822D

PIN CONNECTION (Top view)



THERMAL DATA

Symbol	Description	Value	Unit
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max 200	$^{\circ}C/W$

Figure 1: Stereo Application and Test Circuit

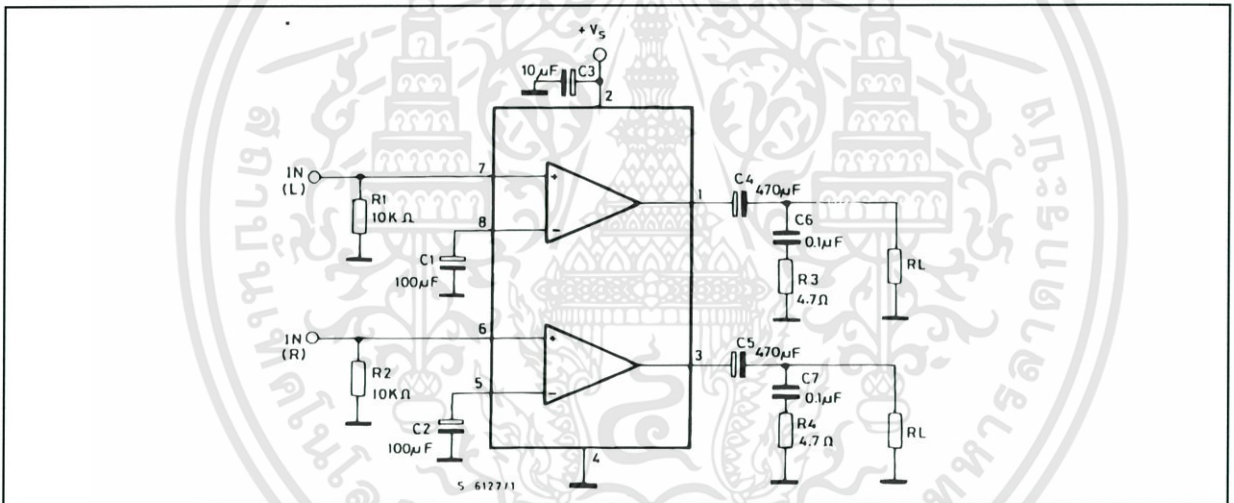
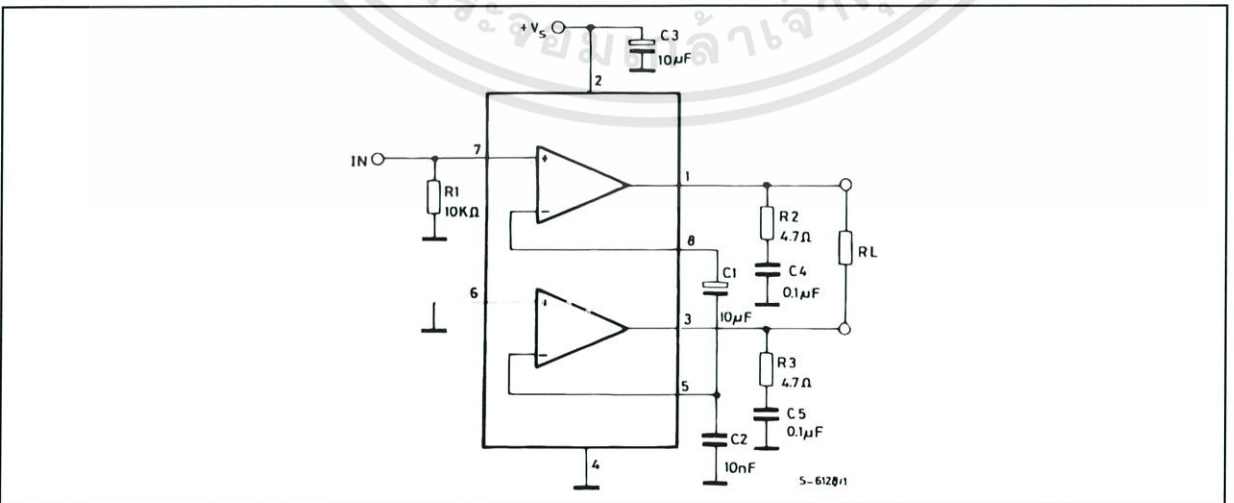


Figure 2: Bridge Application and Test Circuit



ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = 6V$; $T_{amb} = 25^\circ C$, unless otherwise specified).

STEREO (Test circuit of fig. 1).

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	
V_S	Supply Voltage		1.8		15	V	
I_d	Total Quiescent Drain Current				15	mA	
V_O	Quiescent Output Voltage			2.7		V	
		$V_S = 3V$		1.2		V	
I_b	Input Bias Current			100		nA	
P_O	Output Power (each channel) ($f = 1KHz$, $d = 10\%$)	$R_L = 32\Omega$	$V_S = 9V$ $V_S = 6V$ $V_S = 4.5V$ $V_S = 3V$ $V_S = 2V$		300 120 60 20 5		mW
		$R_L = 16\Omega$	$V_S = 6V$	170	220		mW
		$R_L = 8\Omega$	$V_S = 6V$	300	380		mW
		$R_L = 4\Omega$	$V_S = 4.5V$ $V_S = 3V$		320 110		mW mW
d	Distortion	$R_L = 32\Omega$	$P_O = 40mW$		0.2		%
		$R_L = 16\Omega$	$P_O = 75mW$		0.2		%
		$R_L = 8\Omega$	$P_O = 150mW$		0.2		%
G_V	Closed Loop Voltage Gain	$f = 1KHz$	36	39	41	dB	
ΔG_V	Channel Balance				± 1	dB	
R_i	Input Resistance	$f = 1KHz$	100			K Ω	
e_N	Total Input Noise	$R_S = 10k\Omega$ B = Curve A		2		μV	
		$R_S = 10k\Omega$ B = 22Hz to 22KHz		2.5		μV	
SVR	Supply Voltage Rejection	$f = 100Hz$ C1 = C2 = 100 μF	24	30		dB	
C_s	Channel Separation	$f = 1KHz$		50		dB	

BRIDGE (Test circuit of fig.2)

V_S	Supply Voltage		1.8		15	V	
I_d	Total Quiescent Drain Current	$R_L = \infty$			15	mA	
V_{os}	Output Offset Voltage (between the outputs)	$R_L = 8\Omega$			± 80	mV	
I_b	Input Bias Current			100		nA	
P_O	Output Power ($f = 1KHz$, $d = 10\%$)	$R_L = 32\Omega$	$V_S = 9V$ $V_S = 6V$ $V_S = 4.5V$ $V_S = 3V$ $V_S = 2V$	320 50	1000 400 200 65 8		mW
		$R_L = 16\Omega$	$V_S = 6V$ $V_S = 3V$		800 120		mW mW
		$R_L = 8\Omega$	$V_S = 4.5V$ $V_S = 3V$		700 220		mW mW
		$R_L = 4\Omega$	$V_S = 3V$ $V_S = 2V$		350 80		mW mW
d	Distortion	$R_L = 8\Omega$ $P_O = 0.5W$ $f = 1KHz$		0.2		%	
G_V	Closed Loop Voltage Gain	$f = 1KHz$		39		dB	
R_i	Input Resistance	$f = 1KHz$	100			K Ω	
e_N	Total Input Noise	$R_S = 10k\Omega$ B = Curve A		2.5		μV	
		$R_S = 10k\Omega$ B = 22Hz to 22KHz		3		μV	
SVR	Supply Voltage Rejection	$f = 100Hz$		40		dB	
B	Power Bandwidth (-3dB)	$R_L = 8\Omega$ $P_O = 1W$		120		KHz	

Figure 3: Supply Voltage Rejection vs. Frequency

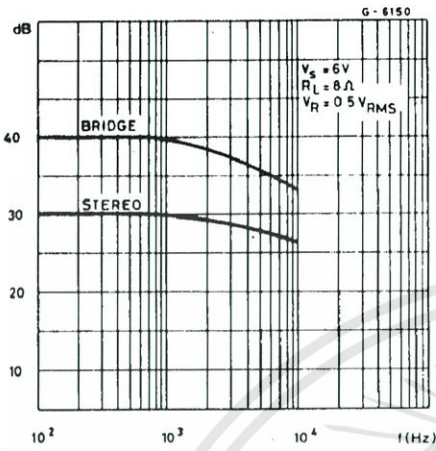


Figure 4: Output Power vs. Supply Voltage (THD = 10%, $f = 1KHz$ Stereo)

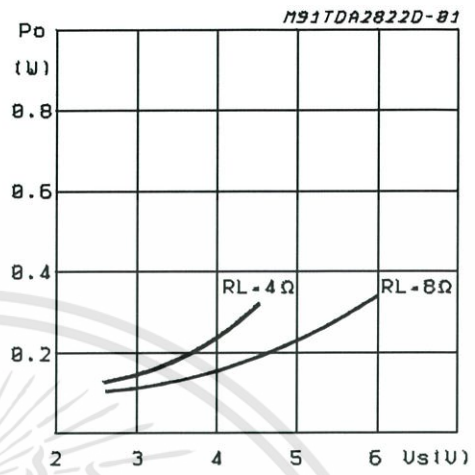


Figure 5: Total Power Dissipation vs. Output Power (Bridge)

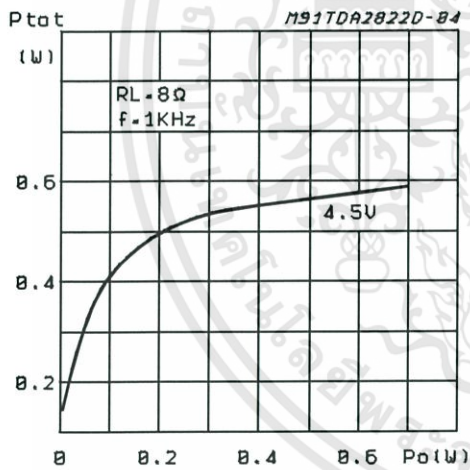


Figure 6: Total Power Dissipation vs. Output Power (Bridge)

