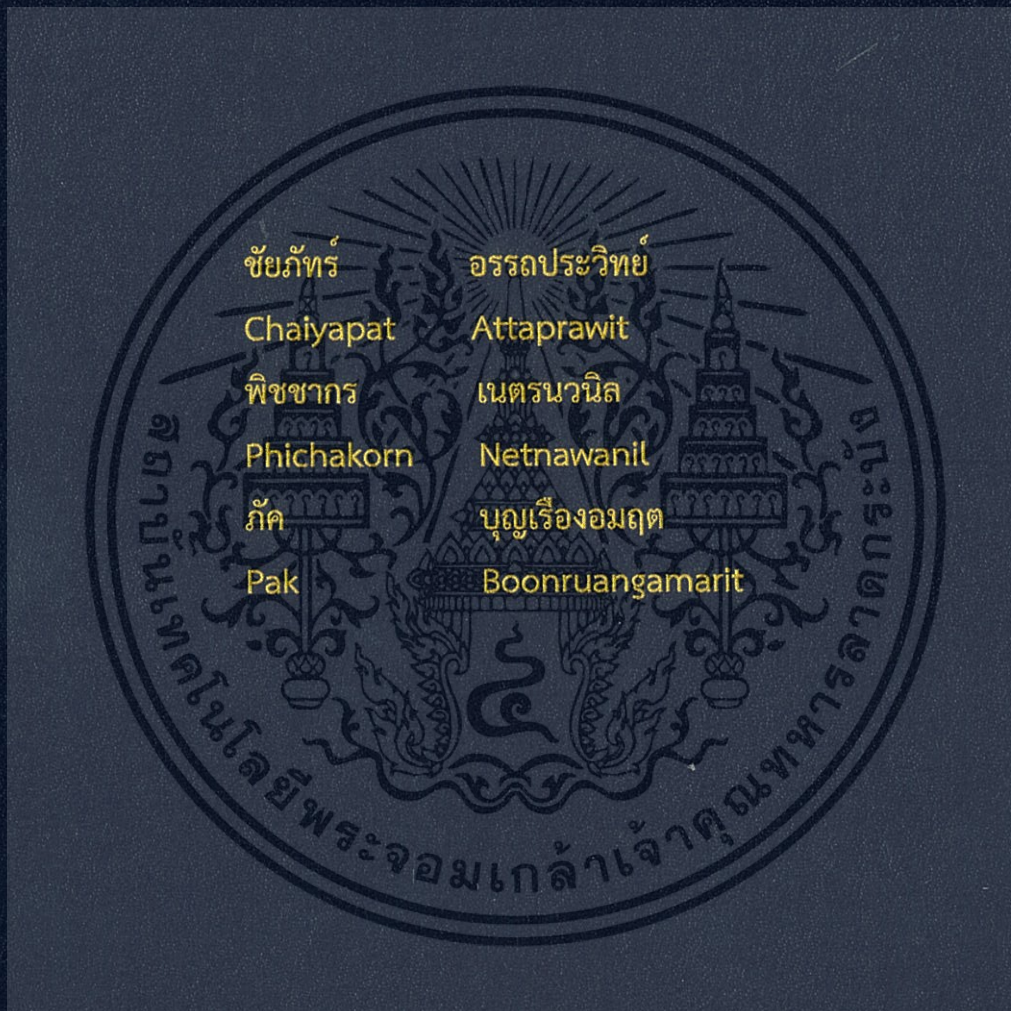


การศึกษาเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์

STUDY OF ISOLATED AMPLIFIER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์
STUDY OF ISOLATED AMPLIFIER



T143918

โดย
นายชัยภัทร์ อรรถประวิทย์ รหัส 55010268
นางสาวพิชชากร เนตรนวนิล รหัส 55010849
นายภค บัญเรืองอมฤต รหัส 55010914

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิติพล ชิตสกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 143918
รับเดือนปี 04 ต.ค. 2559

b. 12810551
f.

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
การเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์
STUDY OF ISOLATED AMPLIFIER

ผู้จัดทำ นายชัยภัทร์ อรรถประวิทย์ รหัส 55010268

นางสาวพิชชากร เนตรนวนิน รหัส 55010849

นายภัค บุญเรืองอมฤต รหัส 55010914

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพล ชิตสกุล



ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพล ชิตสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์
นักศึกษา	นายชัยภัทร์ อรรถประวิทย์ รหัส 55010268 นางสาวพิชชากร เนตรนวนิล รหัส 55010849 นายภัค บุญเรืองอมฤต รหัส 55010914
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพล ชิตสกุล

บทคัดย่อ

เครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์ใช้แสงในการเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณและวงจรแม่เหล็กในการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟและกราวด์ ทำให้สามารถลดศักดาไฟฟ้ารบกวนค่าสูงๆ กระแสรั่วไหล และสัญญาณรบกวนระหว่างวงจรที่เข้ามาเชื่อมต่อ ช่วยในการป้องกันความเสียหายกับวงจรแรงดันต่ำ หรือป้องกันกระแสรั่วไหลอันตรายไปยังกลับไปยังแหล่งกำเนิดสัญญาณจากแหล่งจ่ายไฟ เครื่องขยายสัญญาณนี้ถูกออกแบบให้ใช้งานทั่วไป โดยแบ่งเป็น 5 ส่วนหลักๆ คือแหล่งจ่ายไฟตรงค่าคงที่ Isolated Dc to Dc converter วงจรขยายสัญญาณอนาล็อก ส่วนเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล และซอฟต์แวร์แสดงผลบนคอมพิวเตอร์

Thesis Title	Study of Isolated Amplifier		
Student	Mr. Chaipayat	Attaprawit	Student ID 55010268
	Miss. Phichakorn	Netnawanil	Student ID 55010849
	Mr. Pak	Boonruangamarit	Student ID 55010914
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Year	2015		
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Kitiphol Chitsakul		

Abstract

The Isolated Amplifier in this study employs light as media to transmit signals between the stages. It also uses a transformer to separate DC source and ground lead based on isolated DC to DC converter. The Isolated Amplifier can protect high voltages, leakage current and noise preventing the destruction of low power circuits and also danger to the signal source. The Isolated Amplifier consists of 5 main parts. The first part is a fixed voltage linear power supply, a Dc to Dc converter, isolated amplifier, an analog to digital convertor, and software for processing the measured signals.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงการ และขอบคุณเพื่อนห้องโปรเจกต์นี้และห้องโปรเจกต์ข้างเคียงที่ให้การช่วยเหลือต่างๆเป็นอย่างดี คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความช่วยเหลือจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายชัยภัทร์ อรรถประวิทย์

นางสาวพิชชากร เนตรนวนิล

นายภาค บุญเรืองอมฤต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
III
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	v
สารบัญรูป.....	vi
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 แนวคิดของโครงการ.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 โครงสร้างของรายงาน.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 วงจรแยกกราวด์.....	3
2.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....	5
2.3 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน.....	6
2.4 วงจรขยายเครื่องมอวัด.....	6
2.5 DAQ Board.....	8
2.6 Arduino.....	9
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	10
3.1 คุณสมบัติของเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกกราวด์ที่ออกแบบ.....	10
3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์.....	10
3.3 รูปแบบวงจรที่ได้ทำการออกแบบ.....	19
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	24
4.1 การทดสอบคุณสมบัติ.....	24
4.2 ผลการทดลอง.....	24
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	51
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	51
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	51
เอกสารอ้างอิง.....	52

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 1 μ F.....	25
4.2 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 10 μ F.....	25
4.3 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 47 μ F.....	28
4.4 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 100 μ F.....	28
4.5 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 1 μ F.....	31
4.6 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 10 μ F.....	31
4.7 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 47 μ F.....	34
4.8 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 100 μ F.....	34
4.9 การตอบสนองความถี่หลังจาก INA แบบ AC Amplifier.....	40
4.10 การตอบสนองความถี่หลังจาก INA แบบ DC Amplifier.....	41
4.11 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier ไม่มี filter โดยป้อนสัญญาณเป็นรูป sine wave ขนาด 20mV.....	42
4.12 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier โดยผ่าน low pass filter โดยป้อนสัญญาณเป็นรูป sine wave ขนาด 20mV.....	43
4.13 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC โดยผ่าน high pass filter โดยป้อนสัญญาณเป็นรูป sine wave ขนาด 20mV.....	44
4.14 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน low pass filter โดยป้อนสัญญาณขนาด 1 V.....	45
4.15 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน high pass filter โดยป้อนสัญญาณขนาด 1 V.....	46

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 โครงสร้างของเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์.....	1
2.1 การใช้งานหม้อแปลงแบบแยกที่แพร่หลายที่สุด.....	3
2.2 วงจรออปโตแบบแยกทั่วไป.....	4
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Increasing Frequency กับ Normalized Output Power.....	5
2.4 ลักษณะของกราฟ low pass filter แบบต่าง.....	5
2.5 High pass filter.....	6
2.6 วงจรขยายเครื่องมือวัด.....	7
2.7 (ก) วงจรขยายเครื่องมือ วัดค่าที่มีตัวต้านทานภายนอกเพื่อปรับค่าอัตราขยาย.....	7
2.7 (ข) สัญลักษณ์วงจรถ่าย.....	8
3.1 tl494 (top view).....	10
3.2 ความถี่ oscillator และค่าผันแปรความถี่ VS ความต้านทานแบบค่าเวลาคงตัวของวงจร.....	11
3.3 ตัวอย่างรูปหม้อแปลงแบบ center tapped และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น.....	12
3.4 รูปแบบโดยทั่วไปของวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ โดยใช้ LM78L05.....	13
3.5 รูปแบบโดยทั่วไปของวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ โดยใช้ LM79L05.....	14
3.6 วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ทั้งไฟบวกและไฟลบ.....	14
3.7 ลักษณะภายในและขาของ CA3140EZ.....	15
3.8 วงจรกรองความถี่.....	15
3.9 ลักษณะภายในของ INA.....	15
3.10 tl431.....	15
3.11 Arduino Board.....	16
3.12 วงจร low pass filter.....	17
3.13 วงจร high pass filter.....	17
3.14 วงจรขยายแบบ AC.....	18
3.15 วงจรขยายแบบ DC.....	18
3.16 DC-DC Converter.....	19
3.17 วงจรขยายโดยใช้ ina114bu และ ca3140EZ.....	20
3.18 วงจร low pass filter และ high pass filter.....	21
3.19 code Labview ของ Arduino ที่ใช้แสดงผลหน้าจอ.....	22
3.20 code Labview ของ DAQ Board ที่ใช้แสดงผลหน้าจอ.....	23
4.1 วงจรที่ใช้ทดลอง DC-DC Converter.....	24
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=1\mu\text{F}$	26
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=1\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	26
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=10\mu\text{F}$	27
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=10\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	27
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=47\mu\text{F}$	29
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=47\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VI และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=100\mu\text{F}$	30
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=100\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	30
4.10 วงจรที่ใช้ทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator.....	31
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=1\mu\text{F}$	32
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=1\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	32
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=10\mu\text{F}$	33
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=10\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	33
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=47\mu\text{F}$	35
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=47\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	35
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=100\mu\text{F}$	36
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=100\mu\text{F}$ (ไฟลบ).....	36
4.19 กราฟที่วัดออกจากขา8และขา11 ของtl494 จะได้เป็น pulse สองคลื่นที่กลับเฟสกัน.....	37
4.20 กราฟที่วัดจาก output ของหม้อแปลง.....	37
4.21 กราฟที่วัดออกจากไดโอดบริดจ์ (ไม่ใส่ C).....	38
4.22 กราฟที่วัดออกจากไดโอดบริดจ์โดยใส่ C.....	38
4.23 กราฟที่วัดออกจาก output ของ Regulator.....	39
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจาก INA แบบ AC Amplifier.....	40
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจาก INA แบบ DC Amplifier.....	41
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier ไม่มี filter.....	42
4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier โดยผ่าน low pass filter.....	43
4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier โดยผ่าน high pass filter.....	44
4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน low pass filter cutoff ที่ 10 Hz.....	45
4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน high pass filter cutoff ที่ 50 Hz.....	46
4.31 สัญญาณECGที่ได้หลังจากผ่าน INA จากเครื่อง Simulator.....	47
4.32 สัญญาณรูปไซน์ ที่ได้หลังจากผ่าน INA จาก function generator.....	47
4.33 สัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ได้หลังจากผ่าน INA จาก function generator	48
4.34 สัญญาณ pulse ที่ได้หลังจากผ่าน INA จาก function generator.....	48
4.35 สัญญาณ pulse หลังจากผ่าน INA จาก function generator.....	49
4.36 สัญญาณ ECG ที่ได้จากเครื่อง Simulator แล้วแสดงผลออก โปรแกรมLabView.....	49
4.37 สัญญาณรูปไซน์ที่ได้จาก function generator แล้วแสดงผลออกโปรแกรมLabView.....	50

บทที่ 1

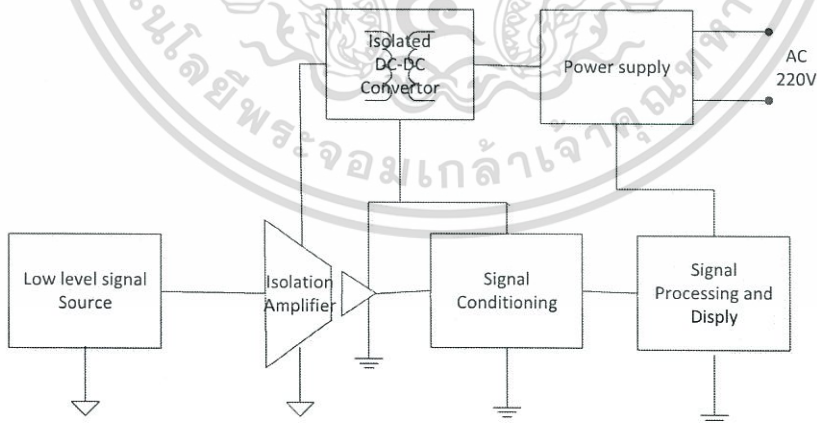
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการเชื่อมกันต่อระหว่างวงจรที่ใช้กำลังงานสูงและต่ำ วงจรความไวสูง หรือกับแหล่งกำเนิดสัญญาณที่มีความไวกับสัญญาณรบกวน หรือความปลอดภัยด้านไฟฟ้าเช่นร่างกายมนุษย์การเชื่อมต่อโดยตรงอาจเกิดอันตรายจากกระแสรั่วไหลจากแหล่งกำลังงานสูง การใช้เครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์ ด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น Opto Isolator หรือ ทรานสฟอเมอร์ สามารถช่วยในการป้องกันอันตราย หรือทำให้ปลอดภัยจาก สัญญาณรบกวนในทุกขนาด เพื่อศึกษาเทคนิคต่าง ๆ ผู้จัดทำจึงได้ลองศึกษาออกแบบ เครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์ ตามแนวคิดพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 1.1

1.2 แนวคิดของโครงการ

เครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์ ที่ได้ออกแบบจะใช้ DC-DC Converter แบบแยกส่วนจ่ายไฟให้วงจรส่วนหน้า ซึ่งจะเชื่อมต่อกับแหล่งกำเนิดสัญญาณแรงดันต่ำ และแยกส่วนสัญญาณระหว่างวงจรส่วนหลังด้วย Opto Isolator แสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกส่วนสัญญาณและกราวด์

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน

- 1.3.1 เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องขยายแบบแยกกราวด์รวมถึงลักษณะและคุณสมบัติของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่นำมาใช้ในวงจร
- 1.3.2 เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรแปลงไฟ DC เป็นไฟ DC (isolated dc-dc conversion)
- 1.3.3 เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรขยายเครื่องมือวัด (Instrumentation Amplifier) วงจรขยายสัญญาณและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรกรองความถี่สูงผ่าน
- 1.3.4 เพื่อฝึกฝนทักษะในการออกแบบวงจรการใช้มัลติมิเตอร์และอุปกรณ์วัดอื่นๆในงานอิเล็กทรอนิกส์
- 1.3.5 เพื่อเรียนรู้และเข้าใจถึงปัญหาที่พบจากการทำชิ้นงานจริง ตลอดจนการหาวิธีการแก้ไขและการป้องกันปัญหานั้นๆ

1.4 ขอบเขตของโครงการงาน

- 1.4.1 ผลงานที่ได้สามารถนำไปใช้ได้จริงและเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ
- 1.4.2 สามารถอธิบายหลักการทำงานของผลงานคร่าวๆได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

มีความรู้พื้นฐานในการทำงานทางด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และสามารถอธิบายหลักการทำงานของผลงานคร่าวๆได้

1.6 โครงสร้างของรายงาน

รายงานฉบับนี้เป็นผลจากการศึกษาค้นคว้า และทดลองตลอดภาคการศึกษาแล้วนำเสนอเป็น บทตอน ดังนี้

- บทที่ 1 กล่าวถึง บทนำ ความเป็นมาของโครงการงาน และวัตถุประสงค์
- บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีและองค์ประกอบของวงจร
- บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบวงจร คุณสมบัติของวงจร และการเลือกใช้อุปกรณ์
- บทที่ 4 กล่าวถึง การทดสอบคุณสมบัติ การทดลอง และรูปผลการทดลอง
- บทที่ 5 กล่าวถึง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

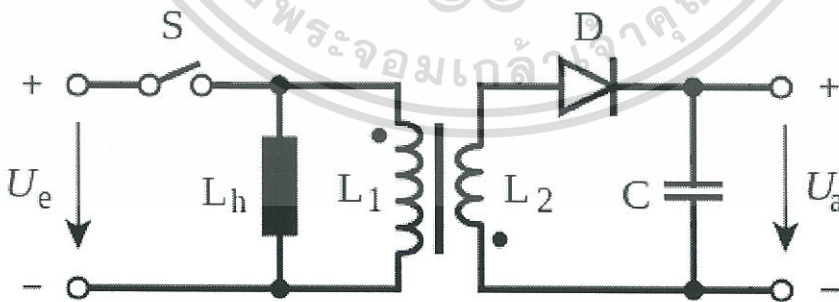
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรแยกกราวด์ (Galvanic isolation)

เป็นหลักการของแยกส่วนการทำงานของระบบไฟฟ้าเพื่อป้องกันการไหลของกระแส พลังงานหรือข้อมูลที่ ยังคงสามารถแลกเปลี่ยนระหว่างส่วนด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น ความจุ, การเหนี่ยวนำหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือวิธีการอื่นๆ โดยปกติหน้าที่หลักๆคือแยกศักดาไฟฟ้าสูงๆ แยกกระแสรั่วและสัญญาณรบกวน มีหลายแบบ เช่น Transformer isolation, Opto isolator เป็นต้น

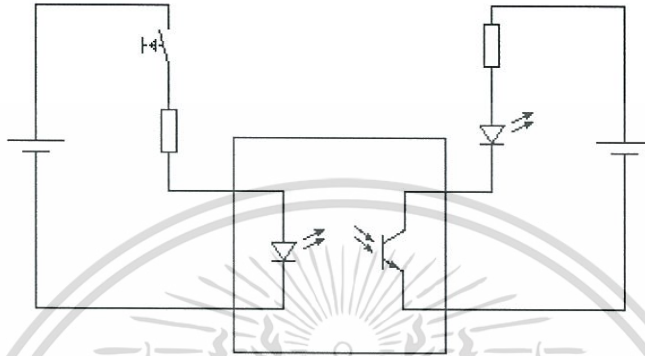
1.การแยกโดยใช้หม้อแปลง ทำงานโดย ฟลักซ์แม่เหล็กไหลผ่าน ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิของหม้อแปลงไม่ได้เชื่อมต่อกัน (หม้อแปลงไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ มีการเชื่อมต่อสื่อนำไฟฟ้าระหว่างขดลวดและเพื่อไม่ให้แยกจากกัน อย่างสิ้นเชิง) ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าจะถูกใช้เกี่ยวกับความปลอดภัยที่ระหว่างขดลวดโดยไม่มีความเสี่ยงของการเบรคดาวน์ (แรงดันแยก) ระบุไว้ในหน่วย กิโลวัตต์โดยมาตรฐานอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับทรานสดิวเซอร์ โดยปกติหม้อแปลงมักจะใช้ในการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า แต่ในการแยกกราวด์แบบใช้หม้อแปลง เราจะใช้หม้อแปลง อัตราส่วน 1: 1 สำหรับหม้อแปลงแยก (isolation transformer)เป็น หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้า จากแหล่งจ่ายกระแสสลับ (AC source) อุปกรณ์บางอย่างจะแยกอุปกรณ์ขับเคลื่อนจากแหล่งจ่ายปกติ เพราะเหตุผลด้านความปลอดภัย หม้อแปลงแยกอาจจะใช้เพื่อป้องกันไฟฟ้าช็อตหรือกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ในอุปกรณ์ที่มีความไวสูงหรือการถ่ายโอนกำลังงานระหว่างสองวงจรซึ่งจะไม่ต้องเชื่อมต่อกัน หม้อแปลงใช้ สำหรับการแยกมักจะมีฉนวนกันความร้อนพิเศษระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิซึ่งทนต่อแรงดันสูงระหว่างขดลวด หม้อแปลงแยกห้ามการถ่ายโอนขององค์ประกอบของสัญญาณ DC จากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจร แต่ยอมให้ส่วนประกอบ AC ผ่านได้



รูปที่ 2.1 แสดงการใช้งานหม้อแปลงแบบแยกที่แพร่หลายที่สุด

2.การแยกโดยใช้ออปโต (Opto isolator)

ออปโตจะส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นแสงจากผู้ส่ง (แหล่งกำเนิดแสง) ไปยังตัวรับสัญญาณ (อุปกรณ์แสง) ซึ่งไม่ได้เชื่อมต่อทางไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วพวกเขาจะหุ้มอยู่ภายในเมทริกซ์ที่บดฉนวนแสงพลาสติก



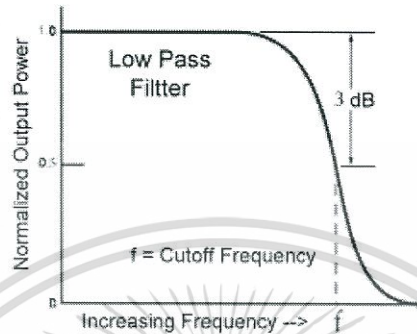
รูปที่ 2.2 วงจรออปโตแบบแยกทั่วไป

เครื่องขยายแบบแยกกราวด์ หนึ่งในรูปแบบของวงจรขยายสัญญาณแบบเปรียบเทียบสัญญาณ ที่ช่วยให้การวัดสัญญาณขนาดเล็กในการปรากฏตัวของแรงดันไฟฟ้าสูงโหมตร่วมโดยอยู่ระหว่างตัวแยกไฟฟ้าและอุปสรรคความปลอดภัยด้านไฟฟ้า พวกเขาป้องกันอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลจากแรงดันไฟฟ้าโหมตร่วมที่มีความแตกต่างที่อาจเกิดขึ้นระหว่างกราวด์อุปกรณ์และกราวด์ของสัญญาณ เครื่องมือนี้ถูกใช้ในการแสดงตัวของแรงดันไฟฟ้าโหมตปกติโดยไม่มีอุปสรรคแยกช่วยให้กระแสกราวด์ไหลเวียนและเป็นกรณีที่ดีที่สุดที่จะเป็นแสดง noise ของสัญญาณภายใต้การสอบสวน ในกรณีนี้ที่เลวร้ายที่สุดสมมติว่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสโหมตร่วมเพียงพอที่จะทำให้ลายเครื่องมือ เครื่องขยายแบบแยกกราวด์ที่ใช้ในเครื่องมือทางการแพทย์จะช่วยแยกผู้ป่วยจากกระแสรั่วไหลจากแหล่งจ่ายไฟวงจรขยายสัญญาณที่มีอุปสรรคแยกสามารถจำกัดของแรงดันพังทลายอุปสรรคของซึ่งมักจะเป็น 1,000 โวลต์ขึ้น การดำเนินการนี้จะช่วยปกป้องเครื่องสัญญาณและเครื่องมือที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับมันในขณะที่ยังช่วยให้วัดอย่างถูกต้องสมเหตุสมผล วงจรขยายสัญญาณเหล่านี้ยังใช้สำหรับการขยายสัญญาณระดับต่ำในการใช้งานแบบหลายช่องทาง

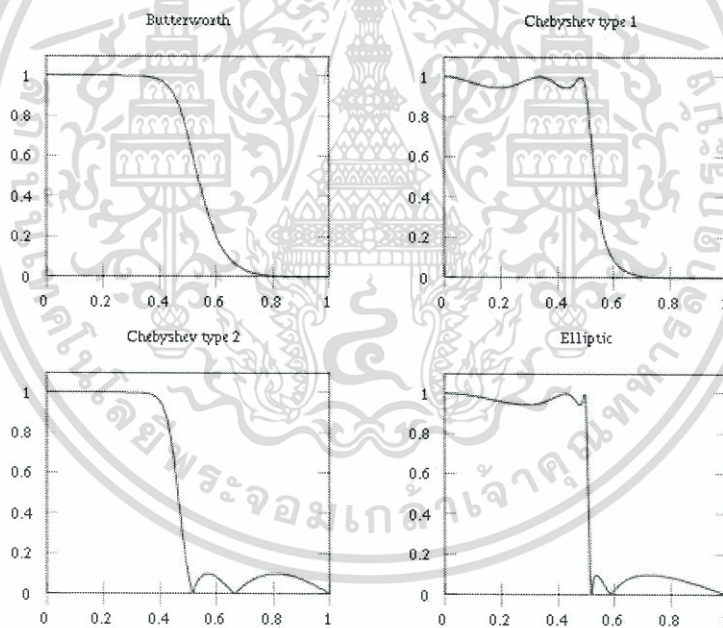
นอกจากนี้ยังสามารถจัดซื้อผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการวัดที่เกิดจากอุปกรณ์ วงจรขยายสัญญาณที่มีหม้อแปลงอยู่ภายในสามารถตั้งวงจรแยกกราวด์ภายนอกของแหล่งจ่าย พวกเขามักจะใช้เป็นอินเทอร์เฟซแบบอนาล็อกระหว่างระบบที่มีการแยกกราวด์ วงจรขยายสัญญาณอาจจะหมายถึงวงจรแยกกราวด์ของแหล่งจ่ายทั้งด้านอินพุตและด้านเอาต์พุตหรืออาจจะใช้แหล่งจ่ายภายนอกคนละชุดในแต่ละส่วน

2.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass filter, LPF)

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass filter, LPF) เป็นวงจรที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านไปได้ดี และทำการลดทอนความถี่ของสัญญาณที่มีความถี่สูงออกไป



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Increasing Frequency กับ Normalized Output Power

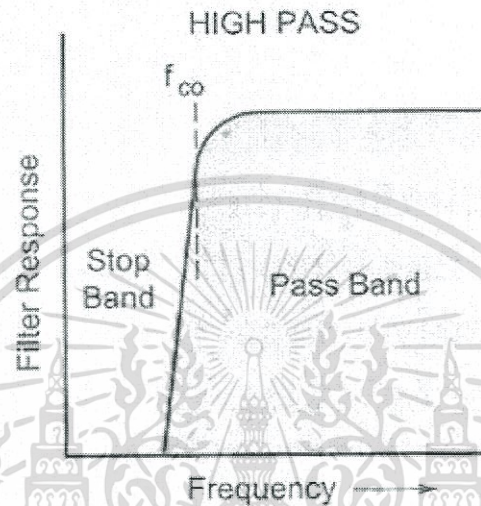


รูปที่ 2.4 ลักษณะของกราฟ low pass filter แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter)

วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter) เป็นวงจรที่ยอมให้ความถี่สูงผ่านไปได้ดี และทำการลดทอนความถี่ของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำออกไป



รูปที่ 2.5 High pass filter

2.4 วงจรขยายเครื่องมือวัด (Instrumentation Amplifier)

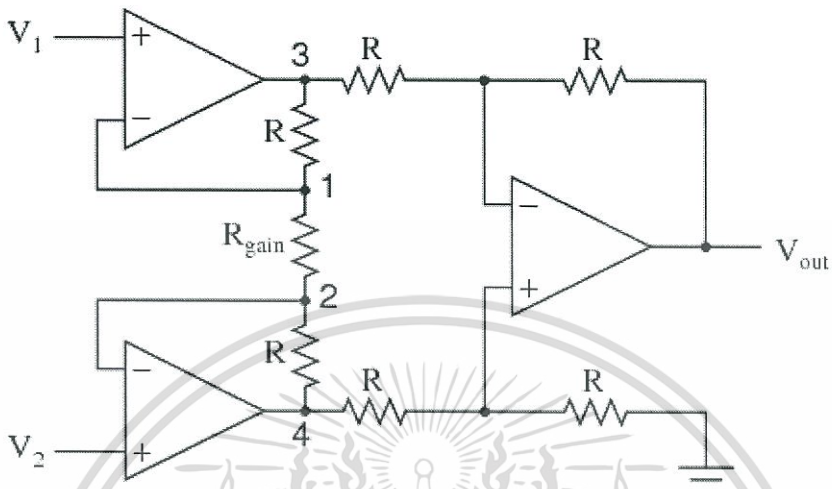
หนึ่งในวงจรออปแอมป์ที่มีประโยชน์และนิยมใช้กันมากที่สุดสำหรับการวัดและการควบคุมความถูกต้องสูงก็คือ วงจรขยายเครื่องมือวัด (Instrumentation Amplifier : INA) ซึ่งการประยุกต์ทั่วไปของ INA นั้น ได้แก่ วงจรขยายแบบแยกส่วน (Isolation) วงจรเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) และระบบจัดทำข้อมูล (data acquisition) เป็นต้น

วงจรขยายเครื่องมือวัดนั้นเป็นส่วนต่อจากวงจรขยายผลต่าง ซึ่งขยายผลต่างระหว่างสัญญาณขาเข้าทั้งสองของมันดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 วงจรขยายเครื่องมือวัดทั่วไปนั้นประกอบด้วยออปแอมป์ 3 ตัวและตัวต้านทาน 7 ตัวด้วยกัน เพื่อให้ง่ายแก่การวิเคราะห์ วงจรขยายที่แสดงในรูปที่ 2.7(ก) เมื่อให้ค่าให้ค่าตัวต้านทานต่าง ๆ นั้นมีค่าเท่ากันยกเว้นตัวต้านทานภายนอก ที่มีไว้เพื่อกำหนดค่าอัตราขยาย R_G ที่ต่อระหว่างขั้วต่อที่กำหนดอัตราขยาย รูปที่ 2.7(ข) นั้นแสดงสัญลักษณ์วงจร รูปที่ 2.6 ได้แสดงแล้วว่า

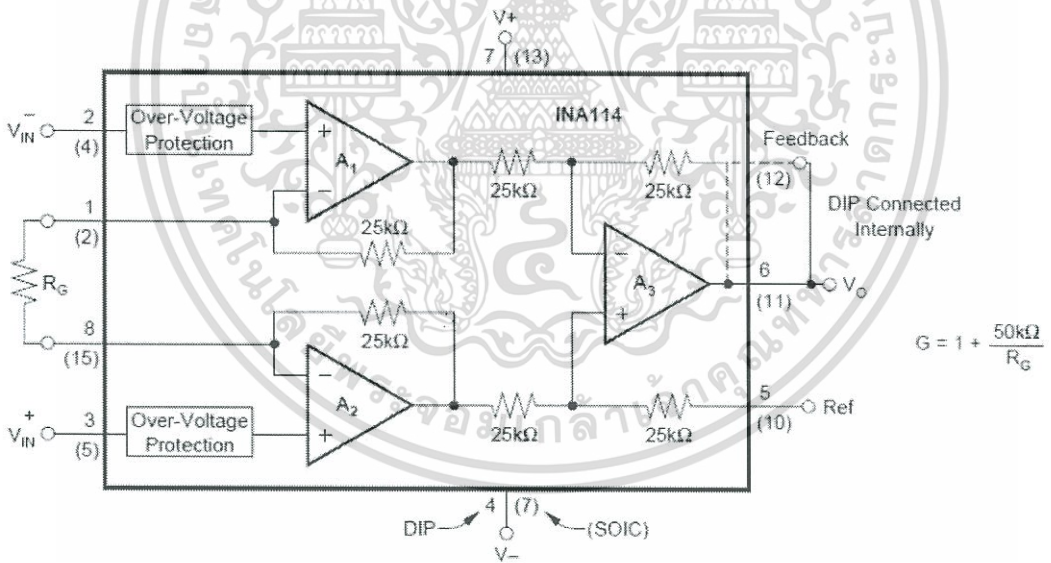
$$v_o = A_v(v_2 - v_1)$$

เมื่ออัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าเป็น

$$A_v = 1 + \frac{2R}{R_G}$$

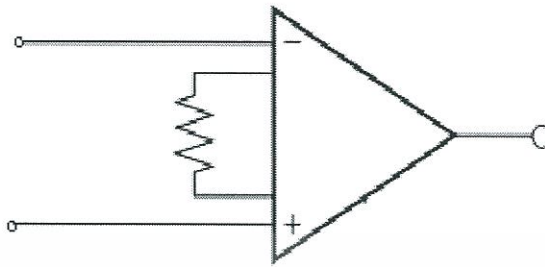


รูปที่ 2.6 วงจรขยายเครื่องมือวัด



รูปที่ 2.7 (ก) วงจรขยายเครื่องมือ วัดค่าที่มีตัวต้านทานภายนอกเพื่อปรับค่าอัตราขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 (ข) สัญลักษณ์วงจรรขยาย

วงจรรขยายเครื่องมือวัดนั้นจะขยายสัญญาณผลต่างแรงดันไฟฟ้าขนาดเล็กที่ช้อนอยู่บนแรงดันไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้ร่วมกัน (common mode) เนื่องจากว่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ร่วมกันนี้มีค่าเท่ากัน ดังนั้น มันจึงทำการหักล้างกันหมด

INA มีการคุณสมบัติหลัก 3 ข้อด้วยกัน คือ

- อัตราขยายแรงดันไฟฟ้านั้นปรับค่าได้จากตัวต้านทานภายนอก
- อิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ขั้วต่อขาเข้าทั้งสองนั้นมีค่าสูงมากและไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออัตราขยายนั้นปรับเปลี่ยนไป
- สัญญาณขาออก V_o นั้นขึ้นอยู่กับผลต่างระหว่างสัญญาณขาเข้า v_1 และ v_2 แต่จะไม่แปรผันตามแรงดันไฟฟ้าที่มันใช้ร่วม (common mode)

2.5 DAQ Board

โดยปกติแล้ว DAQ Board เป็นอุปกรณ์พิเศษ คือไม่ได้เป็นมาตรฐานที่ติดตั้งมากับคอมพิวเตอร์ สำหรับบอร์ดประเภทนี้จะมีผู้ผลิตหลายบริษัท ซึ่งลักษณะการทำงานก็อาจจะแตกต่างกันบ้างตามแต่ผู้ผลิตแต่ละแห่ง ออกแบบมา ข้อสำคัญที่เราต้องเข้าใจในเบื้องต้นนี้ก็คือไม่ใช่ว่า DAQ Board ทุกแบบ จะเหมาะสมกับการทำงานร่วมกับ LabVIEW ทั้งหมด

สำหรับ DAQ Board ที่ผลิตโดยผู้ผลิตไม่ใช่ว่าจะไม่สามารถทำงานร่วมกับ LabVIEW ได้ แต่ว่าการที่ DAQ Board ที่ผลิตโดยผู้ผลิตรายอื่นนั้นจะสามารถทำงานร่วมกับ LabVIEW ได้ก็ต่อเมื่อมี Driver ของอุปกรณ์นั้น เพื่อให้ใช้งานร่วมกับ LabVIEW ได้เท่านั้นเท่านั้น ดังนั้นหากว่าทางบริษัทผู้ผลิต DAQ Board นั้นไม่มี Driver ที่ใช้งานร่วมกับ LabVIEW มาให้ เราอาจจำเป็นต้องเขียน Driver ขึ้นมาเอง ซึ่งวิธีการนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากและเสียเวลามาก

การเลือกใช้ DAQ Board ที่เหมาะสมกับงานที่จะใช้ถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมากประการหนึ่ง เพราะราคาของเครื่องมือนี้จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากหากเรากำหนดข้อจำกัดแตกต่างกันออกไป เช่น อัตราการเรียกสุ่มตัวอย่าง (sampling rate) จำนวนช่องรับ-ส่งสัญญาณ (I/O channel) หรืออื่นๆ โดยปกติราคาของ DAQ Board ที่ผลิตโดยบริษัท National Instrument จะมีราคาอยู่ระหว่าง \$700-2000 ขึ้นอยู่กับความต้องการ ซึ่งเป็นราคาที่นับว่าสูงมาก เราอาจจะได้บอร์ด ที่ราคาถูกกว่านี้จากผู้ผลิตรายอื่น แต่อาจจะมีปัญหาเรื่องการใช้งานร่วมกับ LabVIEW

หน้าที่ของ DAQ Board นี้จะทำการติดต่อโดยตรงกับ Transducer ซึ่งอาจจะผ่านอุปกรณ์ Signal Conditioner หรือไม่ได้ตามความจำเป็น นอกเหนือจากนั้นแล้วเราไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อื่นเข้ามาร่วมในการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งจุดนี้เป็นจุดได้เปรียบของ DAQ Board นั่นคือแม้ว่าจะมีราคาแพง แต่สามารถจะทดแทนการซื้อเครื่องมือวัดอื่นๆ ได้มากมาย

2.6 Arduino

Arduino บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเปรียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแกร่ง
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- ราคาไม่แพง
- Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 คุณสมบัติของเครื่องขยายสัญญาณแบบแยกกราวด์ที่ออกแบบ มีดังนี้

- DC-DC converter รักษาระดับแรงดันขาออกไฟบวกและไฟลบ 5V เพื่อป้อนให้กับ Instrumentation amplifier และผ่านวงจรขยายสัญญาณรวมถึงวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

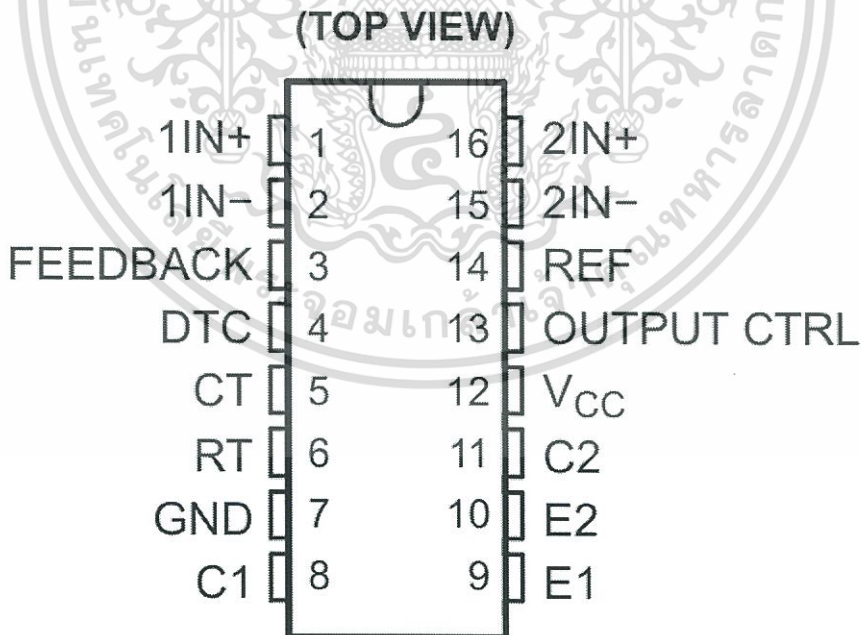
3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์

เราจำเป็นต้องเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรให้เหมาะสม เพื่อให้การทำงานของวงจรเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่มีปัญหาในการใช้งาน โดยทำการพิจารณาดังนี้

3.2.1 TL494 (pulse width modulation control circuit)

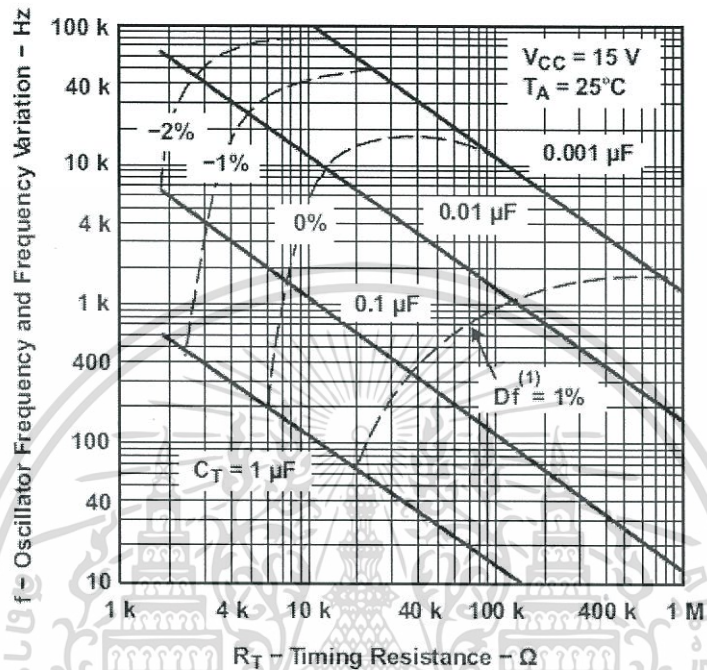
ในที่นี้ได้เลือกใช้วงจรรวม TL494 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ใช้งานที่ความถี่การสวิตซ์สูงและต่อใช้งานได้ง่าย และมีคุณสมบัติครบถ้วน ประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบ

Parameter Measurement Information



รูปที่ 3.1 tl494 (top view)

Typical Characteristics

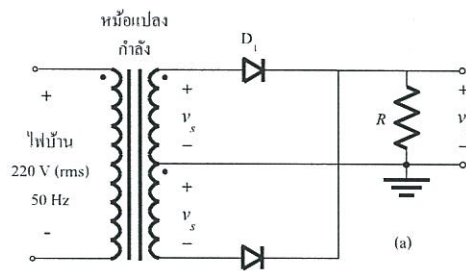


รูปที่ 3.2 ความถี่ oscillator และค่าผันแปรความถี่ VS ความต้านทานแบบค่าเวลาคงตัวของวงจร

จากรูปเราเลือก $R_T = 10\text{ k}\ \Omega$ และ $C_T = 1\text{ nF}$ ดังนั้นเราจะได้ความถี่ oscillator ประมาณ 100 kHz
Common mode input voltage range (V_{CC}) อยู่ที่ 7 - 40v เราเลือกที่ 12 v

3.2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งผ่านพลังงานจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจรใช้การแปลงแรงดันไฟฟ้าสลับ ให้มีขนาดแรงดันตามที่เรต้องการ โดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า โดยขดลวดด้านไฟเข้า เรียกว่า ขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และขดลวดที่เป็นตัวจ่ายกระแสออกเรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) โดยปกติจะใช้เชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าแรงสูง และไฟฟ้าแรงต่ำ หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์หลักในระบบส่งกำลังไฟฟ้า เราเลือก หม้อแปลงแบบ center tapped ชนิดแกนเฟอร์ไรท์ (Ferrite Core Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในงานที่มีความถี่สูง เช่น ในเครื่องรับ เครื่องส่ง วิทยุ หรือในวงจรสวิตซิ่ง เพราะไม่สามารถใช้หม้อแปลงชนิดแกนเหล็กได้



รูปที่3.3 ตัวอย่างรูปหม้อแปลงแบบcenter tappedและวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

เราใช้หม้อแปลงที่มี $N_1 : N_2 = 1 : 1$ $N_1 = 30$ รอบ

$$P_{in} = P_{out} \quad (3.1)$$

$$I_{in} V_{in} = I_{out} V_{out} \quad (3.2)$$

3.2.3 วงจรเรียงกระแส

พิจารณาถึงพารามิเตอร์ 3 ตัว

- Peak inverse voltage
- Current average voltage
- Non repetitive peak forward surge current 8.3ms single half sine wave

ดังนั้น เลือกใช้ 1N4934 ต่อเป็นวงจรรวมของวงจรบริดจ์เรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเพราะ 1N4934 มี voltage ตกคร่อมขณะ forward bias ต่ำ มีความสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสอย่างและสามารถในการทนกระแสได้ 1A ทนแรงดันได้ 100 V และทนกระแส FSM ได้ 30A ซึ่งสามารถแบกรับปริมาณกระแสของหม้อแปลงได้โดยไม่เสียหายก่อนเข้าสู่วงจรภาคถัดไป

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นโดยใช้หม้อแปลงที่มีแทป มีข้อดีคือประสิทธิภาพที่ดีกว่าเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นเพราะครึ่งคลื่นที่ทางเข้ามีสองลูก ข้อเสียคือต้องการแทปหม้อแปลง และค่า P_{IV} (peak inverse voltage) ของไดโอดจะมีค่าสูง

3.2.4 วงจรกรองแรงดันกระเพื่อม

พิจารณา 3 กรณี คือ

- ค่าความจุของตัวเก็บประจุ ยิ่งค่าของตัวเก็บประจุมาก จะช่วยให้มี Ripple น้อย
- การใช้ C ที่มีค่าสูงเกินไป จะทำให้เกิดการกระชากไฟสูงและอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อวงจร
- แรงดันสูงสุดที่ตัวเก็บประจุสามารถทนได้ต้องสูงกว่าแรงดันตกคร่อมไดโอด

จาก

$$C \geq \frac{I_o}{f_r \Delta V} \quad (3.3)$$

สำหรับแหล่งจ่ายคงที่

กำหนด $I_o = 0.08$ A ค่าแรงดันกระเพื่อมที่รับได้ $\Delta V = 1V_{p-p}$

$$\text{จะได้} \quad C \geq \frac{0.08}{(2 \times 49k) \times 1}$$

$$C \geq 0.816 \mu\text{F}$$

ค่าอัตราकरणแรงดันไฟฟ้าของ C : $C_{WV} \geq 1.25(V_{O(DC)} + 0.5\Delta V)$

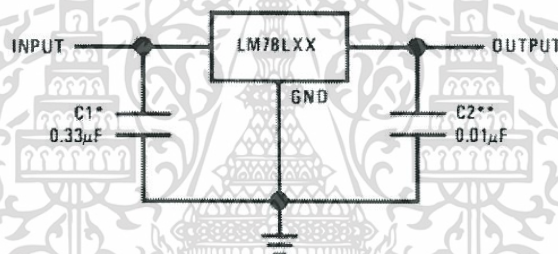
จะได้ $C_{WV} \geq 19.375 \text{ V}$

ดังนั้น จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุทั้งสองขนาด $10\mu\text{F}$ 50V กับทั้ง 3 วงจร เพราะถ้าใช้ค่าสูงเกินไป จะทำให้เกิดการกระชากไฟสูงและอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อวงจร และยังมีตัวเก็บประจุที่ทางออก ซึ่งทำหน้าที่ได้เช่นเดียวกันอยู่อีกตัวหนึ่งแล้ว

3.2.5 LM78L05

สร้างเป็นวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ (Voltage Regulator) ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้รักษาระดับแรงดันเอาต์พุททางด้านไฟบวกให้คงที่ที่ 5V แม้ว่ากระแสไฟฟ้าของโหลด หรือระดับแรงดันอินพุทหรือทั้ง 2 อย่างมีการเปลี่ยนแปลง วงจรรวม LM78L05 ที่ต่อใช้งานได้ง่าย ราคาไม่แพง

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



รูปที่ 3.4 รูปแบบโดยทั่วไปของวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ โดยใช้ LM78L05

- ตัวเก็บประจุที่ทางเข้า (C_1)

มีหน้าที่ในการลดแรงกระเพื่อมภายใน เพื่อสร้างเสถียรภาพของวงจร ต้องใส่ให้อยู่ห่างจาก C filter ของแหล่งจ่ายไฟเกิน 3 นิ้ว

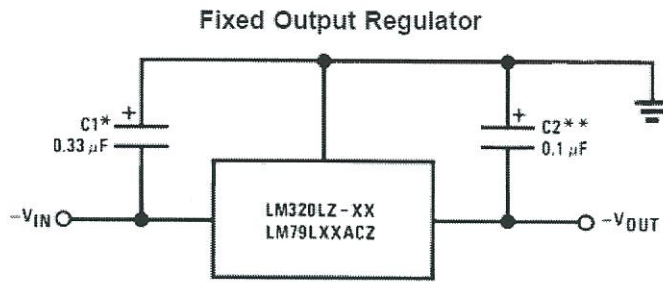
- ตัวเก็บประจุที่ทางออก (C_2)

ทำหน้าที่ร่วมกับตัวเหนี่ยวนำเป็น Low-Pass Filter เพื่อกำจัดองค์ประกอบที่มีความถี่สูงที่ออกมาจากเอาต์พุท ทำให้มีเฉพาะกระแสตรงเท่านั้นที่ผ่านไปได้ โดยดูค่าที่ electrical character

3.2.6 LM79L05

สร้างเป็นวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ (Voltage Regulator) ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้รักษาระดับแรงดันเอาต์พุททางไฟลบให้คงที่ที่ 5V แม้ว่ากระแสไฟฟ้าของโหลดมีการเปลี่ยนแปลง

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



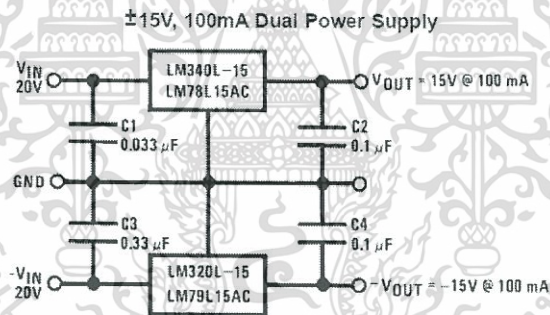
รูปที่3.5 รูปแบบโดยทั่วไปของวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ โดยใช้ LM79L05

-ตัวเก็บประจุที่ทางเข้า (C₁)

มีหน้าที่ในการลดแรงกระเพื่อมภายใน เพื่อสร้างเสถียรภาพของวงจร ต้องใส่ให้อยู่ห่างจากC filterของแหล่งจ่ายไฟ เกินมาก และอาจแทนด้วย 1 μF อิเล็กโทรไลต์แบบอลูมิเนียม

- ตัวเก็บประจุที่ทางออก (C₂)

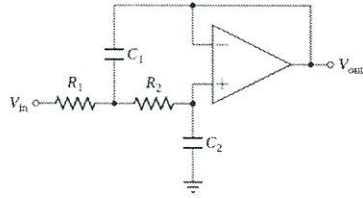
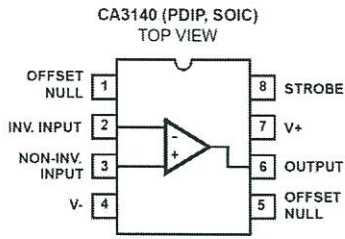
ใส่เพื่อความเสถียรภาพ และอาจแทนด้วย 1 μF อิเล็กโทรไลต์แบบอลูมิเนียม



รูปที่3.6 วงจรรักษาแรงดันคงที่ทั้งไฟบวกและไฟลบ

3.2.7 CA3140EZ

CA3140EZ เป็นออปแอมป์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณและทำหน้าที่กรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass filter) ซึ่งทำการลดทอนความถี่ของสัญญาณที่มีความถี่สูงออกไป

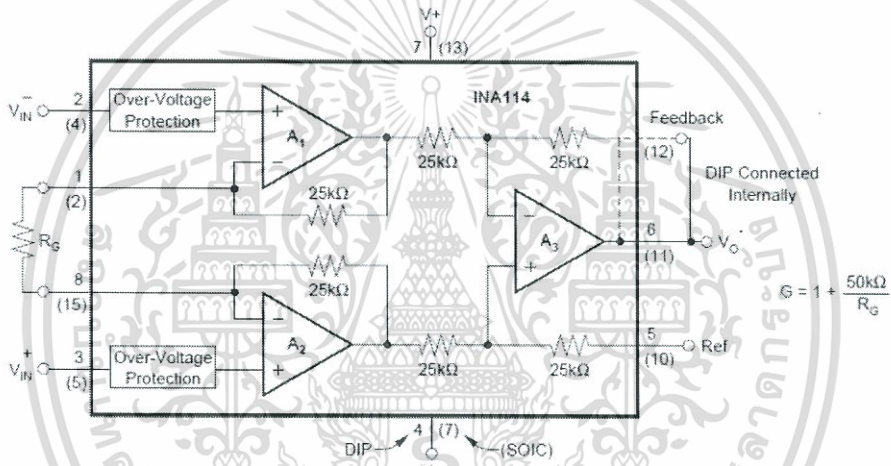


รูปที่ 3.7 ลักษณะภายในและขาของ CA3140EZ

รูปที่ 3.8 วงจรรองความถี่

3.2.8 INA114

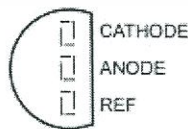
INA114 Instrumentation Amplifier ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่มีขนาดเล็กมากๆ



รูปที่ 3.9 ลักษณะภายในของ INA

3.2.9 TL431

TL431 ใช้ปรับ offset



รูปที่ 3.10 tl431

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

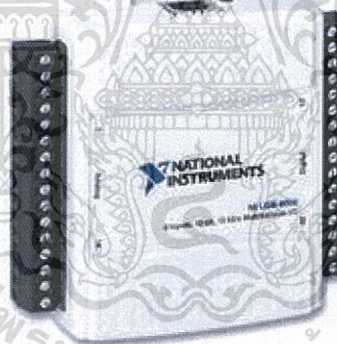
3.2.10 Arduino Nano

Arduino Nano เป็นตัวรับสัญญาณอนาล็อกที่ออกจาก filter และใช้ส่งสัญญาณไปแสดงผลที่โปรแกรม LabView



รูปที่ 3.11 Arduino Board

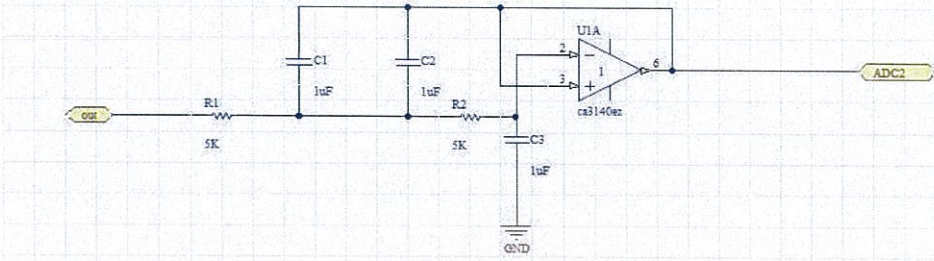
3.2.10 DAQ Board



DAQ Board เป็นตัวรับสัญญาณอนาล็อกที่ออกจาก filter และใช้ส่งสัญญาณไปแสดงผลที่โปรแกรม LabView

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ cut off วงจร low pass filter และวงจร high pass filter



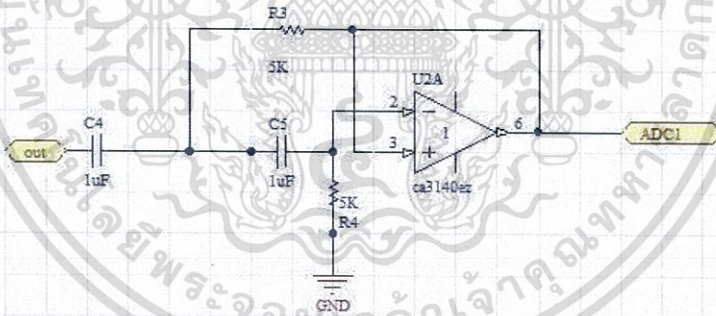
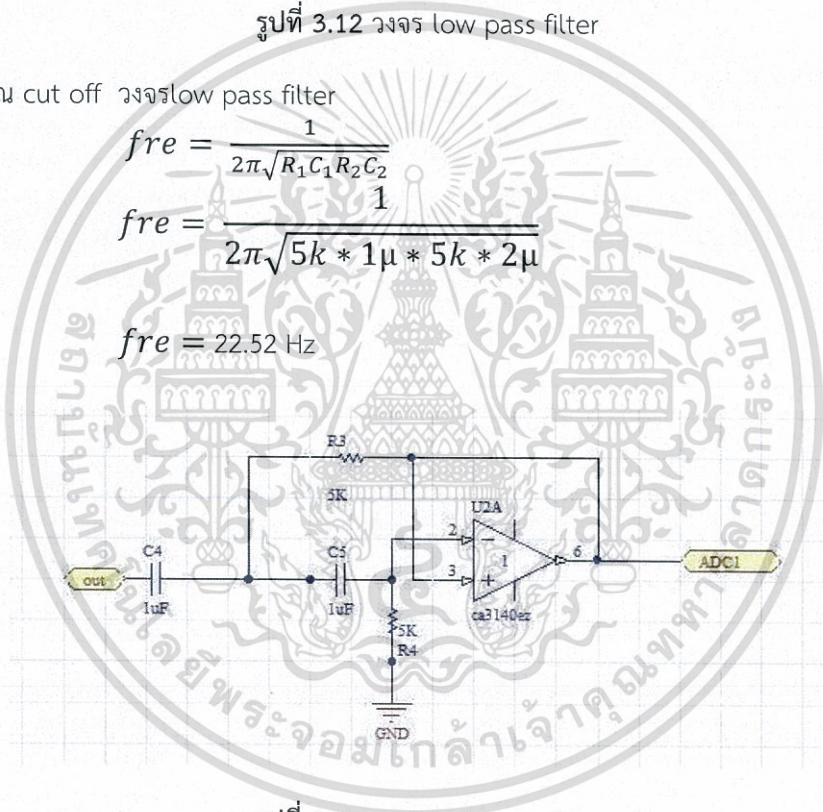
รูปที่ 3.12 วงจร low pass filter

สูตรการคำนวณ cut off วงจร low pass filter

$$f_{re} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}}$$

$$f_{re} = \frac{1}{2\pi\sqrt{5k * 1\mu * 5k * 2\mu}}$$

$$f_{re} = 22.52 \text{ Hz}$$



รูปที่ 3.13 วงจร high pass filter

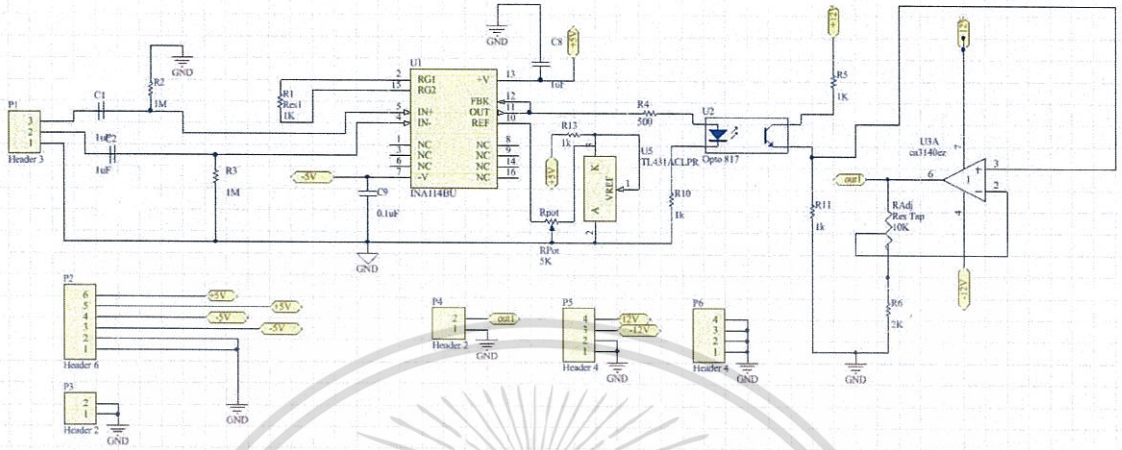
สูตรการคำนวณ cut off วงจร high pass filter

$$f_{re} = \frac{1}{2\pi RC}$$

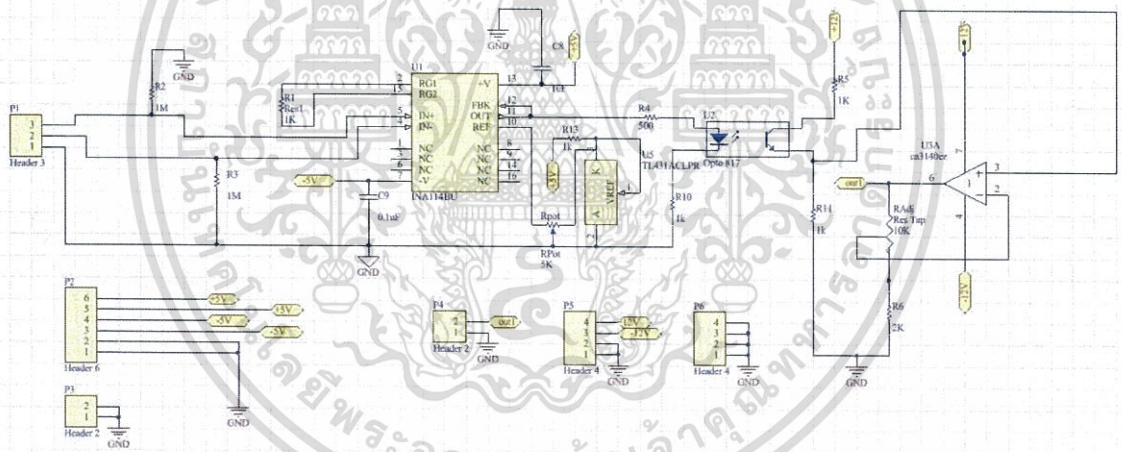
$$f_{re} = \frac{1}{2\pi(5k * 1\mu)}$$

$$f_{re} = 31.85 \text{ Hz}$$

รูปแบบของวงจรขยาย



รูปที่ 3.14 วงจรขยายแบบ AC

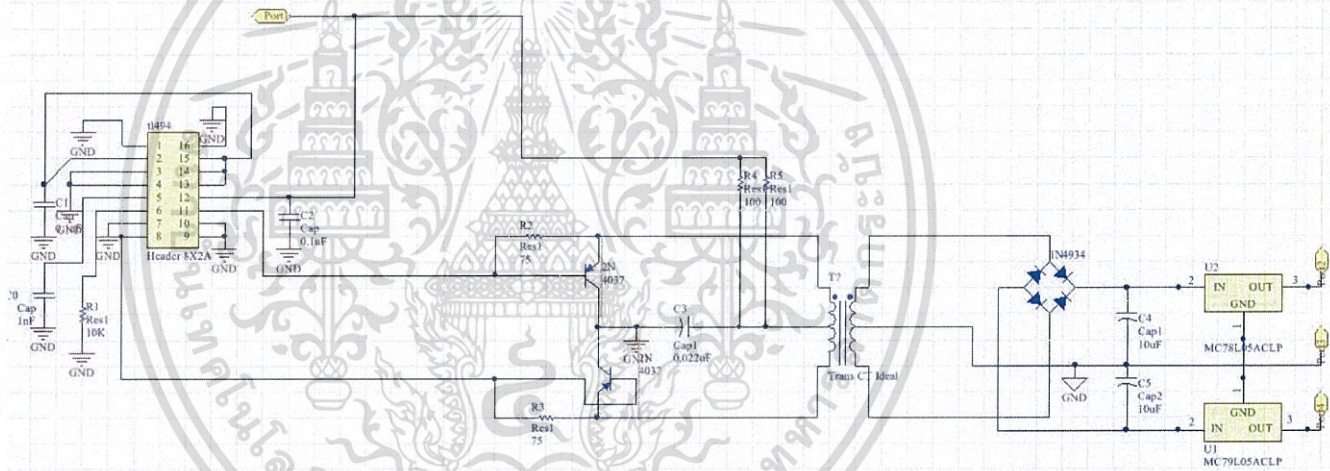


รูปที่ 3.15 วงจรขยายแบบ DC

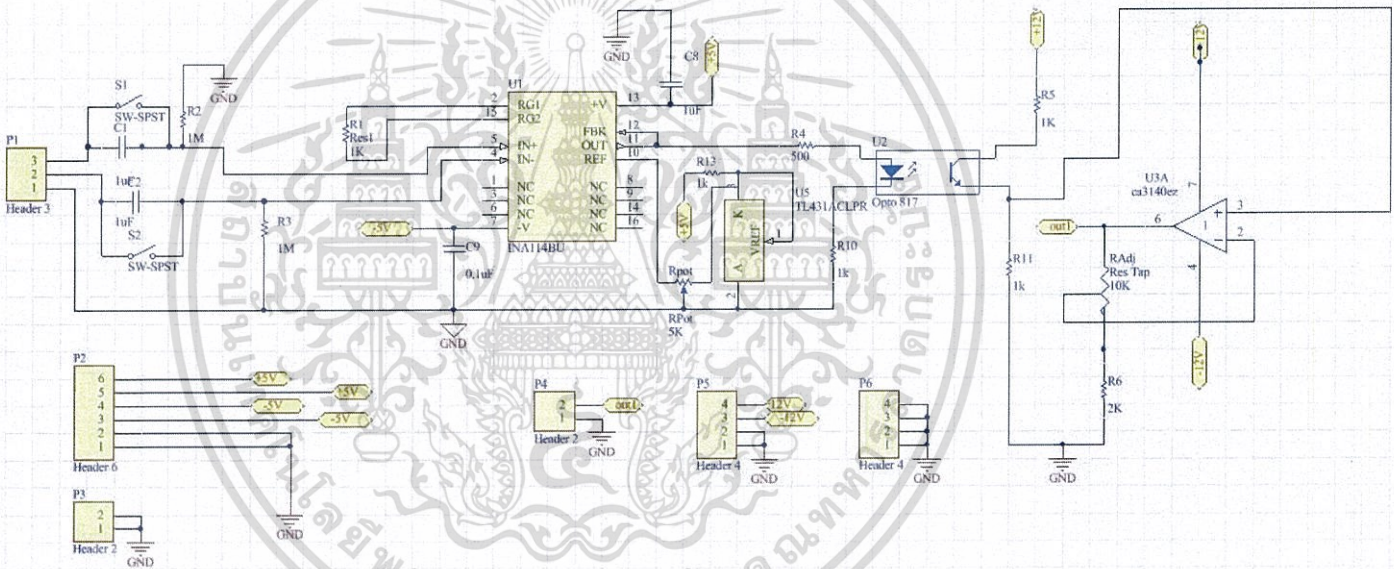
3.3 รูปแบบวงจรที่ได้ทำการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

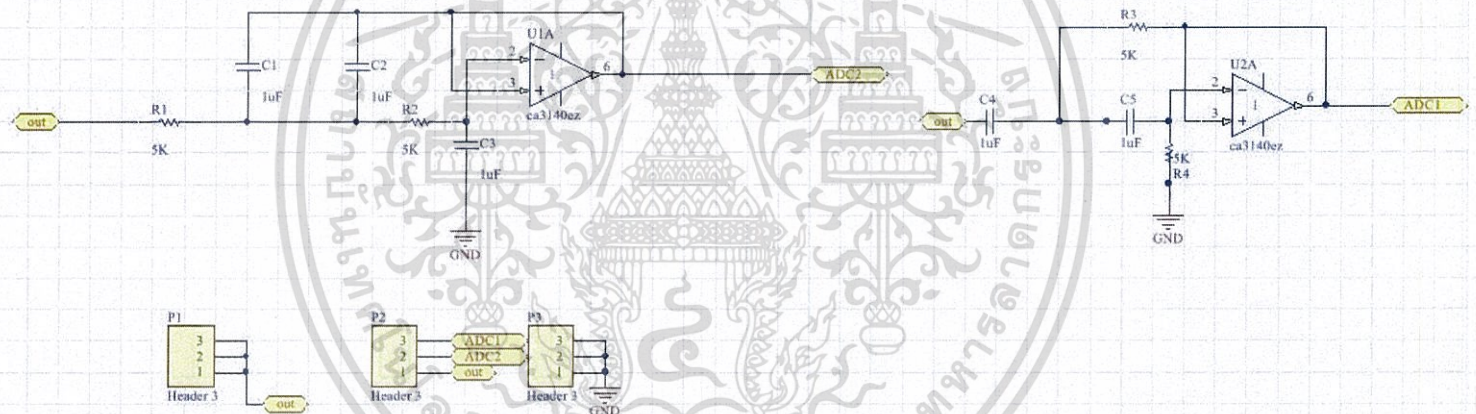
รูปที่ 3.16 DC-DC Converter



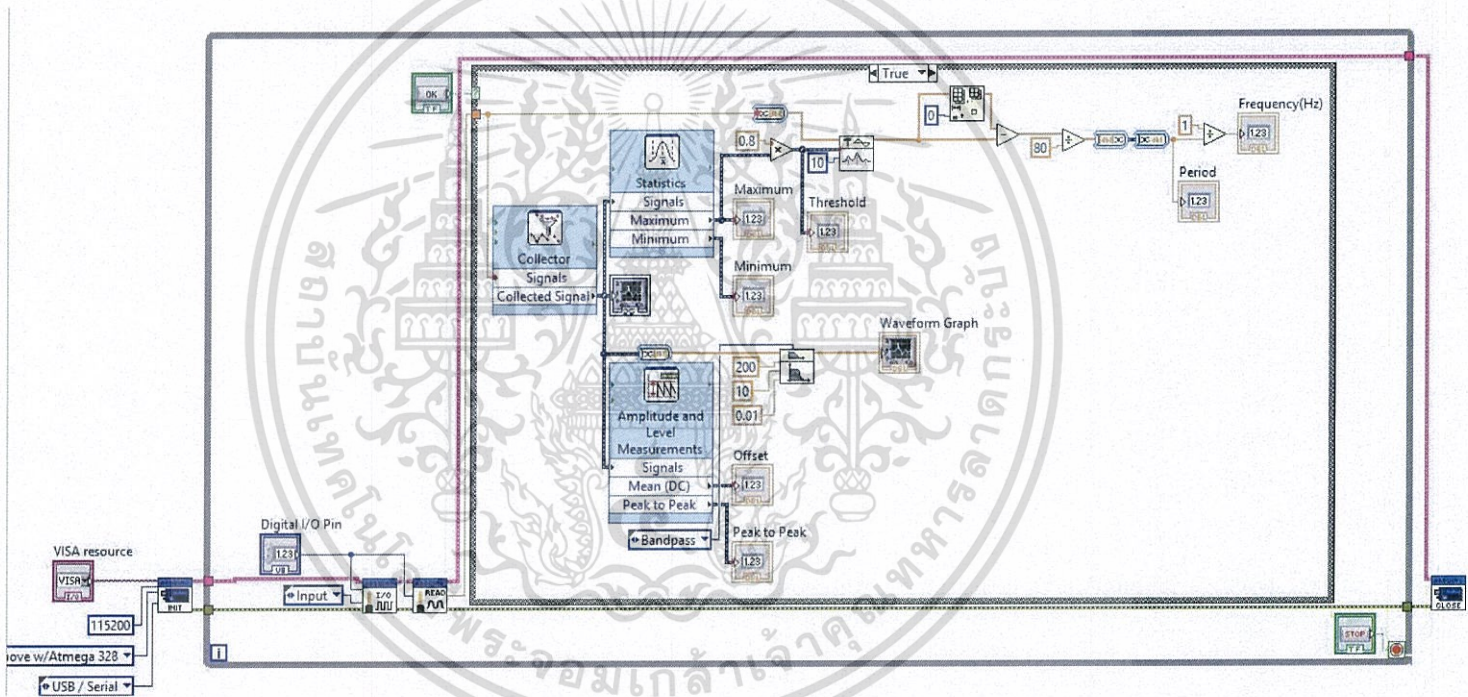
รูปที่ 3.17 วงจรขยายโดยใช้นาฬิกา 144bu และ ca3140ez



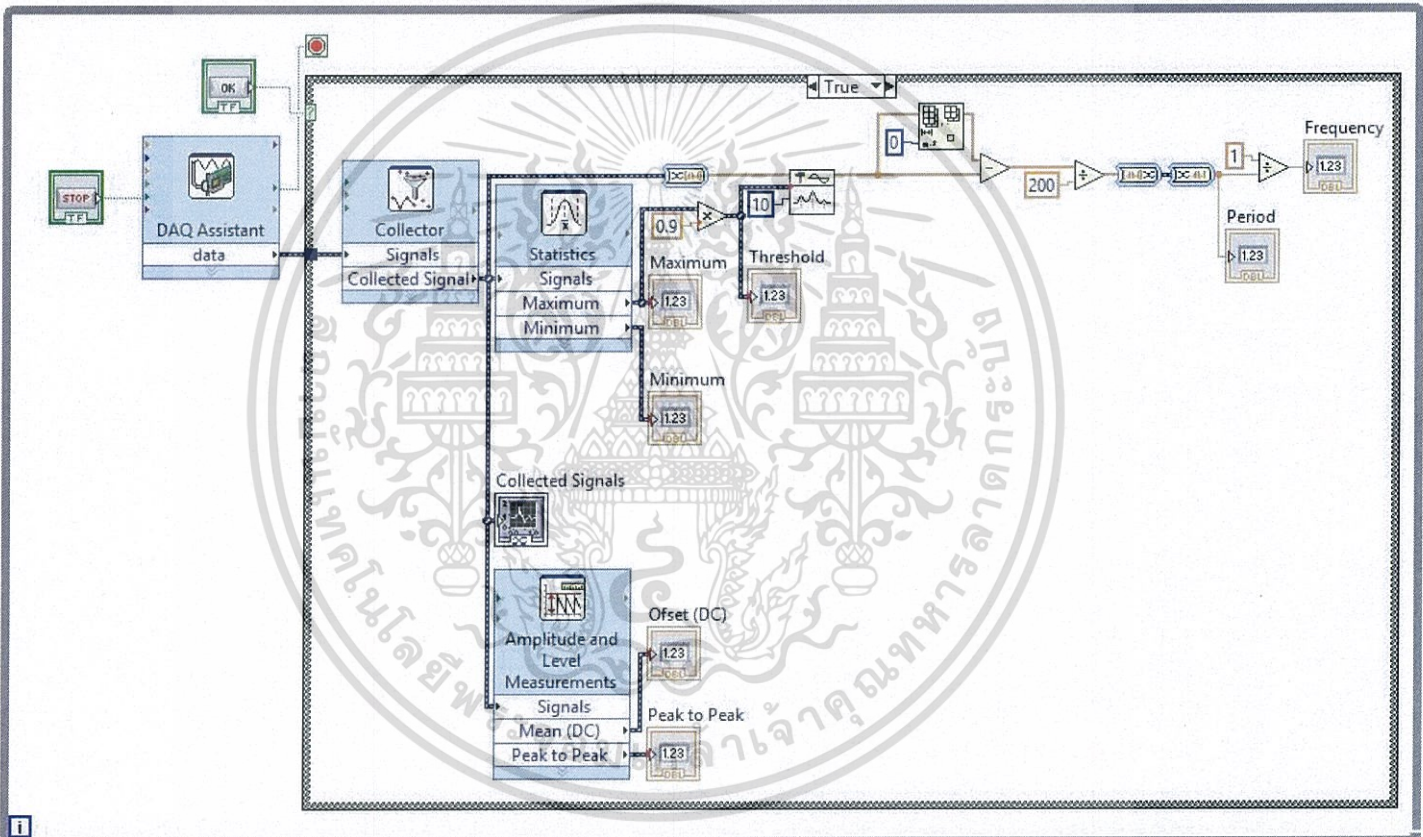
รูปที่ 3.18 วงจร low pass filter และ high pass filter



รูปที่ 3.19 code Labview ของ Arduino ที่ใช้แสดงหน้าจอ



รูปที่ 3.20 code Labview ของ DAQ Board ที่ใช้แสดงหน้าจอก



บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบคุณสมบัติ

DC-DC converter สามารถรักษาระดับแรงดันขาออก +5.02V และ -5.00 V ได้
มีกระแสที่ input 92mA และมีกระแสที่ output 25 mA

จะได้ $P_{in} = V_{in} \times I_{in}$

$$P_{in} = 12 \times 92\text{mA}$$

$$P_{in} = 1.104 \text{ W}$$

และ $P_{out} = V_{out} \times I_{out}$

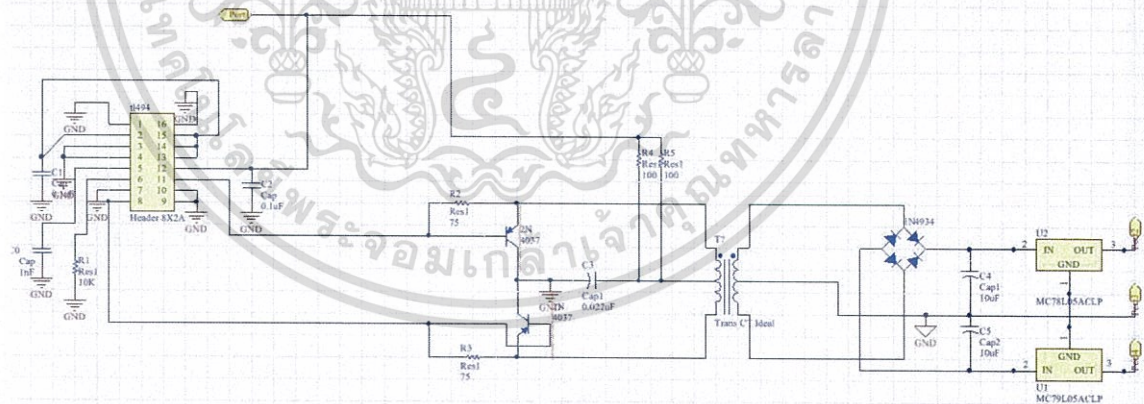
$$P_{out} = 5 \times 25\text{mA}$$

$$P_{out} = 125\text{mW}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าประสิทธิภาพ} &= P_{out} / P_{in} \\ &= 125\text{mW} / 1.104\text{W} \\ &= 0.1132 \end{aligned}$$

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า C และค่า R_L ที่ต่างกัน



รูปที่ 4.1 วงจรที่ใช้ทดลอง DC-DC Converter

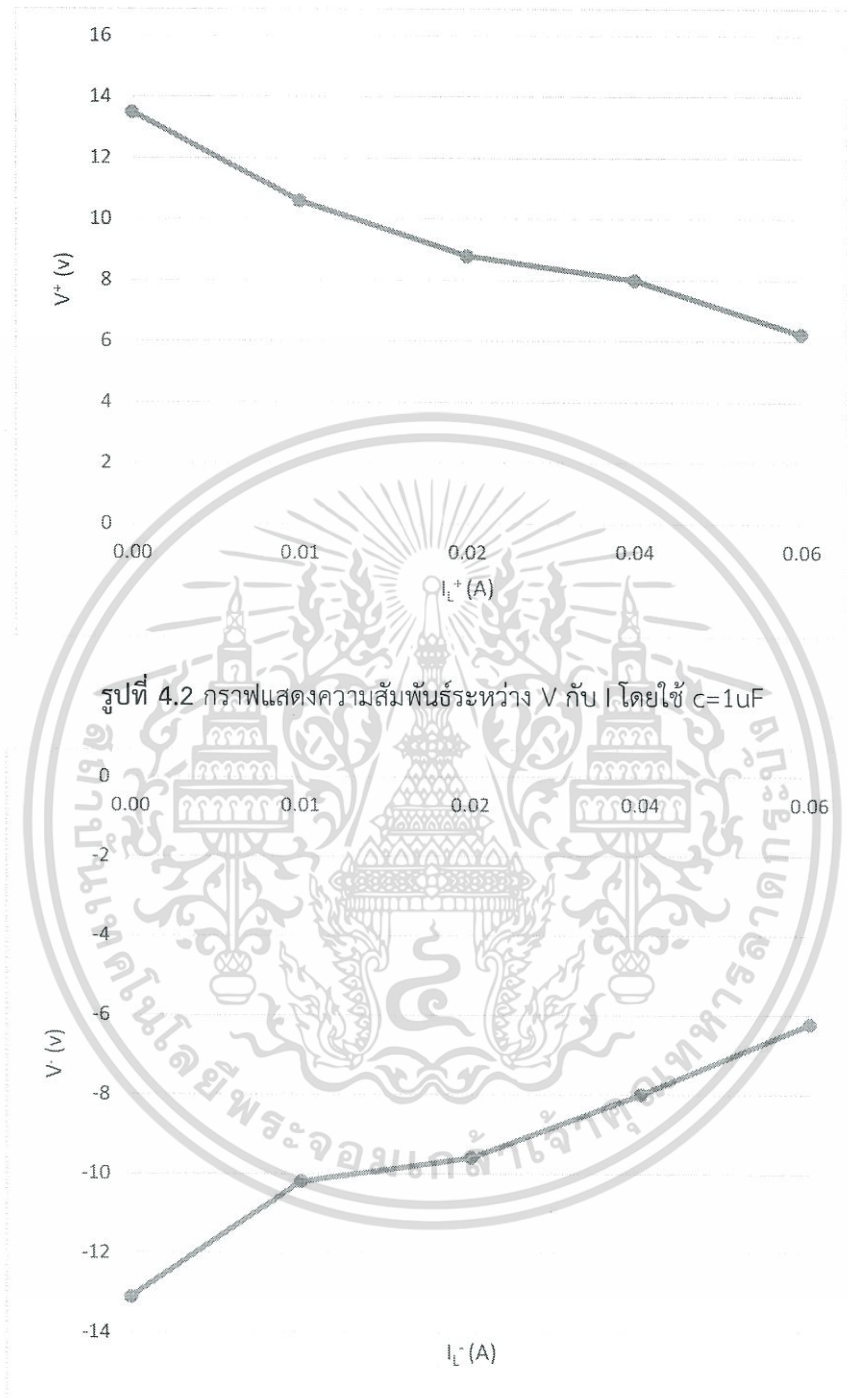
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 1 μ F

C = 1 μ F				
R_L	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	13.50 v	-13.10 v	0	0
1k Ω	10.60 v	-10.20 v	10.6mA	10.2mA
500 Ω	8.80 v	-9.60 v	17.6mA	19.2mA
200 Ω	8.00 v	-8.00 v	40.0mA	40.0mA
100 Ω	6.23 v	-6.23 v	62.3mA	62.3mA

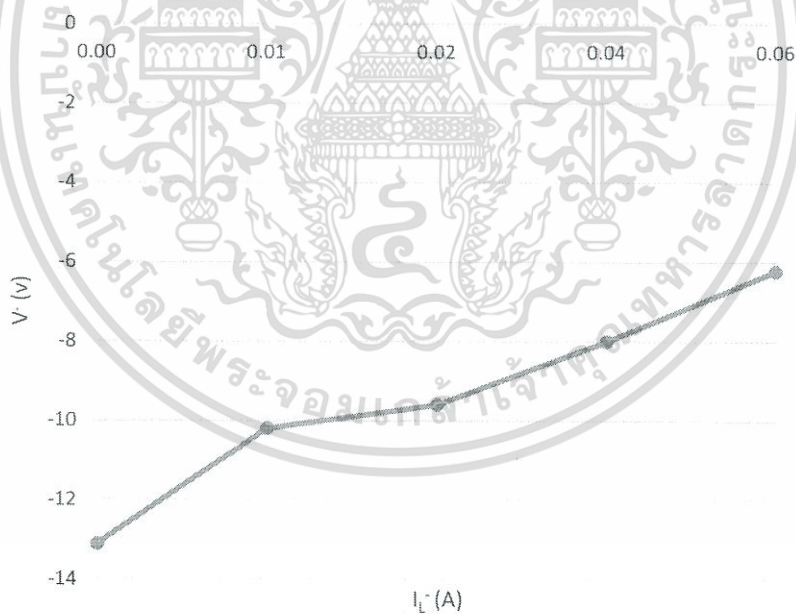
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 10 μ F

C = 10 μ F				
R_L	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	11.18 v	-10.70 v	0	0
1k Ω	10.49 v	-10.16 v	10.49 mA	10.16 mA
500 Ω	9.70 v	-9.47 v	19.40 mA	18.94 mA
200 Ω	7.93 v	-7.85 v	39.65 mA	39.25 mA
100 Ω	6.27 v	-6.21 v	62.7 mA	62.10 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

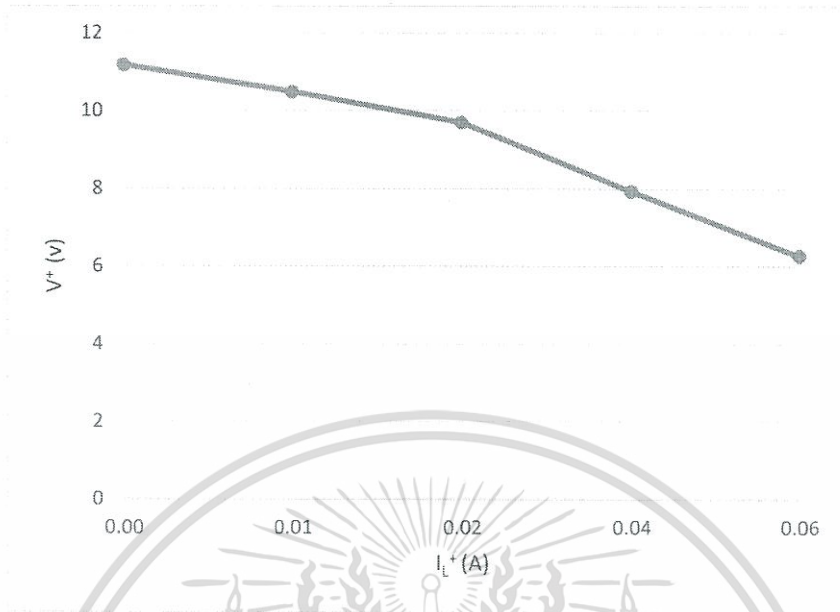


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=1\mu\text{F}$

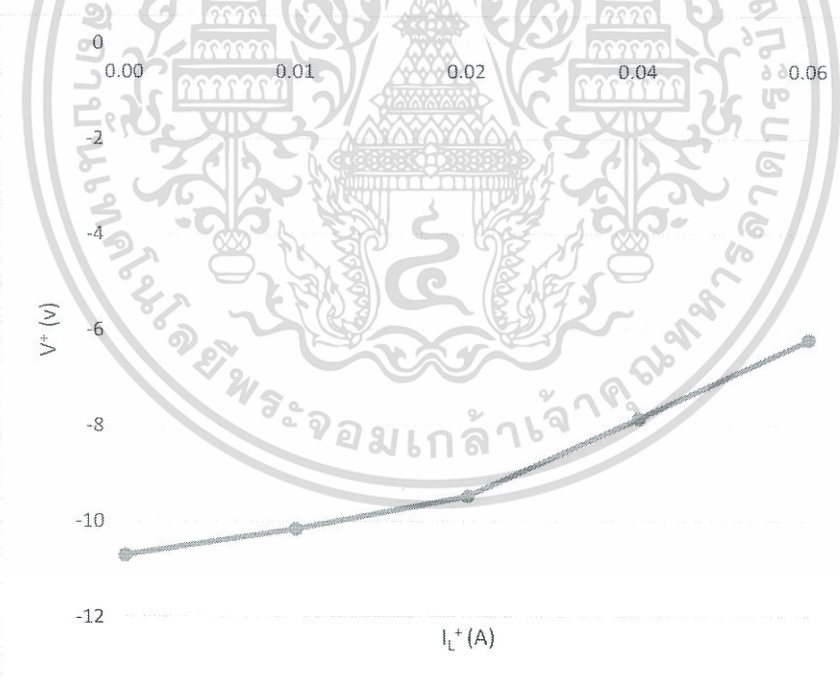


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=1\mu\text{F}$ (ไฟลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=10\mu F$



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=10\mu F$ (ไฟลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง4.3 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 47 μ F

C=47 μ F				
R_L	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	10.23 v	-10.06 v	0	0
1k Ω	10.20 v	-9.88 v	10.20 mA	9.88 mA
500 Ω	9.75 v	-9.38 v	19.50 mA	18.76 mA
200 Ω	8.10 v	-7.82 v	40.50 mA	39.10 mA
100 Ω	6.24 v	-6.15 v	62.40 mA	61.50 mA

ตาราง4.4 ผลการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 100 μ F

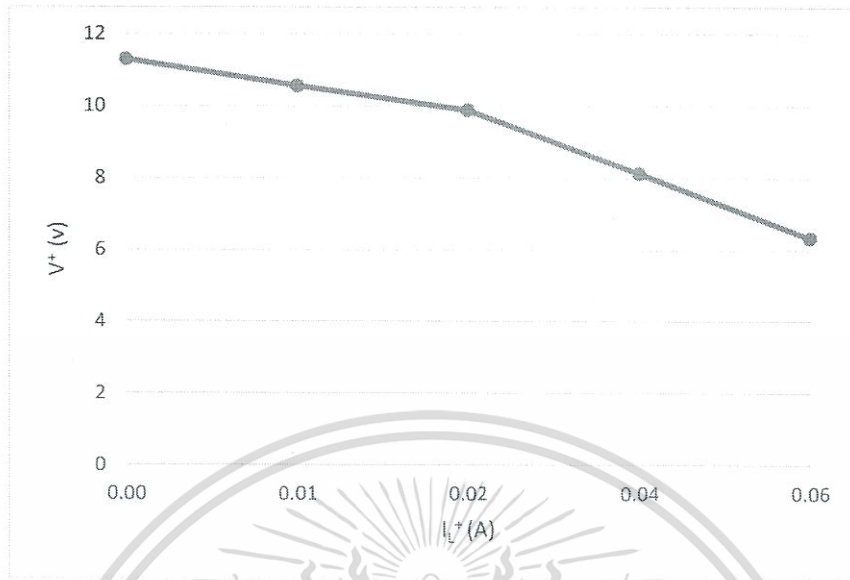
C=100 μ F				
R_L	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	11.30 v	-11.56 v	0	0
1k Ω	10.65 v	-10.28 v	10.65 mA	10.28 mA
500 Ω	9.89 v	-9.52 v	19.78 mA	19.04 mA
200 Ω	8.13 v	-7.81 v	40.65 mA	39.05 mA
100 Ω	6.33 v	-6.14 v	63.30 mA	61.40 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=47\mu\text{F}$ (ไฟลอป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=100\mu\text{F}$

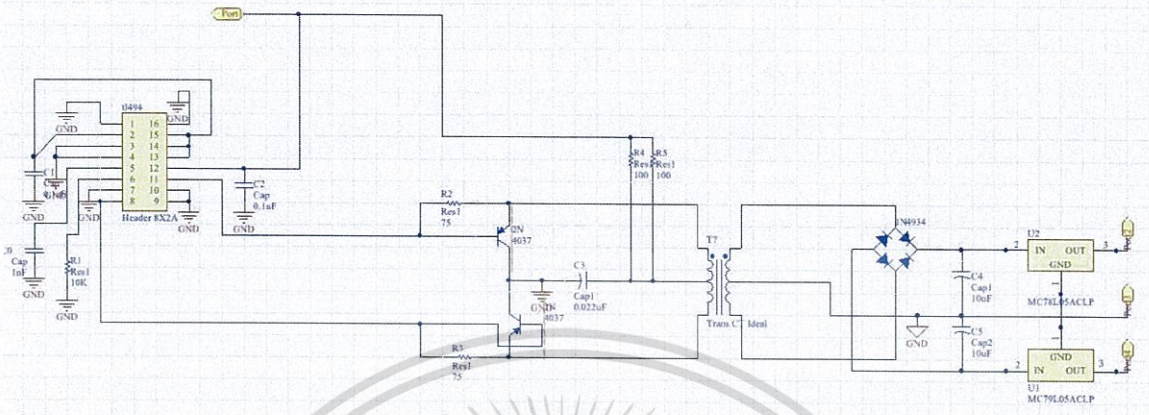


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=100\mu\text{F}$ (ไฟล)

จากการทดลอง DC-DC Converter โดยใช้ค่า C และค่า R_L ที่ต่างกัน จะเห็นว่า V แปรผันตาม R_L และ I_L แปรผกผันกับ V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator



รูปที่ 4.10 วงจรที่ใช้ทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator

ตาราง 4.5 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ $C = 1\mu F$

R_L	$C = 1\mu F$			
	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	5.02 v	-5.00 v	0	0
1k Ω	5.02 v	-5.00 v	5.02mA	5.00mA
500 Ω	5.02 v	-5.00 v	10.04mA	10.00mA
200 Ω	5.02 v	-4.99 v	25.10mA	24.95mA
100 Ω	4.81 v	-4.92 v	48.10mA	49.20mA

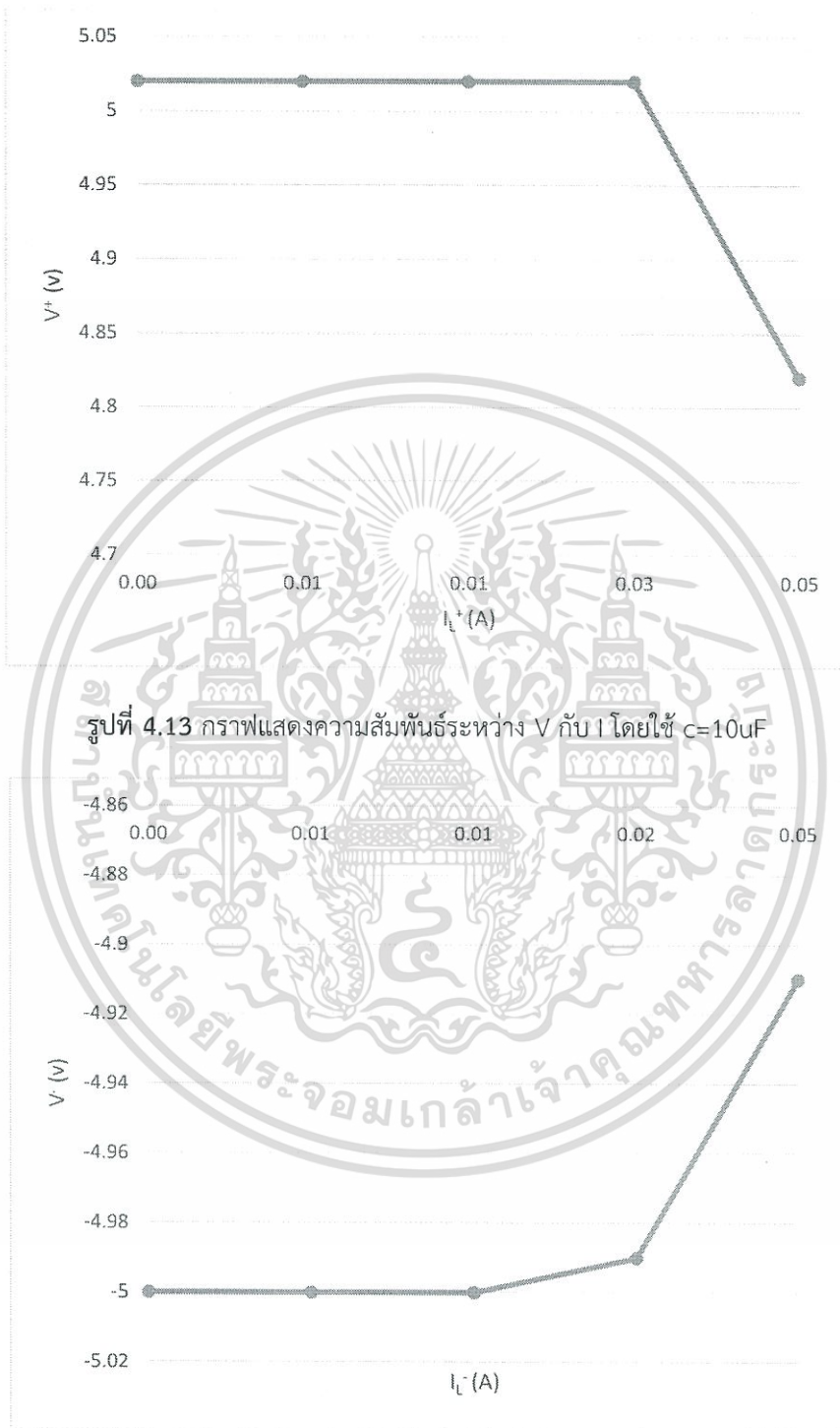
ตาราง 4.6 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ $C = 10\mu F$

R_L	$C = 10\mu F$			
	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	5.02 v	-5.00 v	0	0
1k Ω	5.02 v	-5.00 v	5.02mA	5.00 mA
500 Ω	5.02 v	-5.00 v	10.04mA	10.00mA
200 Ω	5.02 v	-4.99 v	25.10mA	24.95mA
100 Ω	4.82 v	-4.91 v	48.20mA	49.10mA



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=1\mu\text{F}$ (ไฟลอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V^- กับ I^- โดยใช้ $c=10\mu\text{F}$ (ไฟลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

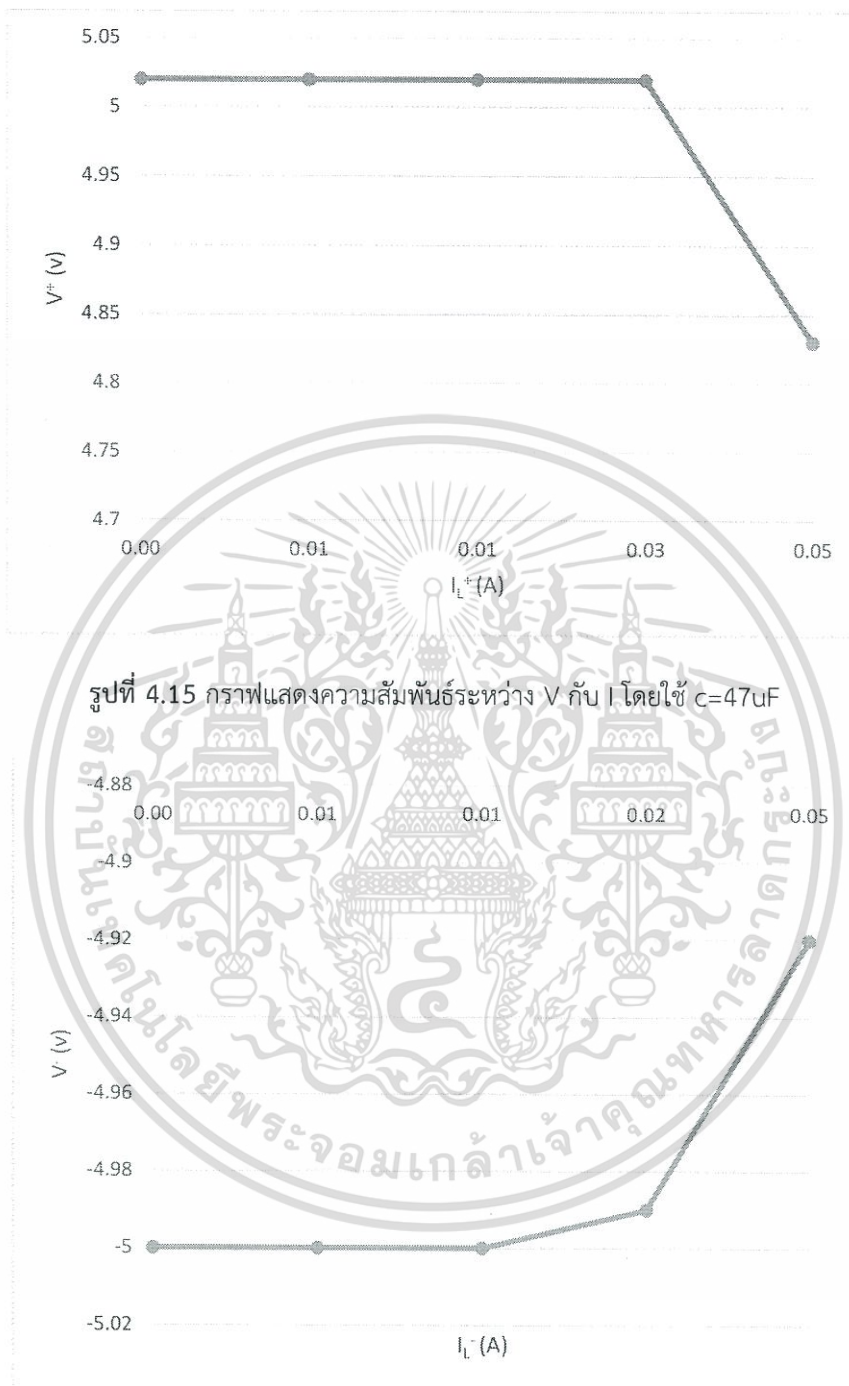
ตาราง4.7 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 47 μ F

C=47 μ F				
R_L	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	5.02 v	-5.00 v	0	0
1k Ω	5.02 v	-5.00 v	5.02 mA	5.00 mA
500 Ω	5.02 v	-5.00 v	10.04mA	10.00mA
200 Ω	5.02 v	-4.99 v	25.10mA	24.95mA
100 Ω	4.83 v	-4.92 v	48.30mA	49.20mA

ตาราง4.8 ผลการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator โดยใช้ค่า R_L ต่างๆ และใช้ C 100 μ F

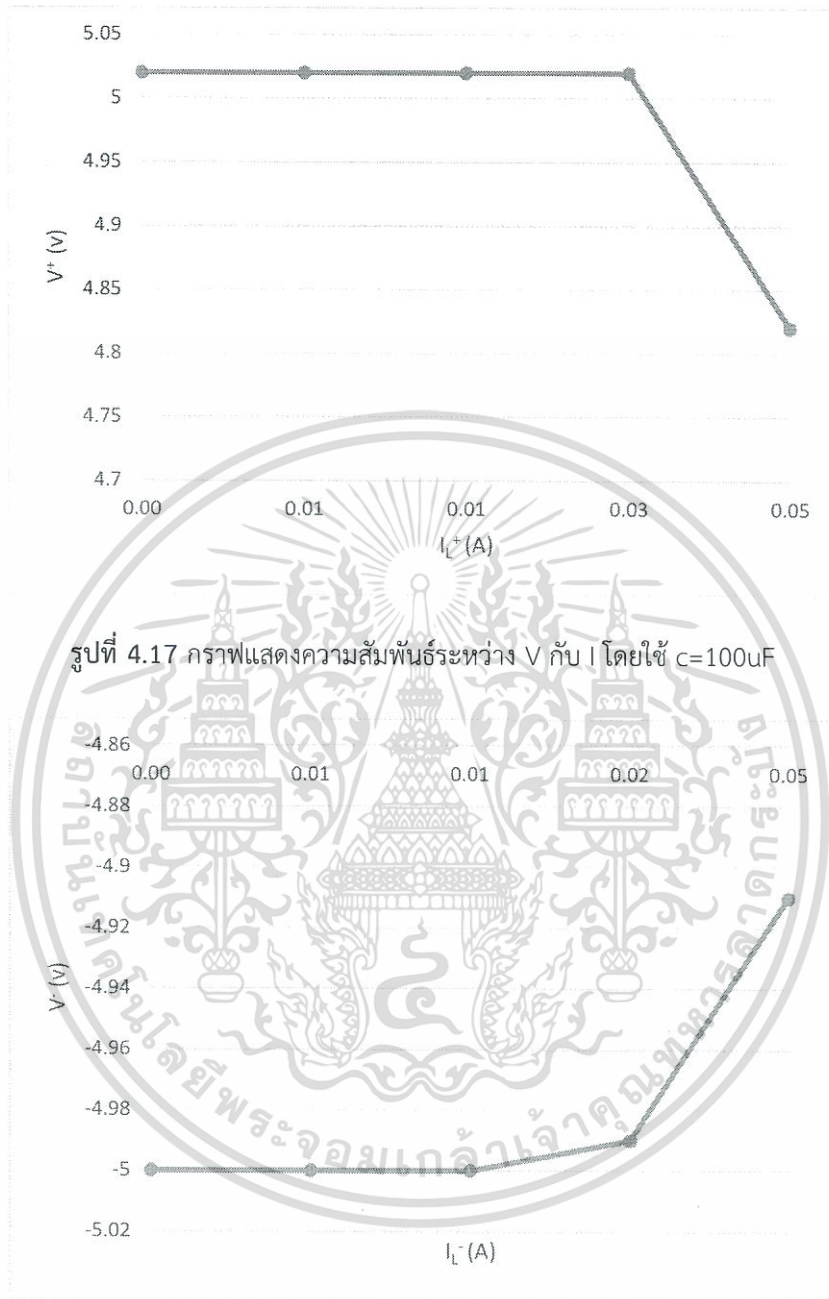
C=100 μ F				
R_L	V^+	V^-	I_L^+	I_L^-
∞	5.02 v	-5.00 v	0	0
1k Ω	5.02 v	-5.00 v	5.02mA	5.00 mA
500 Ω	5.02 v	-5.00 v	10.04mA	10.00mA
200 Ω	5.02 v	-4.99 v	25.10mA	24.95mA
100 Ω	4.82 v	-4.91 v	48.20mA	49.10mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V กับ I โดยใช้ $c=47\mu\text{F}$ (ไฟลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

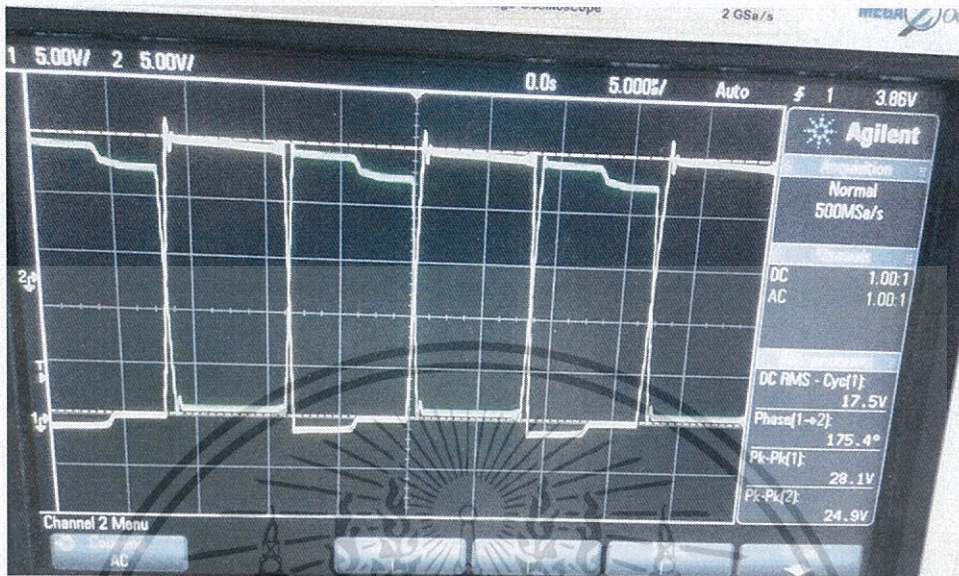


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V^- กับ I^- โดยใช้ $c=100\mu\text{F}$ (ไฟลบ)

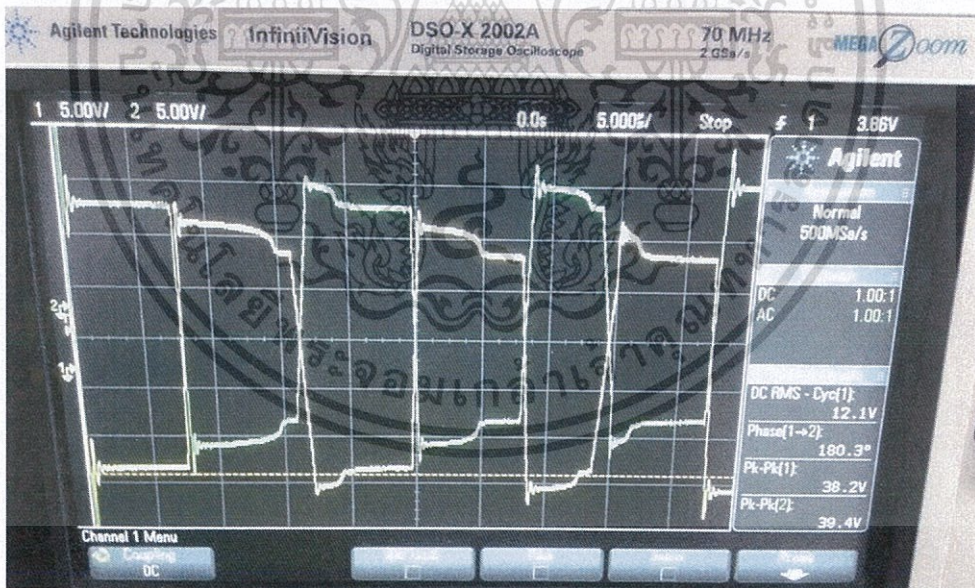
จากการทดลอง DC-DC Converter ต่อกับ regulator จะเห็นว่าค่า V จะตกลงที่ R_L 100 โอห์ม นั่นคือ ค่า R_L ที่สามารถใช้ได้ค่าสุดท้ายคือ 200 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปการทดลอง

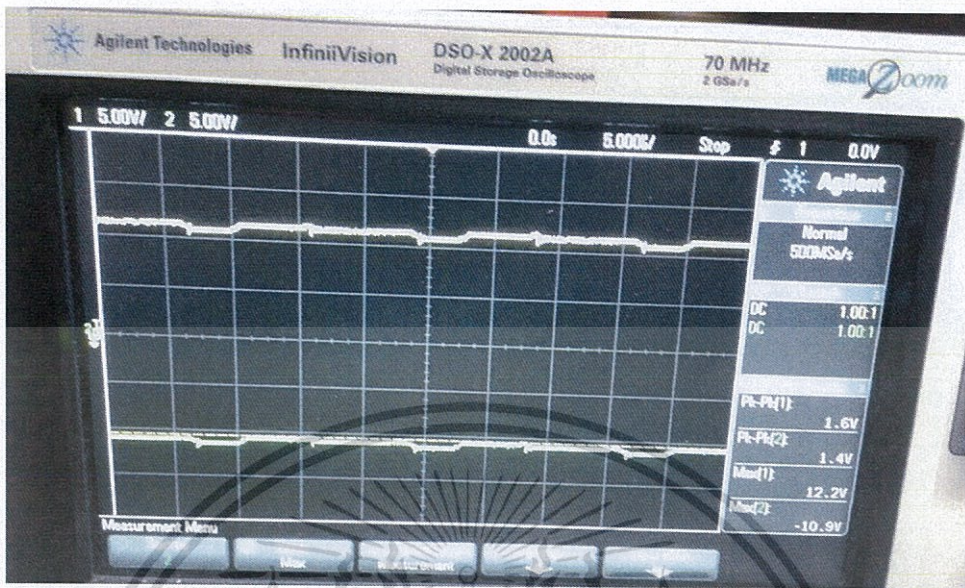


รูปที่ 4.19 กราฟที่วัดออกจากขา8และขา11 ของtl494 จะได้เป็น pulse สองคลื่นที่กลับเฟสกัน

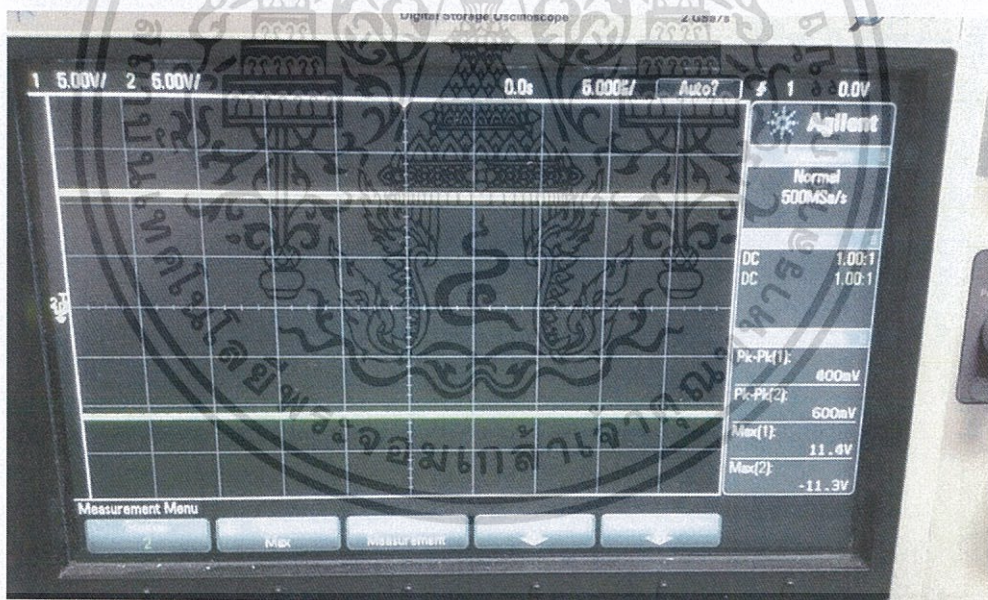


รูปที่ 4.20 กราฟที่วัดจาก output ของหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

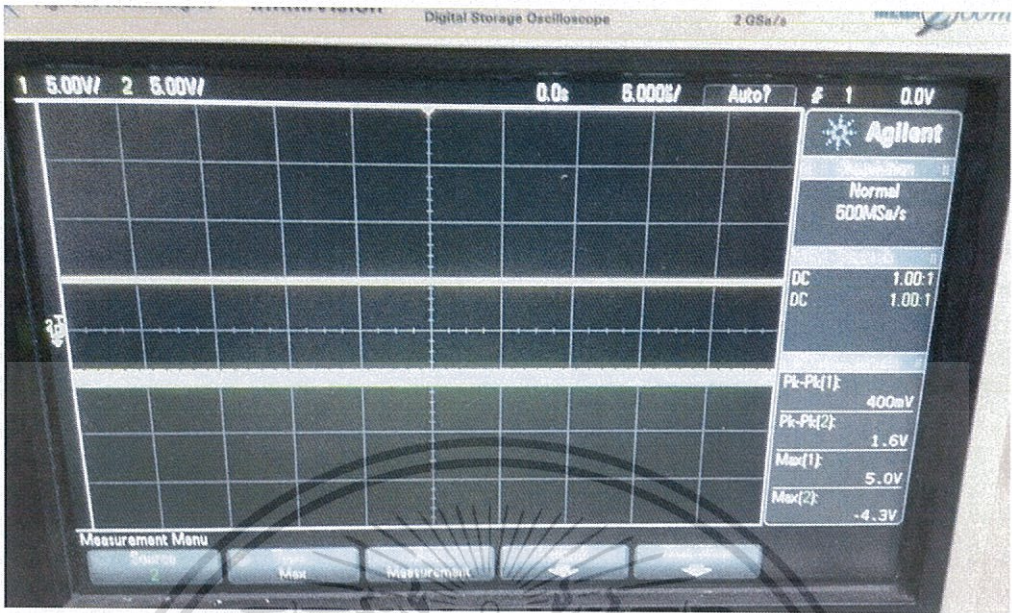


รูปที่ 4.21 กราฟที่วัดออกจากไดโอดบริดจ์ (ไม่ใส่ C)



รูปที่ 4.22 กราฟที่วัดออกจากไดโอดบริดจ์โดยใส่ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กราฟที่วัดออกจาก output ของ Regulator

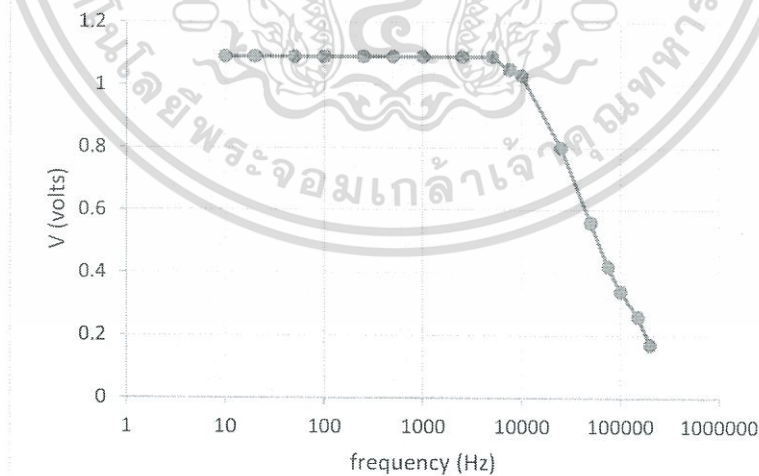


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองการตอบสนองความถี่

ตาราง 4.9 การตอบสนองความถี่หลังจาก INA แบบ AC Amplifier

ความถี่ (Hz)	V(volts)
10	1.09
20	1.09
50	1.09
100	1.09
250	1.09
500	1.09
1k	1.09
2.5k	1.09
5k	1.09
7.5k	1.05
10k	1.03
25k	0.8
50k	0.56
75k	0.42
100k	0.34
150k	0.26
200k	0.17

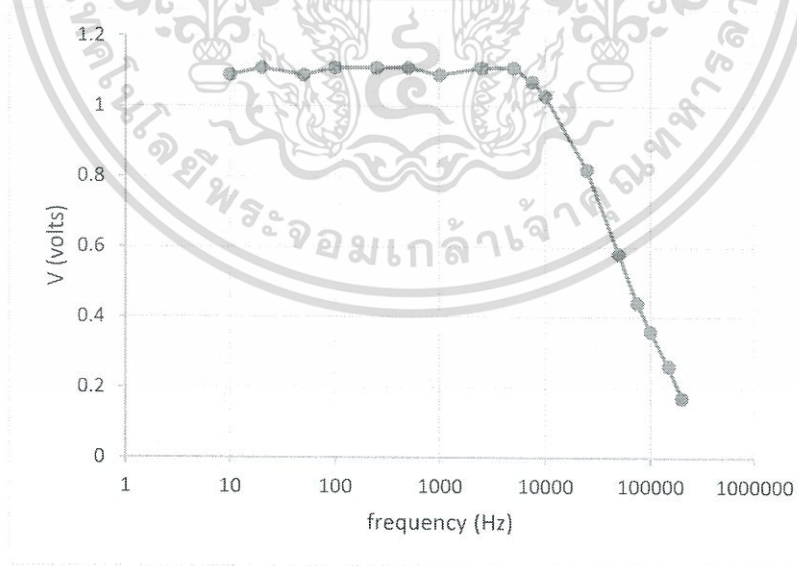


รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจาก INA แบบ AC Amplifier cutoff ที่ 10kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.10 การตอบสนองความถี่หลังจาก INA แบบ DC Amplifier

ความถี่ (Hz)	V (volts)
10	1.09
20	1.11
50	1.09
100	1.11
250	1.11
500	1.11
1k	1.09
2.5k	1.11
5k	1.11
7.5k	1.07
10k	1.03
25k	0.82
50k	0.58
75k	0.44
100k	0.36
150k	0.26
200k	0.17

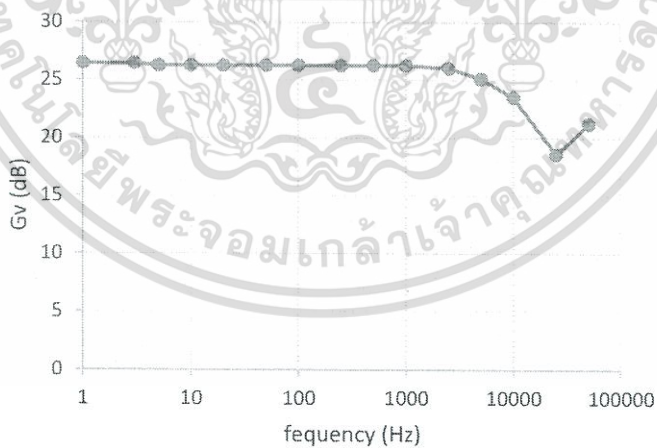


รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจาก INA แบบ DC Amplifier cutoff ที่ 10kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.11 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier ไม่มี filter โดยป้อนสัญญาณเป็นรูป sine wave ขนาด 20mV

ความถี่ (Hz)	V (volts)	Gv(dB)
1	4.2	26.44
3	4.2	26.44
5	4.1	26.24
10	4.1	26.24
20	4.1	26.24
50	4.1	26.24
100	4.1	26.24
250	4.1	26.24
500	4.1	26.24
1k	4.1	26.24
2.5k	4	26.02
5k	3.6	25.11
10k	3	23.52
25k	1.7	18.59
50k	2.3	21.21



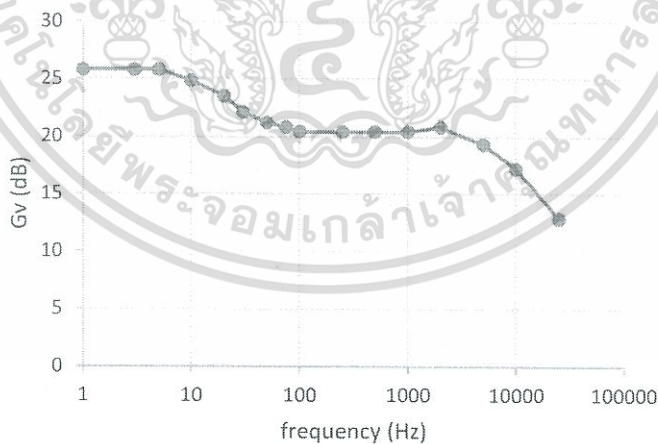
รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier ไม่มี filter cutoff ที่ 5kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.12 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier โดยผ่าน low pass filter

โดยป้อนสัญญาณเป็นรูป sine wave ขนาด 20mV

ความถี่ (Hz)	V(volt)	Gv(dB)
1	3.9	25.8
3	3.9	25.8
5	3.9	25.8
10	3.5	24.86
20	3	23.52
30	2.55	22.11
50	2.3	21.21
75	2.2	20.83
100	2.1	20.42
250	2.1	20.42
500	2.1	20.42
1k	2.1	20.42
2k	2	20.83
5k	1.85	19.32
10k	1.45	17.21
25k	0.88	12.87

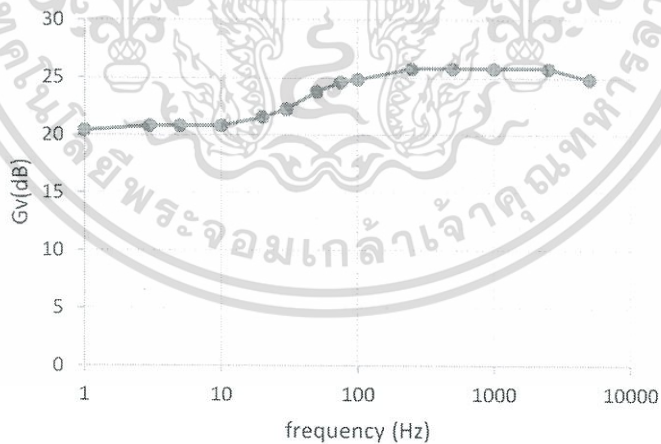


รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier โดยผ่าน low pass filter Cutoff ที่ 22 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.13 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC โดยผ่าน high pass filter โดยป้อนสัญญาณเป็นรูป sine wave ขนาด 20mV

ความถี่ (Hz)	V (volt)	Gv(dB)
1	2.1	20.42
3	2.2	20.83
5	2.2	20.83
10	2.2	20.83
20	2.4	21.58
30	2.6	22.28
50	3.1	23.81
75	3.4	24.61
100	3.5	24.86
250	3.9	25.8
500	3.9	25.8
1000	3.9	25.8
2500	3.9	25.8
5000	3.5	24.86

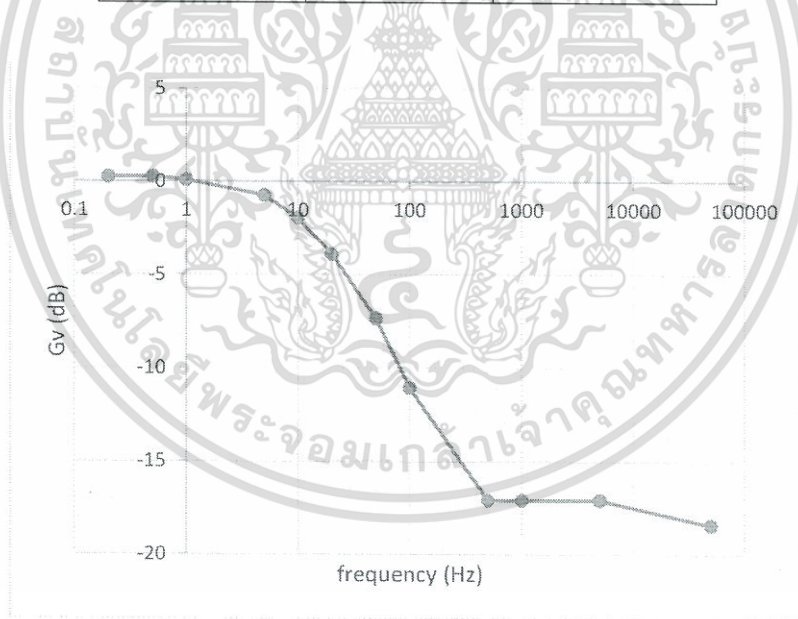


รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน INA แบบ DC Amplifier โดยผ่าน high pass filter Cutoff ที่ 31 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.14 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน low pass filter โดยป้อนสัญญาณขนาด 1 V

ความถี่ (Hz)	V (volts)	Gv(dB)
0.2	1.03	0.26
0.5	1.03	0.26
1	1.01	0.09
5	0.92	-0.72
10	0.8	-1.94
20	0.64	-3.88
50	0.42	-7.34
100	0.28	-11.06
500	0.14	-17.08
1k	0.14	-17.08
5k	0.14	-17.08
50k	0.12	-18.42

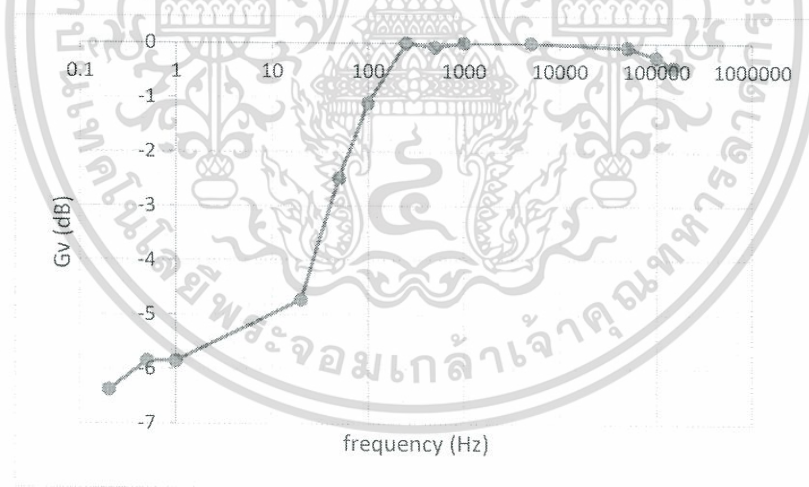


รูปที่ 4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน low pass filter cutoff ที่ 10 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.15 การตอบสนองความถี่หลังจากผ่าน high pass filter โดยป้อนสัญญาณขนาด 1 V

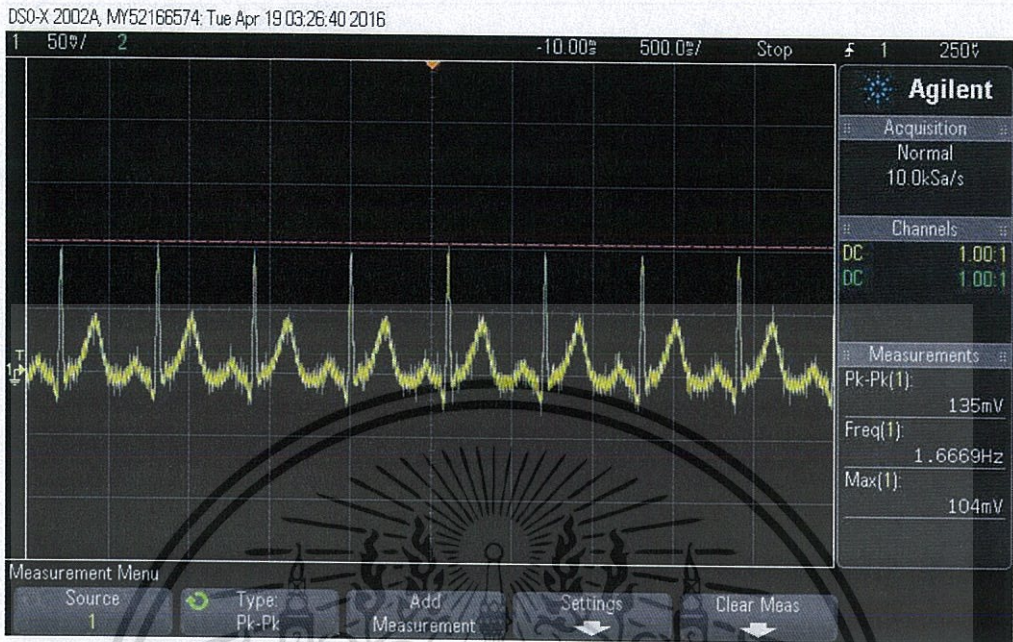
ความถี่ (Hz)	V (volts)	Gv(dB)
0.2	0.48	-6.38
0.5	0.51	-5.85
1	0.51	-5.85
20	0.58	-4.73
50	0.75	-2.49
100	0.88	-1.11
250	1	0
500	0.99	-0.08
1k	1	0
5k	1	0
50k	0.99	-0.08
100k	0.97	-0.26
150k	0.95	-0.45



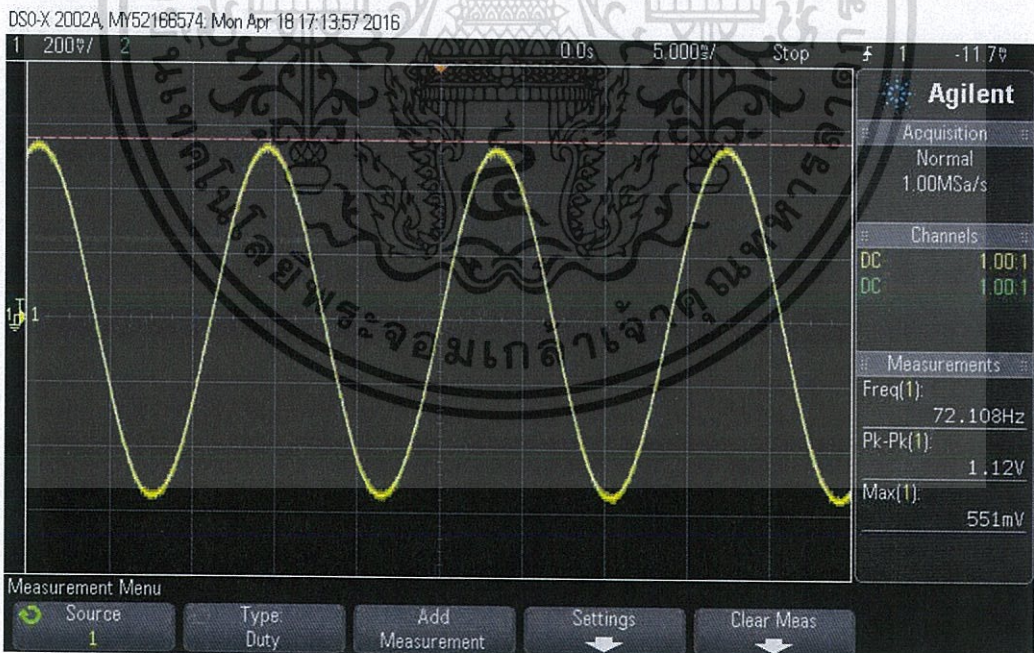
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความถี่หลังจากผ่าน high pass filter cutoff ที่ 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปการทดลอง

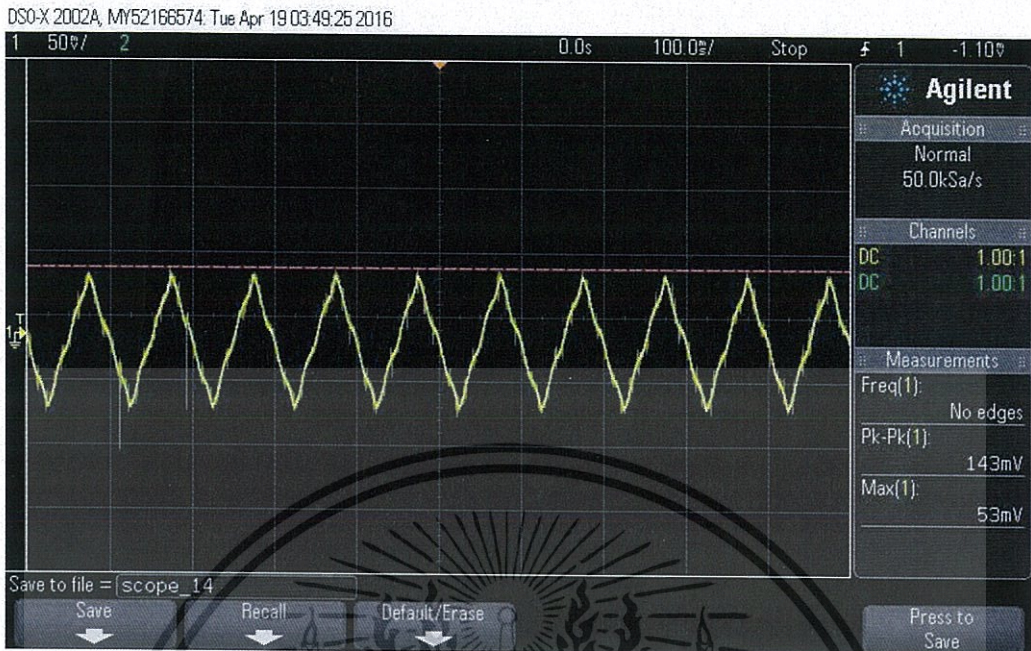


รูปที่ 4.31 สัญญาณECGที่ได้หลังจากผ่าน INA จากเครื่อง Simulator



รูปที่ 4.32 สัญญาณรูปซายน์ ที่ได้หลังจากผ่าน INA จาก function generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

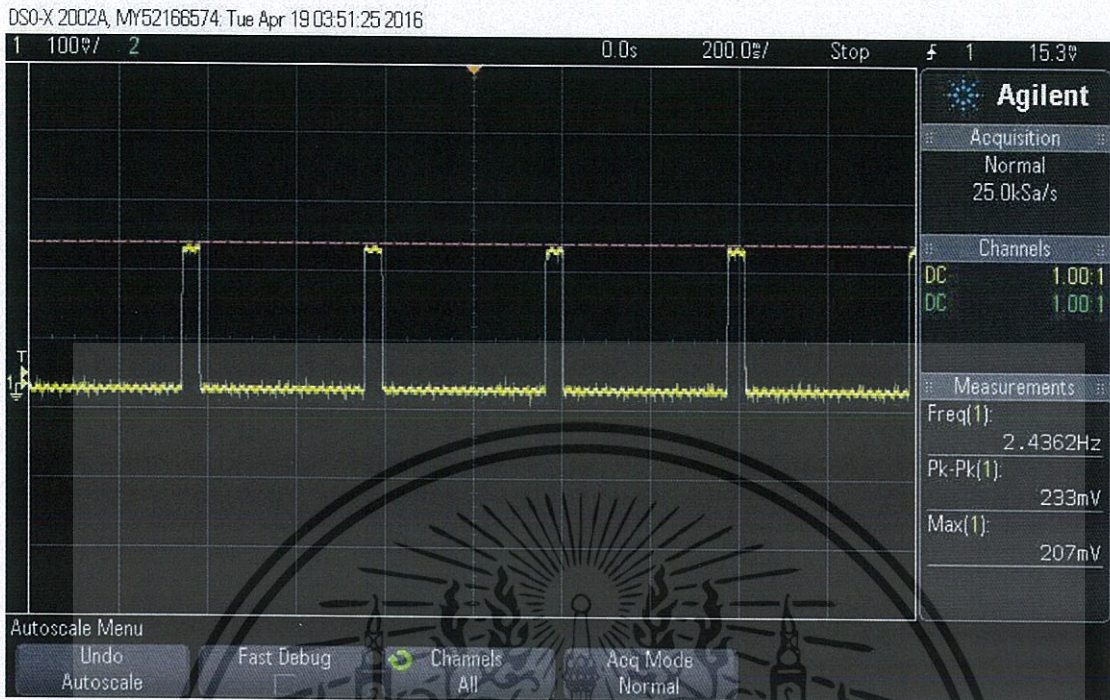


รูปที่ 4.33 สัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ได้หลังจากผ่าน INA จาก function generator

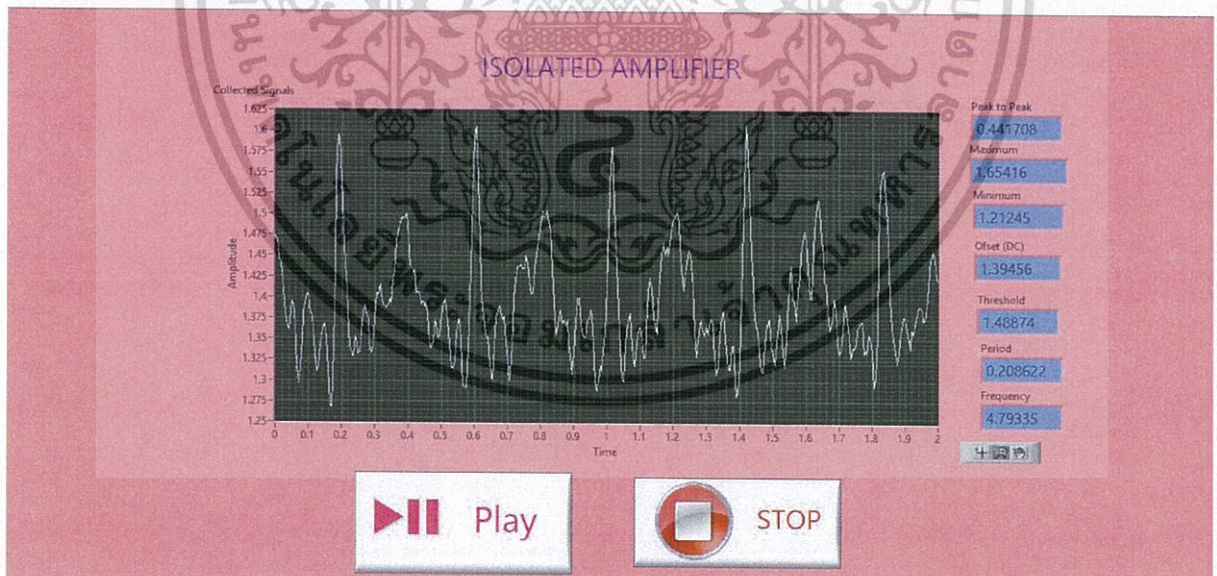


รูปที่ 4.34 สัญญาณ pulse ที่ได้หลังจากผ่าน INA จาก function generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

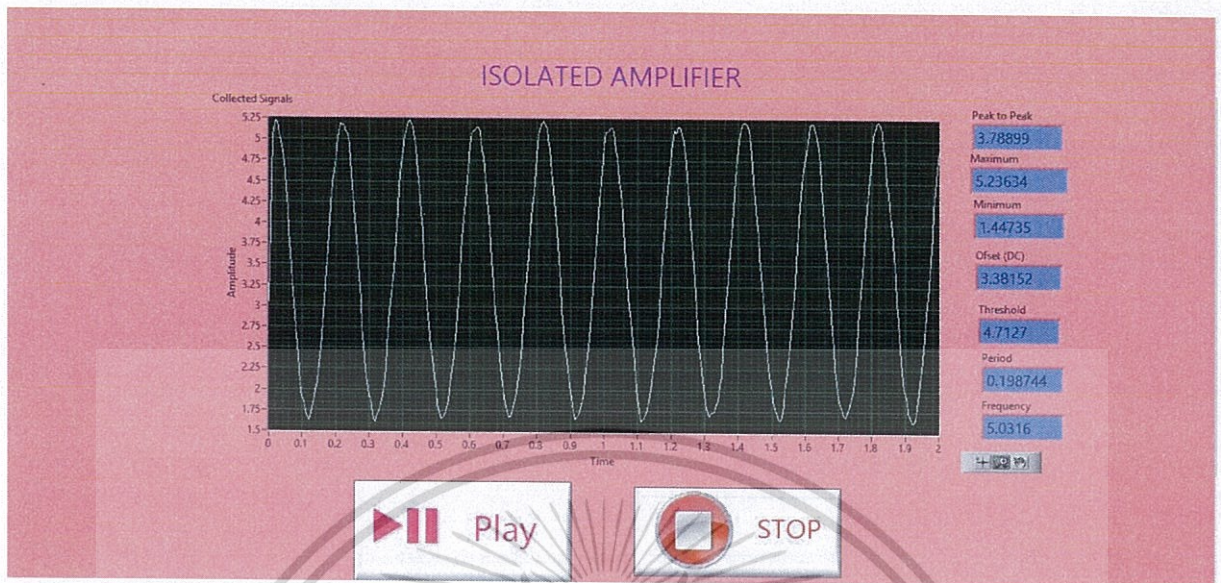


รูปที่ 4.35 สัญญาณ pulse หลังจากผ่าน INA จาก function generator



รูปที่ 4.36 สัญญาณ ECG ที่ได้จากเครื่อง Simulator แล้วแสดงผลออก โปรแกรมLabView

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 สัญญาณรูปไซน์ที่ได้จาก function generator แล้วแสดงผลออกโปรแกรมLabView



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อจ่ายแรงดันไฟตรง 12V ให้ tl494 และหม้อแปลงไฟฟ้า ทาง output ของหม้อแปลงไฟฟ้า จะเปลี่ยนจาก DC เป็น AC เมื่อแรงดันไฟสลับ ผ่านไดโอดบริดจ์ จะเปลี่ยนจาก AC เป็น DC จากนั้นเมื่อต่อ regulator จะได้แรงดันไฟตรง +5.02 และ -5.00

ในการทดลองต่อ C และ R_L ต่างๆกัน จะเห็นว่า ค่า C ตั้งแต่ 1uF ถึง 100 uF ไม่มีผลต่อกระแสมากนัก

ในการทดลองต่อ Regulator จะเห็นว่าค่า R_L ที่น้อยที่สุดก่อนไฟจะตกลง คือ $R_L=200$ โอห์ม และ Regulator 78L05 กับ 79L05 จะทำหน้าที่ในการรักษาระดับแรงดันให้อยู่ที่ +5V และ -5V ตามลำดับ

ในส่วนของวงจรส่วนขยายจะต้องใช้ไฟเลี้ยงจ่ายวงจรที่ได้ก่อนหน้าโดยต้องจ่ายไฟให้กับวงจรเป็นไฟตรงขนาด +12V,-12V,+5Vและ-5V และในการทดลองได้ป้อนอินพุตเป็นคลื่นสัญญาณแบบไซน์ขนาด 20mV ความถี่ต่างๆกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1)แรงดันที่ออกจาก instrument amplifier 2)แรงดันที่ออกจากวงจรขยาย 3)แรงดันที่ออกจากวงจรรองความถี่ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่มาจากอินพุต 4) แรงดันที่เข้า arduino board หรือ DAQ Board แล้วแสดงผลออกทางโปรแกรมLABView

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบวงจรและการเลือกใช้อุปกรณ์ควรที่จะศึกษาคุณสมบัติต่างๆของอุปกรณ์นั้นๆจาก data sheet ให้ดีเสียก่อน

2. DC-DC Converter สามารถนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาและออกแบบ ตลอดจนพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้ ด้วยการประยุกต์ใช้วงจรรูปแบบอื่นๆ รวมไปถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและอุปกรณ์ชนิดใหม่ๆที่มีประสิทธิภาพสูงๆ ทั้งยังเหมาะกับการนำมาประยุกต์ใช้และนำมาใช้งานจริงอีกด้วย

3. การออกแบบวงจรขยายควรศึกษาการนำอุปกรณ์ที่ใช้อย่างรอบคอบ รวมไปถึงการนำวงจรหลายส่วนมารวมกันควรศึกษาและเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อผลลัพธ์ที่สมบูรณ์

4. ผลลัพธ์ที่แสดงออกทางโปรแกรม LabView อาจจะไม่เสถียรเท่ากับการใช้ Oscilloscope จริง เนื่องจาก การแก้สัญญาณรบกวนในโปรแกรมซับซ้อนแล้วยุ่งยาก ดังนั้นการจะทำให้สัญญาณที่ได้มีความสวยงามจึงต้องเลือก filter ในโปรแกรมให้เหมาะสมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ.ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์, รศ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง, หลักการเบื้องต้นทางวงจรไฟฟ้า, สำนักพิมพ์ที่อป, กรุงเทพฯ, 2553
- [2] ผศ.ดร.อนุพงษ์ จางวนิชเลิศ, แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิ่ง, พิมพ์ครั้งที่ 2, มิน เซอร์วิส ซัพพลาย, กรุงเทพฯ 2554
- [3] รศ.ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งาน, พิมพ์ครั้งที่ 1, วี.เจ.พรินตติ้ง, กรุงเทพฯ, 2552
- [4] Sheno, Introduction to digital signal processing and filter design, Wiley & Sons, Canada, 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้