

ชุดการทดลองแอลวีดีที

LVDT TRAINER KIT



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชุดการทดลองแอลวีดีที

LVDT TRAINER KIT



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LVDT TRAINER KIT







A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ชุดการทดลองแอลวีดีที	
	LVDТ Trainer Kit	
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ปรียฉัตร ภูรินทร์	รหัสนักศึกษา 57050943
	นางสาว ชนัญญา พรเศรษฐฉัตร	รหัสนักศึกษา 57050945
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ภาณุพล โขลกกระทอก	

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ. อนุพงศ์ สรงประภา ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร. ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี กรรมการ	
อ. ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ กรรมการ	
ดร. ภาณุพล โขลกกระทอก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ชุดการทดลองแอลวีดีที	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวปริญัตร์ ภูมรินทร์	รหัสนักศึกษา 57050943
	นางสาวชนัญญา พรเศรษฐ์	รหัสนักศึกษา 57050945
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ภาณุพล โขลอนกระโทก	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษฉบับนี้เสนอชุดการทดลองแอลวีดีที มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการทำงาน ความ เป็นเชิงเส้น และคุณลักษณะพิเศษของแอลวีดีที ด้วยวิธีการทดลอง 3 วิธีคือ การใช้วงจรรอแนะลอค การใช้โปรแกรมแลปวิรร่วมกับ DAQ และการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์ (AD598) จากนั้นนำผลที่ได้มาหาค่า ความ เป็นเชิงเส้น ซึ่งวิธีการใช้โปรแกรมแลปวิรร่วมกับ DAQ ใช้ผลความเป็นเชิงเส้นมากที่สุด รองลงมา คือการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์ และการใช้วงจรรอแนะลอค โดยการทำโครงการพิเศษนี้จะมุ่งไปยังการศึกษา และพัฒนาการเรียนรู้เรื่องแอลวีดีทีเพื่อสร้างชุดการทดลองเพื่อนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการ

คำสำคัญ : ชุดการทดลอง ทรานส์ดีวเซอร์ วงจรปรับแต่งสัญญาณ แอลวีดีที

Title	LVDT Trainer Kit	
Students	Miss Priyachat Phummarin	Student ID 57050943
	Miss Chanunya Pornsettachat	Student ID 57050945
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)	
Department	Physics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2017	
Advisor	Dr. Bhanupol Klongratog	

Abstract

This project's objective was to study the principle of the Linear Variable Differential Transformer (LVDT). The linearity of the output signal was assessed under changing conditions using three methods; Analogue Circuits, LabVIEW with Data Acquisition (DAQ) and using a commercial integrated circuit (AD598). The results of the experiment showed that the output signal of the LVDT using LabVIEW with DAQ was the most linear. The integrated circuit had the second best linearity, followed by the analogue circuit. In addition to the above, This special project will focus on the study and development of the knowledge of LVDT to create a set of experiments for use in the laboratory.

Keywords : Experimental set, Transducer, Conditioning circuits, LVDT

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความเมตตาของอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ภาณุพล โขลอนกระโทก ขอขอบพระคุณสำหรับความกรุณารับเป็นที่ปรึกษาตั้งแต่เริ่มโครงการ รวมทั้งได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับหัวข้อโครงการ และแนวทางในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการพิเศษเพื่อการเรียนการสอน

ขอขอบพระคุณภาคิวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความสนับสนุนทางด้านเครื่องมือในการทดลองและขอขอบพระคุณ นักศึกษาปริญญาโท ของห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลอง



ปริญฉัตร ภูมรินทร์
ชนัญญา พรเศรษฐฉัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่สำคัญ	3
2.1.1 กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law)	3
2.1.2 กฎของแอมแปร์	4
2.1.3 ความเหนี่ยวนำต่างร่วม	5
2.1.4 คุณสมบัติของสารที่มีต่อสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก	5
2.1.5 ทฤษฎีของหม้อแปลง	6
2.2 ทหรานส์ดิวเซอร์	6
2.2.1 การวัดระยะทางและระยะการกระจัด	7
2.2.2 ทหรานส์ดิวเซอร์วัดระยะชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำแบบเชิงเส้น	7
2.3 วงจรที่ใช้ประมวลผลสัญญาณ	8
2.3.1 วงจรบัฟเฟอร์	8
2.3.2 วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า	9
2.3.3 วงจรเรียงกระแส	10
2.3.4 วงจรขยายคลาสบีพช-พลู	11
2.3.5 วงจรฟลิป-ฟลอป ชนิด D	12
2.3.6 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่	13
2.3.7 วงจรแปลงรูปสัญญาณ	13
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย	14
2.4.1 แลปวิว	14
2.4.2 NI USB-6008	16
2.5 Integrated Circuit ประมวลผลแอลวีดีที	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 การสร้างชุดการทดลอง	19
3.1.1 ชุดการทดลองแบบวงจรแอนะล็อก	19
3.1.2 ชุดการทดลองแบบใช้โปรแกรมแลปวิวร่วมกับ NI USB-6008	22
3.1.3 ชุดการทดลองโดยใช้ไอซีเชิงพาณิชย์แอลวีดีที	24
3.2 การออกแบบการทดลอง	27
3.2.1 การทดลองหาค่าแบนวิดท์	27
3.2.2 การทดลองวัดสัญญาณที่ปรับแต่งจากวงจรต่าง ๆ	28
3.2.3 การทดลองวัดค่าและประมวลผลด้วย NI USB-6008 ร่วมกับแลปวิว	28
3.2.4 การทดลองวัดค่าและประมวลผลด้วยไอซีเชิงพาณิชย์	28
3.2.5 การทดลองวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแกน	28
3.2.6 การออกแบบใบงานการทดลองเพื่อการศึกษาชุดการทดลองแอลวีดีที	29
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	
4.1 การหาช่วงการใช้งานของเครื่องมือ	30
4.2 การใช้วงจรแอนะล็อก	31
4.3 การเขียนโปรแกรมแลปวิวเพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ผลที่ได้จากแอลวีดีที	37
4.4 การใช้แอลวีดีทีและไอซีเชิงพาณิชย์	43
4.5 การทดลองวัดระยะและความเป็นเชิงเส้นของแอลวีดีที	43
4.5.1 การวัดความเป็นเชิงเส้นด้วยการใช้วงจรแอนะล็อก	43
4.5.2 การวัดความเป็นเชิงเส้นด้วยวิธีการวัดโดย NI USB-6008	45
4.5.3 การวัดความเป็นเชิงเส้นด้วยการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์เฉพาะของแอลวีดีที	47
4.6 การสร้างแบบการทดลองเพื่อใช้ในการศึกษาชุดการทดลองแอลวีดีที	50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	60
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงการดำเนินงาน	2
2.1 ค่าความซาบซึ่มสนามแม่เหล็กในวัสดุต่าง ๆ	6
2.2 ตารางความจริงของ D Flip-Flop	12
3.1 แสดงค่าสัดส่วนระหว่างความถี่กับตัวต้านทาน	24
4.1 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะแกนที่ใช้วงจรรอแฉล็ค	44
4.2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะแกนที่ใช้ DAQ	46
4.3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะแกนที่ใช้ไอซีเชิงพาณิชย์	48
4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้ของทั้ง 3 วิธี	50
4.5 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อระยะแกนแอลวีดีที่เปลี่ยนไปด้วยวงจรรอแฉล็ค	52
4.6 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อระยะแกนแอลวีดีที่เปลี่ยนไปด้วย DAQ	55
4.7 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อระยะแกนแอลวีดีที่เปลี่ยนไปด้วยไอซีเชิงพาณิชย์	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	4
2.2	4
2.3	5
2.4	8
2.5	8
2.6	9
2.7	9
2.8	10
2.9	10
2.10	11
2.11	12
2.12	12
2.13	13
2.14	13
2.15	14
2.16	15
2.17	15
2.18	16
2.19	17
2.20	17
3.1	19
3.2	20
3.3	20
3.4	21
3.5	21
3.6	22
3.7	22
3.8	23
3.9	23
3.10	24
3.11	25
3.12	26
3.13	28
3.14	29
4.1	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.2	วงจรถ่ายใช้ในการปรับแต่งสัญญาณให้กับแอลวีดีที	32
4.3	Channel 1 สัญญาณจากวงจรคิท XR2206 และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากการปรับแต่งโดย C Coupling	32
4.4	Channel 1 สัญญาณจากวงจร Coupling และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากวงจร Buffer	33
4.5	Channel 1 สัญญาณจากวงจร Buffer และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากวงจร Amplifier ที่ขยายได้ 3.6 เท่า	33
4.6	Channel 1 สัญญาณจากวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากวงจรพหุ-พูล	34
4.7	Channel 1 สัญญาณจากขดลวดปฐมภูมิ และ Channel 2 สัญญาณจากขดลวดทุติยภูมิ	34
4.8	Channel 1 สัญญาณเอาต์พุตจากขดลวดทุติยภูมิ และ Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตจากขดลวดทุติยภูมิเมื่อขยายสัญญาณ	35
4.9	สัญญาณที่ได้จากการใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	36
4.10	การแสดงผลการเปรียบเทียบเฟสด้วย LED	37
4.11	การใช้ USB-6008 (DAQ) เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลแอลวีดีที	38
4.12	Front Panel LabVIEW เพื่อประมวลผลและแสดงค่าที่ได้จากแอลวีดีที	39
4.13	แสดง Block Diagram LabVIEW เพื่อประมวลผลและแสดงค่าของแอลวีดีที	39
4.14	การแสดงผลตรวจจับตำแหน่งของแกน LED	40
4.15	แสดงการทำงานภายในของไอซี UAF42AP และตารางสัดส่วนการใช้ตัวต้านทานเพื่อให้สัญญาณเป็นรูปไซน์มากที่สุด	41
4.16	การเปลี่ยนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณรูปไซน์	41
4.17	Channel 1 สัญญาณจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ และ Channel 2 สัญญาณจากพหุ-พูล	42
4.18	สัญญาณเอาต์พุตของแอลวีดีทีที่ได้จากวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส	42
4.19	แสดงวงจรที่เชื่อมร่วมกับไอซี AD598	43
4.20	แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและระยะแกนแอลวีดีทีที่โดยการวัดด้วยวงจรรอแนะล๊อค	45
4.21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและระยะแกนแอลวีดีทีที่ด้วยการวัดโดย NI USB-6008	47
4.22	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะของแกนด้วยวิธีการวัดแบบใช้ไอซีเชิงพาณิชย์เฉพาะของแอลวีดีที	49
4.23	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะแกนเปรียบเทียบการวัดทั้งสามวิธี	50
4.24	แสดงกล่องวงจรแอนะล็อกและการเชื่อมสายกับแอลวีดีที	51
4.25	แสดงการเชื่อมสายของวงจรแอนะล็อกที่ใช้ร่วมกับ DAQ และโปรแกรม LabVIEW กับแอลวีดีที	54
เอก 4.26	แสดงการเชื่อมสายของวงจรไอซีเชิงพาณิชย์กับแอลวีดีทีนั้น ไม่อนุญาตให้เข้าไปใช้ประโยชน์จากการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	57

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การวัดผล (measurement) หมายถึง กระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่ง ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ที่มีความหมายแทนคุณลักษณะ หรือคุณภาพของสิ่งที่วัด โดยใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพหารายละเอียดสิ่งที่วัดว่ามีจำนวนหรือปริมาณเท่าใด [1] ในอุตสาหกรรมปัจจุบัน เห็นได้ว่ามีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหลากหลายรูปแบบ การเลือกใช้เครื่องมือวัดจำเป็นต้องเลือกเครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งถือเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ [2] ในโครงงานพิเศษนี้กล่าวถึงแอลวีดีที (LVDT) หรือ Linear Variable Differential Transformer เป็นอุปกรณ์การวัดชนิดหนึ่งที่สามารถประยุกต์ใช้ในการวัดแรง ความดัน การเคลื่อนที่และตำแหน่งได้โดยใช้หลักการเคลื่อนที่ของแกน โครงสร้างหลักของ LVDT ประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) หนึ่งขด และขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding) สองขด โดยที่ขดลวดทุติยภูมิทั้งสองขดนี้มีจำนวนรอบที่เท่ากัน และต่ออนุกรมกันแต่ทิศทางการพันของขดลวดทั้งสองตรงข้ามกัน ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดทั้งสองมีทิศเครื่องหมายที่ตรงกันข้าม ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกน ซึ่งแอลวีดีทีถูกใช้ในอุตสาหกรรมการวัดอย่างแพร่หลายเนื่องจากแอลวีดีที มีการเป็นเชิงเส้นที่ดี ไม่มีการสัมผัสหรือเสียดสีใด ๆ กับขดลวดจึงทำให้มีความละเอียด (resolution) และมีความแม่นยำสูง อีกทั้งยังมีเสถียรภาพและใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ มีรูปแบบที่เรียบง่ายต่อการประยุกต์ใช้งานและการติดตั้งสามารถนำไปใช้งานได้หลายลักษณะ รวมถึงสามารถทำงานภายใต้สภาวะที่มีความร้อนสูงได้ [3] แต่ข้อเสียของแอลวีดีทีที่สนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีการใช้งาน เพราะแอลวีดีทีไวต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้า [4]

สำหรับการศึกษาโครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการทำงานของแอลวีดีที และสร้างชุดทดลองแอลวีดีทีเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณต่าง ๆ ของแอลวีดีที เช่น ค่าเหนี่ยวนำตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกน ความต่างเฟสระหว่างสัญญาณขดลวดปฐมภูมิกับสัญญาณเอาต์พุต โดยใช้แอลวีดีทีร่วมกับวงจรไฟฟ้า และ NI USB-6008 เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลการวัดสัญญาณต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมแลปวิว (LabVIEW)

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาทฤษฎีและโครงสร้างของแอลวีดีที
- 2) ศึกษาและออกแบบวงจรไฟฟ้าที่ใช้ร่วมกับแอลวีดีที Transformer
- 3) ศึกษาการใช้ LabVIEW และ NI USB-6008 ร่วมกับวงจรที่ออกแบบ
- 4) เพื่อสร้างชุดการทดลองแอลวีดีที

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ศึกษาการทำงานของแอลวีดีทีและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2) ออกแบบแอลวีดีทีและวงจรไฟฟ้าที่สามารถวัดหาตำแหน่งแกนของแอลวีดีที
- 3) สร้างชุดการทดลองแอลวีดีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีระยะเวลาในการจัดทำรวมทั้งสิ้น 12 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2560 ถึงเดือนพฤษภาคม 2561 ซึ่งมีแผนดำเนินงานแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลา											
	มิ.ย. 60 – พ.ค. 61											
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้น												
2. สร้างชุดการทดลอง												
3. ทำการทดลอง												
4. สรุปผลการสร้างชุดการทดลอง												

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ชุดการทดลองที่ออกแบบสามารถใช้งานได้จริง
- 2) สามารถรู้ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของแอลวีดีที่ได้
- 3) สามารถเข้าใจที่มาของสัญญาณเอาต์พุตที่แสดงผลออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีที่สำคัญ

2.1.1 กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law)

เป็นปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นการทดลองของไมเคิล ฟาราเดย์ และโจเซฟ เฮนรี ที่สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง แม่เหล็กในบริเวณขดลวด ทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำในขดลวด นอกจากนี้ยังพบว่าการเคลื่อนที่ของขดลวดใด ๆ ในสนามแม่เหล็กก็ย่อมทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้เช่นกัน หลักการนี้ได้ถูกพัฒนา จนเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [5]

การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กตามเวลาหรือสนามแม่เหล็กไดนามิกส์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force เขียนย่อว่า *emf.*) มีหน่วยเป็นโวลต์ ซึ่งแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เป็นแหล่งที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้านั่นเอง สมการของแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามกฎของฟาราเดย์คือ

$$emf. = \frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

emf. เกิดจากวัสดุื่อนำไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก ทำนองเดียวกัน *emf.* เกิดจากการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนไหวของสนามแม่เหล็กที่ล้อมรอบตัวนำนั้น ๆ อีกด้วย

ϕ เป็นฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงจร ถ้ามีขดลวดล้อมรอบพื้นที่ A วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก B ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดคือ

$$\phi = \int B \cdot dA \quad (2.2)$$

เมื่อ dA เป็นเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับผิวที่มีขนาดเท่ากับพื้นที่นั้น ๆ

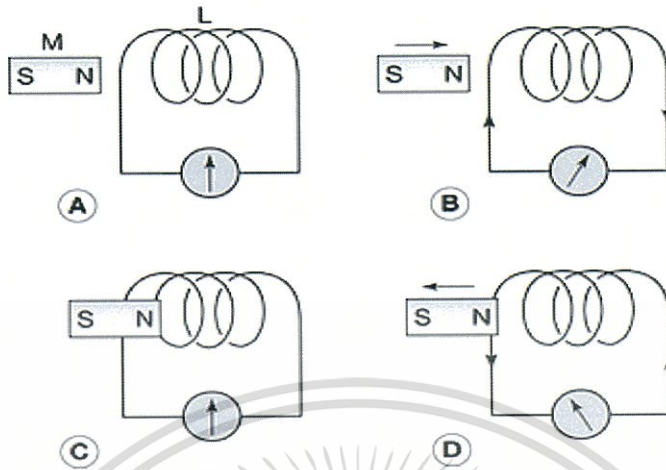
จากสมการ (2.2) กับขดลวดที่มี N รอบทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดทุกๆรอบ ถ้าขดลวดไว้อย่างหนาแน่น เราอาจคิดว่าแต่ละรอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน ดังนั้นฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดแต่ละรอบเท่ากัน ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดแต่ละรอบของโซลินอยด์ (solenoid) อุดมคติมีค่าเท่ากัน ในกรณีนี้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำคือ

$$\mathcal{E} = N \frac{d\phi_B}{dt} = \frac{d(N\phi_B)}{dt} \quad (2.3)$$

เมื่อฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงจรมีการเปลี่ยนแปลง เสมือนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามที่เราเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induced current) การทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่าสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

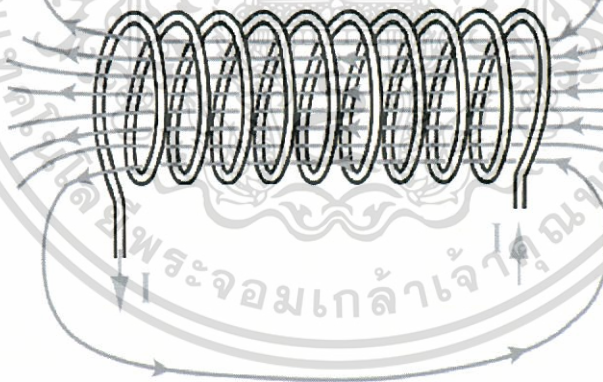
ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าทำได้ง่าย ๆ โดยนำแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ออกและเข้าจากขดลวดที่ต่อเข้ากับ กัลป์วานอมิเตอร์ [6] ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงหลักการฟาราเดย์

2.1.2 กฎของแอมแปร์

สนามแม่เหล็กมีปริมาณที่สำคัญคือ ความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetic field intensity) มีหน่วยเป็นแอมแปร์ต่อเมตร เป็นเส้นแรงหรือปริมาณเวกเตอร์ที่เกิดขึ้นรอบ ๆ เส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความเข้มสนามแม่เหล็กตามกฎของแอมแปร์

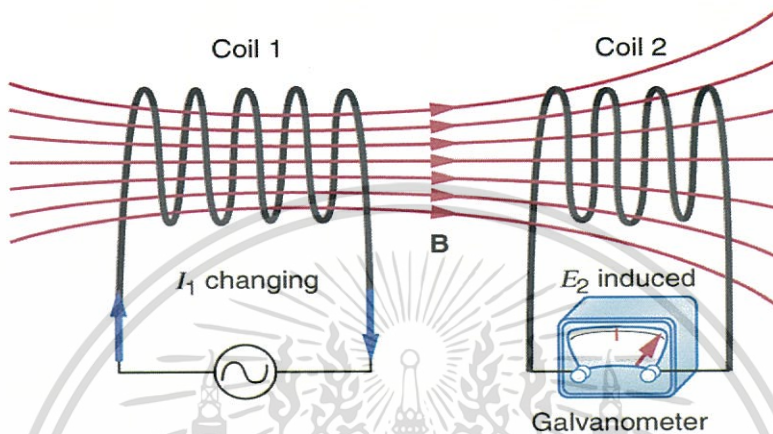
ส่วนปริมาณทางเวกเตอร์ที่สำคัญของสนามแม่เหล็กอีกค่าหนึ่งคือ ความหนาแน่น ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic flux density) มีหน่วยเป็นเวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb / m^2) หรือเทสลา โดยมีค่าแปรตามความเข้มสนามแม่เหล็ก [7] ดังนี้

$$B = \mu H \quad (2.4)$$

เมื่อ μ คือ ค่าความซึมซับแม่เหล็ก (Magnetic permeability) มีหน่วยเป็น A/m เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานโดยไม่มุ่งแต่ให้เห็นประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ความเหนี่ยวนำต่างร่วม

อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กผ่านวงจรถหนึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในอีกวงจรถเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในอีกวงจรถหนึ่งที่อยู่ใกล้ ผลคือเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น และมีผลสืบเนื่องเกี่ยวกับความเหนี่ยวนำที่ขึ้นกับอัตราทริยาระหว่างวงจรถทั้งสอง ด้วยเหตุนี้จึงเรียกความเหนี่ยวนำตามกรณีดังกล่าวว่า ความเหนี่ยวนำร่วม (mutual inductance) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความเหนี่ยวนำร่วม

2.1.4 คุณสมบัติของสารที่มีต่อสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

คุณสมบัติของเนื้อสารที่มีต่อสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเรามักใช้พารามิเตอร์สองค่า คือ ค่าความยินยอมทางไฟฟ้า (Electric permittivity) และค่าความซึมซับทางแม่เหล็ก (Permeability) ตามลำดับส่วนพารามิเตอร์พื้นฐานค่าที่สามที่มักใช้กันใบบางกรณีคือ ค่าสภาพการนำทางไฟฟ้า (Conductivity) มีหน่วยเป็น S/m ค่าความเหนี่ยวนำนี้เป็นตัวชี้ให้เห็นว่าประจุหรืออิเล็กตรอนในสนามนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายหรือไม่ง่ายสำหรับสารที่มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเป็นศูนย์แสดงว่าเป็นสารที่ไม่มีประจุอิสระที่เคลื่อนที่ได้ระหว่างอะตอมโดยจะเรียกสารประเภทนี้ว่าสารไดอิเล็กทริกสมบูรณ์ สำหรับสารตัวนำไฟฟ้าทั่วไปแล้วมักจะมีค่าสภาพการนำทางไฟฟ้ามากกว่าศูนย์ โดยถ้าสารใดมีค่าสภาพการนำทางไฟฟ้ามากจนกระทั่งอาจจะถือว่าเป็นค่าอนันต์แล้วสารนั้นจะมีประจุอิสระจำนวนมากที่สามารถเคลื่อนที่ได้อยู่นอกอะตอมของเนื้อสารนั้นแล้วสามารถเรียกสารประเภทนี้ว่าตัวนำไฟฟ้าสมบูรณ์ พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าทั้งสามที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นเป็นพารามิเตอร์ที่สามารถนำมาบ่งบอกคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ ตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของสุญญากาศนั้นบางส่วนได้แสดงไปแล้วในตารางที่ 2.1 นอกจากค่าความนำไฟฟ้าซึ่งมีค่าเป็นศูนย์ สารที่เป็นตัวกลางของคลื่นใด ๆ ที่มีค่าพารามิเตอร์ทั้งสามนี้เป็นค่าคงที่แล้วจะเรียกว่าเป็นตัวกลางแบบสารเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่าความซาบซึมนามแม่เหล็กในวัสดุต่าง ๆ

วัสดุ	ค่าความซาบซึมนามแม่เหล็ก (μ)
อวกาศหรือสุญญากาศ	1.26×10^{-5}
นิกเกิล	6.28×10^{-5}
โคบอลต์	7.56×10^{-5}
เหล็กหล่อ	1.1×10^{-4}
เหล็กแท่ง	5.56×10^{-4}
แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า	6.9×10^{-3}
เหล็กซิลิคอน	8.8×10^{-3}
เฟอร์มาลอย	0.126
ซูเปอร์เฟอร์มาลอย	1.26

2.1.5 ทฤษฎีของหม้อแปลง

หม้อแปลง (transformer) เป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสสลับให้สูงขึ้นหรือต่ำกว่าเดิม โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยขดลวดสองขด พันอยู่บนแกนเหล็กอันเดียวกันเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปในขดลวดหนึ่งทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กซึ่งแปรค่าตลอดเวลาเกิดขึ้นในแกนเหล็กนั้นการแปรค่าของฟลักซ์แม่เหล็กดังกล่าวนี้ก็จะเป็นการแปรค่าฟลักซ์ในขดลวดอีกขดหนึ่งด้วย ทำให้เกิดมีไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดขดที่สองนี้ ดังนั้นจึงบอกได้ว่ากำลังไฟฟ้าถ่ายทอดจากขดลวดอันแรกซึ่งเรียกว่าขดลวดปฐมภูมิ (primary) ไปยังขดลวดอันที่สอง ซึ่งเรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ (secondary) ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดปฐมภูมินั้น ไม่ได้ไปสู่ขดลวดทุติยภูมิทั้งหมด (ผ่านขดลวดทั้งสอง) เรียกว่า ฟลักซ์รวม (mutual flux) ส่วนฟลักซ์แม่เหล็กที่วนอยู่เฉพาะในขดลวด ขดใดขดหนึ่ง เรียกว่า ฟลักซ์รั่วไหล (leakage flux) [8]

กำลังไฟฟ้าที่ส่งจากขดลวดปฐมภูมิไปยังขดลวดทุติยภูมินั้นบางส่วนสูญเสียไปกลายเป็นความร้อนในขดลวดทั้งสองและในเนื้อแกนเหล็ก คือ เกิดความล้า (hysteresis) และมีกระแสวน (eddy current) เกิดขึ้น ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ส่งออกไปจากขดลวดทุติยภูมิจึงน้อยกว่าที่ได้รับเข้ามาทางปฐมภูมิ แต่น้อยกว่ากันไม่มากนัก ผลเสียเนื่องจากความล้า ก็อาจลดลงได้ โดยการเลือกใช้แกนเหล็กที่มีวงแห่งความล้า (Hysteresis loop) เล็ก ๆ และผลเสียเนื่องจากกระแสวน ก็อาจลดลงได้โดยใช้แกนเหล็กที่เป็นแผ่นบางหลายแผ่นซ้อนกันโดยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้สามารถสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพขนาด 90 ถึง 99 เปอร์เซ็นต์ได้

2.2 ทรานสดิวเซอร์ (Transducer)

ทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถตอบสนองพลังงานได้ในหลายรูปแบบ เช่น ทางกล ทางไฟฟ้า แสง สี เสียง แม่เหล็ก ความร้อน นิวเคลียร์ เคมี หรือการรวมกันของพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ในเครื่องมือวัด (instrument) อาจประกอบด้วยทรานสดิวเซอร์มากกว่าหนึ่งตัว ซึ่งโดยทั่วไปอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับ (sensing element) หรือทรานสดิวเซอร์กลุ่มที่ให้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าจะทำหน้าที่เป็นทรานสดิวเซอร์หลักหรือทรานสดิวเซอร์ปฐมภูมิ (primary transducer) แต่ในบางกรณีทรานสดิวเซอร์ทางไฟฟ้าได้ทำหน้าที่เป็นทรานสดิวเซอร์รองหรือทรานสดิวเซอร์ทุติยภูมิ (secondary transducer) ตัวอย่างเช่น เครื่องมือวัดความดันชนิดหนึ่งประกอบด้วยทรานสดิวเซอร์ปฐมภูมิที่ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับความดันแล้วแปลงเป็นระยะขจัด และทรานสดิวเซอร์ทุติยภูมิทำหน้าที่แปลงระยะขจัดให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งในตัวอย่างนี้ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับระยะขจัดทำหน้าที่เป็นทรานสดิวเซอร์ทุติยภูมิ

เนื่องจากทรานสดิวเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจจับเป็นส่วนประกอบหนึ่งของระบบการวัด ความแม่นยำของข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของทรานสดิวเซอร์ การเลือกใช้ทรานสดิวเซอร์ที่เหมาะสมจึงเป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ ตัวอย่างเช่น หากต้องการควบคุมอุณหภูมิ (temperature) อย่างแม่นยำควรเลือกใช้ทรานสดิวเซอร์ชนิดอาร์ทีดี (RTD) แทนการใช้ทรานสดิวเซอร์ชนิดโลหะคู่ (bimetal thermometer) เป็นต้น [9]

2.2.1 การวัดระยะทางและระยะกระจัด (displacement measurement)

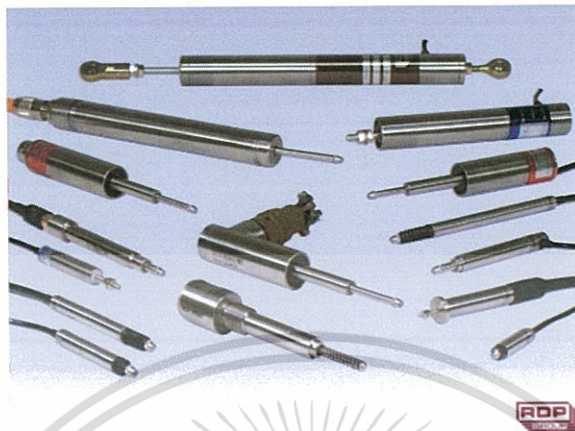
การวัดตำแหน่ง (position measurement) หรือการวัดการเคลื่อนที่ในลักษณะเชิงเส้นและเชิงมุม เป็นพื้นฐานของการวัดตัวแปรอื่น ๆ เช่น การวัดแรง การวัดความเครียด (strain measurement) การวัดความดัน (pressure measurement) การวัดอุณหภูมิ (temperature measurement) และการวัดระดับ (level measurement) เป็นต้น โดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของวัตถุในระยะห่างจากตำแหน่งอ้างอิง และแปลงระยะดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้า ตัวอย่างทรานสดิวเซอร์ทางไฟฟ้า (electrical transducer) สำหรับวัดการเคลื่อนที่ ได้แก่ ทรานสดิวเซอร์ชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้า เช่น โปเทนทิโอเมเตอร์ (potentiometer) ทรานสดิวเซอร์ชนิดเปลี่ยนแปลงความเหนี่ยวนำไฟฟ้า เช่น แบบเชิงเส้น (Linear Variable Differential Transformer; LVDT) แบบเชิงมุม (Rotary Variable Differential Transformer; RVDT) ทรานสดิวเซอร์วัดระยะทางชนิดเปลี่ยนแปลงความจุไฟฟ้า (capacitive displacement transducer) ซึ่งทรานสดิวเซอร์ (transducer) กลุ่มนี้ให้สัญญาณไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตในรูปของสัญญาณแอนะล็อก (analog) นอกจากนี้ยังมีทรานสดิวเซอร์ชนิดที่ให้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตในรูปของสัญญาณดิจิทัล ได้แก่ อุปกรณ์เข้ารหัส (encoder) [10]

2.2.2 ทรานสดิวเซอร์วัดระยะชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำแบบเชิงเส้น (LVDT)

ทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของแอลวีดีที ที่ได้ มีค่าความเป็นเชิงเส้น (linearity) ที่ดีอยู่เพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเลือกย่านการใช้งาน (range) การทำงานของแอลวีดีที ไม่มีการสัมผัสหรือเสียดสีใด ๆ กับขดลวดจึงไม่เกิดแรงเสียดทาน ทำให้มีค่าความละเอียด (resolution) ความไว (sensitivity) และความแม่นยำ (accuracy) สูง มีเสถียรภาพในการใช้งานสูง มีค่าความเป็นเชิงเส้นที่ดี ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ มีรูปแบบที่เรียบง่ายต่อการประยุกต์ใช้งานและการติดตั้ง สามารถนำไปใช้งานได้หลายลักษณะ

แอลวีดีทีที่เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ จากภายนอกจึงอาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวนการทำงานได้ นอกจากนี้ตัวอุปกรณ์ควรปิดผนึกอย่างดีเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิตและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวน เหมาะสำหรับนำไปใช้งานที่มีระยะเคลื่อนที่สั้น ๆ หรือนำใช้เอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดตำแหน่ง และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวัดค่าตัวแปรอื่น ๆ ได้ เช่น การวัดความดัน (pressure measurement) และน้ำหนัก (weight measurement) เป็นต้น แอลวีดีทีมีลักษณะ [11] ดังรูปที่ 2.4



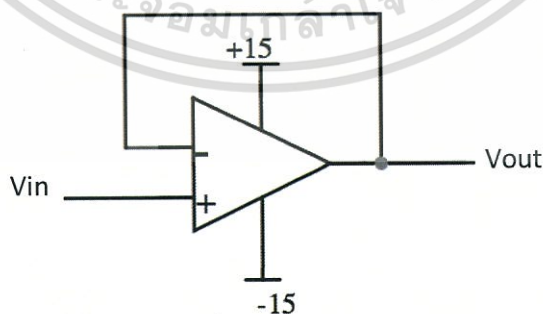
รูปที่ 2.4 ทหรานส์ดิวเซอร์ชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำแบบเชิงเส้น

2.3 วงจรที่ใช้ประมวลผลสัญญาณ

เนื่องจากแอลวีดีทีเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ และวงจรจัดการสัญญาณเพื่อช่วยในการประมวลผลสัญญาณ จึงมีการเลือกใช้วงจรต่าง ๆ ดังนี้เพื่อช่วยประมวลผลสัญญาณของแอลวีดีทีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [12]

2.3.1 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer stage)

วงจรบัฟเฟอร์หรือวงจรกันชน เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมวงจรสองวงจรเข้าด้วยกัน เมื่อสัญญาณเข้าที่ขั้วอินพุตไม่กลับเฟสดังรูปที่ 2.5 ทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีขนาดและเฟสเหมือนเดิมทุกประการ เพราะคุณสมบัติของตัวออปแอมป์เองทำให้วงจรมีค่าอิมพีแดนซ์อินพุตสูงมาก และค่าอิมพีแดนซ์เอาต์พุตต่ำ



รูปที่ 2.5 วงจรบัฟเฟอร์

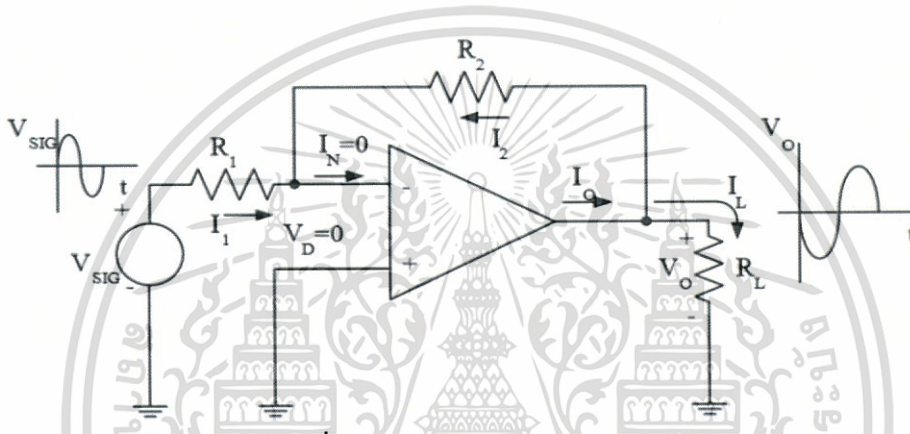
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า

โดยทั่วไปวงจรขยายคือ วงจรที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุตที่มีค่าน้อย มาเป็นสัญญาณเอาต์พุตที่มีขนาดสูงกว่าเดิม ซึ่งสัญญาณที่ได้อาจเป็นได้ทั้งแรงดันหรือกระแส

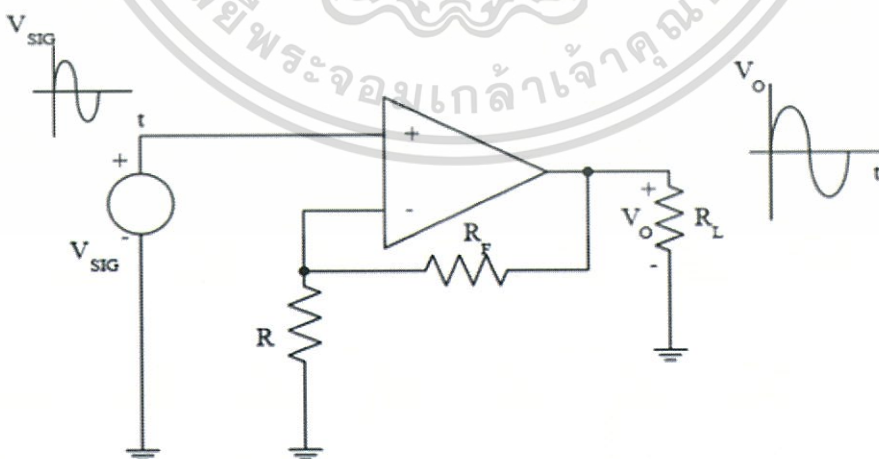
1) วงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier) มีการต่อวงจรดังรูป 2.6 โดย R_2 ต่อแบบมีการป้อนกลับทางลบ (Negative Feedback) โดยการนำเอาต์พุตที่ได้ต่อเข้ากับตัวต้านทาน R_2 แล้วไปเข้าที่ขาอินพุตทางลบ (จึงเรียกว่าการป้อนกลับทางลบ) ซึ่งวงจรขยายแบบกลับเฟสมีอัตราขยายเท่ากับสมการที่ (2.7)

$$A_V = \frac{V_o}{S_{SIG}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (2.7)$$



รูปที่ 2.6 วงจรขยายแบบกลับเฟส

2) วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifier) ทำให้มีเฟสเดียวกันกับอินพุตที่เข้ามา โดยที่ขาอินพุตถูกป้อนเข้าทางอินพุตบวก แต่ RF ก็ยังคงต่อเข้าทางอินพุตลบ ดังรูป 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

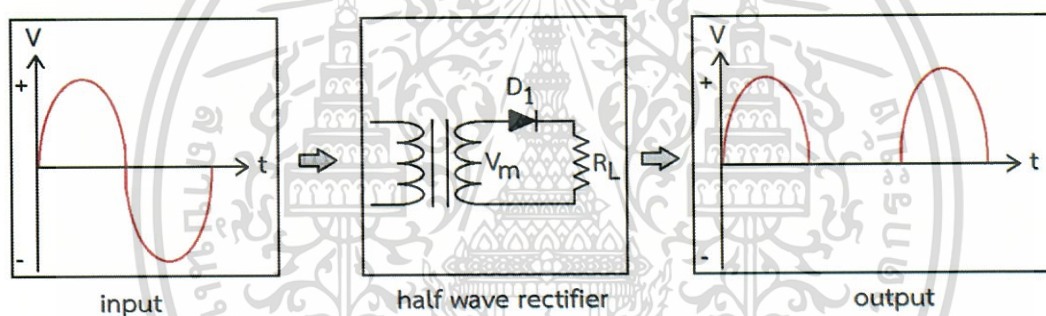
อัตราขยายสำหรับวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส คือ

$$A_V = \frac{V_0}{S_{SIG}} = 1 + \frac{R_F}{R} \quad (2.8)$$

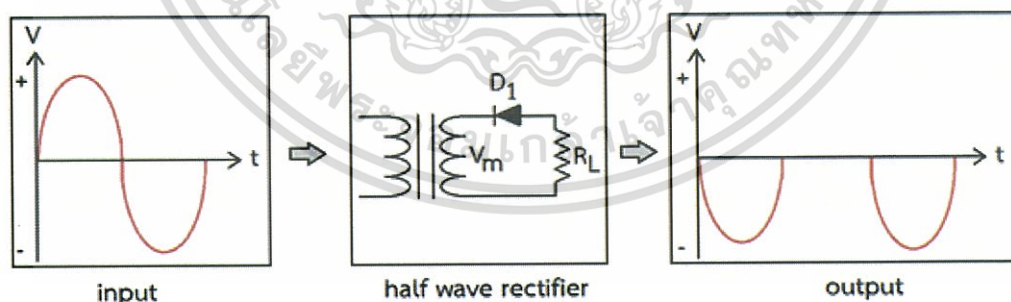
2.3.3 วงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit)

วงจรเรียงกระแสเป็นวงจรที่มีคุณสมบัติในการแปลงค่ากระแสไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรืออาจเรียกว่าวงจรเรียงกระแส นั้น เป็นวงจรที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปทิศทางใด ทิศทางหนึ่งโดยนิยมใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเป็นตัวควบคุมทิศทาง การไหลของกระแสไฟฟ้า [13]

1) วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น (halfwave rectifier circuit) ประกอบด้วยไดโอด 1 ตัว โดยวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า แบบครึ่งคลื่นนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นบวก และวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นลบ ดังรูปที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ



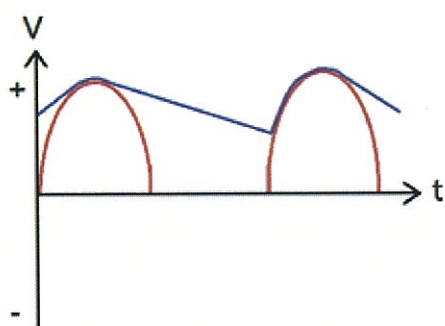
รูปที่ 2.8 การทำงานของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นบวก



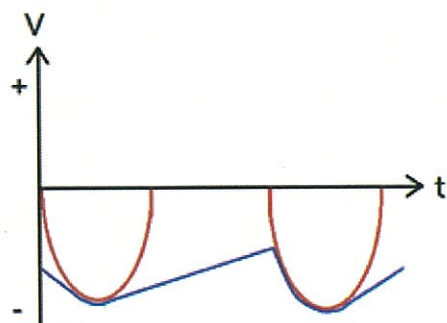
รูปที่ 2.9 การทำงานของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นลบ

2) วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น (full wave rectifier circuit) เนื่องจากวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นเกิดปัญหาสัญญาณไฟฟ้าขาออก (output) ไม่เรียบ หรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดรอยหยัก (ripple) ของสัญญาณไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.11 จึงมีการคิดค้นวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นขึ้นเพื่อลดปัญหาของรอยหยักที่เกิดขึ้นจากวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.)



(ข.)

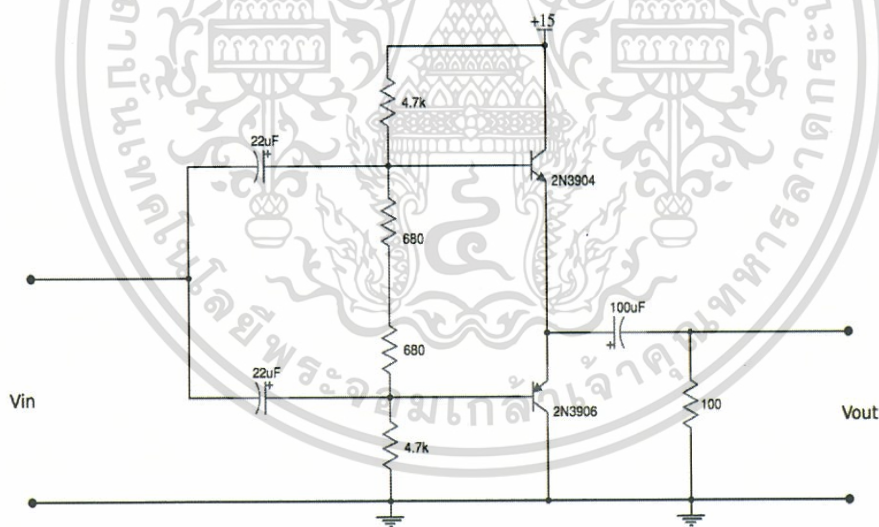
รูปที่ 2.10 รอยหยักของสัญญาณขาออกจากวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

ก. สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นบวก

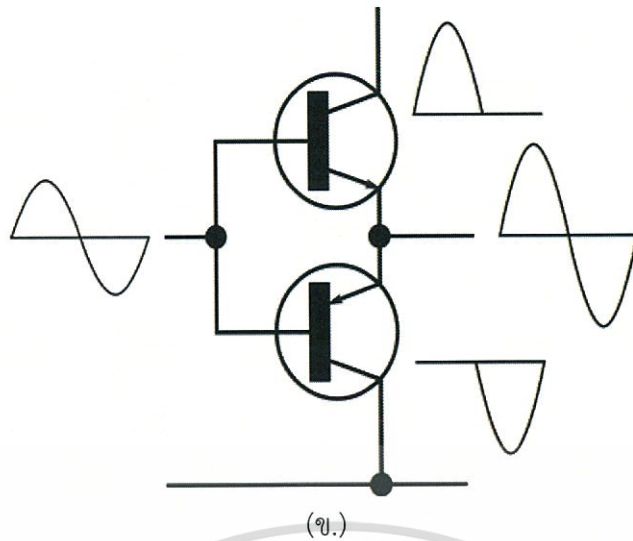
ข. สัญญาณขาออกของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นลบ

2.3.4 วงจรขยายแบบคลาสบีพุช-พูล (Class B Push-pull Amplifier)

สัญญาณทางอินพุตที่ป้อนเข้าสู่วงจรขยายดังรูปที่ 2.12 ถูกแยกซีกบวกและซีกลบของสัญญาณป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณที่จัดแยกไว้ เฉพาะในการขยายสัญญาณของซีกบวกและซีกลบ โดยแต่ละวงจรมีหน้าที่ทำการขยายสัญญาณในครึ่งไซเคิลบวกและครึ่งไซเคิลลบ และนำสัญญาณที่ถูกขยายแต่ละครึ่งไซเคิลมาต่อรวมกันทางเอาต์พุตแล้วส่งออกไปยังโหลด



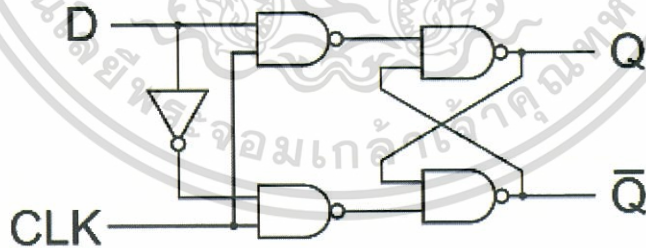
(ก.)



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรขยายคลาสบีพุช-พูลและสัญญาณจากวงจร Push-Pull
 ก. ภาพวงจรขยายคลาสบีพุช-พูล
 ข. การเกิดครอสซิงโอเวอร์ (Crossover distortion)

2.3.4 วงจรฟลิป-ฟลอปชนิด D

เป็นฟลิป-ฟลอปที่มีเพียง 1 อินพุต ซึ่งอินพุตนี้เรียกว่า D (Data) แสดงดังรูปที่ 2.13 สร้างขึ้นจาก Gated S-R Flip-Flop โดยต่อ Inverter จากอินพุต S มายังอินพุต R ทำให้อินพุต S และ R มีสถานะตรงข้ามกันเสมอ อินพุตจะถูกป้อนเข้าที่เดียวคือที่อินพุต ซึ่งถูกเรียกใหม่ว่า อินพุต D เมื่ออินพุต D เป็น 1 และมีสัญญาณนาฬิกาเป็น 1 จะทำให้เอาต์พุต Q เป็น 1 (เซ็ต) และเมื่ออินพุต D เป็น 0 และมีสัญญาณนาฬิกาเป็น 1 จะทำให้อินพุต Q เป็น 0 (รีเซ็ต) นั่นคือเอาต์พุตจะมีสถานะของอินพุต D เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาเป็น 1 ซึ่งสามารถสรุปการทำงานได้ดังตาราง 2.2



รูปที่ 2.12 วงจร D Flip-Flop และสัญลักษณ์

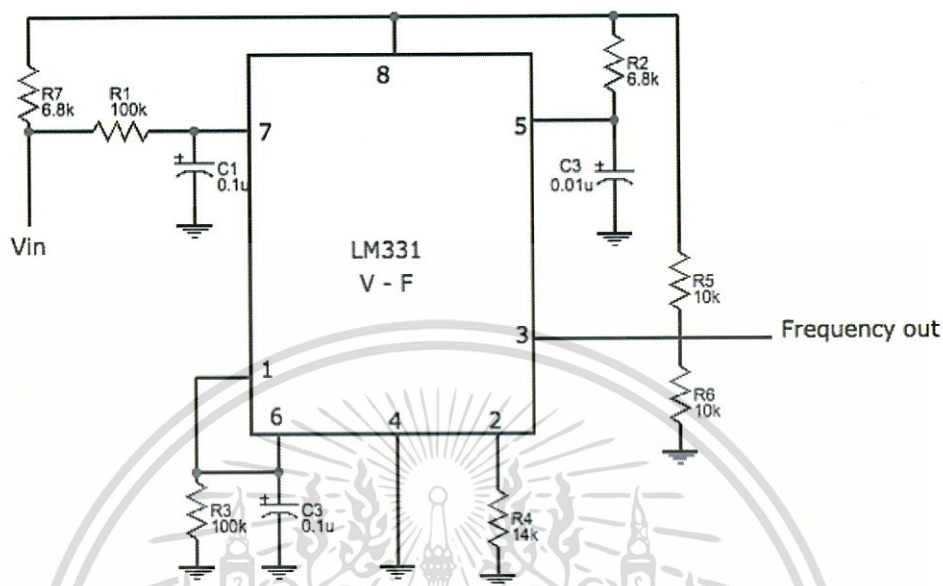
ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของ D Flip-Flop

Clock	อินพุต	เอาต์พุต		คำอธิบาย
	D	Q	\bar{Q}	
1	0	0	1	สถานะรีเซ็ต
1	1	1	0	สถานะเซ็ต
0	X	Q_n	\bar{Q}_n	คงสถานะเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ (Voltage to frequency convertor)

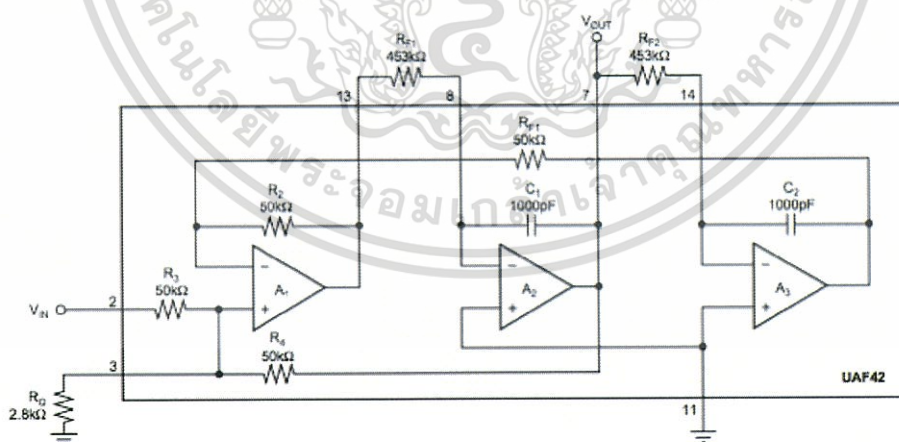
วงจรแปลงแรงดันเป็นความถี่ มีหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าอินพุตให้เป็นความถี่ที่ถูกต้องตามสัดส่วนของแรงดันไฟฟ้าอินพุตขาเข้า โดยมีวงจรดังรูปที่ 2.14 [19]



รูปที่ 2.13 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่

2.3.7 วงจรแปลงรูปสัญญาณ

เนื่องจากแอมพลิจูดที่ต้องการสัญญาณที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับรูปไซน์ วงจรแปลงรูปสัญญาณที่เลือกใช้ เป็นการแปลงรูปสัญญาณจากสี่เหลี่ยมเป็นรูปไซน์ โดยมีวงจรดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 วงจรแปลงสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

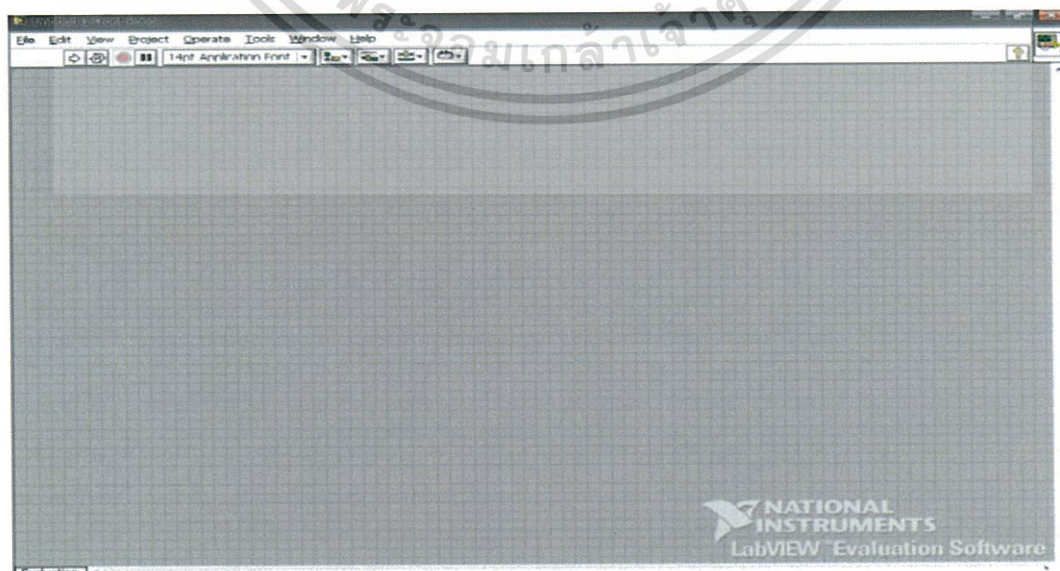
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย

2.4.1 แลปวิว (LabVIEW)

LabVIEW เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือที่ใช้สำหรับงานทางวิศวกรรม ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักการทำงานของโปรแกรมนี้ คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัดอย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวโปรแกรมประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ช่วยในการวัดที่แม่นยำ โปรแกรมนี้มีประโยชน์สูงสุดเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดต่าง ๆ

สิ่งที่ LabVIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุด คือ LabVIEW นี้เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์ นั่นหมายถึงไม่จำเป็นต้องมีการเขียนโค้ดแบบ command line หรือคำสั่งใด ๆ ทั้งสิ้นและที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เรียกว่าเป็นภาษารูปภาพหรือภาษากกราฟิก (Graphic Language) เป็นการเขียนโดยใช้ลักษณะการไหลของข้อมูล (Data Flow) ซึ่งเมื่อเริ่มส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมต้องมีการกำหนดทิศทางการไหลของข้อมูลว่าต้องการให้ไหลไปที่ส่วนใด ผ่านการประเมินผลและคำนวณในส่วนใดบ้าง และมีการแสดงผลเป็นอย่างไร ซึ่งแทนในส่วนของการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดแบบภาษาซี เช่น C Basic หรือ Fortran ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด ซึ่ง LabVIEW นี้มีความสะดวกสบายและสามารถลดเวลาในการเขียนลงไปได้มาก โดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อใช้ในการวัดและควบคุม โปรแกรมที่เขียนขึ้นมา LabVIEW เรียกว่า VI (Visual Instrument) เพราะลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้งานเหมือนเครื่องมือวัด ในขณะเดียวกันหลังฉากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นเป็นการทำงานของฟังก์ชันและโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับวีไอหนึ่งๆ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

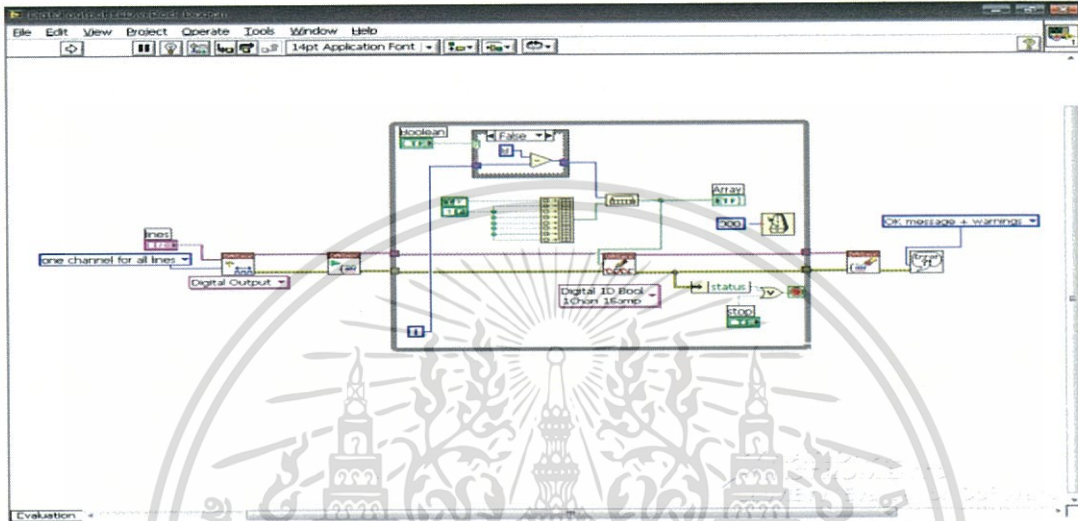
1) ฟรอนต์พาด (Front Panel) เป็นส่วนที่สื่อความกันระหว่างผู้ใช้งานกับโปรแกรมหรือที่นิยมเรียกว่า User interface โดยทั่วไปมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของเครื่องมือวัด ประกอบไปด้วย สวิตช์ปิดเปิด ปุ่มบิด ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้การกำหนดจำนวนในพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 แสดงหน้าจอฟรอนต์พาด

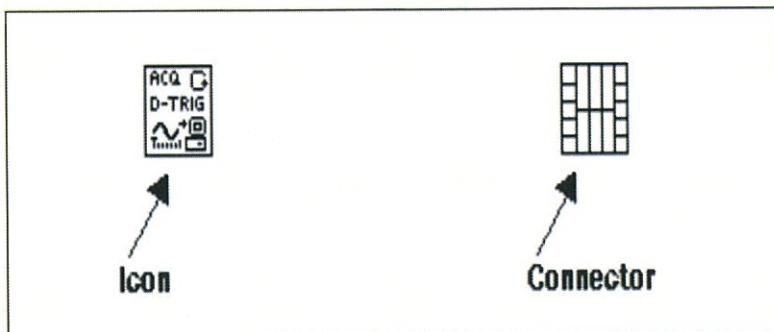
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น เราอาจมอง Block Diagram นี้เป็นเสมือนกับ Source Code หรือโปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของ ภาษา G ซึ่ง Block Diagram นี้ถือว่าเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันทีและ ข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW มีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้ โปรแกรมสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้น ภาพบล็อกไดอะแกรมแสดง ดังรูป 2.17



รูปที่ 2.16 ตัวอย่าง Block Diagram

3) ไอคอน (Icon) และคอนเน็คเตอร์ (Connector) เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย (Subroutine) ในโปรแกรมปกติทั่วไป โดย Icon หมายถึง Block Diagram ตัวหนึ่งที่มีการส่งข้อมูล เข้าและออกผ่านทาง Connector ซึ่งใน LabVIEW เราสามารถเรียก Subroutine นี้ว่า SubVI ข้อดี ของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา G นี้ก็คือเราสามารถสร้าง VI ที่ละส่วนขึ้นมาให้ทำงานด้วยตัวเองได้ อย่างอิสระ จากนั้นในภายหลังหากเราต้องการเราก็สามารถเขียน โปรแกรมอื่นขึ้นมาเพื่อเรียกใช้งาน VI ที่เราเคยสร้างขึ้นก่อนหน้านี้ทีละตัว ซึ่งทำให้ VI ที่เราเขียนขึ้นก่อนกลายเป็น SubVI ไป การเขียน ในลักษณะนี้เราเรียกว่า เขียนเป็น Module สำหรับลักษณะทั่วไปของ Icon และ Connector จะ แสดงในรูปที่ 2.18



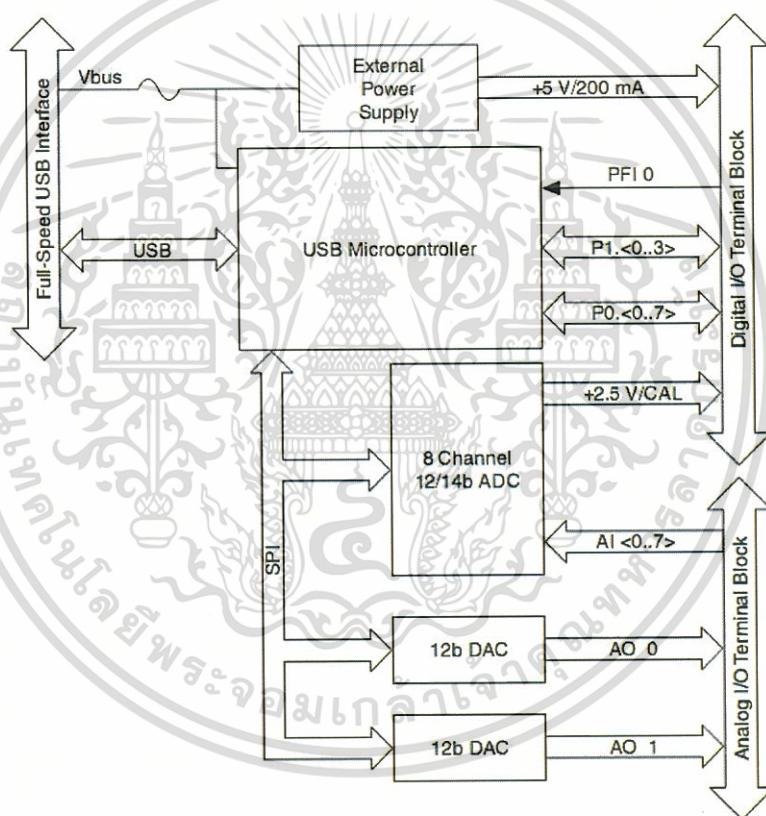
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะทั่วไปของ Icon และ Connector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

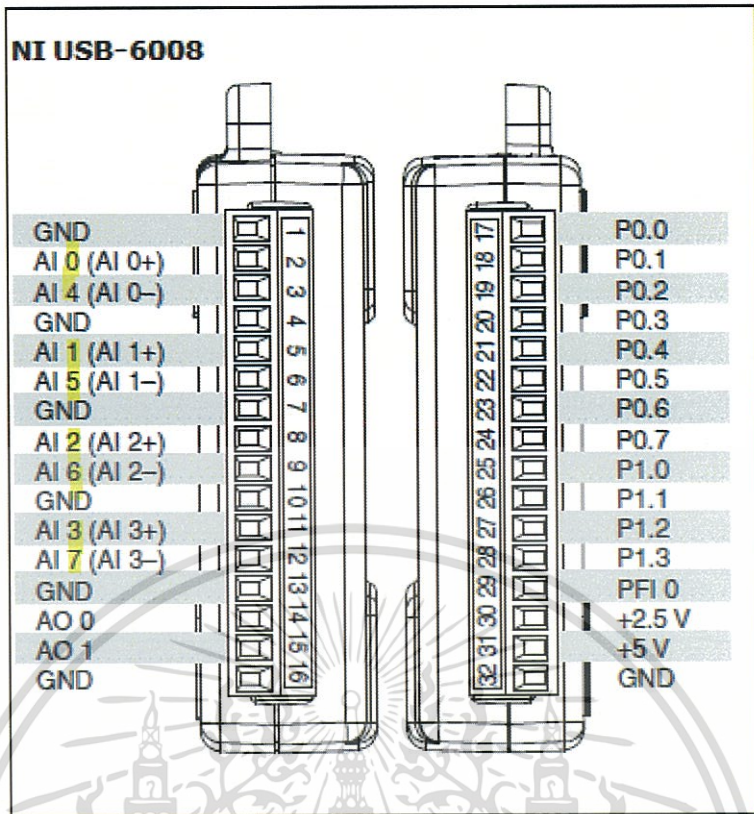
2.4.2 NI USB-6008

Data Acquisition หรือ DAQ โดยมีไดอะแกรมการทำงานดังรูป 2.19 คือกระบวนการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ แล้วนำมาเก็บไว้บนคอมพิวเตอร์เพื่อการวัดวิเคราะห์จัดเก็บหรือแสดงผลด้วยซอฟต์แวร์ DAQ โดยแบบพื้นฐานสามารถทำหน้าที่ได้หลายหน้าที่พร้อมกันและสามารถรับสัญญาณอนาล็อกและดิจิตอลดังรูปที่ 2.20 โดยมีหน้าที่หลักคือ

- 1) Analog Input สำหรับรับสัญญาณอนาล็อก ใช้วัดค่าสัญญาณแรงดันจากเซนเซอร์ต่างๆ
- 2) Analog Output สำหรับสร้างสัญญาณอนาล็อกทั้งแบบไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับที่เป็นWaveform
- 3) Digital I/O ใช้ในการรับหรือสร้างสัญญาณดิจิตอล เพื่อทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก
- 4) Counter I/O ทำหน้าที่วัดสัญญาณจาก Encoder หรือสร้างสัญญาณ Pulse ในการใช้งาน Data Acquisition นั้น โครงงานนี้จะใช้ NI USB-6008 ในการอ่านค่า [14]



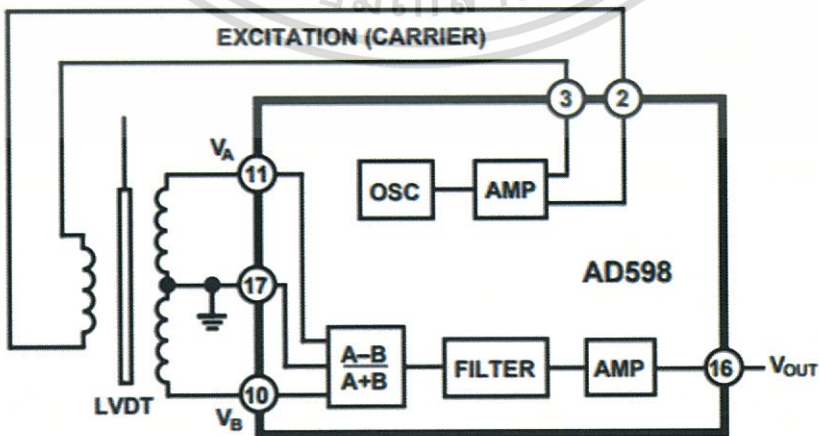
รูปที่ 2.18 แสดงไดอะแกรมการทำงานของ NI USB-6008



รูปที่ 2.19 แสดงของสัญญาณจุดต่อฝั่งอนาล็อกและดิจิทัล

2.5 Integrated Circuit ประมวลผลแวลวดีทีเชิงพาณิชย์

LVDT Signal Conditioner (AD598) ยี่ห้อ Analog Device สามารถใช้ร่วมกับแวลวดีทีได้ทุกชนิด เนื่องจากการปรับช่วงความกว้างของแรงดันไฟฟ้าอินพุต แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตและความถี่ ซึ่งมีช่วงของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตได้ถึง 24 โวลต์ นอกจากนี้ AD598 ยังสามารถให้ความถี่กับแวลวดีทีได้ตั้งแต่ 20 Hz ถึง 20 kHz อีกด้วย โดยบล็อกไดอะแกรมการทำงานของไอซี AD598 แสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของไอซี AD598

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปีค.ศ.2013 Ran LIU, Hui BU ได้มีการออกแบบแอลวีดีทีที่ใช้ร่วมกับไอซี AD598 แอลวีดีทีที่เหมาะสมสำหรับการวัดการกระจายระยะสั้น และเนื่องจากการใช้วงจรหลายวงจรมากเกินไปทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนและมีความหนาเชื่อถือต่ำ ดังนั้นการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์ที่มีคุณสมบัติโดยเฉพาะสำหรับแอลวีดีที ที่มีวงจรสำหรับกระตุ้นขดลวดปฐมภูมิของแอลวีดีทีและวงจรปรับแต่งสัญญาณ นอกจากนี้เอาต์พุตที่ออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองพบว่าค่าความไวเฉพาะของเครื่องคือ $834.1/mV/mm$ และค่าความคลาดเคลื่อนของความเป็นเชิงเส้นที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.27%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

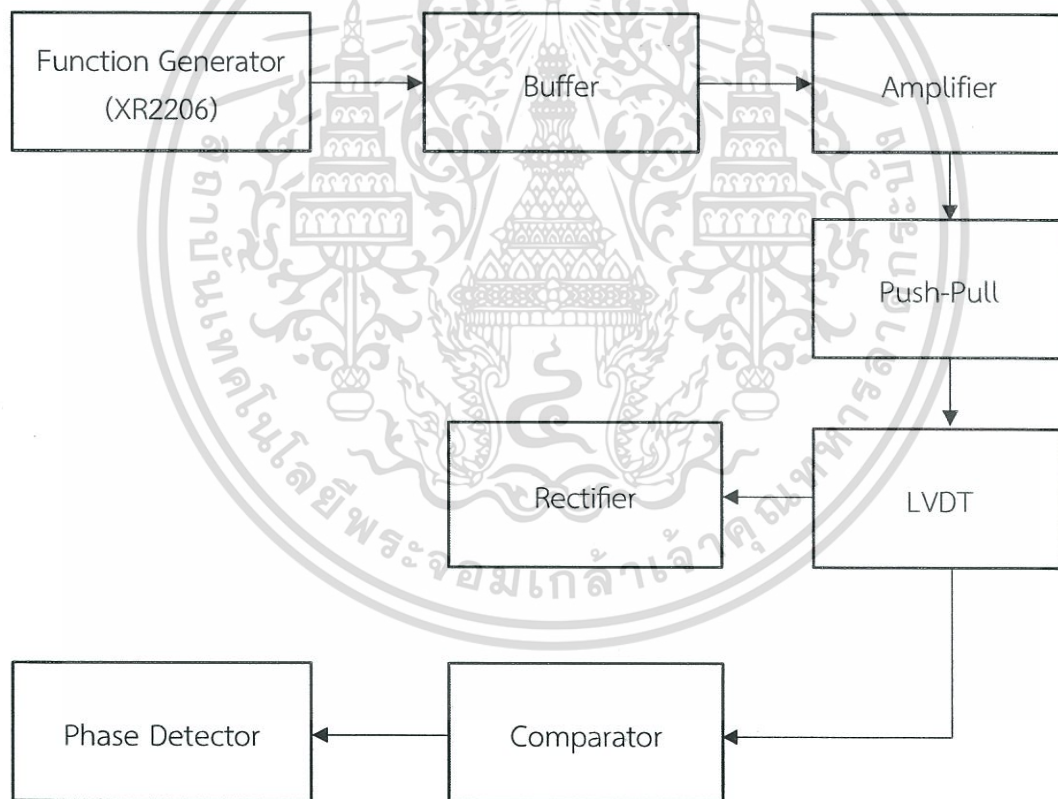
การออกแบบการทดลองและขั้นตอนการทดลอง

ในโครงการพิเศษนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน โดยที่ส่วนที่หนึ่งเป็นการสร้างชุดการทดลองการวัดระยะและการกระจัดด้วยด้วยแอลวีดีทีและส่วนที่สอง เป็นการทดลองปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อค่าเอาต์พุตของแอลวีดีที

3.1 การสร้างชุดการทดลอง

ชุดการทดลองการวัดระยะและการกระจัดแบ่งออกเป็น 3 วิธีโดยวิธีแรกเป็นการสร้างวงจรแอนะล็อกใช้ร่วมกับแอลวีดีที วิธีที่สองคือการใช้โปรแกรมแลปวิวควบคู่กับ NI USB-6008 และวิธีที่สามเป็นการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์

3.3.1 ชุดการทดลองแบบแอนะล็อก (Analog circuit)

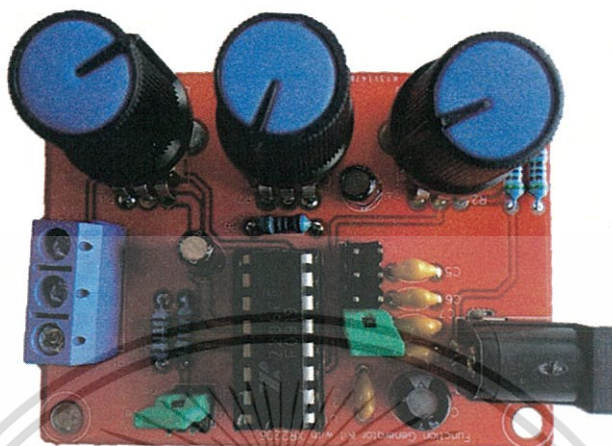


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมชุดการแบบแอนะล็อก

จากรูปโครงสร้างของชุดการทดลองที่ 3.1 สามารถแบ่งส่วนประกอบหลักของชุดการทดลองได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

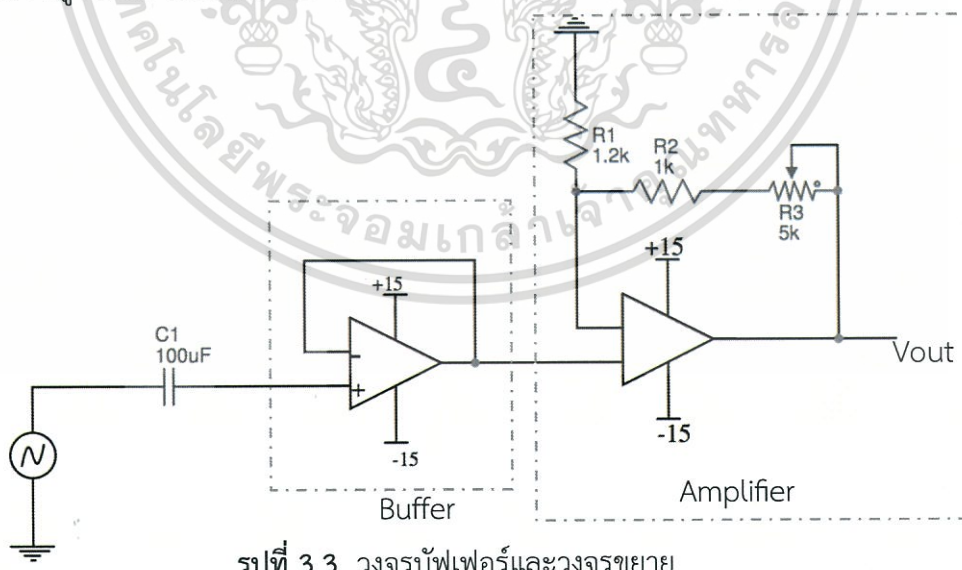
1) Function Generator ซึ่งใช้ XR2206 Function Generator สามารถกำเนิดสัญญาณ เริ่มตั้งแต่ 1 Hz ถึง 10 MHz ให้กับแอสซิมิลีที่ ซึ่งสามารถกำเนิดความถี่ครอบคลุมค่าแบนวิดท์ที่ทำการหาได้จากแอสซิมิลีที่ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 50-300 Hz



รูปที่ 3.2 XR2206 Function Generator

2) วงจรบัฟเฟอร์หรือวงจรกันชน (Buffer) เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมวงจรสองวงจรเข้าด้วยกัน เมื่อสัญญาณเข้าที่ขั้วอินพุตไม่กลับเฟส ดังรูปที่ 3.3 ทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีขนาดและเฟสเหมือนเดิมทุกประการ

3) วงจรขยาย (Amplifier) ในชุดการทดลองเลือกใช่วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non Inverting Amplifier) ดังรูปที่ 3.3 โดยมีกำลังขยายเท่ากับ 6 เท่า



รูปที่ 3.3 วงจรบัฟเฟอร์และวงจขยาย

4) วงจรขยายคลาสบีพุช-พูล (Class-B Push-Pull) สัญญาณทางอินพุตที่ป้อนเข้าสู่วงจขยายดังรูปที่ 2.13 ถูกแยกซิกบวกและซิกลบของสัญญาณป้อนเข้าสู่วงจขยายสัญญาณที่จัดแยกไว้ เฉพาะในการขยายสัญญาณของซิกบวกและซิกลบ โดยแต่ละวงจรทำการขยายสัญญาณในครึ่งไซเคิลบวกและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

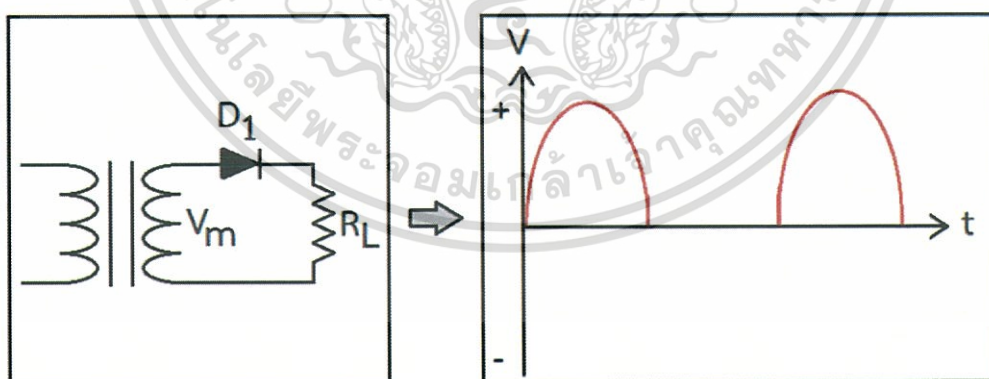
เครื่องไซเคิลกลับแล้วนำสัญญาณที่ถูกขยาย แต่ละครึ่งไซเคิลมาต่อรวมกันทางเอาต์พุตแล้วส่งออกไปยังโหลด

5) แอลวีดีที สร้างจากท่อพีวีซีพันด้วยขดลวดทั้งหมดสามขดลวด ซึ่งเป็นขดลวดปฐมภูมิจำนวน 1 ขดและอีกสองขดเป็นขดลวดทุติยภูมิ ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งใช้วิธีการกระจัดของแกน โดยมีการเลือกใช้แกนที่เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า คือ เหล็ก



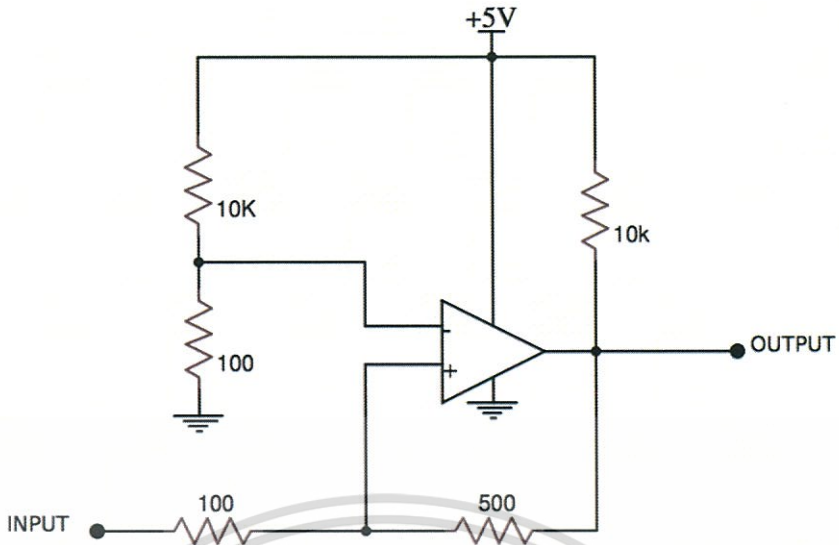
รูปที่ 3.4 แอลวีดีที

6) วงจรเรียงกระแส เนื่องจากกระแสที่ได้จากแอลวีดีทีเป็นไฟฟ้ากระแสสลับดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำผลที่ได้ไปศึกษาต่อ โดยเลือกใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจร Rectifier

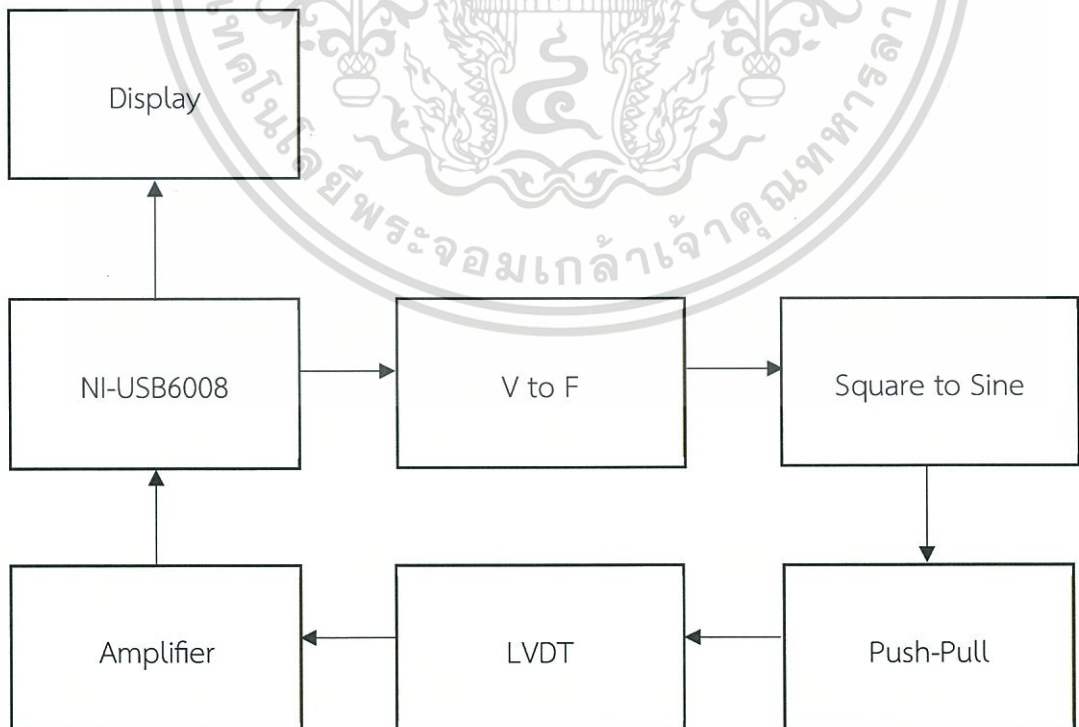
7) วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ วงจรคอมพาราเตอร์ถูกใช้เป็นตัวเปรียบเทียบเฟสของสัญญาณสองตัว ระหว่างอินพุต และแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงซึ่งในวงจรเลือกใช้กราวด์เป็นแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงโดยสัญญาณ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

8) วงจรฟลิป-ฟล็อปชนิด D ทำหน้าที่นำสัญญาณที่ดิจิทัลที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบสัญญาณมาทำการเปรียบเทียบเฟสระหว่างสัญญาณจากขดลวดปฐมภูมิและสัญญาณจากขดลวดทุติยภูมิ และแสดงผลโดยหลอดแอลอีดี เมื่อเฟสของสัญญาณจากขดลวดขดใดขดหนึ่งนำทำให้หลอดไฟ LED สว่างขึ้น โดยวงจรที่ใช้เป็นดังรูปที่ 2.13

3.1.2 ชุดการทดลองแบบใช้โปรแกรมแลปวิวร่วมกับ NI-USB6008



รูปที่ 3.7 โครงสร้างของชุดการทดลองแบบใช้โปรแกรมแลปวิวร่วมกับ NI-USB6008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

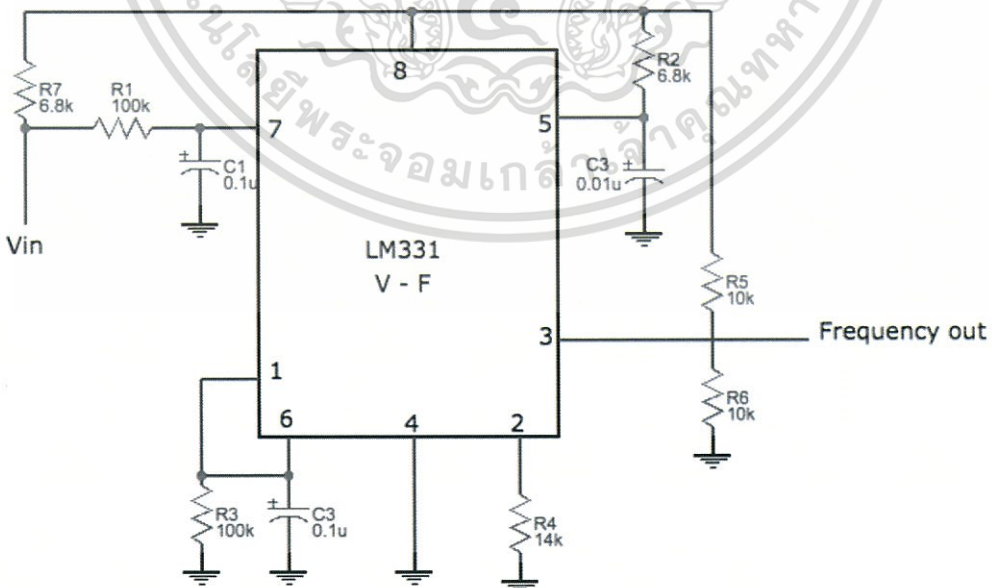
จากรูปโครงสร้างของชุดการทดลองที่ 3.7 สามารถแบ่งส่วนประกอบหลักของชุดการทดลองได้ดังนี้

- 1) NI USB-6008 การเขียนโปรแกรมและประมวลผลด้วย NI (National Instrument) รุ่น USB-6008 ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 NI USB-6008

- 2) วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ (Voltage to Frequency) แปลงแรงดันไฟฟ้าจาก NI USB-6008 เนื่องจาก NI USB-6008 นั้นสามารถสร้างสัญญาณไซน์ 1 แชนเนล ที่มีค่าความถี่ที่มากที่สุด 150 Hz ซึ่งไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เนื่องจาก LVDT ต้องการใช้ความถี่ในช่วง 350 Hz หรือมากกว่านั้น และเนื่องจากรูปร่างของสัญญาณไซน์ที่ไม่สมบูรณ์จึงใช้ NI USB-6008 ให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้าแล้วต่อกับวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เป็นความถี่ในย่านที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยวงจรที่ใช้งานเป็นดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรแปลงรูปสัญญาณ เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ทำให้ต้องเปลี่ยนสัญญาณที่เอาต์พุตเป็นสัญญาณไซน์ เพื่อที่นำไปใช้งานกับแอลวีดีที โดยที่การแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณรูปไซน์ เลือกใช้ไอซี UAF42AP ซึ่งเป็นไอซีกรองสัญญาณที่มี Duty Cycle 50% และสามารถกรองสัญญาณสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณรูปไซน์ได้จากสัดส่วนการใช้ตัวต้านทานซึ่งมีความสัมพันธ์กับความถี่ที่ใช้งานเพื่อให้สัญญาณรูปไซน์สมบูรณ์มากขึ้น ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าสัดส่วนระหว่างความถี่กับตัวต้านทาน

Frequency (Hz)	R_{F1} R_{F2} (Ω)	R_O (Ω)
350	453k	2.8k
440	365k	2.8k
480	332k	2.8k
620	255k	2.8k

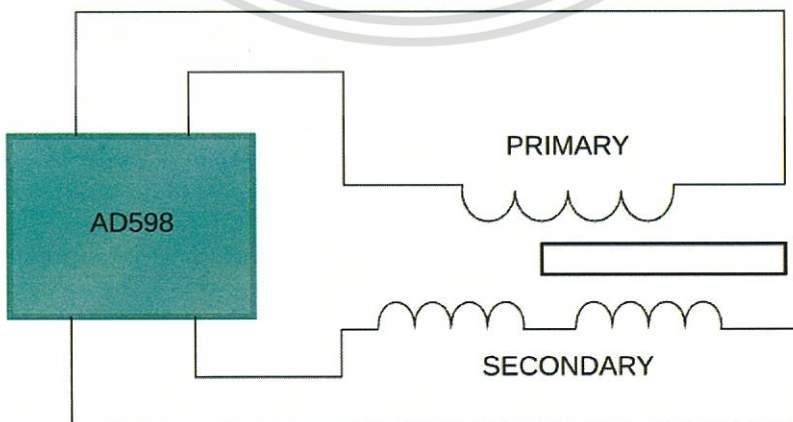
โดยความถี่ที่เลือกใช้ อยู่ในช่วง 300-400 Hz ดังนั้นจึงเลือกใช้ R_{F1} และ R_{F2} เท่ากับ 453 Ω

4) วงจรขยาย ในชุดการทดลองเลือกใช่วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non Inverting Amplifier) โดยมีกำลังขยายเท่ากับ 10 เท่า

5) วงจรขยายคลาสบีพุก-พูล สัญญาณทางอินพุตที่ป้อนเข้าสู่วงจรถูกแยกชีกบวกลบและชีกลบของสัญญาณป้อนเข้า สู่วงจรถ่ายสัญญาณที่จัดแยกไว้เฉพาะในการขยายสัญญาณของชีกบวกลบและชีกลบโดยแต่ละวงจร ทำการขยายสัญญาณในครึ่งไซเคิลบวกลบ และครึ่งไซเคิลกลับแล้วนำสัญญาณที่ถูกขยายแต่ละครึ่งไซเคิลมาต่อรวมกันทางเอาต์พุตแล้วส่งออกไปยังโพลด์

6) แอลวีดีที สร้างจากท่อพีวีซีพันด้วยขดลวดทั้งหมดสามขดลวด ซึ่งเป็นขดลวดปฐมภูมิจำนวน 1 ขด และอีกสองขดเป็นขดลวดทุติยภูมิ เมื่อสัญญาณเอาต์พุตจากแอลวีดีทีนำไปประมวลผลกับโปรแกรมและ NI USB-6008 อีกครั้งและแสดงผลออกมาที่หน้าจอแสดงผล

3.1.3 ชุดการทดลองโดยใช้อิซีเชิงพานิชย์ประมวลผลแอลวีดีทีเชิงพานิชย์

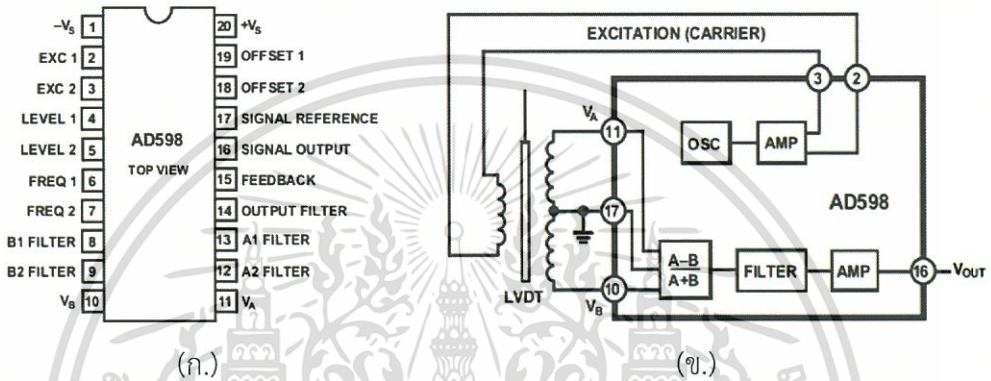


รูปที่ 3.10 โครงสร้างชุดการทดลองโดยไอซีสำเร็จรูป AD598

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี AD598 ยี่ห้อ Analog Device เป็นไอซีประมวลผล ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า และการเปลี่ยนแปลงระยะตำแหน่งของแกนแอลวีดีที มีเอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นเชิงเส้นกับระยะของแกนแอลวีดีที อีกทั้งยังมีช่วงการทำงานที่กว้างตั้งแต่ 20 Hz ถึง 20 KHz ซึ่งโครงสร้างการทำงานภายในไอซีแสดงในรูป 2.21

AD598 ประกอบไปด้วยตัวกำเนิดสัญญาณคลื่นไซน์ ตัวขยายสัญญาณ วงจรถอดรหัส และตัวขยายสัญญาณเอาต์พุต โดยตัวขยายสัญญาณมีทำหน้าที่ขับเคลื่อนสัญญาณให้กับขดลวดปฐมภูมิ และวงจรถอดรหัสทำหน้าที่คิดสัดส่วนของเอาต์พุตที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิ ไอซี AD598 มี 20 ขา ดังรูปที่ 3.10 (ก.) และมีฟังก์ชันการทำงานดังรูปที่ 3.10 (ข.)



รูปที่ 3.11 แสดงภาพไอซี AD598 และการทำงาน

(ก.) แสดงภาพไอซี AD598

(ข.) บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

จากรูปที่ 3.10 เห็นได้ว่าขดลวดปฐมภูมิถูกกระตุ้นด้วยไอซี AD598 โดยที่ความถี่นั้นขึ้นอยู่กับตัวเก็บประจุภายนอกที่ใช้ต่อกับวงจร นอกจากนี้คลื่นมีความถี่ตั้งแต่ 20 ถึง 20 kHz และความกว้างของแอมพลิจูดจาก 2 ถึง 24 Vrms ซึ่งสามารถปรับค่าได้ ขดลวดทุติยภูมิมีทิศทางที่สวนทางกันและต่อกันแบบอนุกรม และมีแกนเหล็กที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้เกิดฟลักซ์ของแม่เหล็กจากสนามแม่เหล็กคัปปลิงระหว่างขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งค่าความต่างของแอมพลิจูดของสัญญาณเอาต์พุตของขดลวดทุติยภูมิคือ $V_A - V_B$ ซึ่งเป็นค่าที่ตรงกับสัดส่วนกับการกระจัดของแกน ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตสามารถหาได้จากสมการที่ 3.1

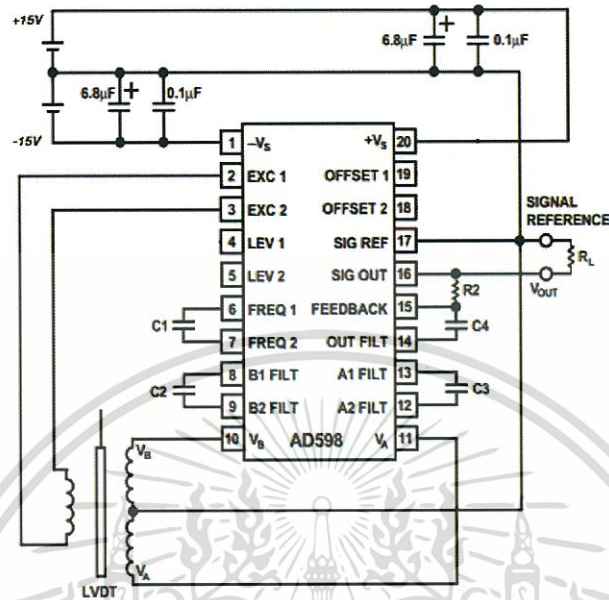
$$V_{out} = \frac{V_A - V_B}{V_A + V_B} I_{REF} R_2 \quad (3.1)$$

จากสมการที่ 3.1 V_A และ V_B คือ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของขดลวดทุติยภูมิ I_{REF} คือ ค่ากระแสไฟฟ้าอ้างอิง โดยทั่วไปคือ 500 μ A และ R_2 คือตัวต้านทานที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

AD598 สามารถขับเคลื่อนขดลวดปฐมภูมิและรับเอาต์พุตจากขดลวดทุติยภูมิได้ต่ำที่สุด 100mV ดังนั้น AD598 จึงเหมาะสมกับ LVDT ทุกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจร AD598 สามารถใช้ได้ทั้งแบบ single supply หรือ dual supply รูปแบบวงจรทั่วไปที่ใช้ร่วมกับแอลวีดีที เป็นดังรูปที่ 3.11 โดยมีขั้นตอนการเลือกใช้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจรดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรทั่วไปที่ใช้ร่วมกับไอซี AD598

1. การหาค่า C_2 , C_3 และ C_4 หาได้จากสมการที่ 3.2

$$C_2 = C_3 = C_4 = 10^{-4} F / f_{SYS} \quad (3.2)$$

จากสมการค่า f_{SYS} คือ ค่าแถบความถี่หรือค่าแบนวิดท์ โดยเป็นค่าความถี่เฉพาะของเครื่องมือ

2. การหาความถี่กระตุ้นของ LVDT หาได้จากสมการที่ 3.3

$$F_{EXC} = 10 f_{SYS} \quad (3.3)$$

โดยที่ค่าความถี่ที่มากเกินไปทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการคับปลิงของตัวเก็บประจุ

3. คำนวณหาผลรวมของ V_A และ V_B โดยที่ค่าแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นที่จ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมิคือ $V_{PRI} = 3V_{rms}$ และเมื่อแกนของ LVDT อยู่ในตำแหน่งตรงกลางทำให้ค่าของ $V_A = V_B$ ซึ่งในความเป็นจริง $V_A \neq V_B$ ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาด

4. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้ากระตุ้น ซึ่งแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นที่จ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมิ $V_{PRI} = 3V_{rms}$ และเมื่อแกนของ LVDT อยู่ในตำแหน่งเต็มช่วงคือ ± 21.5 และค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของขดลวดทุติยภูมิคือ V_{SEC} และค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของ LVDT สามารถหาได้จาก $VTR = V_{PRI} / V_{SEC}$ ดังนั้นค่าแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นสามารถหาได้จาก $V_{EXC} = VTR \cdot V_{SEC}$ สำหรับ AD598 ค่า V_A และ V_B ควรน้อยกว่าแหล่งจ่ายอย่างน้อย 2.5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าตัวเก็บประจุสามารถหาได้จากสมการที่ (3.4)

$$C_1 = 35\mu F \cdot Hz / f_{EXC} \quad (3.5)$$

6. การเลือกใช้ค่าตัวต้านทาน R_2 สามารถหาได้จากสมการที่

$$V_{OUT} = S \cdot \left[\frac{V_{PRI}}{(V_A + V_B)} \right] \cdot 500\mu A \cdot R_2 \cdot d \quad (3.6)$$

โดยที่ ค่า d คือค่าระยะเต็มช่วงของ LVDT และค่า S คือค่าความไวของเครื่องมือ ซึ่ง V_{OUT} หาได้จาก การทดลอง ดังนั้น ค่า R_2 สามารถหาได้จากสมการ (3.7)

$$R_2 = \frac{V_{OUT} \cdot (V_A + V_B)}{S \cdot V_{PRI} \cdot 500\mu A \cdot d} \quad (3.7)$$

3.2 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็น 6 ส่วน โดยเริ่มจากการหาแบนวิดท์ของแอสลิวิตี้เพื่อให้ได้ช่วงความถี่ที่เหมาะสมของเครื่องมือ สองคือการทดลองวัดสัญญาณที่ปรับแต่งจากวงจรต่าง ๆ สามคือการใช้โปรแกรมแลปวิวร่วมกับ NI USB-6008 ในการวัดและประมวลผลสี่คือการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์เฉพาะแอสลิวิตี้ ห้าคือทดลองวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนระยะของแกนแอสลิวิตี้ และสุดท้ายคือการออกแบบใบงานการทดลองเพื่อการศึกษาชุดการทดลองแอสลิวิตี้

3.2.1 ทดลองหาค่าแบนวิดท์ (Bandwidth)

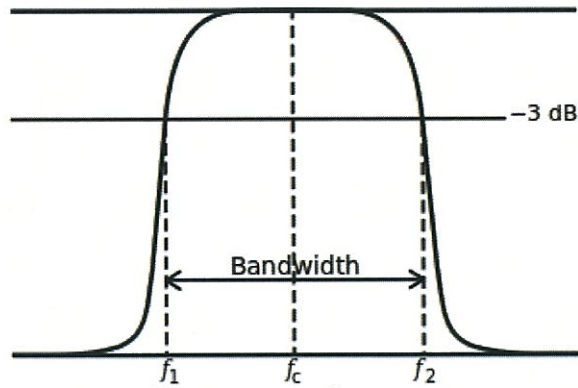
ทดลองหาค่าแบนวิดท์โดยการวัดค่าความถี่เพื่อหาช่วงความถี่ที่ควรเลือกใช้ที่เหมาะสมที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ทดลองใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ โดยเพิ่มค่าความถี่ขึ้น ตั้งแต่แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเริ่มเพิ่ม ขึ้นถึงค่าสูงสุดจนแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตลดลงต่ำสุดอีกครั้ง

2) นำค่าที่ได้จากการทดลองมาวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยาย (A_v) กับความถี่ (frequency, Hz) โดยสามารถหาอัตราขยายได้จากสมการที่ 3.4

$$A_v = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (3.8)$$

3) หาค่าความถี่ตัดออกจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันไฟฟ้ากับความถี่ที่ได้เพื่อ หาช่วงความถี่ที่ใช้งานได้ในช่วง $-3dB$ และสร้างกราฟดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.13 การหาค่าแบนวิดท์

3.2.2 การทดลองวัดสัญญาณที่ปรับแต่งจากวงจรต่าง ๆ

ทำการทดลองวัดค่าและเปรียบเทียบสัญญาณจากขาเข้าและขาออกของทุกวงจรที่ใช้ในการปรับแต่งสัญญาณให้เหมาะสมกับการใช้งานชุดทดลองแอลวีดีที่

3.2.3 การทดลองวัดค่าและประมวลผลด้วย NI USB-6008 ร่วมกับแลปวิว

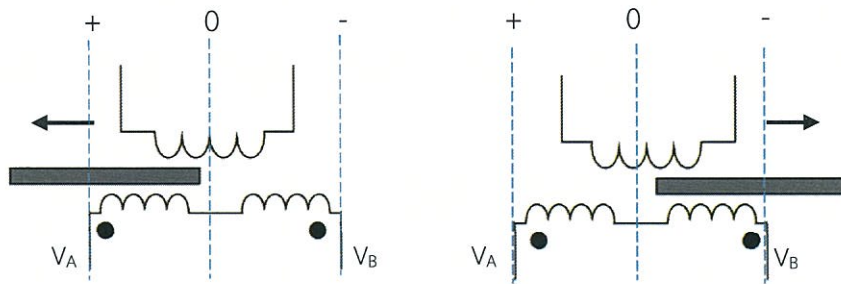
ทดลองจ่ายและความคุมความถี่ด้วย NI USB-6008 ร่วมกับวงจรปรับแต่งสัญญาณและแสดงผลด้วยโปรแกรมแลปวิว โดยที่ออกแบบโปรแกรมให้สามารถวิเคราะห์ผลและตรวจจับตำแหน่งของแกนได้

3.2.4 การทดลองวัดค่าและประมวลผลด้วยไอซีเชิงพาณิชย์

การทดลองนี้ทดลองการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์ร่วมกับแอลวีดีที่สำเร็จรูปในอุตสาหกรรมเพื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองแอลวีดีที่ทั้งความเป็นเชิงเส้นและความแม่นยำในการวัดของเครื่องมือวัดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวงจรแอนะล็อกที่ใช้ในชุดการทดลองกับไอซีที่ใช้ในอุตสาหกรรม

3.2.5 ทดลองวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะของแกน

เลือกใช้ความถี่ตามที่ได้จากแบนวิดท์ในการทดลองที่ 3.2.1 และใช้แกนที่มีความยาว 43 เซนติเมตร โดยเปลี่ยนแปลงระยะแกนจาก 0 ถึง 21.5 เซนติเมตร ไปทาง V_A ครั้งละ 1 เซนติเมตร และเปลี่ยนแปลงระยะแกนจาก 0 ถึง -21.5 เซนติเมตร ไปทาง V_B ครั้งละ 1 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.11 โดยค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของ V_B สังเกตสัญญาณเอาต์พุตและบันทึกค่าที่ระยะ 21 ถึง -21 เซนติเมตร แล้วนำมาวาดกราฟระหว่างระยะที่แกนเคลื่อนที่และแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต การหาค่าแรงดันไฟฟ้าทำให้เราสามารถวัดระยะและตำแหน่งได้เมื่อโวลต์เปลี่ยนแปลง โคนทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 4 ครั้ง



รูปที่ 3.14 แสดงการเคลื่อนที่ของแกนแวลวีดีที

3.2.6 การออกแบบใบงานการทดลองเพื่อการศึกษาชุดทดลองแวลวีดีที

LVDT Trainer Kit เป็นแวลวีดีทีที่ใช้เพื่อศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของแวลวีดีทีที่แวลวีดีทีที่มีระยะอยู่ในช่วง ± 21.5 เซนติเมตร ซึ่งแบ่งวิธีการทดลองออกเป็น 3 แบบ คือ หนึ่งการใช้วงจรแอนะล็อกในการขับเคลื่อนแวลวีดีที และใช้สัญญาณ LED ในการแสดงตำแหน่งของแกนแวลวีดีทีที่สองคือการใช้ NI USB-6008 (DAQ) ร่วมกับโปรแกรมแลปวิว ในการประมวลผลและแสดงผลสัญญาณจากแวลวีดีที รวมถึงเป็นแหล่งจ่ายสัญญาณในการขับเคลื่อนแวลวีดีทีอีกด้วย และการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์ เฉพาะของแวลวีดีทีในการขับเคลื่อนและประมวลผลสัญญาณแวลวีดีทีพร้อมคำนวณแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตด้วยวิธีการคำนวณแบบสัดส่วน ซึ่งการทดลองเป็นการศึกษาอินพุตและเอาต์พุตจากแวลวีดีที และคุณลักษณะเฉพาะของแวลวีดีที รวมทั้งความเป็นเชิงเส้นของการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่อระยะแกนของแวลวีดีทีที่เปลี่ยนแปลง

บทที่ 4

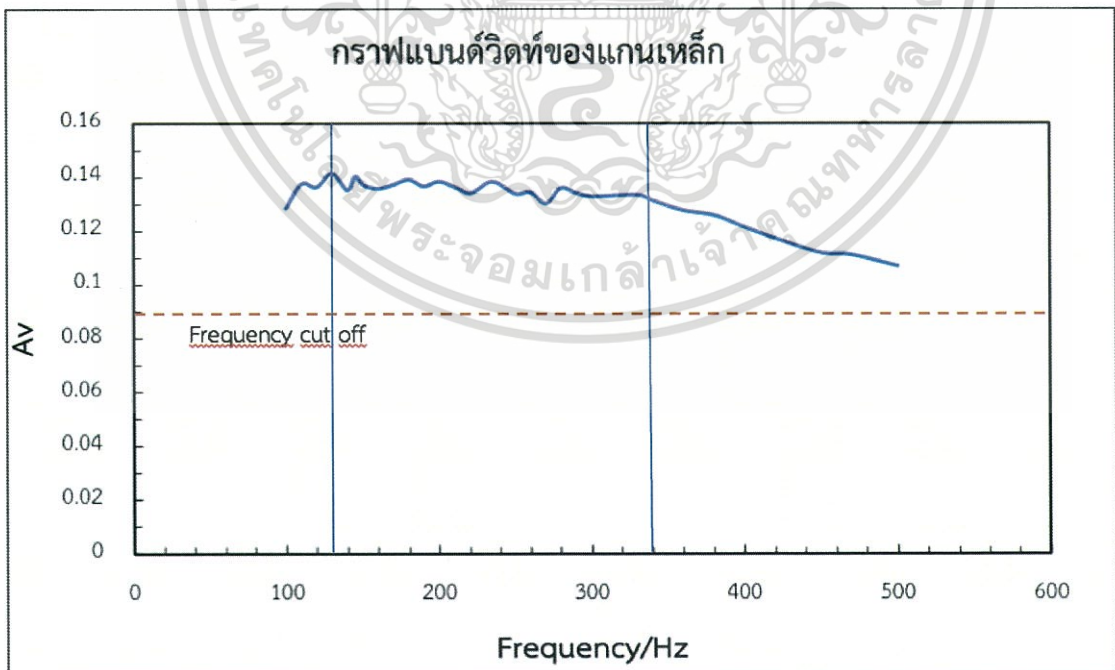
ผลวิจัยและอภิปรายผล

การทดสอบชุดเครื่องมือการทดลองแอลวีดีที่ประกอบไปด้วย 6 ส่วน หนึ่งคือการหาช่วงแบนด์วิดท์ของเครื่องมือ สองคือการใช้วงจรแอนะล็อกปรับแต่งสัญญาณเพื่อให้เหมาะสมต่อการทำงานของแอลวีดีที่ สามคือการใช้โปรแกรมแลบวิวร่วมกับ NI USB-6008 เป็นตัวให้กำเนิดสัญญาณและแสดงค่าต่างๆ ของแอลวีดีที่ สี่คือการใช้ไอซีอุตสาหกรรมที่เป็นไอซีประมวลผลแอลวีดีที่โดยเฉพาะ ห้าคือ การทดลองความเป็นเชิงเส้นของเครื่องมือแอลวีดีที่ และสุดท้ายคือการออกแบบการทดลองเพื่อใช้สำหรับการศึกษาชุดทดลองแอลวีดีที่

4.1 การหาช่วงการใช้งานของเครื่องมือหรือแบนด์วิดท์ของชุดการทดลองที่สร้าง

การหาช่วงการใช้งานหรือแบนด์วิดท์จากการพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าและหา frequency cutoff เพื่อหาช่วงของความถี่ที่ใช้งานได้เหมาะสม

วิธีการหา frequency cutoff ทำได้จากการพลอตกราฟระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับความถี่ ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่สูงสุดปรากฏขึ้นเฉพาะบางช่วงของความถี่เท่านั้น ตำแหน่งของความถี่ที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงเป็น $0.707 V_{max}$ มีอยู่ 2 ความถี่คือ ความถี่ที่สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์ค่าหนึ่งและที่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์อีกค่าหนึ่งเรียกว่าความถี่ที่สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์นี้ว่า ความถี่คัตออฟช่วงสูงและความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์เรียกว่าความถี่คัตออฟช่วงต่ำ จากความถี่ทั้งสองทำให้เราได้ช่วงกว้างความถี่หรือแบนด์วิดท์ ดังรูปที่ 4.1

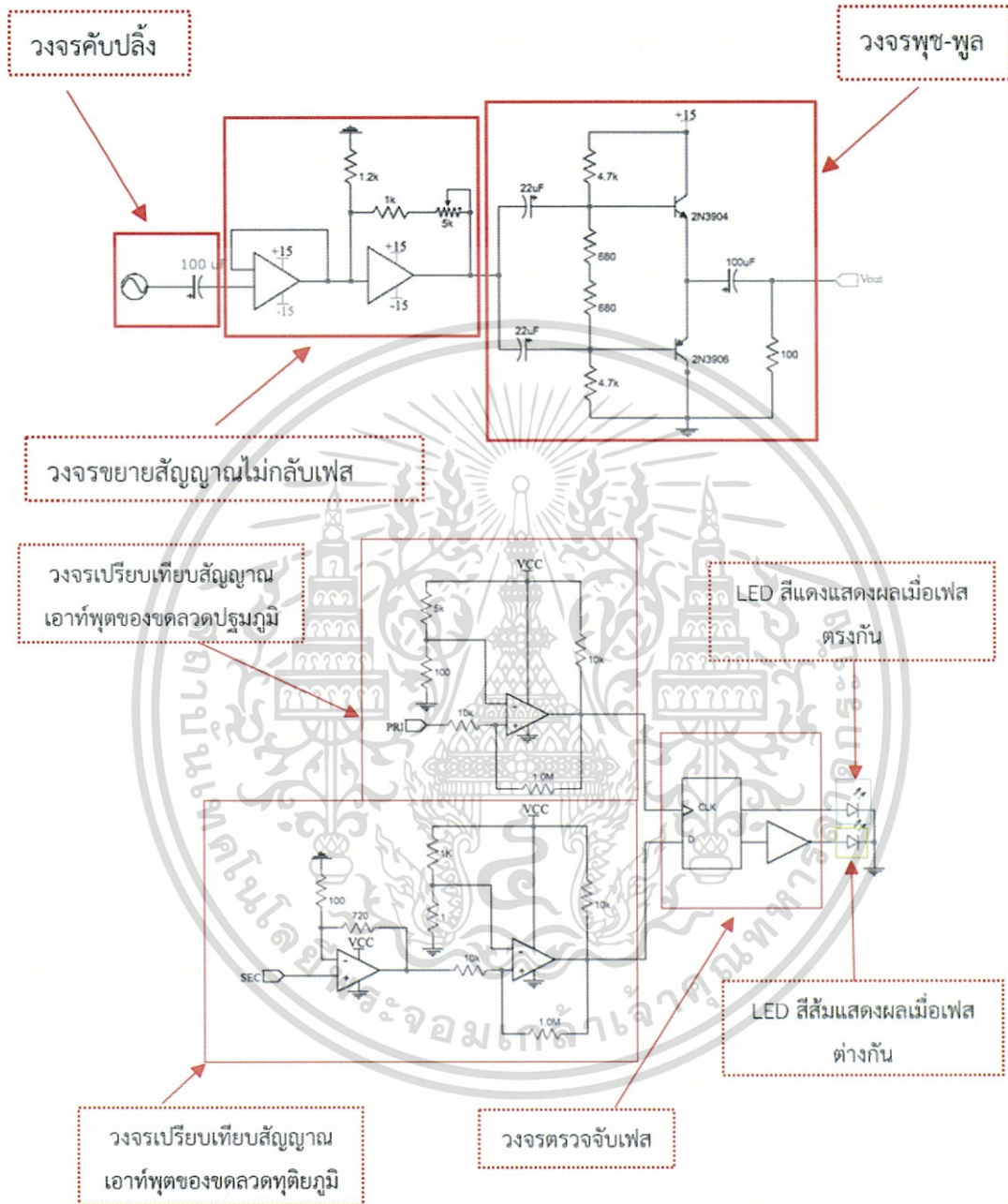


รูปที่ 4.1 แสดงกราฟแบนด์วิดท์ของแอลวีดีที่เมื่อใช้แกนเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

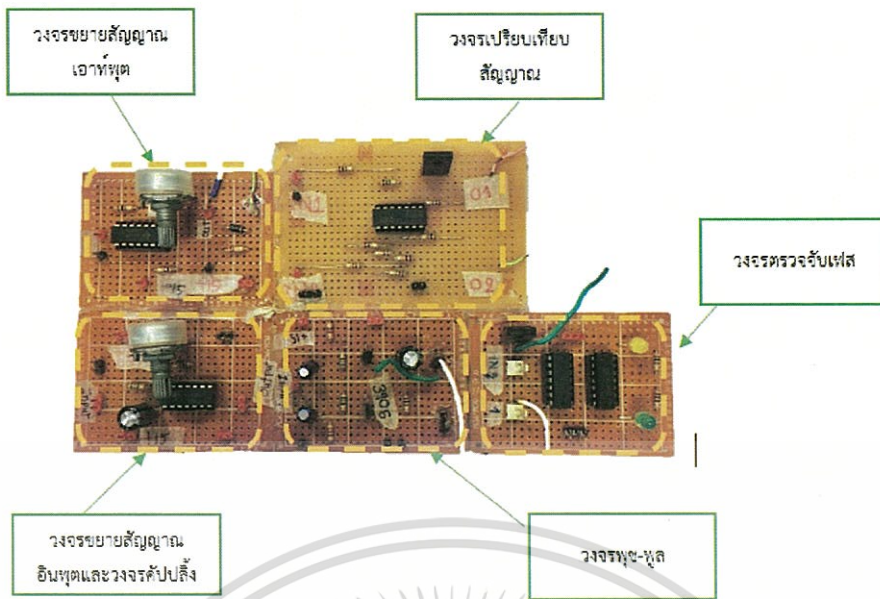
4.2 การใช้วงจรแอนะล็อก

การใช้วงจรต่าง ๆ ทางแอนะล็อกปรับแต่งสัญญาณเพื่อใช้งานกับแอลวีดีที่ได้เหมาะสมและสามารถแสดงตำแหน่งของแกนของแอลวีดีที่ได้ด้วย LED ดังรูปที่ 4.2



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



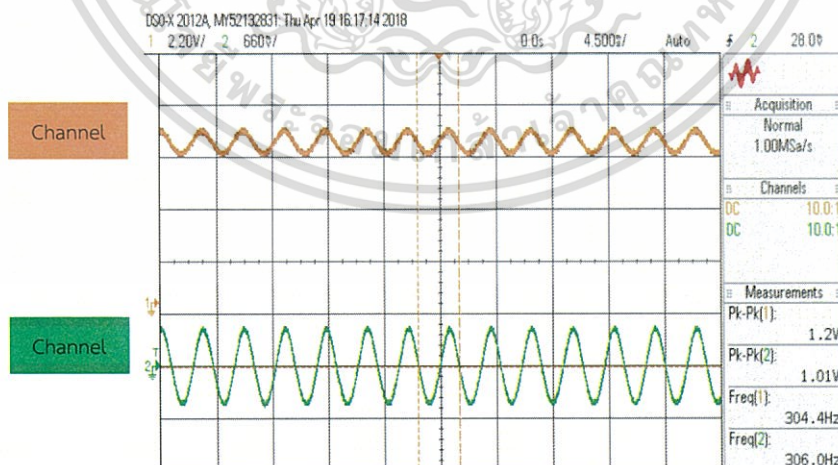
(ข)

รูปที่ 4.2 วงจรที่ใช้ในการปรับแต่งสัญญาณให้กับแอลวีดีที

(ก) แผนผังวงจรแอนะล็อก

(ข) วงจรแอนะล็อกที่สร้างขึ้น

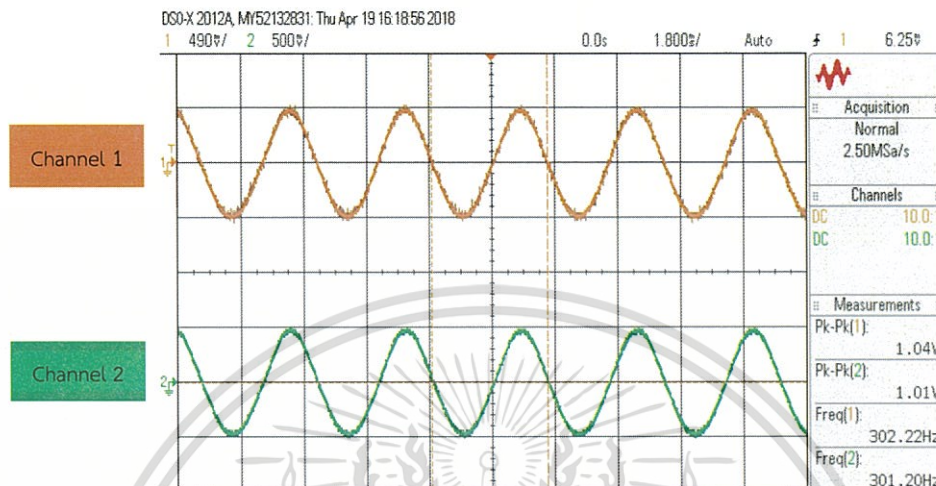
4.2.1 เนื่องจากต้องการให้วงจรแอนะล็อกสามารถจ่ายสัญญาณให้กับแอลวีดีทีได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณจึงใช้ไอซี XR2206 เป็นวงจรสร้างสัญญาณปรับความถี่ได้ให้กับแอลวีดีที แต่สัญญาณที่ได้ยังมีสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปนอยู่ จึงต้องปรับแต่งสัญญาณให้เหลือเพียงสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้วงจร C Coupling ทำให้สัญญาณเหมาะกับการใช้งานดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 Channel 1 สัญญาณจากวงจรอิซี XR2206 และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากการปรับแต่งโดย C Coupling

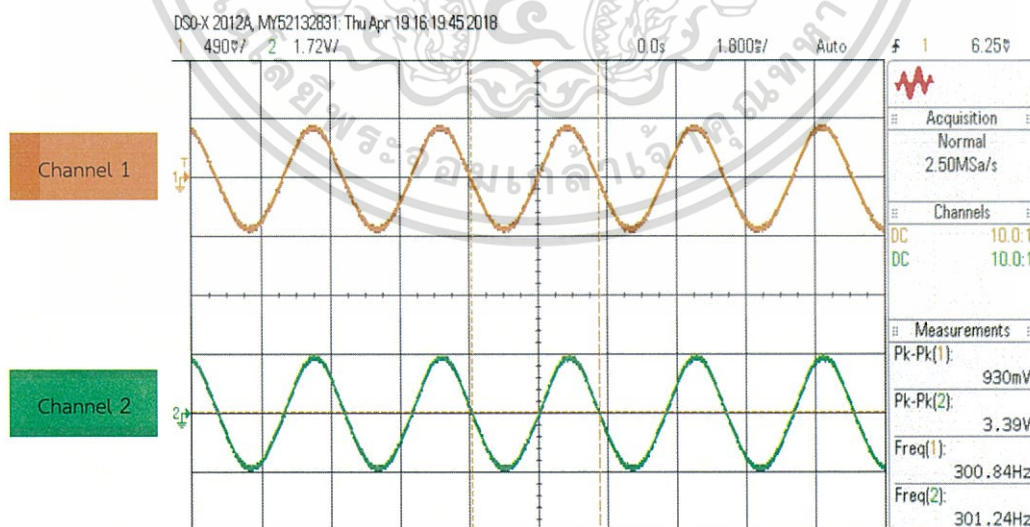
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากชุดคิท XR2206 ยังไม่เพียงพอให้แอลวีดีที่ทำงานจึงขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แอลวีดีที่โดยการต่อวงจร buffer จากวงจรคัปปลิ่งเพื่อส่งสัญญาณจากวงจรคัปปลิ่งไปวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสได้เต็มประสิทธิภาพดังรูปที่ 4.4



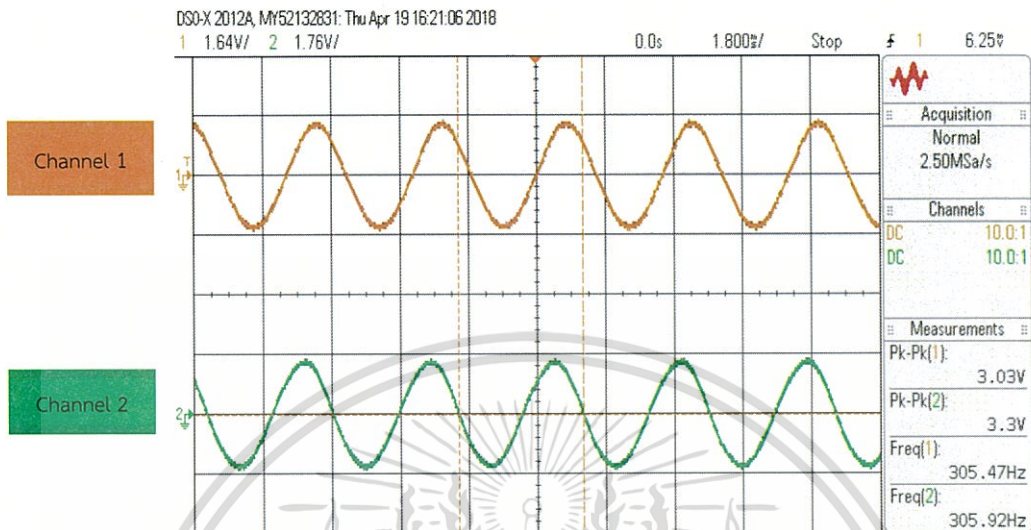
รูปที่ 4.4 Channel 1 สัญญาณจากวงจร Coupling และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากวงจร Buffer

4.2.3 สัญญาณที่ได้จากวงจรบัฟเฟอร์ทำให้สัญญาณมีประสิทธิภาพในการส่งต่อสัญญาณมา วงจรขยายมากขึ้น จากนั้นใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสโดยมีอัตราขยาย 3.6 เท่าดังรูปที่ 4.5 และพบว่าเมื่อขยายสัญญาณจนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีค่ามากกว่า 4.5 โวลต์สัญญาณรูปไซน์เปลี่ยนรูปไปเมื่อจ่ายสัญญาณให้กับแอลวีดีที่



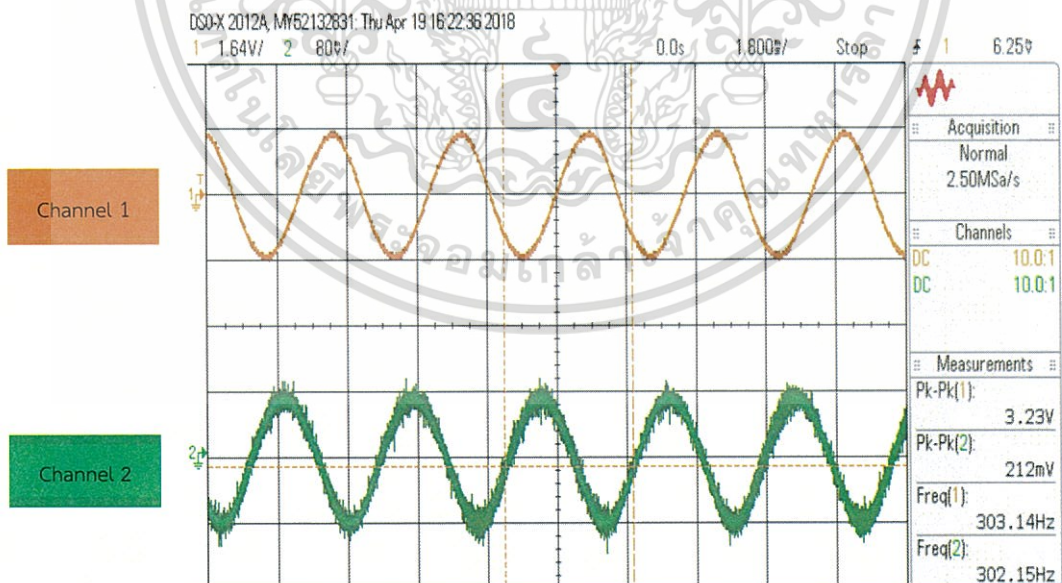
รูปที่ 4.5 Channel 1 สัญญาณจากวงจร Buffer และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากวงจร Amplifier ที่ขยายได้ 3.6 เท่า

4.2.4 การขับเคลื่อนสัญญาณเพื่อจ่ายให้กับแอลวีดีที่จำเป็นต้องใช้วงจรพช-พุลเพื่อขับเคลื่อนสัญญาณให้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้นทั้งสัญญาณซีกบวกและสัญญาณซีกลบ สัญญาณที่ได้จากวงจรพช-พุล แสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 Channel 1 สัญญาณจากวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส และ Channel 2 สัญญาณที่ได้จากวงจรพช-พุล

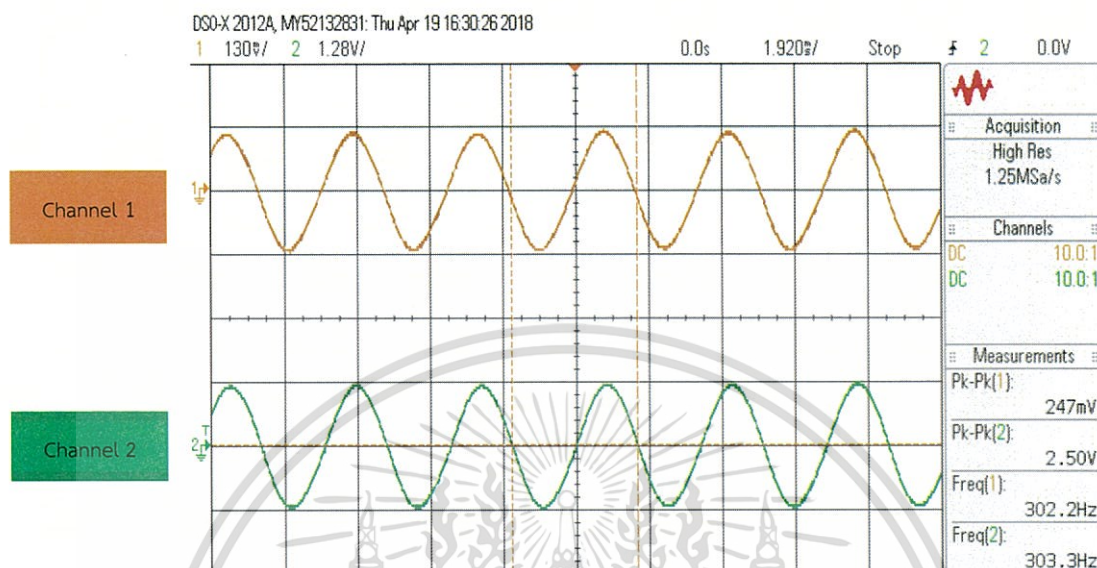
4.2.5 สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรพช-พุลจ่ายให้ขดลวดปฐมภูมิของแอลวีดีที่ เหนียวนำไปเกิดสัญญาณที่ขดลวดทุติยภูมิ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิ มีค่าลดลง 15 เท่า ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 Channel 1 สัญญาณจากขดลวดปฐมภูมิ และ Channel 2 สัญญาณจากขดลวดทุติยภูมิ

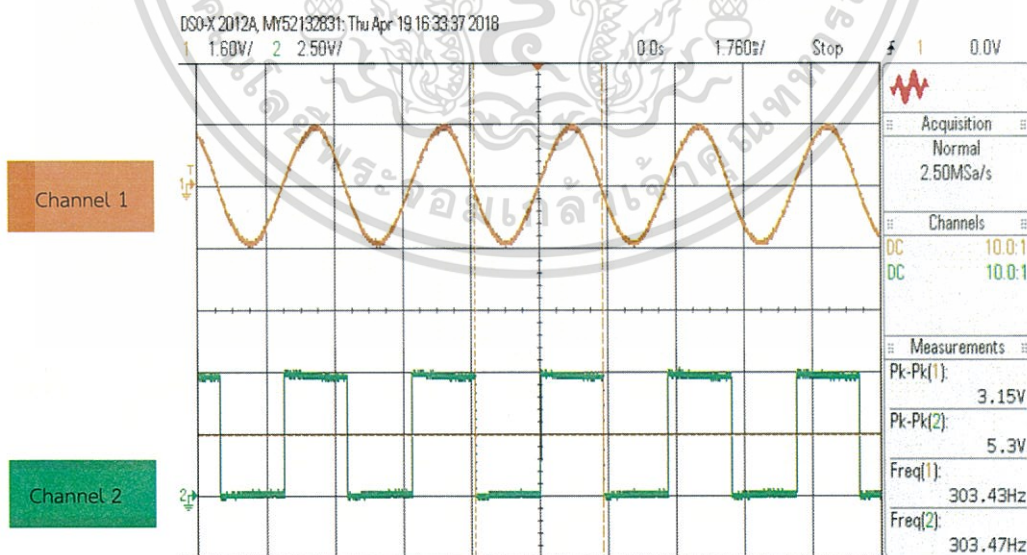
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 สัญญาณเอาต์พุตจากขดลวดทุติยภูมิมีค่าน้อยมากทำให้ยากต่อการศึกษากการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า การต่อสัญญาณขยายแบบไม่กลับเฟสกับสัญญาณเอาต์พุตจากขดลวดทุติยภูมิทำให้สามารถเห็นสัญญาณได้ชัดเจนขึ้นโดยใช้อัตราขยาย 10 เท่า ดังรูปที่ 4.8



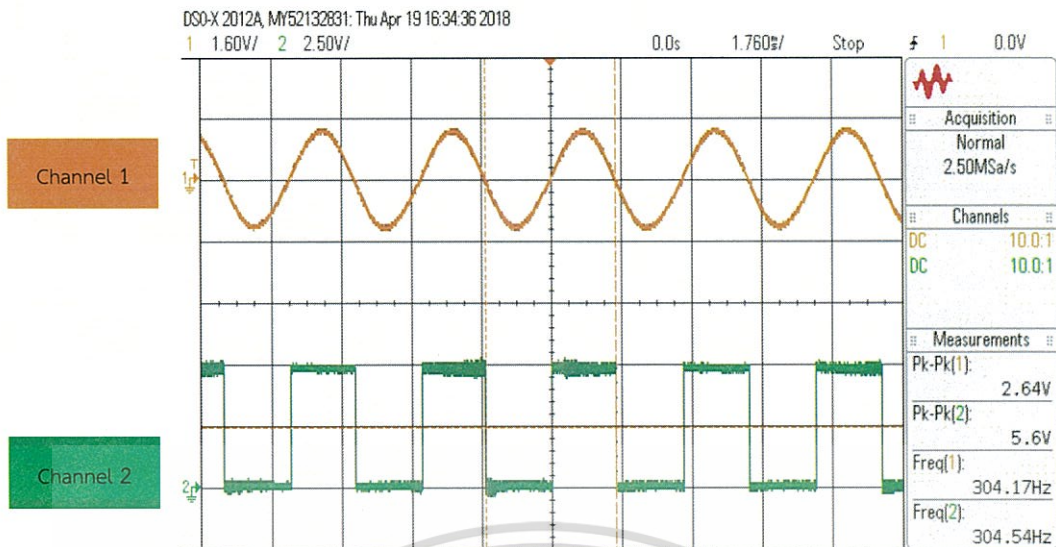
รูปที่ 4.8 Channel 1 สัญญาณเอาต์พุตจากขดลวดทุติยภูมิ และ Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตจากขดลวดทุติยภูมิเมื่อขยายสัญญาณ

4.2.7 ใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อเปลี่ยนสัญญาณรูปไซน์ให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเพื่อนำไปใช้ในการต่อวงจรตรวจจับเฟส ซึ่งสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรคอมพาราเตอร์ได้ดังรูปที่ 4.9



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



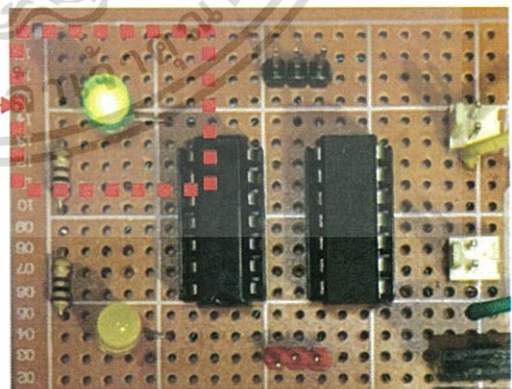
(ข)

รูปที่ 4.9 สัญญาณที่ได้จากการใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

- (ก) Channel 1 สัญญาณเอาต์พุตจากขดลวดปฐมภูมิ และ Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันปฐมภูมิ
- (ข) Channel 1 สัญญาณจากขดลวดทุติยภูมิ และ Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันทุติยภูมิ

4.2.8 วงจรตรวจจับเฟสเพื่อแสดงตำแหน่งของแกนแวลวิตีที่เมื่อกำหนดว่า ถ้าแกนอยู่ฝั่งที่ทำให้เฟสขดลวดทุติยภูมิตรงกับเฟสขดลวดปฐมภูมิแล้วแกนจะอยู่ฝั่ง V_A แต่ถ้าแกนอยู่ฝั่งที่ทำให้เฟสขดลวดปฐมภูมิต่างกับเฟสขดลวดทุติยภูมิแล้วแกนจะอยู่ฝั่ง V_B โดยใช้ไอซี 74LS74 Dual D-type Flip Flop และ ไอซี 7404 NOT gate เพื่อเทียบเฟสและแสดงผลด้วยแอลอีดีโดยที่ LED ต่อแบบซิงค์ ถ้าเฟสตรงกัน LED สีเหลืองจะติด เนื่องจากการทำงานของฟลิปฟลอปชนิด D

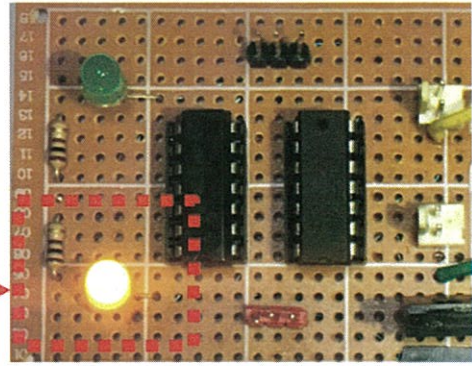
LED ติดเมื่อเฟสของขดลวดปฐมภูมิ
ตรงกับเฟสของขดลวดทุติยภูมิ



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED ติดเมื่อเฟสของขดลวดปฐมภูมิ
ต่างกับเฟสของขดลวดทุติยภูมิ



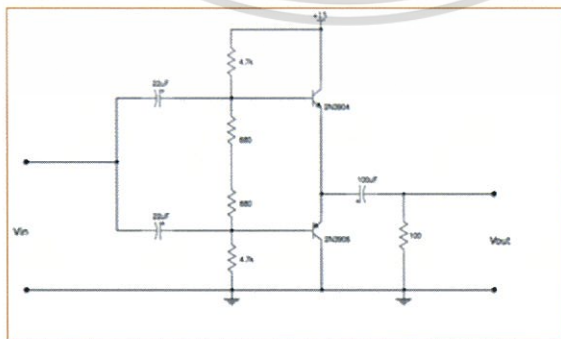
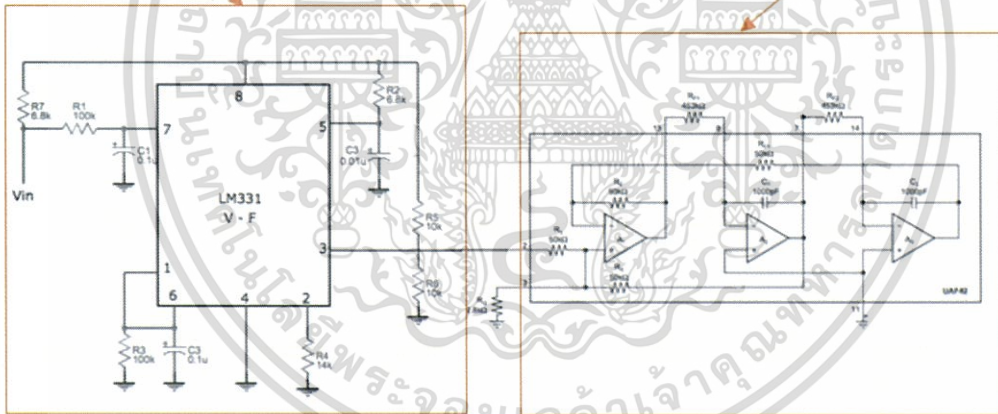
(ข)

รูปที่ 4.10 การแสดงผลการเปรียบเทียบเฟสด้วย LED
(ก) การแสดงผลด้วย LED เมื่อเฟสตรงกัน
(ข) การแสดงผลด้วย LED เมื่อเฟสต่างกัน

4.3 การเขียนโปรแกรมแลปวิวเพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ผลที่ได้จากแอลวีดีที

วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่

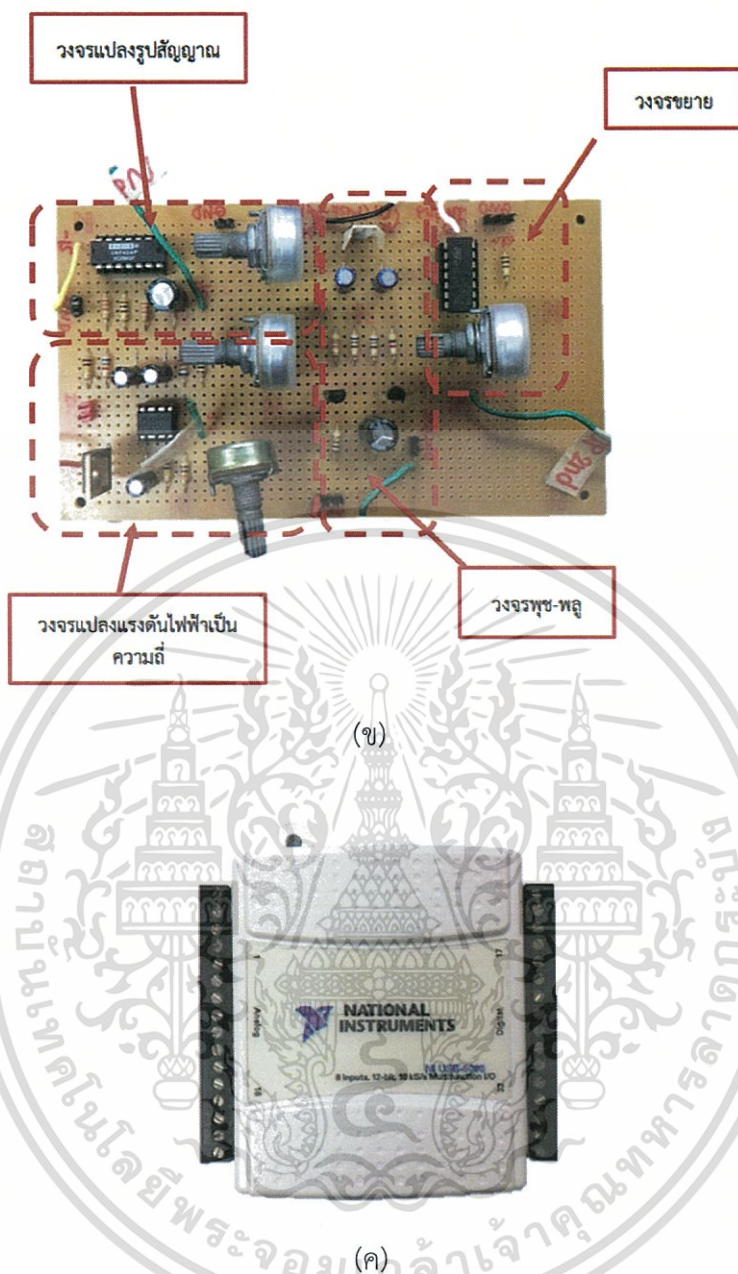
วงจรแปลงรูปสัญญาณ



วงจรพช-พูล

(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การใช้ USB-6008 (DAQ) เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลแวลวี่ดีที

(ก) วงจรที่ใช้ร่วมกับ USB-6008

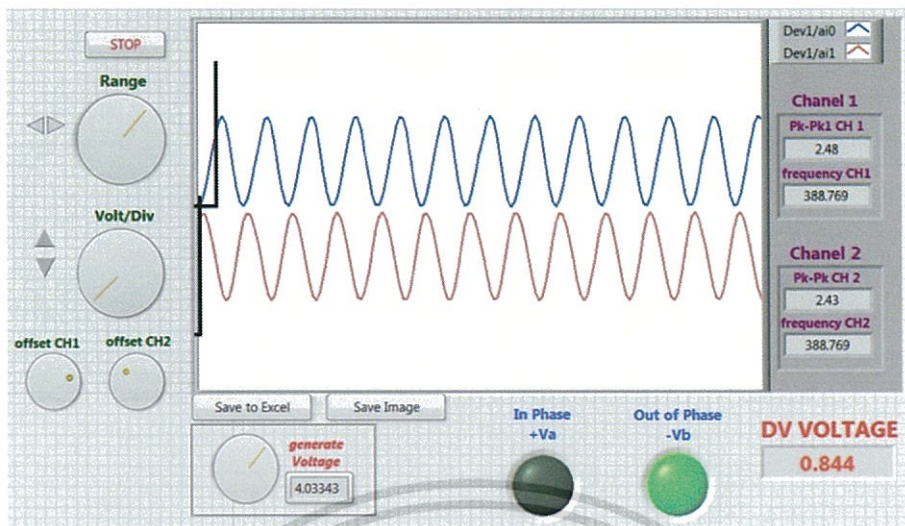
(ข) วงจรที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ร่วมกับ USB-6008 (DAQ)

(ค) NI USB-6008 (DAQ)

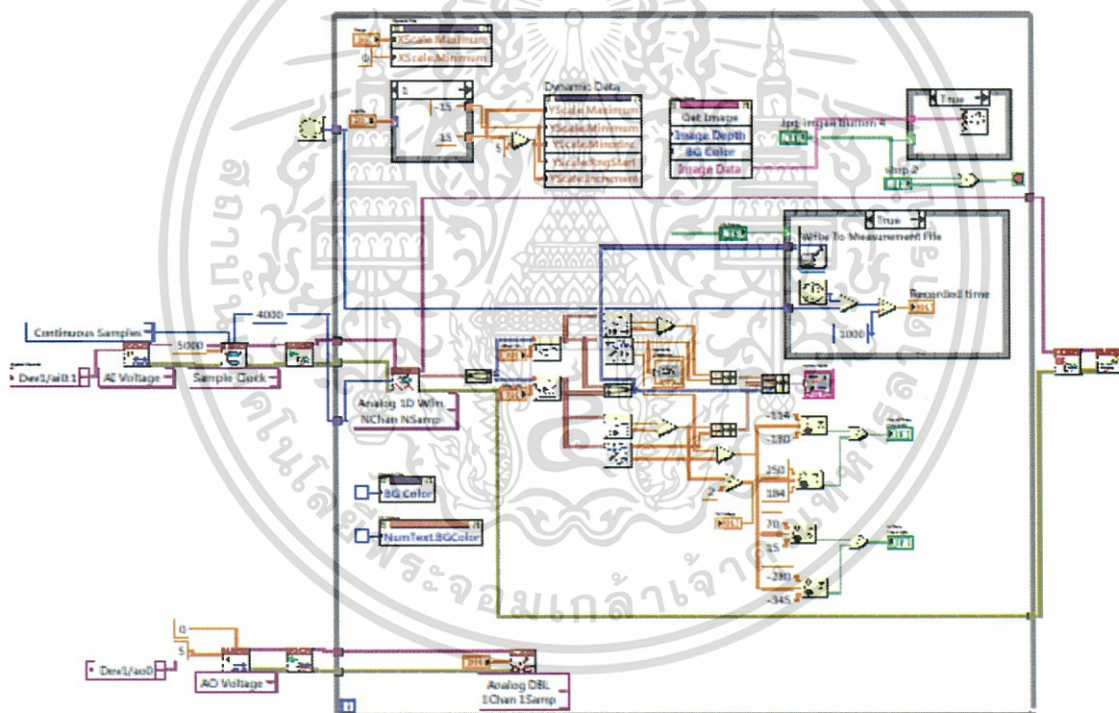
จากภาพ 4.11 (ก) วงจรภายในประกอบไปด้วยวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ซึ่งมีลักษณะวงจรดังรูปที่ 3.9 วงจรแปลงรูปสัญญาณที่เป็นดังรูปที่ 2.15 วงจรขยายดังรูปที่ 3.3 และวงจรพืซ-พลูเป็นดังรูปที่ 2.12

4.3.1 NI USB-6008 นำมาใช้เพื่อประมวลผลและแสดงผลที่ได้จากแวลวี่ดีทีด้วยการเขียนโปรแกรมร่วมกับ LabVIEW ซึ่งประกอบไปด้วยหน้า Front Panel ดังรูปที่ 4.12 และ Block Diagram ดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



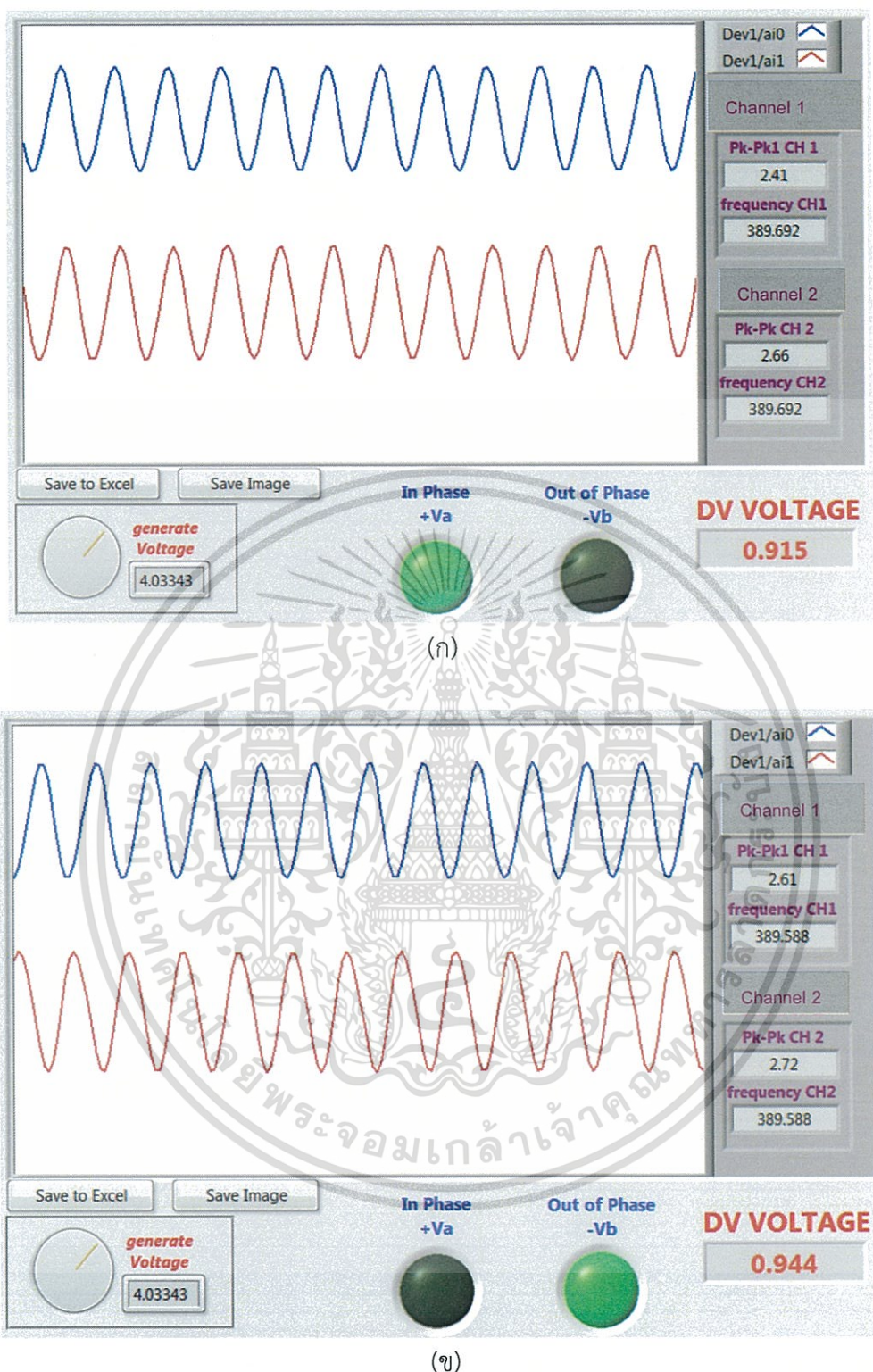
รูปที่ 4.12 Front Panel LabVIEW เพื่อประมวลผลและแสดงค่าที่ได้จากแวลวิตีที่



รูปที่ 4.13 Block Diagram LabVIEW เพื่อเขียนโปรแกรมประมวลผลและแสดงค่าของแวลวิตีที่

ซึ่งโปรแกรมสามารถตรวจจับได้ว่าแกนอยู่ตำแหน่งที่ทำให้เฟสเอาเอาต์พุตตรงกับเฟสอินพุต (V_A) หรือเฟสของเอาต์พุตต่างกับเฟสของอินพุต (V_B) จากการตรวจจับเฟสและใช้ฟังก์ชันเปรียบเทียบเฟสและแสดงผลในหน้า Front Panel ของ LabVIEW ดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 การแสดงผลการตรวจจับตำแหน่งที่หน้าฟอร์มพาดเนล

(ก) การแสดงผลตรวจจับตำแหน่งของแกนเมื่อแกนอยู่ฝั่ง V_A และมีเฟสต่างกัน

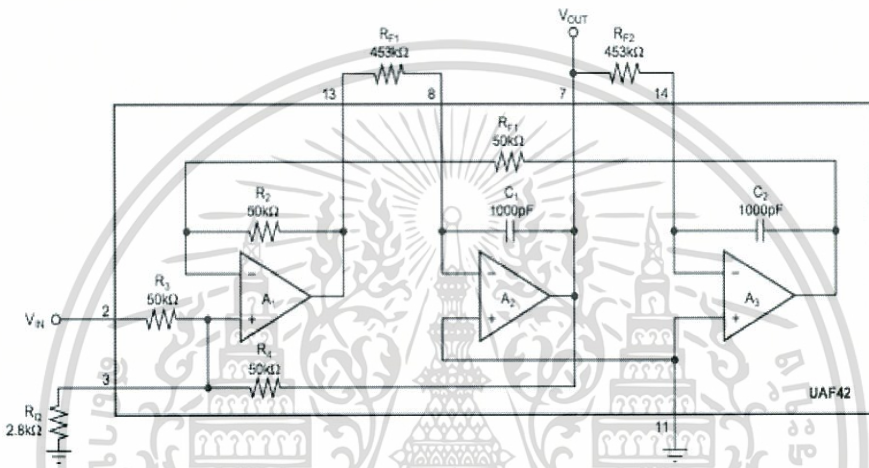
(ข) การแสดงผลการตรวจจับแกนเมื่อแกนอยู่ฝั่ง V_B และมีเฟสตรงกัน

4.3.2 วงจรที่ใช้ร่วมกับ NI USB-6008 เพื่อจ่ายความถี่ให้กับแอลวีดีที่เกิดจาก NI USB-6008 นั้นมี output rate เพียง 150 Hz ทำให้ไม่สามารถจ่ายความถี่ในรูปแบบสมบูร์ณได้ จึงเขียนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าแล้วนำมาต่อกับวงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่เพื่อปรับแต่งให้สามารถควบคุมการจ่ายความถี่จากโปรแกรมได้แทนเครื่องกำเนิดความถี่ซึ่งมีการปรับแต่งสัญญาณดังนี้

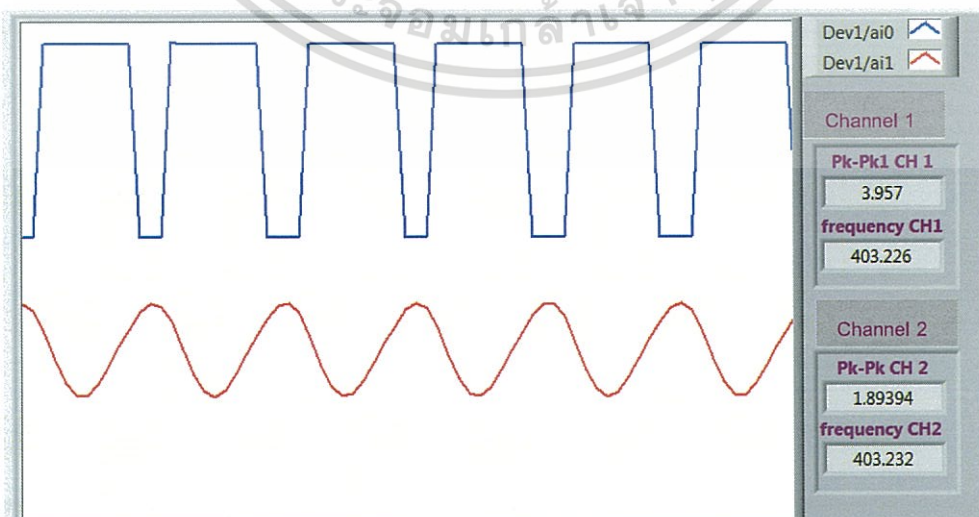
1) วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ (V to F) เป็นวงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นความถี่ด้วยออปแอมป์ LM331 ที่มีอินพุตที่เป็นแรงดันไฟฟ้าจาก NI USB-6008 ซึ่งสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ 0-5 โวลต์ และได้เอาต์พุตเป็นพัลส์ซึ่งยังไม่สามารถนำไปใช้งานกับแอลวีดีทีโดยตรงได้

2) วงจรเปลี่ยนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณรูปไซน์จากวงจร V to F นั้นให้เอาต์พุตเป็นพัลส์ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้กับแอลวีดีทีได้จึงใช้ไอซี UAF42AP ซึ่งเป็นไอซีกรองสัญญาณที่มี duty cycle 50% และปรับแต่งสัญญาณให้เป็นรูปชายนจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของตัวต้านทาน ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงการทำงานภายในของไอซี UAF42AP และตารางสัดส่วนการใช้ตัวต้านทานเพื่อให้สัญญาณเป็นรูปไซน์มากที่สุด

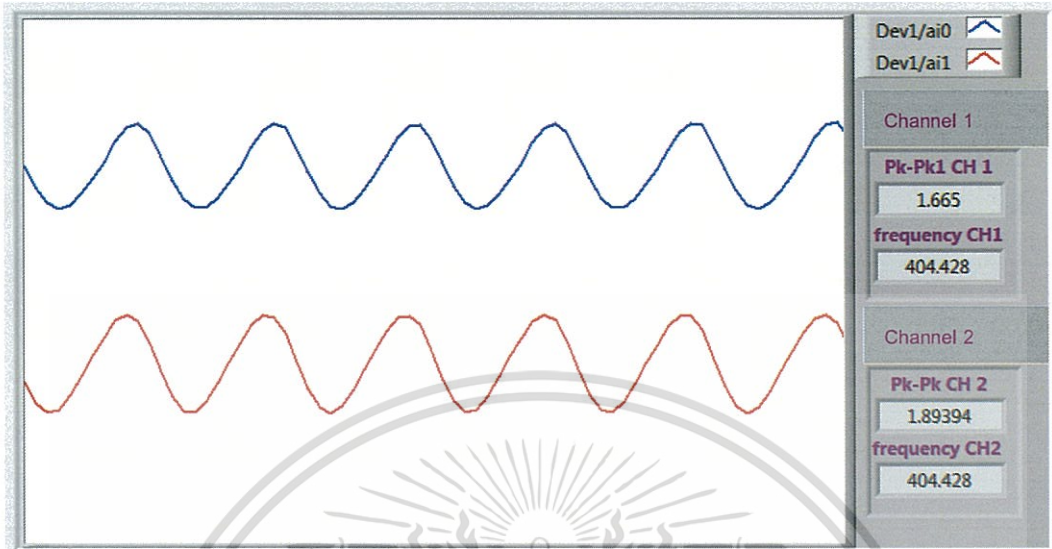
จากรูปที่ 4.15 การใช้วงจรนี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อที่สามารถปรับรูปร่างของสัญญาณให้ได้รูปไซน์ที่สมบูรณ์มากที่สุดที่ความถี่ต่าง ๆ ซึ่งได้สัญญาณดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณรูปไซน์

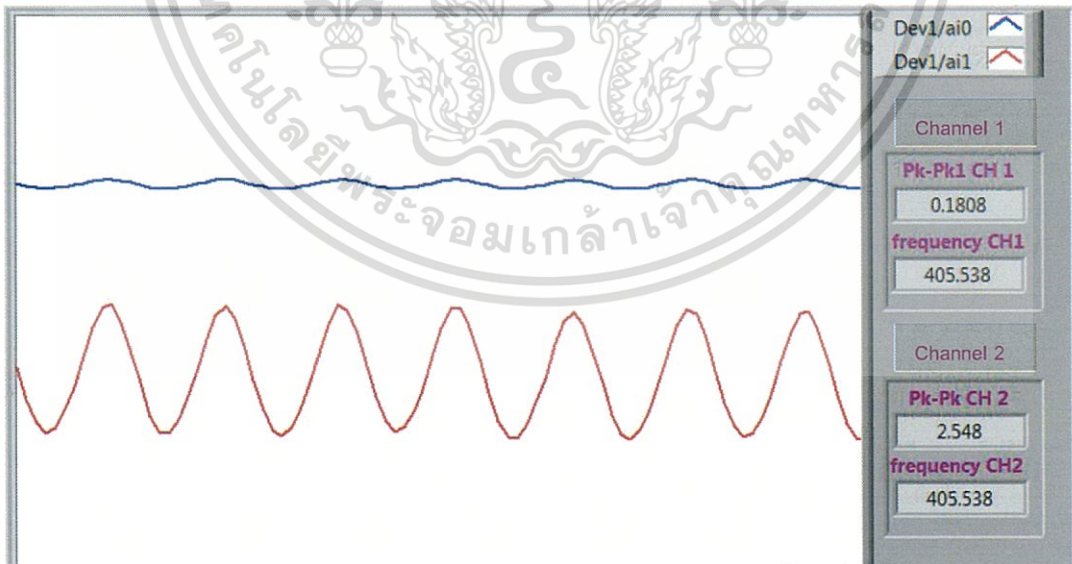
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรพฤษภาคมใช้ในการขับเคลื่อนสัญญาณฝั่งบวกและสัญญาณฝั่งลบไปยังแอลวีดีที่ได้เติมประสิทธิภาพดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 Channel 1 สัญญาณจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ และ Channel 2 สัญญาณจากวงจรพฤษภาคม

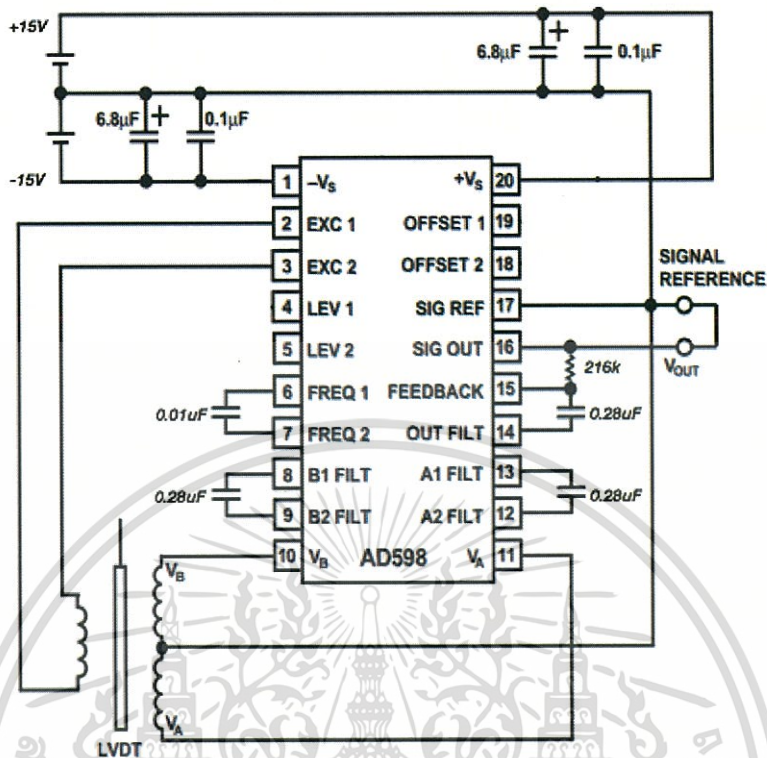
4) เมื่อจ่ายสัญญาณจากวงจรพฤษภาคมให้กับขดลวดปฐมภูมิแล้วสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิมีค่าน้อยมากทำให้ยากต่อการวัดและศึกษาจึงใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสเพื่อขยายสัญญาณเอาต์พุตจากแอลวีดีที่ได้จากวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาต์พุตของแอลวีดีที่ได้จากวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การใช้แวลวี่ดีทีทีและไอซีเชิงพาณิชย์



รูปที่ 4.19 แสดงวงจรที่ใช้ร่วมกับไอซี AD598

ซึ่งค่า C_1 ที่หาได้จากสมการ 3.5 คือ $0.01 \mu\text{F}$ C_2 , C_3 และ C_4 ที่หาได้จากสมการที่ 3.2 คือ $0.28 \mu\text{F}$ และ R_2 ที่หาได้จากสมการ 3.7 คือ $216 \text{ k}\Omega$

4.5 การทดลองวัดระยะและความเป็นเชิงเส้นของแวลวี่ดีทีทีที่สร้าง

การทดลองวัดระยะด้วยการวัดแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อแกนของแวลวี่ดีทีทีเปลี่ยนตำแหน่ง บันทึกผลและพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและระยะของแกนแวลวี่ดีทีทีเพื่อหาความเป็นเชิงเส้นและค่าความคลาดเคลื่อนของชุดการทดลองแวลวี่ดีทีที

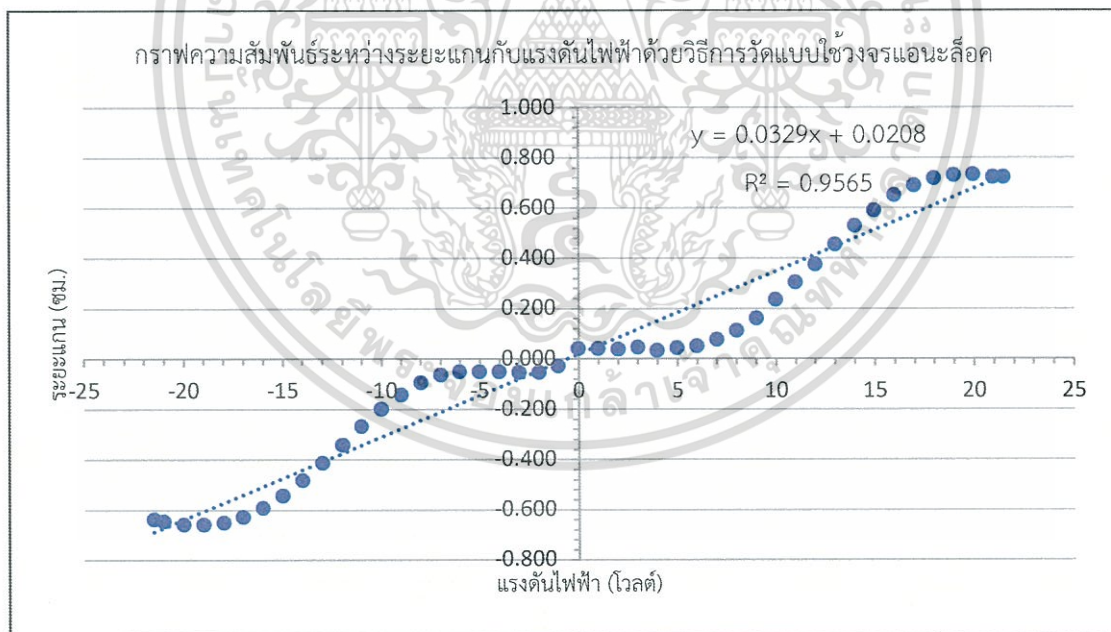
4.5.1 การวัดความเป็นเชิงเส้นด้วยการใช้วงจรแอนะล็อก

การใช้วงจรแอนะล็อกในการวัดผลความเป็นเชิงเส้นของแวลวี่ดีทีทีมิได้ทำการวัด 4 ครั้งดังในตารางที่ 4.1 และนำมาพล็อตกราฟระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะแกนที่เปลี่ยนไปดังรูปที่ 4.19 พบว่าช่วงที่ไม่ตอบสนองคือช่วง -5 ถึง 4 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่เหมาะกับการวัดค่า ความเป็นเชิงเส้นที่วัดได้คือ 0.95 และมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า 0.03 โวลต์ต่อระยะแกนที่เปลี่ยนไป 1 เซนติเมตร ความเป็นเชิงเส้นที่วัดได้มีค่าน้อยที่สุดในการวัดทั้ง 3 แบบ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะแกนที่ใช้วงจรแอนะล็อก

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (โวลต์)				เฉลี่ย (โวลต์)
	1	2	3	4	
21.5	0.695	0.739	0.743	0.730	0.727
21.0	0.670	0.743	0.754	0.741	0.727
20.0	0.677	0.754	0.764	0.751	0.737
19.0	0.672	0.754	0.765	0.748	0.735
18.0	0.663	0.742	0.747	0.732	0.721
17.0	0.639	0.715	0.716	0.706	0.694
16.0	0.601	0.675	0.680	0.666	0.656
15.0	0.551	0.602	0.620	0.607	0.595
14.0	0.492	0.541	0.553	0.547	0.533
13.0	0.422	0.469	0.475	0.469	0.459
12.0	0.351	0.388	0.392	0.388	0.380
11.0	0.283	0.318	0.315	0.314	0.308
10.0	0.217	0.239	0.249	0.250	0.239
9.0	0.157	0.147	0.177	0.176	0.164
8.0	0.113	0.108	0.122	0.125	0.117
7.0	0.077	0.077	0.080	0.084	0.080
6.0	0.051	0.051	0.057	0.058	0.054
5.0	0.047	0.048	0.045	0.047	0.047
4.0	0.004	0.049	0.044	0.047	0.036
3.0	0.047	0.050	0.049	0.050	0.049
2.0	0.048	0.048	0.038	0.038	0.043
1.0	0.049	0.048	0.038	0.039	0.044
0.0	0.050	0.049	0.037	0.037	0.043
-1.0	-0.049	0.050	0.050	0.044	-0.024
-2.0	0.050	0.052	0.055	0.042	-0.050
-3.0	0.051	0.051	0.054	0.043	-0.050
-4.0	0.049	0.052	0.053	0.041	-0.049
-5.0	0.048	0.049	0.048	0.041	-0.047
-6.0	0.045	0.048	0.047	0.049	-0.047
-7.0	0.061	0.062	0.060	0.058	-0.060
-8.0	0.093	0.094	0.089	0.084	-0.090
-9.0	0.144	0.142	0.137	0.135	-0.140

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (โวลต์)				เฉลี่ย (โวลต์)
	1	2	3	5	
-10.0	0.203	0.204	0.191	0.189	
-11.0	0.267	0.275	0.258	0.257	-0.264
-12.0	0.350	0.340	0.335	0.330	-0.339
-13.0	0.420	0.423	0.402	0.398	-0.411
-14.0	0.492	0.490	0.475	0.466	-0.481
-15.0	0.555	0.557	0.534	0.522	-0.542
-16.0	0.606	0.600	0.579	0.576	-0.590
-17.0	0.639	0.639	0.614	0.613	-0.626
-18.0	0.662	0.664	0.637	0.635	-0.650
-19.0	0.672	0.675	0.640	0.642	-0.657
-20.0	0.671	0.673	0.640	0.645	-0.657
-21.0	0.658	0.659	0.623	0.633	-0.643
-21.5	0.645	0.647	0.622	0.624	-0.635



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะแกนแอวลิตีทีกับแรงดันไฟฟ้าโดยการวัดด้วยวงจรแอนะล็อก

4.5.2 การวัดความเป็นเชิงเส้นด้วยวิธีการวัดโดย NI USB-6008

การวัดความเป็นเชิงเส้นที่ได้จากวิธีการวัดด้วย NI USB-6008 หรือ DAQ ทำการวัด 4 ครั้ง โดยเปลี่ยนแปลงระยะแกนทีละ 1 เซนติเมตรเป็นระยะ ± 21.5 เซนติเมตรและวัดแรงดันไฟฟ้า นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

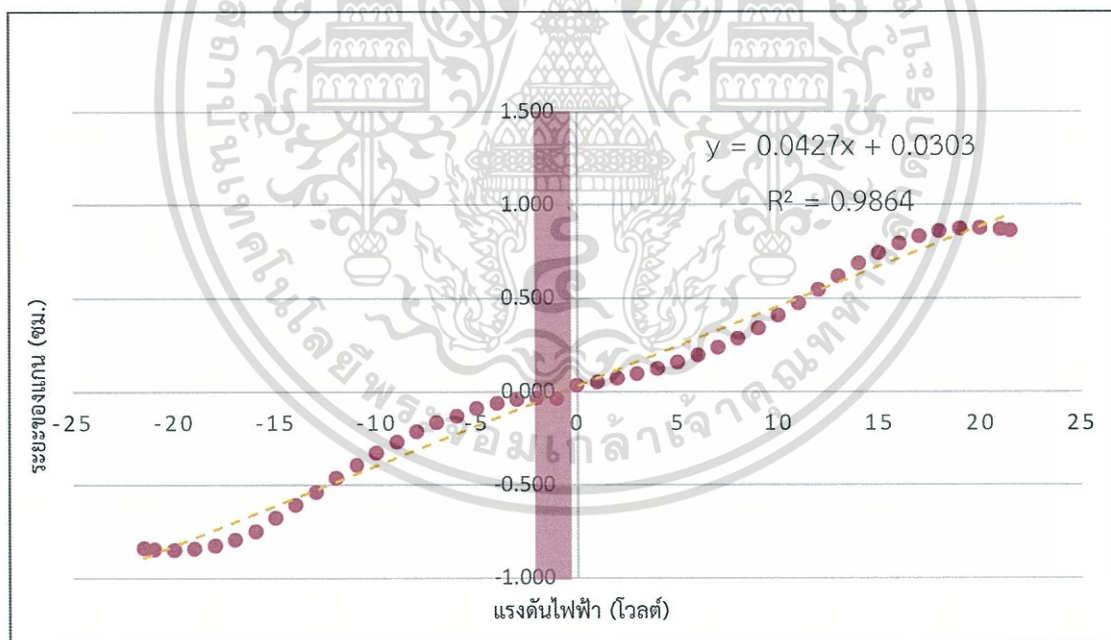
ค่าแรงดันไฟฟ้ามาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและระยะแกนพบว่ามีความเป็นเชิงเส้น 0.96 และแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะแกนที่ใช้ DAQ

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (โวลต์)				เฉลี่ย (โวลต์)
	1	2	3	4	
22.0	0.868	0.872	0.856	0.864	0.865
21.0	0.874	0.877	0.866	0.873	0.873
20.0	0.880	0.885	0.876	0.879	0.880
19.0	0.876	0.880	0.872	0.874	0.876
18.0	0.861	0.866	0.857	0.858	0.861
17.0	0.832	0.840	0.829	0.834	0.834
16.0	0.798	0.800	0.792	0.794	0.796
15.0	0.744	0.748	0.740	0.744	0.744
14.0	0.692	0.694	0.685	0.686	0.689
13.0	0.622	0.623	0.616	0.624	0.621
12.0	0.547	0.553	0.544	0.551	0.549
11.0	0.477	0.479	0.474	0.478	0.477
10.0	0.409	0.415	0.406	0.412	0.411
9.0	0.343	0.344	0.340	0.343	0.343
8.0	0.289	0.290	0.287	0.288	0.289
7.0	0.238	0.242	0.239	0.241	0.240
6.0	0.195	0.199	0.198	0.197	0.197
5.0	0.160	0.162	0.158	0.162	0.161
4.0	0.126	0.127	0.130	0.125	0.127
3.0	0.097	0.098	0.099	0.098	0.098
2.0	0.070	0.074	0.075	0.075	0.074
1.0	0.050	0.055	0.054	0.055	0.054
0.0	0.030	0.037	0.037	0.038	0.036
-1.0	-0.032	-0.040	-0.037	-0.039	-0.037
-2.0	-0.035	-0.031	-0.032	-0.031	-0.032
-3.0	-0.054	-0.034	-0.035	-0.035	-0.040
-4.0	-0.080	-0.053	-0.054	-0.054	-0.060
-5.0	-0.112	-0.081	-0.080	-0.079	-0.088
-6.0	-0.151	-0.114	-0.112	-0.133	-0.128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-7.0	-0.197	-0.150	-0.153	-0.151	-0.163
-8.0	-0.250	-0.198	-0.197	-0.200	-0.211
-9.0	-0.309	-0.250	-0.251	-0.253	-0.266
-10.0	-0.373	-0.307	-0.310	-0.310	-0.325
-11.0	-0.446	-0.371	-0.376	-0.371	-0.391
-12.0	-0.515	-0.437	-0.442	-0.441	-0.459
-13.0	-0.592	-0.512	-0.514	-0.519	-0.534
-14.0	-0.655	-0.589	-0.588	-0.589	-0.605
-15.0	-0.715	-0.658	-0.654	-0.660	-0.672
-16.0	-0.770	-0.717	-0.770	-0.722	-0.745
-17.0	-0.808	-0.769	-0.810	-0.770	-0.789
-18.0	-0.832	-0.806	-0.834	-0.808	-0.820
-19.0	-0.845	-0.831	-0.846	-0.834	-0.839
-20.0	-0.846	-0.843	-0.848	-0.846	-0.846
-21.0	-0.835	-0.845	-0.837	-0.848	-0.841
-22.0	-0.829	-0.841	-0.826	-0.844	-0.835



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและระยะแกนแอลวีดีที่ด้วยการวัดโดย NI USB-6008

4.5.3 การวัดความเป็นเชิงเส้นด้วยวิธีการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์เฉพาะของแอลวีดีที่

การวัดความเป็นเชิงเส้นด้วยวิธีการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์เฉพาะของแอลวีดีที่ ทำการวัด 4 ครั้งโดยเปลี่ยนระยะแกนทีละ 1 เซนติเมตร ทั้งหมด ± 21.5 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.3 และวัดแรงดันไฟฟ้า จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะแกนมาพลอตกราฟความสัมพันธ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

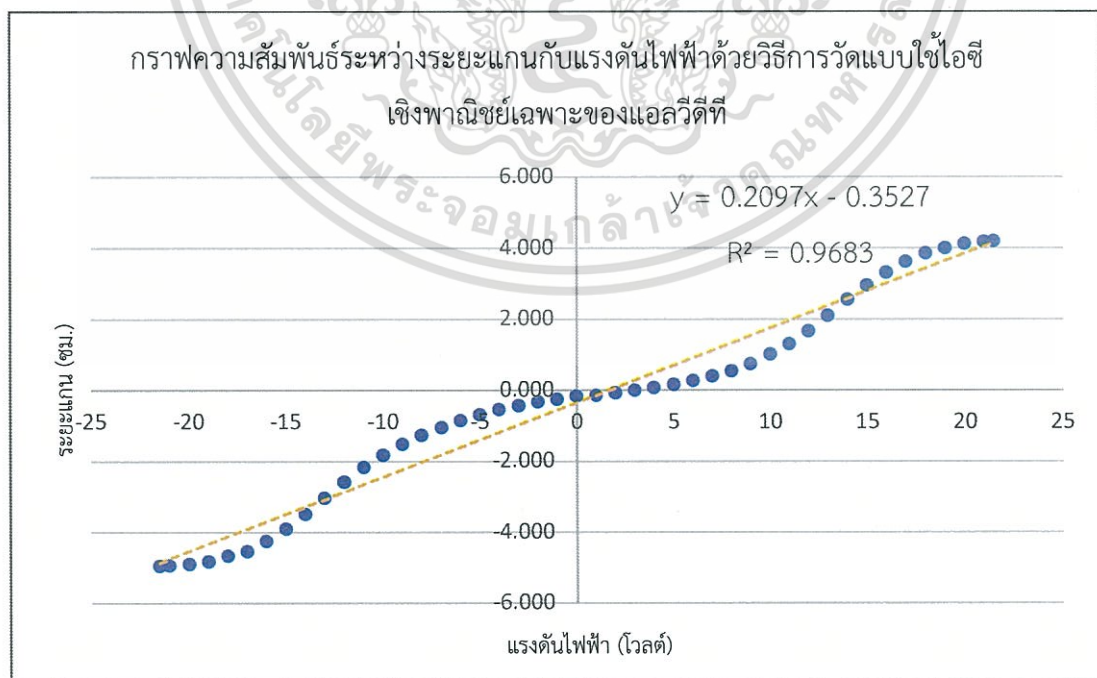
ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะของแกนแอลวีดีที่ พบว่า การวัดโดยใช้ไอซีมีค่าความเป็นเชิงเส้น 0.96 และแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง 0.209 โวลต์ต่อระยะแกนที่เปลี่ยนไป 1 เซนติเมตร ไม่มีช่วงของการไม่ตอบสนองของเอาต์พุตดังรูปที่ 4.21

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะแกนที่ใช้ไอซีเชิงพาณิชย์

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (โวลต์)				เฉลี่ย (โวลต์)
	1	2	3	4	
21.5	4.060	4.080	4.350	4.370	4.215
21.0	3.990	4.070	4.340	4.350	4.188
20.0	3.940	4.050	4.240	4.290	4.130
19.0	3.760	3.990	4.090	4.210	4.013
18.0	3.610	3.860	3.940	4.060	3.868
17.0	3.380	3.620	3.690	3.830	3.630
16.0	3.100	3.330	3.330	3.520	3.320
15.0	2.840	2.880	2.990	3.150	2.965
14.0	2.410	2.490	2.630	2.740	2.568
13.0	1.980	2.080	2.150	2.260	2.118
12.0	1.500	1.670	1.720	1.820	1.678
11.0	1.240	1.310	1.280	1.440	1.318
10.0	0.920	1.020	1.000	1.150	1.023
9.0	0.720	0.700	0.690	0.870	0.745
8.0	0.540	0.560	0.490	0.660	0.563
7.0	0.370	0.400	0.320	0.510	0.400
6.0	0.270	0.300	0.210	0.380	0.290
5.0	0.160	0.200	0.100	0.270	0.183
4.0	0.030	0.110	0.000	0.170	0.078
3.0	-0.070	0.040	-0.040	0.080	0.003
2.0	-0.130	-0.030	-0.110	0.000	-0.068
1.0	-0.190	-0.090	-0.180	-0.050	-0.128
0.0	-0.100	-0.170	-0.200	-0.130	-0.150
-1.0	-0.200	-0.230	-0.330	-0.200	-0.240
-2.0	-0.280	-0.300	-0.420	-0.250	-0.313
-3.0	-0.400	-0.400	-0.530	-0.340	-0.418
-4.0	-0.500	-0.530	-0.660	-0.450	-0.535
-5.0	-0.650	-0.640	-0.780	-0.620	-0.673

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (โวลต์)				เฉลี่ย (โวลต์)
	1	2	3	4	
-6.0	-0.820	-0.800	-0.940	-0.780	-0.835
-7.0	-1.020	-0.990	-1.110	-1.000	-1.030
-8.0	-1.270	-1.210	-1.330	-1.220	-1.258
-9.0	-1.510	-1.420	-1.580	-1.500	-1.503
-10.0	-1.820	-1.730	-1.900	-1.840	-1.823
-11.0	-2.160	-2.080	-2.250	-2.150	-2.160
-12.0	-2.540	-2.500	-2.680	-2.610	-2.583
-13.0	-2.990	-2.900	-3.130	-3.080	-3.025
-14.0	-3.460	-3.360	-3.560	-3.550	-3.483
-15.0	-3.850	-3.770	-3.960	-3.990	-3.893
-16.0	-4.190	-4.140	-4.330	-4.320	-4.245
-17.0	-4.480	-4.390	-4.650	-4.640	-4.540
-18.0	-4.660	-4.600	-4.700	-4.700	-4.665
-19.0	-4.770	-4.730	-4.860	-4.900	-4.815
-20.0	-4.860	-4.800	-4.920	-5.000	-4.895
-21.0	-4.890	-4.820	-4.950	-5.090	-4.938
-21.5	-4.910	-4.830	-4.920	-5.140	-4.950



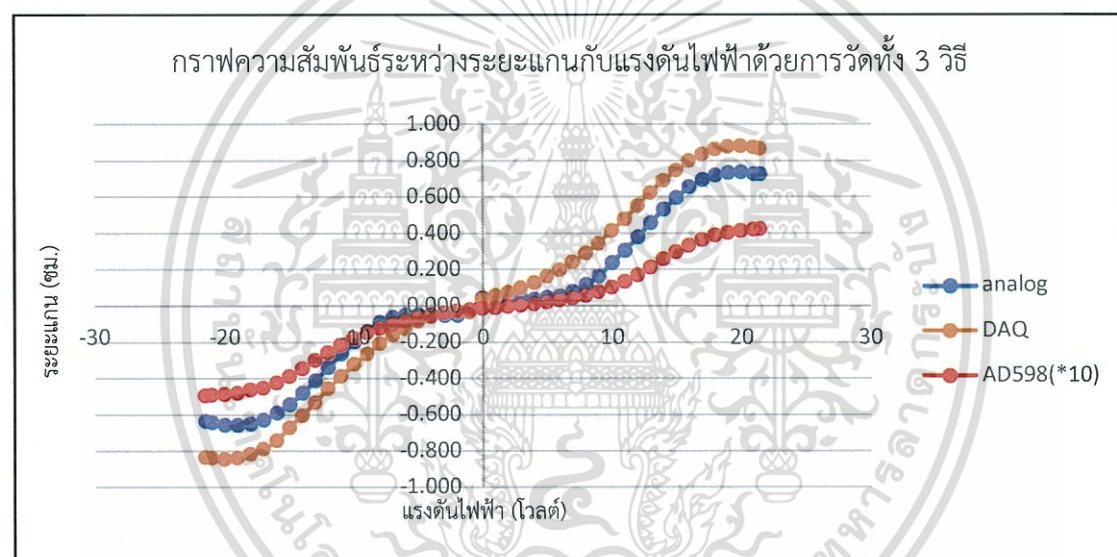
รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะของแกนด้วยวิธีการวัดแบบใช้ไอซีเชิงพาณิชย์เฉพาะของแอลวีดีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองแอลวีดีทีที่ใช้การวัดทั้งสามแบบ เห็นได้ว่าแต่ละวิธีมีผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 และกราฟเปรียบเทียบความเป็นเชิงเส้นของการวัดทั้ง 3 แบบรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้ของทั้ง 3 วิธี

วิธีการวัด	SENSITIVITY (V/cm)	R - square	ช่วงไม่ตอบสนอง (cm)
1. วงจรแอนะล็อก	0.030	0.95	-5 ถึง +4
2. DAQ ร่วมกับ LabVIEW	0.042	0.98	-2 ถึง 0
3. ไอซี AD598	0.209	0.96	-



รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะแกนเปรียบเทียบการวัดทั้งสามวิธี

4.6 การสร้างแบบการทดลองเพื่อใช้ในการศึกษาชุดการทดลองแอลวีดีที

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

1. การทดลองแอลวีดีทีโดยใช้วงจรแอนะล็อก
2. การทดลองแอลวีดีทีโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ NI USB-6008 (DAQ)
3. การทดลองแอลวีดีทีโดยใช้ไอซีเชิงพาณิชย์ (AD598)

ตอนที่ 1

1. ทดลองวัดสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตจากกล่องวงจรวัดแบบแอนะล็อก
2. หาความเป็นเชิงเส้นระหว่างแรงดันไฟฟ้าและระยะของแกน

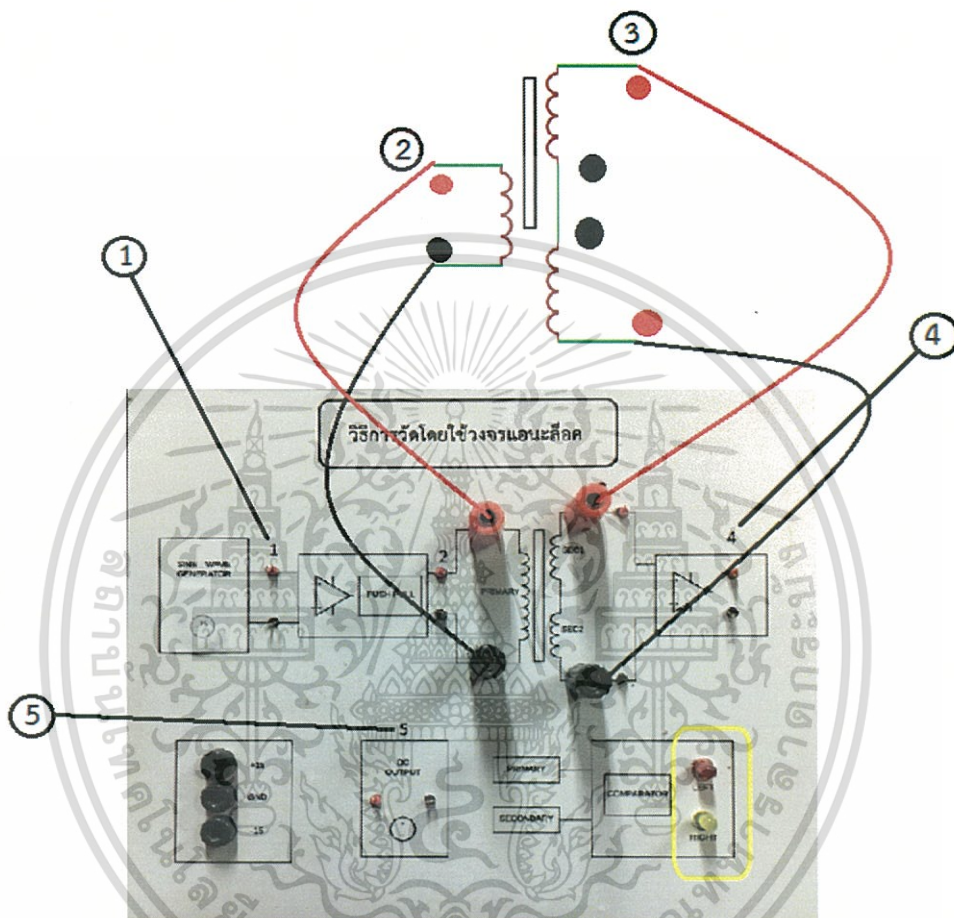
จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของแอลวีดีที
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรแอนะล็อกที่ใช้ปรับแต่งสัญญาณ

อุปกรณ์ที่ใช้

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)
2. กล่องชุดการทดลองการวัดแบบใช้วงจรแอนะล็อก
3. แอลวีดีที

วิธีการทดลอง



รูปที่ 4.24 แสดงกล่องวงจรแอนะล็อก และการเชื่อมสายกับแอลวีดีที

1. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้า ขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิกับกล่องชุดการทดลอง
2. โดยใช้ออสซิลโลสโคปสังเกตสัญญาณโดย CH 1 สังเกตสัญญาณ V (Pk-Pk) และ Frequency จากเอาต์พุตของวงจร SINE GENERATOR (จุดที่ 1) และ CH2 สังเกตสัญญาณ V และ Frequency จากเอาต์พุตของวงจรขยายและวงจรพวซ-พวล (จุดที่ 2) สังเกตและบันทึกสัญญาณ
3. ใช้ออสซิลโลสโคปสังเกตสัญญาณ โดย CH1 วัด V (Pk-Pk), Frequency ที่จุด 2 และใช้ CH2 สังเกตสัญญาณที่จุด 3 วัด V (Pk-Pk), Frequency พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ
4. ใช้ออสซิลโลสโคปสังเกตสัญญาณ โดย CH1 วัด V (Pk-Pk), Frequency ที่จุด 3 และใช้ CH2 สังเกตสัญญาณที่จุด 4 วัด V (Pk-Pk), Frequency พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ
5. ใช้ออสซิลโลสโคปสังเกตสัญญาณ โดย CH1 วัด V (Pk-Pk), Frequency ที่จุด 4 และใช้ CH2 สังเกตสัญญาณที่จุด 5 วัด V (Pk-Pk), Frequency พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารใช้ CH2 สังเกตสัญญาณที่จุด 5 วัด V (Pk-Pk), Frequency พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด 5 โดยวัด V (Pk-Pk) พร้อมทั้งขยับให้แกนอยู่ตรงกลางและเลื่อนขดลวดปฐมภูมิให้แรงดันไฟฟ้าที่จุด 5 มีค่าน้อยที่สุด จากนั้นค่อยๆเลื่อนแกนแอลวีดีทีที่ละ 1 เซนติเมตรพร้อมทั้งบันทึกค่าแรงดันเอาต์พุตที่ออสซิลโลสโคปทุกๆ 1 เซนติเมตร ไปจนถึง 21.5 เซนติเมตร ทั้งฝั่ง V_A และ V_B โดยกำหนดให้ฝั่ง V_B มีค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ และบันทึกค่าลงในตาราง
7. สังเกตไฟแอลอีดีเมื่อแกนอยู่ฝั่ง V_A และ ฝั่ง V_B
8. พล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของแกนกับแรงดันไฟฟ้า หา Slope ของกราฟ พร้อมทั้งหาค่า R-square

ตารางที่ 4.5 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อระยะแกนแอลวีดีทีเปลี่ยนไปด้วยวงจรแอนะล็อก

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จุด 5 (โวลต์)			เฉลี่ย (โวลต์)
	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	
21.5				
21				
20				
19				
18				
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จุด 5 (โวลต์)			เฉลี่ย (โวลต์)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				
-9				
-10				
-11				
-12				
-13				
-14				
-15				
-16				
-17				
-18				
-19				
-20				
-21				
-21.5				

ตอนที่ 2

1. ทดลองวัดสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตจากกล่องการทดลองด้วยวิธีการใช้ NI USB-6008
2. การใช้โปรแกรมแลปวิวเพื่อแสดงผลสัญญาณและพารามิเตอร์ต่างๆ
3. หาค่าความเป็นเชิงเส้นระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะแกนแอลวีดีที่

จุดประสงค์การทดลอง

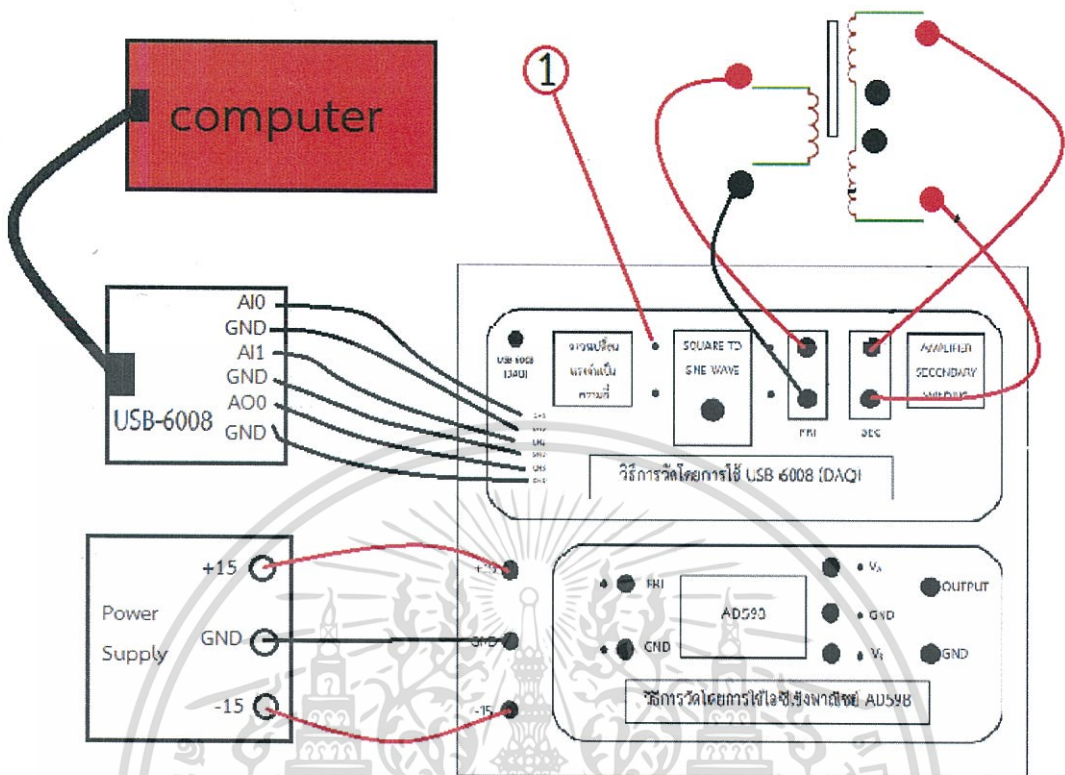
1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของแอลวีดีที่
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรรอแนะล๊อคที่ใช้ปรับแต่งสัญญาณ
3. เพื่อศึกษาการใช้อุปกรณ์ NI USB-6008 และโปรแกรมแลปวิว

อุปกรณ์ที่ใช้

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)
2. กล่องชุดการทดลองการวัดแบบใช้ NI USB-6008
3. แอลวีดีที่
4. USB-6008 (DAQ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง



รูปที่ 4.25 แสดงการเชื่อมต่อสายของวงจรแอนะล็อกที่ใช้ร่วมกับ DAQ และโปรแกรม LabVIEW กับ แอลวีดีที

1. ต่อ USB-6008 ลงกล่องการทดลองโดยที่
CH1 ต่อกับ AI0
CH2 ต่อกับ AI1
CH3 ต่อกับ AO0
2. เชื่อมต่อ USB-6008 เข้ากับคอมพิวเตอร์และเปิดไฟล์ LVDT TRAINER KIT เมื่อหน้า Front Panel ขึ้น ให้กด RUN ที่มุมด้านซ้าย
3. ปรับสัญญาณและ offset ให้เห็นสัญญาณชัดเจนโดยใช้ Knob ที่อยู่บนหน้าจอ Front Panel ให้เห็นสัญญาณชัดเจน
4. สังเกตสัญญาณและไฟแสดงผลเมื่อเลื่อนแกนแอลวีดีทีไปทาง V_a 21.5 เซนติเมตรและ V_b 21.5 เซนติเมตร พร้อมทั้งบันทึกสัญญาณที่ปุ่ม save image ที่หน้าฟรอนพานเนล
5. เลื่อนแกนไปที่จุดกึ่งกลาง และขยับขดลวดปฐมภูมิให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ DC Voltage บนหน้าจอมีค่าน้อยสุด
6. เลื่อนแกนมาทาง V_A ทีละ 1 เซนติเมตรจนถึง 21.5 เซนติเมตร พร้อมบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่แสดงในหน้าฟรอนพานเนลลงตาราง
7. เลื่อนแกนกลับมาจุดกึ่งกลาง จากนั้นเลื่อนแกนไปทาง V_B ทีละ 1 เซนติเมตรจนถึง -21.5 เซนติเมตร พร้อมทั้งบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่แสดงหน้าฟรอนพานเนลลงตารางโดยกำหนดให้ค่าแรงดันฝั่ง V_B ติดลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับระยะแกนแอลวีดีทีที่เปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งหาค่าหาความชันของกราฟพร้อมทั้งค่า R-square

ตารางที่ 4.6 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อระยะแกนแอลวีดีทีเปลี่ยนไปด้วย LabVIEW และ DAQ

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์)			เฉลี่ย (โวลต์)
	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	
21.5				
21				
20				
19				
18				
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์)			เฉลี่ย (โวลต์)
	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	
-8				
-9				
-10				
-11				
-12				
-13				
-14				
-15				
-16				
-17				
-18				
-19				
-20				
-21				
-21.5				

ตอนที่ 3

1. ทดลองวัดสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตจากกล่องการทดลองด้วยวิธีการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์
2. หาความเป็นเชิงเส้นระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับระยะแกนแวลวดีตี

จุดประสงค์การทดลอง

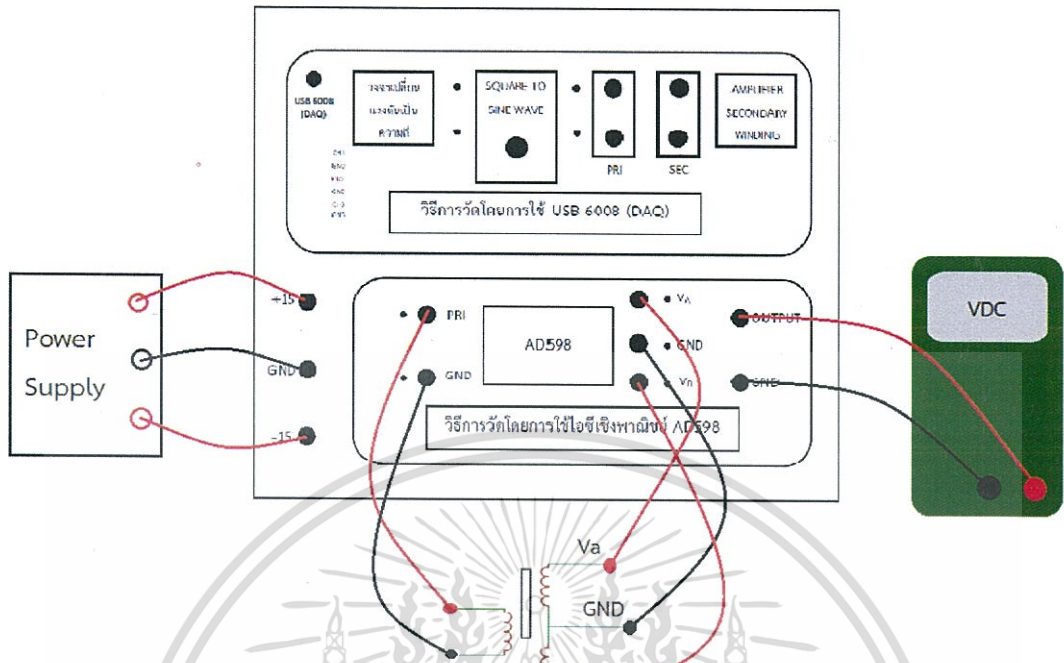
1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของแวลวดีตี
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของไอซีเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์ที่ใช้

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)
2. กล่องชุดการทดลองการวัดแบบใช้ไอซีเชิงพาณิชย์
3. แวลวดีตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง



รูปที่ 4.26 แสดงการเชื่อมต่อของวงจรไอซีเชิงพาณิชย์กับแอลวีดีที

1. ต่อแหล่งจ่ายไฟ และแอลวีดีทีเข้ากับกล่องการทดลองด้วยวิธีการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์ ดังรูปที่ 3.1
2. ใช้ข้อสซิลโลสโคปสังเกตสัญญาณโดย CH 1 สังเกตสัญญาณอินพุตของขดลวดปฐมภูมิ พร้อมทั้งวัด V (Pk-Pk) , Frequency และ CH 2 สังเกตสัญญาณที่ขดลวดทุติยภูมิ จุด V_A พร้อมทั้งวัด V (Pk-Pk) , Frequency บันทึกรูปสัญญาณ
3. ใช้ข้อสซิลโลสโคปสังเกตสัญญาณโดย CH 1 สังเกตสัญญาณที่จุด V พร้อมทั้งวัด V (Pk-Pk) , Frequency และ CH 2 สังเกตสัญญาณที่จุด V_B พร้อมทั้งวัด V (Pk-Pk) Frequency บันทึกรูปสัญญาณ
4. เลื่อนแกนไปที่จุดกึ่งกลางและขยับขดลวดปฐมภูมิให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่มิเตอร์มีค่าน้อยสุด
5. เลื่อนแกนมาทาง V_A ทีละ 1 เซนติเมตร จนถึง 21.5 เซนติเมตร พร้อมบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงลงตาราง
6. เลื่อนแกนกลับมาจุดกึ่งกลาง จากนั้นเลื่อนแกนไปทาง V_B ทีละ 1 เซนติเมตรจนถึง - 21.5 เซนติเมตร พร้อมทั้งบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงลงตาราง
7. วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตกับระยะแกนแอลวีดีทีที่เปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งหาค่าหาความชันของกราฟพร้อมทั้งค่า R-square

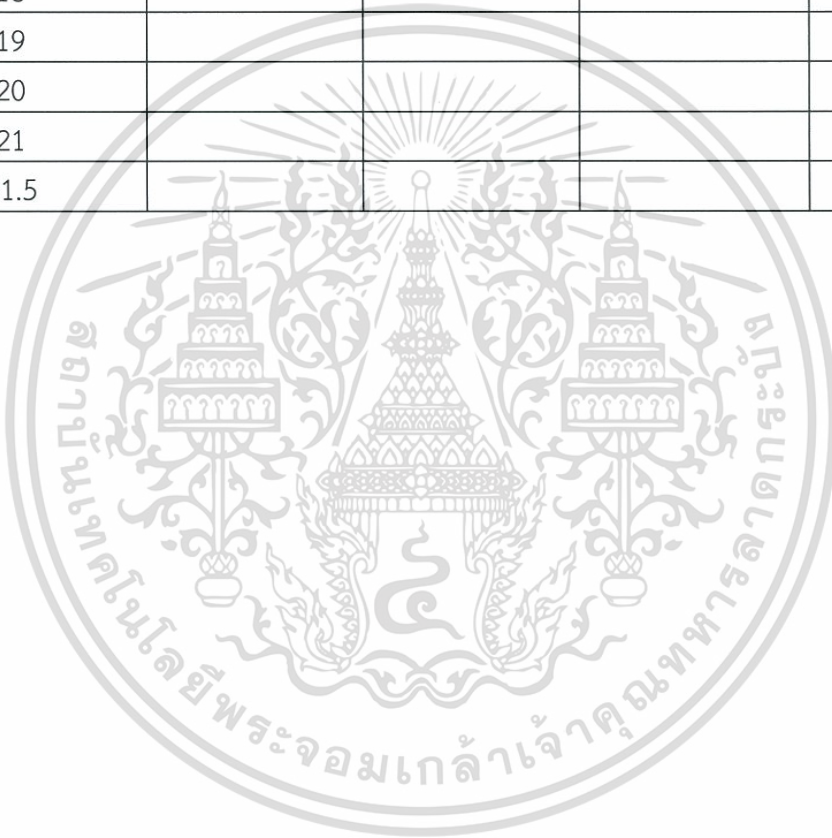
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การทดลองวัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อระยะแกนแอลวีดีที่เปลี่ยนไปด้วยไอซีเชิงพาณิชย์

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์)			เฉลี่ย (โวลต์)
	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	
21.5				
21				
20				
19				
18				
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				
-9				
-10				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะแกน (ซม.)	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์)			เฉลี่ย (โวลต์)
	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	
-11				
-12				
-13				
-14				
-15				
-16				
-17				
-18				
-19				
-20				
-21				
-21.5				



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและขอเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองการวัดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าเมื่อระยะแกนแอลวีดีที่เปลี่ยนไปด้วยวิธีการวัดทั้ง 3 แบบ นั่นคือ หนึ่งการทดลองวัดด้วยการใช้วงจรแอนะล็อก สองการทดลองวัดด้วยการใช้ DAQ ประมวลผลร่วมกับแล็บวิว และสุดท้ายคือการทดลองวัดด้วยการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์สำหรับวิเคราะห์ผลแอลวีดีที่โดยเฉพาะ พบว่าการใช้โปรแกรมในการวัดมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุด คือมีความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 0.98 และมีช่วงที่ไม่ตอบสนอง (dead zone) คือ -2 ถึง 0 ส่วนในการวัดด้วยการใช้ไอซีเชิงพาณิชย์มีความเป็นเชิงเส้นรองลงมา คือมีความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 0.96 แต่ไม่มีช่วงที่แอลวีดีที่ไม่ตอบสนอง และสุดท้ายคือวิธีการวัดด้วยวงจรแอนะล็อกที่มีความเป็นเชิงเส้นน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าความเป็นเชิงเส้นเท่ากับ 0.95 จากที่ระยะ -5 ถึง +4 เซนติเมตรเกิดช่วงการไม่ตอบสนองของเอาต์พุต

5.2 ขอเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่า การวัดค่าความเปลี่ยนแปลงแรงดันจากระยะแกนที่เปลี่ยนไปจำเป็นต้องจัดชุดลดป้อนภูมิและชุดลดทุดิภูมิให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางที่มีแรงดันไฟฟ้าน้อยที่สุดก่อนการวัดเสมอ เพื่อให้สามารถวัดระยะได้เต็มสเกลแกนและมีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] ภูมิชนะ เกิดพงษ์. 2555. การวัดผลกับการประเมินคืออะไร. [Online]. Available : <https://www.gotoknow.org/posts/181202>
- [2] Ponpe INSTRUMENTS (นามแฝง). 2016. หลักการเลือกเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม. [Online]. Available : <https://www.ponpe.com/tech/257หลักของการเลือกซื้อเครื่องมือวัดในอุตสาหกรรม>
- [3] นวกัฑรา และทวีพล. 2555. การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.
- [4] Technical Editor (นามแฝง). 7 Jun 2017. Advantages, disadvantages and applications of linear variable differential transformer (LVDT). [Online]. Available : <http://www.polytechnichub.com/advantages-disadvantages-applications-linear-variable-differential-transformer-lvdt>
- [5] นรินทร์ สุวรรรัตน์. กฎของฟาราเดย์. [Online]. Available : <http://www.electron.Rmutphysics.com/physics/charud/scibook/electronic-physics2/PDF/chap6.pdf>
- [6] วิจิต วรรณเลิศลักษณ์. 2560. กฎของฟาราเดย์. [Online]. Available : <http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7238-2017-06-11-14-17-45>
- [7] Elect Technical. 2014. การหาความซึมซับทางแม่เหล็กของแกน (Relative Magnetic Permeability) และความเหนี่ยวนำด้วยวิธีรีโซแนนซ์ (Resonance Method). [Online]. Available : <http://electtechnical.blogspot.com/2015/12/relative-magnetic-permeability.html>
- [8] Vester (นามแฝง). 2552. ทฤษฎีของหม้อแปลง. [Online]. Available : <http://oknation.nationtv.tv/blog/sorawee46210625/2009/08/31/entry-6>
- [9] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และผศ.ดร.นวกัฑรา หนูนาค. 2555. ทรานสดิวส์เซอร์. [Online]. Available : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4341/transducer>
- [10] ผศ.ดร.นวกัฑรา หนูนาค. 2555. displacement measurement / การวัดระยะทางและระยะกระจัด. [Online]. Available : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7239/displacement-measurement>
- [11] ผศ.ดร.นวกัฑรา หนูนาค. 2555. LVDT / ทรานสดิวเซอร์ชนิดเปลี่ยนแปลงความเหนี่ยวนำแบบเชิงเส้น. [Online]. Available : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7314/lvdt>
- [12] นรินทร์ เนาวประทีป. ฟิสิกส์เซนต์เตอร์. 2531. ออปแอมป์.
- [13] พันธุ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2545. ทฤษฎี วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1. วงจรอิเล็กทรอนิกส์และการออกแบบ. บทที่ 2 การใช้งานไดโอด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [14] นายทรงวุฒิ หล้าขอด และนายพิพัฒน์ แซ่โค้ว. 2557. เครื่องวัดพลังงานโดยใช้ DAQ ทำงานร่วมกับ LabVIEW.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

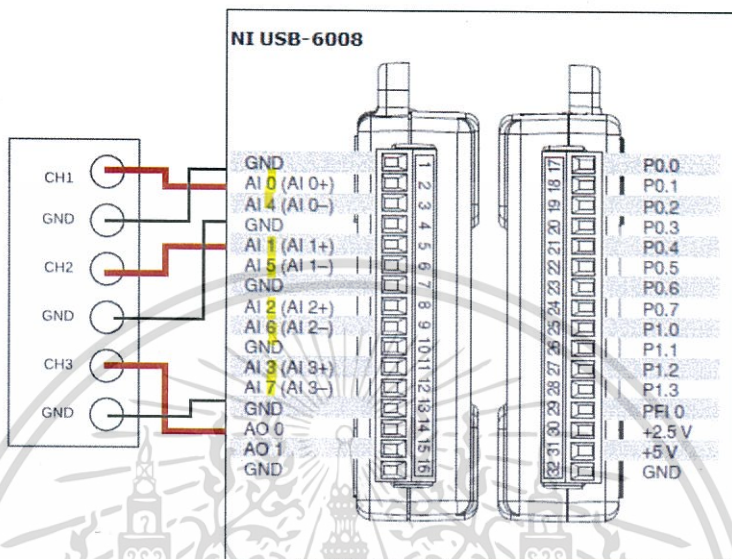


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

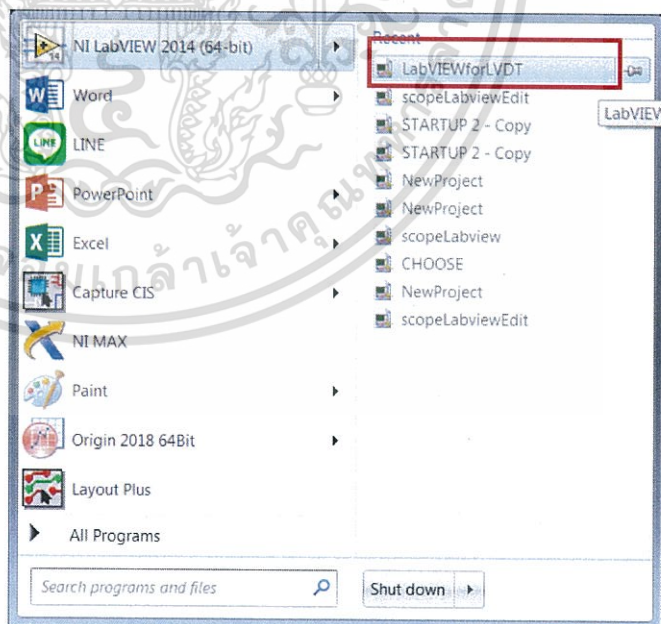
ภาคผนวก ก

การใช้งานโปรแกรม LabVIEW และ DAQ

1. เชื่อมต่อพอร์ตของ USB-6008 กับกล่องวงจรดังนี้

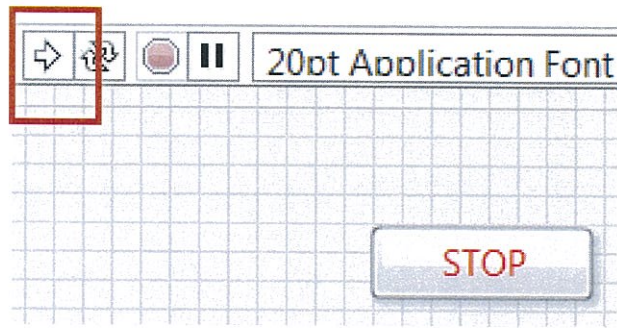


2. เปิดโปรแกรม LabVIEW โดยเลือกไฟล์ LabVIEW for LVDT

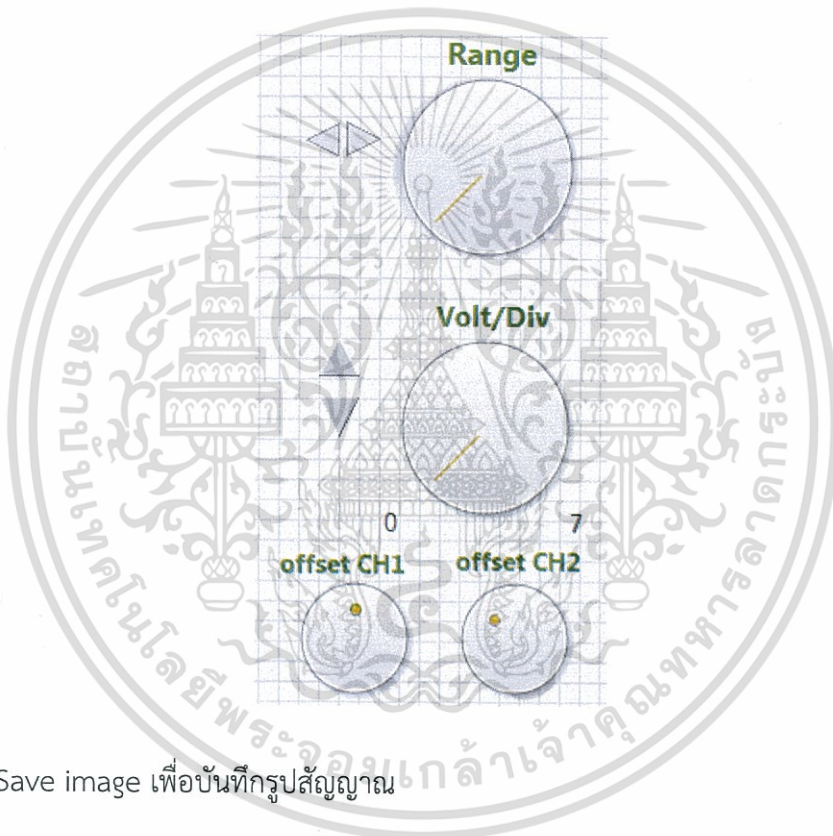


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดปุ่ม RUN เพื่อเริ่มการทำงาน



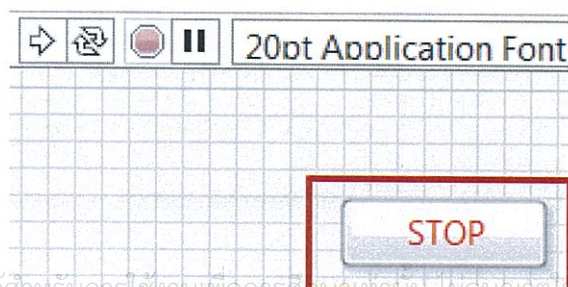
4. หมุน Knob เพื่อปรับ offset



5. กดปุ่ม Save image เพื่อบันทึกรูปสัญญาณ



6. กดปุ่ม STOP เพื่อหยุดการทำงาน





งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ข้าพเจ้า นางสาวปริญฉัตร ภูมรินทร์ รหัสประจำตัว 57050943

นางสาวชนัญญา พรเศรษฐฉัตร รหัสประจำตัว 57050945

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์

ขอรับรองว่าโครงการพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทยชุดงานทดลองแลวลวดที่.....

ชื่อภาษาอังกฤษLVDT Trainer Kit.....

ปีการศึกษา 2560

เป็นผลงานวิจัยที่มีได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่น และได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อน
เรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่ม
โครงการพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักษรวินิจฉัย 1.68% หรือโปรแกรม Turnitin%

ลงชื่อ.....ปริญฉัตร ภูมรินทร์..... ลงชื่อ.....ชนัญญา พรเศรษฐฉัตร.....
(นางสาวปริญฉัตร ภูมรินทร์) (นางสาวชนัญญา พรเศรษฐฉัตร)

ข้าพเจ้า ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงการพิเศษ ของ
นักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้
เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....

(ดร.ภาณุพล โขลนกระโทก)

อาจารย์ที่ปรึกษา