ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

Sensor and Transducer Training

ชื่อนักศึกษา นายวรพงษ์ ขยันตรวจ รหัสประจำตัว 44035458

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	.....
2. อาจารย์อำพล ทองระอา	.....
3. อาจารย์สุระชัย พิมพ์สาลี	.....
4. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	.....
5. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 20 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2546

<BT4503162>

ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

SENSOR AND TRANSDUCER TRAINING

นายวรพงษ์ ขยันตรวจ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48311
วัน, เดือน, ปี 10 ต.ค. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

Sensor And Transducer Training

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
2) เพื่อออกแบบวงจรชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์พร้อมทั้งใบงานกาทดลอง
3) เพื่อสร้างชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4) เพื่อทดลองใช้งานชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ พร้อมใบงานเพื่อหาข้อบกพร่องและทำการแก้ไขเพื่อนำชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์พร้อมทั้งใบงานการทดลองไปใช้จริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) มีความรู้เกี่ยวหลักการทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
2) มีวงจรชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์พร้อมใบงานการทดลอง
3) มีเครื่องต้นแบบของชุดปฏิบัติการ และใบงานประกอบการทดลอง
4) เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชุดปฏิบัติการและใบงานการทดลอง
5) นำชุดปฏิบัติการและใบงานการทดลองที่ได้ ไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
นักศึกษา	นายวรพงษ์ ขยันตรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอโครงงานชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ซึ่งประกอบด้วยโมดูลการแปลงกระแสเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนเป็นกระแสไฟฟ้า โมดูลการแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนเป็นความถี่โมดูลการตรวจวัดความดัน โมดูลการตรวจจับแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Sensor And Transducer Training
Students	Mr.Vorapong Kayantruad
Advisor	Mr.Teerapon Tephudsadin na ayuttaya
Co-Advisor	Mr.Surapong Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Industrial Instrument Technology
Acadamic Year	2002

ABSTRACT

This thesis presents sensor and transducer kit. It's consist of module for change the current to voltage, module for change voltage to current module for change the frequency to voltage, module for change voltage to frequency, module to probe the pressure, module to probe.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงได้ เนื่องจากให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านอุปกรณ์จากภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม การให้คำปรึกษา คำแนะนำจากอาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมโดยเฉพาะอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนมาในอดีต ขอขอบคุณบริษัทเทคโนโลยีไทยอินสตรูเมนท์ บริษัทไฟฟ้าอุตสาหกรรม บริษัทแสงชัยมิเตอร์ และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ และเครื่องมือ ซึ่งบุคคลที่มีความสำคัญที่สุดที่ทำให้ได้มีวันนี้ ทั้งในด้านการศึกษา และด้านกำลังใจมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คือ บิดามารดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 การแปลงกระแสเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	4
2.3 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	5
2.4 เซนเซอร์ตรวจจับแก๊ส	7
2.4.1 แก๊สที่มีความสำคัญต่อมนุษย์	7
2.4.2 หลักการตรวจวัดแก๊สแบบต่างๆ	8
2.4.3 หลักการวัดออกซิเจนโดยอาศัยหลักการของเซอร์โคเนีย	10
2.4.4 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกตุ่มแกว่ง	12
2.4.5 หลักการวัดแก๊สในกระบวนการโครมาโตกราฟ	14
2.5 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน	15
2.5.1 ความดันและรูปแบบของความดัน	15
2.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดัน	18
2.5.3 บูร์ดอง	22
2.5.4 ไดอะแฟรม	24
2.5.5 สวิตซ์ความดัน	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.6 ชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความจุ	25
2.5.7 เบลโลว์	25
2.6 วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่	27
2.7 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	28
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	29
3.1 โมดูลภาคจ่ายไฟ	29
3.1.1 ขั้นตอนการออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ	29
3.2 การแปลงแรงเคลื่อนเป็นสัญญาณความถี่	33
3.2.1 การปรับแต่งแรงเคลื่อนเป็นสัญญาณความถี่	33
3.3 การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	34
3.3.1 การปรับแต่งสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	35
3.4 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	35
3.4.1 การปรับแต่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	36
3.5 การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	36
3.5.1 การปรับแต่งกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	36
3.6 โมดูลการตรวจวัดความดัน	37
3.6.1 การปรับแต่งการตรวจวัดความดัน	37
3.7 โมดูลการตรวจจับแก๊ส	38
3.7.1 การปรับแต่งการตรวจจับแก๊ส	39
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	40
4.1 การทดรองโมดูลภาคจ่ายไฟ	40
4.2 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่	41
4.2.1 อินพุตแรงเคลื่อน	41
4.2.2 อินพุต 1.2 V	42
4.2.3 อินพุต 2 V	42
4.2.4 อินพุต 4 V	43
4.2.5 อินพุต 5 V	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.6 อินพุต 7 V	44
4.2.7 อินพุต 10 V	44
4.2.8 อินพุต 12 V	45
4.3 การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	45
4.3.1 อินพุต 500 Hz	46
4.3.2 อินพุต 1 KHz	46
4.3.3 อินพุต 5 KHz	47
4.3.4 อินพุต 7.4 KHz	47
4.3.5 อินพุต 10 KHz	48
4.3.6 อินพุต 12 KHz	48
4.3.7 อินพุต 12.5 KHz	49
4.3.8 อินพุต 14.29 KHz	49
4.3.9 อินพุต 16.67 KHz	50
4.3.10 อินพุต 20 KHz	50
4.4 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	51
4.5 การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	52
4.6 โมดูลการตรวจวัดความดัน	54
4.7 โมดูลการตรวจจับแก๊ส	55
4.7.1 เงื่อนไขการทดสอบ	56
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	58
5.1 บทสรุป	58
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน	58
5.3 แนวทางแก้ไข และพัฒนา	58
5.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	59
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	60
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ค แผนผังการทำงาน	69
ภาคผนวก ง ใบงานการทดลอง	71
ภาคผนวก จ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	103
บรรณานุกรม	114
ประวัติผู้แต่ง	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของมาโนมิเตอร์	22
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	51
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	53
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองโมดูลการตรวจวัดความดัน	54
ตารางที่ ง.1 ผลการทดลองวงจรโมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่	74
ตารางที่ ง.2 ผลการทดลองวงจรการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	78
ตารางที่ ง.3 ผลการทดลองการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	83
ตารางที่ ง.4 ผลการทดลองการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	88
ตารางที่ ง.5 การกำหนดขา MPX 10	93
ตารางที่ ง.6 ผลการทดลองวงจรการตรวจวัดความดัน	94
ตารางที่ ง.7 การตรวจจับแก๊ส	100
ตารางที่ ง.8 การเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบการวัดโดยทั่วไป	3
รูปที่ 2.2 การแปลงกระแสเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	4
รูปที่ 2.3 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสแบบง่าย	5
รูปที่ 2.4 การขยายกระแสในการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแส	6
รูปที่ 2.5 ออฟเซตของวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแส	7
รูปที่ 2.6 หลักการวัดค่าออกซิเจนที่ถูกละลายแบบเซลล์ของคลาร์ค	9
รูปที่ 2.7 หลักการวัดค่าออกซิเจนแบบเซอร์โคเนีย	10
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของส่วนประกอบภายในหัวเซนเซอร์แก๊ส	11
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของหัวเซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน	12
รูปที่ 2.10 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกตุ้มแกว่ง	12
รูปที่ 2.11 การวัดแก๊สในกระบวนการแบบโครมาโตกราฟ	14
รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของย่านวัดความดัน	17
รูปที่ 2.13 มาโนมิเตอร์รูปตัว U	18
รูปที่ 2.14 มาโนมิเตอร์รูปตัว U1	19
รูปที่ 2.15 มาโนมิเตอร์แบบเวลล์	20
รูปที่ 2.16 มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง	21
รูปที่ 2.17 บูร์ดองแบบรูปตัว C	23
รูปที่ 2.18 บูร์ดองแบบขดซ้อน	24
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรม	25
รูปที่ 2.20 เบลโลว์	26
รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่	27
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่	27
รูปที่ 2.23 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	28
รูปที่ 2.24 การต่อใช้งานของวงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	28
รูปที่ 3.1 วงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 7805	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.2 ตัวเก็บประจุ C_3และ C_4ต่อไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน	30
รูปที่ 3.3 วงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 7812	30
รูปที่ 3.4 วงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 7912	31
รูปที่ 3.5 วงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 7815	31
รูปที่ 3.6 วงจรเร็กกูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 7915	31
รูปที่ 3.7 วงจรรวมแหล่งจ่าย	32
รูปที่ 3.8 ไฟเลี้ยงวงจรขนาด +15 V และ –15 V	33
รูปที่ 3.9 การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าไฟฟ้า	34
รูปที่ 3.10 การแปลงแรงเคลื่อนเป็นกระแส	35
รูปที่ 3.11 การแปลงกระแสเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	36
รูปที่ 3.12 เซนเซอร์แบบรวมชุด รุ่น MPX10	37
รูปที่ 3.13 วงจรการตรวจจับแก๊ส	38
รูปที่ 3.14 โมดูลการตรวจจับแก๊ส	39
รูปที่ 4.1 โมดูลภาคจ่ายไฟ	40
รูปที่ 4.2 โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่	41
รูปที่ 4.3 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 400 mv	41
รูปที่ 4.4 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 12 v	42
รูปที่ 4.5 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 2 v	42
รูปที่ 4.6 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 4 v	43
รูปที่ 4.7 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 5 v	43
รูปที่ 4.8 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 7 v	44
รูปที่ 4.9 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 10 v	44
รูปที่ 4.10 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนอินพุต แรงเคลื่อน 12 v	45
รูปที่ 4.11 โมดูลการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	45
รูปที่ 4.12 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 500 Hz	46
รูปที่ 4.13 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 1 KHz	46
รูปที่ 4.14 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 5 KHz	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.15 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 7.4 KHz	47
รูปที่ 4.16 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 10 KHz	48
รูปที่ 4.17 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 12 KHz	48
รูปที่ 4.18 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 12.5 KHz	49
รูปที่ 4.19 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 14.29 KHz	49
รูปที่ 4.20 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 16.67 KHz	50
รูปที่ 4.21 เอาต์พุตแรงเคลื่อนที่สัญญาณความถี่อินพุต 20 KHz	50
รูปที่ 4.22 โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแส	51
รูปที่ 4.23 กราฟการเปลี่ยนแปลงผลการทดลองการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	52
รูปที่ 4.24 โมดูลการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	52
รูปที่ 4.25 กราฟการเปลี่ยนแปลงผลการทดลองการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	53
รูปที่ 4.26 โมดูลการตรวจวัดความดัน	54
รูปที่ 4.27 กราฟการเปลี่ยนแปลงผลการทดลองโมดูลการตรวจวัดความดัน	55
รูปที่ 4.28 วงจรการตรวจจับแก๊ส	56
รูปที่ 4.29 โมดูลการตรวจจับแก๊ส	56
รูปที่ ก.1 โมดูลแปลงสัญญาณ	61
รูปที่ ก.2 โมดูลเซนเซอร์แก๊ส	61
รูปที่ ก.3 โมดูลการวัดความดัน	62
รูปที่ ก.4 ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์	62
รูปที่ ข.1 วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	64
รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	64
รูปที่ ข.3 อุปกรณ์วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	64
รูปที่ ข.4 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	65
รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	65
รูปที่ ข.6 อุปกรณ์วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	65
รูปที่ ข.7 วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่	66
รูปที่ ข.9 อุปกรณ์วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่	67
รูปที่ ข.10 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	67
รูปที่ ข.11 แผ่นวงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	68
รูปที่ ข.12 อุปกรณ์วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	68
รูปที่ ค.1 ผังการทำงาน	70
รูปที่ ง.1 แผนผังไดอะแกรมวงจรการทำงานภายในไอซี เบอร์ LM331	72
รูปที่ ง.2 วงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่	73
รูปที่ ง.3 แผนผังไดอะแกรมวงจรการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าทำงาน ภายในไอซี เบอร์ LM331	77
รูปที่ ง.4 วงจรการแปลงสัญญาณความถี่แรงเคลื่อนไฟฟ้า	77
รูปที่ ง.5 วงจรการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	82
รูปที่ ง.6 วงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	87
รูปที่ ง.7 โครงสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุด รุ่น MPX 10	92
รูปที่ ง.8 วงจรของอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุด รุ่น MPX 10	93
รูปที่ ง.9 ตำแหน่งขาเซนเซอร์แก๊ส	98
รูปที่ ง.10 วงจรเบื้องต้นเซนเซอร์แก๊ส	98
รูปที่ ง.11 การตรวจจับแก๊ส	100
รูปที่ ง.12 วงจรการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันการทำงานภายในโรงงานอุตสาหกรรม ได้มีการนำเอาอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์มาใช้ในระบบควบคุมทางอุตสาหกรรม ให้เป็นไปโดยอัตโนมัติ ทำให้กระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ยิ่งในปัจจุบันได้มี การผลิตอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ให้มีขนาดเล็กลงและประสิทธิภาพการทำงานสูง ทำให้การทำงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปการทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดและการควบคุมปริมาณทางฟิสิกส์ ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรมอันได้แก่ ความดัน ระยะทาง ความชื้น เป็นต้น การวัดค่าเหล่านี้ต้องมีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง เพราะถ้าหากมีการผิดพลาดอาจก่อให้เกิดผลเสียหายต่อกระบวนการการทำงานของระบบได้

ดังนั้นในสถาบันการศึกษาได้มีการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับอุปกรณ์ เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ขึ้น จึงมีแนวคิดที่จะสร้าง ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์พร้อมด้วยใบงานเพื่อใช้ในการทดลองประกอบการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้มีทักษะในการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ และเข้าใจกระบวนการการทำงานง่ายขึ้น

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1) สามารถใช้เป็นชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ พร้อมการทดลอง 6 ใบงาน

2)สามารถใช้เป็นชุดปฏิบัติการเพื่อเป็นแนวทางในการนำอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ไปใช้งาน

3) สามารถใช้เป็นชุดปฏิบัติการในการแปลงสัญญาณจาก กระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่ และความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้

4) สามารถใช้เป็นชุดปฏิบัติการเพื่อตรวจจับแก๊สได้

5) สามารถใช้เป็นชุดปฏิบัติการเพื่อตรวจวัดความดันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาและขีดความสามารถของโครงงานนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึงเนื้อหาที่นำมาอ้างอิง และใช้เป็นแนวทางในการออกแบบใบงาน และสร้างชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

บทที่ 3 การออกแบบการสร้างและการทำงาน กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์โดยละเอียดตั้งแต่ขั้นตอนในการออกแบบวงจรในส่วนต่าง ๆ การนำส่วนต่าง ๆ มาต่อรวมกันเป็นชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอการทดลอง และผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็นส่วน ๆ ตามการออกแบบ และการสร้าง พร้อมบันทึกผลการทดลองในแต่ละส่วน

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาและแนวทางแก้ไข และพัฒนา ซึ่งเป็นการสรุปผลเกี่ยวกับความสามารถประสิทธิภาพการทำงานของชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ และกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่การเริ่มต้นสร้างโครงงานจนกระทั่งโครงงานเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แผนผังการทำงาน

ภาคผนวก ง ใบงานการทดลอง

ภาคผนวก จ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

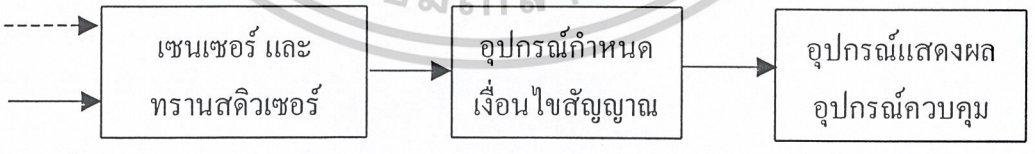
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 กล่าวนำ

การวัดนั้นเป็นพื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกสาขา และวัตถุประสงค์ของการวัดนั้นก็เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และเพื่อการควบคุม นอกจากนั้นระบบการวัดโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน และส่วนที่มีความสำคัญและเป็นส่วนแรกของระบบการวัดก็คือ เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับ หรือวัดค่าคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณหรือข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ หากถามว่าเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์มีความแตกต่างกันหรือไม่ คำว่าเซนเซอร์จะใช้กับอุปกรณ์ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับค่าหรือปริมาณของสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจเป็นสัญญาณชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ ส่วนคำว่าทรานสดิวเซอร์มักจะถูกนำมาใช้แทนคำว่าเซนเซอร์ อยู่บ่อยครั้ง ทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งให้กลายไปเป็นอีกแบบหนึ่ง ดังนั้นจึงถือได้ว่า ทรานสดิวเซอร์ ก็คือ เซนเซอร์ อย่างไรก็ตามในระบบการวัดใช้ทรานสดิวเซอร์เพิ่มเข้าไปในเซนเซอร์เพื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามความต้องการ

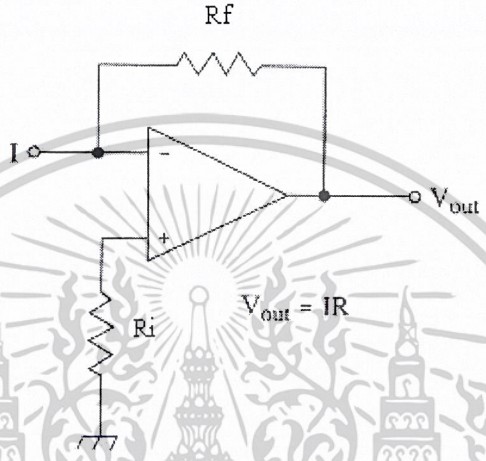


รูปที่ 2.1 ระบบการวัดโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Current – to – Voltage Converters)

ในระบบการส่งสัญญาณบ่อยครั้งที่จะต้องแปลงกระแสไฟฟ้ากลับเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าทางปลายสาย เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งทำได้โดยใช้วงจรดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยใช้ออปแอมป์

ในวงจรนี้ต้องระวังไม่ให้อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตเกินขีดความสามารถ เพราะจะทำให้ออปแอมป์เกิดการอิ่มตัว ส่วนตัวต้านทาน Ri ที่ขานอนอินเวอร์ตติงถูกใช้เพื่อทำให้เกิดความเสถียรต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ในงานที่ต่อโหลดอ้างอิงกับระดับกราวด์ กระแสไฟฟ้าที่ส่งออกไปนั้นถูกเปลี่ยนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดย Rf แต่ก็ยังไม่ให้ความเที่ยงตรงที่จุดปลาย (คือ ซีโรกับสแปน) ตามที่ต้องการมากนัก เพื่อให้สามารถปรับค่าได้จึงใช้ U_2 และ U_3 เป็นตัวปรับค่าซีโรและสแปนตามลำดับโดยวงจรตามแรงเคลื่อนไฟฟ้า U_1 จะบัฟเฟอร์และแยก R_L และ R_1 ออกจากกัน

อย่างไรก็ตามก็จะมีปัญญหาในการย้อนกลับขอบงกระแสไฟฟ้าระหว่างตัวส่งและตัวรับของระบบกราวด์ แม้กระทั่งค่าความต้านทานใด ๆ ในสายก็เป็นเหตุให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมเพิ่มขึ้น หากมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานใด ๆ ในไลน์ อาจจะทำให้เกิดความต้านทานกราวด์ย้อนกลับซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณ ในกรณีที่รุนแรงอาจจะแตกต่างกันหลาย ๆ โวลต์ระหว่างกราวด์ ส่วนในโรงงานที่มีกำลังไฟฟ้าซึ่งมีความถี่ 50 Hz ก็ยังอาจจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

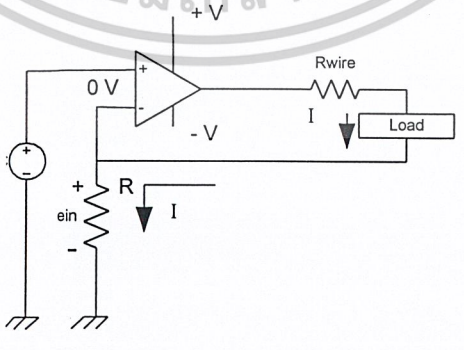
มีปัญหาจากคลื่นที่เกิดขึ้นแบบสุ่มเมื่อเปิดหรือปิดเครื่องจักร เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่กราวด์นี้ สัญญาณบางส่วนจะไปปรากฏผลที่เครื่องรับ (ตัวแสดงผลและเครื่องควบคุม) ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์ และยอมรับไม่ได้ในระบบควบคุม

2.3 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (Voltage – to – Current Converter)

ในการส่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกไปไกล ๆ มักจะมีปัญหาหลาย ๆ อย่าง เช่น ค่าความต้านทานอนุกรมระหว่างเอาต์พุต ของตัวปรับสภาพสัญญาณและโหลดจะขึ้นอยู่กับระยะสายที่ใช้ และอุณหภูมิทำให้เกิดความสูญเสียที่ตกคร่อมความต้านทานอนุกรม ถึงแม้ว่าเพียงไม่กี่โวลต์ แต่ก็คิดเป็นหลายเปอร์เซ็นต์ในระบบการวัด

จากผลด้านบนจึงแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการส่งกระแสไฟฟ้าออกไป จึงต้องแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า จะทำให้โหลดได้รับสัญญาณ (กระแสไฟฟ้าทั้งหมด) ที่ส่งไป จึงไม่เกิดการสูญเสียเนื่องจากค่าความต้านทานในสายหรือจากการต่อที่ไม่ดีพอ การจะใช้ตัวแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปเป็นกระแสไฟฟ้าจะต้องขึ้นอยู่กับความต้านทานโหลด หรือไม่ก็ดูว่าโหลดลอยหรือต่อกับกราวด์อยู่หรือไม่ หากจะต่อโหลดแบบกราวด์ลอยอาจจะต้องใช้เทคนิค CMR ที่ตัวรับเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น แต่บางงานอาจมีความจำเป็นที่จะต้องขับสัญญาณเข้าโหลดที่ต่อกราวด์อยู่ด้วย เพื่อเหตุผลความปลอดภัยสำหรับการแสดงผลและการควบคุมในระบบอิเล็กทรอนิกส์

1) ความต้านทานในลูปส่งสัญญาณ คือ ($R_{loop} = R_{wire} + R_{load}$) จะไม่มีผลต่อการส่งกระแสไฟฟ้าแต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาต์พุตของออปแอมป์จะเป็นผลมาจาก R_{loop} จึงต้องรักษาให้ค่า R_{loop} น้อยเพียงพอที่จะทำให้ออปแอมป์หลุดจากการอิ่มตัว



รูปที่ 2.3 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแบบง่าย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

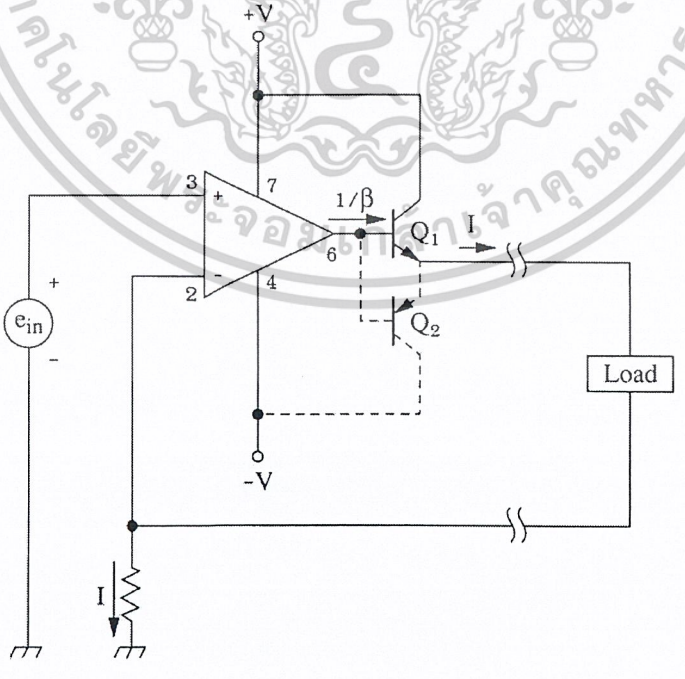
$$V_{out} = [1+(R_{loop}/R)e_{in} < V_{sat} \quad (2.2)$$

2) การส่งกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน 20 mA หรือ 60 mA ต้องเพิ่มทรานซิสเตอร์เข้าขยายกระแสไฟฟ้า เมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในลูปป้อนกลับออปแอมป์จึงสามารถชดเชยค่าออฟเซตค่าไบอัสและความเป็นเชิงเส้นของมันได้โดยอัตโนมัติ ถ้าต้องการให้สัญญาณออกเป็นลบ จะต้องเพิ่ม Q_2 แบบ NPN

3) กระแสไฟฟ้าจากโหลดจะไหลกลับผ่านสายไปยังออปแอมป์ จึงไม่สามารถจะขับโหลดต่อลงกราวด์โดยตรงได้ (นั่นคือต้องเป็นกราวด์ลอย) สัญญาณที่ถูกส่งออกไปจะเป็นสัญญาณแตกต่างในตัว ทำให้เราสามารถใช้ตัวขยายความแตกต่างหรือ I_A ที่นำมาต่อเป็นโหลด เพื่อคัดสัญญาณรบกวนโหมดร่วมบนสายทั้งคู่ในขณะที่ทำการส่งทิ้งออกไปได้

4) กรณีที่โหลดเปิด จะทำให้โหลดถอดลูปป้อนกลับออกและส่งผลให้ออปแอมป์เกิดการอิ่มตัวหรือหากเกิดการช็อตโหลดก็จะทำให้วงจรกลับไปเป็นวงจรตามแรงเคลื่อนไฟฟ้าอย่างง่ายทำให้ไม่มีผลของสัญญาณกระแสไฟฟ้าใด ๆ เกิดขึ้น

5) การขยายแบบไม่กลับเฟส จะเป็นการบัฟเฟอร์แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าและป้องกันการโหลดแต่หากจะสร้างวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าโดยใช้ตัวขยายแบบกลับขั้วก่อให้เกิดการโหลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (ตัวเซนเซอร์) เนื่องจากกระแสไฟฟ้าในลูปที่ส่งกระแสไฟฟ้าซึ่งได้มาจากแหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าจึงไม่แนะนำให้ใช้วงจรแบบกลับขั้วนี้



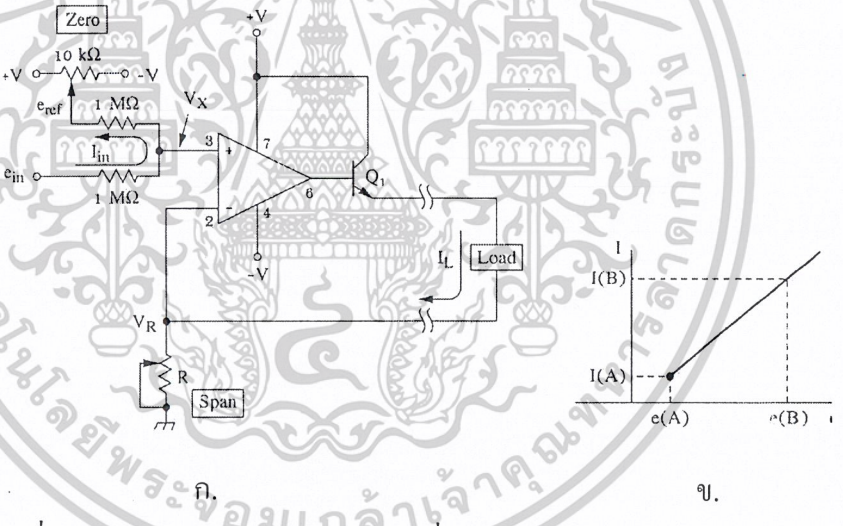
รูปที่ 2.4 การขยายกระแสไฟฟ้า (Current Booster) ในการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่วงจรในรูปที่ 2.4 มีปัญหาเพิ่มขึ้น คือ ถ้า IL = 0 จะทำให้วงจรหยุดทำงานได้ การขยายกลับดังกล่าวนี้ จึงถูกแทนด้วยการรวมสัญญาณแบบไม่กลับขั้วในรูปที่ 2.5 โดยที่ตัวต้านทานทางด้านอินพุตขนาด 1 MΩ จำนวน 2 ตัวถูกต่อเข้าไปเพื่อรักษาการโหลดแหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากตัวหนึ่งไปยังตัวหนึ่ง

กราฟทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของวงจรนี้แสดงดังรูปที่ 2.5 (ข)ซึ่งจะเป็นเชิงเส้น และสามารถกำหนดให้อยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ ก็ได้ใน 2 ควอดรันต์ โดยกำหนดจาก e(A) , I(A) และ e(B) , I(B) [จุดปลายทั้งสองของเส้น] หลักการคือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต e(A) จะสร้างกระแสไฟฟ้า I(A) และแรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต e(B) จะสร้างกระแสไฟฟ้า I(B) ทำให้เราสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ต้องการได้โดย

$$e_{ref} = 2RI(B) - e(B) \tag{2.3}$$



ก. ข.

รูปที่ 2.5 ออฟเซตของวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

2.4 เซนเซอร์ตรวจจับแก๊ส

2.4.1 แก๊สที่มีความสำคัญต่อมนุษย์

ออกซิเจน (Oxygen) เป็นธาตุที่มีอยู่มากบริเวณเปลือกโลก แม้กระทั่งน้ำประกอบด้วยออกซิเจนถึง 88.9% ของมวล แร่ส่วนใหญ่ก็ประกอบด้วยออกซิเจนที่อยู่ในรูปของสารประกอบออกซิเจน ซึ่งเมื่อรวมกับธาตุอื่น ๆ แล้วก่อให้เกิดรูปสารประกอบใหม่ที่เรียกว่า “ออกไซด์” แก๊สออกไซด์ได้แก่ CO_2 , CO , N_2O_4, N_2O_3 ,NO_2 , NO , N_2O , SO_2 ,F_2O , CL_2O_2 ,ClO_2 และ CL_2O (อยู่ที่ตำแหน่งด้านขวาบนของตารางธาตุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนในอากาศจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ตัวมันเองจะไม่ติดไฟ แต่ช่วยให้ไฟติด ออกซิเจนในเชิงพาณิชย์ทำได้โดยการกลั่นจากอากาศแต่ก็มีจำนวนน้อย หรือไม่ก็หาจากสถานะที่บริสุทธิ์มาก นั่นคือ การแยกด้วยไฟฟ้าของสารละลายที่เป็นของเหลว หรือโดยการใช้ความร้อนแยก Oxanian, Peroxide หรือ เกลือออกไซด์ (Oxide Salt)

บทบาทของออกซิเจนต่อความปลอดภัยของมนุษย์มีตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน เช่น ผลกระทบ : Atmospheric Anoxia ที่ขาดออกซิเจนอันเนื่องจากการขึ้นไปที่สูง หรืออยู่ในที่ที่มีออกซิเจนน้อย หรือภาวะ Hypohemoglobinemic Anoxis อันเนื่องจากการที่เลือดมีออกซิเจนน้อย เป็นต้นตัวอย่างนี้คือภาวะในการขาดออกซิเจนเนื่องจากกลไกต่าง ๆ ของมนุษย์

นอกจากนี้อันตรายตรง ๆ จากออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูง อาจจะทำให้เกิดการลุกไหม้ไฟ จึงไม่ควรให้ออกซิเจนดังกล่าวอยู่ใกล้เปลวไฟใดๆหรือในทางการรักษาผู้ป่วยพบว่าการใช้ออกซิเจนที่มีความดันสูง อาจจะทำให้มีการชักได้ และเชื่อว่าออกซิเจนจะมีพิษต่อเอ็นไซน์ในสมองนอกจากนี้ภาวะ Retrolental Hyperplasma ในทารกซึ่งทำให้ตาบอด เป็นอาการแทรกซ้อนจากการรักษาด้วยออกซิเจนที่สำคัญด้วย ดังนั้นในทางการพยาบาลจึงต้องมีการควบคุมความกดดันและความเข้มข้นของออกซิเจนตามความเหมาะสมของแต่ละกรณี

ส่วนบทบาทของแก๊สออกซิเจนเบื้องต้นในงานอุตสาหกรรมต่างๆเช่น การทำเหล็ก งานเชื่อม งานรักษาสิ่งแวดล้อม การบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

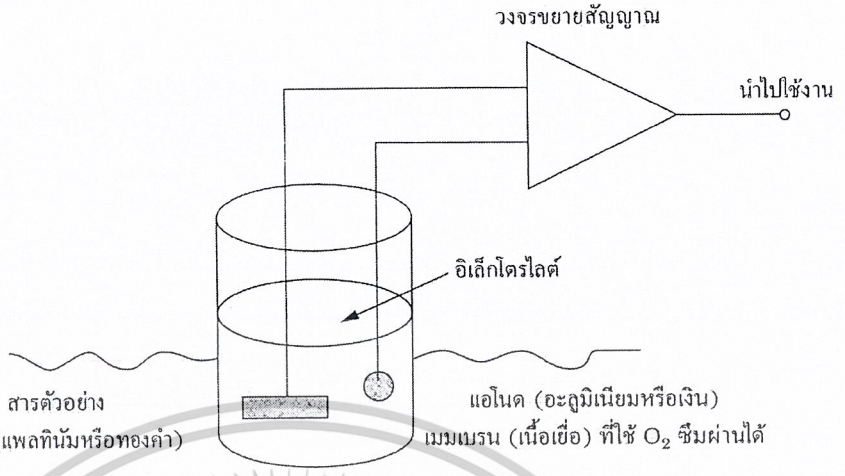
2.4.2 หลักการตรวจวัดแก๊สแบบต่าง ๆ

เราพบว่าส่วนมากการวัดปริมาณแก๊สในอุตสาหกรรมแทบทุกชนิด จะใช้หลักการทางไฟฟ้าทั้งสิ้นดังนั้นเราจึงต้องรู้คุณสมบัติทางไฟฟ้าดังกล่าวของมัน ซึ่งพอจะแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1) การวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกละลาย (Dissolved Oxygen)

หลักการนี้ใช้สำหรับการวัดแก๊สออกซิเจนแบบ Polarographic โดยใช้เซลล์ของคลาร์ค (Clark cell) จากรูปที่ 2.6 การวัดค่าแบบนี้อาศัยการสลายตัวของออกซิเจน (การลดออกซิเจน) ที่เกิดขึ้นที่ แคโธดซึ่งเป็นโลหะ ออกซิเจนที่อยู่ในกลุ่มแก๊สที่ต้องการวัด จะถูกทำให้ผ่านเนื้อเยื่อ (Membrane) เพื่อทำให้มันไปอยู่ในรูปของเซลล์ O_2 ที่อิเล็กโทรด หลังจากนั้นมันจะซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อชั่วระยะเวลาหนึ่งจนสามารถอ่านค่าได้ การวัดแบบนี้ต้องป้อนศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่งเข้าไปโพลาโรกราฟิกอิเล็กโทรด เพื่อทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้จะไปเปลี่ยนการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโตรไลต์ ศักย์ไฟฟ้าบริเวณดังกล่าวจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเฉพาะกับออกซิเจน จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาต์พุตคงที่ออกมาค่าหนึ่งอันเนื่องจากอิเล็กโทรด DO ที่หมักซึ่งจัดเป็นกระบวนการสเตอรีไลซ์แล้วทำให้เกิดค่าความร้อนและกลายเป็นค่าความต้านทานไปในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 หลักการวัดค่าออกซิเจนที่ถูกละลายแบบเซลล์ของคลาร์ค

ถ้าแก๊สที่จะวัดมีออกซิเจนเข้มข้นน้อยกว่า 50% จะใช้วิธีการสอบเทียบค่ากับออกซิเจนในห้อง อากาศในห้องจะมีออกซิเจนอยู่ 20.93% แต่ถ้าต้องการวัดออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูงกว่านี้ต้องทำการสอบเทียบกับออกซิเจนที่ 100% แต่ในการวัดค่าแบบดังกล่าว ต้องระวังและบำรุงรักษาเนื้อเยื่อของอิเล็กโทรดและสารที่เป็นอิเล็กโตรโลต์ เพื่อให้ผลของการวัดมีค่าแม่นยำ

1.1) วงจรใช้งาน ตามความจริงอิเล็กโทรดของคลาร์คก็คือเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยแคโทดคือแพลทินัม (หรือทองคำ) และแอโนดคืออะลูมิเนียม (หรือเงิน) เมื่อศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นก็ทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แต่จะมีช่วงหนึ่งที่เรียกว่า Plateau Voltage Range คือช่วงที่กระแสไฟฟ้าจะไม่เพิ่มไปตามศักย์ไฟฟ้าแต่จะเพิ่มตามแรงดังในเซลล์ ในวงจรดังกล่าวจึงต้องมีแบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่อร่วมกับอิเล็กโทรดและด้านแอโนด โดยมีเนื้อเยื่อที่จะยอมให้ออกซิเจนแพร่ผ่าน เมื่อออกซิเจนแพร่ผ่านมันก็จะทำปฏิกิริยากับแคโทดให้ไฮดรอกไซด์อิออนออกมา

ข้อควรจำในการวัดออกซิเจนแบบเซลล์ของคลาร์ค

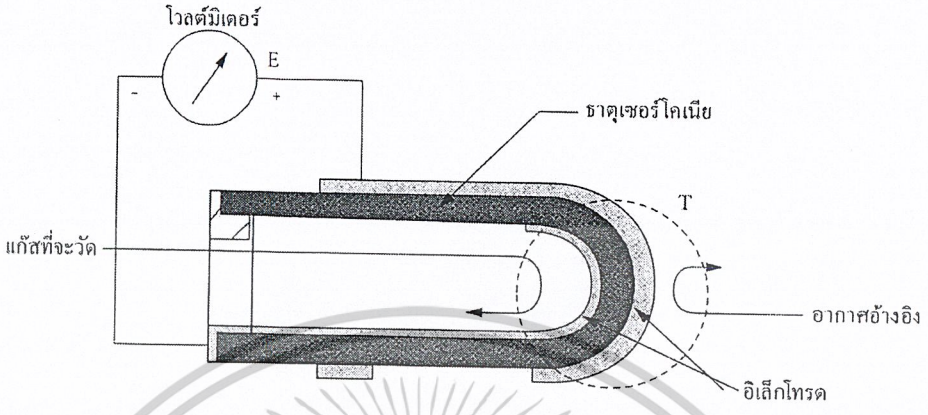
1) เนื้อเยื่อ O_2 ที่สกปรกจะเป็นเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการวัดค่า

2) หากว่าเราใช้ถังความดันจะต้องใช้การสมดุลความดัน

3) สารตัวอย่างที่จะวัดต้องมีการไหลอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 หลักการวัดออกซิเจน (O_2) โดยอาศัยหลักการของเซอร์โคเนีย



รูปที่ 2.7 หลักการวัดค่าออกซิเจนแบบเซอร์โคเนีย

จากรูปที่ 2.7 หลักการวัดออกซิเจนแบบดังกล่าวมีหลักการทำงานดังนี้ ที่อุณหภูมิสูง ๆ เซอร์โคเนีย (Zirconia) ซึ่งเป็นอิเล็กโตรไลต์ที่เป็นของแข็ง จะแสดงค่าความนำด้วยอิออนของออกซิเจน โดยมีอิเล็กโทรดแพลทินัมต่อสัมผัสอยู่กับเซอร์โคเนียทั้งด้านในและด้านนอก เมื่อมีความเข้มข้นของออกซิเจนบางส่วนเพิ่มขึ้น การเคลื่อนตัวของออกซิเจนนี้จะผ่านไปยังอิเล็กโทรดของเซอร์โคเนียอีกอันหนึ่ง โมเลกุลของออกซิเจนจะได้รับอิเล็กตรอนมาจากอิออนออกซิเจน ระหว่างด้านนอกและด้านในของท่อเซอร์โคเนียที่ถูกทำให้ร้อน ที่จุดนี้อิเล็กตรอนจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของโมเลกุลออกซิเจน ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าไฟฟ้าจากความดันย่อยของออกซิเจน

ทางด้านอ้างอิง อิเล็กโทรดซึ่งมีความดันย่อย (Partial Pressure) ของออกซิเจนสูงจะมีสมการเคมีเป็น

$$O + 4e \longrightarrow 2O^{2-} \qquad (2.3)$$

ส่วนทางด้านที่จะวัดค่าอิเล็กโทรดซึ่งมีความดันย่อย (Partial Pressure) ของออกซิเจนต่ำและมีสมการเคมีเป็น

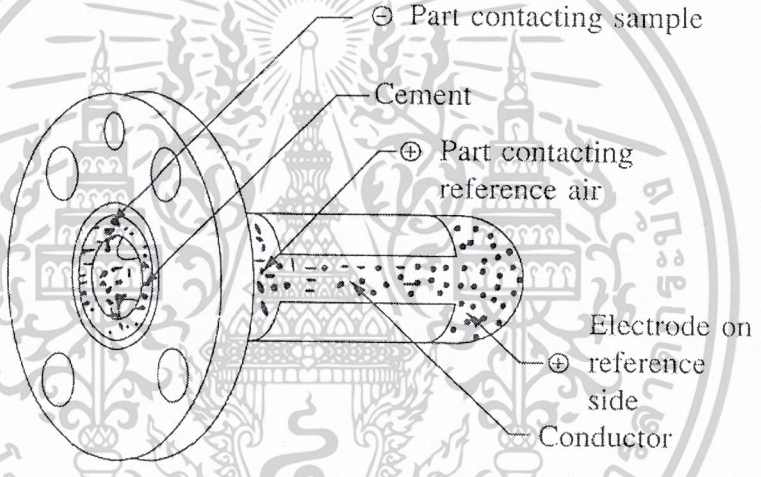
$$2O^{2-} \longrightarrow O_2 + 4e \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่นถ้าเราใช้เซอร์โคเนียเบอร์ Z021 (ข้อมูลจากบริษัท โยโกกาวาจำกัด) ซึ่งอุณหภูมิของเซลล์มีค่าเป็น 750 °C แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากสมการที่ จะมีค่าเป็น

$$E = -50.74 \log (Px/Pa) \quad (2.5)$$

หลักการของเซนเซอร์แบบนี้ใช้งานกันแพร่หลายกับการวิเคราะห์แก๊สO_2ของปล่องไฟท่อด้านในจะอยู่รวมกับออกซิเจน ส่วนท่อด้านนอกจะสัมผัสกับแก๊สตัวอย่างที่ต้องการวัดย่านในการวัดโดยใช้หลักการแบบนี้จะอยู่ในช่วง 0.1 – 20% ในรูปที่ 2.8 จะแสดงลักษณะทางกายภาพของหัวข้อตรวจวัดส่วนรูปที่ จะแสดงหัววัดที่ใช้งานจริงในทางอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างของส่วนประกอบภายในหัวเซนเซอร์แก๊ส

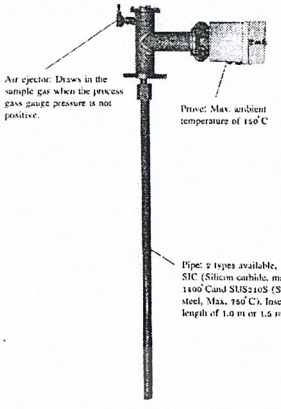
ข้อควรจำในการวัดออกซิเจนแบบเซอร์โคเนีย

1) ขณะที่มีการเซ็นเซอร์ตัวเซ็นเซอร์จะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 600 ° C

2) การวัดแก๊สที่สามารถลุกติดไฟได้ เช่นไฮโดรเจน อาจจะทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้

3) แรงเคลื่อนไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต จะเป็นสัดส่วนแบบลอการิทึมกับความหนาแน่นของออกซิเจน

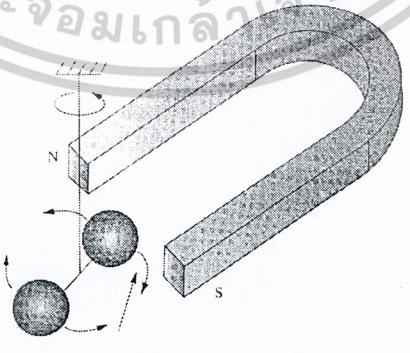
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของหัวเซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน

2.4.4 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกตุ้มแกว่ง (Dumbell Type)

หลักการการวัดออกซิเจนแบบนี้จะอาศัยคุณสมบัติที่ว่าแก๊สออกซิเจนจะไม่เหมือนแก๊สอื่น ๆ ตรงที่คุณสมบัติเป็นแม่เหล็กอย่างแรง จึงทำให้ออกซิเจนสามารถจะถูกดึงเข้าไปยังสนามแม่เหล็กได้ ส่วนแก๊สอื่น ๆ จะมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กอย่างอ่อน ๆ หลักการวิเคราะห์แก๊สแบบนี้จึงถูกเรียกว่า Paramagnetic Analyzer มีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่อนำลูกตุ้มเหล็กที่ทำจากโรเดียม (Rhodium) ไปแขวนห้อยระหว่างแม่เหล็กดังกล่าวดังรูปที่ 2.10 ลูกตุ้มจะถูกดูดเข้าหาแม่เหล็กโดยออกซิเจนที่มีอยู่ ถ้าเราป้อนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิตเข้าไปเพื่อทำให้ลูกตุ้มอยู่ในตำแหน่งสมดุล (Null Position) กระแสไฟฟ้าที่ถูกป้อนเข้าก็จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มของออกซิเจน ดังนั้นเราจึงสามารถตรวจจับออกซิเจนได้จากความแตกต่างของแรงบิดที่เกิดขึ้น ย่านการวัดที่สามารถวัดได้นี้จะอยู่ในช่วง 0.1 – 20%



รูปที่ 2.10 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกตุ้มแกว่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าการวัดออกซิเจนด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำสูง แต่ก็มีข้อเสียตรงที่

1) ความเร็วในการไหลของแก๊สที่วัด ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้

2) เครื่องมือมีโอกาสที่จะได้รับอันตรายและเสียหายง่าย

3) ความไวต่อน้ำในอากาศ มีโอกาสทำให้การวัดผิดพลาด

4) ใช้เวลาในการวัดนาน

หลักการหนึ่งที่จะกล่าวคืออาศัยการสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางช่วงความถี่ลงบนแก๊สตัวอย่างที่จะวัด

คุณสมบัติของแก๊สต่อการสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic Spectrum) วิเคราะห์คลื่นแสง (Spectroscopy) เป็นการวัดและศึกษาผลกระทบของพลังงานที่อยู่ในสารใดๆ ซึ่งทำให้เราสามารถวิเคราะห์โครงสร้างและคุณสมบัติของอินทรีย์เคมีได้ นักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อว่า แม็กซ์ แฟลงค์ (Max Planck) เป็นบุคคลที่ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานโฟตอนของแสงและความถี่ของมัน สมการพื้นฐานของพลังงานโฟตอนที่สัมพันธ์กับความถี่ f (รูปคลื่น/วินาที หรือ เฮิรตซ์) กำหนดได้เป็น

$$E = hf \tag{2.5}$$

เมื่อ h = ค่าคงที่ของแฟลงค์ = 6.6242×10^{-34} J.s

f = ความถี่ของแสง (s^{-1})

หรือความสัมพันธ์อีกสูตรจะได้ว่า

$$\lambda f = c \tag{2.6}$$

เมื่อ λ = ความยาวคลื่น

c = ความเร็วแสง

หากแทนค่า $f = c/\lambda$ ก็จะได้

$$E = hc/\lambda = hc\sigma \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

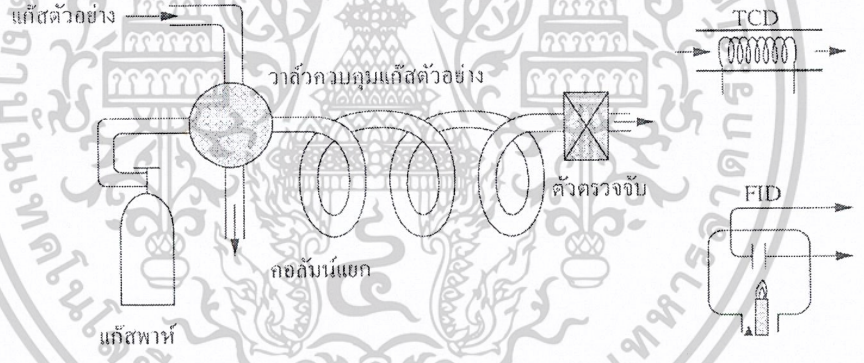
เมื่อ σ = จำนวนคลื่น (รูปคลื่น/ซม.)

$$E = Nohf = Nohc\sigma = hc/\lambda \quad (2.8)$$

เมื่อ No = ตัวเลขอะโวกาโดร = 6.023×10^{23} / mol

2.4.5 หลักการวัดแก๊สในกระบวนการแบบโครมาโตกราฟ (Process Gas Cromatograph) PGC

หลักการวัดแก๊สแบบนี้ใช้หลักการโครมาโตกราฟที่แสดงได้ดังรูปที่ 2.11 ส่วนประกอบของแก๊สต่าง ๆ สามารถแสดงได้โดยโครมาโตแกรม (Cromatogram) ดังรูปที่ 2.11 เมื่อแก๊สต่าง ๆ ถูกฉีดเข้าไปด้านในแก๊สพาห์ (Carrier Gas) ก็จะถูกพาเข้าไปสู่คอลัมน์เพื่อแยกแก๊ส (Sepration Column) หลังจากนั้นก็จะใช้ TCD หรือ FID หรือตัวตรวจจับอื่น ๆ เพื่อตรวจจับแก๊สต่าง ๆ ตามแต่ลักษณะงาน



รูปที่ 2.11 การวัดแก๊สในกระบวนการแบบโครมาโตกราฟ

ข้อควรจำในการวัดแก๊สด้วยวิธีนี้คือ

1) หลักการวัดแบบ TCD จะใช้ในการวัดแก๊สที่เป็นอนินทรีย์ (Inorganic Gas)ส่วนหลักการแบบ FID จะใช้สำหรับวัดไฮโดรคาร์บอน

2) การเลือกคอลัมน์แยกแก๊สต้องใช้เทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง ๆ

3) ต้องรักษาอุณหภูมิของคอลัมน์ให้คงที่อย่างมาก

จากหลักการที่ผ่านมาทั้งหมด จะเห็นว่าในการจะวัดแก๊สหรือตัวแปรใดๆต้องศึกษาคุณสมบัติที่เป็นไปได้ทางเคมีและฟิสิกส์ของมัน เพื่อให้สามารถนำเอาหลักการดังกล่าวมาดัดแปลงให้เป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรทางไฟฟ้า ยังมีเซนเซอร์หลายประเภทที่ยังไม่ได้พัฒนาไปมากมาย เช่นการเซนเซอร์รสชาติอาหาร กลิ่น และ รส ซึ่งนับเป็นสิ่งสำคัญ เพราะประเทศไทยมีอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารเป็นจำนวนมาก จึงน่าจะมีนักวิทยาศาสตร์ไทยหรือองค์กรใดๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งมีศักยภาพ ได้ประดิษฐ์หรือพัฒนาในส่วนดังกล่าวเพื่อจะให้ก่อให้เกิดผลประโยชน์กับประเทศไทยต่อไป

2.5 เซนเซอร์ตรวจวัดความดัน

เครื่องจักรกลที่ใช้งานอยู่ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันนี้ อาศัยการทำงานจากพลังงานในรูปที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเรามักจะคุ้นเคยกับเครื่องจักรกลที่ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้า แต่จริง ๆ แล้วยังมีเครื่องจักรกลอีกจำนวนมากที่อาศัยพลังงานจากการไหล (Fluid) เช่น ระบบนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ เวบสเตอร์ (Webster) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ของไหล ไว้ว่า คือ สสารชนิดหนึ่งซึ่งจะเปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุมันอยู่ เช่น ก๊าซหรือของเหลว ก๊าซนั้นอาจขยายตัวเพื่อให้เต็มพื้นที่ของภาชนะที่บรรจุอยู่ หรือถูกกดดันลงไปก็ได้ สำหรับของเหลวนั้นโมเลกุลจะยึดติดกันแน่นหนากว่าก๊าซและจะไม่ขยายตัวหรือหดตัว เครื่องจักรนิวแมติกส์จะทำงานโดยอาศัยความดันก๊าซหรือลม ส่วนเครื่องจักรไฮดรอลิกส์นั้นทำงานโดยอาศัยความดันของของเหลวจากปั๊ม

ดังนั้นเราความดันเป็นค่าตัวแปรที่สำคัญมากตัวหนึ่งในกระบวนการทางอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักรกลหรือระบบกระบวนการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับของไหล

2.5.1 ความดันและรูปแบบของความดัน

หากจะถามว่าความดันคืออะไร คำตอบก็คือ แรงที่ของไหลกระทำต่อผิวของภาชนะที่กระจายไปทั่วพื้นผิวทิ้งหมดในแนวตั้งฉากกับผิวของภาชนะบรรจุนั้น ถ้าเรากำหนดให้ F คือแรงที่กระทำ A คือพื้นที่ที่แรงกระทำ P คือความดันที่เกิดขึ้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ว่า

$$P = F/A \tag{2.9}$$

1) หน่วยวัดความดัน

แรงที่กระทำ 1 N (Newton) ลงบนพื้นที่ 1 m2 จะได้ความดันเท่ากับ 1 Pa (Pascal) ผู้ที่กำหนดหน่วยความดันนี้ขึ้นมาก็คือ Blaise Pascal และต่อมาได้มีผู้คิดค้นหน่วยวัดความดันขึ้นมาอีกหลายหน่วยด้วยกัน ซึ่งในที่นี้จะแสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดความดันแต่ละหน่วยเข้าด้วยกัน ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$1\ N/m^2 = 1\ Pa$

$10^5\ Pa = 1\ bar$

$0.068947\ bar = 1\ psi$ (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

$0.981\ bar = 1\ kgf/cm^2$

$1.01325\ bar = 1\ atm$ (ความดัน

2) กฎของปาสคาล (Pascal's Law)

กฎของปาสคาลจะใช้เกี่ยวกับความดันของของไหลที่หยุดนิ่งและอยู่ในที่ปิดล้อมโดยมีใจความสำคัญคือ เมื่อไม่คำนึงถึงแรงโน้มถ่วงหรือน้ำหนักของของไหลความดันภายในของของไหลที่หยุดนิ่งจะมีค่าเท่ากันทุกๆ จุด ถ้าเพิ่มความดันที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของของไหลแล้ว ความดันนี้จะถูกส่งผ่านไปยังทุก ๆ ส่วนของของไหลได้เทียบเท่ากันหมด

3) ความดันสถิต (Static Pressure)

ความดันสถิต หมายถึง ความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนัก และความสูงของของไหลในสมัยเดียวกันกับ ปาสคาล มีนักวิทยาศาสตร์ชื่อ ทอริเซลลิ (Torricelli) พบว่า ถ้าเจาะรูที่ก้นถังที่มีน้ำเต็ม น้ำจะไหลออกด้วยความเร็วสูงสุดและอัตราการไหลก็จะค่อย ๆ ลดลงตามระดับน้ำที่ลดต่ำลง จากเหตุการณ์ดังกล่าวจึงสามารถกล่าวได้ว่า ความสูงของระดับน้ำจะทำให้เกิดความดัน Torricelli เรียกความดันนี้ว่า ความดันเนื่องจากความสูงของของไหล (Pressure head) จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ดังต่อไปนี้

$$P = \rho gh \tag{2.10}$$

โดยที่ Q = ความดันเนื่องจากความสูง (Pa)

ρ = ความหนาแน่นของของเหลว (kg/m^2)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ($9.81\ m/s^2$)

h = ระดับความสูงของของเหลว (m)

4) รูปแบบของความดัน

1.1) รูปแบบของความดันแตกต่างกันออกไปตามจุดอ้างอิง ที่มีค่าเป็นศูนย์ซึ่งในทางปฏิบัติจะมีอยู่ 4 รูปแบบด้วยกันคือ

1.2) ค่าความดันสัมบูรณ์ ค่าความดันสัมบูรณ์มีจุดศูนย์อยู่ที่ จุดสูญญากาศ (Absolute Vacuum) ค่าที่กำหนดเป็นค่าความดันสัมบูรณ์จะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น abs หรือ a ช่น bar_{abs} หรือ psia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

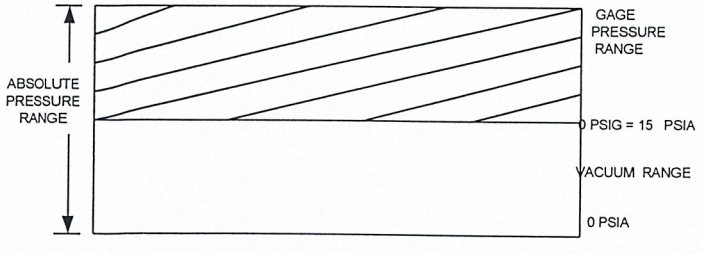
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1.3) ค่าความดันเกจ (Gauge Pressure) ค่าความดันเกจจะอ้างอิงค่าศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ โดยค่าที่บอกจะเป็นค่าที่สูงกว่าความดันบรรยากาศขึ้นไป ซึ่งค่าความดันบรรยากาศนี้จะถือที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.01325 bar_{abs} ถ้าวัด ณ จุดใด ๆ บนพื้นโลกจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 5% ในทางปฏิบัติจะถือโดยประมาณว่าเท่ากัน งานส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมจะบอกเป็นความดันเกจแทบทั้งสิ้น ค่าที่กำหนดเป็นความดันเกจนี้จะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น g หรือ G เช่น bar_g หรือ psig ถ้าเปรียบเทียบค่าความดันสัมบูรณ์กับความดันเกจแล้ว ความดันสัมบูรณ์จะมีค่ามากกว่า 1.01325 bar หรือ 14.503774 psi ซึ่งค่าที่มากกว่านี้ก็คือ ค่าความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure ; Atm) นั่นเอง

$$Pabs = Pg + Patm \tag{2.11}$$

1.4) ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Pressure) เป็นการบอกค่าความแตกต่างระหว่างความดันสองจุด ซึ่งความดันแตกต่างนี้จะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อความดันทั้งสองจุดที่วัดมีค่าเท่ากัน ค่าที่กำหนดเป็นความดันแตกต่างจะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น d หรือ D เช่น bard หรือ psid และในบางครั้งอาจเขียนย่อเป็น ΔP ก็ได้เช่นเดียวกัน

1.5) สูญญากาศ (Vacuum) สูญญากาศจะอ้างอิงจุดศูนย์ที่ความดันบรรยากาศและจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความดันลดลงโดยจะมีค่าสูงสุดที่จุดศูนย์ของความดันสมบูรณ์ สูญญากาศนี้บางครั้งจะเรียกว่า ความดันลบ (Negative Pressure) นิยมกำหนดหน่วยวัดเป็นค่าความสูงของของเหลว เช่น mmHg , inHg , mmH_2O และจะมีตัวย่อต่อท้ายด้วย vac เช่น $mmHg_{vac}$ นอกจากนี้อาจแสดงเป็นค่าติดลบก็ได้ เช่น -0.125bar หรือ -5psi ในช่วงที่เป็นสูญญากาศสูง ๆ หน่วยที่ใช้จะเรียกเป็นทอรร์ (torr) ซึ่ง 1 torr หมายถึง 1 mmHg จุดศูนย์อยู่ที่จุดความดันสัมบูรณ์ หน่วยนี้ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่ ทอริเซลลิ (Torricelli) นักวิทยาศาสตร์ที่เป็นผู้ค้นพบว่า 1 ความดันบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 760 mmHg



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของย่านวัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
48311

2.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดัน

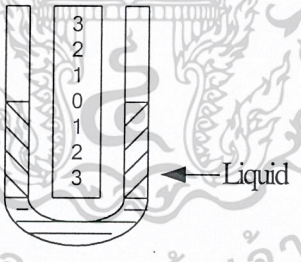
อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดันมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน ซึ่งในแต่ละประเภทก็มีลักษณะการใช้งานรวมทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป แบบที่ง่ายและธรรมดาที่สุดก็คือ มาโนมิเตอร์ (Manometer) แอนิรอยด์ (Aneriod) และบูร์ดอง (Bourdon tube)

มาโนมิเตอร์ใช้วัดความดันในเทอมของความแตกต่างของความสูงของของเหลวในท่อรูปตัว U ส่วนแอนิรอยด์สามารถใช้วัดความดันในเทอมของจำนวนหรือระยะการยืดหดตัวของห้องสูญญากาศ (Vacuum Chamber) เมื่อมีความดันจากภายนอกมากระทำ และบูร์ดอง อาศัยการวัดความดันโดยการยืดหดตัวของท่อกลวงปลายปิด

1) มาโนมิเตอร์ (Manometer)

มาโนมิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดความดันได้โดยตรงและเป็นเครื่องมือวัดความดันที่เกิดขึ้นชนิดแรก หลักการของมาโนมิเตอร์จะอาศัยหลักการความสมดุลของแรงโน้มถ่วง (Gravity Balance) โดยให้ความดันแตกต่างมีค่าเท่ากับความสูงแตกต่างของของเหลวในท่อแก้ว

1.1)มาโนมิเตอร์รูปตัว U (U-tube Manometer) มาโนมิเตอร์ชนิดนี้จะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยหลอดแก้วรูปตัว U โดยมีสเกลบอกตำแหน่งในหน่วยนิ้วหรือมิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 มาโนมิเตอร์รูปตัว U

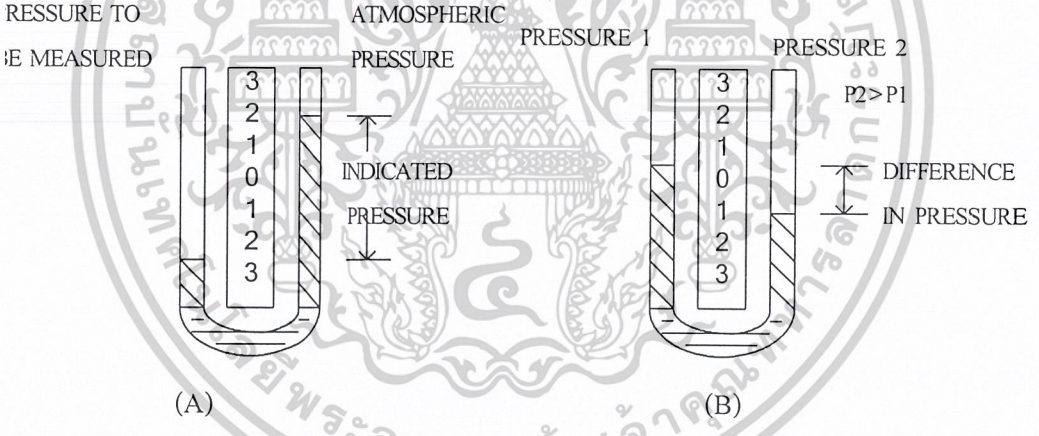
บนสเกลศูนย์จะอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางและที่ปลายทั้งสองด้านของหลอดแก้วจะเปิดออกสู่บรรยากาศภายนอก ระดับของของเหลวซึ่งส่วนมากจะใช้เป็นน้ำ (H_2O) หรือปรอท (Hg) จะอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ทั้งสองด้าน เมื่อมีความดันมากระทำกับด้านใดด้านหนึ่งของมาโนมิเตอร์ของเหลวที่อยู่ภายในจะถูกกดลงเป็นเหตุให้อีกด้านหนึ่งเพิ่มขึ้น ของเหลวจะหยุดเมื่อแรงที่เกิดจากความดันแตกต่างสมดุลกับแรงที่เกิดจากน้ำหนักของของเหลวในหลอดแก้ว การวัดความแตกต่างใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงของของเหลวในลักษณะนี้ความดันสามารถวัดอยู่ในหน่วยของนิ้วหรือมิลลิเมตรของของเหลวนั้น ๆ

ตัวอย่าง เช่น ถ้าความดันที่จ่ายให้กับด้านหนึ่งของมาโนมิเตอร์ทำให้ของเหลวเลื่อนลง 1 นิ้ว และอีกด้านหนึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็น 1 นิ้ว เพราะฉะนั้นเราจะได้การแทนที่รวมเป็น 2 นิ้ว ถ้าของเหลวที่ใช้เป็นปรอท (mercury) เราก็จะอ้างถึง 2 นิ้วของปรอท ดังนั้นความดันที่ได้จะเป็น 0.98 psi ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก 1 psi มีค่าเท่ากับ 2.04 นิ้วปรอท หรือ 27.7 นิ้วน้ำ ถ้าใช้น้ำเป็นของเหลวในหลอดแก้วความสูงของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละด้านจะมีค่าเท่ากับ 13.58 นิ้ว หรือรวมทั้งหมดแล้วก็คือ 27.16 นิ้ว

เมื่อมาโนมิเตอร์รูปตัว U ที่นำมาใช้โดยเปิดปลายหลอดแก้วทางด้านหนึ่งออกสู่บรรยากาศภายนอกความดันที่แสดงออกมาจะเป็นเพียงการวัดค่าความดันเพียงค่าเดียว แต่หากปลายทั้งสองด้านของมาโนมิเตอร์ถูกต่อเข้ากับความดันสองค่าที่แตกต่างกันการกระทำดังกล่าวนี้ถือว่าเป็นการวัดความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น (differential pressure)



รูปที่ 2.14 มาโนมิเตอร์รูปตัว U

ถ้ากำหนดให้ g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

g_c = ค่าคงที่ทางขนาดหรือมิติ (Dimension Constant)

= $1 kg/N.s^2$, $32.174 lb.ft/b.s^2$

ρm = ความหนาแน่นของของเหลว

ρa = ความหนาแน่นของของไหลเหนือของเหลวในหลอดแก้ว

เราจะได้ว่า $P1 - P2 = \Delta h(\rho m - \rho a)(g/g_c)$

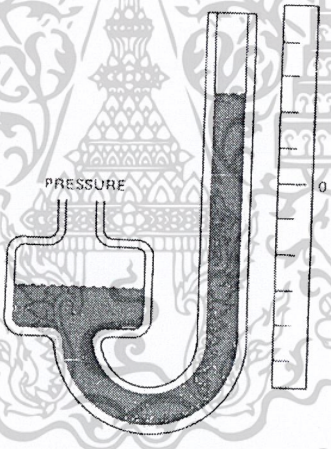
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาก pa หมายถึงอากาศ ดังนั้น $\rho m >> \rho a$ ในทางปฏิบัติถือว่า $\rho a = 0$
ดังนั้น

$$P1 - P2 = \Delta P = \Delta h \rho m \qquad (2.13)$$

2) มาโนมิเตอร์แบบเวลล์ (Well – Type Manometer)

มาโนมิเตอร์แบบนี้ดัดแปลงมาจากมาโนมิเตอร์รูปตัว U ทั้งนี้ก็เพื่อให้สะดวกในการอ่านค่าโดยให้พื้นที่หน้าตัดด้านบนของหลอดแก้วด้านหนึ่งใหญ่กว่าอีกด้านหนึ่งมาก ๆ ความถูกต้องของการวัดด้วยอุปกรณ์ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ a/A ถ้ามีค่าน้อยเท่าใดความถูกต้องก็จะมีมากขึ้นเท่านั้น ถามว่าแล้วอัตราส่วนของ a/A คืออัตราส่วนของอะไร คำตอบก็คือ A เป็นพื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้วใหญ่ ส่วน a คือ พื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้วเล็กที่ใช้ในการอ่านค่า



รูปที่ 2.15 มาโนมิเตอร์แบบเวลล์

จากรูปที่ 2.15 เมื่อเราป้อนความดันเข้าสู่กระเปาะหรือหลอดแก้วที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ปริมาตรของของเหลวที่ลดลงมีค่าเท่ากับของของเหลวที่สูงขึ้นในหลอดแก้วเล็ก หากกำหนดให้ A เป็นพื้นที่ของกระเปาะ h_1 เป็นระยะความสูงของของเหลวในกระเปาะเมื่อป้อนความดัน P_1 เข้ามา a เป็นพื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้วด้านที่วัด h_2 เป็นระยะความสูงที่เปลี่ยนแปลง และ P_2 เป็นความดันของหลอดแก้วด้านที่วัด ซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Ah_1 = ah_2 ; h_1 = h_2 (a/A) \quad (2.14)$$

$$P_1 = P_2 + \rho(g/g_c)(h_1+h_2) \quad (2.15)$$

$$= P_2 + \rho(g/g_c)[h_2+h_2 (a/A)] \quad (2.16)$$

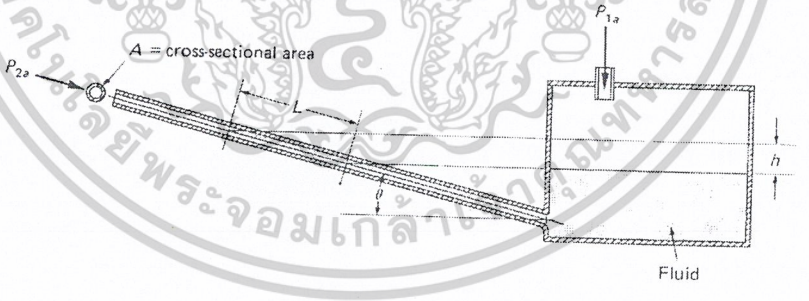
$$P_1 - P_2 = \rho h_2 (g/g_c)[1+(a/A)] \quad (2.17)$$

$$\Delta P = \rho h_2 (g/g_c)[1+(a/A)] \quad (2.18)$$

นอกจากการใช้มาโนมิเตอร์แบบเวลล์วัดค่าความดันค่าเดียวโดยตรงแล้ว การวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure) ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกับมาโนมิแตอร์รูปตัว U นอกจากนั้นเราอาจใส่ลูกลอยไว้ในกระเปาะ ซึ่งสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ตามระดับของของเหลวแล้วนำผลที่ได้ไปขับโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ที่ต่อรวมกับวงจรไฟฟ้าก็ได้ โดยทั้งนี้การเคลื่อนที่ที่เป็นเชิงเส้นเราสามารถปรับแต่งให้สอดคล้องกับความดันหรือความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น

3) มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง (Inclined Manometer)

มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้วัดความดันค่าต่ำ ๆ และค่าที่อ่านได้ก็จะมีความละเอียดสูงกว่ามาโนมิเตอร์แบบที่ผ่าน ๆ มา ระดับความสูงต่ำของความดันที่จะวัดขึ้นอยู่กับค่ามุม θ ซึ่งแสดงได้ด้วยรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง

ตามรูปที่ 2.16 ถ้าเป็นมาโนมิเตอร์แบบท่อตรงระดับความสูงที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง 2 นิ้ว แต่ถ้าปรับหลอดแก้วให้เอียงได้ระดับความสูที่เท่ากันนี้สามารถยืดระยะออกไปได้ถึง 4 นิ้ว ดังนั้นถ้าค่า θ มีค่าน้อยลงระยะของการอ่านก็จะเพิ่มขึ้น ถ้าให้อัตราส่วน ΔL/ΔP เป็นค่าความไวของมาโนมิเตอร์ มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียงจะให้ค่าความไวสูงกว่าแบบท่อตรงซึ่งให้ค่าความไวของการวัดเพียง Δh/ΔP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของมาโนมิเตอร์

ข้อดี	ข้อเสีย
1) เหมาะสำหรับงานวัดค่าความดันต่ำ ๆ จาก 1 –2 mmH_2O ไปจนถึง 1 bar สามารถใช้วัดสูญญากาศหรือความดันต่ำ ๆ ได้ดี	1) วัดความดันได้ในย่านต่ำ ๆ เท่านั้น
2) ให้ความถูกต้องและความไวในการวัดสูงเนื่องจากวัดโดยตรง	2) ต้องปรับระดับก่อนการใช้งานทุกครั้ง
3) สามารถเลือกของเหลวที่มีความหนาแน่นต่าง ๆ กันได้	3) อาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมี หรือเกิดการระเหยตัว หรือ การกลั่นตัว ถ้าเลือกของเหลวที่ใช้เติมไม่เหมาะสม
4) เป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด ราคาถูกสามารถทำขึ้นใช้เองได้	4) ไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน เมื่อเกิดความดันเกินขนาน

2.5.3 บูร์ดอง (Bourdon tube)

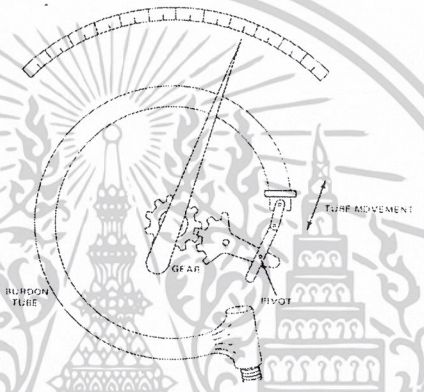
Eugene Boudon วิศวกรชาวฝรั่งเศสได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์อุปกรณ์วัดความดันที่เขาได้คิดค้นและปรับปรุงขึ้นในปี ค.ศ. 1848 บูร์ดองเป็นอุปกรณ์วัดความดันที่นิยมใช้กันมากที่สุดในงานอุตสาหกรรมประมาณ 95 % ของเกจวัดความดันทั้งหมด ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเป็นแบบที่มีโครงสร้างง่าย ราคาถูก วัดความดันได้ถึงย่านสูง ๆ และสามารถใช้วัดสูญญากาศได้อีกด้วย นอกจากนี้ก็ยังสามารถออกแบบให้ใช้งานร่วมกับทรานสดิวเซอร์อื่น ๆ หรือเครื่องบันทึกค่าได้

หลักการทำงานและโครงสร้างของบูร์ดอง บูร์ดอง เป็นท่อโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรีและงอขึ้นเป็นส่วนโค้งของวงกลมหรือเป็นขดโดยปลายข้างหนึ่งปิด เมื่อมีความดันต่อเข้าปลายอีกข้างหนึ่งที่เปิดและถูกยึดติดอยู่กับที่ ความดันที่ต่อเข้าตัวบูร์ดองจะทำให้เกิดความเครียด (Strain) บูร์ดองจึงพยายามยืดตัวออกให้ตรงทำให้ปลายที่ปิดเคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่ของปลายท่อด้านนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันที่อยู่ภายใน ทำให้เราสามารถที่จะทราบค่าของความดันที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่นี้ได้ บูร์ดองที่ใช้อยู่ทั่ว ๆ ไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกันดังจะกล่าวถึงในลำดับต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) บูร์ดองแบบรูปตัว C

บูร์ดองประเภทนี้จะมีโครงสร้างที่เป็นส่วนโค้งของวงกลมประมาณ 270 องศา ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะคล้ายกับตัวอักษร C ในภาษาอังกฤษ จึงกลายเป็นที่มาของบูร์ดองแบบรูปตัว C หลักการทำงานของบูร์ดองชนิดนี้จะเหมือนกับที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น โดยปกติการยืดตัวของท่อโลหะจะมีค่าประมาณ 2 ถึง 7 มิลลิเมตรเท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการขยายระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งนี้ก็เพื่อนำไปชี้หรือแสดงผลที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายนั่นเอง การขยายระยะทางการเคลื่อนที่ดังกล่าวนั้นสามารถทำได้โดยใช้ชุดเฟืองขยาย ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 บูร์ดองแบบรูปตัว C

2) บูร์ดองแบบก้นหอย (Spiral Bourdon tube)

บูร์ดองแบบก้นหอยนี้จะมีลักษณะคล้ายกับบูร์ดองแบบรูปตัว C แต่จะถูกขดเป็นรูปก้นหอยเมื่อป้อนความดันให้กับบูร์ดองความดันที่กระทำอยู่ภายในก็พยายามที่จะทำให้ก้นหอยคลายตัวออก ทำให้ปลายที่ปิดมีการเคลื่อนที่เข็มหรือปากกา หรืออาจจะเป็นแกนของทรานสดิวเซอร์ชนิดที่ใช้ในการตรวจวัดการขจัด (Displacement) จะต่ออยู่กับปลายด้านนี้ ตามโครงสร้างเราจะเห็นว่าบูร์ดองประเภทนี้จะให้ค่าระยะการเคลื่อนที่มากกว่าแบบตัว C ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีชุดเฟืองขยาย ความเที่ยงตรงของบูร์ดองชนิดก้นหอยจะดีกว่าแบบรูปตัว C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) บูร์ดองแบบขดซ้อน (Helical Bourdon tube)

บูร์ดองแบบนี้มีลักษณะคล้ายกันกับแบบก้นหอย แต่การขดจะมีรัศมีที่เท่ากันและขดซ้อนเป็นวงหลาย ๆ วง บูร์ดองแบบขดซ้อนเป็นบูร์ดองที่ให้ระยะทางการเคลื่อนที่มากที่สุด เข็มหรือปากกาหรือทรานสดิวเซอร์ชนิดตรวจวัดการเคลื่อนที่จะติดอยู่กับปลายของชิ้นส่วนที่ต่อร่วมอยู่กับปลายด้านที่ปิดดังแสดงในรูปที่ 2.18 บูร์ดองชนิดนี้สามารถทนต่อค่าความดันเกินพิกัดได้ดีกว่าทั้งสองแบบที่ผ่านมามีเสถียรภาพการใช้งานดี และทนต่อความดันที่เปลี่ยนแปลงค่าอย่างรวดเร็วได้ดี เหมาะสำหรับต่อใช้งานร่วมกับทรานสดิวเซอร์ได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ นอกจากนี้จุดที่น่าสังเกตอีกจุดหนึ่งก็คือ จำนวนซ้อนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดัน นั่นหมายถึงว่า จำนวนขดน้อยที่ความดันต่ำและมากที่ความดันสูง

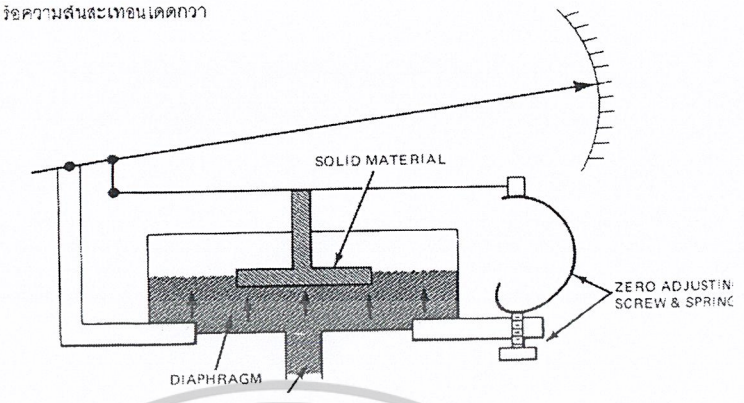
รูปที่ 2.18 บูร์ดองแบบขดซ้อน

2.5.4 ไดอะแฟรม (Diaphragm)

ไดอะแฟรมอาจเป็นแผ่นโลหะหรือสารสังเคราะห์ ที่มีลักษณะกลมบางโดยอาจเป็นแผ่นเรียบ (flat type) หรือเป็นลอน (corrugate type) ก็ได้ หากถามว่าแล้วทั้งสองแบบนี้มีข้อแตกต่างกันอย่างไร คำตอบก็คือ ไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบจะพบมากในทานสดิวเซอร์ชนิดที่เปลี่ยนความดันเป็นสัญญาณไฟฟ้า (electrical pressure transducer) โดยเฉพาะแบบคาปาซิตีฟ และไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบนี้จะให้ระยะการเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับไดอะแฟรมแบบลอน ส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่าแผ่นเรียบ ความเป็นเชิงเส้นและการทนต่อค่าความดันเกินพิกัดก็สามารถทำได้ดีกว่า

หากเราจะเปรียบเทียบกับตัววัดแบบบูร์ดองแล้ว แบบไดอะแฟรมจะให้ระยะการเคลื่อนที่และความไวในการวัดน้อยกว่าตัววัดแบบบูร์ดอง แต่สามารถทนต่อความดันที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเป็นช่วง ๆ หรือความสั่นสะเทือนได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรม

2.5.5 สวิตซ์ความดัน (Pressure Switch)

สวิตซ์ความดันเกี่ยวข้องกับไดอะแฟรมได้อย่างไร คำตอบก็คือค่า สวิตซ์แบบนี้การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของหน้าสัมผัสจะอาศัยการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรมช่วยในการทำงาน

สวิตซ์ความดันส่วนใหญ่ทำงานโดยอาศัยการเปลียนแปลงความดันลมหรือน้ำมัน(ใช้กับระบบนิวแมติกส์หรือไฮดรอลิกส์) ในสภาวะปกติเมื่อยังไม่มีความดันหรือความดันที่หมายเลข 14 ต่ำกว่าแรงของสปริง หน้าสัมผัส 1 จะต่อกับ 2 แต่เมื่อไรก็ตามที่ความดันมีค่ามากกว่าแรงของสปริงจะทำให้ไดอะแฟรมยกตัวดันแกนไปเปลี่ยนตำแหน่งของหน้าสัมผัส คือ 1 จะต่อกับ 4

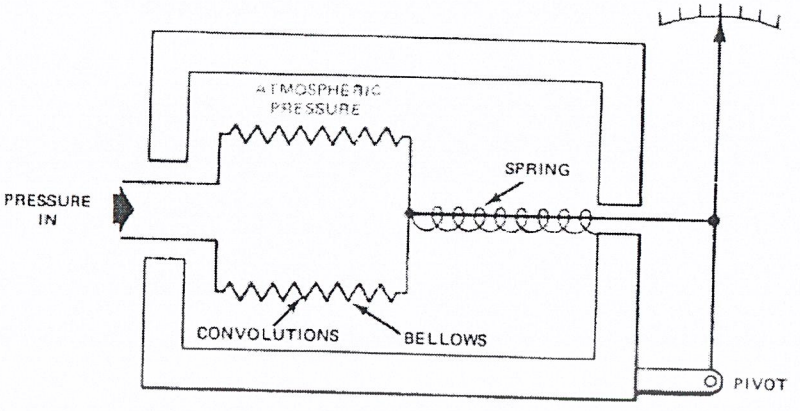
2.5.6 ชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความจุ

อุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบนี้จะมีขั้วไฟฟ้า (electrode) อยู่ 2 ขั้ว และแผ่นไดอะแฟรม การเบี่ยงเบนหรือเปลี่ยนตำแหน่งของแผ่นไดอะแฟรมอันเนื่องมาจากความดันนั้น จะเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (capacitance)

2.5.7 เบลโลว์ (Bellow)

เบลโลว์ เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความดันที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกันกับแบบบูร์ดอง คือ เปลี่ยนความดันมาเป็นการเคลื่อนที่ โดยมีโครงสร้างของตัววัดเป็นรูปทรงกระบอกบาง กลวง ปลายข้างหนึ่งเปิดผนังมีลักษณะเป็นลูกฟูกเพื่อให้สามารถยืดหดตัวได้เมื่อได้รับความดัน ดังแสดงด้วยรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 เบลโลว์

จากรูปที่ 2.20 เมื่อป้อนความดันเข้าทางด้านซ้ายมือความดันจะทำให้เบลโลว์เกิดการยืดตัวออกดันให้เข็มเคลื่อนที่ชี้บอกค่าที่สเกลตามขนาดของความดัน เบลโลว์เป็นตัววัดที่ดีมากสำหรับความดันค่าต่ำ ๆ หรือสูญญากาศ โดยปกติย่านการใช้งานจะอยู่ในช่วงประมาณ 0 ถึง 1.5 bar หรือ 0 ถึง 45 psi

เนื่องจากคุณสมบัติของเบลโลว์มีขนาดเล็ก ให้การเคลื่อนที่และส่งแรงขับให้กับอุปกรณ์อ่านค่าหรือควบคุมที่ความดันต่ำ ๆ ได้ดีกว่าตัววัดแบบอื่นๆ จึงเหมาะที่จะใช้งานร่วมกับทรานสดิวเซอร์ชนิดอื่น ๆ รวมทั้งอุปกรณ์ควบคุมประเภทนิวแมติกส์ ดังจะได้ยกตัวอย่างในลำดับต่อไปนี้

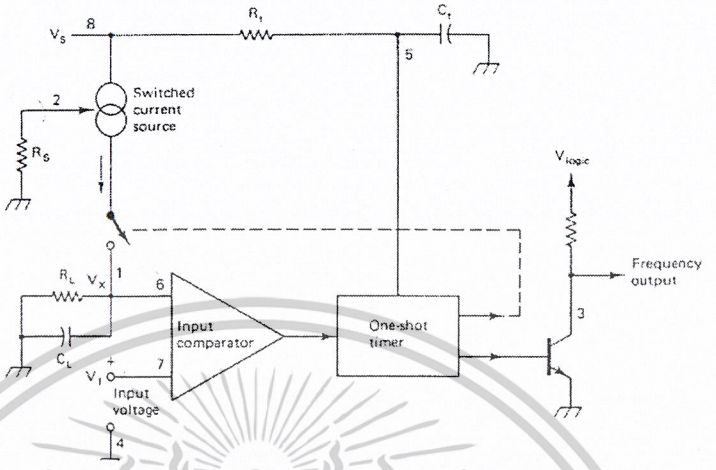
จากรูปเป็นการประยุกต์ใช้เบลโลว์ร่วมกับทรานสดิวเซอร์แบบสเตรนเกจตรวจวัดความดันโดยใช้แขนรับแรง (Cantilever) ตรวจจับการเคลื่อนที่ของเบลโลว์อันเนื่องมาจากความดัน และแขนที่รับแรงนี้เองจะติดตั้งสเตรนเกจเพื่อตรวจวัดความเครียดแล้วเทียบออกมาเป็นความดันอีกทีหนึ่งซึ่งถือว่าเป็นการวัดความดันแบบทางอ้อมนั่นเอง

จากตัวอย่างที่ผ่านมาไม่ว่าจะใช้เบลโลว์ตรวจวัดความดันโดยตรงหรือวัดทางอ้อม (ใช้ร่วมกับทรานสดิวเซอร์ชนิดอื่น) เราจะเห็นว่าเป็นการวัดความดันเพียงค่าเดียว ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเบลโลว์ก็สามารถที่จะใช้วัดความดันสองค่าหรือความดันแตกต่างได้

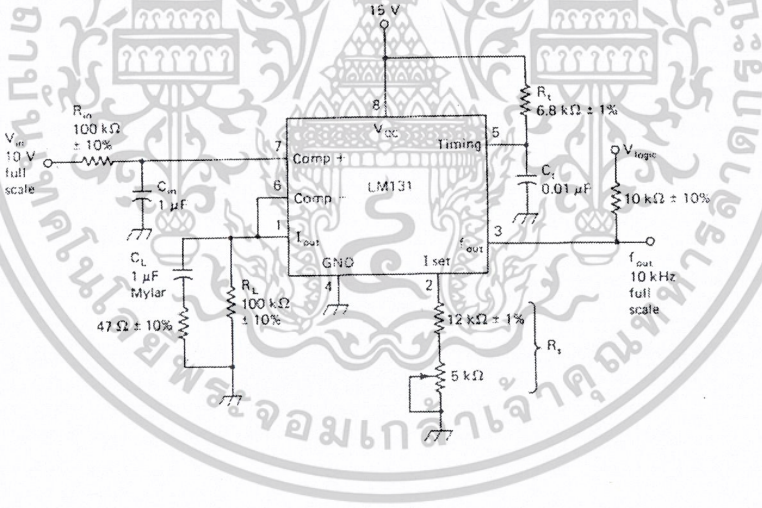
ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นว่าเบลโลว์นั้นสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมในระบบนิวแมติกส์ได้ ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างสักตัวอย่างหนึ่งก็คือ การนำเอาเบลโลว์มาใช้ทำเป็นโหมดการควบบคุมแบบพี (Proportional Control Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่



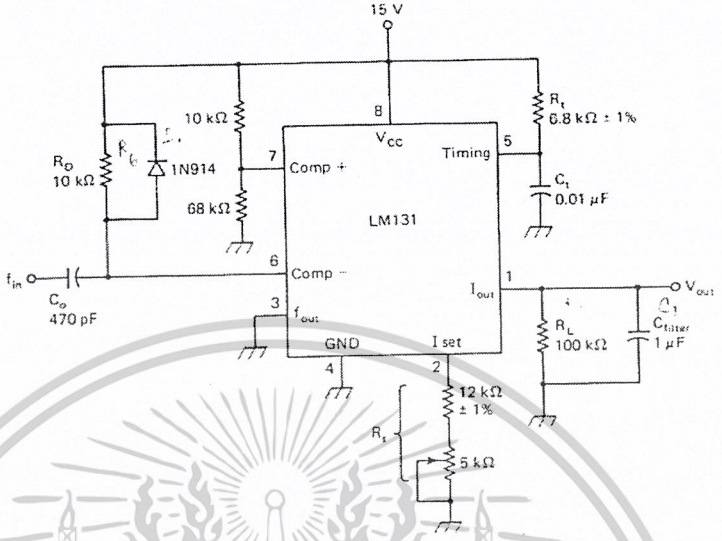
รูปที่ 2.21 แผงผังไดอะแกรมพื้นฐานของการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่



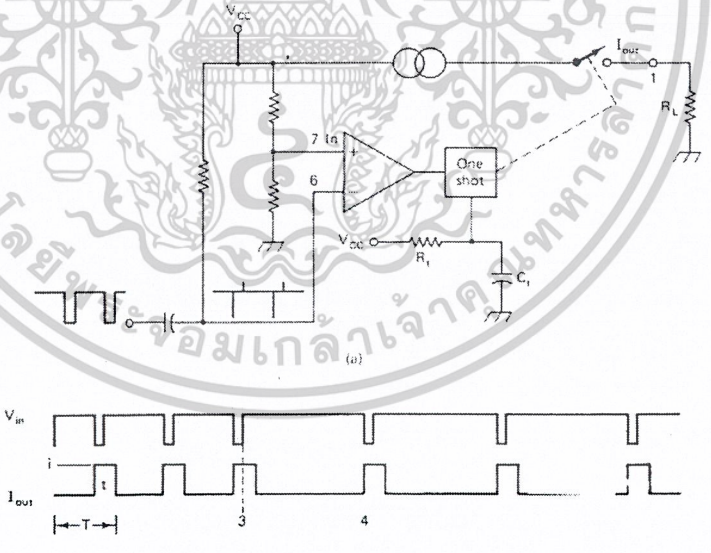
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า



รูปที่ 2.23 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า



รูปที่ 2.24 การต่อใช้งานของวงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การทำงาน และการสร้าง

วงจรที่ใช้จัดทำชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์สำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แก่ โมดูลภาคจ่ายไฟ โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็น แรงเคลื่อนไฟฟ้า

3.1 โมดูลภาคจ่ายไฟฟ้า

วงจรภาคจ่ายไฟฟ้านับเป็นวงจรที่มีความสำคัญมากเนื่องจากหากวงจรภาคจ่ายไฟไม่มีเสถียรภาพในการทำงาน ก็อาจประสบปัญหาต่างๆ มากมาย ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับวงจรส่วนนี้ด้วย โดยในโครงงานนี้ ภาคจ่ายไฟถูกออกแบบให้สามารถจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 5 ระดับ ดังนี้

1) แรงเคลื่อนไฟฟ้า +5 โวลต์
2) แรงเคลื่อนไฟฟ้า -5 โวลต์
3) แรงเคลื่อนไฟฟ้า +12 โวลต์
4) แรงเคลื่อนไฟฟ้า –12 โวลต์
5) แรงเคลื่อนไฟฟ้า +15 โวลต์
6) แรงเคลื่อนไฟฟ้า -15 โวลต์
7) แรงเคลื่อนไฟฟ้าปรับค่าได้ 0 – 5 โวลต์

3.1.1 ขั้นตอนการออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ

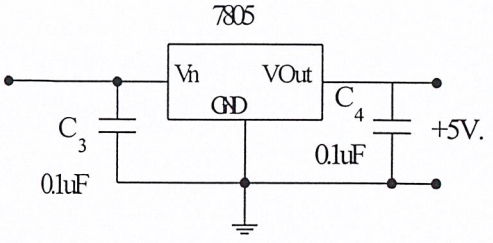
1) ใช้หม้อแปลง เพื่อลดระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า จาก 220 โวลต์ เหลือแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 โวลต์

2) ใช้ไดโอดบริดจ์ เพื่อทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้า

3) ใช้ ไอซีเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7805 เพื่อจำกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาต์พุตให้ได้ 5 โวลต์

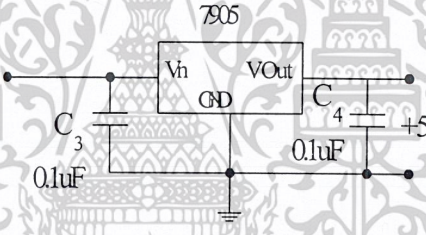
โดยเลือกใช้ไอซี 7805 มีขาใช้งานทั้งหมด 3 ขา คือ ขา Vin ,ขา GND และขา Vout จากรูปที่ 3.1 ตัวเก็บประจุ C_3 และ C_4 ต่อไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



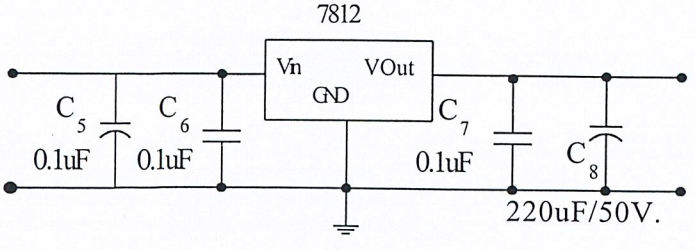
รูปที่ 3.1 วงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ ไอซีเบอร์ 7805

4) ใช้ ไอซีเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7905 เพื่อจำกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาต์พุตให้ได้ -5 โวลต์ โดยเลือกใช้ไอซี 7905 มีขาใช้งานทั้งหมด 3 ขา คือ ขา Vin ,ขา GND และขา Vout จากรูปที่ 3.2 ตัวเก็บประจุ C_3 และ C_4 ต่อไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน



รูปที่ 3.2 ตัวเก็บประจุ C_3 และ C_4 ต่อไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

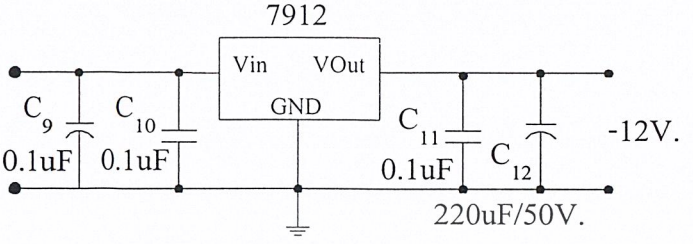
5) ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7812 เพื่อจำกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาต์พุตให้ได้ 12 โวลต์ โดยไอซี 7812 มีขาใช้งานทั้งหมด 3 ขา คือ ขา Vin ,ขา GND และขา Vout จากวงจรรูปที่ 3.3 ตัวเก็บประจุ 0.1 และ250 ไมโครฟารัด ใส่ไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน



รูปที่ 3.3 วงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7812

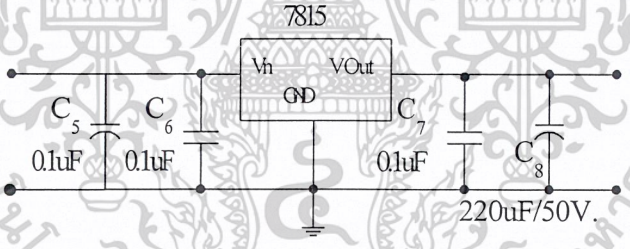
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7912 โดยวงจรนี้มีลักษณะเหมือนกับวงจรที่แล้ว เพียงแต่เปลี่ยนมาใช้ไอซีเบอร์ 7912 เท่านั้น



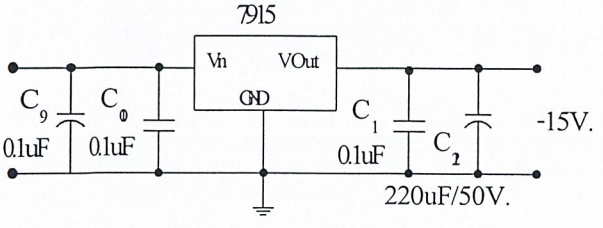
รูปที่ 3.4 วงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7912

7) ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7815 เพื่อจำกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาต์พุตให้ได้ 12 โวลต์ โดยไอซี 7812 มีขาใช้งานทั้งหมด 3 ขา คือ ขา Vin ,ขา GND และขา Vout จากวงจรรูปที่ 3.5 ตัวเก็บประจุ 0.1 และ250 ไมโครฟารัด ใส่ไว้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน



รูปที่ 3.5 วงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7815

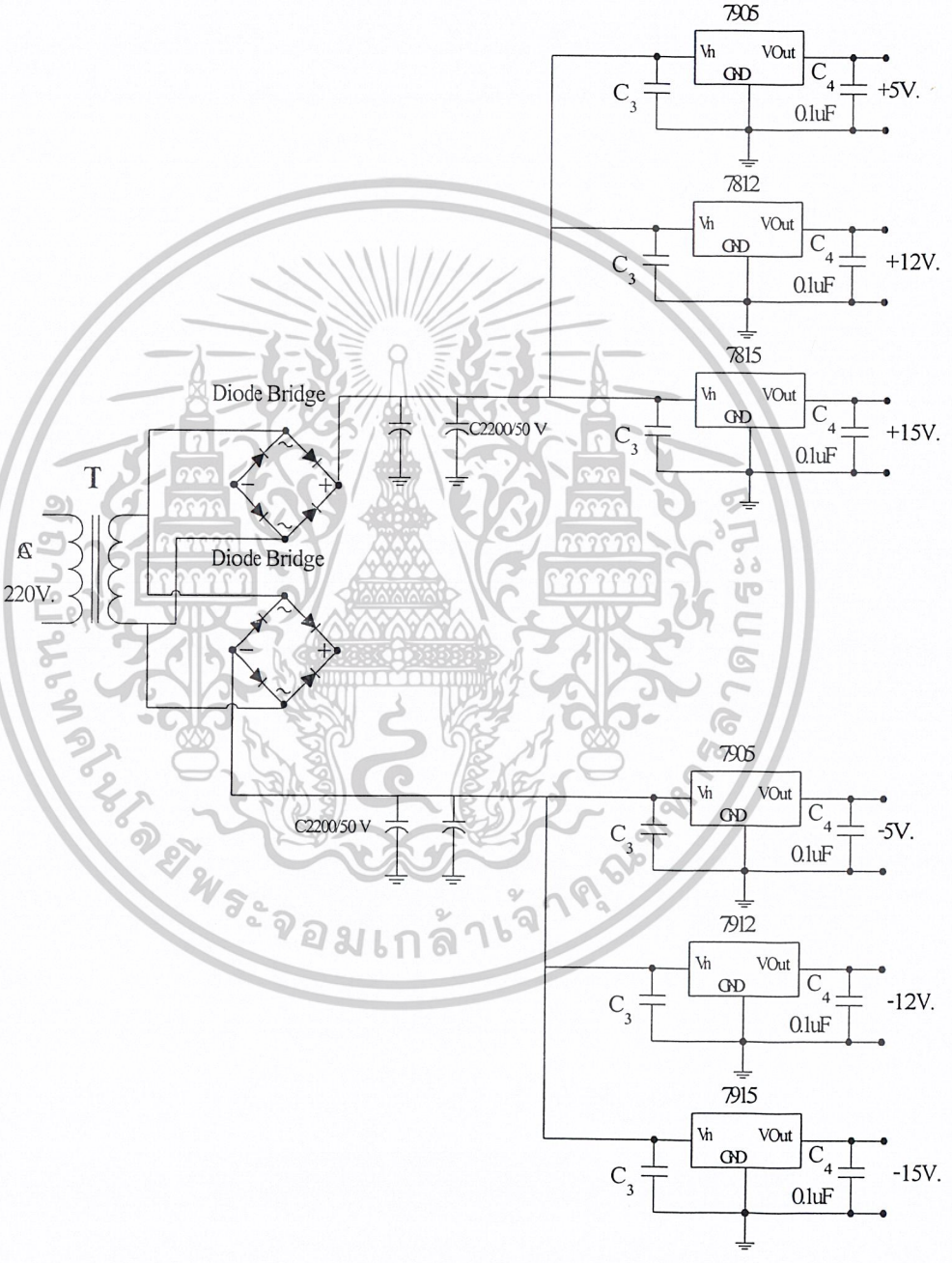
8) ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7915 โดยวงจรนี้มีลักษณะเหมือนกับวงจรที่แล้ว เพียงแต่เปลี่ยนมาใช้ไอซีเบอร์ 7912 เท่านั้น



รูปที่ 3.6 วงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7915

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) วงจรปรับระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 0-5 โวลต์ เพื่อความประหยัดเนื่องจากมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 5 โวลต์ อยู่แล้ว การปรับค่าก็เพียงแต่ใส่ตัวต้านทานปรับค่าได้เข้าไป ก็จะสามารถปรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้

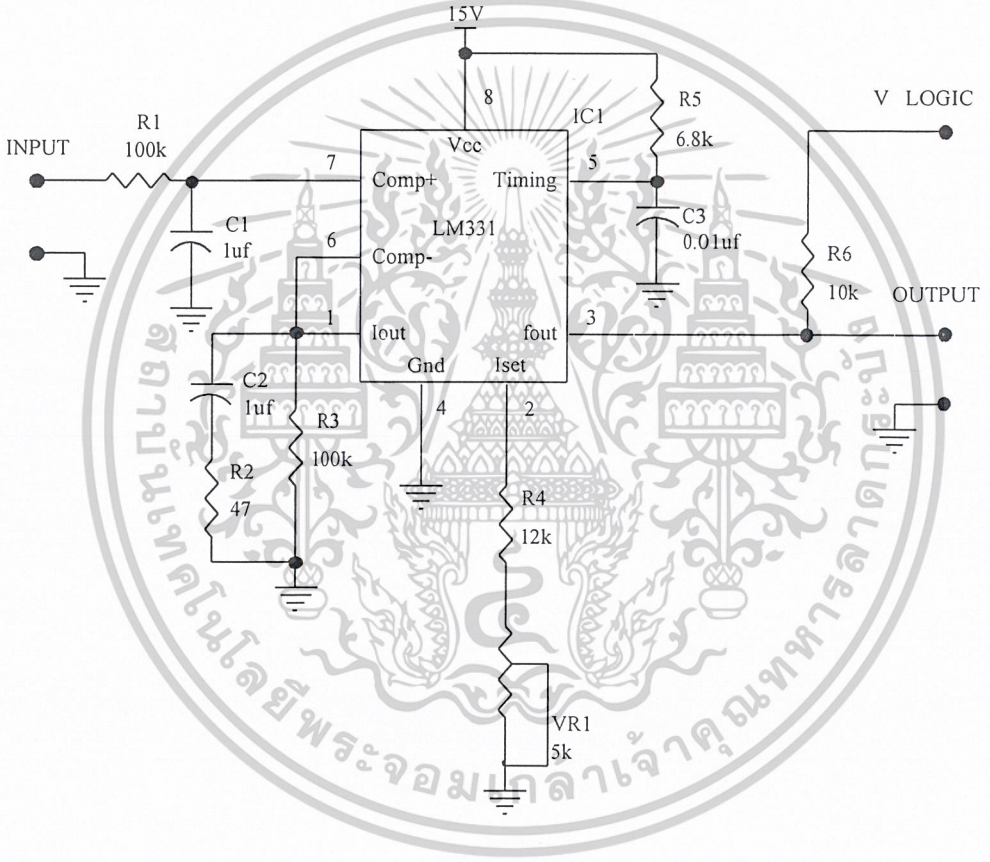


รูปที่ 3.7 วงจรรวมแหล่งจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ (Voltage–to–Frequency Conversion)

การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ โดยใช้ไอซี LM331 เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่โดยค่าที่ได้ จะออกมาในรูป Square wave full scale ที่ 10 KHz อินพุต 10 โวลท์ ใช้ไฟเลี้ยงวงจรขนาด+ 15 Vและ –15 V โดยมีรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ไฟเลี้ยงวงจรขนาด+ 15 Vและ –15 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

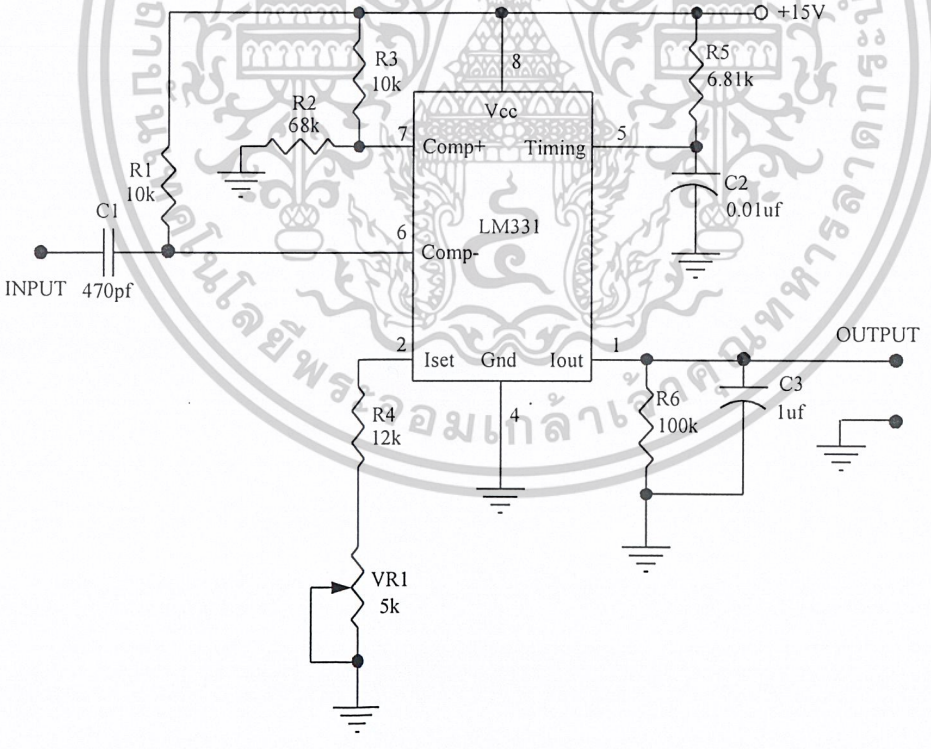
3.2.1 การปรับแต่ง

การออกแบบวงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่นี้ ในปรับแต่งโดยการค่าที่ VR1 เพื่อให้ค่า เอาพุทต์ที่ต้องการ และการวัดต้องความถี่ที่ทางด้านเอาพุทต์ต้องป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 5 V ที่ V LOGIC เพื่อออสซิโลสโคบวัดรูปคลื่น Square wave full scale

3.3 การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Frequency –to– Voltage Conversion)

การแปลงสัญญาณความถี่ เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า โดยใช้ไอซี LM331 ใช้ไฟเลี้ยงวงจรขนาด

+ 15 Vและ –15 V เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยค่าที่ได้ จะออกมาในรูปแรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่ 10 KHz อินพุต 10 โวลท์ โดยมีรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

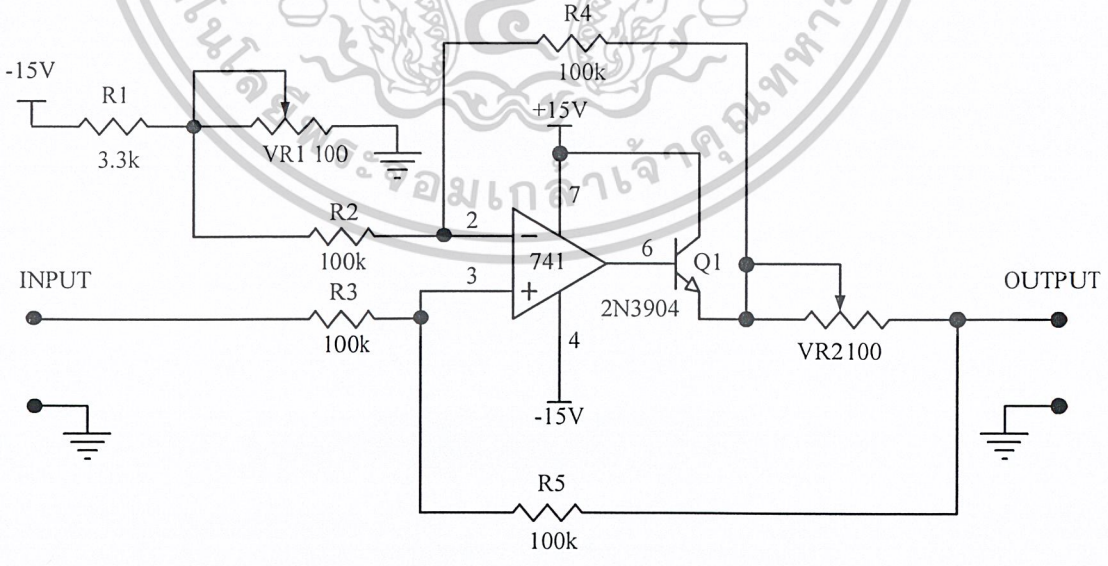
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การปรับแต่ง

การแปลงสัญญาณความถี่ เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระทำได้เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าตรงเท่านั้น C1 มีไว้เพื่อกรองแรงเคลื่อนไฟฟ้า การปรับแต่งกระทำได้โดย ที่ VR1 เพื่อให้ค่า เอาพุทต์ที่ต้องการ

3.4 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (Voltage –to– Current Conversion)

โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า เป็นวงจรการต่อขับโหลดที่ต่อลงกราวด์ โดยที่ต้องขับกระแสไฟฟ้าที่ต่อลงกราวด์ ต้องใช้ความแตกต่างของตัวต้านทานที่เท่ากันหมด ซึ่งทำให้อัตราขยายเป็น 1 ถ้าอัตราขยายกระแสไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุตของออปแอมป์ ต้องใช้ทรานซิสเตอร์ 1 ตัว ต่อเพิ่มระหว่างเอาท์พุตของออปแอมป์ โดยในวงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า ใช้ออปแอมป์เบอร์ 741 โดยในวงจรนี้ต้องปรับแต่ง zero และ span เพราะอัตราขยายกระแสไฟฟ้าเกินกว่าความสามารถอาจจะทำได้ จากวงจรเลือกใช้ตัวต้านทานค่า 100 กิโลโอห์ม เพื่อทำให้การโหลดค่าของ ein และ e1 น้อยที่สุดใช้ไฟเลี้ยงวงจรขนาด + 15 Vและ – 15 V โดยมีวงจรดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.10 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การปรับแต่ง

การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า สามารถปรับแต่งดังนี้

1) ค่า zero และ span ปรับที่ VR1 โดยจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าอ้างอิงที่ –15 V เพื่อปรับค่า zero และ span ตามที่ต้อง

2) VR1 ใช้เพื่อปรับค่าอัตราขยายทางเอาพุทต์ที่ต้องการ

3.5 การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็น แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Current –to– Voltage Conversion)

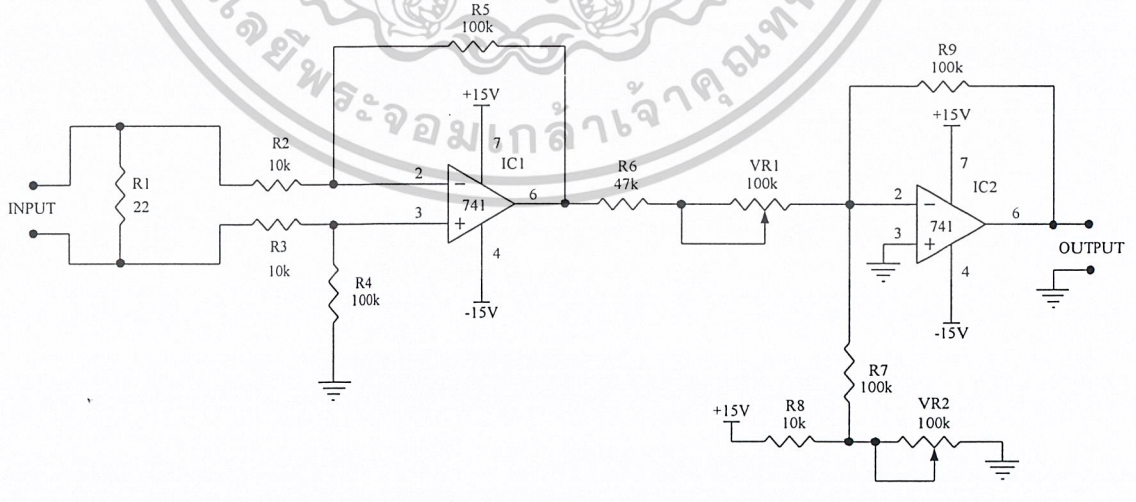
โมดูลการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็น แรงเคลื่อนไฟฟ้า เป็นวงจรการต่อขับโหลดที่ต่อลงกราวด์ โดยที่ต้องขับกระแสไฟฟ้าที่ต่อลงกราวด์ เพื่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าก่อนที่จะเข้าออปแอมป์ เพื่อให้ขยายแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและ ออปแอมป์ตัวที่ 2 ใช้ลดอัตราการขยาย โดยทางด้านเอาท์พุตจะมีค่าสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐาน 0 ถึง 5 โวล์ท โดยออปแอมป์ที่ใช้เบอร์ 741 ดังวงจรด้านล่างนี้

3.5.1 การปรับแต่ง

การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า สามารถปรับแต่งดังนี้

1) ค่า zero และ span ปรับที่ VR2 โดยจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าอ้างอิงที่ +15 V เพื่อปรับค่า zero และ span ตามที่ต้อง

2) VR1 ใช้เพื่อปรับค่าอัตราขยายทางเอาพุทต์ที่ต้องการ

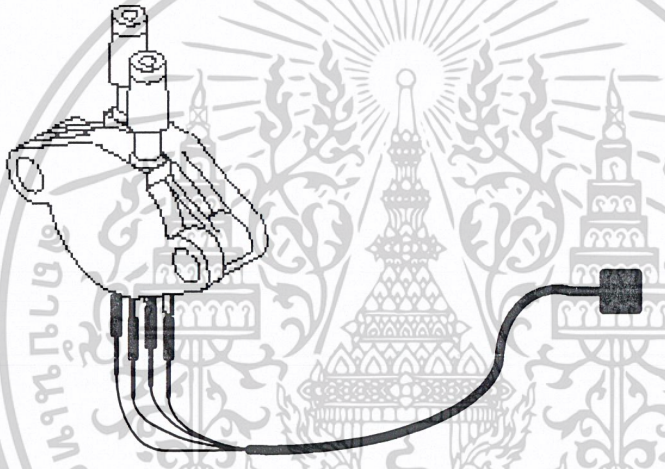


รูปที่ 3.11 การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 โมดูลการตรวจวัดความดัน (Pressure Sensor Module)

โมดูลการตรวจวัดความดัน อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในโมดูลนี้ ใช้เซนเซอร์แบบรวมชุด ซึ่งข้างในตัวเซนเซอร์เป็นชนิดไดอะแฟรม ที่ให้เอาท์พุทเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ค่าที่ได้มีความเป็นเชิงเส้น เซนเซอร์ตัวนี้เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทโมโตโรล่า รุ่น MPX10 ซึ่งสามารถวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 0 - 10 กิโลปาสคาล ให้เอาท์พุตที่ 20 – 80 มิลลิโวลท์ โดยในโมดูลนี้ จะมีอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันเพื่อเปรียบเทียบคือ เบลโลว์ เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของอุปกรณ์ตรวจวัดความดัน โดยเบลโลว์ที่ใช้สามารถตรวจวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 0 – 15 กิโลปาสคาล ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.12 เซนเซอร์แบบรวมชุด รุ่น MPX10

3.6.1 การปรับแต่ง

1) สีแดง กำหนดให้เป็น สายไฟเลี้ยงตัวเซนเซอร์

2) สีดำ กำหนดให้เป็น สายกราวด์

3) สีเขียว กำหนดให้เป็น สายสัญญานเอาพุทต์ บวก

4) สีขาว กำหนดให้เป็น สายสัญญานเอาพุทต์ ลบ

การปรับแต่งโดยการจ่ายไฟเลี้ยงตัวเซนเซอร์ ขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า 5 โวลต์ แล้วป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเข้าที่ด้านบนของตัวเซนเซอร์ เมื่อมีปริมาตรความดันลมมากค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีมากตามไปด้วย

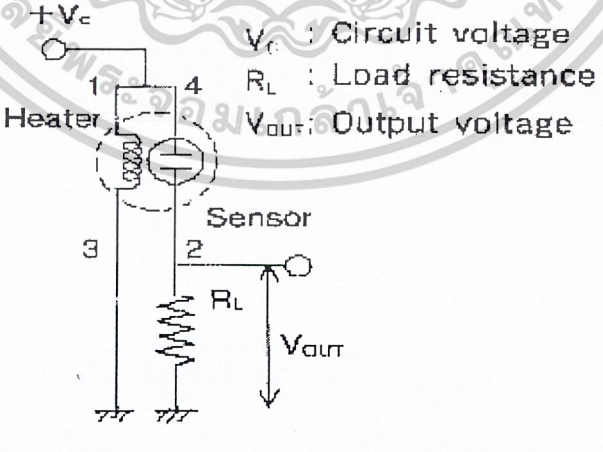
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โมดูลการตรวจจับแก๊ส (Gas Sensor Module)

โมดูลการตรวจจับแก๊ส ตัวเซนเซอร์ที่ใช้ในโมดูลนี้ เป็นเซนเซอร์ที่ใช้หลักการฟิล์มหนาของ ไซแมเร็ก เป็นแก๊ซเซนเซอร์ชนิดใหม่ที่ใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำ โดยจะประกอบด้วยฟิล์มเป็นชั้นบาง ๆ หลาย ๆ ชั้น แก๊ซเซนเซอร์ตัวนี้ทำมาจากสารกึ่งตัวนำมีหลักการคือ ตัวเซนเซอร์จะถูกทำให้เกิดความร้อนเมื่อมีแก๊ซเข้ามากระทบผิวของฟิล์มจะทำให้ความต้านทานทางไฟฟ้าปรากฏค่าขึ้นค่าหนึ่ง จากหลักการดังกล่าวเราสามารถนำค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นโดยการต่อตัวต้านทานเข้าที่ขา 2 ของเซนเซอร์ โดยค่าที่ได้จะเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ R ตัวนั้น สามารถนำไปใช้งานได้

การทดสอบวงจรเพื่อนำไปใช้งานจากรูป เมื่อขา 1 และขา 3 ต่อเข้าที่ตัวทำความร้อน ขา 2 และ ขา 4 จะต่อเข้ากับส่วนของเซนเซอร์โดยเซนเซอร์ตัวนี้ จะใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าคงที่ที่ 5 โวลท์ เมื่อตัวเซนเซอร์พบแก๊ซ ความต้านทานของตัวเซนเซอร์จะลดลงทันที ทำให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่มขึ้น THICK FILM GAS SENSOR เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งซึ่งนำไปใช้ในงานประเภทเซ็นเซอร์ก๊าซ อุปกรณ์ชนิดนี้จะมีคุณภาพสูง

อุปกรณ์ก๊าซเซ็นเซอร์ชนิดนี้จะมีฐานรอง (Substrate) ซึ่งมีชั้นของเซรามิคที่มีลักษณะเป็นรูพรุนเล็ก ๆ ปกคลุมอยู่จะใช้สำหรับป้องกันฝุ่นละออง ม สสารต่าง ๆ หรือก๊าซที่ไม่พึงปรารถนา นอกจากนั้นยังมี Micro heater และตัวเซ็นเซอร์เชื่อมต่ออยู่กับฐานรอง (Substrate) Micro heater จะใช้เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่จะทำให้ตัวเซ็นเซอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.13 วงจรการตรวจจับแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่3.11 แสดงตำแหน่งขาและวงจรภายในของ gas sensor AF – series ซึ่งจะเห็นว่าวงจรภายในจะประกอบด้วย heater และตัว Sensor และจากรูปที่ 2 เป็นวงจรพื้นฐานที่จะนำไปต่อใช้งานขา 1 กับขา 3 จะต่อกับส่วนของ heater และขา 2 กับขา 4 จะต่อกับส่วนอง sensor ซึ่ง gas sensor AF series นี้จะมีเสถียภาพ ที่ดีเมื่อใช้งานที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า Vc มีค่าเท่ากับ 5 V จากรูปที่ 2 เมื่อมีก๊าซมาตกกระทบบริเวณตัวเซ็นเซอร์ จะทำให้ความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์มีค่าลดลง ค่าความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์ (Rs) สามารถคำนวณได้จากแรงเคลื่อนไฟฟ้าเอ้าท์พุท (Vout) ตามสูตร

$$Rs = \frac{Vc \quad Vout}{Vout} RL \qquad (3.1)$$

ความไวสามารถหาได้จาก

$$\text{Sensitivity} = \frac{R_{GAS}}{R_{AIR}} \qquad (3.2)$$

โดยที่

R_{GAS} : ความต้านทานของตัว Sensor (R_s) ในขณะที่อยู่ในบรรยากาศที่มีความหนาแน่นของก๊าซอยู่

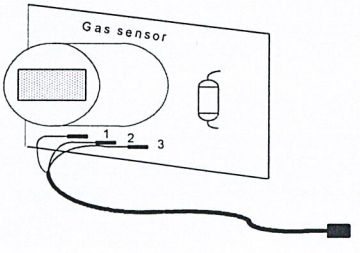
R_{AIR} : ความต้านทานของตัว Sensor (R_S) ในขณะที่อยู่ในบรรยากาศที่สะอาด บริสุทธิ์ ไม่มีก๊าซผสมอยู่

3.7.1 การปรับแต่ง

1) สีแดง กำหนดให้เป็น สายไฟเลี้ยงตัวเซนเซอร์

2) สีดำ กำหนดให้เป็น สายกราวด์

3) สีน้ำเงิน กำหนดให้เป็น สายสัญญานเอาพุทต์



รูปที่ 3.14 โมดูลการตรวจจับแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

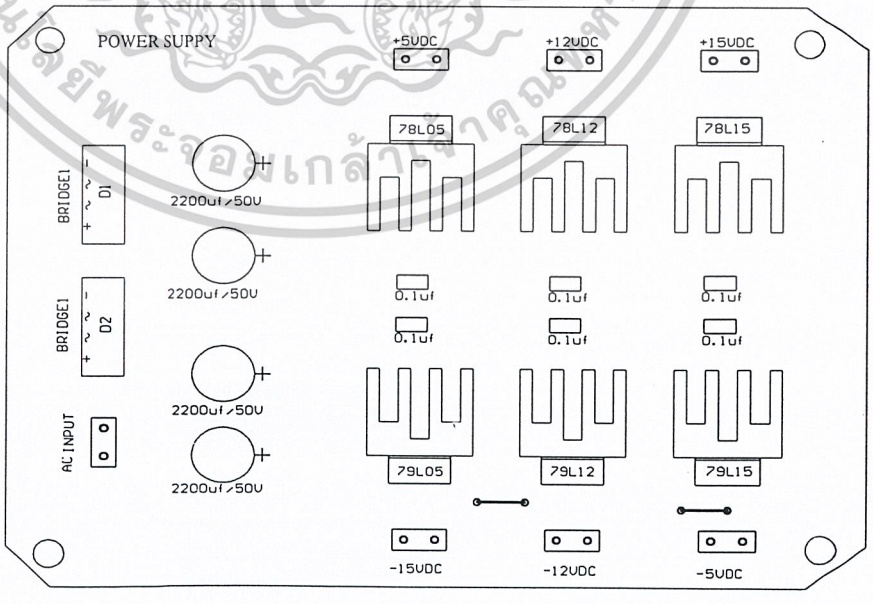
การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึง การทดลอง และผลการทดลอง ของชุดทดลองเซนเซอร์ และ ทรานสดิวเซอร์

4.1 การทดลองโมดูลภาคจ่ายไฟฟ้า

จากบทที่ 3 ได้มีการออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟฟ้า ให้สามารถจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 5 ระดับคือ

1) แรงเคลื่อนไฟฟ้า +5 โวลต์
2) แรงเคลื่อนไฟฟ้า -5 โวลต์
3) แรงเคลื่อนไฟฟ้า +12 โวลต์
4) แรงเคลื่อนไฟฟ้า -12 โวลต์
5) แรงเคลื่อนไฟฟ้า +15 โวลต์
6) แรงเคลื่อนไฟฟ้า -15 โวลต์
7) แรงเคลื่อนไฟฟ้าปรับค่าได้ 0-5 โวลต์

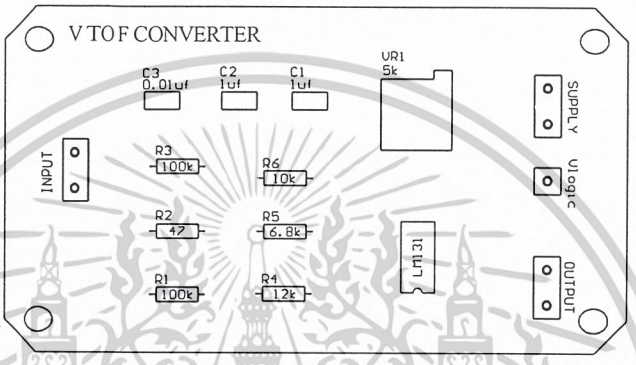


รูปที่ 4.1 โมดูลภาคจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองโมดูลภาคจ่ายไฟฟ้า ปรากฏว่า สามารถจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 7 ระดับ ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ทุกประการ

4.2 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ (Voltage–to–Frequency Conversion)

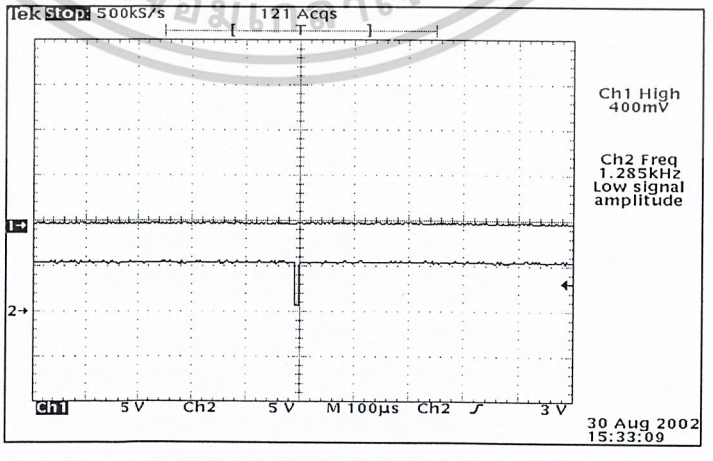


รูปที่ 4.2 โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่

การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ โดยใช้ไอซี LM331 เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่โดยค่าที่ได้ จะออกมาในรูป Square wave full scale โดยแดงดังต่อไปนี้

4.2.1 อินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า

มีขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า 400 mV เอาต์พุตสัญญาณความถี่ ดังรูปที่ 4.3

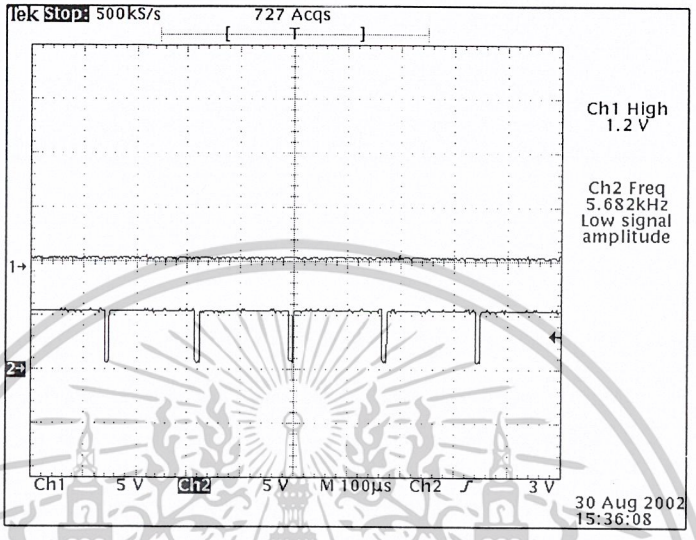


รูปที่ 4.3 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 400 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 อินพุต 1.2 V

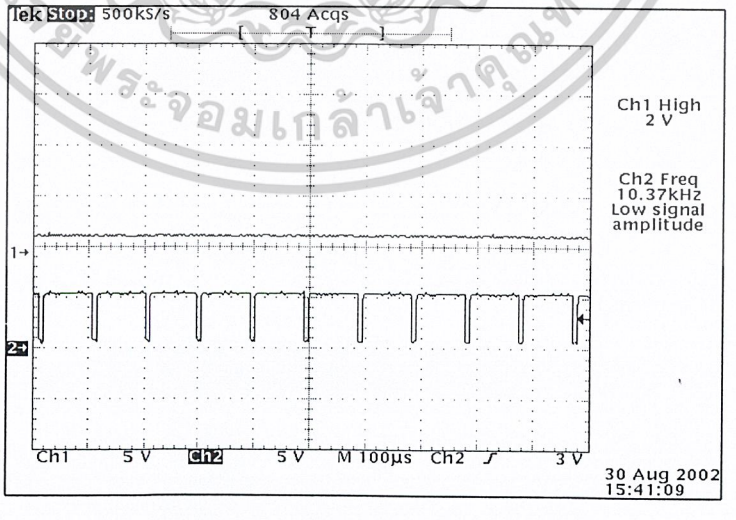
จะมีเอาต์พุตสัญญาณความถี่ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 V

4.2.3 อินพุต 2 V

จะมีเอาต์พุตสัญญาณความถี่ดังรูปที่ 4.5

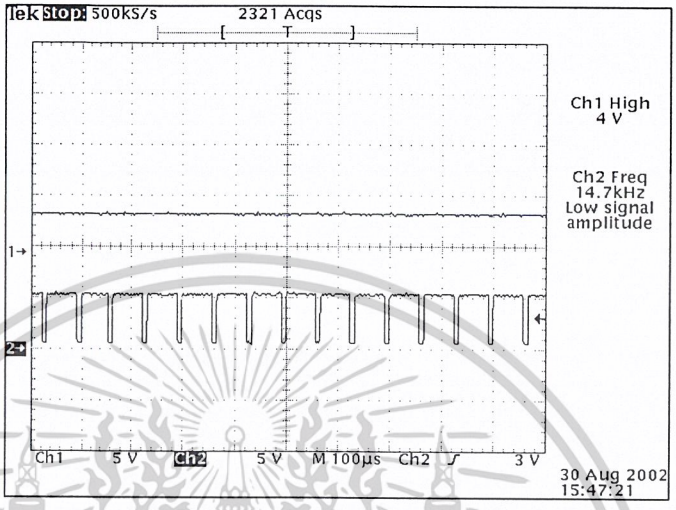


รูปที่ 4.5 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 2 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 อินพุต 4 V

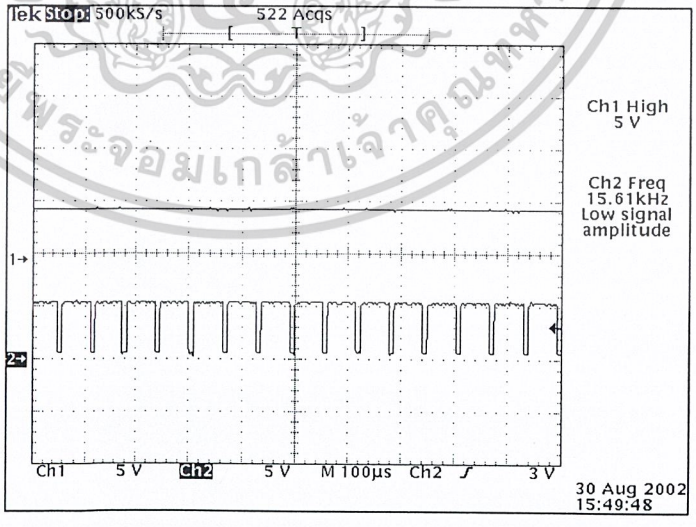
เอาต์พุตสัญญาณความถี่ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 4 V

4.2.5 อินพุต 5 V

จะมีเอาต์พุตสัญญาณความถี่ดังรูปที่ 4.7

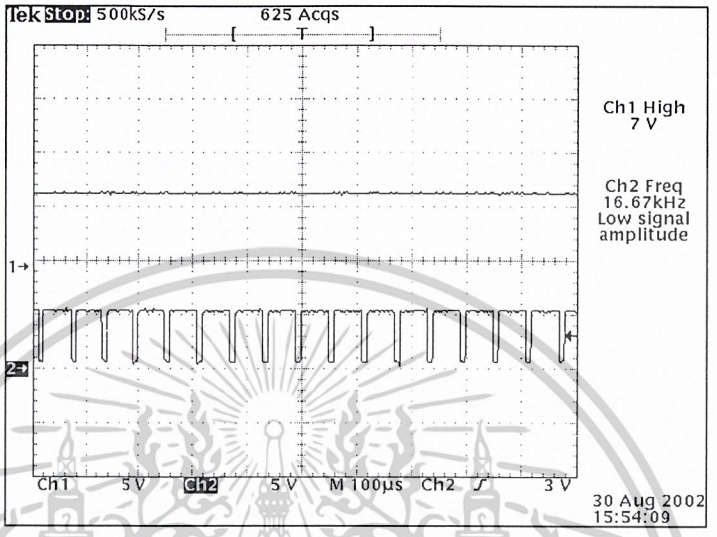


รูปที่ 4.7 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 อินพุต 7 V

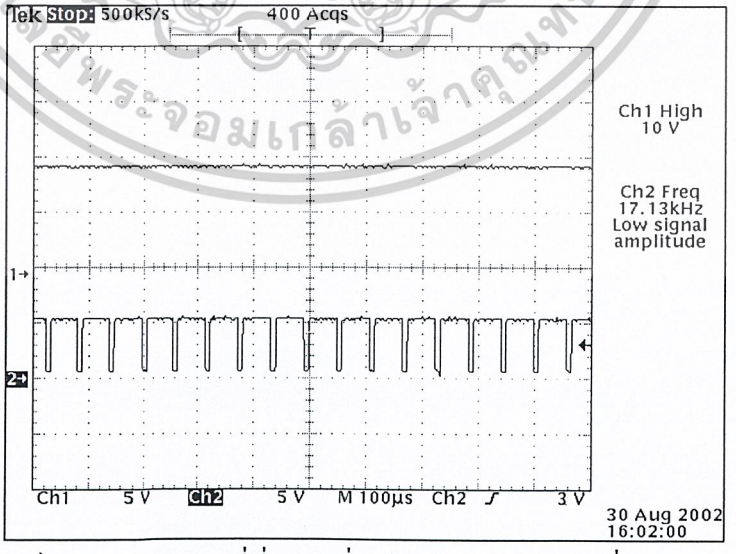
เอาต์พุตสัญญาณความถี่ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 7 V

4.2.7 อินพุต 10 V

เอาต์พุตสัญญาณความถี่ดังรูปที่ 4.9

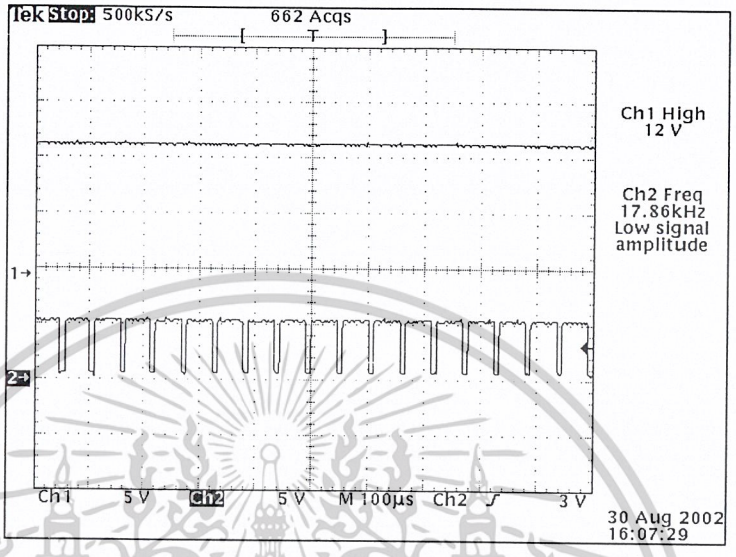


รูปที่ 4.9 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 10 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 อินพุต 12 V

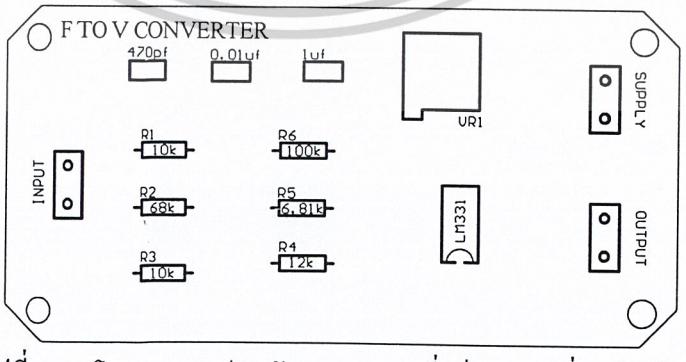
เอาต์พุตสัญญาณความถี่ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 เอาต์พุตสัญญาณความถี่ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต แรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 V

4. 3 การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Frequency –to– Voltage Conversion)

การแปลงสัญญาณความถี่ เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า โดยใช้ไอซี LM331 เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยค่าที่ได้ จะออกมาในรูปแรงเคลื่อนไฟฟ้า โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

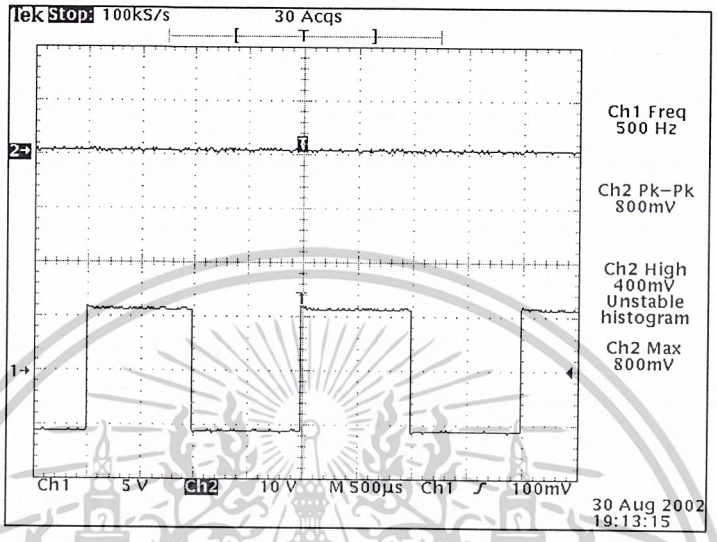


รูปที่ 4.11 โมดูลการแปลงสัญญาณความถี่ เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 อินพุต 500 Hz

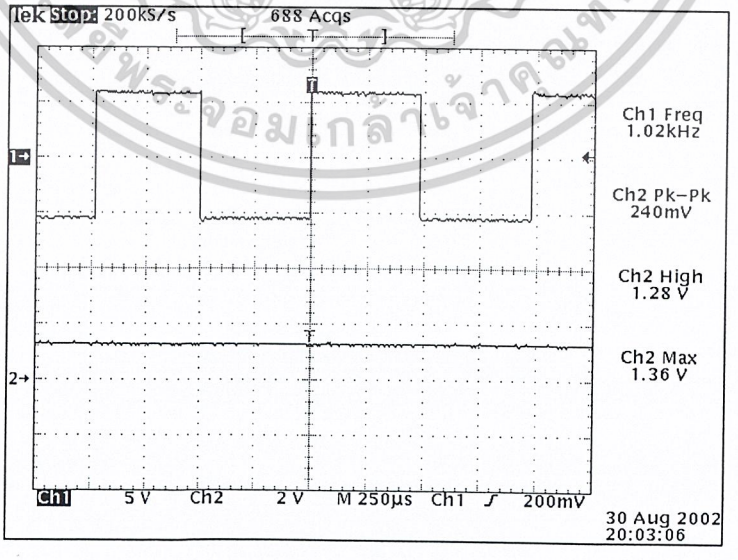
เอาต์พุตดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 500 Hz

4.3.2 อินพุต 1 KHz

เอาต์พุตดังรูปที่ 4.13

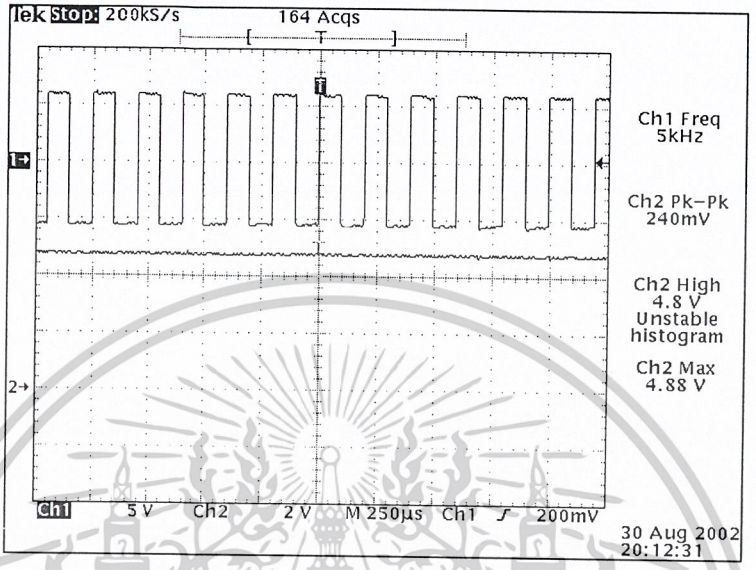


รูปที่ 4.13 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 1 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 อินพุต 5 KHz

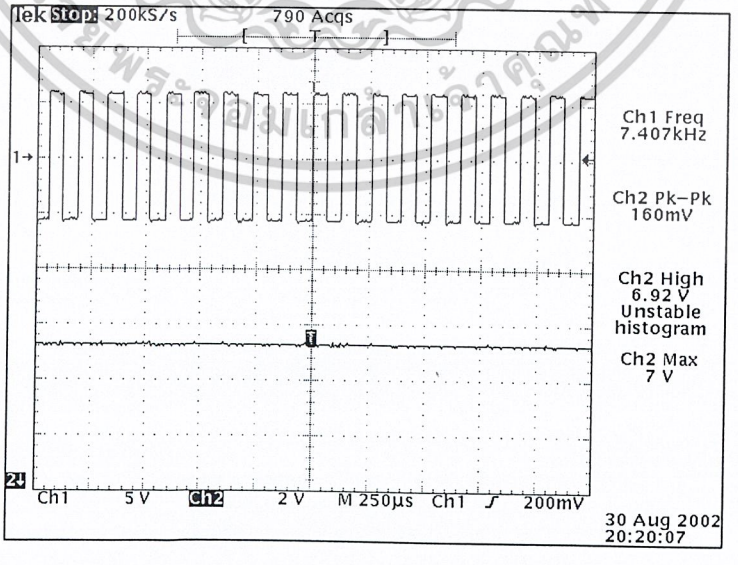
เอาต์พุตดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 5 KHz

4.3.4 อินพุต 7.4 KHz

เอาต์พุตดังรูปที่ 4.15

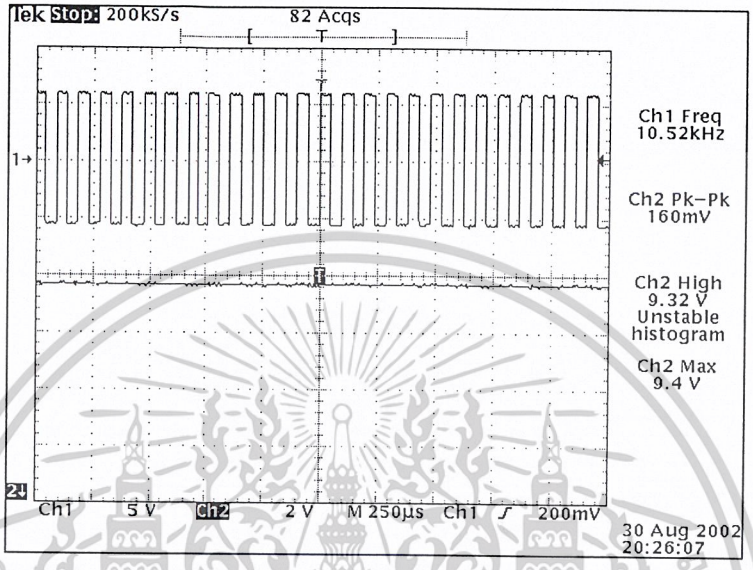


รูปที่ 4.15 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 7.4 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 อินพุต 10 KHz

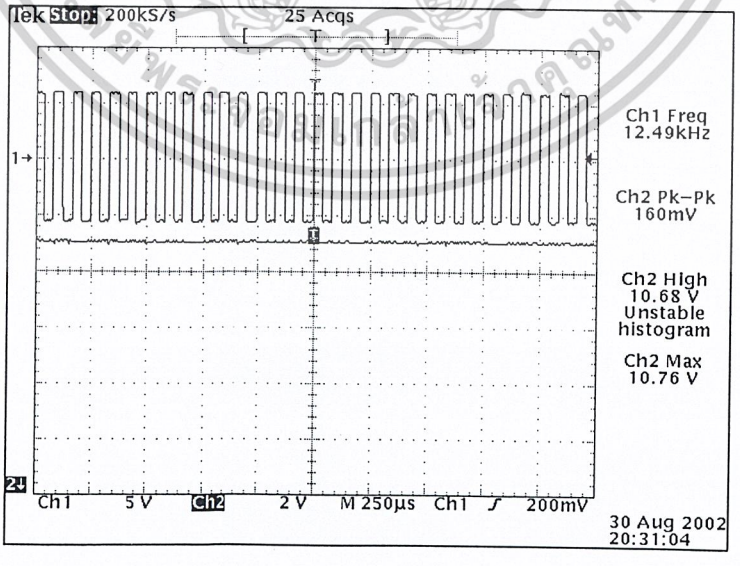
เอาต์พุตดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 10 KHz

4.3.6 อินพุต 12 KHz

เอาต์พุตดังรูปที่ 4.17

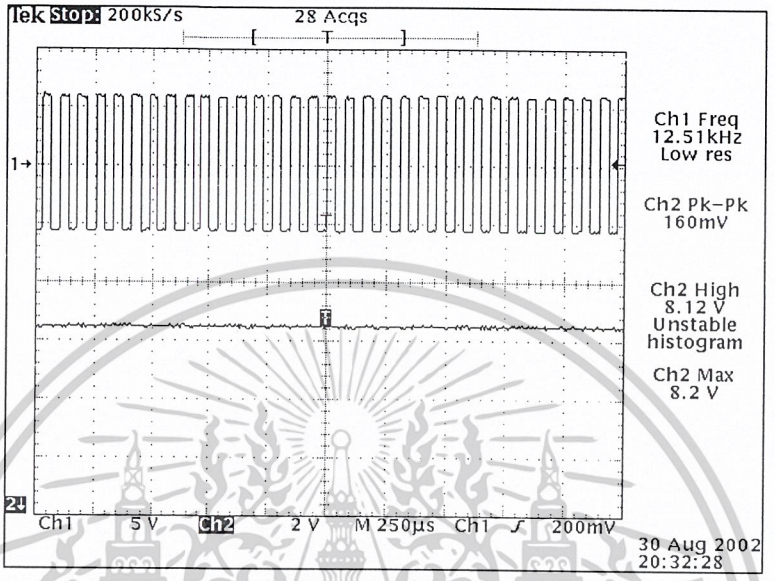


รูปที่ 4.17 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 12 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 อินพุต 12.5 KHz

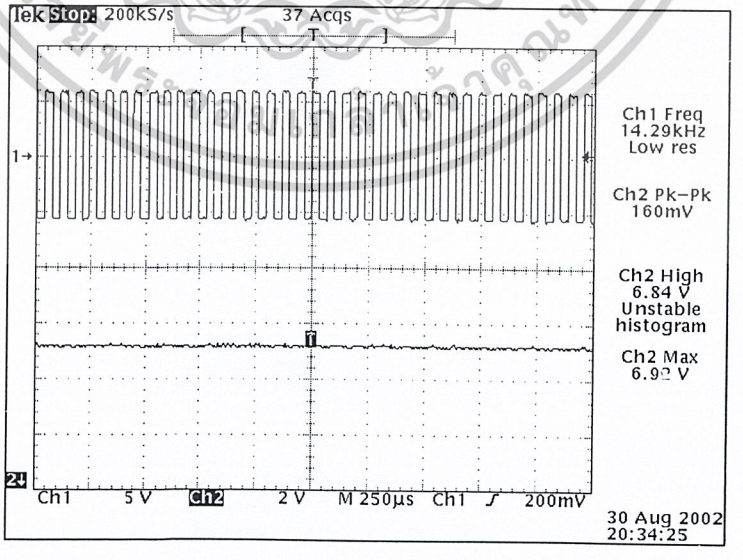
เอาต์พุตดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 12.5 KHz

4.3.8 อินพุต 14.29 KHz

เอาต์พุตดังรูปที่ 4.19

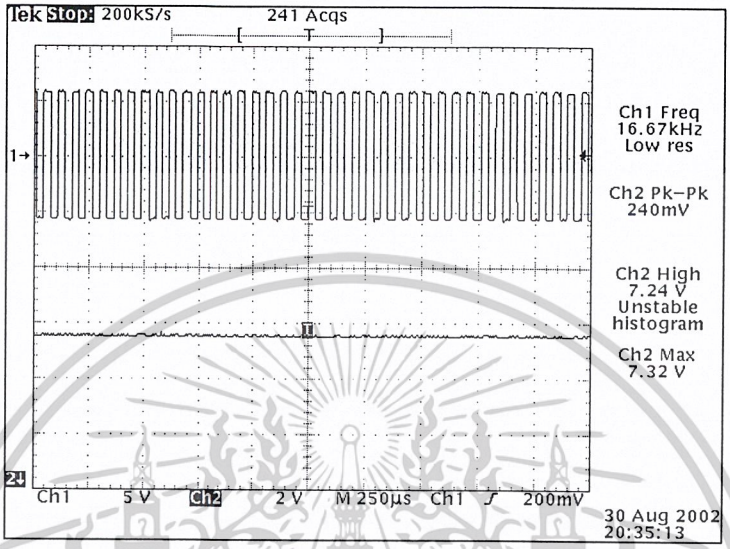


รูปที่ 4.19 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 14.29 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.9 อินพุต 16.67 KHz

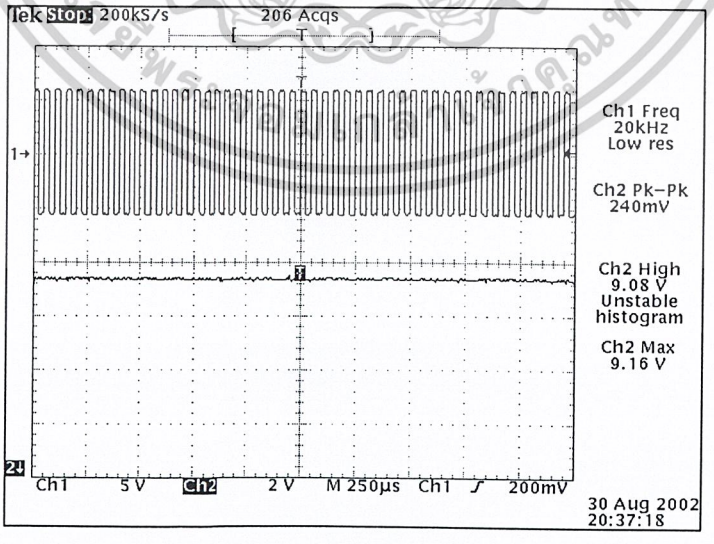
เอาต์พุตดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 16.67 KHz

4.3.10 อินพุต 20 KHz

เอาต์พุตดังรูปที่ 4.21

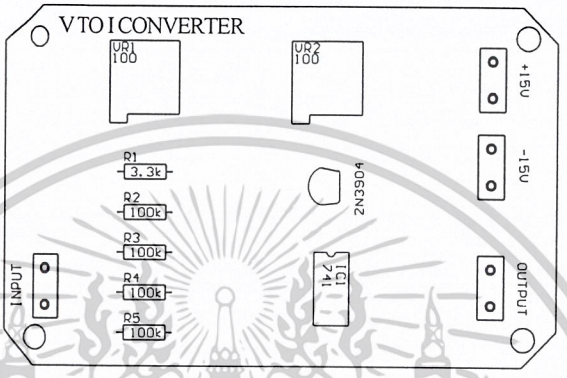


รูปที่ 4.21 เอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สัญญาณความถี่อินพุต 20 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (Voltage –to– Current Conversion)

โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า เป็นวงจรการต่อขับโหลดที่ต่อลงกราวด์ โดยที่ต้องขับกระแสไฟฟ้าที่ต่อลงกราวด์

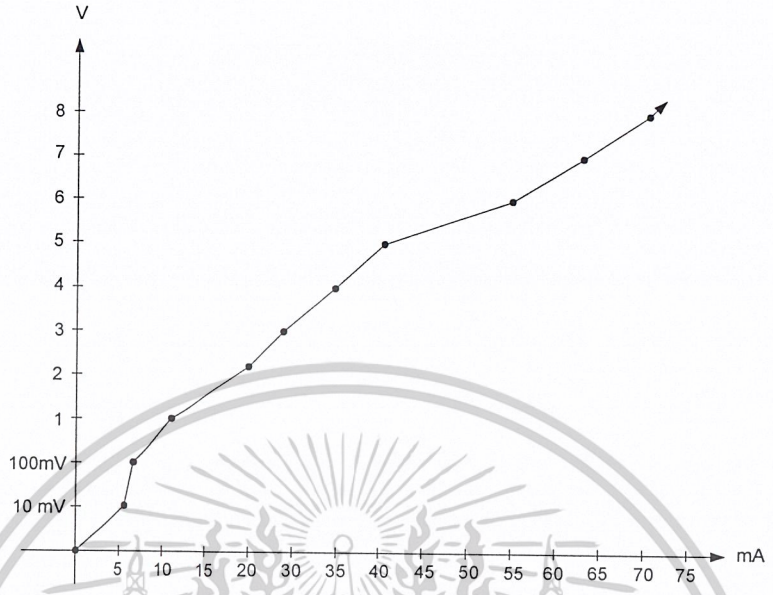


รูปที่ 4.22 โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

INPUT		OUTPUT	
1	mV	6	mA
100	mV	7	mA
1	V	12	mA
2	V	20	mA
3	V	28	mA
4	V	35	mA
5	V	41	mA
6	V	55	mA
7	V	63	mA

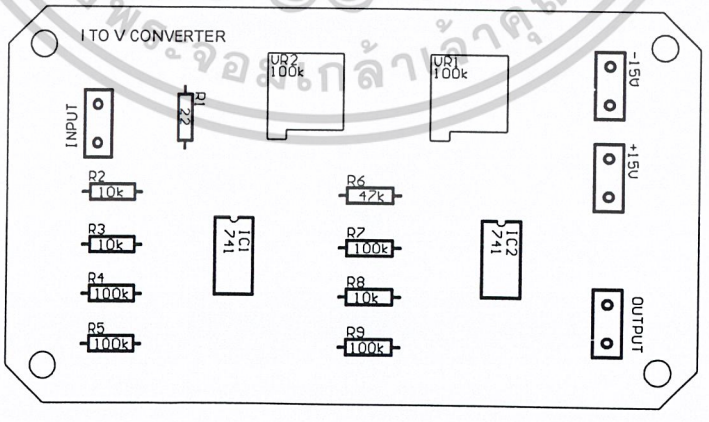
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กราฟการเปลี่ยนแปลงผลการทดลองการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

4.5 การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Current –to– Voltage Conversion)

โมดูลการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า เป็นวงจรการต่อขับโหลดที่ต่อลงกราวด์ โดยที่ต้องขับกระแสไฟฟ้าที่ต่อลงกราวด์

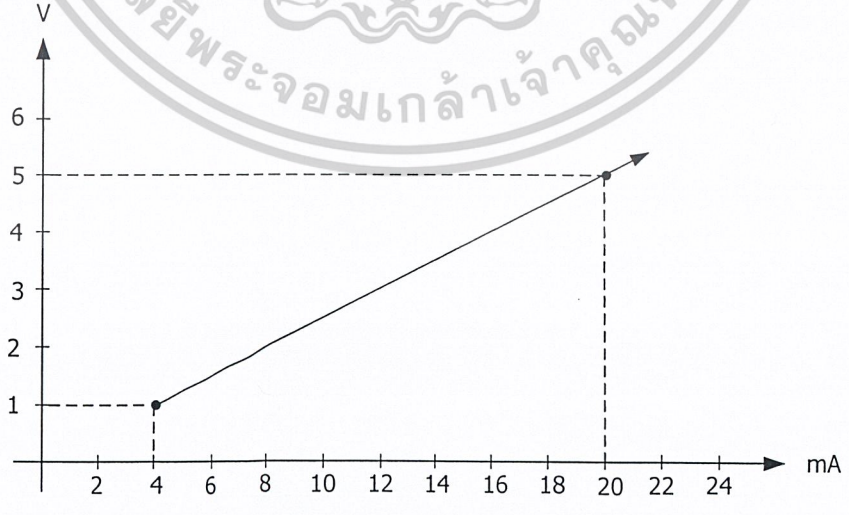


รูปที่ 4.24 โมดูลการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

INPUT	OUTPUT
4 mA	1.1 V
6 mA	1.5 V
8 mA	2 V
10 mA	2.5 V
12 mA	3 V
14 mA	3.5 V
16 mA	4 V
18 mA	4.6 V
20 mA	5.1 V

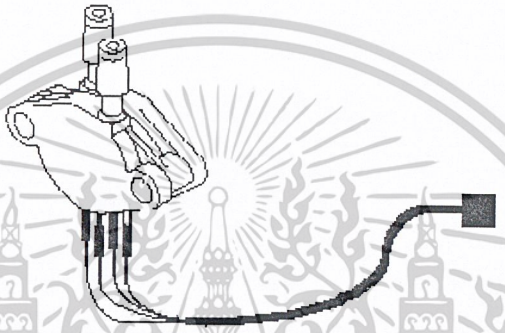


รูปที่ 4.25 กราฟการเปลี่ยนแปลงผลการทดลองการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 โมดูลการตรวจวัดความดัน (Pressure Sensor Module)

โมดูลการตรวจวัดความดัน อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้ในโมดูลนี้ ใช้เซนเซอร์แบบรวมชุด ซึ่งข้างในตัวเซนเซอร์เป็นชนิดไดอะแฟรม ที่ให้เอาท์พุทเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ค่าที่ได้มีความเป็นลิเนียร์ริตี้ เซนเซอร์ตัวนี้เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทโมโตโรล่า รุ่น MPX10 ซึ่งสามารถวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 0 -10 กิโลปาสคาล ให้เอาท์พุตที่ 20 – 80 มิลลิโวลท์



รูปที่ 4.26 โมดูลการตรวจวัดความดัน

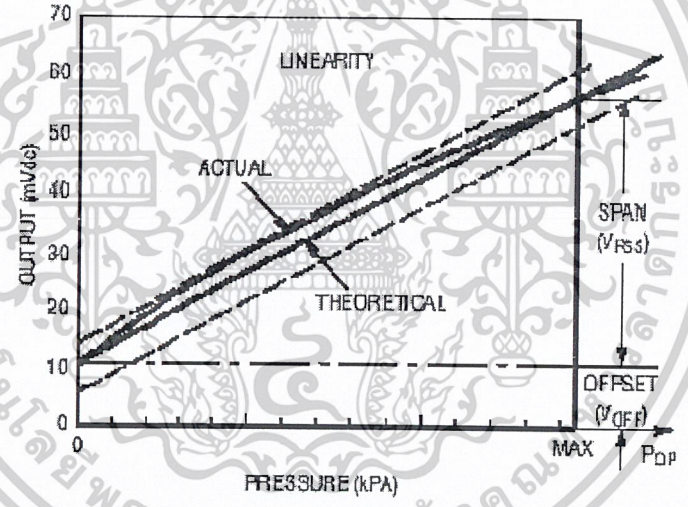
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองโมดูลการตรวจวัดความดัน

ความดันที่ป้อนให้อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน	เอาต์พุทที่ขา 2 และ ขา4 ของ MPX10
ไม่มีการป้อนความดัน	15 mV
1 กิโลปาสคาล	25 mV
2 กิโลปาสคาล	30 mV
3 กิโลปาสคาล	40 mV
4 กิโลปาสคาล	45 mV
5 กิโลปาสคาล	50 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลการทดลองโมดูลการตรวจวัดความดัน

6 กิโลปาสคาล	55 mV
7 กิโลปาสคาล	60 mV
8 กิโลปาสคาล	65 mV
9 กิโลปาสคาล	70 mV
10 กิโลปาสคาล	75 mV



รูปที่ 4.27 กราฟการเปลี่ยนแปลงผลการทดลองโมดูลการตรวจวัดความดัน

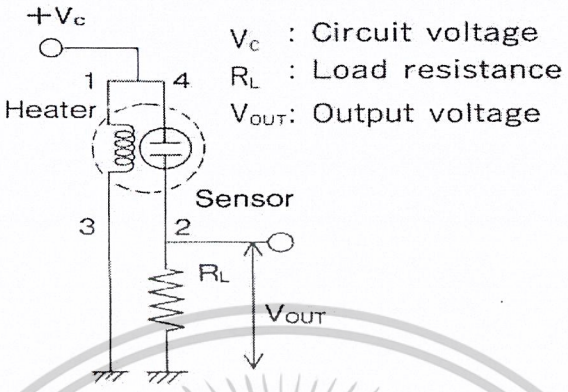
4.7 โมดูลการตรวจจับแก๊ส (Gas Sensor Module)

โมดูลการตรวจจับแก๊ส ตัวเซนเซอร์ที่ใช้ในโมดูลนี้ เป็นเซนเซอร์ที่ใช้หลักการฟิล์มหนาของ ไซแมเร็ก เป็นแก๊ซเซนเซอร์ชนิดใหม่ที่ใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำ โดยจะประกอบด้วยฟิล์มเป็นชั้นบาง ๆ หลาย ๆ ชั้น

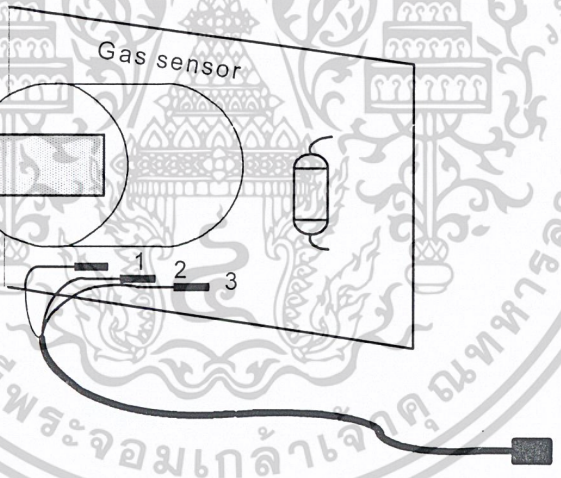
การทดสอบวงจรเพื่อนำไปใช้งานจากรูป เมื่อขา 1 และขา 3 ต่อเข้าที่ตัวทำความร้อน ขา 2 และ ขา 4 จะต่อเข้ากับส่วนของเซนเซอร์โดยเซนเซอร์ตัวนี้ จะใช้แรงเคลื่อนค่าคงที่ที่ 5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตัวเซนเซอร์พบแก๊ซ ความต้านทานของตัวเซนเซอร์จะลดลงทันที ทำให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.28 วงจรการตรวจจับแก๊ส



รูปที่ 4.29 โมดูลการตรวจจับแก๊ส

จากรูปที่ 4.29 แสดงตำแหน่งขาและวงจรภายในของ gas sensor AF – series ซึ่งจะเห็นว่าวงจรภายในจะประกอบด้วย heater และตัว Sensor และจากรูปที่ 4.29 เป็นวงจรพื้นฐานที่จะนำไปต่อใช้งานขา 1 กับขา 3 จะต่อกับส่วนของ heater และขา 2 กับขา 4 จะต่อกับส่วนของ sensor ซึ่ง gas sensor AF series นี้จะมีเสถียรภาพ ที่ดีเมื่อใช้งานที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า Vc มีค่าเท่ากับ 5 V

4.7.1 เงื่อนไขการทดสอบ

จากตารางที่ 4.2 เป็นข้อมูลทางเทคนิคซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เป็นอากาศที่บริสุทธิ์ สะอาด ไม่มี แก๊สอื่นเจือปน อุณหภูมิ 25 °C ± 2 °C และค่า R.H. 50 ± 5 %

2) แรงเคลื่อนไฟฟ้าของวงจร 5 V ± 0.05 V

3) แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ heater 5 V ± 0.05 V

4) ความต้านทานของโหลด RL ประมาณ 5 kΩ - 10 kΩ ± 1 %

5) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ 48 ชั่วโมง จะเห็นว่า gas sensor แต่ละรุ่นจะมีข้อมูลทางเทคนิคที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ โดยส่วนแรกมีดังนี้ คือวงจรที่เป็นวงจรคอนเวอร์เตอร์ซึ่งประกอบด้วยโมดูลการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่โมดูลการแปลงความถี่เป็นแรงดัน โมดูลการแปลงแรงดันเป็นกระแส และโมดูลการแปลงกระแสเป็นแรงดัน ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นโมดูลการทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ซึ่งมีดังนี้คือ โมดูลการตรวจจับความชื้น โมดูลการตรวจวัดสี โมดูลการตรวจวัดความดัน โมดูลการตรวจวัดระยะทาง และ โมดูลการตรวจวัดแก๊ส

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน

ในการจัดทำโครงงานชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์นี้ สามารถที่จะสรุปปัญหา ที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1) ราคาของอุปกรณ์เซนเซอร์ และทรานสดิวเซอร์ส่วนใหญ่มีราคาสูง และหาซื้อได้ยาก

2) การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผิดพลาดเนื่องมาจากโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบ

3) เนื่องจากอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์บางอย่าง ไม่สามารถหาซื้อได้ จึงต้องมีการสร้างขึ้นเอง แต่ก็ประสพปัญหาขาดแคลนอุปกรณ์ และเครื่องมือ

5.3 แนวทางการแก้ไข และพัฒนา

แนวทางสำหรับการแก้ไข และพัฒนาชุดทดลองนี้

ในการออกแบบลายวงจรควรคำนึงถึงเรื่องผลของลายวงจรต่อความถี่ และการวางอุปกรณ์ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเพี้ยนของสัญญาณได้

1) อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดทำวงจรควรใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และค่าผิดพลาดต่ำ

2)ใช้อุปกรณ์ที่มีจำหน่ายอยู่ให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้มากที่สุด

3) เพิ่มเติมอุปกรณ์บางส่วน สำหรับการสร้างดีมอดูเลตทางแอมพลิจูดแบบผสมสัญญาณได้ดุลทางเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ได้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ชนิดต่างๆ

2) ได้ชุดทดลองเซนเซอร์ และทรานสดิวเซอร์ และใบงานประกอบการทดลอง

3) ได้เครื่องต้นแบบของชุดทดลอง และใบงานการทดลอง

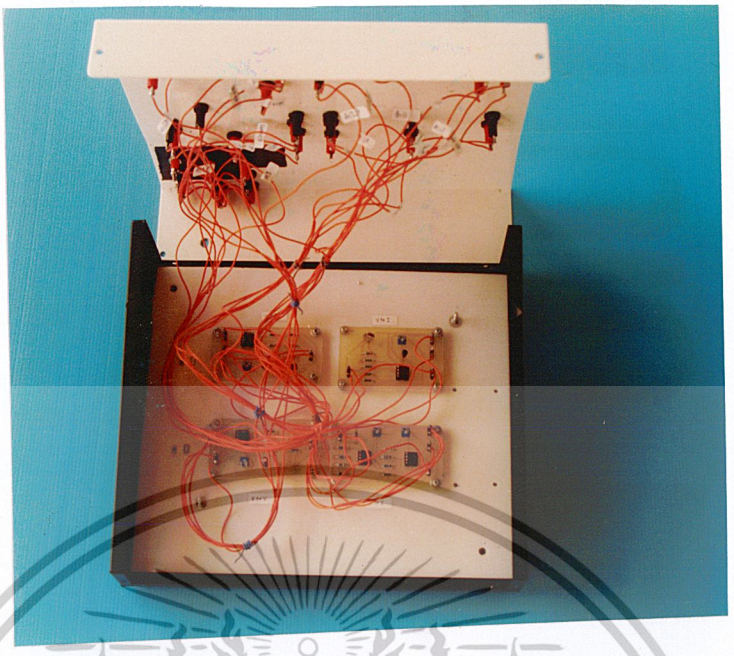
4) ได้นำชุดทดลอง และใบงานการทดลองไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

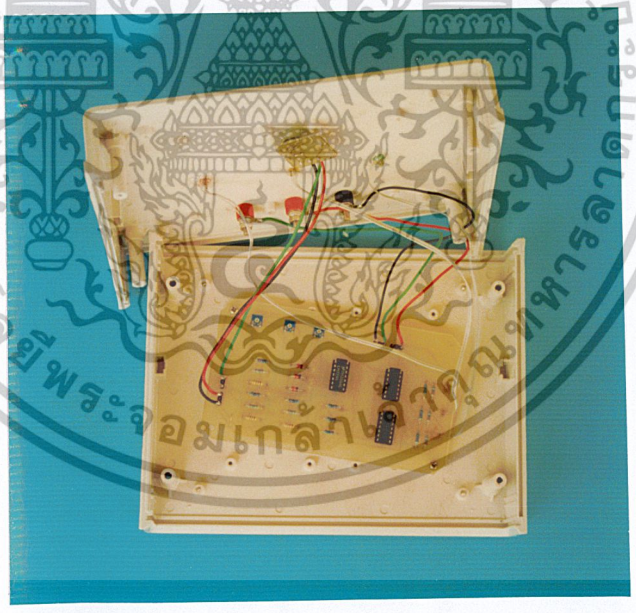
ภาคผนวก ก

เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

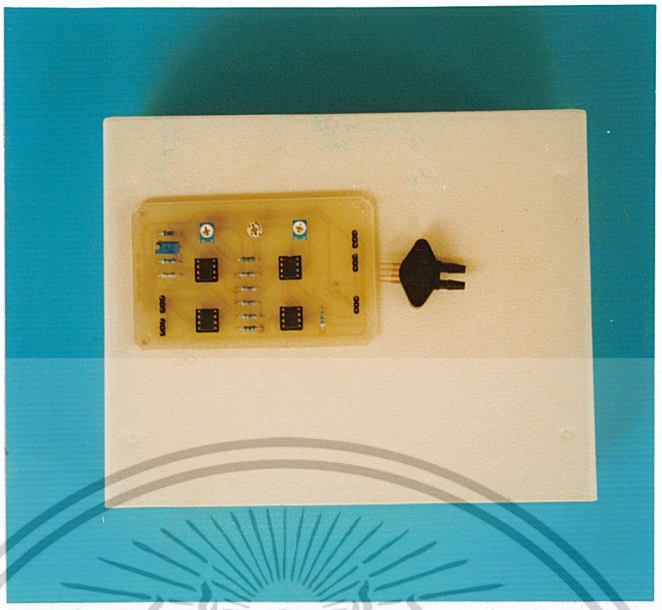


รูปที่ ก.1 โมดูลแปลงสัญญาณ

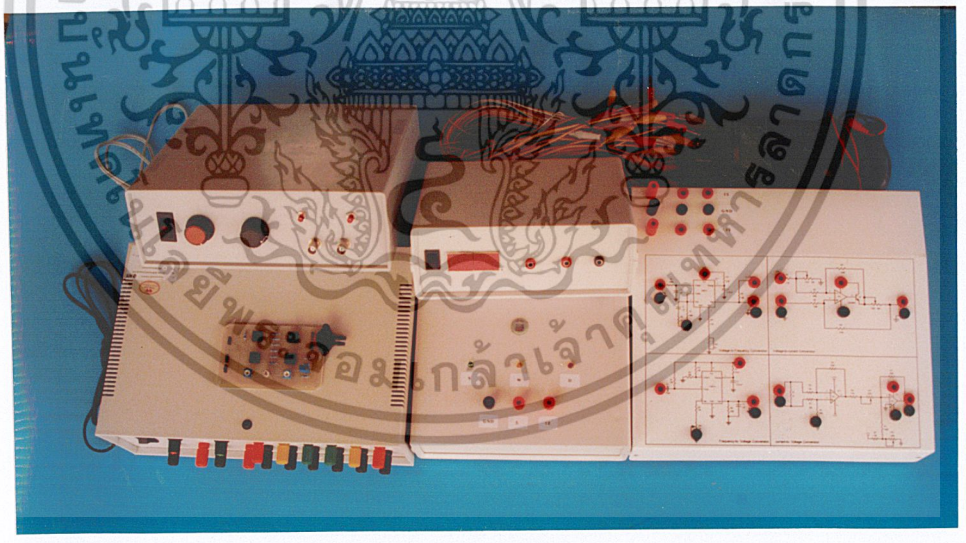


รูปที่ ก.2 โมดูลการตรวจจับแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 โมดูลการวัดความดัน

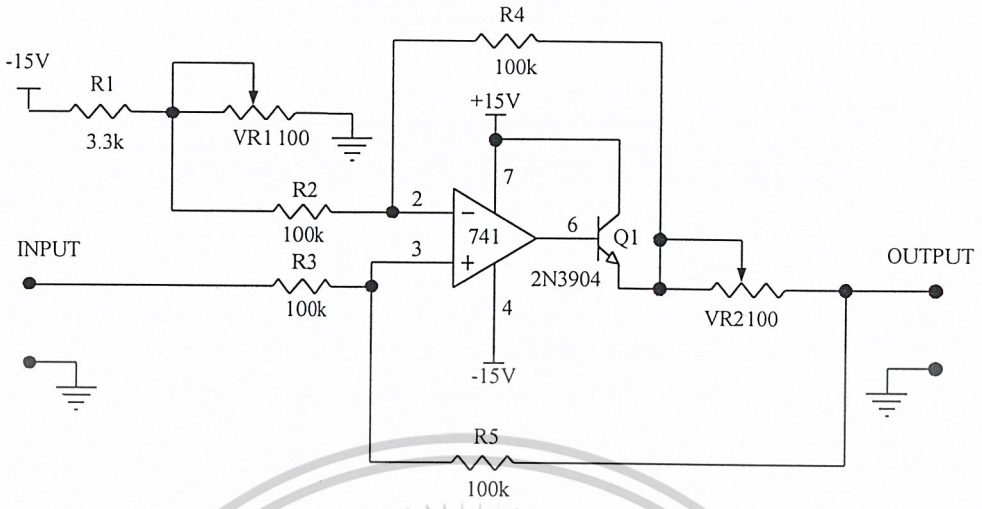


รูปที่ ก.4 ชุดปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

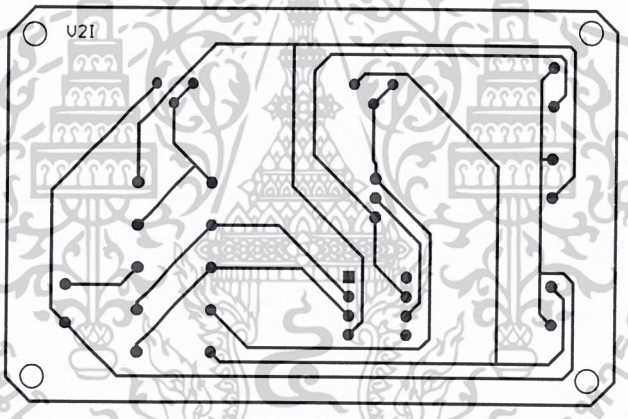
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

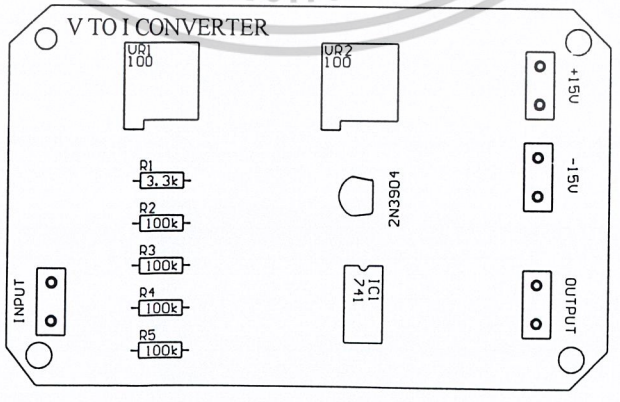
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

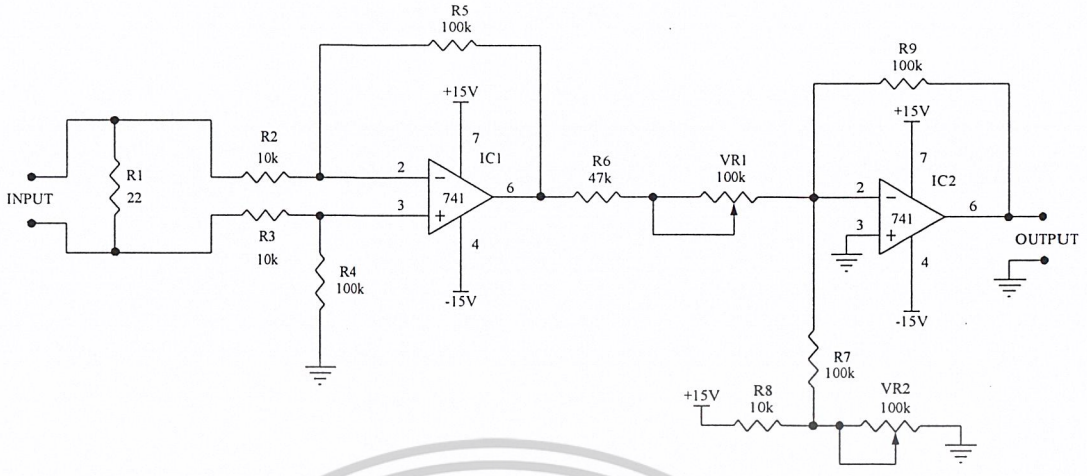


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

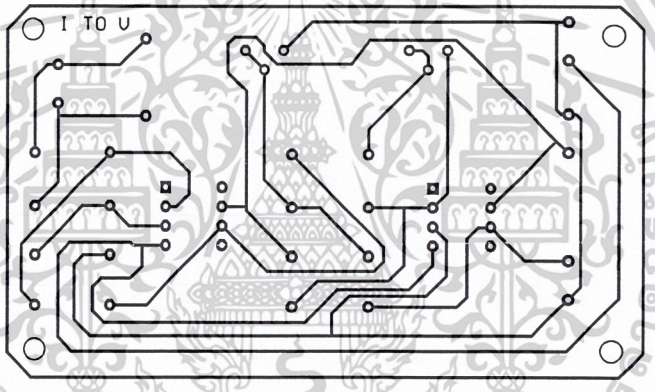


รูปที่ ข.3 อุปกรณ์วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

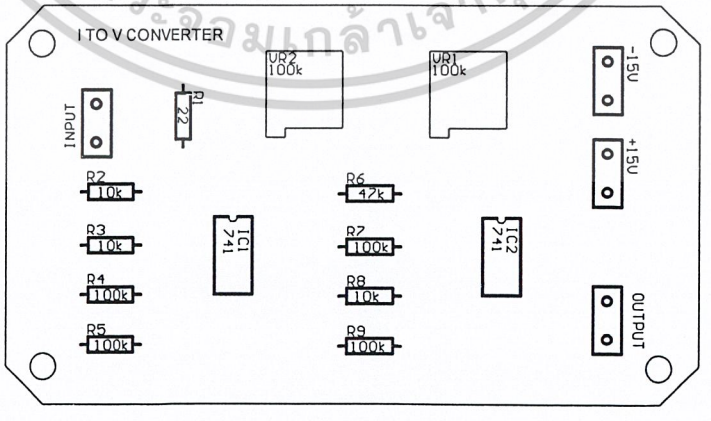
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

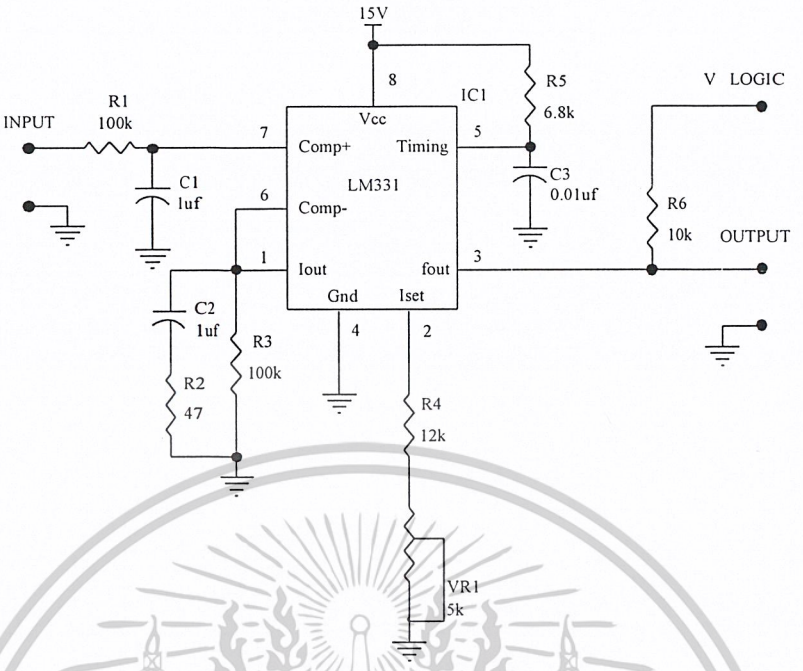


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

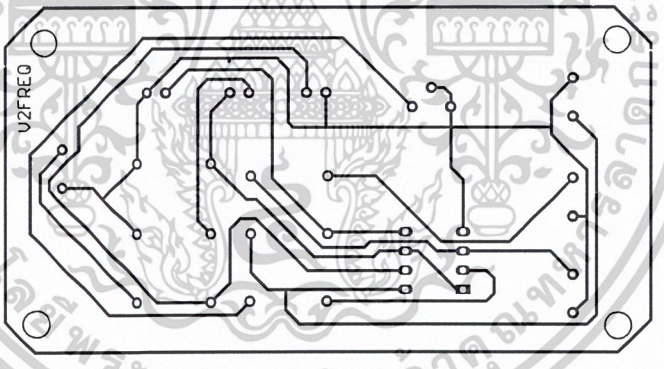


รูปที่ ข.6 อุปกรณ์วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

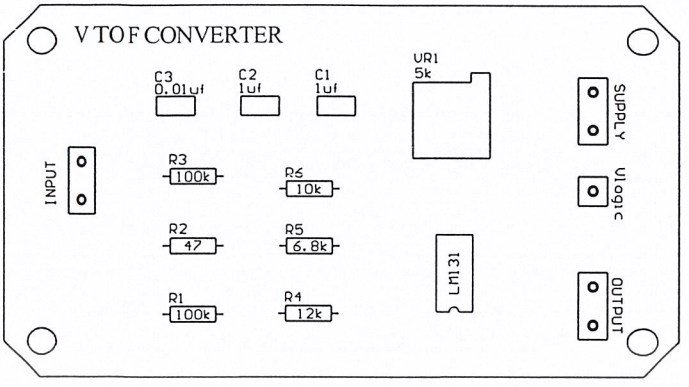


รูปที่ ข.7 วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่

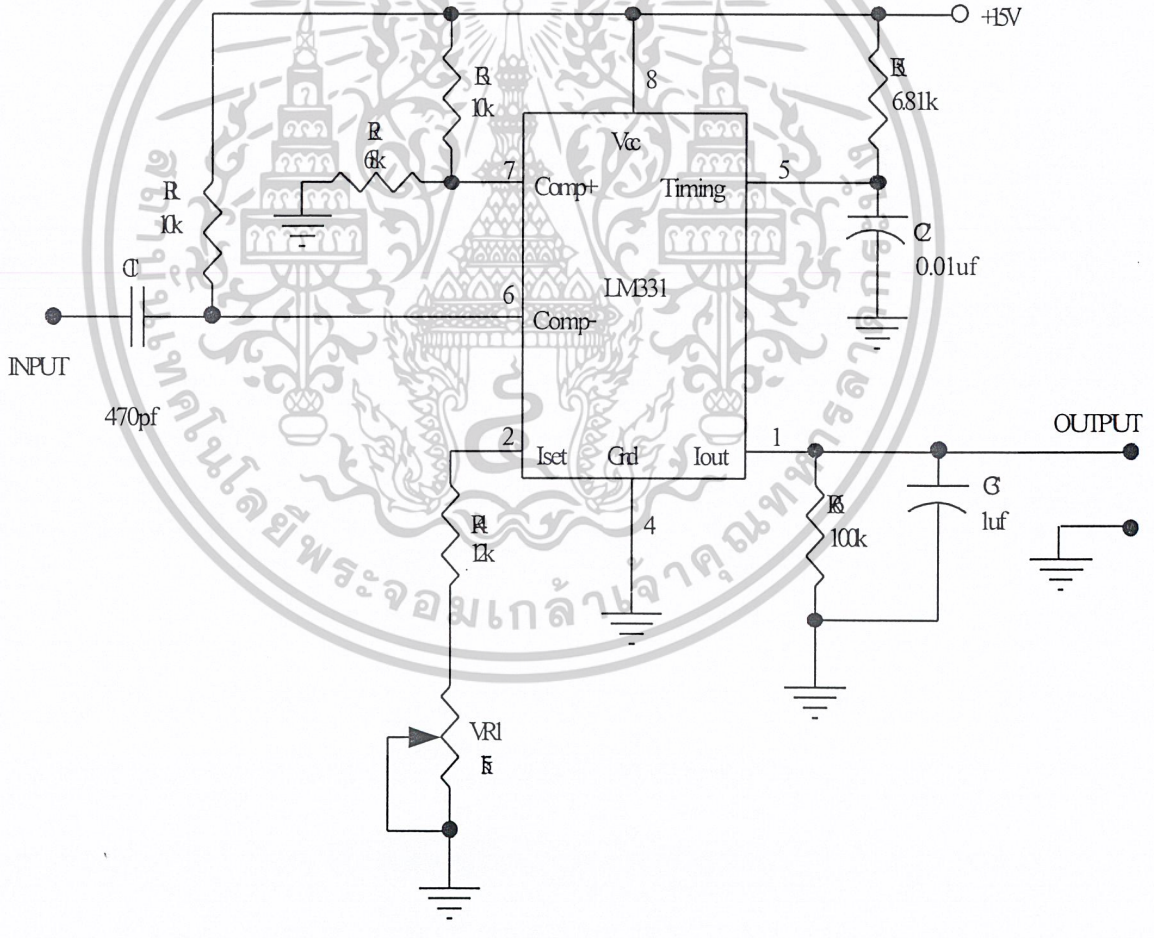


รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

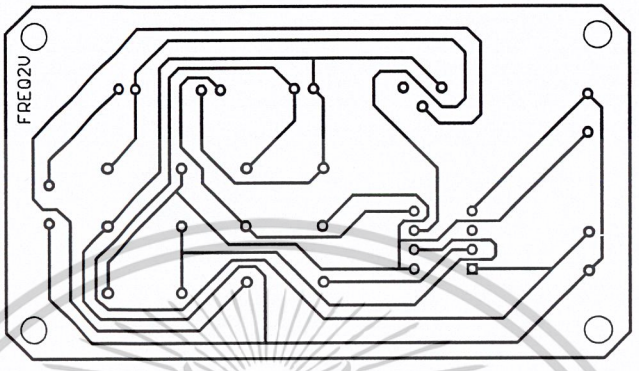


รูปที่ ข.9 อุปกรณ์วงจรแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่

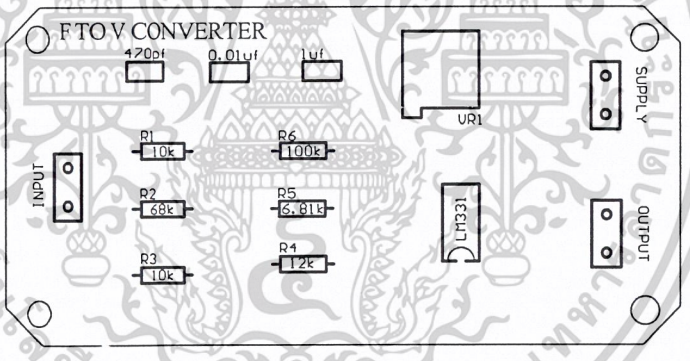


รูปที่ ข.10 วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 แผ่นวงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า



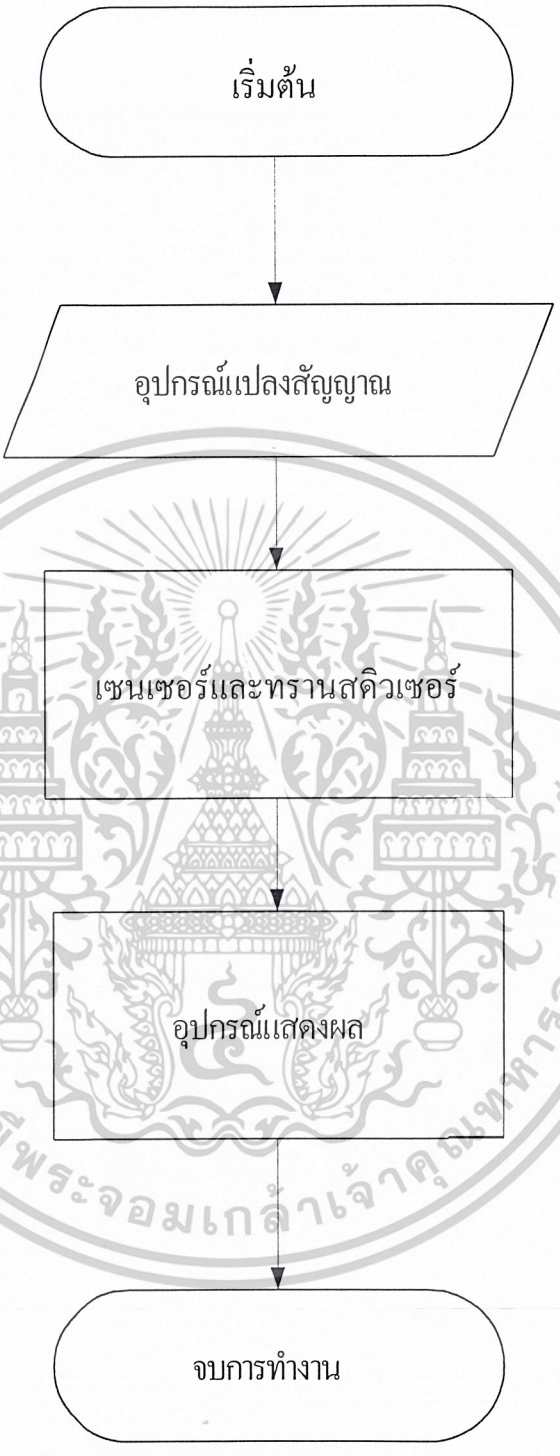
รูปที่ ข.12 อุปกรณ์วงจรแปลงความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แผนผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
วงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่

วัตถุประสงค์

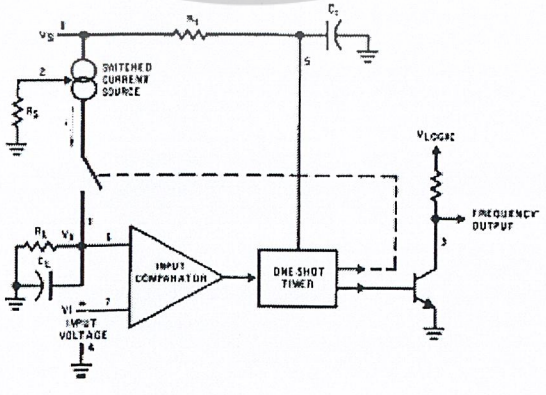
1) สามารถอธิบายการทำงานของวงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ได้
2) สามารถคำนวณหาค่าต่างๆในวงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ได้
3) สามารถนำวงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1) โมดูลแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	1 แผ่น
2) ฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์	1 เครื่อง
3) ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
4) แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนปรับค่าได้	1 เครื่อง
5) สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ เป็นอุปกรณ์คอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งที่มีอินพุตเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าและเอาต์พุตออกมาสัญญาณความถี่ โดยใช้ตัวไอซีเป็นตัวแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่โดยมีบล็อกไดอะแกรมวงจรการทำงานภายในดังรูปที่ ง.1

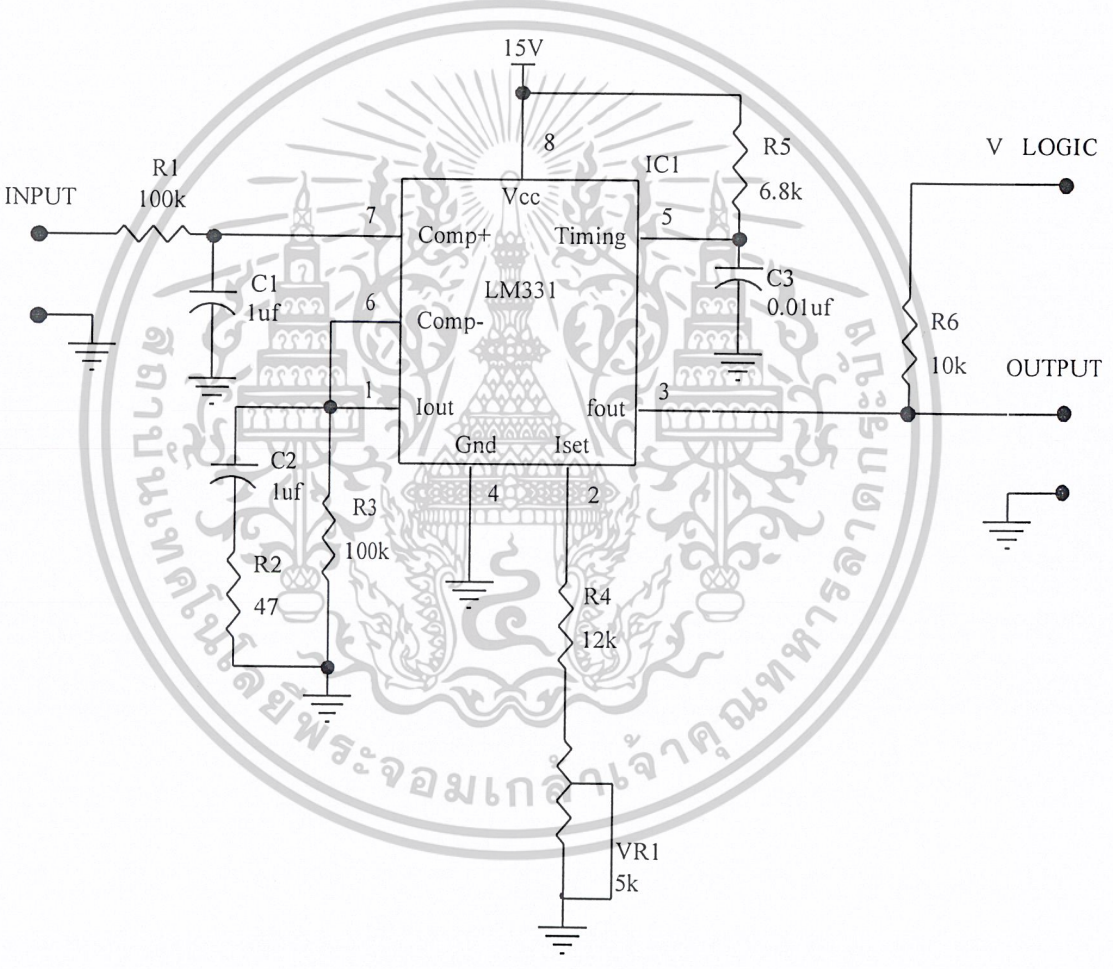


รูปที่ ง.1 แผนผังไดอะแกรมวงจรการทำงานภายในไอซี เบอร์ LM331

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ง.1 ประกอบด้วย one-shot Timer, Transistor และ Switched Current Source อยู่ภายในตัวไอซี การทำงานภายในวงจรจะเป็นแบบไหลวนโดยที่เวลาที่ถูกกำหนดจากอินพุตที่เข้ามีที่ Rt และ Ct โดยที่ switched current source จะเป็นสวิตซ์เปิดทางด้านเอาต์พุททำให้สัญญาณความถี่โดยหลักการเปรียบเทียบการทริกของแรงเคลื่อนเอาต์พุต

การทดลองที่ 1 วงจรการการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่



รูปที่ ง.2 วงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อสายเอาต์พุตของโมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่เข้าที่ อินพุตของออสซิลโลสโคบ

2) ต่อสายที่แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าแบบปรับค่าได้เข้าที่อินพุตของโมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่

3)จ่ายไฟฟ้าขนาด15โวลต์ให้โมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ป้อนแรงเคลื่อนให้อินพุตโมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ปรับค่าแรงเคลื่อนและบันทึกผลตามตารางที่ง.1

ตารางที่ ง.1 ผลการทดลองวงจรโมดูลการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่

อินพุต(แรงเคลื่อนไฟฟ้า)	เอาต์พุต(ความถี่)
1 V	Hz
2 V	Hz
3 V	Hz
4 V	Hz
5 V	Hz
6 V	Hz
7 V	Hz
8 V	Hz
9 V	Hz
10 V	Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) จงอธิบายหลักการทำงานของวงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่มาพอสังเขป?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) จงยกตัวอย่างการนำ วงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ ไปประยุกต์ใช้งานมาอย่างน้อย 2 อย่าง?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1) สามารถอธิบายการทำงานของวงจรการสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
2) สามารถคำนวณหาค่าต่างๆในวงจรการสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
3) สามารถนำวงจรการสัญญาณความถี่ไปประยุกต์ใช้งานจริงเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

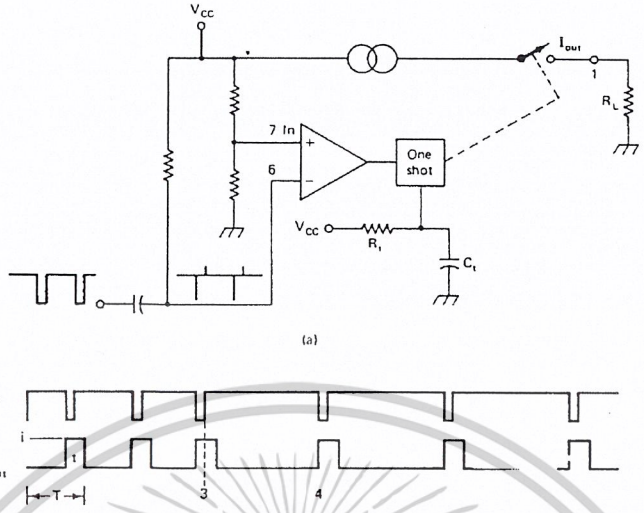
1) โมดูลการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	1	แผ่น
2) ฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์	1	เครื่อง
3) ออสซิลโลสโคป	1	เครื่อง
4) มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
5) แหล่งจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า	1	เครื่อง
6) สายต่อวงจร		

ทฤษฎีเบื้องต้น

การแปลงสัญญาณความถี่ เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Frequency–to– Voltage Conversion) การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นสัญญาณความถี่ เป็นอุปกรณ์คอนเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งที่มีอินพุตเป็นสัญญาณความถี่ไฟฟ้าและเอาท์พุทออกมาเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า โดยใช้ตัวไอเป็นตัวแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นความถี่โดยมีแผนผังไดอะแกรมวงจรการทำงานภายในดังรูปที่ ง.3

จากรูปที่ ง.3 ประกอบด้วย One-Shot Timer, Transistor และ Switched Current Source อยู่ภายในตัวไอซี การทำงานภายในวงจรจะเป็นแบบไหลวนโดยที่เวลาที่ถูกกำหนดจากอินพุตที่เข้ามีที่ Rt และ Ct โดยที่ Switched Current Source จะเป็นสวิตซ์เอินพุตทางด้านเอาต์พุตทำให้แรงเคลื่อนโดยหลักการเปรียบเทียบสัญญาณความถี่ทางด้านอินพุต

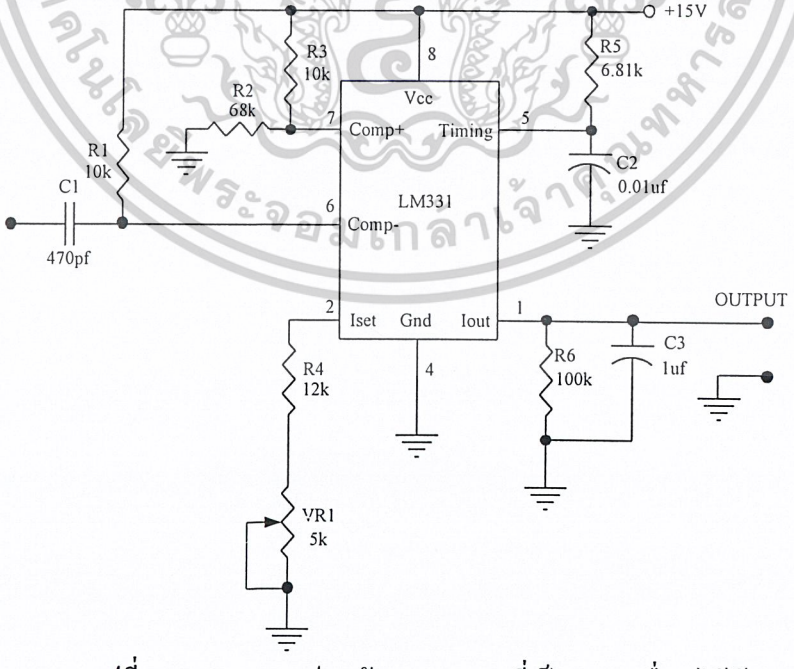
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 แผนผังไดอะแกรมวงจรการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำงานภายไอซี เบอร์ LM331

การทดลองที่ 1

วงจรการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า



รูปที่ ง.4 วงจรการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อสายเอาท์พุทของโมดูลการแปลงการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า เข้าที่เอาต์พุตของ ออสซิลโลสโคบและมัลติมิเตอร์

2) ต่อสายฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์เข้าที่อินพุตของโมดูลการแปลงการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

3) จ่ายไฟฟ้าขนาด 15 โวลต์ให้โมดูลการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าป้อนสัญญาณความถี่ให้อินพุตโมดูลการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าปรับค่าสัญญาณความถี่และบันทึกผลตามตารางที่ ง.2

ตารางที่ ง.2 ผลการทดลองวงจรการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

สัญญาณความถี่อินพุต	แรงเคลื่อนไฟฟ้าเอาต์พุต
1 kHz	V
10 kHz	V
50 kHz	V
100 kHz	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) จงอธิบายหลักการทำงานของการแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จากตารางที่ ง.2 เมื่อป้อนสัญญาณความถี่ แล้วการเปลี่ยนแปลงทางด้านเอาต์พุตมีลักษณะเป็นเช่นไร เพราะอะไรจงอธิบาย ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) การแปลงสัญญาณความถี่เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า สามารถนำไปประยุกต์ใช้ไปงานอะไรได้บ้าง เพราะอะไร ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1) สามารถอธิบายการทำงานของวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
2) สามารถคำนวณหาค่าต่างๆในวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
3) สามารถนำวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1) โมดูลการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า	1 แผง
2) มัลติมิเตอร์	2 เครื่อง
3) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 0-20 mA	1 เครื่อง
4) สายต่อวงจร	

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในระบบการส่งสัญญาณบ่อยครั้งที่จะต้องแปลงกระแสไฟฟ้ากลับเป็นแรงเคลื่อนทางปลายสาย เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งทำได้โดยใช้วงจรดังรูปที่ ง.5 แรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุตจะมีค่าเป็น

$$V_{out} = IR$$

ในวงจรนี้ต้องระวังไม่ให้อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตเกินขีดความสามารถ เพราะจะทำให้ออปแอมป์เกิดการอิ่มตัว ส่วนตัวต้านทาน R ที่ขานอนอินเวอร์ตติงถูกใช้เพื่อทำให้เกิดความเสถียรต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ในงานที่ต่อโหลดอ้างอิงกับระดับกราวด์กระแสไฟฟ้าที่ส่งออกไปจะถูกเปลี่ยนเป็นแรงเคลื่อนโดย RL แต่ก็ยังไม่ให้ความเที่ยงตรงที่จุดปลาย (คือ ซีโรกับสแปน) ตามที่ต้องการมากนัก เพื่อให้สามารถปรับค่าได้ อย่างไรก็ตามก็จะมีปัญหาในการย้อนกลับขอบงกระแสไฟฟ้าระหว่างตัวส่งและตัวรับของระบบกราวด์ แม้กระทั่งค่าความต้านทานใด ๆ ในสายก็เป็นเหตุให้มีแรงเคลื่อนตกคร่อมเพิ่มขึ้น หากมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานใด ๆ ในไลน์ อาจจะทำให้เกิดความต้านทานกราวด์ย้อนกลับซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณ ในกรณีที่รุน

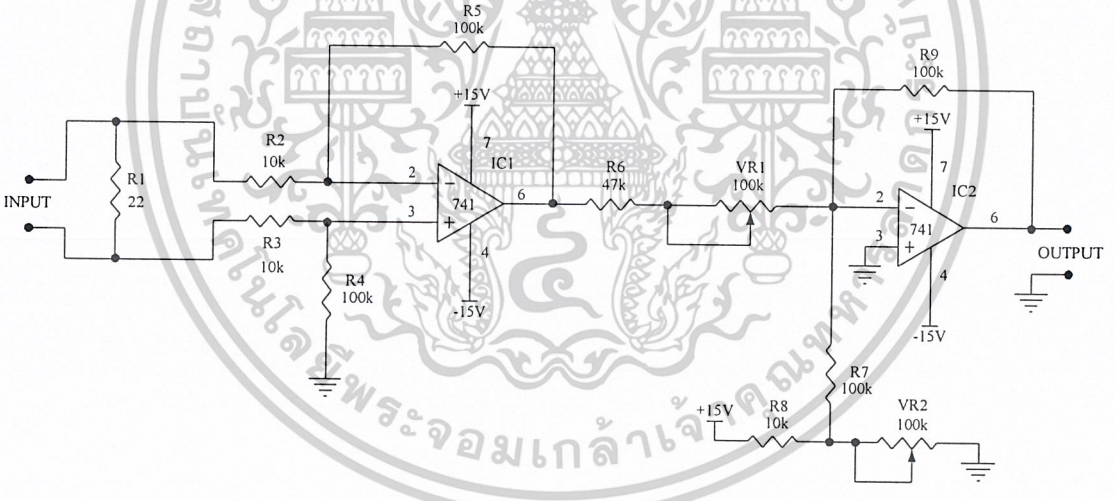
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงอาจจะแตกต่างกันหลาย ๆ โวลต์ระหว่างกราวด์ ส่วนในโรงงานที่มีกำลังไฟฟ้าซึ่งมีความถี่ 50 Hz ก็ยังอาจจะมีปัญหาจากคลื่นที่เกิดขึ้นแบบสุ่มเมื่อเปิดหรือปิดเครื่องจักร เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่กราวด์นี้ สัญญาณบางส่วนจะไปปรากฏผลที่เครื่องรับ (ตัวแสดงผลและเครื่องควบคุม) ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์ และยอมรับไม่ได้ในระบบควบ

การแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้โดยใช้โหลดลอย กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งไปยังโหลดและย้อนกลับจากโหลดผ่านสายบิดเกลียว การรบกวนใด ๆ ที่ปรากฏบนสายดังกล่าวจะไปปรากฏที่ส่วนปลายของโหลด ถ้าปลายทั้งคู่ของโหลดมีแรงเคลื่อนเพิ่มขึ้นหรือต่ำลงเท่ากันอย่างเที่ยงตรงด้วยแรงเคลื่อนเดียวกัน ก็จะไม่เกิดความแตกต่างของศักย์ที่คร่อมโหลด ดังนั้นค่ารบกวนโหมดร่วมก็จะถูกคัดทิ้งไป เพื่อป้องกันผลของความผิดพลาดเนื่องจากการโหลด ดังนั้นจึงต้องแน่ใจว่า

Ri >> Rspan

การทดลองที่ 1 วงจรการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า



รูปที่ ง.5 วงจรการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดลอง

1) ต่อสายไฟเลี้ยงให้โมดูลขนาด +15 V และ –15 V

2) นำมัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าทางด้านทีอินพุต

3) นำมัลติมิเตอร์วัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปรับค่ากระแสไฟฟ้าตามตารางที่ ง.3แล้วบันทึกค่าลงในตาราง

ตารางที่ ง.3 ผลการทดลองการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าอินพุต	ค่าเอาต์พุตที่ U1
0 mA	V
0.5 mA	V
1 mA	V
2 mA	V
3 mA	V
4 mA	V
5 mA	V
6 mA	V
7 mA	V
8 mA	V
9 mA	V
11 mA	V
12 mA	V
14 mA	V
15 mA	V
16 mA	V
17 mA	V
18 mA	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) จงอธิบายอธิบายหลักการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2) จากตารางที่ ง.3 จงอธิบายการเปลี่ยนของค่าเอาต์พุตของ U2 ?

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

.....

3) จงยกตัวอย่างการการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ไปประยุกต์ใช้งาน ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

วัตถุประสงค์

1) สามารถอธิบายการทำงานของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าได้
2) สามารถคำนวณหาค่าต่างๆในวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าได้
3) สามารถนำวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

ครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1) โมดูลการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	1	แผง
2) มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3) แหล่งจ่ายแรงดันได้ไฟฟ้าปรับค่าได้	1	เครื่อง
4) สายต่อวงจร		

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในระบบการวัดการส่งแรงเคลื่อนออกไป ต้องแปลงแรงเคลื่อนเป็นกระแสไฟฟ้า จะทำให้โหลดได้รับสัญญาณ (กระแสไฟฟ้าทั้งหมด) ที่ส่งไป จึงไม่เกิดการสูญเสียเนื่องจากค่าความต้านทานในสายหรือจากการต่อที่ไม่ดีพอ การจะใช้ตัวแปลงแรงเคลื่อนไปเป็นกระแสไฟฟ้าจะต้องขึ้นอยู่กับความต้านทานโหลด หรือไม่ก็ดูว่าโหลดลอยหรือต่อกับกราวด์อยู่หรือไม่ หากจะต่อโหลดแบบกราวด์ลอยอาจจะต้องใช้เทคนิค CMR ที่ตัวรับเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น แต่บางงานอาจมีความจำเป็นที่จะต้องขับสัญญาณเข้าโหลดที่ต่อกราวด์อยู่ด้วย เพื่อเหตุผลความปลอดภัยสำหรับการแสดงผลและการควบคุมในระบบอิเล็กทรอนิกส์

การขับโหลดแบบกราวด์ลอย (Floating Load)

วงจรแปลงแรงเคลื่อนเป็นกระแสไฟฟ้า วงจรการขับไปยังโหลดที่อยู่ระยะไกลนั้นอยู่ในลูปของการป้อนกลับแบบลบ เมื่อออปแอมป์ปฏิบัติงานแบบลูปปิด (กับการป้อนกลับแบบลบ) แรงเคลื่อนที่ขาอินพุตน๊อนอินเวอร์ตติงก็จะตกคร่อมที่ขาอินเวอร์ตติงด้วย แต่แรงเคลื่อนที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R ล่างสุด จะมีกระแสไฟฟ้า I ไหลผ่านตัวมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

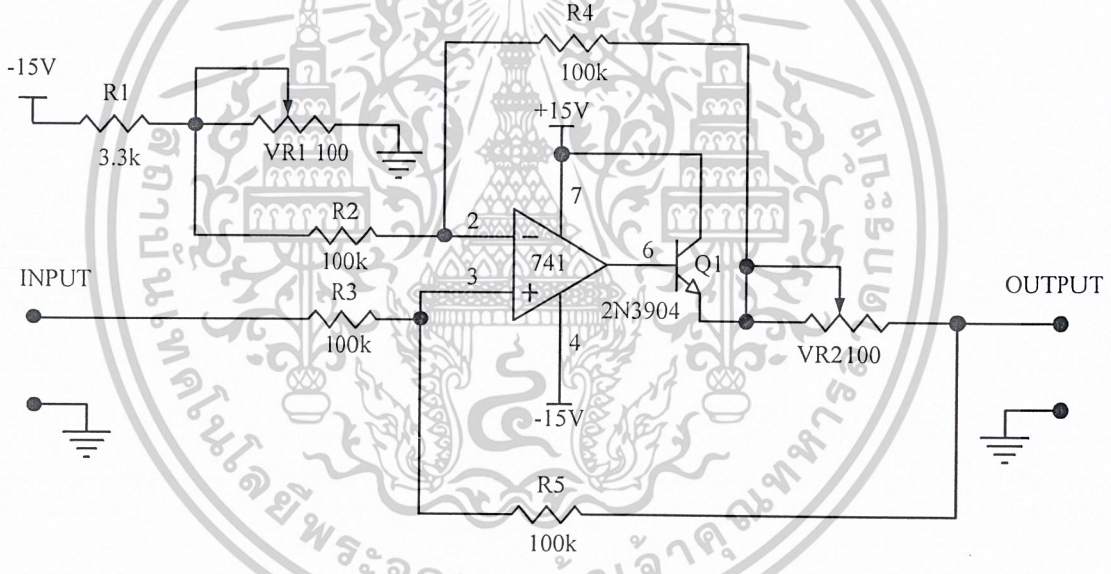
การขับโหลดที่ต่อลงกราวด์ (Grounded Load)

ถ้าต้องขับกระแสไฟฟ้าที่ต่อโหลดลงกราวด์ ต้องใช้ตัวขยายความแตกต่างดังรูปที่ง.6 โดยตัวต้านทาน R1, R2, R3 และ R4 จะต้องมีค่าเท่ากันหมด ซึ่งจะทำให้อัตราขยายเป็น 1

เพื่อวิเคราะห์การทำงานของวงจร อันดับแรกต้องหาค่า Vout โดยใช้ทฤษฎีวางซ้อนซึ่งมีค่าเป็นสามเท่าของวงจรสมมูล แล้วทำให้วงจรปิด คือซ็อตแหล่งจ่ายสองตัวแล้วพิจารณาผลของตัวที่สามซึ่งจะได้

Vout = VL + e2 - e1

การทดลองที่ 1 วงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า



รูปที่ ง.6 วงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

ลำดับขั้นการทดลอง

1) ต่อสายไฟเลี้ยงขนาด +15และ -15 โวลต์ให้โมดูลการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

2) นำมัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่อินพุต

3) นำมัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เอาต์พุต

4) ปรับค่าแรงเคลื่อนตามตารางที่ ง.4แล้วบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ผลการทดลองการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

แรงเคลื่อนไฟฟ้าด้านอินพุต	กระแสไฟฟ้าด้านเอาต์พุต
1 mV	mA
5 mV	mA
10 mV	mA
50 mV	mA
1 V	mA
2 V	mA
3 V	mA
4 V	mA
5 V	mA
6 V	mA
7 V	mA
8 V	mA
9 V	mA
10 V	mA
11 V	mA
12 V	mA
13 V	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 V	mA
15 V	mA

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) จงอธิบายหลักแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

2) จากตารางที่ ง.4 จงอธิบายการเปลี่ยนของค่าเอาต์พุตของวงจรการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) จงยกตัวอย่างการนำการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า ไปประยุกต์ใช้พร้อมด้วยอธิบายการทำงาน ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5
การตรวจวัดความดัน

วัตถุประสงค์

1) สามารถอธิบายการทำงานหลักการทำงานเซนเซอร์วัดความดันได้
2) สามารถบอกชนิดของการวัดความดันได้
3) สามารถความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1) โมดูลการตรวจวัดแรงเคลื่อน	1 แผ่น
2) มัลติมิเตอร์	1 เครื่อง
3) อื่นๆ เช่น ปั๊มลม สายต่อลม	

ทฤษฎีเบื้องต้น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดันไดอะแฟรม (Diaphragm) ไดอะแฟรมอาจเป็นแผ่นโลหะหรือสารสังเคราะห์ ที่มีลักษณะกลมบางโดยอาจเป็นแผ่นเรียบ (flat type) หรือเป็นลอน (corrugate type) ก็ได้ หากถามว่าแล้วทั้งสองแบบนี้มีข้อแตกต่างกันอย่างไร คำตอบก็คือ ไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบจะพบมากในทานสดิวเซอร์ชนิดที่เปลี่ยนความดันเป็นสัญญาณไฟฟ้า (electrical pressure transducer) โดยเฉพาะแบบคาปาซิตีฟ และไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบนี้จะให้ระยะการเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับไดอะแฟรมแบบลอน ส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่กว่าแผ่นเรียบ ความเป็นเชิงเส้นและการทนต่อค่าความดันเกินพิกัดก็สามารถทำได้ดีกว่า

บูร์ดอง (Bourdon tube)

หลักการทำงานและโครงสร้างของบูร์ดอง บูร์ดองเป็นท่อโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรีและงอขึ้นเป็นส่วนโค้งของวงกลมหรือเป็นขดโดยปลายข้างหนึ่งปิด เมื่อมีความดันต่อเข้าปลายอีกข้างหนึ่งที่เปิดและถูกยึดติดอยู่กับที่ ความดันที่ต่อเข้าตัวบูร์ดองจะทำให้เกิดความเครียด (strain) บูร์ดองจึงพยายามยืดตัวออกให้ตรงทำให้ปลายที่ปิดเคลื่อนที่ ซึ่งการเคลื่อนที่ของปลายท่อด้านนี้จะ

เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันที่อยู่ภายใน ทำให้เราสามารถที่จะทราบค่าของความดันที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่นี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

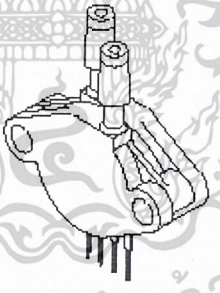
เบลโลว์ (Bellow)

เบลโลว์ เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความดันที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกันกับแบบบูร์ดอง คือ เปลี่ยนความดันมาเป็นการเคลื่อนที่ โดยมีโครงสร้างของตัววัดเป็นรูปทรงกระบอกบาง กลวง ปลายข้างหนึ่งเปิดผนังมีลักษณะเป็นลูกฟูกเพื่อให้สามารถยืดหดตัวได้เมื่อได้รับความดัน

แบบรวมชุด (Integrated Package)

แบบรวมชุด ใช้เทคนิคของตัวตรวจจับแบบสเตนเกจเปียโซรีซิฟทีฟเดี่ยวพร้อมตัวชดเชยอุณหภูมิที่สามารถสอบเทียบได้ อิมพีแดนซ์ทางด้านเอาต์พุตในช่วง 10 กิโลโอห์ม ลักษณะการใช้งานจะเหมาะกับการนำไปงานเครื่องมือวัดที่เกี่ยวกับการแพทย์ มิเตอร์วัดความสูงในงาน และมิเตอร์วัดความกดดันในสนาม สามารถใช้ในการตรวจวัดในระยะไกลซึ่งส่งเป็นสัญญาณกระแส 4-20 mA ได้

ในชุดลองนี้ใช้อุปกรณ์ที่ในการตรวจวัดความดันแบบรวมชุด รุ่น MPX 10 เป็นของโมโตโรล่า โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ ง.7



รูปที่ ง.7 โครงสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุด รุ่น MPX 10

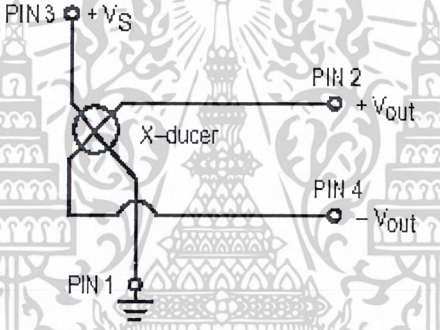
การกำหนดขาของ MPX 10 ตามตารางที่ ง.5 พบว่าแรงเคลื่อนแตกต่างทางด้านเอาต์พุตของตัวทรานสดิวเซอร์จะสัดส่วนโดยตรงกับความดันแตกต่างที่จ่าย ส่วนตัวเซนเซอร์แบบสัมบูรณ์ จะมีอากาศอ้างอิงภายใน แรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุตของเซนเซอร์จะเพิ่มขึ้นกับความดันทางด้าน P1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 การกำหนดขา MPX 10

1	2	3	4
Gnd	+Vout	VS	–Vout

การทดลองที่ 1 วงจรการตรวจวัดความดัน



รูปที่ ง. 8 วงจรของอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุด รุ่น MPX 10

ลำดับขั้นการทดลอง

1) จ่ายไฟเลี้ยงให้ขา 3 ของเซนเซอร์ตรวจวัดความดัน โดยจ่ายแรงเคลื่อน 5 V

2) นำสายลมป้อนความดันเข้าที่ P1

3) นำสายมัลติมิเตอร์มาตรวจจับแรงเคลื่อนที่ ขา 2 และ4 ของอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุด รุ่น MPX 10 แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ ง.5

4) นำสายลมป้อนความดันเข้าที่ P2

5) นำสายมัลติมิเตอร์มาตรวจจับแรงเคลื่อนที่ ขา 2 และ4 ของอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุด รุ่น MPX 10 แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ ง. 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.6 ผลการทดลองวงจรการตรวจวัดความดัน

ความดันที่ป้อนให้อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน	เอาต์พุตขณะที่ ป้อนความดันเข้าที่ P1 ของ MPX10	เอาต์พุตขณะที่ ป้อนความดันเข้าที่ P2 ของ MPX10
ไม่มีการป้อนความดัน	V	V
1 กิโลปาสคาล	V	V
2 กิโลปาสคาล	V	V
3 กิโลปาสคาล	V	V
4 กิโลปาสคาล	V	V
5 กิโลปาสคาล	V	V
6 กิโลปาสคาล	V	V
7 กิโลปาสคาล	V	V
8 กิโลปาสคาล	V	V
9 กิโลปาสคาล	V	V
10 กิโลปาสคาล	V	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) จงบอกชนิดของอุปกรณ์การตรวจวัดความดัน มา 4 ชนิด ?

.....

.....

.....

.....

2) จงอธิบายหลักการการทำงานอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุด มาพอสังเขป ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จงบอกความแตกต่างของแรงเคลื่อนระหว่างที่ขา 2 และ 4 ของอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบรวมชุดในขณะที่ป้อนความดันเข้าที่ P1 และ P2 มีลักษณะเป็นเช่นไร ?

.....

.....

.....

.....

4) จงยกตัวอย่างการนำอุปกรณ์ตรวจวัดความดันไปประยุกต์ใช้งาน มา 5 อย่าง พร้อมอธิบายการใช้งาน ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6
การตรวจจับแก๊ส

วัตถุประสงค์

1) สามารถอธิบายการทำงานของการตรวจจับแก๊สได้
2) สามารถอธิบายการทำงานของวงจรเปรียบเทียบปริมาณแก๊สได้
3) สามารถนำวงจรเปรียบเทียบปริมาณแก๊สไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

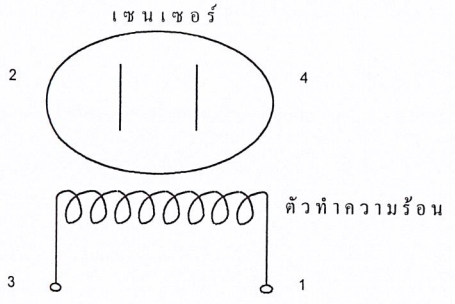
1) โมดูลการตรวจจับแก๊ส	1	แผง
2) โมดูลการงวงจรเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส	1	เครื่อง
3) แหล่งจ่ายแรงเคลื่อน	1	เครื่อง
4) โวล์มิเตอร์	1	เครื่อง
5) สายต่อวงจร		

ทฤษฎีเบื้องต้น

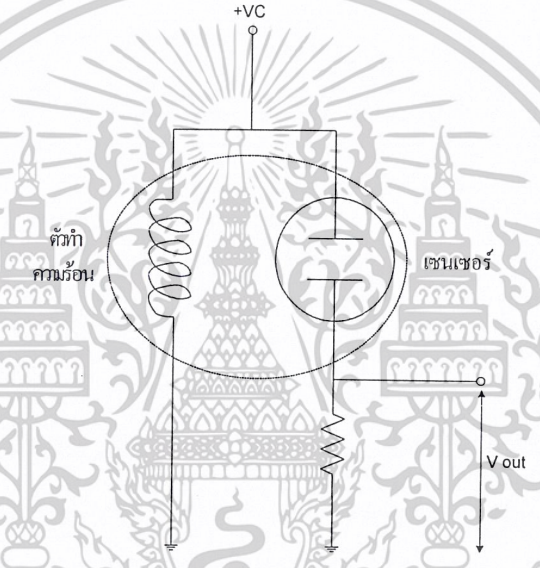
THICK FILM GAS SENSOR เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งซึ่งนำไปใช้ในงานประเภทเซ็นเซอร์แก๊ส อุปกรณ์ชนิดนี้จะมีคุณภาพสูง

อุปกรณ์แก๊สเซ็นเซอร์ชนิดนี้จะมีฐานรอง (Substrate) ซึ่งมีชั้นของเซรามิคที่มีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กๆ ปกคลุมอยู่จะใช้สำหรับป้องกันฝุ่นละออง มวลสารต่าง ๆ หรือแก๊สที่ไม่พึงปรารถนา นอกจากนั้นยังมี Micro heater และตัวเซ็นเซอร์เชื่อมต่ออยู่กับฐานรอง (Substrate) Micro heater จะใช้เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่จะทำให้ตัวเซ็นเซอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.9 ตำแหน่งขาเซนเซอร์แก๊ส



รูปที่ ง.10 วงจรเบื้องต้นเซนเซอร์แก๊ส

จากรูปที่ ง.10 แสดงตำแหน่งขาและวงจรภายในของ gas sensor AF – series ซึ่งจะเห็นว่าวงจรภายในจะประกอบด้วย heater และตัว Sensor และจากรูปที่ ง.10 เป็นวงจรพื้นฐานที่จะนำไปต่ใช้งานขา 1 กับขา 3 จะต่อกับส่วนของ heater และขา 2 กับขา 4 จะต่อกับส่วนอง sensor ซึ่ง gas sensor AF series นี้จะมีเสถียภาพ ที่ดีเมื่อใช้งานที่แรงเคลื่อน Vc มีค่าเท่ากับ 5 V

จากรูปที่ง.10เมื่อมีแก๊สมาตกกระทบบริเวณตัวเซ็นเซอร์ จะทำให้ความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์มีค่าลดลง ค่าความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์ (Rs) สามารถคำนวณได้จากแรงเคลื่อนเอ้าท์พุท (Vout) ตามสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Rs = \left\{ \frac{Vc - Vout}{Vout} \right\} RL$$

ความไวสามารถหาได้จาก

$$Sensitivity = \frac{R_{GAS}}{R_{AIR}}$$

โดยที่

R_{GAS} : ความต้านทานของตัว Sensor (R_s) ในขณะที่อยู่ในบรรยากาศที่มีความหนาแน่นของแก๊สอยู่

R_{AIR} : ความต้านทานของตัว Sensor (R_S) ในขณะที่อยู่ในบรรยากาศที่สะอาด บริสุทธิ์ ไม่มีแก๊สผสมอยู่

คุณลักษณะของ THICK FILM GAS SENSOR

- มีความไวสูง และสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว
- เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป คุณสมบัติต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก
- มีอายุการใช้งานยาวนาน
- สามารถนำแรงเคลื่อนที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์ไปใช้งาน ได้เลย
- มีเสถียรภาพสูง

หลักการของวงจรคอมพาราเตอร์พื้นฐาน

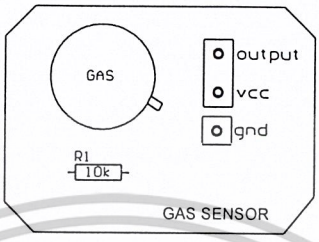
คอมพาราเตอร์เป็นวงจรที่ใช้เพื่อเปรียบเทียบสัญญาณที่ป้อนให้ที่ขาอินพุตขาหนึ่งกับระดับแรงเคลื่อนอ้างอิงที่ขาอินพุตอีกขาหนึ่ง ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ไอซีคอมพาราเตอร์เบอร์ LM339

ตำแหน่งขาต่างๆ ของออปแอมป์ LM 339 จะประกอบด้วยออปแอมป์เปรียบเทียบแรงเคลื่อนจำนวน 4 ตัว ในแพ็กเกจแบบดิป 14 ขา วงวงจร Sensor Gas ในบล็อก Gas Sensor จะทำการตรวจสอบปริมาณความหนาแน่นของแก๊ส ผลที่ได้จากการตรวจสอบจะเป็นค่าของแรงเคลื่อน 0 – 5V ซึ่งจะนำไปผ่านวงจรคอมพาราเตอร์ เอ้าท์พุทของคอมพาราเตอร์ทั้ง 2 ตัวจะเป็นระดับของแรงเคลื่อน high หรือ Low ขึ้นอยู่กับระดับลอจิก high หรือ low ที่ได้จะถูกนำไปตรวจสอบเพื่อเลือกตัว LED ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1

วงจรการตรวจจับแก๊ส



รูปที่ ง.11 การตรวจจับแก๊ส

ลำดับขั้นการทดลอง

ต่อสายไฟเลี้ยงขนาด +5 โวลต์ให้โมดูลการตรวจจับแก๊ส

นำมัลติมิเตอร์วัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าไฟฟ้าที่เอาต์พุตขณะที่ไม่มีแก๊ส

นำแก๊สที่เตรียมไว้ปล่อยออกที่หัวเซนเซอร์แก๊ส

บันทึกค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าลงในตารางที่ 6.1

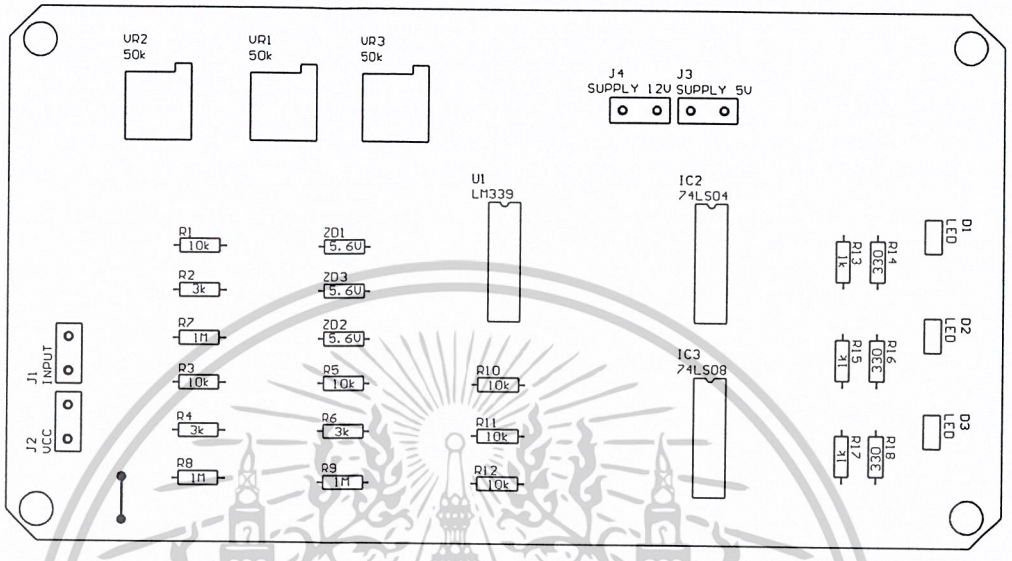
ตารางที่ ง.7 การตรวจจับแก๊ส

แก๊สที่ตรวจจับ	ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า
ขณะที่ไม่มีการตรวจจับ	
แก๊ส LPG	
ไอของแก๊สโซลีน	
อีทานอลที่เป็นของเหลว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

วงจรการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส



รูปที่ ง.12 วงจรการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส

ลำดับขั้นการทดลอง

ต่อสายไฟเลี้ยงขนาด +5และ +12 โวลต์ให้โมดูลการเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส

นำแก๊สที่เตรียมไว้ปล่อยออกที่หัวเซนเซอร์แก๊ส

บันการสว่างของ LED ทั้ง 3 ดวง ลงในตารางที่ ง.8

ตารางที่ ง.8 การเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส

LED	สว่าง	ไม่สว่าง
แดง		
เหลือง		
เขียว		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

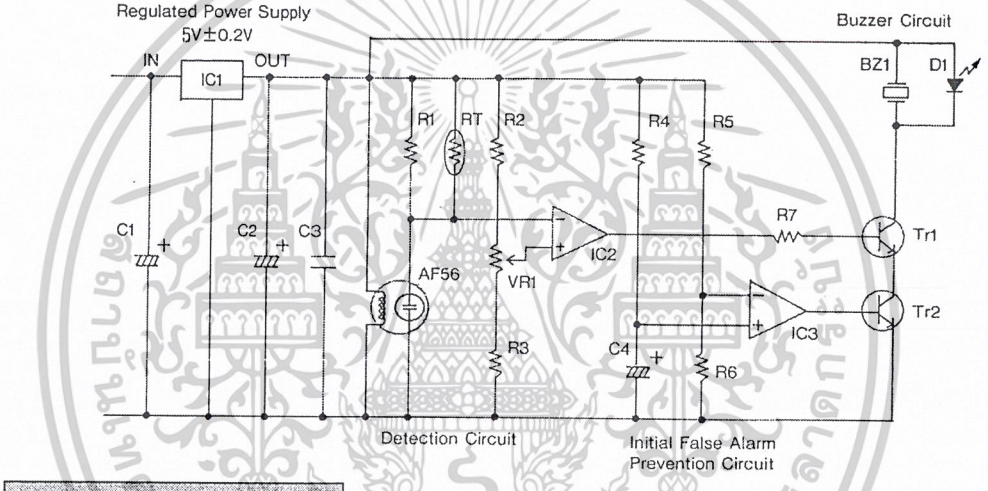
รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

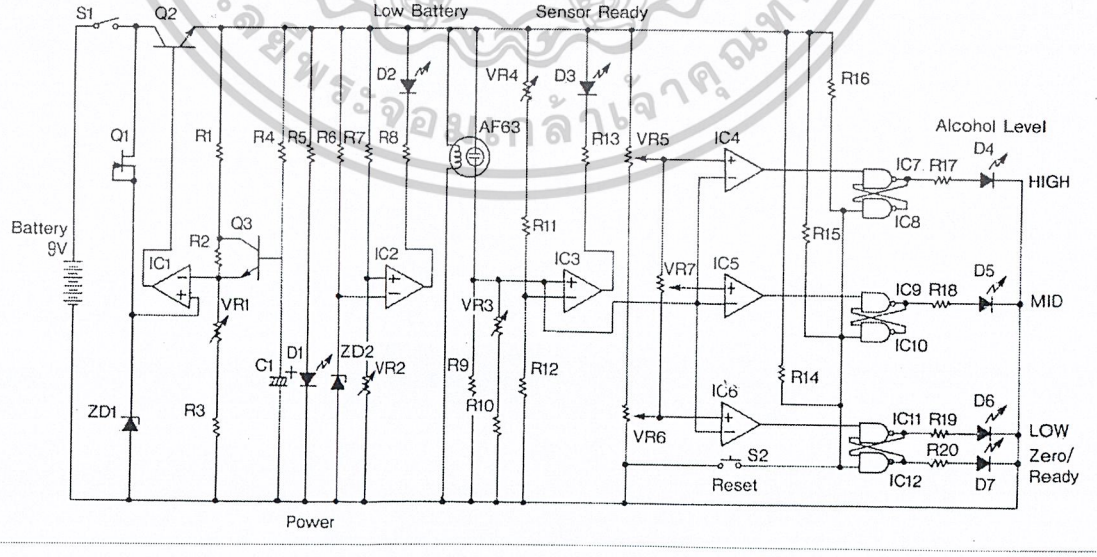
GAS SENSOR APPLICATION CIRCUIT

The following shows a basic model circuit of a LP-Gas leak alarm using the AF56 and a alcohol checker using the AF63. In the LP-Gas leak alarm circuit, the alarm level may be adjusted with a variable resistor (VR1). In the alcohol checker, the lighting level of LED lamp may be adjusted with a variable resistor (VR5, VR6, VR7).

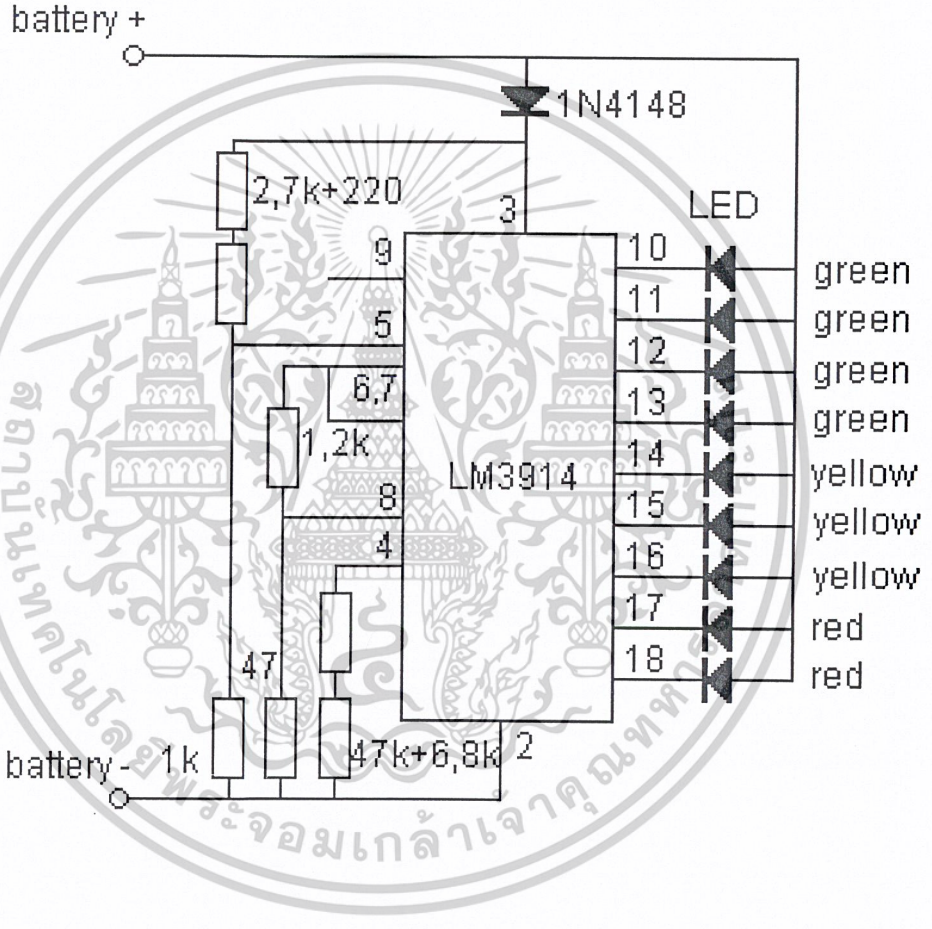
AF56 : LP-Gas Leak Alarm



AF63 : Alcohol Checker



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

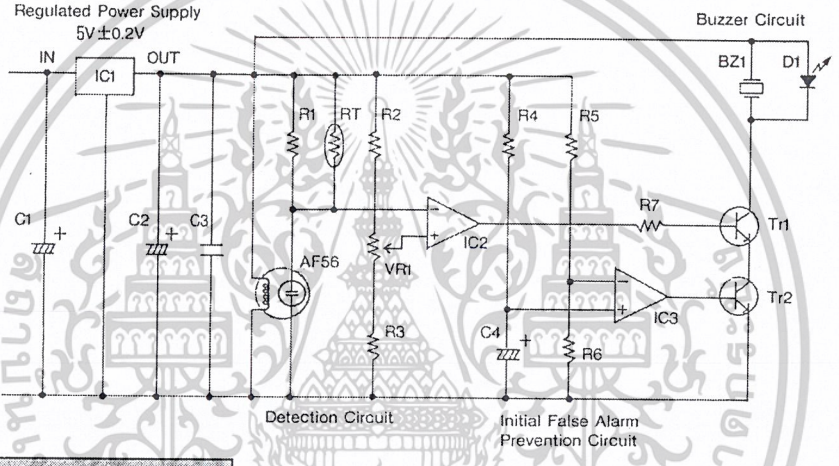


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

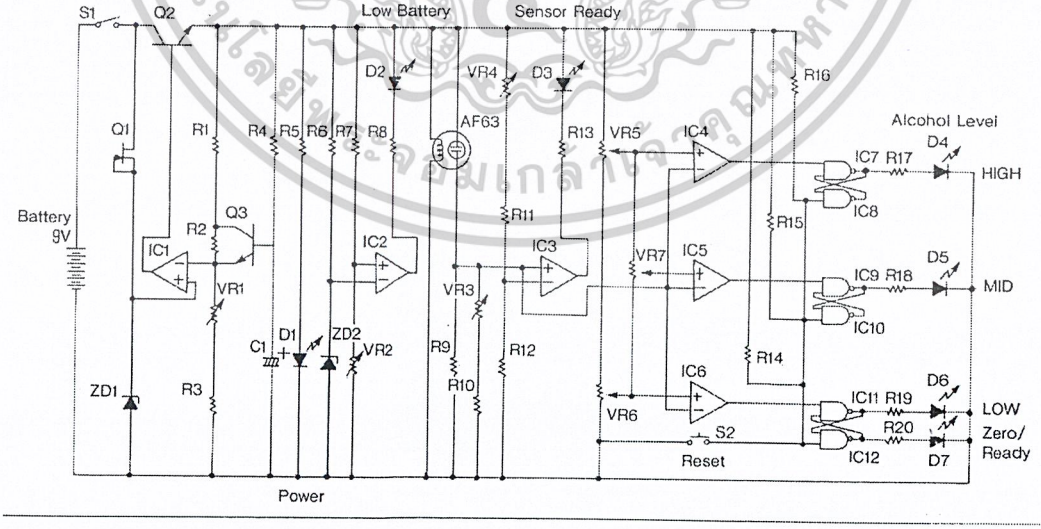
GAS SENSOR APPLICATION CIRCUIT

The following shows a basic model circuit of a LP-Gas leak alarm using the AF56 and a alcohol checker using the AF63. In the LP-Gas leak alarm circuit, the alarm level may be adjusted with a variable resistor (VR1). In the alcohol checker, the lighting level of LED lamp may be adjusted with a variable resistor (VR5, VR6, VR7).

AF56 : LP-Gas Leak Alarm

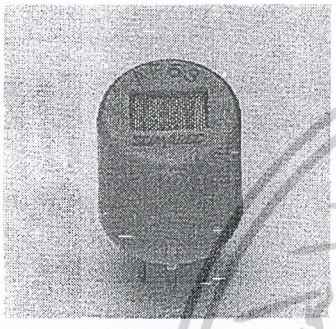


AF63 : Alcohol Checker

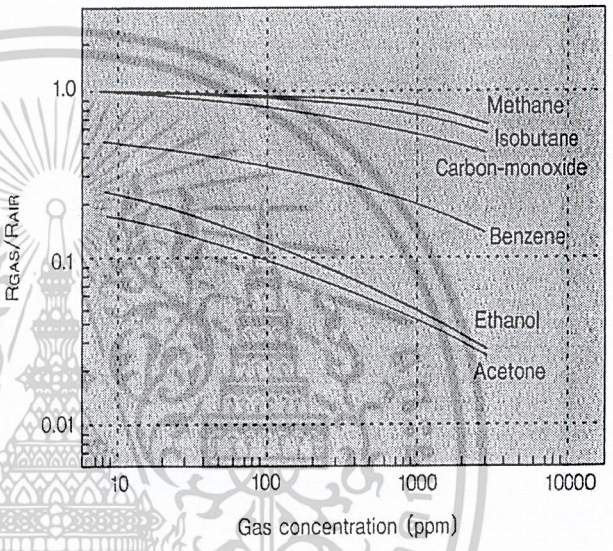


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AF63, AF63P



R_{GAS} : Resistor value in gas
R_{AIR} : Resistor value in atmosphere



☐Features

- Low sensitivity to H_2 and cigarette smoke
- Small dependence on humidity
- Initial stabilization time is short

☐Applications

Gas leak detector (AF63)
Alcohol checker (AF63)
Microwave oven (AF63P)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THICK FILM GAS SENSOR AF-SERIES

Scimarec's thick film gas sensors are a new type of semiconductor gas sensor. They offer outstanding performance, quality and long-term reliability because of their unique film printing process on a flat substrate.

The gas sensing semiconductor element is fired to one side of a ceramic substrate. It is covered with a porous ceramic film for protection against dust, foreign matter or undesired gases. A micro-heater is fused to the back of the substrate. This quickly heats the gas sensing element to the desired operating temperature. The strong structure with sensor and heater both fused to the substrate offers maximum protection against vibration and shock.

DESIGN FEATURES

High sensitivity and fast response
Less temperature dependency
Long life
Superior shock and vibration resistance
Simple drive circuitry
Stability

GAS DETECTION MECHANISM

The gas sensing element is an oxide semiconductor heated to 350°C. When exposed to the appropriate gas, absorbed oxygen on the surface is consumed and the electrical resistance drops.

The drop in resistance follows a predictable and repeatable plot. The proper circuitry responds to this with an alarm actuation or an optical readout.

Operating Conditions

Table 1: Operating Conditions of the AF-Series

Parameter	Ratings
Operating Temperature	−10°C∼55°C
Storage Temperature	−30°C∼85°C
Load Resistor R_L	Variable
Rated Sensor power consumption P_S	$P_S \leqq 15mW$
Rated Working Voltage of Curcuit V_C	DC or AC 5V (Max 12V)
Rated Working Voltage of Heater	DC or AC 5V ± 0.2V

$$P_S = \frac{V_C^2 \cdot R_S}{(R_S + R_L)^2}$$ R_S: Sensor Resistane

Basic Test Circuit

The pin allocation of the AF-Series gas sensors are shown in Fig. 1 and the basic test circuit for use with the AF-Series gas sensors are shown in Fig. 2, where pins No.1 and No.3 are connected to the heater section, and pins No.2 and No.4 to the sensor section. AF-series gas sensors are designed to operated with a stabilized 5V.

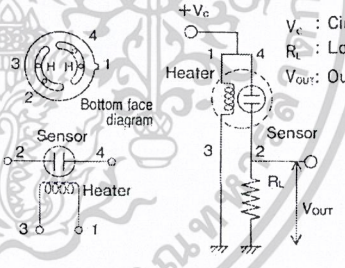


Fig.1: Pin Allocation

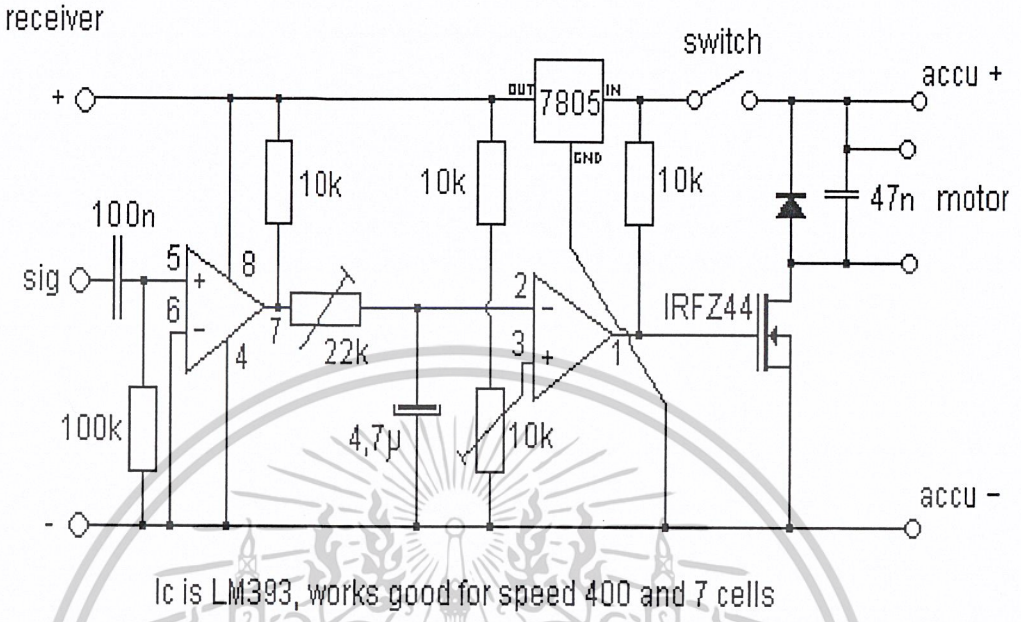
Fig.2: Basic Test Circuit

In this test circuit, as the sensor detects the gases, the sensor resistance is decreased. The sensor resistance (R_S) is calculated from output voltage (V_{OUT}) by the following formula.

$$R_S = \frac{V_C - V_{OUT}}{V_{OUT}} \cdot R_L$$

The sensitivity denotes the ratio (R_{GAS}/R_{AIR}) of the sensor resistance obtained in the gas-containing air (R_{GAS}) to the sensor resistance obtained in the clean air without noise gases (R_{AIR}).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Ic is LM393, works good for speed 400 and 7 cells

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MPX10/D

10 kPa Uncompensated Silicon Pressure Sensors

MPX10
MPXV10GC
SERIES

0 to 10 kPa (0–1.45 psi)
35 mV FULL SCALE SPAN
(TYPICAL)

The MPX10 and MPXV10GC series devices are silicon piezoresistive pressure sensors providing a very accurate and linear voltage output — directly proportional to the applied pressure. These standard, low cost, uncompensated sensors permit manufacturers to design and add their own external temperature compensation and signal conditioning networks. Compensation techniques are simplified because of the predictability of Motorola's single element strain gauge design. Figure 1 shows a schematic of the internal circuitry on the stand–alone pressure sensor chip.

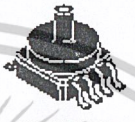
Features

- Low Cost
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge Design
- Ratiometric to Supply Voltage
- Easy to Use Chip Carrier Package Options
- Differential and Gauge Options
- Durable Epoxy Unibody Element or Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package

Application Examples

- Air Movement Control
- Environmental Control Systems
- Level Indicators
- Leak Detection
- Medical Instrumentation
- Industrial Controls
- Pneumatic Control Systems
- Robotics

SMALL OUTLINE PACKAGE



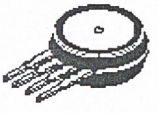
MPXV10GC6U
CASE 482A

MPXV10GC7U
CASE 482C

PIN NUMBER			
1	Gnd	5	N/C
2	$+V_{out}$	6	N/C
3	V_S	7	N/C
4	$-V_{out}$	8	N/C

NOTE: Pin 1 is noted by the notch in the lead.

UNIBODY PACKAGE



MPX10D
CASE 344

MPX10DP
CASE 344C

PIN NUMBER			
1	Gnd	3	V_S
2	$+V_{out}$	4	$-V_{out}$

NOTE: Pin 1 is noted by the notch in the lead.

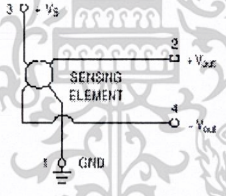


Figure 1. Uncompensated Pressure Sensor Schematic

VOLTAGE OUTPUT versus APPLIED DIFFERENTIAL PRESSURE

The output voltage of the differential or gauge sensor increases with increasing pressure applied to the pressure side (P1) relative to the vacuum side (P2). Similarly, output voltage increases as increasing vacuum is applied to the vacuum side (P2) relative to the pressure side (P1).

REV 10

MOTOROLA

© Motorola, Inc. 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPX10 MPXV10GC SERIES

MAXIMUM RATINGS(NOTE)

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P_{max}	75	kPa
Burst Pressure (P1 > P2)	P_{burst}	100	kPa
Storage Temperature	T_{stg}	−40 to +125	°C
Operating Temperature	T_A	−40 to +125	°C

NOTE: Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

OPERATING CHARACTERISTICS (V_S = 5.0 Vdc, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Differential Pressure Range[1]	P_{OP}	0	—	10	kPa
Supply Voltage[2]	V_S	—	5.0	6.0	Vdc
Supply Current	I_o	—	6.0	—	mAdc
Full Scale Span[3]	V_{FSS}	20	35	50	mV
Offset[4]	V_{off}	0	20	35	mV
Sensitivity	$\Delta V/\Delta P$	—	3.5	—	mV/kPa
Linearity[5]	—	−1.0	—	1.0	$\%V_{FSS}$
Pressure Hysteresis[5] (0 to 10 kPa)	—	—	± 0.1	—	$\%V_{FSS}$
Temperature Hysteresis[5] (−40°C to +125°C)	—	—	± 0.5	—	$\%V_{FSS}$
Temperature Coefficient of Full Scale Span[5]	TCV_{FSS}	−0.22	—	−0.16	$\%V_{FSS}$/°C
Temperature Coefficient of Offset[5]	TCV_{off}	—	±15	—	µV/°C
Temperature Coefficient of Resistance[5]	TCR	0.28	—	0.34	$\%Z_{in}$/°C
Input Impedance	Z_{in}	400	—	550	Ω
Output Impedance	Z_{out}	750	—	1250	Ω
Response Time[6] (10% to 90%)	t_R	—	1.0	—	ms
Warm-Up Time[7]	—	—	20	—	ms
Offset Stability[8]	—	—	±0.5	—	$\%V_{FSS}$

NOTES:

1. 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
2. Device is ratiometric within this specified excitation range. Operating the device above the specified excitation range may induce additional error due to device self-heating.
3. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
4. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
5. Accuracy (error budget) consists of the following:
   - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure, using end point method, over the specified pressure range.
   - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
   - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
   - TcSpan: Output deviation at full rated pressure over the temperature range of 0 to 85°C, relative to 25°C.
   - TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0 to 85°C, relative to 25°C.
   - TCR: Z_{in} deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of −40°C to +125°C, relative to 25°C.
6. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
7. Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized.
8. Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE COMPENSATION

Figure 2 shows the typical output characteristics of the MPX10 and MPXV10GC series over temperature.

Because this strain gauge is an integral part of the silicon diaphragm, there are no temperature effects due to differences in the thermal expansion of the strain gauge and the diaphragm, as are often encountered in bonded strain gauge pressure sensors. However, the properties of the strain gauge itself are temperature dependent, requiring that the device be temperature compensated if it is to be used over an extensive temperature range.

Temperature compensation and offset calibration can be achieved rather simply with additional resistive components, or by designing your system using the MPX2010D series sensor.

Several approaches to external temperature compensation over both −40 to +125°C and 0 to +80°C ranges are presented in Motorola Applications Note AN840.

LINEARITY

Linearity refers to how well a transducer's output follows the equation: $V_{out} = V_{off}$ + sensitivity x P over the operating pressure range (Figure 3). There are two basic methods for calculating nonlinearity: (1) end point straight line fit or (2) a least squares best line fit. While a least squares fit gives the "best case" linearity error (lower numerical value), the calculations required are burdensome.

Conversely, an end point fit will give the "worst case" error (often more desirable in error budget calculations) and the calculations are more straightforward for the user. Motorola's specified pressure sensor linearities are based on the end point straight line method measured at the midrange pressure.

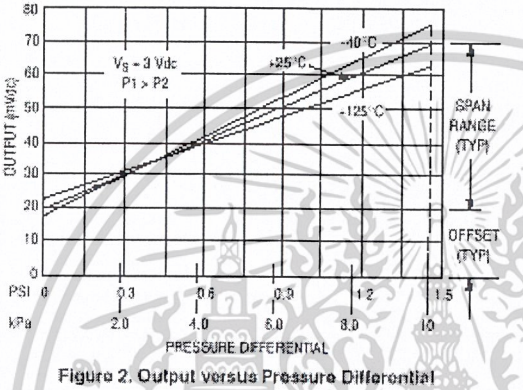


Figure 2. Output versus Pressure Differential

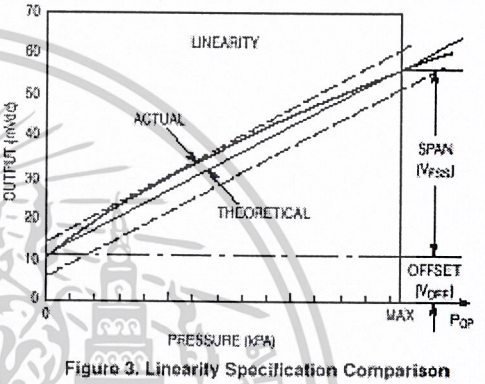


Figure 3. Linearity Specification Comparison

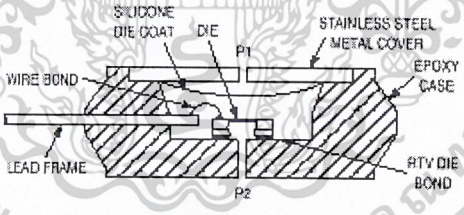


Figure 4. Unibody Package — Cross-Sectional Diagram (not to scale)

Figure 4 illustrates the differential or gauge configuration in the basic chip carrier (Case 344). A silicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the silicon diaphragm.

The MPX10 and MPXV10GC series pressure sensor operating characteristics and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media other than dry air may have adverse effects on sensor performance and long term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

พจนาฎ สุวรรณมณี. **เซนเซอร์ และ ทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)

พรจิต ประทุมสุวรรณ. **เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม (เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์).** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์. **หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่16. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติ

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายวรพงษ์ ขยันตรวจ
วันเดือนปีเกิด	31 มกราคม พ.ศ. 2524
สถานที่เกิด	จังหวัดกรงเทพฯ
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดกรงเทพฯ
ที่อยู่ปัจจุบัน	93/157 หมู่ 2 ถนนเสรีไทย ตำบลคลองกุ่ม อำเภอบึงกุ่ม จังหวัดกรงเทพฯ 10240
โทรศัพท์	0-1902-8994

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลพิบลูเวศช์ จังหวัดกรุงเทพฯ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางกะปิ จังหวัดกรุงเทพฯ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	เทคโนโลยีช่างอุตสาหกรรมกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	เทคโนโลยีช่างอุตสาหกรรมกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ
ปริญญาตรี	สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	อย่าเชื่อสิ่งที่เห็น จงเชื่อสิ่งที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้