ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

Basic Electrical Instrument Circuit Training Set

ชื่อนักศึกษา

1. นางสาวขนิษฐา ลาดหนองขุ่น	รหัสประจำตัว	46035423
2. นายสิทธิพร ม่วงโมด	รหัสประจำตัว	46035450
3. นางสาวสุกัญญา มานพ	รหัสประจำตัว	46035451

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ประเสริฐ เดนพันค้อ	
2. อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	
3. อาจารย์โกศล ตราชู	
4. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	
5. อาจารย์ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอาทิตย์ที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 เวลา 12.45 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

<BT4710182>
ชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

BASIC ELECTRICAL INSTRUMENT CIRCUIT TRAINING SET

นางสาวขนิษฐา ลาดหนองขุ่น
นายสิทธิพร ม่วงโมด
นางสาวสุกัญญา มานพ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

วศ.
ข๒๒๗ ช
2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 59508
วัน,เดือน,ปี - 7 มิ.ย. 2549

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

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

Basic Electrical Instrument Circuit Training Set

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล
2. เพื่อออกแบบชุดทดลองและใบงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล
3. เพื่อสร้างชุดทดลองและใบงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล
4. เพื่อนำชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอลไปใช้งานได้จริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้หลักการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล
2. ได้วงจรต้นแบบและใบงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล
3. ได้วงจรและใบงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล
4. ได้ชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	
นักศึกษา	นางสาวขนิษฐา	ลาดหนองขุ่น
	นายสิทธิพร	ม่วงโมด
	นางสาวสุกัญญา	มานพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการสร้างชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น ชุดทดลองจะประกอบด้วย ชุดทดลองเครื่องวัดมือไฟฟ้าแบบแอนะลอกและชุดทดลองเครื่องวัดไฟฟ้าแบบดิจิตอล โดยชุดทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ แหล่งจ่ายแรงดัน แผงการทดลองและมัลติมิเตอร์ ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นนี้ ถูกออกแบบมาเพื่อให้นักศึกษาและผู้ที่สนใจในเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้า ได้เรียนรู้ ทฤษฎีพื้นฐาน การดำเนินงาน การปรับแต่ง และวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Basic Electrical Instrument Circuit Training Set
Students	Miss Kanitta Labnongkun
	Mr. Sittiporn Mungmote
	Miss Suganya manop
Advisor	Mr.Surapong Siripongdee
Co – Advisor	Mr.Amornchai Chaichana
Education	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Industrial Instrument Technology
Academic year	2004

ABSTRACT

This thesis present the basic electric instrument training equipment. It consists of analog and digital electric instrument training equipment. It includes power supply , test bode and multimeter. It provide student instruction and troubleshooting methools associated with electric instrument.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ และคณาจารย์ในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งยังให้ความแนะนำแนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบสำนักหอสมุดกลาง ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนทางด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.1.1 นิยามและชนิดของเครื่องวัดไฟฟ้า	4
2.1.2 วัตถุประสงค์ของการวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า	4
2.1.3 ชนิดของการวัด	5
2.1.4 วิธีการวัด	6
2.2 ค่าผิดพลาดของการวัด	6
2.2.1 ความเที่ยงตรงและความแน่นอนถูกต้อง	7
2.2.2 จำนวนตัวเลขที่แสดง	8
2.2.3 ชนิดของความผิดพลาด	8
2.3 ระบบหน่วยและมาตรฐานของการวัด	11
2.3.1 ระบบหน่วยของการวัด	11
2.3.2 การแปลงหน่วย	13
2.3.3 มาตรฐานการวัด	14
2.3.4 มาตรฐานทางไฟฟ้า	15
2.4 เครื่องวัดกระแสตรง	18
2.4.1 แอมมิเตอร์กระแสตรง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.2 โวลต์มิเตอร์กระแสตรง	20
2.4.3 โอห์มมิเตอร์	22
2.4.4 การหาความต้านทานของมิเตอร์	25
2.5 เครื่องวัดกระแสสลับ	27
2.5.1 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	27
2.5.2 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	29
2.6 ดิจิตอลมิเตอร์	31
2.6.1 การอ่านข้อมูลออกมาเป็นตัวเลข	31
2.6.2 แนวความคิดพื้นฐานของดิจิตอลมิเตอร์	31
2.6.3 การแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล	33
2.6.4 การวัดในการทำงานของฟังก์ชันอื่น	34
2.6.5 อุปกรณ์แสดงผล	35
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	38
3.1 กล่าวนำ	38
3.2 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	38
3.3 ส่วนประกอบการทดลองส่วนที่ 1	39
3.4 ส่วนประกอบการทดลองส่วนที่ 2	42
3.4.1 วงจรแสดงผลแบบ 7 ส่วน จำนวน 5 หลัก โดยไอซี MAX 7219	43
3.4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ไอซี L7135	43
3.4.3 วงจรวัดแรงดัน	44
3.4.4 วงจรวัดกระแส	45
3.4.5 วงจรวัดค่าความต้านทาน	46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	47
4.1 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 1	47
4.1.1 การทดลองและผลการทดลองค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดเนื่อง จากอุปกรณ์	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.2 การทดลองและผลการทดลองค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดจากอ่านค่า	49
4.1.3 การทดลองและผลการทดลองการหาค่ากระแสเต็มสเกลของมิเตอร์มูฟเมนต์	50
4.1.4 การทดลองและผลการทดลองการหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์	50
4.1.5 การทดลองและผลการทดลองการทดสอบความไวในการวัด	53
4. 2 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 2	54
4.2.1 การทดลองและผลการทดลองการออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์	54
4.2.2 การทดลองและผลการทดลองการออกแบบแอมมิเตอร์แบบพื้นฐาน	56
4.2.3 การทดลองและผลการทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์	58
4. 3 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 3	60
4.3.1 การทดลองการวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น	60
4.3.2 การทดลองการวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น	62
4.4 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 4	63
4.4.1 ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	63
4.4.2 ดิจิตอลแอมมิเตอร	65
4.4.3 ดิจิตอลโอห์มมิเตอร์	66
บทที่ 5 บทสรุป	68
5.1 สรุป	68
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	68
5.3 แนวทางการพัฒนา	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	71
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	74
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	85
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก จ ใบงาน	102
ภาคผนวก ฉ เฉลยใบงาน	183
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน	268
ภาคผนวก ซ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	273
ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างใบประเมิน	290
ประวัติผู้แต่ง	293

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน่วยพื้นฐาน	12
2.2 หน่วยอนุพันธ์ทางกล	12
2.3 หน่วยอนุพันธ์ทางไฟฟ้า	13
4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดเนื่องจากอุปกรณ์	48
4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดจากอ่านค่า	49
4.3 การหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์	52
4.4 ผลการทดลองของการทดสอบความไวในการวัด	53
4.5 ผลการทดลองการออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์แบบพื้นฐาน	55
4.6 ผลการทดลองดีซีโวลต์มิเตอร์แบบทั่วไป	56
4.7 ผลการทดลองการออกแบบดีซีแอมมิเตอร์	57
4.8 ผลการทดลองการออกแบบดีซีแอมมิเตอร์แบบไอร์ตัน ชันท์	59
4.9 ตารางบันการทดลองดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	64
4.10 ตารางบันผลการทดลองแอมมิเตอร์	66
4.11 ตารางบันทึกผลการทดลองดิจิตอลโอห์มมิเตอร์	67
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	86
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 1	87
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 2	87
ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 2	88
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 3	88
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 4	89
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรดิจิตอลมิเตอร์	89
ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรดิจิตอลมิเตอร์	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปตัดขวางตัวต้านทานมาตรฐาน	16
2.2 การต่อแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า	18
2.3 การดัดแปลงให้แอมมิเตอร์สามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น	19
2.4 สัญลักษณ์ของแอมมิเตอร์	19
2.5 การต่อโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า	20
2.6 วงจรดีซีโวลต์มิเตอร์เบื้องต้น	21
2.7 สัญลักษณ์ของโวลต์มิเตอร์	22
2.8 การต่อวงจรโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์เพื่อหาค่าความต้านทาน	23
2.9 วงจรเบื้องต้นของโอห์มมิเตอร์	24
2.10 วงจรที่สำหรับวัดความต้านทานของมิเตอร์	25
2.11 วงจรที่ใช้สำหรับอธิบายวิธีหากระแสแบบคำนวณ	26
2.12 การหาค่าความต้านทานของมิเตอร์	27
2.13 เปรียบเทียบแรงดันไฟสลับกับแรงดันไฟตรง	27
2.14 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	28
2.15 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับที่เพิ่มไดโอด	29
2.16 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	30
2.17 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์	30
2.18 วงจรอิเล็กทรอนิกส์มิเตอร์แบบแอนะลอก	32
2.19 ผังการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์	32
2.20 แผนภาพกรอบของวงจรแอนะลอกเป็นดิจิตอลขนาด 4 บิต	33
2.21 แผนภาพกรอบภายในของวงจรแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล	34
2.22 ผังการทำงานของวงจรป้อนกลับแบบดิจิตอลมิเตอร์	35
2.23 การแสดงตารางความจริงสำหรับส่วนแสดงผล 7 ส่วน	37
3.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	38
3.2 แผงการทดลองที่ 1	39
3.3 แผงการทดลองที่ 2	40
3.4 แผงการทดลองที่ 3	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 วงจรการทำงานของ AT89S52	42
3.6 วงจรการทำงานของส่วนแสดงผลแบบ 7 ส่วน	43
3.7 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ ICL7135	44
3.8 วงจรวัดแรงดัน	44
3.9 วงจรวัดกระแส	45
3.10 วงจรวัดความต้านทาน	46
4.1 วงจรหาค่าความคลาดเคลื่อน	47
4.2 วงจรการหาค่ากระแสเต็มสเกล	50
4.3 วงจรหาค่าความต้านทานภายใน	50
4.4 วงจร Potentiometer Method	51
4.5 วงจร Shunt Resistor Method	52
4.6 วงจรการทดสอบความไว้ในการวัด	53
4.7 วงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	54
4.8 วงจรขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์	55
4.9 วงจรแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน	56
4.10 วงจรการต่อ Ayrton Shunt แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	57
4.11 วงจรพื้นฐานภายในโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม	59
4.12 วงจรภายในของเครื่องมือวัดประเภทอนุกรม - ขนาน	59
4.13 วงจรการวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น	60
4.14 รูปคลื่นแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น	61
4.15 วงจรที่ใช้ทดลองแผงทดลองที่ 3	62
4.16 รูปคลื่นการวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น	63
4.17 วงจรการทดลองวัดแรงดัน	63
4.18 วงจรการทดลองวัดกระแส	65
4.19 วงจรการทดลองวัดความต้านทาน	66
ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	72
ก.2 ภาพด้านข้างของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.3 ภาพด้านในชั้นบนของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	73
ก.4 ภาพลิ้นชักของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	73
ข.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	75
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	76
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	76
ข.4 วงจรแผงการทดลองที่ 1	77
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแผงการทดลองที่ 1	77
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 1	78
ข.7 วงจรแผงการทดลองที่ 2	78
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์แผงการทดลองที่ 2	79
ข.9 ตำแหน่งการว่างอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 2	79
ข.10 วงจรแผงการทดลองที่ 3	80
ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์แผงการทดลองที่ 3	80
ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 3	81
ข.13 วงจรแผงการทดลองที่ 4	81
ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แผงการทดลองที่ 4	82
ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 4	82
ข.16 วงจรดิจิตอลมิเตอร์	83
ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์ดิจิตอลมิเตอร์	84
ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรดิจิตอลมิเตอร์	84
ง.1 แผนผังการทำงานหลักของโปรแกรม	92
ง.1 (ต่อ) แผนผังการทำงานหลักของโปรแกรม	93
ช.1 ส่วนประกอบของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น	270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากการเรียนวิชาปฏิบัติเครื่องมือวัดไฟฟ้า ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์จะต้องมีการลงมือปฏิบัติการทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น ทั้งในแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล แต่ในปัจจุบันตามสถานศึกษาต่างๆ มีเพียงชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกเท่านั้น ซึ่งขาดชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบดิจิตอล อีกทั้งการลงมือปฏิบัติการทดลองในบางสถานศึกษายังขาดชุดทดลอง จึงแก้ปัญหาโดยการนำอุปกรณ์มาประกอบเป็นวงจรการทดลองขึ้นเอง ทำให้เกิดความยุ่งยาก ทำให้เสียเวลามากในการปฏิบัติทางทดลองในแต่ละครั้ง ทำให้นักศึกษาขาดความรู้ความเข้าใจ ในหลักการทำงานและขาดการลงมือปฏิบัติการทดลองของเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น ในการวัดแรงดัน การวัดกระแส และความต้านทานแบบดิจิตอล ด้วยสาเหตุดังกล่าว ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความคิดทำชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบอนาลอกและดิจิตอล เพื่อสะดวกในการต่อวงจรและง่ายต่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพของนักศึกษาได้อย่างรวดเร็วและตรงกับความต้องการของหลักสูตร

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถดำเนินการทดลองได้ครอบคลุมเนื้อหาวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า
2. ช่วยเพิ่มคุณภาพในการเรียนการสอนให้ดีขึ้น
3. มีใบงานประกอบทดลอง 11 ใบงาน
4. มีทฤษฎีประกอบใบงานการทดลอง

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญของปริญญานิพจน์ซึ่งประกอบด้วย

1) นิยามของการวัด ชนิด และวิธีการวัดที่นิยมใช้ทั่วไปในงานอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์ของการวัดของเครื่องวัดไฟฟ้า

2) ค่าความผิดพลาดของการวัด ที่มีผลทำให้ค่าที่ต้องการวัดคลาดเคลื่อน เช่น ความผิดพลาดที่เกิดจากตัวผู้วัด ความผิดพลาดจากระบบ และความผิดพลาดที่ไม่แน่นอน รวมทั้งความเที่ยงตรงและความแน่นอนถูกต้อง

3) ระบบหน่วยและมาตรฐานต่างๆ ของการวัด เช่น หน่วยพื้นฐานหน่วยอนุพันธ์ทางกล มาตรฐานทางไฟฟ้า และการแปลงหน่วย เป็นต้น

4) เครื่องวัดกระแสตรง เช่น แอมมิเตอร์กระแสตรง โวลต์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ และการหาความต้านทานของมิเตอร์

5) เครื่องวัดกระแสสลับ

6) เครื่องวัดไฟฟ้าแบบดิจิตอลประกอบด้วย การอ่านข้อมูลออกมาเป็นตัวเลขและการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ การสร้างแผงทดลองวงจรของโครงงาน การออกแบบวงจร ที่ใช้ในโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโปรแกรม ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรมทั้งหมดที่สร้างขึ้นมาเพื่อประกอบการทำงานของโครงงาน

ภาคผนวก จ ประกอบด้วยใบงานประกอบการทดลองจำนวน 11 ใบงาน

ภาคผนวก ฉ เฉลยใบงานการทดลองจำนวน 11 ใบงาน

ภาคผนวก ช เป็นคู่มือการใช้งานชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้า

ภาคผนวก ซ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก ฌ ใบประเมินคุณภาพของชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

Lord Kelvin นักฟิสิกส์ผู้มีชื่อเสียงที่รู้จักกันดีทั่วโลก ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการวัดอย่างง่ายๆ ได้อย่างชัดเจน ในหลักการพื้นฐานของวิธีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะประกอบด้วยการวัดที่ถูกต้อง การเลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมและการแทนอยู่ในรูปความสัมพันธ์หรือสูตรทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรกและสำคัญที่สุดก็คือการวัดที่ถูกต้อง

รูปแบบและหลักการของการวัดได้มีการพัฒนาขึ้นมาจากอดีตพร้อมๆ กับวิวัฒนาการของมนุษย์ชาติมีการค้นพบ ศึกษาและค้นคว้าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ซึ่งบางอย่างเป็นภัยต่อมนุษย์ เพื่อดัดแปลงหรือพยายามควบคุมธรรมชาติให้เอื้ออำนวยต่อชีวิต ความเป็นอยู่ของมนุษย์ มีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ในกิจการต่างๆ เช่น การคมนาคม การสื่อสารและการก่อสร้าง เป็นต้น เพื่ออำนวยความสะดวกต่างๆ ในชีวิตประจำวันรวมถึงในกระบวนการการควบคุมการผลิตในงานทางอุตสาหกรรม สิ่งเหล่านี้ไม่ว่าจะมองในด้านคุณภาพ ปริมาณหรือความสะดวกปลอดภัยจะต้องอาศัยการวัดที่ละเอียดถูกต้องเป็นพื้นฐาน ไม่ว่ากระบวนการนี้จะง่ายหรือสลับซับซ้อนเพียงใด แม้ว่าตัวมนุษย์เองจะมีขีดความสามารถสูงแต่มีขอบเขตที่จำกัด ทางด้านการวัด มนุษย์มีขีดจำกัดในการรับรู้หรือการบอกถึงปริมาณทางไฟฟ้า เช่น กระแส แรงดัน หรือปริมาณทางฟิสิกส์อื่นๆ เช่น ความร้อน โดยใช้ประสานสัมผัสอย่างเดียวมีคุณสมบัติหรือตัวแปรหลายอย่างที่ไม่สามารถรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส เช่น ความต้านทานทางไฟฟ้า นอกจากนั้นปริมาณบางอย่างที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ถ้าเข้าไปสัมผัสโดยตรง ดังนั้นมนุษย์จึงต้องอาศัยตัวกลางเพื่อถ่ายทอดสิ่งที่ต้องการจะรู้ให้เข้ามาอยู่ในรูปแบบที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้

การวัดเป็นกระบวนการลักษณะ ซึ่งหมายถึงว่า ตัวเลขที่กำหนดแก่คุณสมบัติโดยการวัดภายในขอบเขตของความผิดพลาด จะต้องเป็นอิสระต่อผู้สังเกต เป็นเรื่องธรรมดาที่กรรมการจะให้ค่าการตัดสินบนสเกล 0 - 10 สำหรับคุณสมบัติ เช่น ความเหมาะสมกับตำแหน่งงาน ตัวเลขที่เป็นผลมาจากการให้ค่าลักษณะนี้ไม่ถือว่าเป็นการวัดนอกเสียจากว่า มีการจัดตั้งหรือกำหนดโดยกระบวนการให้ค่าหรือคะแนน ว่าจะให้ตัวเลขเดียวกัน ภายในขอบเขตของความผิดพลาดที่ยอมรับได้ โดยใช้ขั้นตอนดำเนินการเดียวกัน

นอกจากนั้น การวัดเป็นกระบวนการ ซึ่งจะต้องเป็นผลจากการสังเกตหรือการทดลองไม่ใช่จากทฤษฎีหรือความคิด จะเห็นว่ารูปแบบของการวัดในทางปฏิบัติก็คือการเปรียบเทียบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน มาตรฐานจะเป็นตัวแทนทางกายภาพของหน่วย ของการวัดที่ใช้ ซึ่งก็คือขนาดมาตรฐานของคุณสมบัติ โดยทั่วไปในทางวิทยาศาสตร์กายภาพ ค่าตัวเลขที่ให้แก่ค่าที่วัดจะแสดงอัตราส่วนของขนาดของคุณสมบัติต่อขนาดมาตรฐานนี้ จะต้องเป็นที่ยอมรับโดยผู้คนในวงการเดียวกัน

2.1.1 นิยามและชนิดของเครื่องวัดไฟฟ้า

1) นิยามของเครื่องวัดไฟฟ้า

คำว่า เครื่องวัด มีความหมายว่า อุปกรณ์สำหรับวัดค่าปริมาณที่สนใจ เครื่องวัดอาจหมายถึงแบบชี้ค่า แบบบันทึกค่าและแบบรวมค่า ซึ่งใช้คำว่าเครื่องวัดในสองความหมายที่แตกต่างกันคือ เครื่องวัดประกอบด้วยกลไก และชิ้นส่วนที่ถูกสร้างอยู่ภายในสิ่งห่อหุ้ม กับเครื่องวัดที่อยู่หรือใช้ร่วมกับอุปกรณ์ช่วยที่จำเป็น เช่น ตัวต้านทานขนาน ตัวต้านทานอันดับ ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุหรือหม้อแปลงสำหรับเครื่องมือวัด เมื่อได้กล่าวถึงเครื่องวัดไฟฟ้าจะหมายถึงเครื่องวัดที่วัดปริมาณทางไฟฟ้า สำหรับปริมาณที่ไม่ได้เป็นปริมาณไฟฟ้าจะต้องมีการแปลงให้อยู่ในรูปที่สามารถวัดเป็นปริมาณไฟฟ้าได้โดยทั่วไปจะใช้คำว่า มาตรหรือมิเตอร์กับอุปกรณ์การวัดหรือเครื่องวัดใดๆ รวมถึงเครื่องวัดไฟฟ้าทุกชนิด

2) ชนิดของเครื่องวัดไฟฟ้า

สามารถแบ่งชนิดเครื่องวัดไฟฟ้าได้ 2 ชนิดคือ

1) เครื่องวัดชั้นต้นหรือเครื่องวัดสัมบูรณ์ เป็นเครื่องมือที่ไม่สามารถอ่านค่าปริมาณไฟฟ้าอย่างทันทีทันใดได้เพราะยังไม่ได้ปรับเทียบ ค่าต่างๆ ที่วัดได้จะอยู่ในพจน์ของตัวคงที่ของเครื่องมือและมุมที่เข็มเบี่ยงเบนไป การคิดหาค่ากระแสก็คิดในค่าของจำนวนรอบของขดลวดและผลของสนามแม่เหล็กโลก เครื่องมือชนิดนี้จะใช้ในห้องทดลอง โดยทำเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานหรือสำหรับนักวิทยาศาสตร์ หรือนักวิจัยที่ต้องการหาค่าเที่ยงตรง เพื่อจะพิสูจน์ทฤษฎีบางอย่าง การวัดโดยวิธีนี้จะเรียกว่า การวัดสัมบูรณ์

2) เครื่องวัดสำเร็จรูป สามารถอ่านค่าปริมาณได้ เช่น สามารถอ่านค่ากระแสจากเครื่องวัดกระแสได้ในทันทีที่เข็มชี้ เพราะเครื่องวัดชนิดนี้ผู้ผลิตได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และปรับสเกลของเครื่องวัดเป็นค่าที่ต้องการวัดเลย

2.1.2 วัตถุประสงค์ของการวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะสอดคล้องกับความก้าวหน้าในศิลปะของการวัดในลักษณะที่ขนานกันไป การเข้าถึงสถานะทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของชาติใดให้ดูที่การวัดที่ใช้และวิธีการใช้ข้อมูลที่สะสมโดยการวัด ขณะที่มีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็จะมีการค้นพบปรากฏการณ์และความสัมพันธ์ใหม่ๆ ซึ่งทำให้มีความต้องการ การวัดชนิดใหม่พร้อมๆ กัน ทั้งความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้สามารถสร้างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดชนิดใหม่ที่เพิ่มเข้าไปเพื่อความเข้าใจ ซึ่งในทางกลับกันจะนำไปสู่การค้นพบใหม่ ซึ่งทำให้มีความเป็นไปได้และความต้องการการวัดเพิ่มมากขึ้น ดังคำกล่าวที่ว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สลับซับซ้อน จะต้องร่วมกับการวัดที่สลับซับซ้อน ขณะที่วิทยาศาสตร์ในระดับต้นก็จะต้องใช้กับเทคนิคการวัดเบื้องต้นเช่นกัน ในขณะที่ศิลปะของการวัดได้ก้าวหน้าขึ้น เทคโนโลยีของการทำการวัดจะอ้างอิงกับวิธีทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น มีเหตุผลหลายประการในการใช้การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ ระยะทาง แสง สี เสียง ความดัน ฯลฯ สามารถถูกแปลงเป็นการชี้ค่าแสดงด้วยไฟฟ้า การวัดไฟฟ้ามีความไวสูง ทำการวัดได้อย่างรวดเร็วสามารถใช้ผลของการวัดในการควบคุมกระบวนการได้

2.1.3 ชนิดของการวัด

การวัดทุกชนิดจะกระทำโดยการเปรียบเทียบค่าวัดกับมาตรฐานที่ได้มีการนิยามไว้ แต่ก็มีหลายวิธีของการกระทำการเปรียบเทียบเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าที่ต้องการจากการวัด นอกจากนั้นการที่นิยามคำเกี่ยวกับวิธีทำการวัด โดยสามารถสื่อสารแนวคิดได้โดยใช้คำที่ยอมรับกันโดยทั่วไปซึ่งสามารถแบ่งชนิดของการวัดได้เป็น 2 ชนิด

1) การวัดตรง เป็นวิธีที่จะได้ค่าจากการวัดโดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณเพิ่มเติมโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่ต้องการวัดกับปริมาณอื่นที่ต้องวัดจริง ค่าที่ต้องการจะได้ทันทีทันใดในรูปของข้อมูลดิบ เช่น ถ้าต้องการรู้ค่ากระแสที่ไหลในวงจรสามารถวัดได้โดยตรง โดยใช้แอมมิเตอร์หรือการอ่านความยาวของแท่งโลหะกับบรรทัดที่ถูกแบ่งสเกล

2) การวัดอ้อม เป็นวิธีที่จะได้ค่าโดยผ่านตัวกลางหรือขั้นตอนต่อ ที่มีหน่วยที่แตกต่างไปซึ่งเชื่อมต่อกันในบางลักษณะ ตัวอย่างเช่น วิธีการวัดระยะโดยใช้เวลาการเคลื่อนที่ของพัลส์เป็นวิธีอ้อมเพราะว่าจะต้องทำการคำนวณระยะทางจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วแสงกับเวลาการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นค่าที่วัดจริง มีข้อสังเกตก็คือผลลัพธ์สุดท้ายนั้นได้มาจากผลของการวัดโดยตรงหลายๆ ปริมาณ

วิธีการวัดโดยตรง โดยปกติจะสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีโดยอ้อม จึงได้รับความนิยมใช้มากกว่า เช่น การเลือกใช้วัตต์มิเตอร์ ซึ่งอ่านค่ากำลังได้โดยตรงมากกว่าจะเลือกการคำนวณกำลังจากการอ่านค่ากระแสและแรงดัน ถึงอย่างไรค่าความถูกต้องของการวัดโดยตรงจะน้อยกว่าความถูกต้องในการวัดโดยอ้อม เพราะว่าการวัดแต่ละครั้งสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้นั้นคือ ความผิดพลาด ฉะนั้นในการวัดอ้อมเกิดจากการคำนวณผลที่ได้จากการวัดโดยตรงหลายครั้งก็ควรจะมีความถูกต้องน้อยกว่า แต่อาจจะช่วยให้เข้าใจยิ่งขึ้นถ้าลองพิจารณาวิธีการวัดตรงอย่างใกล้ชิด

ความแตกต่างระหว่างการวัดตรงและการวัดอ้อมนั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในทางปฏิบัติ แต่อาจจะมีความแตกต่างโดยพื้นฐานน้อยมากในหลายๆ กรณี วิธีการวัดตรงจะใช้เครื่องวัดซึ่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบสนองต่อปริมาณเดียวกันกับที่ได้รับ โดยวิธีอ้อมทำการคำนวณ เช่น พิจารณาโวลต์มิเตอร์ จะมีสเกลที่ปรับเทียบเป็นค่ากระแสคูณกับความต้านทาน ถึงแม้ว่ามันจะอ่านค่าเป็นแรงดันโดยตรง แต่ก็คือแอมมิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับความต้านทานที่รู้ค่าแล้ว เช่นเดียวกันกับตัวส่วนประกอบของวัตต์มิเตอร์ ใช้ส่วนที่เคลื่อนที่ซึ่งการเบี่ยงเบน จะขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่แตกต่างกันในขดลวดที่แยกจากกัน ถ้ากระแสในขดลวดหนึ่งเป็นกระแสโหลดและกระแสในอีกขดลวดหนึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันคร่อมโหลด ดังนั้นสามารถปรับเทียบสเกลให้อ่านเป็นค่าวัตต์โดยตรง แต่ในทางพื้นฐาน แล้วเครื่องวัดที่อ่านค่าได้โดยตรงนั้น ไม่ได้ทำการวัดโดยตรงอย่างแท้จริงจะเห็นได้ว่าในวิธีการวัดโดยตรงก็ยังคงต้องอาศัยการคำนวณค่าซึ่งก็คือสิ่งที่จำเป็นในการวัดโดยอ้อมและเพราะว่าเครื่องวัดต้องคำนวณค่าจึงจะปรากฏค่าความผิดพลาดอีกครั้งหนึ่งซึ่งผิดกับแบบการวัดโดยอ้อม ซึ่งจะมีความผิดพลาดเฉพาะในขณะทำการวัด เช่นเดียวกับในแบบการวัดโดยตรง แต่ภายหลังจะไม่มีการปรากฏความผิดพลาดอันเกิดจากการคำนวณฉะนั้นความถูกต้องของการวัดโดยอ้อมจึงดีกว่า

2.1.4 วิธีการวัด

1) วิธีแสดงค่า ชี้ค่า แสดงค่าปริมาณที่ถูกวัดได้ โดยมีการแปลงรูปให้เป็นการเบี่ยงเบนของเข็มชี้หรือสามารถอ่านค่าให้เป็นตัวเลข โดยให้มีความสัมพันธ์กัน ปริมาณนั้นก็จะถูกอ่านออกมาในเทอมของการเบี่ยงเบนของเข็มชี้

2) วิธีชี้ศูนย์ ปริมาณที่ถูกวัด ถูกนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณที่ทราบค่าแล้ว ซึ่งใช้เป็นที่อ้างอิงและถูกปรับค่าตัวคูณจนได้สภาวะสมดุล ผลที่วัดได้จะออกมาในเทอมของปริมาณที่ใช้อ้างอิง วิธีนี้ศูนย์จะมีค่าความเที่ยงตรงสูงกว่าและปกติจะใช้ในงานที่ต้องการความถูกต้องสูง นอกจากนั้นทั้งสองวิธียังสามารถแยกออกเป็นแบบทั่วไป แบบเปรียบเทียบ แบบแทนที่ แบบผลต่าง และการออกแบบพิเศษอื่นๆ ได้

2.2 ค่าผิดพลาดของการวัด

เครื่องมือวัดโดยทั่วไปจะใช้วิธีการวัดทางฟิสิกส์ เพื่อหาปริมาณหรือค่าการเปลี่ยนแปลง การนำเครื่องมือวัดมาใช้งานถูกขยายขอบเขตกว้างขวางมากยิ่งขึ้น เพราะการพัฒนาด้านเทคโนโลยีจากความสามารถของมนุษย์ การนำเครื่องมือวัดไปใช้งาน ส่วนมากจะเป็นการหาค่าปริมาณต่างๆ ที่ไม่ทราบค่า นิยามของเครื่องมือวัดอาจกล่าวได้ว่า อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับหาค่าหรือขนาด ของปริมาณหรือจำนวนที่เปลี่ยนแปลงไป

เครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นเครื่องมือวัดอีกชนิดหนึ่งที่มีพื้นฐานทางด้านไฟฟ้าและทางด้านอิเล็กทรอนิกส์รวมกัน สำหรับการใช้งานการวัดค่าต่างๆ เครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์จะมีส่วนประกอบโครงสร้างต่างไปจากเครื่องมือวัดพื้นฐาน เช่น มิเตอร์วัดกระแสไฟตรงจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาเกี่ยวข้องและมีความเที่ยงตรงในการวัดและอำนวยความสะดวกในการวัดมากขึ้น เช่น พวกดิจิตอลมิเตอร์ ซึ่งจะแสดงผลการวัดเป็นตัวเลขอ่านค่าได้โดยตรงหรือแสดงค่าด้วยเข็มชี้ที่ถูกเรียกว่าแอนะลอกมิเตอร์

เมื่อเทคโนโลยีเจริญขึ้นความต้องการเครื่องมือวัดอย่างประณีตและเที่ยงตรงมีมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ทางเครื่องมือวัดใหม่ๆ ได้ถูกพัฒนาทั้งรูปแบบและการใช้งานอย่างกว้างขวางมากขึ้น ในการนำเครื่องมือวัดไปใช้งาน สิ่งหนึ่งที่จำเป็น คือ ต้องเข้าใจการทำงานและหลักการในการใช้งานสามารถประเมินความเหมาะสม สำหรับจุดมุ่งหมายของการนำไปใช้งานได้

2.2.1 ความเที่ยงตรงและความแน่นอนถูกต้อง

เครื่องมือวัด เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดหาค่า หาขนาดของปริมาณหรือการเปลี่ยนแปลง ความแน่นอนถูกต้อง คือการวัดค่าซ้ำๆ กันของเครื่องมือวัด เช่น กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงคงที่ค่าหนึ่งความแน่นอนถูกต้องก็คือการวัดด้วยเครื่องมือวัดที่สามารถแสดงมุมของการวัดที่แตกต่างกันออกมาได้ ในการวัดค่าแต่ละครั้ง ความเที่ยงตรง คือ การวัดที่เครื่องมือวัดสามารถแสดงค่าออกมาได้ใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้องของการวัดค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง ความไว คืออัตราส่วนของสัญญาณเอาต์พุตหรือผลตอบสนองของเครื่องมือวัดที่มีต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตหรือค่าเปลี่ยนแปลงของอินพุตที่วัดได้ ความสามารถในการแยกค่า คือ ค่าที่เครื่องมือวัดสามารถแสดงออกมาได้ เมื่อนำไปวัดค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยๆ ความผิดพลาด คือ ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ถูกต้องของการวัดค่าตัวแปร

เทคนิคเฉพาะที่นำมาใช้ เพื่อทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดที่ได้มีค่าต่ำสุด อีกวิธีหนึ่งคือโดยการทำให้เครื่องมือวัดมีความแน่นอนถูกต้อง เช่น ควรมีการบันทึกค่าอย่างต่อเนื่อง โดยการสังเกตจากการวัดและบันทึกค่าไว้หลายๆ ครั้ง เพื่อความถูกต้อง ควรใช้เครื่องมือวัดตัวเดียวในการวัดค่าในวงจร โดยใช้วิธีเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเครื่องมือวัดในการวัดค่าในวงจร ดีกว่าการใช้เครื่องมือวัดหลายตัว วัดค่าและแสดงผลการวัดในวงจรที่ทำการวัดได้มากขึ้น

มีการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความเที่ยงตรงกับความแน่นอนถูกต้องได้ เช่น โวลต์มิเตอร์ 2 ตัว ผลิตมาเหมือนกันและรุ่นเดียวกัน นำมาเปรียบเทียบกัน มิเตอร์ทั้งคู่เป็นชนิดเข็มชี้ปลายแบน และที่สเกลมีกระจกสะท้อน เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดจากตามองเข็มชี้ผ่านสเกลผิดตำแหน่ง มิเตอร์ทั้งสองได้รับการปรับแต่งสเกลมาอย่างถูกต้องเหมือนกันสามารถอ่านค่าได้แน่นอนถูกต้องเหมือนกันแต่ถ้าเกิดค่าความต้านทานที่ต่ออันดับในตัวมิเตอร์ตัวหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป การวัดค่าและการแสดงค่าของมิเตอร์ตัวนั้นจะเกิดความผิดพลาดมากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้มิเตอร์ทั้ง 2 ตัวมีความเที่ยงแตกต่างกัน การหาค่าความผิดพลาดของมิเตอร์ สามารถหาได้จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบการวัดกับมิเตอร์มาตรฐาน มิเตอร์ตัวใดวัดค่าได้แตกต่างไปจากมิเตอร์มาตรฐานมากๆ แสดงว่ามีความเที่ยงตรงน้อย มีความผิดพลาดมาก

ความแน่นอนถูกต้องประกอบด้วยคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือ ความเหมือนกันและจำนวนตัวเลขที่แสดงไว้ในตัวเครื่องมือวัดนั้นๆ ตัวอย่างเช่น ตัวต้านทานมีค่าความต้านทานที่ถูกต้องเท่ากับ 1,384,572 Ω เมื่อวัดด้วยโอห์มมิเตอร์ที่เที่ยงตรง จากการวัดจะอ่านค่าได้เท่ากับ 1.4 MΩ ทุกครั้ง ถ้าต้องการทราบว่าค่าที่อ่านได้ถูกต้องหรือไม่ เป็นคำถามที่ตอบลำบาก เพราะค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดเป็นค่าโดยประมาณ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้ เกิดจากการถูกจำกัดค่าของสเกลที่อ่าน สิ่งนี้จะเรียกว่าความผิดพลาดจากความแน่นอนถูกต้อง ตัวอย่างดังกล่าวเป็นการแสดงให้เห็นว่าความผิดพลาดดังกล่าวหลีกเลี่ยงไม่ได้ค่าจริงเป็นค่าที่ใช้ได้ จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าค่าความแน่นอนถูกต้องเป็นสิ่งที่จำเป็นของเครื่องมือวัด แต่ต้องแก้ไขในหัวข้อของความเที่ยงตรง

ในการอ่านค่าจากเครื่องมือวัดที่แสดงค่าไว้ ผู้วัดมักจะยอมรับค่าที่เครื่องมือวัดแสดงไว้ซึ่งผู้วัดเองจะไม่มีโอกาสทราบได้ว่าค่าที่แสดงออกมานั้นถูกต้องหรือไม่ ในงานที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำ จะต้องมีความระมัดระวังในการปฏิบัติตามเทคนิคการวัดค่า เครื่องมือวัดต้องพร้อมไม่เกิดความผิดพลาด ผู้ปฏิบัติต้องแน่ใจว่าการปรับแต่งค่าต่างๆ ของเครื่องมือวัดถูกต้อง และปรับเปรียบเทียบอีกครั้งกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน อิทธิพลจากภายนอกจะต้องไม่มีผลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด

2.2.2 จำนวนตัวเลขที่แสดง

การแสดงความแน่นอนถูกต้องของเครื่องมือวัด จะหาได้จากจำนวนของตัวเลขที่แสดงซึ่งผลที่ได้จะเป็นเครื่องแสดงให้ทราบว่ามีความถูกต้องมากน้อยเท่าไร จำนวนตัวเลขที่แสดงจะเป็นตัวบอกข้อมูลที่แท้จริงในการพิจารณาขนาดและความแน่นอนในการวัดปริมาณ จำนวนตัวเลขที่แสดงจะมีความสำคัญมากกว่าความแน่นอนถูกต้องของเครื่องมือวัด

อย่างไรก็ตาม จำนวนหลักของตัวเลขทั้งหมด ไม่อาจแทนความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดได้ บ่อยครั้งเลขศูนย์จำนวนมากๆ ก่อนจุดทศนิยมไว้ใช้เป็นค่าประมาณจำนวนตัวเลขมากๆ ควรเลือกใช้เลขยกกำลังสิบ เช่น 38×10^4 จำนวนเลขของการวัดขึ้นอยู่กับการทดสอบหลายครั้ง และเลือกค่าคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ผลที่ได้จากการอ่านค่าควรเป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้ จากค่าที่เปลี่ยนแปลงไปหลายๆ ค่า

2.2.3 ชนิดของความผิดพลาด

ความผิดพลาดจะปรากฏได้เสมอในทุกครั้งที่ทำการวัด เนื่องจากไม่สามารถทำการวัดโดยไม่มีความผิดพลาด ดังนั้นในการกำหนดรายละเอียดของแต่ละการวัด จะต้องรวมถึงความพยายามในการหาขนาดและแหล่งกำเนิดความผิดพลาดของการวัด ด้วยเหตุนี้ การมีความเข้าใจและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำแนกชนิดของความผิดพลาด จึงเป็นขั้นตอนแรกในความพยายามที่จะลดความผิดพลาด ถ้ามีการออกแบบและทำการทดลองที่ดี จะสามารถลดความผิดพลาดสู่ระดับที่มีผลกระทบ น้อยกว่าค่าสูงสุดที่กำหนด ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของความผิดพลาด ได้ 3 ประการคือ

1) ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด

ความผิดพลาดนี้เกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ ไม่ว่าจะเป็นการอ่านค่าไม่ถูกต้อง การบันทึกค่าไม่ถูกต้อง การคำนวณค่าไม่ถูกต้อง จากผลของการวัดค่าด้วยเครื่องมือวัด สิ่งเหล่านี้มนุษย์ต้องเข้าไปเกี่ยวข้องและไม่สามารถหลีกเลี่ยงความผิดพลาดเหล่านี้ได้ ถึงแม้จะใช้ความระมัดระวังในการใช้เครื่องมือวัดก็ตาม จึงต้องพยายามฝึกหัดการทดลอง การใช้เครื่องมือวัดให้ถูกต้อง เพราะค่าความผิดพลาดเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ง่าย จึงควรพยายามหลีกเลี่ยง

อีกประการหนึ่งของความผิดพลาดนี้ บ่อยครั้งเกิดจากผู้เริ่มใช้เครื่องมือวัดใหม่ๆ ซึ่งใช้เครื่องไม่ถูกต้อง อ่านค่าไม่ถูกต้อง หรือใช้เครื่องมือวัดไม่เหมาะสมกับงาน การวัดค่าจะเปลี่ยนแปลงไปถ้าการใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับงาน ดังนั้นการฝึกหัดการวัดหรือปฏิบัติงานบ่อยๆ ย่อมจะทำให้การใช้งานของเครื่องมือวัดเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ถูกต้องมาก

สาเหตุความผิดพลาดจากการต่อโหลดของมิเตอร์ สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยใช้วิจารณญาณและไหวพริบของตัวผู้วัดเอง เช่น โวลต์มิเตอร์ที่มีค่าความต้านทานในตัวมิเตอร์ต่ำ ไม่ควรใช้วัดแรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงๆ และค่าความต้านทานในวงจรที่จะทำการวัดสูง จะเป็นเหตุให้เกิดความผิดพลาดสูง โวลต์มิเตอร์ที่มีอินพุท ความต้านทานในตัวโวลต์มิเตอร์สูง จะวัดค่าได้เที่ยงตรงมากกว่า

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนมาก มีสาเหตุมาจากความประมาท ความไม่ชำนาญ เช่น อ่านค่าเครื่องมือวัดไม่ถูกต้อง บันทึกค่าไม่ถูกต้องจากค่าที่อ่านได้ หรือปรับแต่งเครื่องมือวัดก่อนการใช้งานไม่ถูกต้อง สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุของการผิดพลาด ในกรณีของโวลต์มิเตอร์แบบหลายย่าน การใช้งานสเกลใดสเกลหนึ่งของมิเตอร์ตามความเหมาะสม เพราะแต่ละย่านของมิเตอร์มีการปรับแต่งไว้ต่างกัน การใช้งานต่างย่านวัดมีความสะดวกและง่ายในการใช้วัดค่า แต่จะมีความผิดพลาดในการอ่านค่าได้ง่าย นอกจากนั้นยังเกิดจากการปรับแต่งมิเตอร์ ให้ตรงจุดศูนย์ก่อนการใช้งาน จึงทำให้ค่าที่อ่านได้เกิดความผิดพลาด

ความผิดพลาดนี้ไม่สามารถที่จะนำไปใช้คำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงและเอาใจใส่ในการอ่านค่า การบันทึกค่าผลของการวัด การปฏิบัติที่ถูกต้อง ต้องทำการบันทึกค่าไว้ครั้งหนึ่งของค่าที่วัดได้และทดลองวัดค่าอีกครั้งหนึ่ง นำมาเปรียบเทียบกันว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ค่าที่ถูกต้องไม่ได้ขึ้นอยู่กับการวัดค่าเพียงครั้งเดียว แต่ต้องวัดค่า อ่านค่าอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เอาค่าที่ได้มาสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความผิดพลาดของระบบ

ความผิดพลาดของระบบที่พบมากในการวัดสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.1) เครื่องมือผิดพลาด เกิดจากข้อบกพร่องของเครื่องมือวัด เป็นความผิดพลาดที่มีอยู่ในเครื่องมือวัด มาจากโครงสร้างของระบบกลไกของเครื่องมือวัดเอง เช่น ในส่วนเคลื่อนไหวของดาร์สันวาล์มิเตอร์ เกิดการเสียดสีระหว่างร่องเดือยและเดือยของส่วนเคลื่อนไหวเป็นสาเหตุทำให้การแสดงค่าผิดพลาด สปริงก้นหอยตึงเกินไปหรือหย่อนเกินไป ความตึงของสปริงก้นหอยลดลงขึ้นอยู่กับการใช้เครื่องมือไม่ถูกต้องหรือนำเครื่องมือวัดไปวัดค่าที่มากเกินไป เป็นผลทำให้เกิดความผิดพลาด ความผิดพลาดอื่นๆ ของเครื่องมือวัดคือการปรับแต่งผิดพลาด ใช้เครื่องมือวัดค่าสูงเกินไปหรือต่ำกว่าย่านสเกลที่ใช้ ไม่ได้ปรับแต่งเข็มชี้ของเครื่องมือวัดไว้ตรงตำแหน่งศูนย์ก่อนการใช้งาน ทำให้เกิดผลทำนองเดียวกัน

ความผิดพลาดต่างๆ ของเครื่องมือวัดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือที่ใช้ ผู้ทดลองจะต้องป้องกันและระมัดระวังในการใช้เครื่องมือวัดในการปรับแต่งและไม่ควรทำให้เกิดความผิดพลาดมากขึ้นในการใช้งาน ข้อผิดพลาดของเครื่องมือวัดอาจตรวจพบโดยวิธีตรวจสอบการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ จะสามารถตรวจพบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ วิธีที่ง่ายๆ และรวดเร็วในการตรวจสอบเครื่องมือวัด โดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ กับเครื่องมือวัดเครื่องอื่นที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน หรือใช้วิธีตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดนั้น การผิดพลาดของเครื่องมือวัดอาจจะหลีกเลี่ยงได้โดย ปรับแต่งเครื่องมือวัดให้ได้มาตรฐาน เลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยเฉพาะและหาส่วนประกอบที่เหมาะสมในการใช้งาน

2.2) ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อม เกิดจากผลกระทบภายนอกเครื่องมือวัด ความผิดพลาดนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมภายนอกอุปกรณ์ที่ใช้วัด รวมทั้งสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่ที่ใช้เครื่องมือวัด เช่นผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น ความกดดันของอากาศ สนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าสถิต การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบริเวณรอบๆ ที่ใช้เครื่องมือวัด เหตุต่างๆ ดังกล่าว จะทำให้คุณสมบัติความยืดหยุ่นของสปริงก้นหอย ซึ่งเป็นกลไกของขดลวดเคลื่อนที่ เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อการแสดงค่าของเครื่องมือวัด วิธีการวัดที่ถูกต้องจะช่วยลดผลต่างๆ ลงได้ เช่น ใช้เครื่องมือวัดในห้องปรับอากาศ มีฝาครอบป้องกันการรบกวนจากภายนอกโดยใช้การป้องกันจากสนามแม่เหล็กจะช่วยให้ความผิดพลาดลดลง

ความผิดพลาดของระบบสามารถแยกได้ดังนี้ คือ ผิดพลาดจากส่วนที่คงที่และผิดพลาดจากส่วนที่เคลื่อนที่ ความผิดพลาดจากส่วนที่คงที่ มีสาเหตุมาจากอุปกรณ์ที่ใช้วัดถูกจำกัดค่าหรือจากกฎข้อบังคับทางฟิสิกส์เป็นตัวควบคุมสมบัติ เช่น ความผิดพลาดจากส่วนคงที่ของไมโครแอมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแรงผลักดันมากเกินไปถูกจ่ายเข้ามา จะทำให้เพลาเคลื่อนไป ความผิดพลาดจากส่วนเคลื่อนที่ มีสาเหตุมาจากเครื่องมือวัด ไม่สามารถตอบสนองได้เร็วทัน ตามการเปลี่ยนแปลงของการวัดค่า

3) ความผิดพลาดที่ไม่แน่นอน

ความผิดพลาดที่ไม่แน่นอนจะไม่ทราบสาเหตุที่แน่นอนและเกิดขึ้นเสมอเมื่อระบบทั้งหมดเกิดความผิดพลาด ดังนั้น ในการทดลองและการออกแบบที่ดี จะทำให้ความผิดพลาดที่ไม่แน่นอนนี้เกิดขึ้นเล็กน้อย แต่กลับเป็นสาเหตุที่สำคัญในการใช้งาน ที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง ตัวอย่างเช่น แรงดันไฟฟ้าที่ถูกแสดงค่าไว้ด้วยโวลต์มิเตอร์ ซึ่งจะอ่านค่าทุกๆ ครึ่งชั่วโมง แม้ว่าเครื่องมือวัดนี้จะถูกให้ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ดีเลิศและปรับแต่งเครื่องมือวัดให้มีความเที่ยงตรงก่อนการใช้งานก็ตาม ก็จะพบว่าค่าที่อ่านได้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างเล็กน้อยในการสังเกตที่เวลาต่างกัน ค่าการเปลี่ยนแปลงจะไม่สามารถหาวิธีใดมาปรับแต่งหรือไม่สามารถที่จะทราบวิธีการควบคุมและไม่สามารถหาเหตุผลได้เนื่องจากไม่มีข้อมูล มีวิธีเดียวเท่านั้นที่จะสามารถทราบค่าผิดพลาดได้คืออ่านค่าและบันทึกค่าโดยวิธีการทางสถิติหลายๆ ค่าและใช้การหาโดยเฉลี่ยค่าซึ่งจะได้ค่าถูกต้องที่สุดจากค่าที่ทำการวัด

2.3 ระบบหน่วยและมาตรฐานของการวัด

2.3.1 ระบบหน่วยของการวัด

ในทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ แบ่งหน่วยออกเป็น 2 ชนิด คือ หน่วยพื้นฐานและหน่วยสืบทอด หน่วยพื้นฐานในทางกลคือขนาดของความยาว มวล และเวลา ขนาดของหน่วยพื้นฐานในทางกลนี้อาจจะเป็นฟุต ปอนด์ กิโลกรัม วินาทีหรือชั่วโมงก็ได้ไม่เจาะจงและขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพ โดยเหตุที่ความยาว มวลและเวลา จะเป็นพื้นฐานของปริมาณทางฟิสิกส์อื่น นอกเหนือไปจากทางกล ดังนั้นจึงถูกเรียกว่า หน่วยพื้นฐานปฐม

ส่วนหน่วยอื่นทั้งหมดที่สามารถแสดงในเทอมของหน่วยพื้นฐานเรียกว่าหน่วยสืบทอด หน่วยสืบทอดทุกหน่วยจะมีจุดเริ่มต้นมาจากกฎทางฟิสิกส์ซึ่งนิยามหน่วยนั้น เช่น พื้นที่ A ของสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง × ความยาว โดยถ้าเลือกใช้หน่วยของความยาวเป็นเมตรหน่วยสืบทอดของพื้นที่ก็คือ ตารางเมตร ปกติหน่วยสืบทอดจะอยู่ในรูปของมิติ ซึ่งนิยามเป็นสูตรทางพีชคณิตที่สมบูรณ์ สำหรับหน่วยสืบทอดนั้น สัญลักษณ์สำหรับมิติของความยาว มวล และเวลา คือ L, M และ T ตามลำดับ

สัญลักษณ์สำหรับมิติของหน่วยสืบทอดของพื้นที่ก็คือ L^2 ของปริมาตรคือ L^3 และของแรงก็คือ LMT^2 ซึ่งจะเป็นไปตามสมการของแรงที่นิยามไว้ หน่วยสืบทอดมีประโยชน์มากในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนหน่วยจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่งและเพื่อความสะดวก บางครั้งจะกำหนดชื่อหน่วยสืบทอดใหม่ เช่น หน่วยสืบทอดสำหรับแรงในระบบ SI เรียกว่า นิวตัน (N)

ตารางที่ 2.1 หน่วยพื้นฐาน

ปริมาณ	ตัวย่อ	หน่วย	อักษรย่อแทนหน่วย
เวลา	T	วินาที	S
มวล	m	กิโลกรัม	Kg
ความยาว	I	เมตร	M
กระแสไฟฟ้า	I	แอมแปร์	A
อุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิ8	T	เคลวิน	K
ความเข้มข้นของการส่องสว่าง	Iv	แคลเดลา	Cd
จำนวนสาร	N	โมล	Mol

ตารางที่ 2.2 หน่วยอนุพันธ์ทางกล

ปริมาณ	ตัวย่อ	หน่วย	อักษรย่อแทนหน่วย
ความยาว	n	เมตรต่อวินาที	m/s
ปริมาตร	V	ลูกบาศก์เมตร	m^3
พื้นที่	A	ตารางเมตร	m^2
ความเร็วเชิงมุม	ω	เรเดียนต่อวินาที	Red/s
ความเร่ง	A	เมตรต่อวินาที	m/s^2
โมเมนต์	T	นิวตันเมตร	Nm
ความเค้น	σ	นิวตันต่อตารางเมตร	N/m^2
โมเมนตัม	M	กิโลกรัมเมตรต่อวินาที	Kg.m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 หน่วยอนุพันธ์ทางไฟฟ้า

ปริมาณ	ตัวย่อ	หน่วย	อักษรย่อแทนหน่วย
ความต้านทานไฟฟ้า	R	โอห์ม	Ω
ความจุไฟฟ้า	Q	ฟารัด	F
ศักย์ไฟฟ้าและแรงดัน	U,L	โวลต์	V
กำลัง	P	วัตต์	W
พลังงาน	W	จูล	J
ความถี่	f	เฮิรตซ์	Hz
ฟลักซ์แม่เหล็ก	ϕ	เวเบอร์	Wb
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	β	เทสลา	T
อินดักแตนซ์	L	เฮนรี่	H
ฟลักซ์แสงสว่าง	-	ลูเมน	lm
การส่องสว่าง	-	ลักซ์	lx

2.3.2 การแปลงหน่วย

การแปลงหน่วยจากหน่วยหนึ่งไปเป็นอีกหน่วยนับว่ามีความสำคัญและจำเป็น เพราะปริมาณทางฟิสิกส์ที่ใช้กันทั่วโลก จะมีหน่วยที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแต่ละประเทศจะเลือกระบบมาตรฐานอะไรมาใช้งาน การแปลงหน่วยจะเกี่ยวข้องกับตัวเลขคงที่ที่ใช้ในการแปลงจากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง ได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 2.1 กระแสไฟฟ้าขนาด 0.00003A จงแปลงเป็นไมโครแอมป์ (μA)

วิธีทำ แปลงเป็นไมโครแอมป์ $= \dfrac{0.00003}{10^{-6}}$

$= \dfrac{0.00003}{0.000001}$

$= 30\mu A$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.2 ความต้านทาน 20,000,000 Ω จงแปลงเมกะโอห์ม (MΩ)

วีธีทำ แปลงเป็นเมกะโอห์ม $= \dfrac{20,000,000}{10^{6}}$

$= \dfrac{20,000,000}{1,000,000}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 20M\Omega$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 2.3 แรงดันไฟฟ้า 50,000V จงแปลงเป็นกิโลโวลต์ (KV)

วิธีทำ แปลงเป็นกิโลโวลต์ $= \frac{50,000}{10^3}$

$= \frac{50,000}{1,000}$

$= 50KV$ **ตอบ**

2.3.3 มาตรฐานการวัด

มาตรฐานของการวัด คือหน่วยทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้แทนการวัด ซึ่งนำเข้ามาแทนหน่วยที่ตั้งขึ้นมาตามอำเภอใจ หรือกำหนดหน่วยของสิ่งที่เกิดขึ้นเองทางฟิสิกส์และค่าคงที่ของอะตอมให้มีมาตรฐานเหมือนกัน ตัวอย่างเช่น หน่วยพื้นฐานของมวลในระบบนานาชาติ (SI) คือ กิโลกรัม นิยามของมวล 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรของน้ำ จะมีความหนาแน่นสูงสุดที่อุณหภูมิ 4°C หน่วยของมวลที่ถูกแทนด้วยมาตรฐานวัสดุ มวลในมาตรฐานนานาชาติเดิมใช้กิโลกรัม จะประกอบด้วยโลหะผสมของพลาตินัมไอริเดียมทรงกระบอก รูปทรงกระบอกดังกล่าวนี้ถูกกำหนด โดยสำนักงานมาตรฐานน้ำหนักและการวัดนานาชาติ ซึ่งก็คือวัสดุที่ถูกแทนด้วยหน่วยกิโลกรัมของหน่วยวัดอื่นๆ ก็จะถูกพัฒนาให้มีมาตรฐานเหมือนๆ กัน มาตรฐานจะเพิ่มขึ้นสำหรับหน่วยวัดพื้นฐานทางด้านเครื่องกลและไฟฟ้าจนสามารถใช้หน่วยร่วมกันได้

1) มาตรฐานสากล คือมาตรฐานที่เป็นข้อตกลงของนานาชาติ กำหนดหน่วยการวัดที่แน่นอนขึ้นมาแทน เพื่อให้มีความเที่ยงตรงสูง สำหรับการใช้งานทางด้านเทคโนโลยีด้านการผลิตและการวัด มาตรฐานสากลนี้จะถูกตรวจเช็คและทดสอบค่าอย่างสม่ำเสมอ โดยการวัดแบบสมบูรณ์ในเทอมของหน่วยพื้นฐาน มาตรฐานสากลนี้จะถูกเก็บรักษามาตรฐานไว้ที่สำนักงานมาตรฐานน้ำหนักและการวัดนานาชาติ

2) มาตรฐานเบื้องต้น เป็นมาตรฐานที่ดูแลเกี่ยวกับมาตรฐานนานาชาติที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ในส่วนที่มีความแตกต่างกันทั่วโลก การควบคุมดูแลมาตรฐานเบื้องต้นนี้ ถูกดูแลโดยสำนักงานมาตรฐานนานาชาติหรือห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์นานาชาติหรือ NPL (National Physical Laboratory) มาตรฐานเบื้องต้นใช้แทนหน่วยพื้นฐานในหน่วยทางเครื่องกลและหน่วยทางไฟฟ้าขึ้นอยู่กับการปรับแต่งโดยเครื่องมือวัดแบบสัมบูรณ์ในห้องปฏิบัติการนานาชาติ ผลของการวัดจะถูกเปรียบเทียบอีกครั้งกับค่าต่างๆ นำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าต่างๆ ทั่วโลก มาตรฐานเบื้องต้นนี้จะใช้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่นำไปใช้ภายนอกค่ามาตรฐานต่างๆ ของมาตรฐานเบื้องต้นนี้จะใช้ในการตรวจสอบปรับแต่งมาตรฐานขั้นที่สองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) มาตรฐานขั้นที่สอง ก็คือมาตรฐานที่ใช้มาตรฐานเบื้องต้นเป็นตัวอ้างอิง ใช้งานของเครื่องมือวัดในห้องปฏิบัติการทางอุตสาหกรรม มาตรฐานขั้นที่สองนี้ ถูกดูแลโดยห้องปฏิบัติการของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละแห่งและมีการตรวจสอบอีกครั้งกับมาตรฐานอ้างอิงในพื้นที่นั้นๆ ต้องรับผิดชอบในการดูแลรักษาและการปรับแต่งมาตรฐานขั้นที่สองในห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรมของตัวเอง มาตรฐานขั้นที่สองนี้ ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปในห้องปฏิบัติการจะต้องปรับแต่งและเปรียบเทียบอีกครั้งกับมาตรฐานเบื้องต้น ดังนั้นมาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้ จะต้องได้รับการรับรองค่าการวัดจากมาตรฐานเบื้องต้น

4) มาตรฐานการใช้งาน เป็นมาตรฐานของเครื่องมือวัดต่างๆ ที่ใช้สำหรับการวัดในห้องปฏิบัติการนั้น ใช้ในการตรวจสอบและปรับแต่งทั่วไปของเครื่องมือวัดในห้องปฏิบัติการสำหรับความเที่ยงตรงและคุณสมบัติที่ใช้เปรียบเทียบเครื่องมือวัด ในการใช้งานทางอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตตัวต้านทาน ก็ต้องใช้ตัวต้านทานมาตรฐานในแผนกการควบคุมคุณภาพเพื่อตรวจสอบสินค้าและตรวจสอบเครื่องมือวัด ว่ายังอยู่ในความเที่ยงตรงและความถูกต้องหรือไม่

2.3.4 มาตรฐานทางไฟฟ้า

1) กระแสมาตรฐาน

ระบบ SI นิยามคำว่าแอมแปร์ คือค่าคงที่ของกระแสไฟฟ้าที่ถ้ายึดตัวนำ 2 เส้นในแนวขนานกันให้ตึง โดยตัวนำมีความยาวเป็นอนันต์ วางห่างกัน 1 เมตรในสุญญากาศ และไม่คิดพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ จะเกิดแรงขึ้นระหว่างตัวนำทั้งสองมีค่าเท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อเมตร การวัดด้วยวิธีนี้ไม่ค่อยละเอียด จึงต้องการให้มีความละเอียดมากขึ้นและทำให้เป็นมาตรฐานในห้องปฏิบัตินานาชาติ โดยข้อตกลงนานาชาติ กำหนดเป็นค่าแอมแปร์นานาชาติ นิยามว่าคือกระแสที่สามารถแยกเงินออกจากสารละลายของซิลเวอร์ไนเตรทในอัตรา 1.118 มิลลิกรัมต่อวินาที แต่ก็ยังคงเกิดความยุ่งยากในการวัดค่า

ต่อมาในปี ค.ศ. 1948 เปลี่ยนค่าแอมแปร์นานาชาติเป็นแอมแปร์สมบูรณ์ หาค่าโดยทำให้เกิดกระแสสมดุลย์ ทั้งน้ำหนักและแรง ระหว่างกระแสที่ผ่านขดลวดทั้งสอง ความเกี่ยวข้องระหว่างแรงและกระแส ผลลัพธ์ของแรงสามารถคำนวณได้จากทฤษฎีพื้นฐานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และช่วยลดความยุ่งยากในเรื่องการคำนวณหาค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวด แอมแปร์สมบูรณ์ในปัจจุบัน เป็นหน่วยพื้นฐานของกระแสไฟฟ้าในระบบ SI

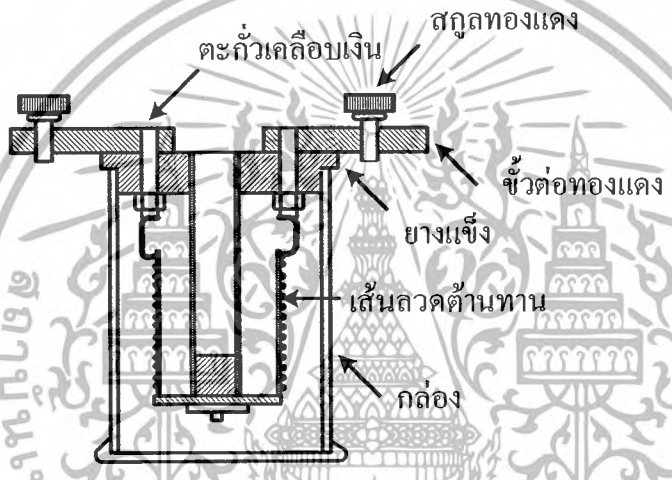
2) มาตรฐานของความต้านทาน

ค่าสมบูรณ์ของโอห์มในระบบ SI นิยามว่าเป็นเทอมของหน่วยพื้นฐานของความยาว มวล และเวลา การวัดโดยสมบูรณ์ของโอห์ม ถูกกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานน้ำหนักและการวัดนานาชาติในฝรั่งเศสและห้องปฏิบัติการมาตรฐานของชาติ เป็นผู้ควบคุมค่าความต้านทานเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานมาตรฐานนานาชาติ เป็นผู้รักษามาตรฐานเบื้องต้น ด้วยการตรวจสอบให้มีค่าใกล้เคียงที่สุดทุกครั้ง เพื่อใช้ในการวัดค่าโดยสมบูรณ์

ตัวต้านทานมาตรฐาน คือเส้นสวดที่พันเป็นขดลวด ลวดที่ใช้เป็นลวดพวกแมงกานิน มีความต้านทานทางไฟฟ้าสูง มีสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ ขดลวดความต้านทานถูกบรรจุอยู่ในกล่อง 2 ชั้น เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเนื่องจากความชื้นในอากาศ ค่าความต้านทานที่สร้างขึ้นมา จะมีค่าเปลี่ยนไป 4 – 5 ค่าจากค่า 1 โอห์ม



รูปที่ 2.1 รูปตัดขวางตัวต้านทานมาตรฐาน

มาตรฐานขั้นที่สองและมาตรฐานการทำงานของตัวต้านทานมาตรฐานที่ บริษัทผู้ผลิตเครื่องมือวัดผลิตขึ้นมาใช้งานจะมีค่ามากมายหลายค่า ตัวต้านทานมาตรฐานอาจถูกเรียกว่า ตัวต้านทานแบบเคลื่อนย้าย ขดลวดความต้านทานของตัวต้านทานแบบเคลื่อนย้าย จะถูกเคลือบด้วยฟิล์ม โพลีเอสเตอร์ที่เป็นฉนวน ช่วยลดความเค้นของเส้นลวด และทำให้ตัวต้านทานมีค่าคงที่ ขดลวดจะถูกแช่อยู่ในน้ำมันที่ไม่มีความชื้นและบรรจุในกล่องที่ผนึกแน่น ขั้วต่อของขดลวดทำด้วยตะกั่วเคลือบเงินและตอนที่งอโค้งทำจากทองแดงบริสุทธิ์เคลือบด้วยนิกเกิล ตัวต้านทานแบบเคลื่อนจะมีค่าคงที่ต่ออุณหภูมิ โดยมาตรฐานอุณหภูมิจุดทำงานที่ 25 °C ถึงแม้ว่าค่าความต้านทานจะคงที่ในย่านกว้างของอุณหภูมิ ค่าละเอียดของความต้านทานที่อุณหภูมิใดๆ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$R_t = R_{25^0C} + d(t-25) + \beta(t-25)^2 \qquad (2.1)$$

เมื่อ R_t = ความต้องการที่อุณหภูมิบริเวณรอบ ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$R_{25°C}$ = ความต้านทานที่อุณหภูมิ 25°C

α และ β = สัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ

สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ α ที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 10×10^{-6} β มีค่าระหว่าง -3×10^{-7} ถึง -6×10^{-7} หมายถึงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 10°C จากอุณหภูมิอ้างอิง 25°C จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนไป 30 ถึง 60 ppm จากค่าปกติ

ตัวต้านทานแบบเคลื่อนย้ายสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับงานด้านอุตสาหกรรมด้านวิจัย ด้านปรับแต่งมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

3) แรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน

แรงดันไฟฟ้ามาตรฐานเบื้องต้นถูกเลือกและดูแลรักษามาตรฐานโดย สำนักงานมาตรฐานนานาชาติ โดยกำหนดค่าปกติและค่าสูงสุด ของเซลล์ไฟฟ้าได้แก่ เวสตัน เซลล์ ซึ่งมี 2 ชนิดคือ

3.1) เซลล์อิ่มตัว เป็นเซลล์ซึ่งสารละลายจะอิ่มตัวอยู่ทุกอุณหภูมิ

3.2) เซลล์ไม่อิ่มตัว เป็นเซลล์ซึ่งสารละลายจะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 4°C เซลล์แบบไม่อิ่มตัวที่จะมีสัมประสิทธิ์ของแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ โดยคิดที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีค่าน้อยมากสามารถตัดทิ้งได้

เซลล์ไฟฟ้าแบบอิ่มตัวจะมีแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงประมาณ $-40\mu V$ ต่อ 1°C ที่เพิ่มขึ้นแต่ก็ยังมีความคงที่มากกว่าเซลล์ไฟฟ้าแบบไม่อิ่มตัว

สำหรับมาตรฐานขั้นที่สองและมาตรฐานใช้งาน จะใช้เซลล์ไฟฟ้าแบบไม่อิ่มตัว โครงสร้างของเซลล์ไฟฟ้าชนิดนี้ เหมือนกับเซลล์ไฟฟ้าแบบอิ่มตัว เพียงแต่ไม่จำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่มาก ส่วนของมาตรฐานของเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีการพัฒนาเครื่องให้กำเนิดเซลล์ไฟฟ้ามาตรฐาน มีความเที่ยงตรงเท่ากับ เวสตัน เซลล์ ซึ่งเรียกว่า มาตรฐานแบบเคลื่อนย้าย โดยอาศัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าช่วย คือใช้ซีเนอร์ไดโอด

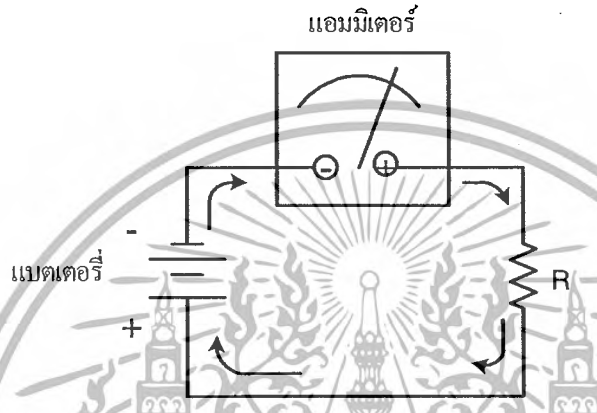
เครื่องกำเนิดแรงดันไฟตรงมาตรฐานแบบเคลื่อนย้าย สามารถใช้งานในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้ายได้ ใช้เป็นแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงในการปรับแต่ง เคลื่อนย้ายไปในที่ต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
59508

2.4 เครื่องวัดกระแสตรง

2.4.1 แอมมิเตอร์กระแสตรง

แอมมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดค่าการไหลของกระแสไฟตรงที่ไหลผ่านในวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 การต่อแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า

แอมมิเตอร์เบื้องต้นจะเป็นดีซีแอมมิเตอร์ เป็นแอมมิเตอร์ที่ใช้วัดกระแสไฟตรง เวลาต่อแอมมิเตอร์เข้าในวงจรที่วัดจะต้องระวังขั้วของแอมมิเตอร์กับขั้วของแหล่งจ่ายไฟ โดยใช้หลักการต่อคือ ใกล้บวกต่อบวก ใกล้ลบต่อลบ หมายถึง ต่อแอมมิเตอร์ใกล้ขั้วใดของแหล่งจ่ายก็ให้ต่อขั้วเหมือนกันกับแหล่งจ่าย เช่น ตามรูปที่ 2.2

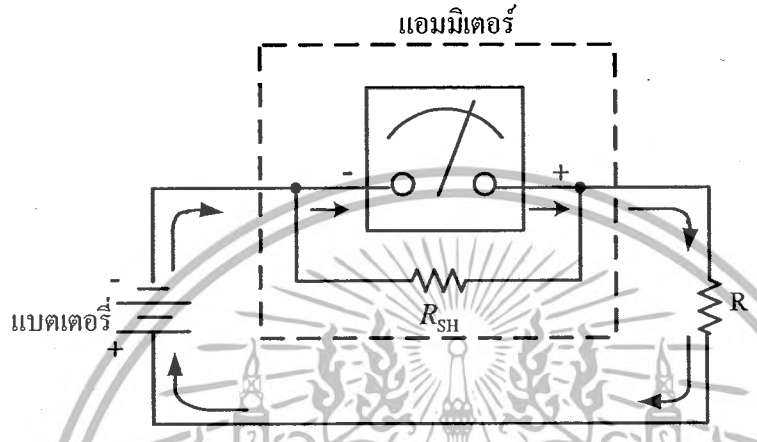
แอมมิเตอร์ โครงสร้างเบื้องต้นเหมือนกับมิเตอร์ชนิดขดลวดเคลื่อนที่ แตกต่างกันตรงที่จะมีตัวต้านทานต่อขนานเข้ากับมิเตอร์ และสเกลหน้าปัดก็สร้างให้บอกค่าออกมาเป็นค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งจะบอกเป็นไมโครแอมป์ มิลลิแอมป์ หรือแอมป์ ขึ้นอยู่กับการสร้างและการเลือกค่าตัวต้านทานมาต่อในวงจร

สเกลของแอมมิเตอร์จะมีเลขศูนย์อยู่ทางซ้ายมือและมีจำนวนเลขมากขึ้น เมื่อสเกลค่อยๆ เลื่อนไปทางด้านขวามือ ปกติเข็มมิเตอร์ของแอมมิเตอร์จะชี้ที่เลขศูนย์เสมอ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายเข้ามา เข็มมิเตอร์จะบ่ายเบนไปทางขวามือ ตามปริมาณของกระแสที่ป้อนเข้ามา กระแสไฟฟ้าไหลเข้ามามาก เข็มมิเตอร์จะบ่ายเบนไปมาก กระแสไฟฟ้าไหลเข้ามาน้อยเข็มมิเตอร์จะบ่ายเบนไปน้อย

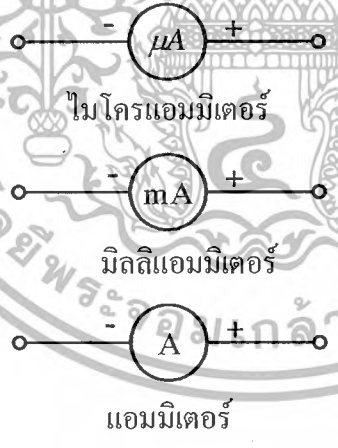
แอมมิเตอร์ปกติจะวัดกระแสได้น้อย ซึ่งถ้าต้องการให้วัดกระแสสูงๆ จะต้องดัดแปลงแอมมิเตอร์ โดยนำตัวต้านทานมาต่อขนาน เรียกว่า ตัวต้านทานขนาน (R_{SH}) การเลือกค่าความต้านทานมาต่อขนานที่เหมาะสม สามารถนำแอมมิเตอร์ตัวเดิมไปวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้สูงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามต้องการ ประโยชน์ของตัวต้านทานนอกจากจะทำให้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟตรงได้มากขึ้น แล้วยังทำให้ความต้านทานรวมของแอมมิเตอร์ลดลงด้วย ซึ่งเป็นผลดีทำให้แอมมิเตอร์มีความเที่ยงตรงมากขึ้น



รูปที่ 2.3 การดัดแปลงให้แอมมิเตอร์สามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของแอมมิเตอร์

แอมมิเตอร์ถ้าใช้วัดกระแสไฟฟ้าได้เป็นไมโครแอมป์ จะเรียกว่าไมโครแอมมิเตอร์ ถ้าวัดกระแสไฟฟ้าได้เป็นมิลลิแอมป์ จะเรียกว่า มิลลิแอมมิเตอร์ และถ้าวัดกระแสไฟฟ้าได้เป็นแอมแปร์ จะเรียกว่าแอมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวังในการใช้แอมมิเตอร์

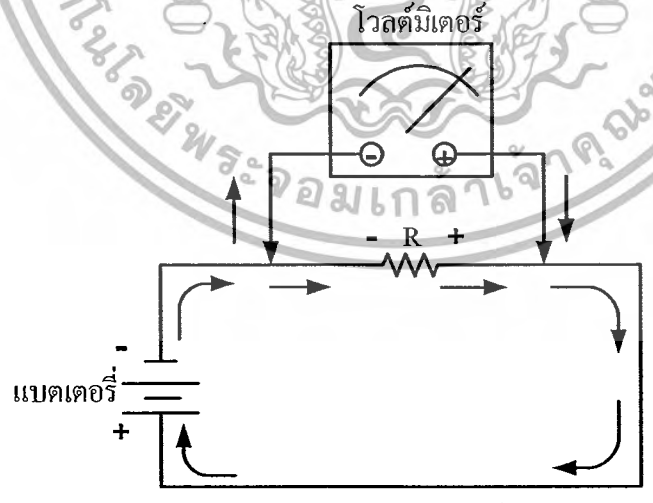
1) ห้ามต่อแอมมิเตอร์คร่อมแหล่งกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า เพราะว่าความต้านทานภายในของแอมมิเตอร์ที่ต่ำจะดึงกระแสค่าสูงมากจากแหล่งกำเนิด ทำให้ส่วนเคลื่อนที่เสียหาย จะต้องต่อแอมมิเตอร์อนุกรมกับโหลดที่มีความสามารถในการจำกัดกระแส

2) ในการต่อเครื่องวัดเข้าในวงจรจะต้องพิจารณาขั้วของเครื่องวัดด้วย การต่อกลับขั้วจะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่กลับทิศ ซึ่งอาจทำให้เข็มชี้งอหรือเสียหายได้

3) ในกรณีที่นำแอมมิเตอร์ไปวัดกระแสที่ยังไม่ทราบขนาดที่แน่นอน ควรตั้งที่พิสัยการวัดค่าสูงสุดแล้วค่อยลดพิสัยวัดลง ความเที่ยงตรงของการวัดจะสูงขึ้นเมื่อใช้พิสัยการวัดที่ให้ค่าใกล้ค่าสูงสุด

2.4.2 โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

โวลต์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดค่าความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้า แรงดันกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันตกคร่อม ระหว่างจุดสองจุดในวงจร การวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจร จะต้องใช้โวลต์มิเตอร์ไปวัดคร่อมวงจรในตำแหน่งที่ต้องการจะวัดตามรูปที่ 2.5 ต้องการใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า ตกคร่อมตัวต้านทาน R จะต้องนำโวลต์มิเตอร์ไปต่อขนานกับวงจร ในตำแหน่งที่ต้องการจะวัด

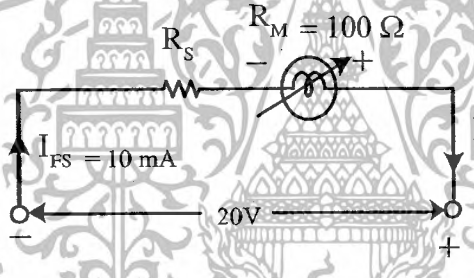


รูปที่ 2.5 การต่อโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์ มีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับค่าการทนกระแสได้ของโวลต์มิเตอร์ตัวนั้น ดังนั้นเมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าค่ามากๆ ย่อมจะส่งผลให้กระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์มากตามไปด้วย ซึ่งถ้ามากเกินกว่าที่โวลต์มิเตอร์จะทนได้ก็ไม่สามารถนำโวลต์มิเตอร์ไปใช้วัดแรงดันไฟฟ้าค่านั้นได้ การดัดแปลงให้โวลต์มิเตอร์สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้สูงมากขึ้น ทำได้โดยใช้วิธีคำนวณหาค่าความต้านทานที่เหมาะสมมาต่ออันดับกับโวลต์มิเตอร์ เรียกว่า ตัวต้านทานอันอันดับ (R_S) เป็นตัวต้านทานที่ต่ออันดับกับขดลวดเคลื่อนที่หรือโวลต์มิเตอร์ เพื่อลดปริมาณกระแสไฟตรงที่จะไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ไม่ให้เกินกว่าค่ากระแสที่โวลต์มิเตอร์ทนได้ ตัวต้านทานอันดับจะมีค่าความต้านทานสูง อาจเป็นกิโลโอห์ม ($K\Omega$) หรือเมกกะโอห์ม ($M\Omega$) ค่าความต้านทานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าปริมาณแรงดันที่ป้อนเข้ามา ถ้าแรงดันป้อนเข้ามาต่ำจะใช้ความต้านทานค่าต่ำ ถ้าแรงดันป้อนเข้ามาสูงจะใช้ความต้านทานค่าสูง ซึ่งจะใช้ค่าความต้านทานเท่าไรจะขึ้นอยู่กับค่าต่างๆ ในวงจรโวลต์มิเตอร์และค่าการคำนวณวงจรดีซีโวลต์มิเตอร์เบื้องต้นดังนี้



รูปที่ 2.6 วงจรดีซี โวลต์มิเตอร์เบื้องต้น

เป็นวงจรดี.ซี.โวลต์มิเตอร์เบื้องต้น มีตัวต้านทานอันดับ R_S ต่ออันดับกับดาร์สันวาล์มิเตอร์ กระแสเต็มสเกลในวงจรต้องไม่เกินค่ากระแสเต็มสเกลเดิมของดาร์สันวาล์มิเตอร์ โดยกำหนดอักษรย่อต่างๆ ดังนี้

R_M = ความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่หรือความต้านทานเดิมของโวลต์มิเตอร์ หน่วยโอห์ม (Ω)

R_S = ความต้านทานที่ต่ออันดับเพื่อขยายย่านการวัดของโวลต์ หน่วยโอห์ม (Ω)

$I_M = I_{FS}$ = กระแสเต็มสเกลที่ไหลผ่านมิเตอร์ หน่วยแอมแปร์ (A)

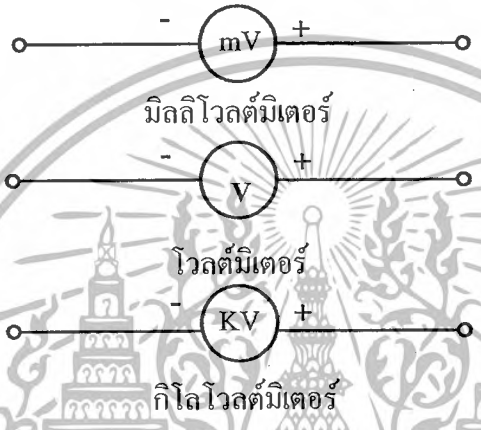
E_{FS} = แรงดันไฟตรงเต็มสเกลครั้งใหม่ที่โวลต์มิเตอร์วัดได้ หน่วยโวลต์ (V)

จะได้สมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_S = \frac{E_{FS}}{I_{FS}} - R_M \qquad (2.2)$$

การนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรจะต้องคำนึงถึงขั้วของโวลต์มิเตอร์ที่จะวัดคร่อมโหลด หลักการต่อขั้วโวลต์มิเตอร์ทำได้ดังนี้ ใกล้บวกต่อบวก ใกล้ลบต่อลบ ถ้าต่อผิดขั้วจะทำให้โวลต์มิเตอร์ตีกลับทาง วัดค่าแรงดันไฟฟ้าไม่ได้ และอาจทำให้โวลต์มิเตอร์ชำรุดเสียหายได้



รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ของโวลต์มิเตอร์

ข้อควรระวังในการใช้โวลต์มิเตอร์

1) ต้องพิจารณาขั้วของการต่อให้ถูกต้อง การต่อกลับขั้วจะทำให้เข็มเคลื่อนที่กลับทิศซึ่งอาจทำให้เข็มชี้เสียหายได้

2) ต่อโวลต์มิเตอร์คร่อมวงจรหรือองค์ประกอบวงจรที่ต้องการวัดแรงดัน

3) เมื่อเลือกใช้โวลต์มิเตอร์ที่มีหลายพิสัยการวัดไปวัดค่าแรงดันที่ยังไม่ทราบค่าแน่นอนให้เลือกตั้งพิสัยการวัดสูงสุดแล้วจึงปรับพิสัยการวัดให้มีค่าต่ำลง ความถูกต้องของการวัดสูงขึ้น เมื่อใช้พิสัยที่ให้ค่าที่อ่านเข้าใกล้ค่าสูงสุดสเกล

4) จงระวังเรื่องผลของการที่เครื่องวัดจะไปโหลดวงจรเสมอโดยเฉพาะการวัดแรงดันค่าต่ำๆ คร่อมความต้านทานค่าสูงๆ

2.4.3 โอห์มมิเตอร์

โอห์มมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานสามารถวัดค่าความต้านทานได้โดยการใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าและใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าแล้วนำมาคำนวณโดยใช้กฎของโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

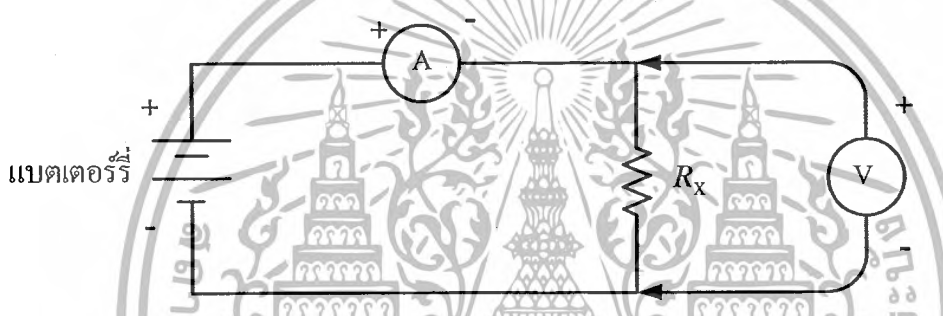
กฎของโอห์ม $R = \frac{E}{I}$ (2.3)

เมื่อ R = ความต้านทาน หน่วยโอห์ม (Ω)

E = แรงดันไฟฟ้า หน่วยโวลต์ (V)

I = กระแสไฟฟ้า หน่วยแอมแปร์ (A)

การต่อวงจรเพื่อวัดค่าความต้านทาน แสดงไว้ดังรูปที่ 2.10

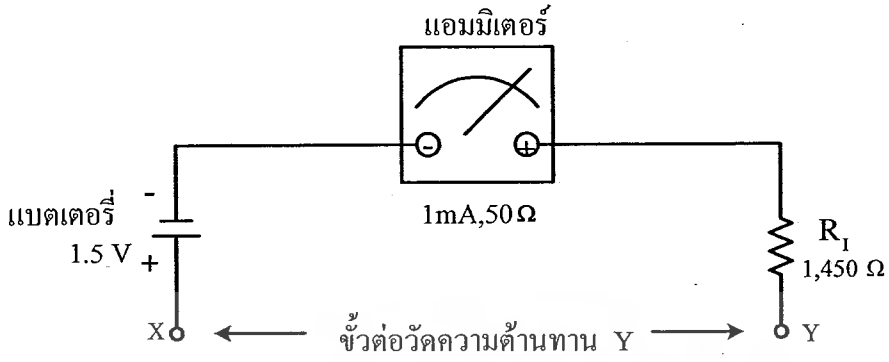


รูปที่ 2.8 การต่อวงจรโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์เพื่อหาค่าความต้านทาน

จากรูปที่ 2.8 เป็นการต่อวงจรเพื่อวัดหาค่าความต้านทาน โดยนำแอมมิเตอร์ต่ออันดับกับตัวต้านทานที่ต้องการหาค่า R_X และไปต่อเข้ากับแบตเตอรี่ มีโวลต์มิเตอร์ต่อคร่อมขนานกับตัวต้านทาน R_X การต่อขั้วที่แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ ใช้หลักการต่อใกล้บวกต่อบวก ใกล้ลบต่อลบ อ่านค่าที่วัดได้ทั้งสองค่านำมาคำนวณด้วยกฎของโอห์ม ก็จะได้ค่าความต้านทานตามต้องการ

วิธีหาค่าความต้านทานแบบคำนวณ ถึงแม้จะสามารถหาค่าความต้านทานได้ตามต้องการก็จริง แต่มีความยุ่งยากในการหาค่า เพราะต้องการหาทั้งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า แล้วนำมาคำนวณด้วยกฎของโอห์ม หากทำการวัดค่าความต้านทานหลายๆ ค่าก็จะต้องวัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้าและคำนวณค่าหลายครั้ง ดังนั้นจึงได้ดัดแปลงแอมมิเตอร์ให้แสดงค่าการวัดออกมาเป็นค่าความต้านทานโดยตรง เพราะค่าความต้านทานที่ต่อในวงจรมีค่าความต้านทานต่างกัน จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มากน้อยต่างกัน ถ้าความต้านทานมีค่าน้อย กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านมาก แอมมิเตอร์วัดค่าได้มากถ้าความต้านทานมีค่ามาก กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านได้น้อย แอมมิเตอร์วัดค่าได้น้อย ทำการปรับแต่งสเกลให้แสดงค่าเป็นค่าโอห์ม ก็สามารถอ่านค่าความต้านทานได้จากมิเตอร์โดยตรงเรียกว่าโอห์มมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 วงจรเบื้องต้นของโอห์มมิเตอร์

จากรูปที่ 2.9 เป็นวงจรโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น จะประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ออันดับกับแอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้เต็มสเกล 1 มิลลิแอมป์ มีความต้านทานภายในแอมมิเตอร์ 50 โอห์ม และต่ออันดับกับตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 1,450 โอห์ม ขั้วที่ต่อที่จุด x และจุด y ไว้สำหรับวัดค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่า โดยหน้าปัดของแอมมิเตอร์ถูกปรับแต่งให้แสดงค่าเป็นค่าความต้านทานโดยตรง

เมื่อเอาค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่ามาต่อเข้าที่จุด x และจุด y ความต้านทานนี้จะไปเพิ่มค่าความต้านทานรวมในวงจรมิเตอร์มากขึ้น ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรลดลง เข็มมิเตอร์ก็จะชี้ค่าเป็นค่าความต้านทานออกมาบนสเกล ถ้าความต้านทานที่นำมาวัดมีค่ามาก เข็มมิเตอร์จะบ่ายเบนไปน้อย ถ้าความต้านทานที่นำมาวัดมีค่าน้อย เข็มมิเตอร์จะบ่ายเบนไปมาก ค่าความต้านทาน 0 โอห์ม จะอยู่ทางขวามือและค่าความต้านทานค่าอนันต์ จะอยู่ทางซ้ายมือ

ข้อควรระวังในการใช้โอห์มมิเตอร์

1) ก่อนทำการวัดค่าความต้านทาน ต้องต่อสายเข้าด้วยกันและตั้ง “Zero” หรือ “Ohm Adjust” ให้เข็มเครื่องวัดชี้ค่าศูนย์ก่อน และถ้าหากจำเป็นต้องเปลี่ยนพิสัยการวัด จะต้องตรวจสอบการปรับค่าศูนย์อีกครั้ง

2) ในการใช้งาน โอห์มมิเตอร์จะวัดความต้านทาน ระหว่างสายวัดดังนั้นถ้าตัวต้านทานที่ต้องการทราบค่าถูกต่อในวงจร ค่าที่โอห์มมิเตอร์แสดงจะเป็นค่าความต้านทานที่ได้จากตัวต้านทานที่ต้องการทราบค่า กับส่วนอื่นที่ขนานกัน ตัวเก็บประจุที่ต่อขนานอยู่ในวงจรแม้จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบในสภาวะสม่ำเสมอ แต่จะทำให้เกิดทรานเซียนต์แก่เครื่องวัด ที่พิสัยการวัดสูงสุด การจับที่ปลายของสายวัดจะทำให้เกิดความผิดพลาดเนื่องจากความต้านทานของร่างกายกับค่าที่ต้องการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

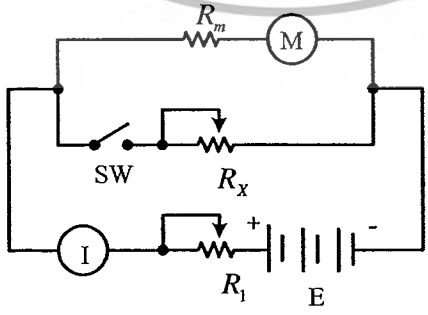
3) โอห์มมิเตอร์จะจ่ายแรงดันกระแสตรงจากภายใน และขั้วของแรงดันนี้จะแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นจะต้องระมัดระวังในการวัดพวกสารกึ่งตัวนำ หรือวงจรที่มีพวกสารกึ่งตัวนำร่วมอยู่

4) โอห์มมิเตอร์อาจถูกทำลายถ้านำไปวัด ในวงจรที่มีแรงดันอื่นป้อนอยู่ และจะต้องเพิ่มความระมัดระวังเมื่อใช้เครื่องวัดแบบอเนกประสงค์ ที่มีสวิตช์เลือก โดยจะต้องไม่ตั้งตำแหน่งโอห์มมิเตอร์ในขณะที่ต้องการจะวัดแรงดัน

2.4.4 การหาความต้านทานของมิเตอร์

การคำนวณหาค่าความต้านทานตัวคูณหรือความต้านทานต่อขนานที่ต้องการสำหรับแปลงส่วนที่เป็นแอมมิเตอร์หรือโวลต์มิเตอร์ อันดับแรกต้องรู้ค่าความต้านทานของส่วนเคลื่อนที่ ก่อนจะอธิบายวิธีการหา จุดที่สำคัญก็คือ ห้ามนำเอาโอห์มมิเตอร์ไปวัดความต้านทานของมิเตอร์โดยตรง เนื่องจากโอห์มมิเตอร์จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันแหล่งกำเนิดนี้สามารถจ่ายกระแสผ่านเคลื่อนที่ในจำนวนที่มากเกินไปจนสามารถทำลายขดลวดหรือส่วนเคลื่อนที่

ในการหาความต้านทานของมิเตอร์ โดยวิธีการเบี่ยงเบนครึ่งหนึ่ง มีขั้นตอนดำเนินการคือ เริ่มจากเปิดสวิตช์ SW ปรับความต้านทาน R_1 จนกระทั่งเข็มของมิเตอร์ ชี้ค่าสูงสุดของสเกล ทำการอ่านและบันทึกค่า จากแอมมิเตอร์ ต่อไปทำการปิดสวิตช์ ทำให้ความต้านทานรวมของวงจรลดลง และกระแสที่อ่านได้จากมิเตอร์ I จะลดลง ในขณะเดียวกันกระแสที่ไหลผ่านมิเตอร์ ก็จะลดลงด้วย ทำการปรับตัวต้านทาน R_X จนกระทั่งกระแสที่ผ่านมิเตอร์ มีค่ากึ่งกลางสเกล ในขณะเดียวกันทำการปรับตัวต้านทาน R_1 เพื่อให้กระแสที่ผ่านมิเตอร์มีกระแสมีค่าเท่ากับค่าที่ขณะเปิดสวิตช์ ในข้อ เมื่อค่าที่อ่านจากมิเตอร์ เท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าเริ่มแรก ขณะนี้ความต้านทาน R_X จะเท่ากับความต้านทานของมิเตอร์ R_m ซึ่งสามารถนำ R_X ออกมาจากวงจรและสามารถวัดค่าได้



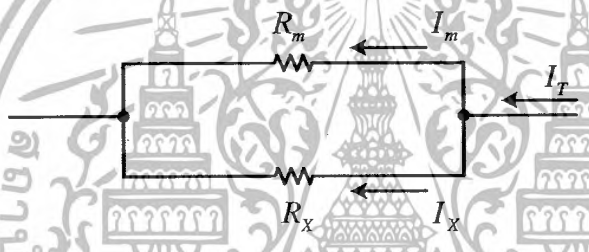
รูปที่ 2.10 วงจรสำหรับวัดความต้านทานของมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกวิธีคือ ในการหาค่าความต้านทานที่ต้องการ จะต้องอาศัยพื้นฐาน วิธีคำนวณหาค่ากระแสในวงจรขนาน ดังรูปที่ 2.11 ซึ่งเป็นวงจรที่ประกอบด้วย R_X ขนานกับ R_m โดยมีกระแส I_T ไหลเข้าสู่จุดต่อของวงจร โดยวิธีคำนวณสมการเหล่านี้จะใช้สำหรับการหา I_m และ I_X

$$I_m = \left(\frac{R_X}{R_X + R_m}\right) I_T \tag{2.4}$$

$$I_X = \left(\frac{R_m}{R_X + R_m}\right) I_T \tag{2.5}$$



รูปที่ 2.11 วงจรที่ใช้สำหรับอธิบายวิธีหากระแสแบบคำนวณ

รูปที่ 2.11 แสดงวงจรที่ใช้ในการหาความต้านทานของมิเตอร์โดยใช้สมการคำนวณกระแส จะเห็นว่ากระแสที่ผ่านมิเตอร์ คือ

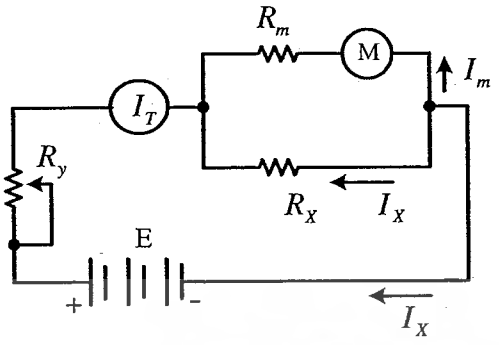
$$I_m = \left(\frac{R_X}{R_m + R_X}\right) I_T \tag{2.6}$$

ทำการแก้สมการ จะได้ R_m ในรูป

$$R_m = \frac{(I_T - I_m)R_X}{I_m} \tag{2.7}$$

ในรูปสามารถใช้ความต้านทานละเอียดค่าใดๆ ที่มีค่าพอๆ กับความต้านทานของมิเตอร์ ตัวต้านทานแปรค่าได้ R_y จะใช้สำหรับปรับเพื่อให้สามารถอ่านค่ากระแส I_T และค่าของมิเตอร์ ได้อย่างสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การหาค่าความต้านทานของมิเตอร์

2.5 เครื่องวัดกระแสสลับ

ไฟกระแสสลับ คือไฟฟ้าที่มีขั้วแรงดันหรือกระแสสลับกันไปมาตลอดเวลา ชั่วขณะหนึ่งจะมีขั้วเป็นบวก อีกชั่วขณะหนึ่งจะมีขั้วเป็นลบ สลับไปสลับมาตลอดเวลาของการจ่ายไฟเข้ามา ซึ่งไฟกระแสสลับที่ใช้ในประเทศไทยจะมีความถี่ 50 เฮิรต์ หรือ 50 ไซเกิล ต่อวินาที คือจะสลับบวกลบครบ 50 ครั้งในเวลา 1 วินาที

รูปที่ 2.13 เปรียบเทียบแรงดันไฟสลับกับแรงดันไฟตรง

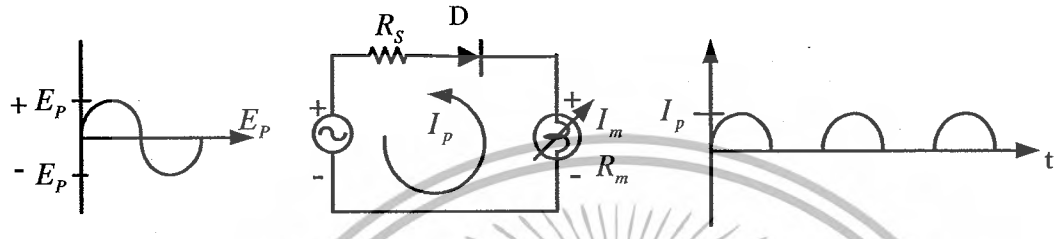
ขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์จะบ่ายเบนแสดงค่าออกมาได้จะต้องป้อนแรงดันไฟตรงหรือกระแสไฟตรงให้เท่านั้น ดังนั้นไม่ว่าจะนำมิเตอร์ไปวัดปริมาณอะไรก็ตาม ปริมาณต่างๆ เหล่านั้นจะต้องผ่านวงจรแปลงแรงดันไฟสลับ เป็นแรงดันไฟตรงเสียก่อน แล้วจึงป้อนแรงดันไฟตรงเข้าไปในขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์

2.5.1 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นเป็นวงจรที่นำมาใช้งานในวงจรโวลต์มิเตอร์กระแสสลับเพราะง่ายและสะดวกในการใช้งาน วงจรเบื้องต้นจะประกอบด้วยไดโอดเพียงตัวเดียว ทำหน้าที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์เปิด – ปิดวงจร ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์เพียงทิศทางเดียว ไดโอดที่นำมาใช้งานจะถือว่าเป็นไดโอดทางอุดมคติหรือทางจินตนาการคือเป็นสวิตช์ที่ไม่มีความต้านทานในตัว ทำการต่อวงจรเมื่อได้รับไบอัสตรงและตัดวงจรเมื่อได้รับไบอัสกลับ



รูปที่ 2.14 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

จากรูป 2.14 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ใช้ไดโอดตัวเดียวในการทำงานขณะจ่ายแรงดันไฟสลับ (E_p) เข้ามาด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ไดโอดได้รับไบอัสตรงยอมให้กระแสไหลผ่าน มีกระแสไฟฟ้าค่าสูงสุด (I_p) ไหลผ่านมิเตอร์ มีความต้านทานคงที่ (R_S) ต่ออันดับกับวงจรเพื่อจำกัดกระแสที่ผ่านวงจรมิเตอร์ไม่เกินกว่าที่มิเตอร์ทนได้และตัวมิเตอร์มีค่าความต้านทาน (R_m) มีค่ากระแสไฟตรงเต็มสเกล (I_m)

กระแสที่ผ่านมิเตอร์จากวงจรรูปที่ 2.14 จะมีกระแสผ่านมิเตอร์เป็นกระแสค่าสูงสุด ที่ปริมาณการไหลของกระแสไม่คงที่มากน้อยสลับกันและถ้าเป็นช่วงจ่ายแรงดันไฟสลับเข้าด้านบนเป็นลบด้านล่างเป็นบวกไดโอดไม่ทำงาน ไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์ ทำให้กระแสไฟฟ้าค่าสูงสุด ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์ขาดเป็นช่วงๆ ดังรูปที่ 2.16 สภาวะการไหลของกระแสไฟฟ้าค่าสูงสุด จะทำให้มิเตอร์แสดงค่าออกมาเป็นค่าเฉลี่ยแบบครึ่งคลื่น ซึ่งเป็นค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย มีค่า 31.8 % ของค่ากระแสสูงสุด เป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่มิเตอร์แสดงค่าออกมาได้จริง ถ้าต้องการให้กระแสเฉลี่ยนั้นจะมีค่าเท่ากับกระแสเต็มสเกลของมิเตอร์

แรงดันไฟสลับที่จะให้แสดงค่าออกมาที่สเกลหน้าปัดมิเตอร์มาตรฐานจะต้องแสดงค่าออกมาเป็นค่าอาร์เอ็มเอส (E_{RMS})

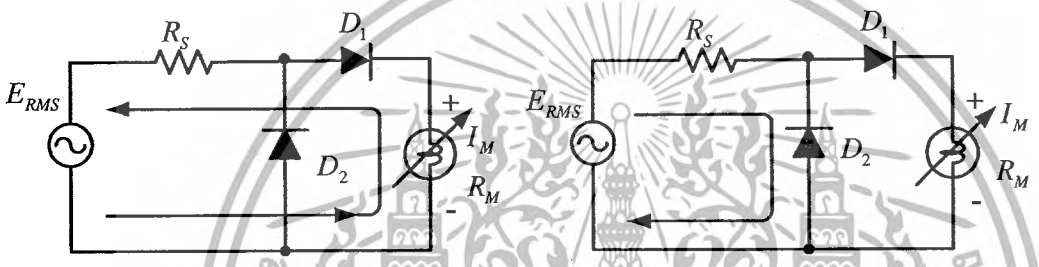
$$E_{RMS} = 2.22 I_M (R_S + R_M) \tag{2.8}$$

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_S = \frac{0.45E_{RMS}}{I_M} - R_M \qquad (2.9)$$

วงจรโวลต์มิเตอร์กระแสตรงจากรูป 2.14 มีข้อเสียคือ ขณะช่วงจ่ายไฟไบอัสกลับไดโอด ถึงแม้ไดโอดไม่นำกระแส ก็อาจมีกระแสรั่วซึม ไหลวนทางผ่านมิเตอร์และขณะช่วงจ่ายไบอัสกลับให้ไดโอดสัญญาณไม่มีทางไหล เพื่อทำให้กระแสรั่วซึมไม่ผ่านมิเตอร์จะช่วงไบอัสกลับสัญญาณมีทางไหลครบวงจร จึงเพิ่มไดโอดกลับอีกตัวต่อขนานกับไดโอดตัวแรกและมิเตอร์



รูปที่ 2.15 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับที่เพิ่มไดโอด

จากรูป 2.15 ขณะจ่ายบวกให้ด้านบน จ่ายลบให้ด้านล่างไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรง มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์ ผ่านไดโอด D_1 ผ่าน R_S ครอบวงจร เข็มมิเตอร์บ่ายเบนไปชี้ค่าออกมากเป็นค่าเฉลี่ย

จากรูป 2.15 ขณะจ่ายลบให้ด้านบน จ่ายบวกให้ด้านล่าง ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส แต่ไดโอด D_2 ได้รับไบอัสตรง มีกระแสไหลผ่าน R_S ผ่าน D_2 ครบวงจร ไม่มีกระแสผ่านมิเตอร์ ทำให้สภาวะการชี้ค่าของมิเตอร์ ได้ค่าเฉลี่ยที่ถูกต้อง

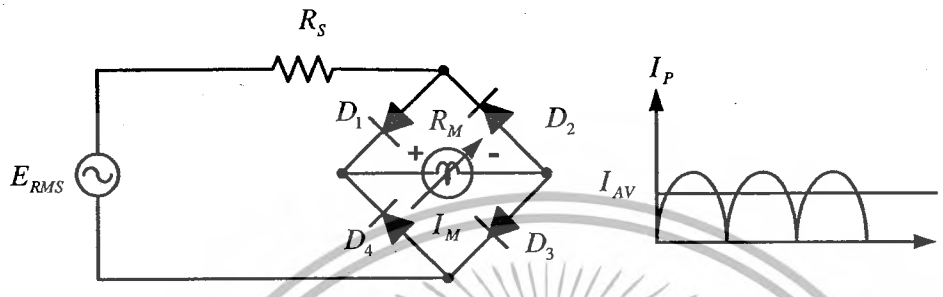
2.5.2 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จะมีกระแสผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์เพียงซีกเดียวทำให้ค่าเฉลี่ยของมิเตอร์ที่แสดงค่าออกมาได้เพียง 31.8% ประสิทธิภาพของมิเตอร์มีค่าต่ำ ซึ่งสามารถทำให้ประสิทธิภาพของมิเตอร์สูงขึ้นได้ โดยดัดแปลงวงจรเรียงกระแสให้เป็นแบบเต็มคลื่น แบบเต็มคลื่นที่ใช้ในโวลต์มิเตอร์กระแสสลับจะเป็นชนิดบริดจ์ เพราะไม่ต้องการใช้หม้อแปลงในการต่อวงจร และใช้ขั้วในการต่อวงจรเพียง 2 ขั้ว

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์จะมีกระแสไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ของมิเตอร์ทั้ง 2 ซีก ทำให้ค่าเฉลี่ยของมิเตอร์ที่แสดงค่าออกมาได้เพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าตัว เป็น 63.6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของมิเตอร์เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว แต่ต้องใช้ไดโอดในการทำงาน 4 ตัว จะทำให้สเกลของมิเตอร์นี้ในย่านวัดต่ำๆ ไม่เป็นเชิงเส้นมากขึ้น

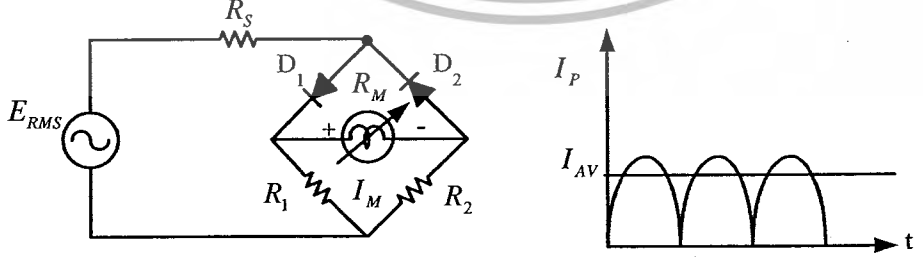


รูปที่ 2.16 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

เขียนสมการได้ดังนี้ $$E_{RMS} = 1.11 I_M \left(R_S + R_M\right) \tag{2.10}$$

$$R_S = \frac{0.9 E_{RMS}}{I_M} - R_M \tag{2.11}$$

จากรูป 2.16 มีข้อเสียตรงที่ใช้ไดโอด 4 ตัวในการทำงาน การทำงานแต่ละซีกของสัญญาณไฟสลับจะต้องใช้ไดโอด 2 ตัว ดังนั้นถ้านำไปใช้วัดแรงดันไฟสลับค่าต่ำๆ จะทำให้สเกลการวัดไม่เป็นเชิงเส้น จึงดัดแปลงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ มาเป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดครึ่งบริดจ์ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.17 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดครึ่งบริดจ์

ตามรูปที่ 2.17 เป็นวงจรโวลต์มิเตอร์กระแสสลับแบบเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดครึ่งบริดจ์ โดยตัดไดโอด D_3 และ D_4 วงจรบริดจ์ทิ้งไป และใส่ R_1 และ R_2 มีค่าความต้านทานคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าต่ำๆ เข้าไปแทนทำให้วงจรบริดจ์เหลือไดโอดใช้งานแค่ 2 ตัว การทำงานของไดโอดจะทำงานครั้งละ 1 ตัว ช่วยทำให้สเกลของมิเตอร์เป็นเชิงเส้นมากขึ้น เมื่อนำไปใช้วัดแรงดันไฟสลับค่าต่ำและมีประสิทธิภาพสูงมากกว่าแบบครึ่งคลื่น

2.6 ดิจิตอลมิเตอร์

2.6.1 การอ่านข้อมูลออกมาเป็นตัวเลข

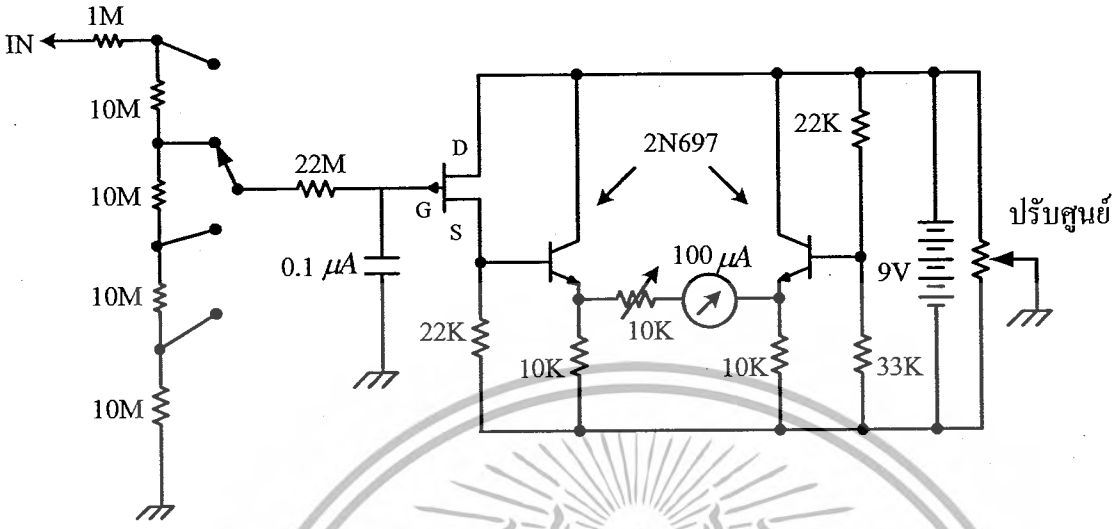
ข้อมูลทางเทคนิคของดิจิตอลมิเตอร์สามารถแสดงได้หลายรูปแบบ โดยอาจจะอยู่ในรูปสมรรถนะ เช่น ความแม่นยำ ความเที่ยงตรง ความเร็วของการอ่าน รวมทั้งความสามารถในด้านอื่น เช่น การเลือกย่านเอง การขจัดสัญญาณรบกวนในสาย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความแตกต่างไปจากเครื่องมือวัดแสดงแบบแอนะลอก แต่สิ่งที่มีความแตกต่างกันมากคือการอ่านค่า การมองเห็นตำแหน่งเข็มชี้ค่าของมิเตอร์แบบแอนะลอกอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก

เครื่องมือวัดดิจิตอลเป็นอุปกรณ์ที่มีความแม่นยำ เพราะว่าค่าที่อ่านได้เป็นค่าตัวเลข ทั้งนี้จะไม่เกิดการอ่านที่ผิดได้ของมุมการอ่านค่าของผู้ใช้ รวมทั้งผู้ใช้ไม่ต้องมีความรู้การแปลหรือตีความค่าที่อ่านได้ เช่น การอ่านค่าจากสเกลของมิเตอร์แอนะลอก ถ้าเป็นสเกลไม่เป็นเชิงเส้นจะอ่านผิดพลาดได้ง่าย การแสดงผลแบบดิจิตอลมีความแม่นยำเป็น ± 1 ลูกคลื่นการนับคือ ค่าตัวเลขหลักที่มีนัยสำคัญน้อยสุดจะเป็นค่าที่แสดงได้ไม่แน่นอนแต่อย่างไรก็ตามค่าความแม่นยำรวมของวงจรขึ้นอยู่กับวงจรแอนะลอกที่อยู่ก่อนถึงภาคแสดงผล

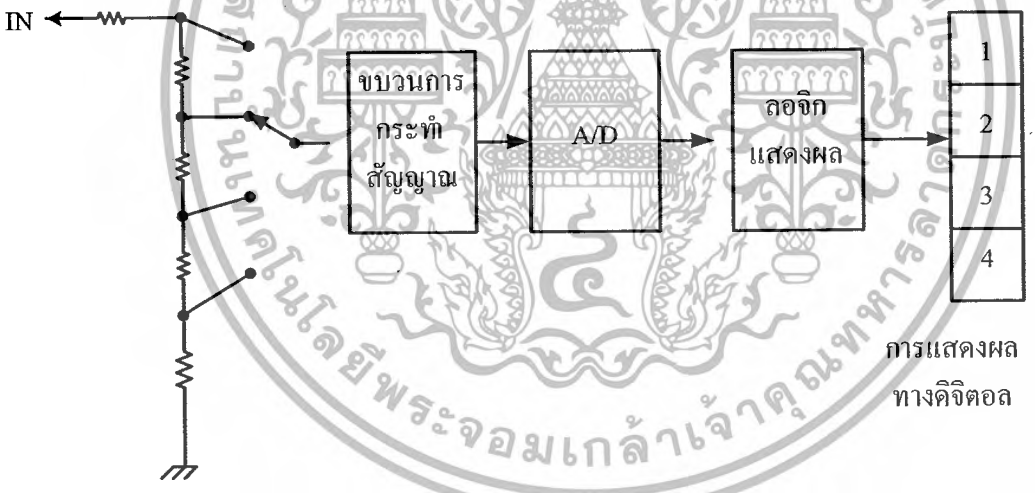
2.6.2 แนวความคิดพื้นฐานของดิจิตอลมิเตอร์

ดิจิตอลมิเตอร์เป็นมิเตอร์ที่แสดงผลเป็นตัวเลข นิยมมากกว่าที่แสดงผลเป็นแบบแอนะลอก ดูจากวงจรรูปที่ 2.18 ถ้านำเอาบล็อกการทำงานที่เรียกว่า ตัวแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลและภาคแสดงผลทางโลจิกมาวางใหม่ก็สามารถแสดงค่าเป็นตัวเลขได้ โดยการจัดบล็อกไดอะแกรมได้แสดงดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 วงจรอิเล็กทรอนิกส์มิเตอร์แบบแอนะลอก



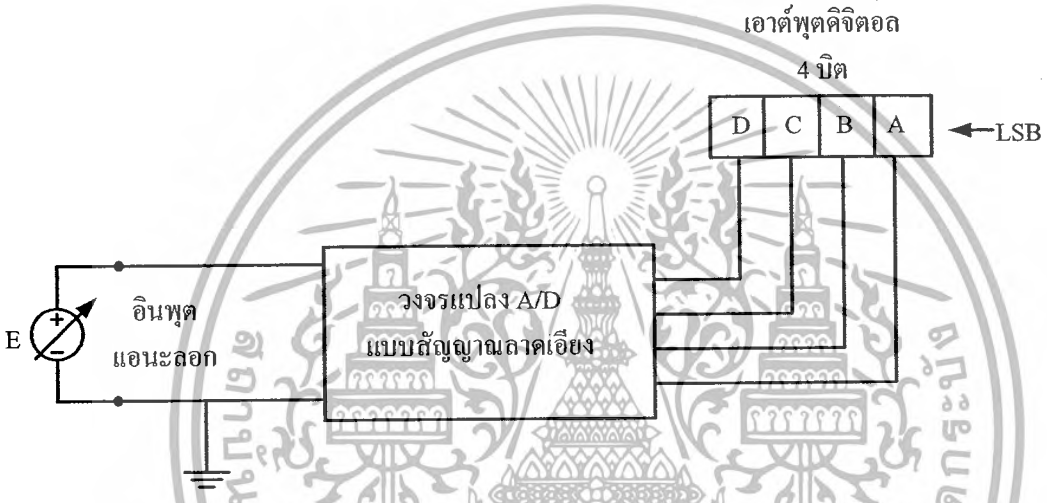
รูปที่ 2.19 ผังการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

ดิจิตอลมิเตอร์มีความยุ่งยากมาก โดยเฉพาะภาคที่แปลงสัญญาณจากแอนะลอกเป็นดิจิตอล จะประกอบไปด้วยส่วนของขบวนการจัดสัญญาณและยังต้องการความละเอียดสูง จำเป็นต้องมีการดูแลเพื่อให้ได้สมรรถนะที่แม่นยำดีที่สุดครอบคลุมในย่านกว้างของแรงดัน ความถี่และอุณหภูมิ นอกจากนี้เทคนิคต่างๆ ของมิเตอร์ยังมีส่วนด้วย เช่น การปรับศูนย์โดยอัตโนมัติ การตรวจจับขั้ว การเลือกทศนิยม วงจรป้องกัน นอกจากนี้เทคนิคในการแปลงสัญญาณจากแอนะลอกเป็นดิจิตอลมีหลายวิธี จะมีผลต่อความเที่ยงตรง ความเสถียรภาพ เป็นต้น ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของสารกึ่งตัวนำ ทำให้สามารถลดขนาดและความซับซ้อนของวงจรภาคต่างๆ ลดลงได้และใช้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล

วงจรการแปลงสัญญาณหรือแรงดันแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลมีหลายวิธี เช่น ใช้วงจรการแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบลาดเอียง แบบแฟลช หรือแบบสัญญาณลาดเอียงคู่ เป็นต้น ซึ่งจะได้อธิบายวงจรการแปลง แอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบสัญญาณลาดเอียง ดังรูปที่ 2.20 เป็นวงจรที่มีเอาต์พุตขนาด 4 บิต



รูปที่ 2.20 แผนภาพกรอบของวงจรแอนะลอกเป็นดิจิตอลขนาด 4 บิต

จากรูป 2.20 ถ้าปรับแรงดันแอนะลอกอินพุตที่ $E = 0V$ เอาต์พุตดิจิตอล 4 บิต จะมีค่าเท่ากับ DCBA = 0000 และถ้าปรับแรงดันอินพุตสูงสุด เช่น $E = 3V$ จะขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจรแอนะลอกเป็นดิจิตอล ได้ลอจิกเอาต์พุตสูงสุดคือ DCBA = 1111 เป็นต้น รายละเอียดภายในของแผนภาพกรอบการแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอลขนาด 4 บิต ประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ

1) วงจรเปรียบเทียบ ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันแอนะลอกที่อินพุต A และแรงดันป้อนกลับที่จุด B ใช้ออปแอมป์ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน เพื่อส่งสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมสัญญาณนาฬิกา

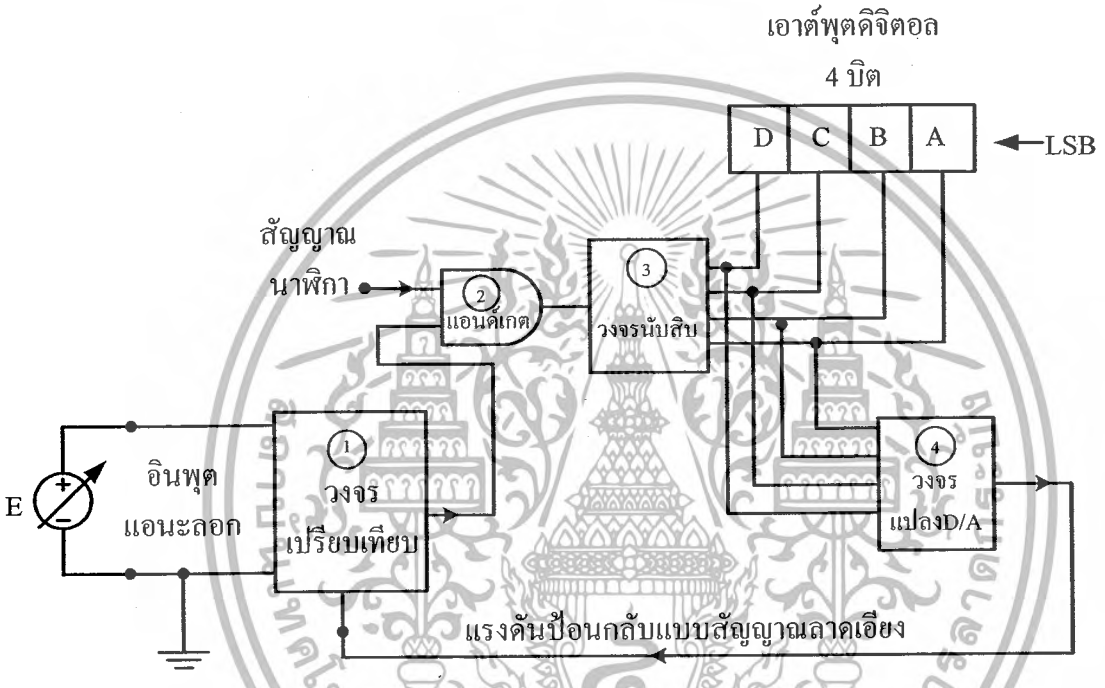
2) แอนด์เกต ทำหน้าที่เป็นลอจิกสวิตช์ปิด – เปิด เพื่อให้สัญญาณนาฬิกาเข้าสู่วงจรนับเมื่อสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบปรากฏ

3) วงจรนับสิบ เป็นวงจรนับ 0 – 10 ขนาด 4 บิต ทำหน้าที่แสดงผลการนับจากจำนวนพัลส์ที่แอนด์เกตจ่ายออกมา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) วงจรแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล จะรับลอจิกเอาต์พุตจากวงจรนับสิบมาแปลงเป็นแรงดันแอนะลอก เพื่อป้อนเข้าสู้วงจรเปรียบเทียบแรงดันอินพุต B แรงดันนี้จะเป็นสัญญาณลาดเอียงที่มีขนาดเป็นไปตามดิจิตอลเอาต์พุต

ส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังที่ได้กล่าวมาแสดงในรูปที่ 2.21



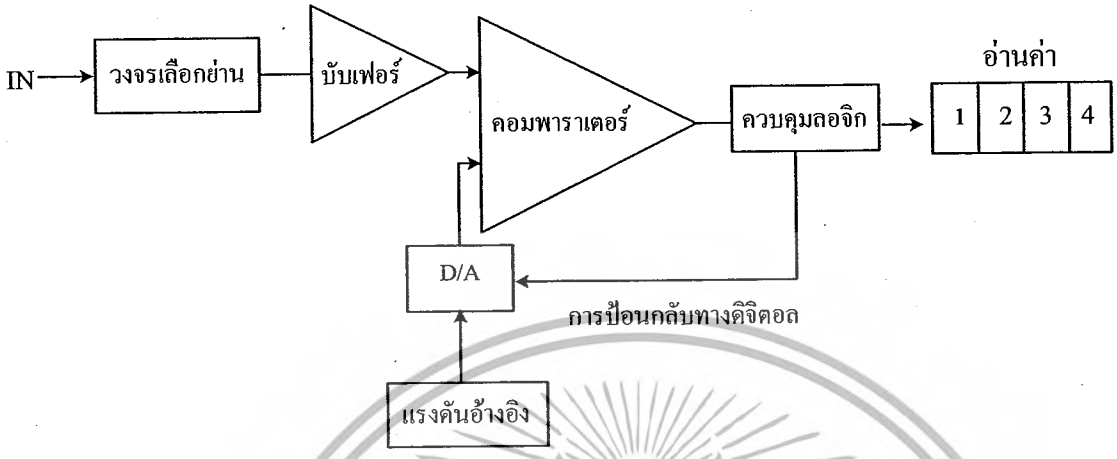
รูปที่ 2.21 แผนภาพกรอบภายในของวงจรแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล

เมื่อพิจารณาแผนภาพในรูปที่ 2.21 จะเห็นว่า วงจรแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอลนั้นสามารถรับค่าแรงดันแอนะลอกทางอินพุตได้และแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุตได้ หากจะพัฒนาให้เป็นโวลต์มิเตอร์ดิจิตอลสามารถทำได้โดยเพิ่มเติมส่วนของวงจรแปลงรหัสดิจิตอลเอาต์พุตเป็นเลขฐานสิบและแสดงผลผ่านตัวแสดงผล เช่น ตัวเลขแสดงผล 7 ส่วน แบบ LED หรือแบบ LCD ได้เช่นกัน

2.6.4 การวัดในการทำงานของฟังก์ชันอื่น

การนำดิจิตอลมิเตอร์วัดปริมาณต่างๆ เช่น ความต้านทาน กระแส ตัวเก็บประจุ อุณหภูมิ หรือความถี่ สิ่งเหล่านี้จะถูกแปลงไปเป็นค่าแรงดันและป้อนค่าแรงดันเข้าสู่อินพุตของเครื่องมือวัด ถ้าหากแรงดันที่ได้มีสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณที่อยู่ภายใต้การวัด ค่าผลรวมของความแม่นยำที่ได้จะถูกต้องเท่าๆ กับการใช้ดิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ผังการทำงานของวงจรป้อนกลับแบบดิจิตอลมิเตอร์

การทำงานเป็นโอห์มมิเตอร์ของดิจิตอลมิเตอร์ สามารถทำได้โดยการจ่ายกระแสที่ทราบค่าผ่านตัวต้านทานที่ต้องการทราบค่า และวัดค่าแรงดันตกคร่อมที่ได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะลำบากมาก หากจะใช้แหล่งจ่ายกระแสที่ได้จากแหล่งจ่ายแรงดันที่ไม่มีการรักษาแรงดัน เพราะไม่สามารถกำหนดค่ากระแสคงที่ได้แน่นอน บางวงจรอาจจะใช้แรงดันของแหล่งจ่ายแรงดันรักษาระดับและตัวต้านทานที่มีความแม่นยำสูงต่ออนุกรมกันเป็นอุปกรณ์ในการทำวงจรจ่ายกระแส แต่ก็มีข้อเสียที่เห็นได้ว่าไม่เหมาะสำหรับแนวทางการปฏิบัติ สำหรับค่าตัวต้านทานที่ต้องวัดหาค่าในย่านกว้าง อีกทั้งยังพบว่าจะต้องใช้แรงดันไฟสูง ซึ่งอาจจะเกิดอันตรายได้ ทางแก้ไขอาจจะทำได้โดยแหล่งจ่ายกระแสคงที่ โดยแหล่งจ่ายแบบนี้จะมีข้อดีกว่า ตรงที่ว่าสามารถกำหนดค่ากระแสได้เที่ยงตรงมาก อีกทั้งแหล่งจ่ายกระแสคงที่จะมีวงจรเทียบเคียงได้ เป็นแหล่งจ่ายแรงดันสูงกับตัวต้านทานค่าที่สูงมากต่ออนุกรมกัน ที่จริงแล้วตัวต้านทานค่าสูงที่อนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันค่าสูงแปลงมาจากแหล่งจ่ายกระแสคงที่ หลักสำคัญของการใช้แหล่งจ่ายกระแสคงที่ก็คือ แหล่งจ่ายกระแสคงที่ใช้การป้อนกลับที่เหมาะสมและทำงานได้ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันต่ำ ที่จริงแล้วก็เป็นการจำลองการรักษาระดับกระแสของแหล่งจ่ายแรงดันสูงของวงจรที่ค่าตัวต้านทานค่าที่สูง เพียงแต่ไม่เกิดอันตรายใดๆ กับผู้ใช้งาน

2.6.5 อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล

อุปกรณ์แสดงผลทางดิจิตอลเครื่องแรก ทำจากวงล้อจำนวนมาก ไปจนถึงเทคนิคในการควบคุมในปัจจุบันนิยมใช้แอลอีดีและแอลซีดีมากทำให้การอ่านค่าแน่นอนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

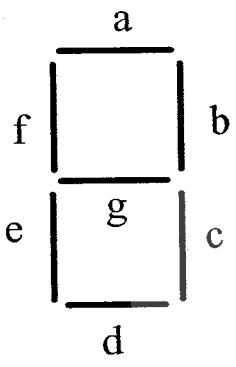
จอแสดงผลที่ใช้หลอดอินแคนแตสเซนต์ (Incandescent) ภายในจะถูกเชื่อมด้วยเส้นใยที่เปราะบาง ดังนั้นอายุการใช้งานเพียงไม่กี่ชั่วโมง แม้ว่าจะใช้กระแสต่ำสุดแล้วก็ตาม นอกจากอายุการใช้งานที่สั้นแล้ว เวลาการตอบสนองความร้อนของไส้หลอดจะทำให้เกิดปัญหาในการต้องรอเป็นเวลานาน แม้ว่าการใช้หลอดอินแคนแตสเซนต์ จะมีอยู่น้อยมากแล้วก็ตาม แต่ก็เป็นพื้นฐานการสร้างจอแสดงผลแบบ 7 ส่วนซึ่งนิยมใช้ในการอ่านค่าแบบดิจิตอลในปัจจุบัน

แก๊สดิสชารจ์พลาสมา แสงสว่างที่ทำให้เกิดการอ่านค่าได้นั้น เกิดการไอออไนเซชั่นของก๊าซเฉื่อย เช่น นีออน อาร์กอน ปรอท จำนวนเล็กน้อย จะใช้ในการจัดการกับพลังงานไอออไนเซชั่นและการแปลงสเปกตรัม อุปกรณ์แสดงผลถูกสร้างให้มีหลายรูปแบบ บางแบบจะมีขั้วไฟฟ้าอยู่ด้านนอก แสงสว่างที่เกิดขึ้นจะชัดมากและขึ้นอยู่กับการเปิดปิดของอุปกรณ์พลาสมา ซึ่งทำให้เกิดการมัลติเพล็กซ์ อุปกรณ์ที่มีความทนทานและค่าที่อ่านได้น่าพอใจมาก คือ หลอดนิกเซอร์ (Nixie) เป็นจอแสดงผลแบบนีออนมีขั้วคาโทดอยู่ภายใน 9 ขั้ว ลักษณะของแต่ละขั้วจะแทนตัวเลข 1 ตัว คาโทดจะเรียงกันหลังตัวอื่นๆ ทางตั้งฉากกับระยะสายตา เมื่อคาโทดถูกเลือกก็จะถูกกระตุ้นให้สว่างเป็นรูปร่างของตัวเลข ต่างๆ ความจริงแล้วตัวเลขทั้ง 9 อยู่ในระนาบที่ต่างกัน

ข้อเสียของจอแสดงผลแบบพลาสมา คือ พลังงานไอออนไนเซชั่นที่สูงในการจุดไส้หลอด ซึ่งอาจเป็น 150 โวลต์ ถึง 200 โวลต์ จึงสร้างปัญหาในการอินเตอร์เฟสเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำในปัจจุบัน แต่ในระยะเวลาไม่นานการอ่านค่าและจอแสดงผลแบบพลาสมาก็ถูกประยุกต์ให้ทำงานได้ดีขึ้น

การอ่านค่าด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์สุญญากาศ จะเป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี หลอดสุญญากาศ การอ่านค่าแบบฟลูออเรสเซนต์ ประกอบด้วยอาโนดจำนวนมาก ฉาบด้วยสารเรืองแสง เหมือนกับสารที่พบในหลอดฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a		x	x		x	x	x	x	x
b	x	x	x	x			x	x	x
c	x		x	x	x	x	x	x	x
d		x	x		x			x	x
e		x				x		x	
f				x	x	x		x	x
g		x	x	x	x	x		x	x

รูปที่ 2.23 การแสดงตารางความจริงสำหรับส่วนแสดงผล 7 ส่วน

อาโนดจะเรืองแสงออกมาเมื่อถูกกระตุ้นโดยแรงดันจากคาโทด ส่วนของตัวเลขจะถูกสร้างแบบ 7 ส่วน ตาม รูปที่ 2.23 ขณะที่อุปกรณ์การอ่านค่า มีข้อบกพร่องจากหลอดสุญญากาศ รวมทั้งไส้หลอดที่เปราะบาง อายุการใช้งานที่สั้นและจอแสดงผลคอมพิวเตอร์

อิเล็กโตรมิเนสเคนท์ ดิสเพลย์ ใช้สารเรืองแสงเหมือนกัน อุปกรณ์แสดงผลแบบนี้เป็นตัวเก็บประจุแทนที่จะเป็นหลอดอิเล็กตรอน เมื่อจ่ายไฟกระแสสลับให้ ความจุไฟฟ้าจะแทนกระแสที่กระตุ้นให้เกิดการเรืองแสง

แอลอีดีพัฒนาจากความก้าวหน้าทางอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จะเป็นตัวทำงานในอุปกรณ์แสดงผลทางดิจิตอลมีความสว่างสูงที่เข้ากันได้กับแรงดันของวงจรโซลิดสเตจ (Solid State) และระดับกระแส และใช้งานได้นาน เดิมแอลอีดีมีแต่สีแดง แต่ในปัจจุบันมีให้เลือกมากมายหลายสี เช่น แดง ส้ม เหลือง เขียว และน้ำเงิน

แอลซีดีไม่กระจายแสง แต่ใช้การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลึก ในการสะท้อนแสงแทน จะเห็นแอลซีดีสว่างเมื่อแอลอีดีดับลง หรืออีกนัยหนึ่ง อุปกรณ์แสดงผลแบบแอลซีดีจะทำการอ่านได้ยากในที่ระดับแสงต่ำ ซึ่งแอลอีดีให้ความสามารถในการอ่านค่าสูงสุด เนื่องจากไม่ใช่ขั้วไฟฟ้า แอลซีดีจึงเป็นที่นิยมและสามารถพกได้ โดยใช้แบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

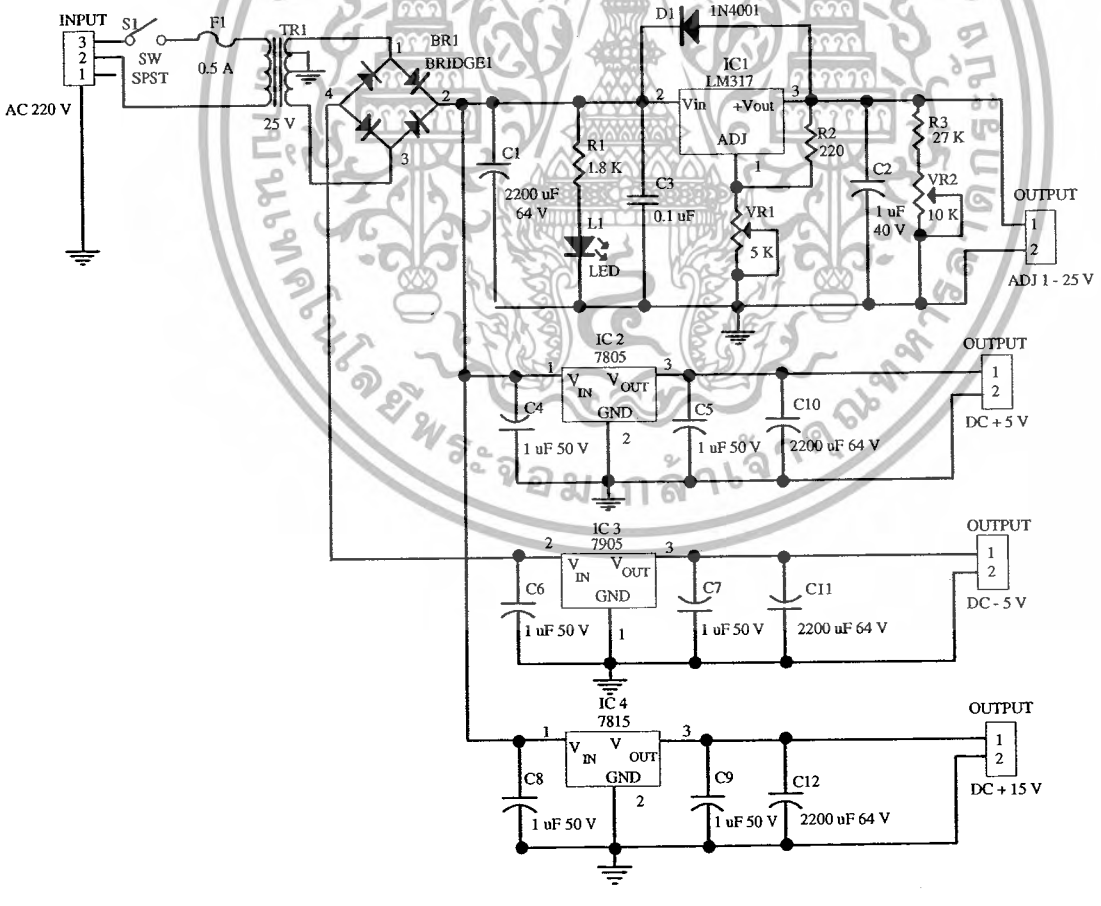
บทที่ 3

การออกแบบ การสร้างและการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบและสร้างชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 เป็นแผงชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอก ส่วนที่ 2 เป็นแผงชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบดิจิตอล

3.2 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน



รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

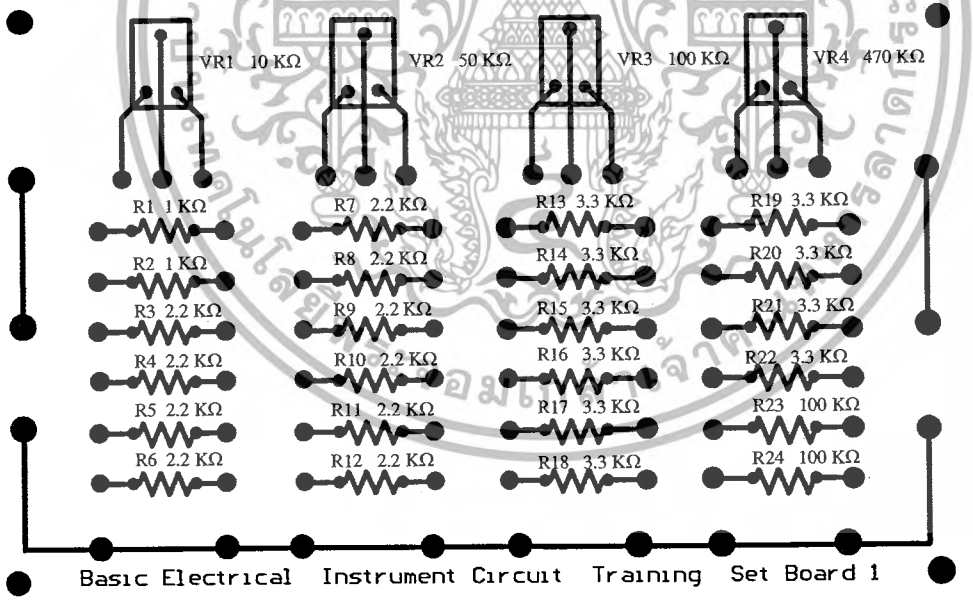
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.1 เป็นวงจรของแหล่งจ่ายไฟมีแรงดันทางเอาต์พุต 4 ระดับคือ +5 โวลต์, -5 โวลต์, +15 โวลต์และปรับค่า 0-25 โวลต์ โดยใช้หม้อแปลง 25 โวลต์ ขนาด 1 แอมป์ D1-D4 ต่อเป็นไดโอดบริดจ์ C1 เป็นตัวปรับระดับแรงดันให้เรียบ C2, C4, C7 และ C10 เป็นตัวกรองความถี่

ที่ขนาดแรงดัน 25 โวลต์ จะมีไอซี LM317 เป็นไอซีควบคุมแรงดันที่สามารถปรับค่าแรงดันได้ตั้งแต่ 1.2 – 30 โวลต์ แต่ในที่นี้ได้ออกแบบให้สามารถจ่ายแรงดันได้ 0 – 25 โวลต์ VR1 ทำหน้าที่ปรับแรงดันตั้งแต่ 0-25 โวลต์

ส่วนที่ขนาดแรงดัน +5 โวลต์จะมีไอซี เบอร์ 7805 เป็นตัวควบคุมแรงดัน ที่ระดับแรงดันขนาด –5 โวลต์ จะมีไอซีเบอร์ 7905 ทำหน้าที่ควบคุมให้แรงดันและที่ขนาดแรงดัน +15 V จะมีไอซีเบอร์ 7815 เป็นตัวควบคุมระดับแรงดัน แรงดันที่ขนาด +5 โวลต์และ –5 โวลต์ จะสามารถจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไอซีที่ใช้ในการทดลองส่วนของแผงทดลองวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นแบบดิจิตอล

3.3 ส่วนประกอบการทดลองส่วนที่ 1



รูปที่ 3.2 แผงการทดลองที่ 1

ในแผงทดลองที่ 1 จะประกอบด้วยใบงานการทดลองดังนี้

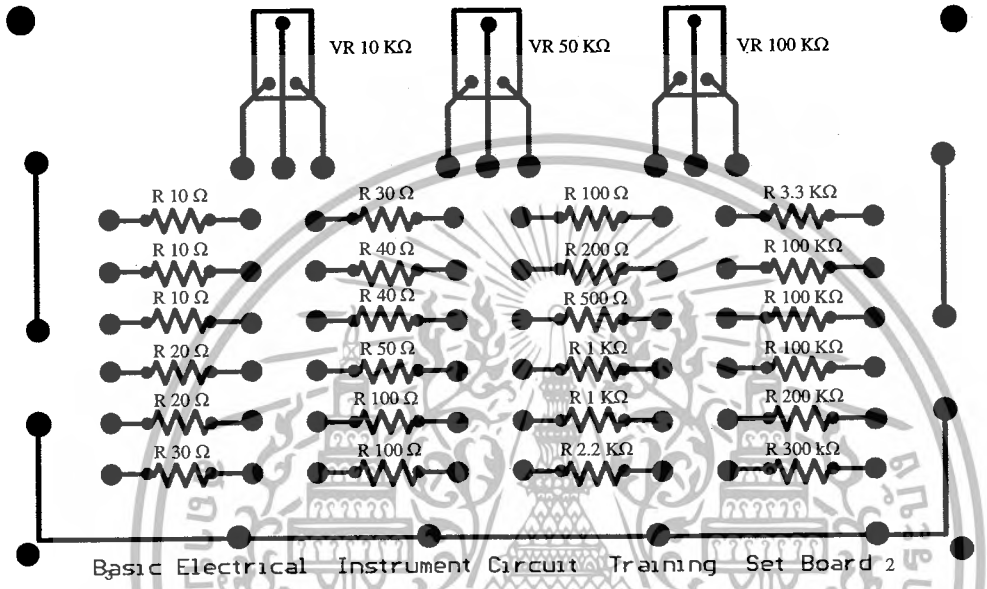
ใบงานที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนการวัด

ใบงานที่ 2 การหาค่ากระแสเต็มสเกลและค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์

ใบงานที่ 3 การทดสอบความไวในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในแผงทดลองจะเป็นการนำเอาอุปกรณ์การทดลองมารวมในการทดลองทั้ง 3 ใบงานมารวมกันไว้ในแผงทดลองเดียว เพื่อสะดวกในการทดลองและประหยัดเวลาในการหาอุปกรณ์ในการทดลองในแต่ละใบงาน



รูปที่ 3.3 แผงการทดลองที่ 2

จากรูปแผงการทดลองที่ 3.3 ประกอบด้วยใบงานการทดลองดังนี้

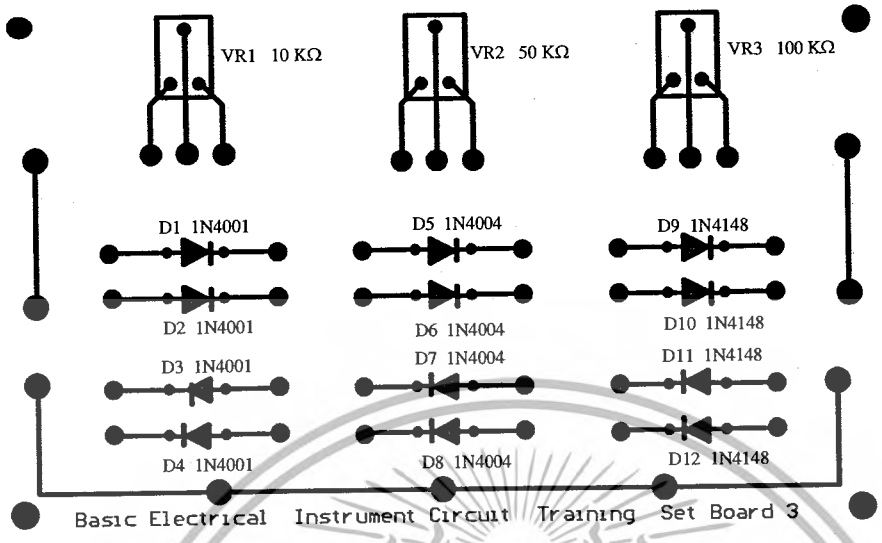
ใบงานที่ 4 การออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์

ใบงานที่ 5 การออกแบบแอมมิเตอร์

ใบงานที่ 6 การออกแบบโอห์มมิเตอร์

ซึ่งในแผงทดลองจะเป็นการนำเอาอุปกรณ์การทดลองมารวมในการทดลองทั้ง 3 ใบงานมารวมกันไว้ในแผงทดลองเดียว เพื่อสะดวกในการทดลองและประหยัดเวลาในการหาอุปกรณ์ในการทดลองในแต่ละใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผงการทดลองที่ 3

จากรูปแผงทดลองที่ 3.4 ประกอบด้วยใบงานการทดลองดังนี้

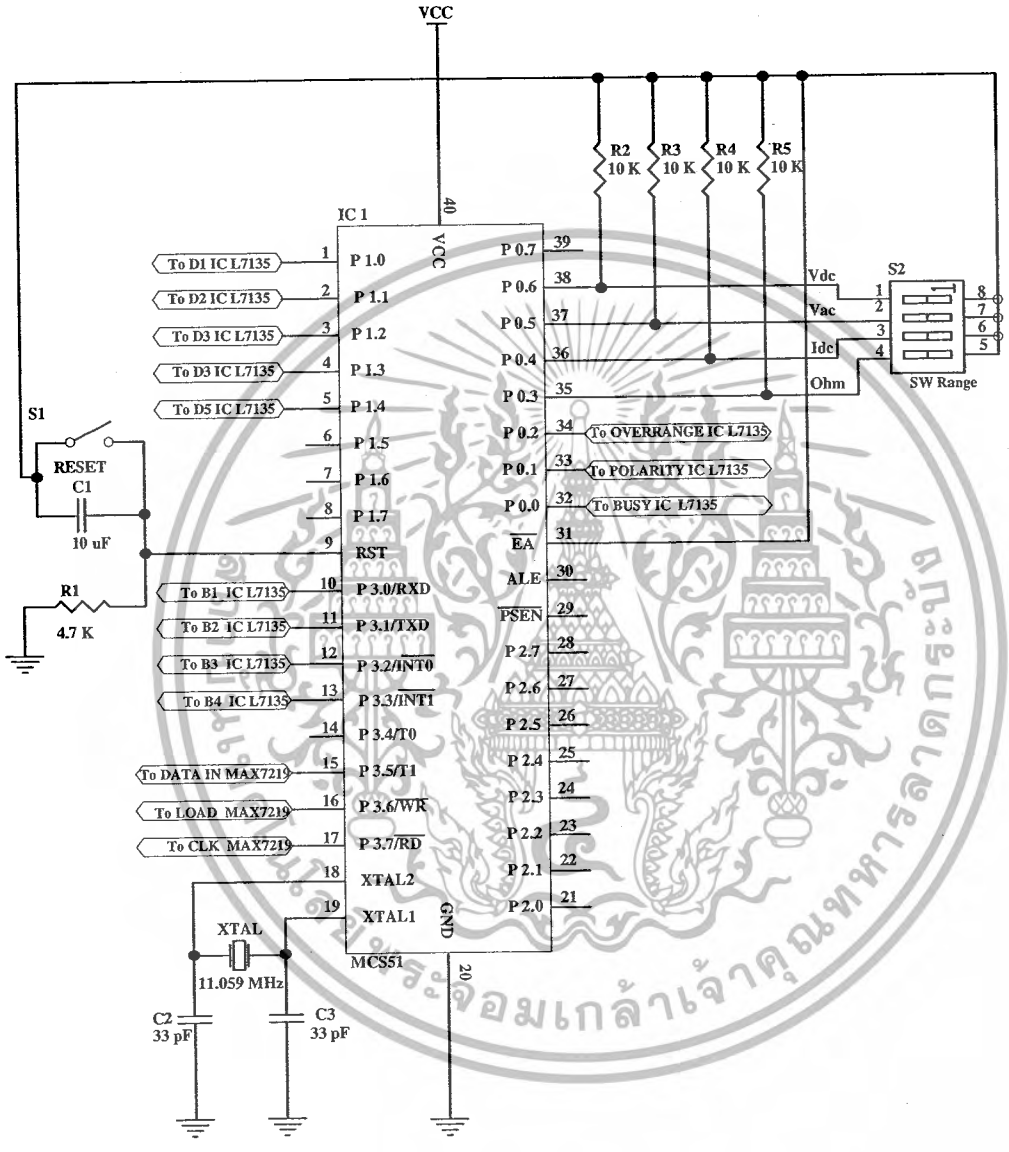
ใบงานที่ 7 การวัดแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่น

ใบงานที่ 8 การวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น

ซึ่งในแผงทดลองจะเป็นการนำอาอุปกรณ์การทดลองมารวมในการทดลองทั้ง 2 ใบงานมารวมกันไว้ในแผงทดลองเดียว เพื่อสะดวกในการทดลองและประหยัดเวลาในการหาอุปกรณ์ในการทดลองในแต่ละใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนประกอบการทดลองส่วนที่ 2



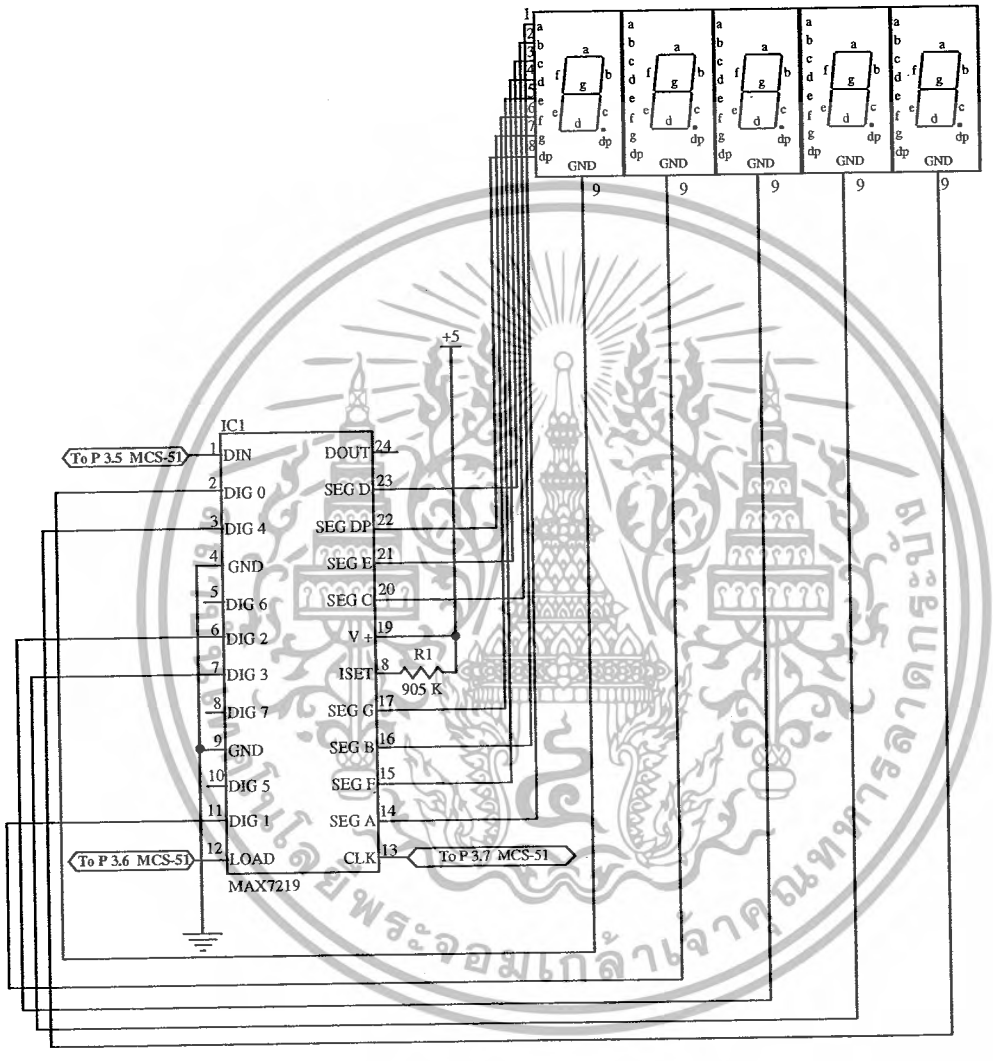
รูปที่ 3.5 วงจรการทำงานของ AT89S52

การทำงานของวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์ควบคุมด้วยไมโครคอลโทรลเลอร์ AT89S52 อธิบายสามารถแยกได้เป็นส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 วงจรแสดงผลแบบ 7 ส่วน จำนวน 5 หลัก โดยไอซี MAX 7219

การทำงานของวงจรแสดงผลแบบ 7 ส่วน จำนวน 5 หลัก โดยไอซี MAX 7219



รูปที่ 3.6 วงจรการทำงานของส่วนแสดงผลแบบ 7 ส่วน

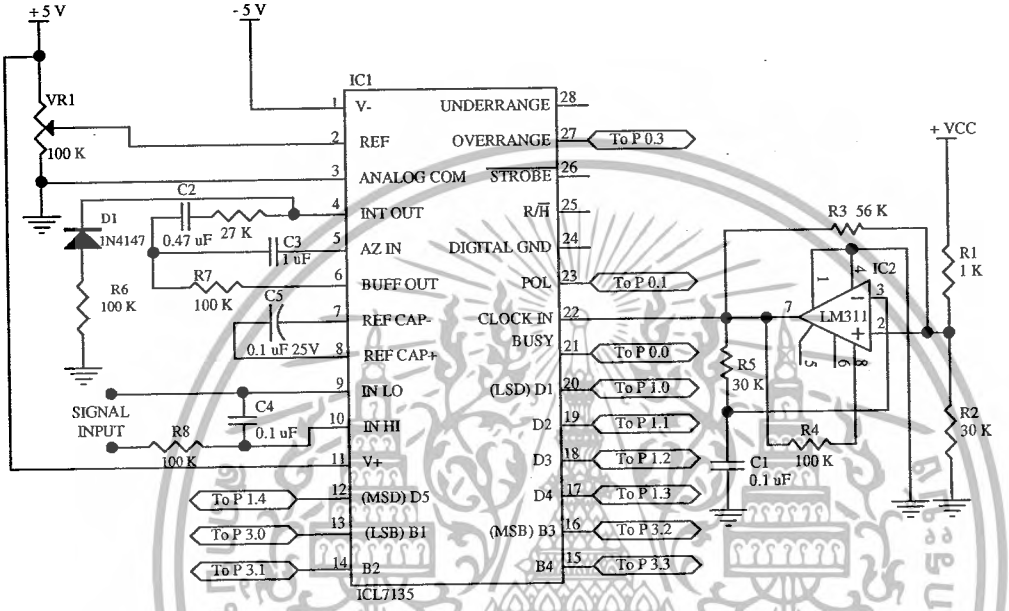
การส่งข้อมูลให้กับไอซี MAX 7219 แสดงผลได้นั้นต้องตั้งตำแหน่งรีจิสเตอร์ ในตัวไอซี MAX 7219 ก่อนซึ่งตำแหน่งแอดเดรสแสดงในภาคผนวก

3.4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ไอซี L7135

แปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยไอซี L7135 จากข้อมูลจะเป็นการรวมสัญญาณแล้วสัญญาณมาเข้ารหัสใช้เป็นรหัส BCD 8421 จำนวน $1\frac{1}{2}$ ดิจิตโดยจากการคำนวณระดับบิตขนาด $1\frac{1}{2}$ หาความแตกต่างอยู่เท่ากับ 20,000 ระดับหรือคิดเป็นจำนวนการแปลงระดับประมาณ

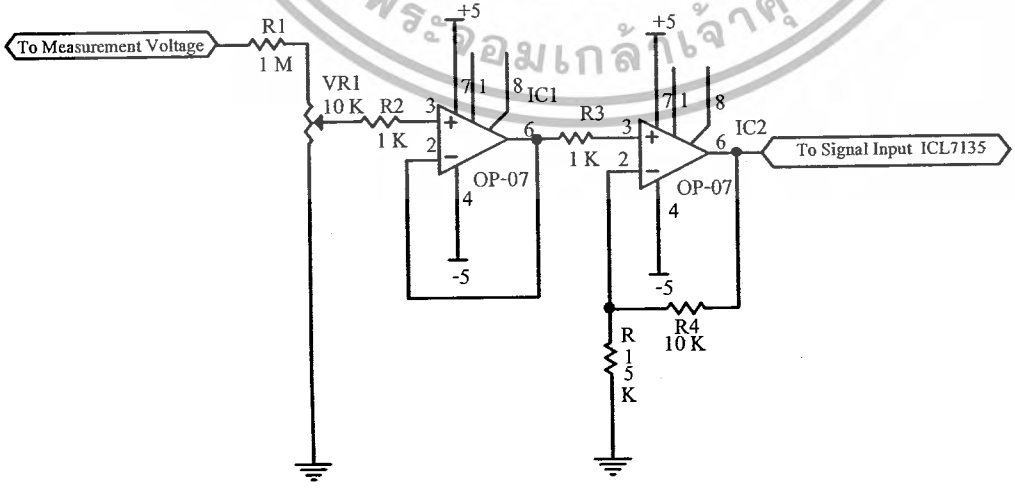
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14.3 บิต ซึ่งละเอียดมากโดยที่ไอซี LM311 ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณนาฬิกาให้กับไอซี L7135 และไอซี L7660 ทำหน้าที่ผลิตแรงดันไฟฟ้า –5 โวลต์ให้กับไอซี L7135 โดยการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89S52



รูปที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ไอซี L7135

3.4.3 วงจรวัดแรงดัน



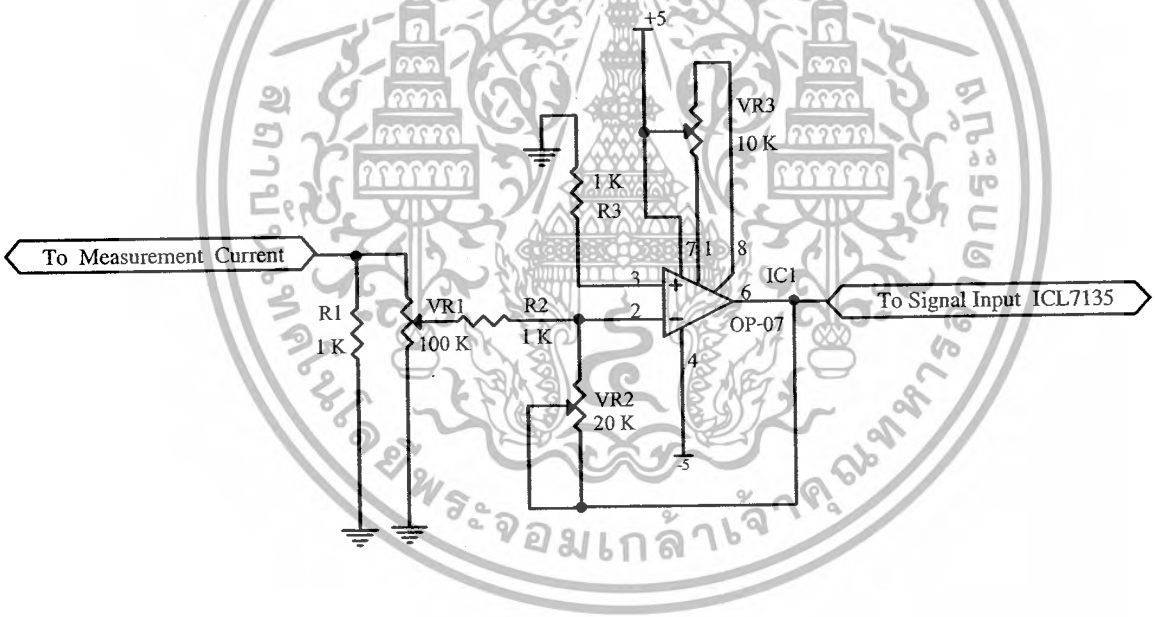
รูปที่ 3.8 วงจรวัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรจะทำการลดทอนแรงดันให้เหลือต่ำๆ โดยจะจัดการขยายแบบกลับเฟสโดยใช้ออปแอมป์ OP-07 ในการขยายจะทำการขยายเป็นลักษณะสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงให้แรงดันที่ได้ลดทอนแล้ว กับแรงดันที่ยังไม่ได้ลดทอนมีอัตราส่วนที่เหมาะสมและทำการส่งแรงดันที่ไอซี L7135 ทำให้มีขนาดแรงดันตามที่ต้องการ

3.4.4 วงจรวัดกระแส

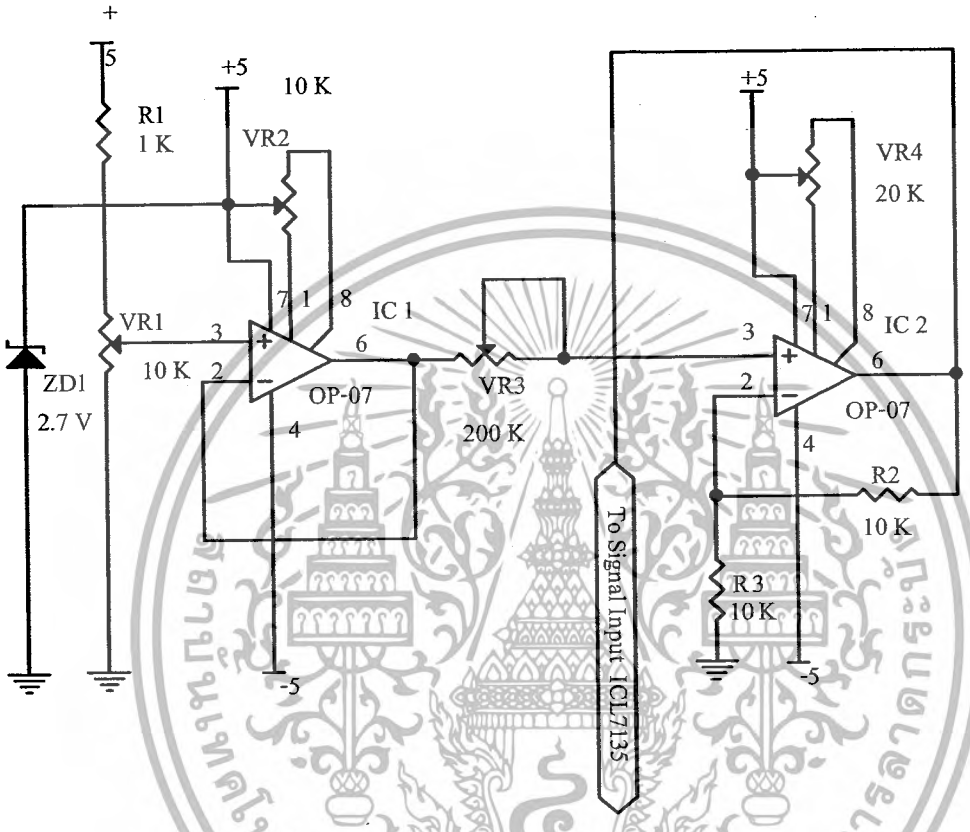
วงจรวัดกระแส วงจรจะประกอบด้วย ชันท์มิเตอร์ เป็นอุปกรณ์หลักโดยที่ชันท์มิเตอร์ขนาด 100 แอมแปร์ให้แรงดัน 0.0006 โวลต์ต่อกระแสไหลผ่านตัวมัน 1 แอมแปร์ ดังนั้นจึงนำแรงดันที่ได้จัดการขยายแบบไม่กลับเฟสให้เหมาะสมแล้วนำไปจัดแรงดันที่ ICL7135 ซึ่งจะทำให้แรงดันที่วัดออกมาเป็นค่ากระแส



รูปที่ 3.9 วงจรวัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 วงจรวัดค่าความต้านทาน



รูปที่ 3.10 วงจรวัดความต้านทาน

หลักการทำงานของวงจรที่ใช้วัดความต้านทานนั้น จะอาศัยการทำงานกำหนดกระแสให้คงที่จะวัดค่าเปลี่ยนไปก็ตาม แรงดันก็จะเพิ่มขึ้นเองทำให้นำแรงดันที่ได้ไปแสดงผลเป็นค่าความต้านทานที่วัดได้โดยจะส่งไปวัดที่ ICL7135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

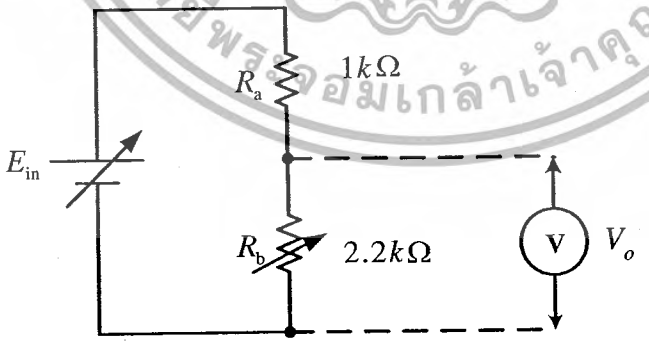
ในการทดลองชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นนี้ จะเป็นชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นที่เป็นแบบแอนะลอก และแบบดิจิตอลในการทดลองแต่ละครั้งผู้ทดลองจะต้องทำการต่องวงจรการทดลองในใบงานเองเพื่อเป็นการฝึกทักษะในในการต่อวงจร ในชุดทดลองจะมีแผงทดลองแบบแอนะลอก 3 แผงทดลองและแบบดิจิตอลอีก 1 แผงการทดลอง มีการทดลองทั้งหมด 11 การทดลอง สามารถแยกการทดลองและผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 1

4.1.1 การทดลองและผลการทดลองค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดเนื่องจากอุปกรณ์

ในการวัดจะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดเสมอซึ่งแหล่งที่มาของค่าความคลาดเคลื่อนมาจากหลายสาเหตุ ดังต่อไปนี้คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ทำการวัด ค่าความคลาดเคลื่อนแบบระบบและค่าความคลาดเคลื่อนแบบแรนดอมซึ่งส่งผลให้ค่าที่วัดออกมาไม่ถูกต้อง

1. ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.1 วงจรหาค่าความคลาดเคลื่อน

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 1.1 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2. ปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ R_b ให้ได้ค่า $2.2\,k\Omega$ และต่อโวลต์มิเตอร์ เพื่อเตรียมวัดค่าแรงดันตกคร่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับแรงดัน E_{in} จนกระทั่งแรงดัน E_{Rb} มีค่าเท่ากับ 10 V. วัดค่าแรงดัน E_{in} แล้วบันทึกค่าของ E_{in} ลงในตารางที่ 4.1 และรักษาระดับแรงดันของ E_{in} นี้ไว้ตลอดการทดลอง

4. ต่อตัวต้านทานค่าคงที่ 2.2 $k\Omega$ ตัวที่หนึ่ง แทนตัวต้านทานปรับค่าได้ R_b วัดและบันทึกแรงดันตกคร่อม E_{Rb} ลงในตารางที่ 4.1

5. ต่อตัวต้านทานค่า 2.2 $k\Omega$ ที่เหลือ วัดและบันทึกค่าแรงดันตกคร่อม E_{Rb} ทีละครั้ง ลงในตารางที่ 1.1

6. คำนวณหาค่า R_b ทั้ง 10 ตัว แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.1

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดเนื่องจากอุปกรณ์

ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุปกรณ์				
คนที่	R_b ที่อ่านได้	E_0	R_b ที่ได้จากการคำนวณ	E_{in} = 14.54 V
1	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188 kΩ	R_b average = 2.184 kΩ
2	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188 kΩ	
3	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188 kΩ	
4	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188 kΩ	
5	2.2 $k\Omega$	9.96 V	2.174 kΩ	Range of error = 10.5
6	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188 kΩ	
7	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188 kΩ	
8	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188 kΩ	Percent error = 0.72%
9	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188 kΩ	
10	2.2 $k\Omega$	9.96 V	2.167 kΩ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดลองและผลการทดลองค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดจากอ่านค่า

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1. ให้นักศึกษาจำนวน 10 คน วัดและบันทึกค่าของความต้านทานที่กำหนดให้ โดยใช้โอห์มมิเตอร์มาตรฐาน

2. ให้นักศึกษาทั้ง 10 คน บันทึกค่าที่อ่านได้ บนกระดาน

3. ให้นักศึกษาทุกคนบันทึกค่าที่วัดได้บนกระดาน ลงในตารางผลการทดลองที่ 4.2

4. คำนวณหาค่า ความต้านทานเฉลี่ย (R average) ที่ได้จากการอ่านของนักศึกษาทั้ง 10 คน แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดจากอ่านค่า

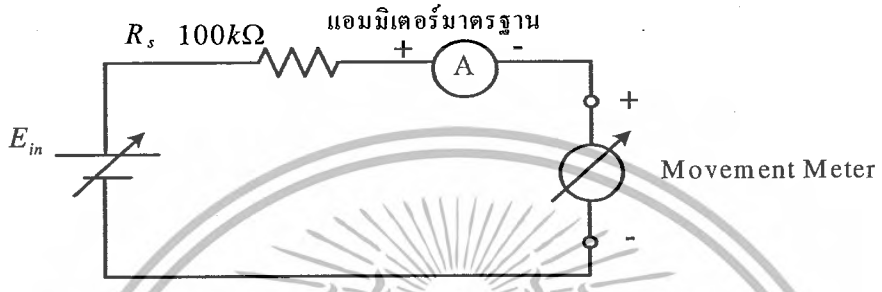
ค่าความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า		
คนที่	ค่าความต้านทานที่อ่านได้	ค่าความต้านทานจริง R_X = 2.2 kΩ
1	2.20kΩ	Average resistance = 2.21 kΩ
2	2.21 kΩ	
3	2.22 kΩ	
4	2.22 kΩ	
5	2.21 kΩ	Range of error = 0.01
6	2.22 kΩ	
7	2.20 kΩ	
8	2.22 kΩ	Percent of error = 0.45 %
9	2.22 kΩ	
10	2.20 kΩ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทดลองและผลการทดลองการหาค่ากระแสเต็มสเกลของมิเตอร์มูฟเมนต์

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 2.3 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 4.2 วงจรการหาค่ากระแสเต็มสเกล

2. ปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายให้เป็นศูนย์ ก่อนจ่ายไฟ

3. ปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย ให้ค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเข็มชี้ของมิเตอร์มูฟเมนต์ชี้เต็มสเกล อ่านค่า I_{fs} จากแอมมิเตอร์ บันทึกค่า I_{fs}

2. ผลการทดลอง

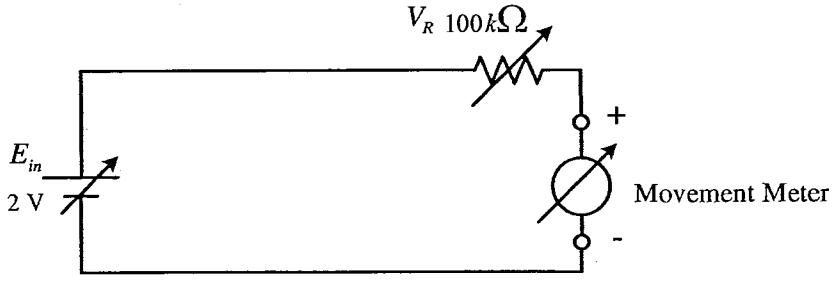
$$I_{fs} = 50\mu A$$

4.1.4 การทดลองและผลการทดลองการหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์

การทดลองการหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์มีการทดลอง 3 การทดลอง ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 Variable Resistance method

ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.3 วงจรหาค่าความต้านทานภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2. ปรับความต้านทาน ปรับค่าได้ V_R ให้มีค่าความต้านทานสูงสุด และปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันให้มีค่าต่ำสุด

3. เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันช้าๆ จนกระทั่งมีค่า $2V$

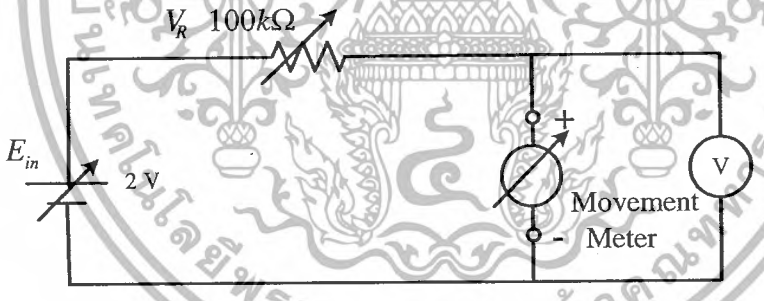
4. ค่อยๆ ลดค่าความต้านทานของ V_R ลงจนกระทั่งเข็มของมิเตอร์มูฟเมนต์ชี้เต็มสเกล

5. ปลด V_R ออกมาวัดค่าความต้านทาน ด้วยอิเล็กทรอนิกส์มัลติมิเตอร์ บันทึกค่าความต้านทานที่วัดได้ (ซึ่งเรียกว่า R_1) ลงในตารางที่ 4.3

6. ต่อ V_R กลับเข้าไปในวงจรใหม่ และค่อยๆ เพิ่มค่าความต้านทานของ V_R จนกระทั่งเข็มชี้ของมิเตอร์มูฟเมนต์ชี้ครึ่งสเกล (Half Scale) แล้วปลด V_R ออกมาวัดค่าความต้านทาน (ซึ่งเรียกว่า R_2) บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.3

การทดลองที่ 2 Potentiometer Method

ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.4 วงจร Potentiometer Method

1 นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 2.5 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2. ปรับความต้านทานปรับค่าได้ V_R ให้ปรับค่าความต้านทานสูงสุด และปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันให้มีค่าต่ำสุด

3. เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันช้าๆ จนกระทั่งมีค่า $2V$

4. ลดค่าของความต้านทานปรับค่าได้ V_R ลงจนกระทั่ง เข็มของมิเตอร์มูฟเมนต์ชี้เต็มสเกล อ่านและบันทึกค่าแรงดันตกคร่อมมิเตอร์มูฟเมนต์ ลงในตารางที่ 4.3

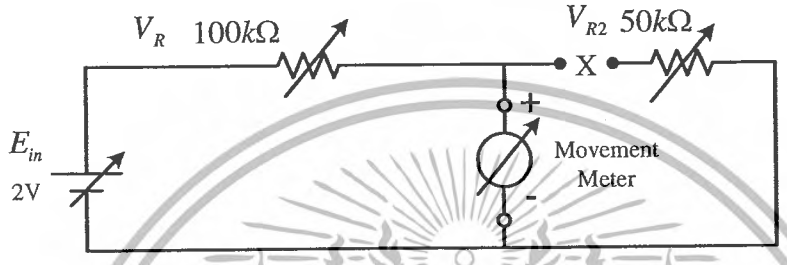
5. คำนวณหาค่าความต้านทานภายใน (R_{m2}) และบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 Shunt Resistor Method

1. ลำดับขั้นการทดลอง

วิธีนี้หมายถึงการนำความต้านทานภายนอกมาขนานกับความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์และเป็นผลให้กระแสที่ผ่านมิเตอร์ลดลงครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 4.5 วงจร Shunt Resistor Method

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2. ปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ V_{R1} จนกระทั่งเข็มชี้ ของมิเตอร์มูฟเมนต์ชี้เต็มสเกล

3. ลัดวงจรที่จุด X และปรับความต้านทานปรับค่าได้ V_{R2} จนกระทั่งเข็มชี้ของมิเตอร์มูฟเมนต์ ชี้ครึ่งสเกล

4. ปลดความต้านทานปรับค่าได้ V_{R2} ออกจากวงจรและวัดค่า บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.3 (ค่าที่วัดได้นี้คือ R_{m3})

2. ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

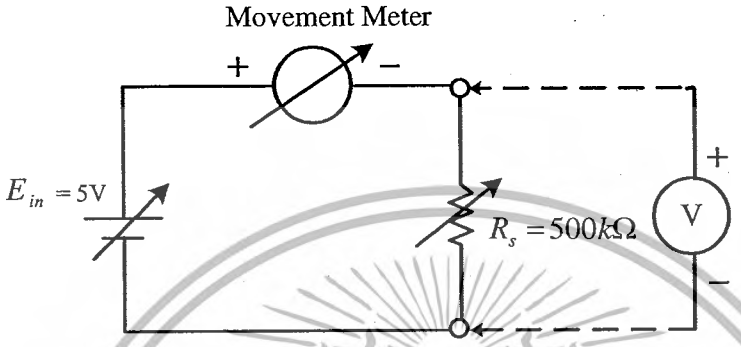
ตารางที่ 4.3 การหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์

Variable Resistor Method	Potentiometer Method	Shunt Resistor Method	Internal Resistance of Meter Movement
R_1 = 22.5 kΩ	E = 0.119 V		
R_2 = 46.8 kΩ	I = 50 μA		
R_{m1} = 1.8 kΩ	R_{m2} = 2.38 kΩ	R_{m3} = 1.92 kΩ	R_{marv} = 2.03 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การทดลองและผลการทดลองการทดสอบความไวในการวัด

1. ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.6 วงจรการทดสอบความไวในการวัด

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. ปรับแรงดัน E_{in} เท่ากับ $5\,V$
3. ปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ R_s ให้มีความต้านทานสูงสุด
4. ค่อยๆ ปรับลดความต้านทานปรับค่าได้ R_s ลง เพื่อให้เข็มของมิเตอร์มูฟเมนต์ ชี้เต็มสเกล
5. วัดแรงดันตกคร่อมความต้านทานปรับค่าได้ R_s และบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
6. ปลดตัวต้านทานปรับค่าได้ออกจากวงจรวัดค่าความต้านทาน และบันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.4

2. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของการทดสอบความไวในการวัด

ย่านวัด	$50\,\mu A$
ความต้านทานจากการวัด	102.8 kΩ
แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน	5.19 kΩ
ค่าความไวในการวัด Ω / V	19.807 kΩ / V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

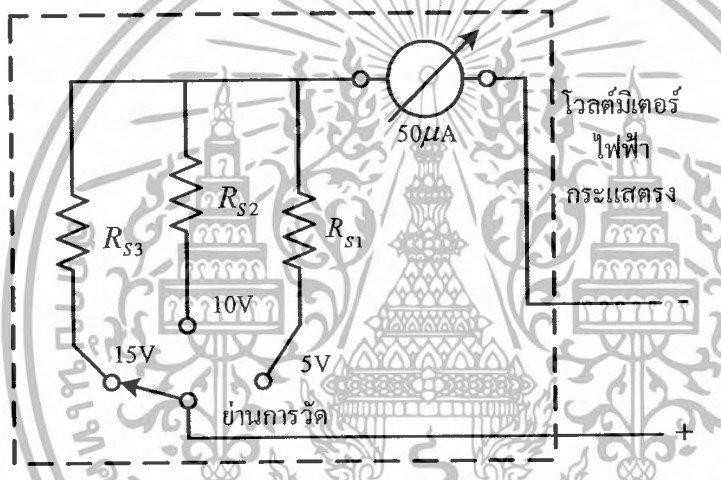
4. 2 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 2

4.2.1 การทดลองและผลการทดลองการออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์

การทดลองการออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์จะมีการทดลองอยู่ 2 การทดลองคือการออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์แบบพื้นฐานและโวลต์มิเตอร์ทั่วไป

การทดลองที่ 1 โวลต์มิเตอร์แบบพื้นฐาน

1 ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.7 วงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. จากรูปวงจร จงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_{s1}, R_{s2}, และ R_{s3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดแรงดัน โดยใช้ค่า R_{mave} ของการทดลองหาค่าความต้านทานภายในของ มูฟเมนต์มิเตอร์และบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.5

2. นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปโดย R_{s1}, R_{s2} และ R_{s3} ใช้ค่าความต้านทานตามที่คำนวณในข้อ 1

3. ทำการทดสอบดีซีโวลต์มิเตอร์ แต่ละย่านวัด โดยนำโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ไปวัดแรงดันที่แหล่งจ่าย สามารถปรับค่าได้ แล้วปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย ให้เข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัดวัดและบันทึกค่าของแรงดันที่แหล่งจ่าย ลงในตารางที่ 4.5

4. คำนวณค่า Percent error แต่ละย่านวัดบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.5

$$\text{Percent error} = \left[\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right] \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

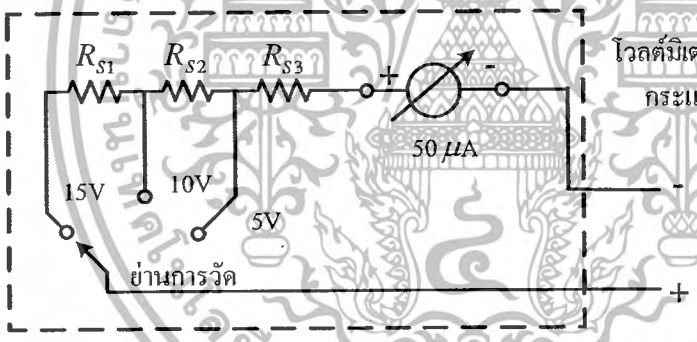
2. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์แบบพื้นฐาน

Volt Scale	Multiplicer Resistor	Voltage Range	Volttage of Power Source	Percent Error
$0-5\,V$	$R_{S1}=100\ \text{k}\Omega$	$5\,V$	5.05 V	0.99 %
$0-10\,V$	$R_{S2}=200\ \text{k}\Omega$	$10\,V$	9.85 V	1.52 %
$0-15\,V$	$R_{S3}=300\ \text{k}\Omega$	$15\,V$	15.26 V	1.70 %

การทดลองที่ 2 โวลต์มิเตอร์แบบทั่วไป

1. ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.8 วงจรขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์

1. จากรูปวงจรที่ 4.8 จงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_{s1}, R_{s2} และ R_{s3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดแรงดัน โดยใช้ค่า R_{1ave} เหมือนกับการทดลองที่ 1 บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.6

2. นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปโดย R_{s1}, R_{s2} และ R_{s3} ใช้ค่าความต้านทาน ค่าที่ทดลองไว้ในข้อ 1

3. ต่อตัวต้านทานตามค่าที่คำนวณได้เข้ากับวงจรและทำการทดสอบ ดีซีโวลต์มิเตอร์ทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.6

4. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านวัดจากสมการ บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.6

$$\text{Percent error} = \left[\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right] \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองดีซีโวลต์มิเตอร์แบบทั่วไป

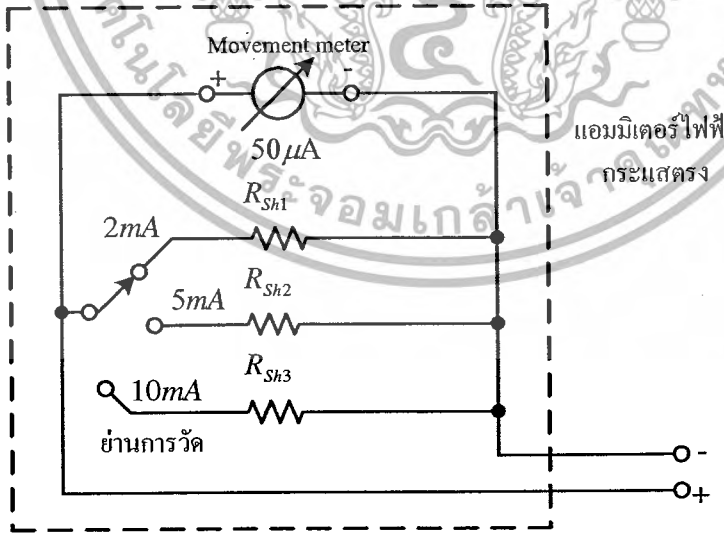
Volt Scale	Multiplicer Resistor	Voltage Range	Volttage of Power Source	Percent Error
$0-5\,V$	$R_{s1}=100\ \text{k}\Omega$	$5\,V$	5.01 V	0.15 %
$0-10\,V$	$R_{s2}=100\ \text{k}\Omega$	$10\,V$	10.06 V	0.59 %
$0-15\,V$	$R_{s3}=100\ \text{k}\Omega$	$15\,V$	14.96 V	0.26 %

4.2.2 การทดลองและผลการทดลองการออกแบบแอมมิเตอร์แบบพื้นฐาน

ในการทดลองเรื่องการออกแบบแอมมิเตอร์จะมีการทดลอง 2 การทดลองซึ่งประกอบด้วย การทดลอง การออกแบบแอมมิเตอร์แบบพื้นฐานและแบบทั่วไป

การทดลองที่ 1 การออกแบบแอมมิเตอร์แบบพื้นฐาน

1. ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.9 วงจรแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน

1. จากวงจรคำนวณหาค่า R_{Sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแส โดยใช้ค่า R_{1ave} ที่ผ่านมาแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปโดย ค่าความต้านทาน R_{Sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ใช้ค่าตามที่คำนวณได้ในข้อที่ 1

3. ทำการทดสอบดีซีแอมมิเตอร์แต่ละย่าน โดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจรที่มีขนาดตามย่านวัดที่สร้างขึ้นโดยการปรับภาระของวงจรจนกระทั่ง ดีซีแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัดอ่านและบันทึกค่าของกระแสที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์มาตรฐานแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.7

4. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.7

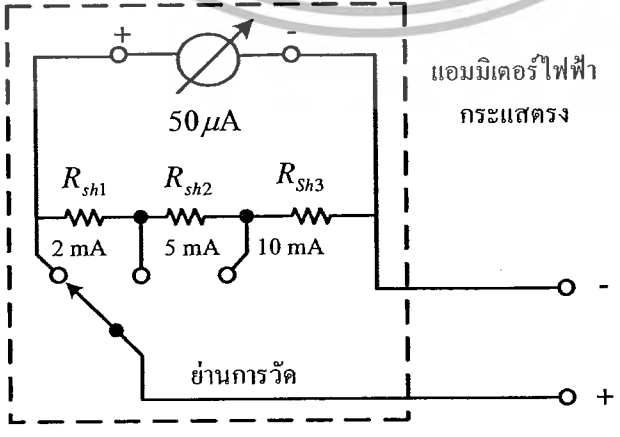
จากสมการ Percent Error $= \left[\left(\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right)\right] \times 100\%$

2. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการออกแบบดีซีแอมมิเตอร์

Amp Scale	Shunt Resister	Ampere Range	Standard Ammeter	Percent Error
0-2 mA	R_{sh1} = 50Ω	2 mA	2.09 mA	4.3 %
0-5 mA	R_{sh2} = 20Ω	5 mA	5.13 mA	2.53 %
0-10 mA	R_{sh3} = 10Ω	10 mA	10.15 mA	1.477 %

การทดลองที่ 2 ดีซีแอมมิเตอร์แบบไอร์ตัน ชันท์



รูปที่ 4.10 วงจรการต่อ Ayrton Shunt แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จากวงจรจงคำนวณหาค่า R_{Sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแส โดยใช้ค่า $R_1 ave$ ที่ผ่านมา แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.8

2. นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง โดยความต้านทาน R_{Sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ใช้ค่าตามที่คำนวณได้ในข้อ 1

3. ต่อความต้านทานตามค่าที่คำนวณได้เข้ากับวงจรและทำการทดสอบ ดีซีแอมมิเตอร์ แต่ละย่านวัดโดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจรที่มีขนาดตามย่านวัดที่สร้างขึ้นโดยการปรับภาระของวงจรจนกระทั่ง ดีซีแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัด อ่านและบันทึกค่าของกระแสที่อ่านได้จาก มัลติมิเตอร์แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.8

4. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.8

จากสมการ Percent Error $= \left[\left(\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right)\right] \times 100\%$

2. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการออกแบบดีซีแอมมิเตอร์แบบไอร์ตัน ชันท์

Amp Scale	Shunt Resister	Ampere Range	Standard Ammeter	Percent Error
0-2 mA	= 20Ω	2 mA	2.05 mA	2.43 %
0-5 mA	= 10Ω	5 mA	5.07 mA	1.38 %
0-10 mA	= 5Ω	10 mA	10.01 mA	0.9 %

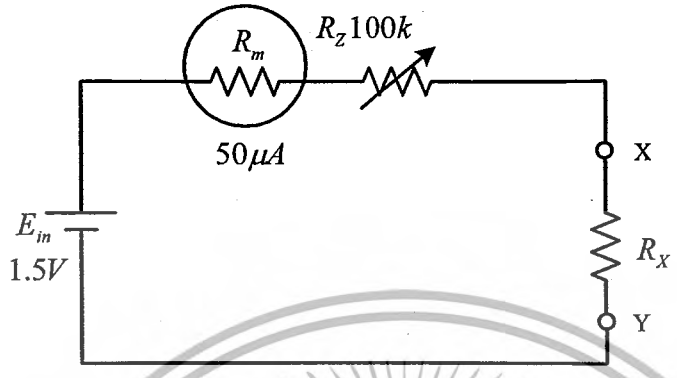
4.2.3 การทดลองและผลการทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์

การทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์จะมีการทดลอง 2 การทดลองคือ การทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์แบบอันดับและ การทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1 การทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ

1. ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.11 วงจรพื้นฐานภายในโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม

1.1 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

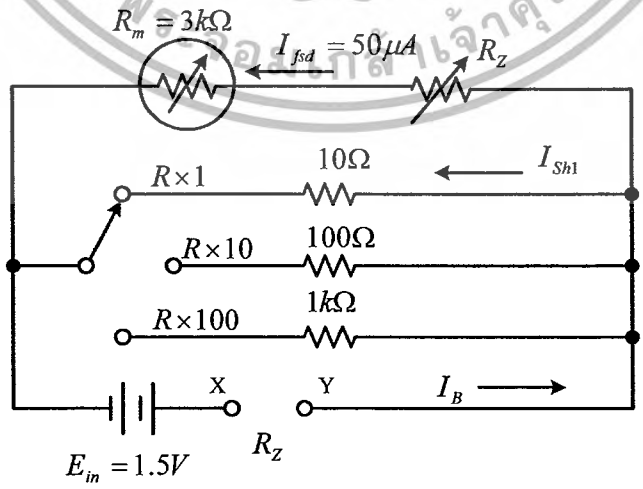
1.2 ปรับค่า R_z ให้ได้ค่าที่ทำการคำนวณ แล้วต่อวงจร ลัดวงจรสายวัดที่จุด X และจุดะ Y แล้วปรับแต่งค่า R_z ที่ทำให้เข็มชี้เต็มสเกลพอดี บันทึกค่า R_z จากการปรับแต่ง

2. ผลการทดลองการทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ

R_z ปรับแต่ง = 28.3 kΩ

การทดลองที่ 2 การทดลองการออกแบบโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

1. ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 4.12 วงจรภายในของเครื่องมือวัดประเภทอนุกรม - ขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. ทำการทดลองโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้ $R = 10\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 1$
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับลำดับขั้นที่ 2 แต่ใช้ $R = 100\,\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 10$
4. ทำการทดลองเช่นเดียวกับลำดับขั้นที่ 2 แต่ใช้ $R = 1k\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 100$

2. ผลการทดลอง

R_X ค่าที่อ่านย่าน $R \times 1$ = 10 Ω

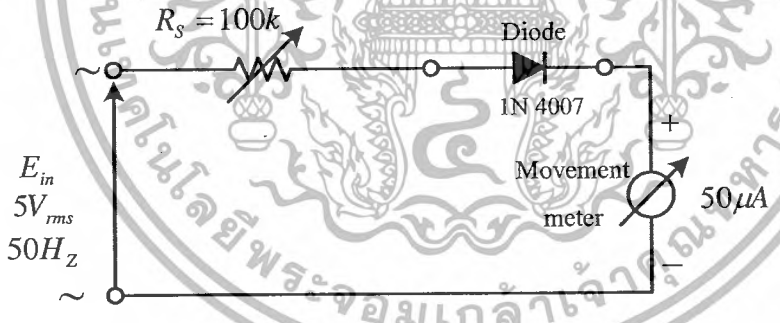
R_X ค่าที่อ่านย่าน $R \times 10$ = 10 Ω

R_X ค่าที่อ่านย่าน $R \times 100$ = 10 Ω

4. 3 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 3

4.3.1 การทดลองการวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

1. ลำดับขั้นการทดลอง

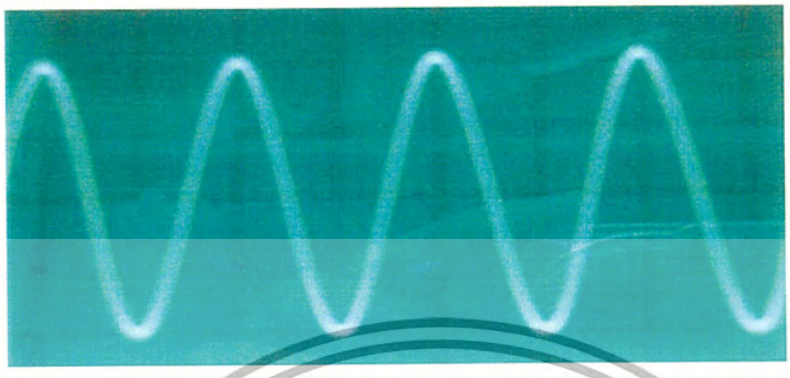


รูปที่ 4.13 วงจรการวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

1. นำแผงทดลองที่ 3 ต่อวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. จากวงจรปรับ R_s ให้มีค่าสูงสุด ปรับแหล่งจ่ายให้มีค่าต่ำสุดที่ $0\,V$
3. ปรับแหล่งจ่ายจนกระทั่งได้ $1V_{rms}$
4. ปรับ R_s ให้มีค่าลดลง จนกระทั่งเข็มชี้ของมิเตอร์มูฟเมนต์ชี้เต็มสเกล
5. ใช้ออสซิลโลสโคป วัดรูปคลื่น E_{in} และ E_m (แรงดันที่ movement meter) พร้อมวาดรูปคลื่น

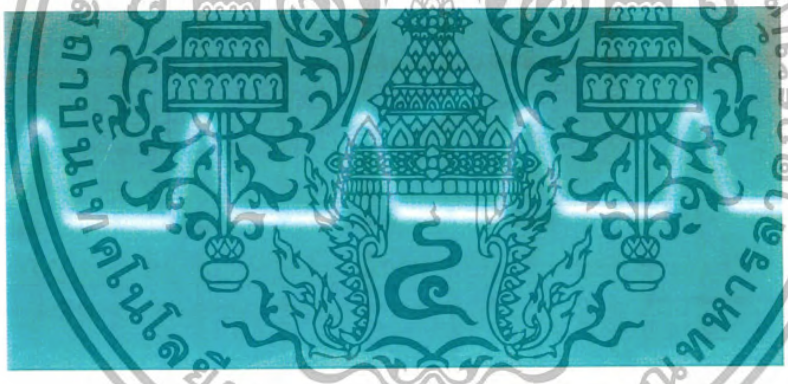
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลอง



Volt/Div 1 V Time / Div 50 ms

(ก) รูปคลื่น E_{in}



Volt/Div 0.5 V Time / Div 50 ms

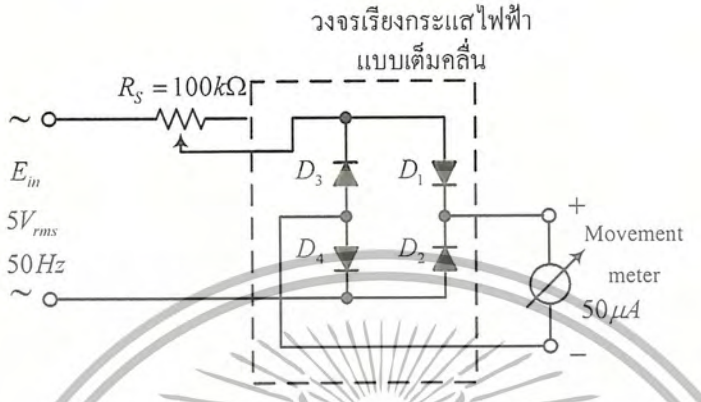
(ข) รูปคลื่น E_m

รูปที่ 4.14 รูปคลื่นแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดลองการวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น

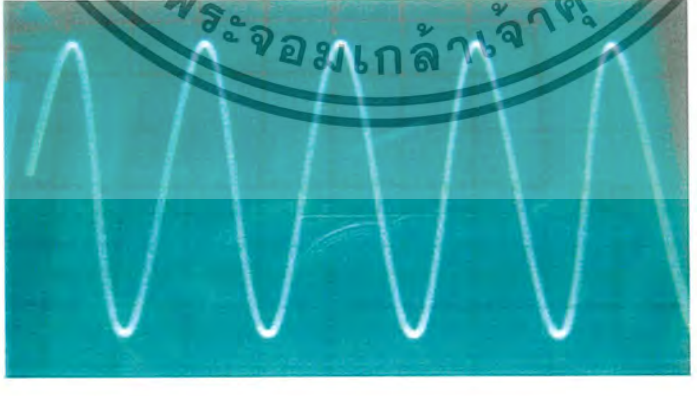
1. ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ **4.15** วงจรที่ใช้ทดลองแผงทดลองที่ 3

1. นำแผงทดลองที่ 3 ต่อวงจรตามรูปพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง
2. จากวงจรปรับค่า R_S ให้มีค่าสูงสุด ปรับแหล่งจ่ายให้มีค่าต่ำสุด
3. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนได้ $5\ V_{rms}$
4. ค่อยๆ ปรับ R_S ให้มีค่าลดลงจนเข็มมิเตอร์ชี้เต็มสเกล
5. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปคลื่น E_{in} และ E_m วาดรูปคลื่นและคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตรงเฉลี่ยที่ตกคร่อมมิเตอร์มูฟเมนต์

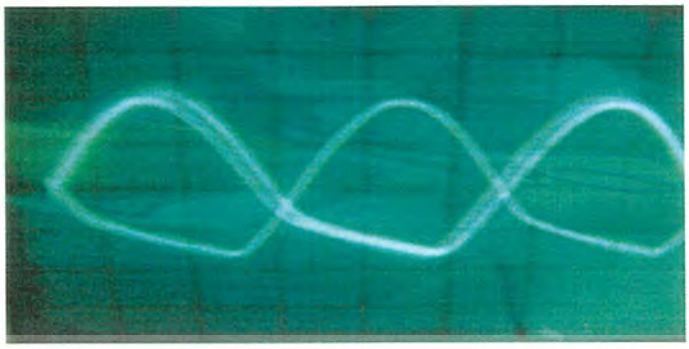
2. ผลการทดลอง



Volt/Div 2 V Time / Div 50 ms

(ก) รูปคลื่น E_{in}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div 0.5 V Time / Div 50 ms

(ข) รูปคลื่น E_m

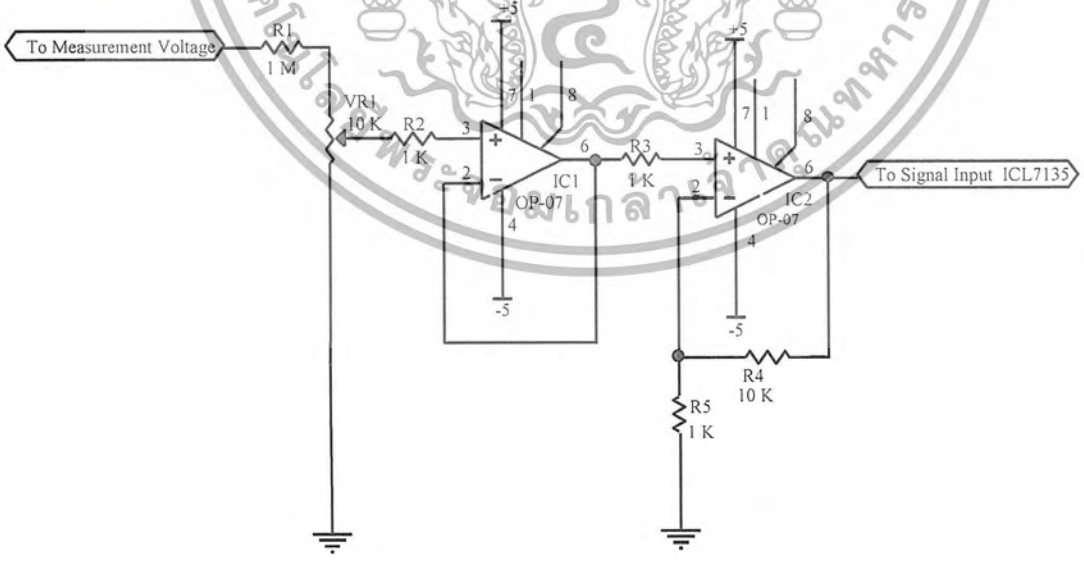
รูปที่ 4.16 รูปคลื่นการวัดแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น

4.4 การทดลองและผลการทดลองแผงทดลองที่ 4

4.4.1 ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 4.17 วงจรการทดลองวัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำวงจรทดลองต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

3. นำสายต่อวงจรการทดลองต่อเข้าที่จุดเลือกวัดแรงดัน

4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5V ,–5V และ GND ให้ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

5. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรงให้กับวงจรบนแผงทดลองที่ 4

6. ทำการทดสอบ ดีซีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ โดยนำโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ไปวัดแรงดันที่แหล่งจ่ายสามารถปรับค่าได้ แล้วปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย วัดและบันทึกค่าของแรงดันที่แหล่งจ่ายลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

7. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.9

$$\text{Percent Error} = \left[\left(\frac{E_2 - E_1}{E_2}\right)\right] \times 100\%$$

2. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.9 ตารางบันการทดลองดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

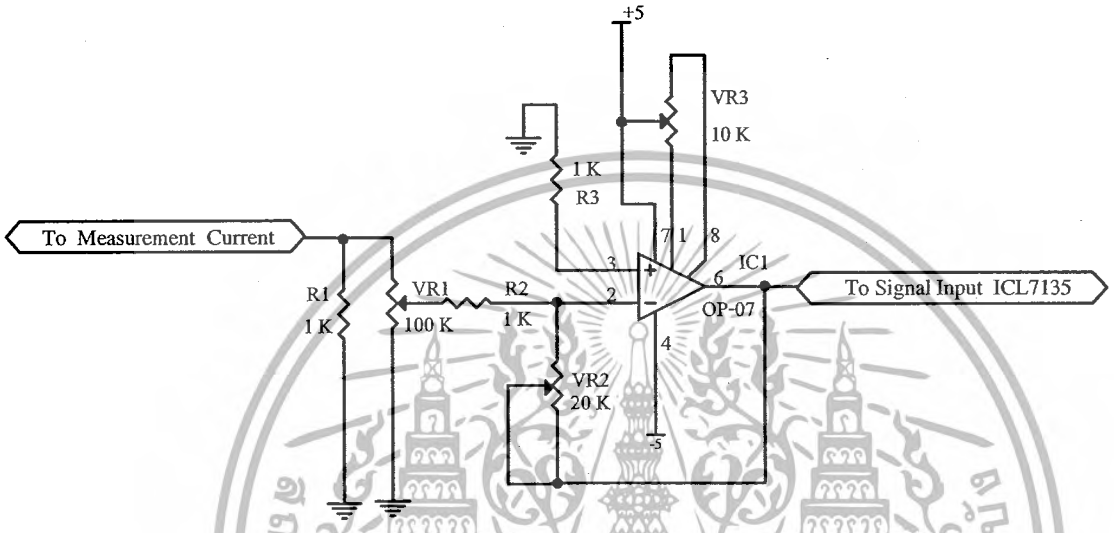
Voltage of Power Source(E_1)	Digital Voltmeter(E_2)	Percent Error
1V	1.2 V	16.6 %
2V	2.1 V	4.76 %
3V	3.15 V	4.76 %
4V	4.16 V	3.84 %
5V	5.14 V	2.72 %
6V	6.15 V	2.43 %
7V	7.14 V	1.96 %
8V	8.13 V	1.59 %
9V	9.16 V	1.74 %
10V	10.12 V	1.18 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ดิจิตอลแอมมิเตอร์

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 4.18 วงจรการทดลองวัดกระแส

2. นำวงจรทดลองที่ 4 ต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

3. นำสายต่อวงจรทดลอง ต่อที่จุดเลือกวัดกระแส

4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรงให้กับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของแอมมิเตอร์

5. ต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรทดลองบนแผงทดลองที่ 4

6. ทำการทดสอบดีซีแอมมิเตอร์ โดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจร โดยการปรับภาระของวงจร อ่านค่าที่วัดและบันทึกค่าของกระแสที่วัดได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

7. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.9

$$\text{Percent Error} = \left[\left(\frac{I_2 - I_1}{I_2}\right) / I_2\right] \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการทดลอง

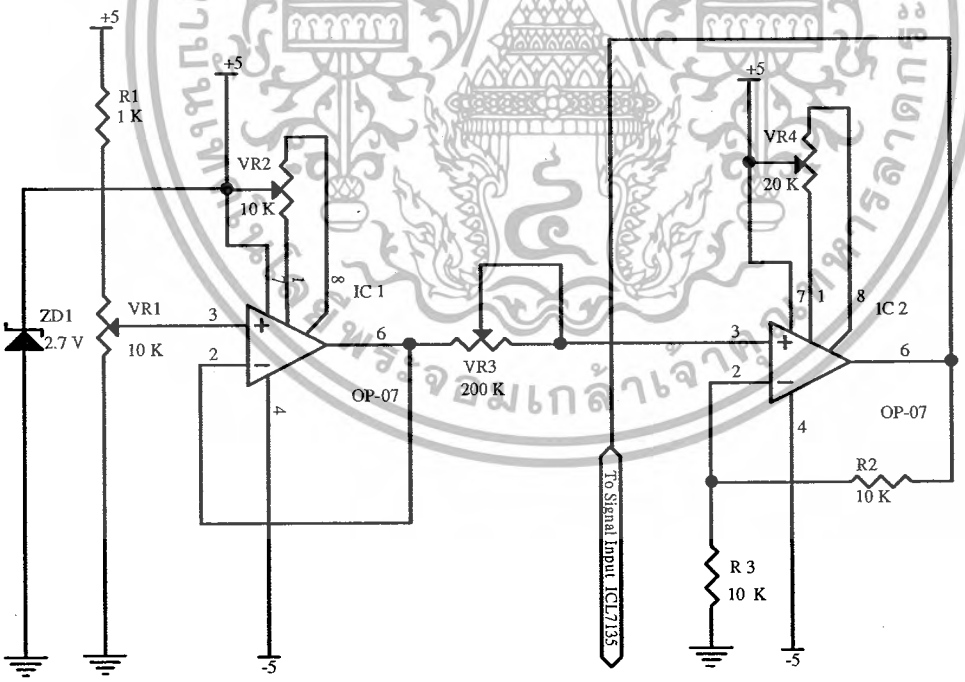
ตารางที่ 4.10 ตารางบันผลการทดลองแอมมิเตอร์

Standard Ammeter(I_1)	Digital Ammeter(I_2)	Percent Error
0.1A	0.11 A	9.09 %
0.5A	0.59 A	15.25 %
0.7A	0.78 A	10.25 %

4.4.3 ดิจิตอลโอห์มมิเตอร์

1. ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 4.19 วงจรการทดลองวัดความต้านทาน

2. นำวงจรทดลองต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

3. นำสายต่อวงจรจุดเลือกวัดความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ต่อแหล่งจ่ายไปให้กับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

5. ต่อ แหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรบนแผงทดลองที่ 4

6. ทำการทดสอบ ดิจิตอลโอห์มมิเตอร์ โดยนำโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดตัวต้านทาน อ่านค่าและบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

7. คำนวณหาค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4.10

$$\text{Percent Error} = \left[\left(\frac{R_2 - R_1}{R_2}\right) / R_2\right] \times 100\%$$

3. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.11 ตารางบันทึกผลการทดลองดิจิตอลโอห์มมิเตอร์

ความต้านทานตามแถบสี(R_1)	ดิจิตอล โวลต์มิเตอร์(R_2)	Percent Error
1 kΩ	1.1 kΩ	9.09 kΩ
5 kΩ	5.2 kΩ	3.84 kΩ
10 kΩ	9.8 kΩ	- 2.04 kΩ
20 kΩ	20.5 kΩ	2.43 kΩ
50 kΩ	50.6 kΩ	1.18 kΩ
100 kΩ	100 kΩ	0
200 kΩ	200 kΩ	0
300 kΩ	300 kΩ	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้านี้ประกอบด้วย ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอลไว้ด้วยกัน รวมทั้งมีแผงการทดลองที่ใช้ในแต่ละใบงานการทดลอง ซึ่งสะดวกในการต่อวงจรและทำความเข้าใจในการวัด พร้อมทั้งมีมิเตอร์ที่แสดงผลแบบดิจิตอลและแบบแอนะลอก ซึ่งจะมีความแม่นยำ ความเที่ยงตรงในการวัด และค่าความผิดพลาดต่างๆ ซึ่งทำให้นักศึกษาและผู้ที่สนใจได้เรียนรู้ ทำการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้รู้หลักการพื้นฐานของระบบการวัดไฟฟ้าเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ หรือเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา การออกแบบวงจรต่างๆ ล่าช้า เนื่องจากไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับพื้นฐานเรื่องดิจิตอลมิเตอร์

แนวทางแก้ไข รวบรวมข้อมูลที่ได้มาและทำการทดลองวงจรเปรียบเทียบกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั่วไป

2. ปัญหา อุปกรณ์บางตัวที่อยู่บนแผงการทดลองทั้งสาม มีขนาดใหญ่เกินไปทำให้ไม่สามารถบรรจุใส่กล่องได้

แนวทางแก้ไข อุปกรณ์ดังกล่าวคือ ตัวความต้านทานปรับค่าได้แบบวอลลุ่ม เปลี่ยนมาใช้ความต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้าแบบนอนแทน

3. ปัญหา การทำใบงานการทดลองไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

แนวทางแก้ไข ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเรื่องเครื่องมือวัดไฟฟ้าแล้วกลับมาแก้ไขใบงานการทดลอง

4. ปัญหา การออกแบบวงจรดิจิตอลมิเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ทำความเข้าใจและออกแบบวงจรค่อนข้างยากและล่าช้ามากในการออกแบบวงจรดิจิตอลมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไข ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 AT89S52 แทน ในการออกแบบวงจรดิจิตอลมิเตอร์

5. ปัญหา มูฟเมนต์มิเตอร์ ที่ซื้อมาหน้าปัดสเกล มีขนาดเล็กมาก ทำให้ไม่สะดวกและไม่เหมาะสมในการทดลอง

แนวทางแก้ไข ใช้ มัลติมิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่แล้วเลือกใช้ย่านการวัดที่ 50 μA แล้วทำสเกลใหม่

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. บนแผงทดลองการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นแบบยึดติดกับแผงทดลอง ดังนั้นเมื่อเกิดความเสียหายของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์หรือแก้ไขได้ จึงควรพัฒนาให้ทำเป็นซ๊อคเก็ตสำหรับใส่อุปกรณ์

2. ชุดวงจรแหล่งจ่ายแรงดันใช้หม้อแปลงปรับย่านได้ ทำให้มีปัญหาเรื่อง แรงดันไฟย่านต่างๆ ได้ค่าไม่ตรงมีสัญญาณรบกวน ทำให้ไม่สามารถปรับค่าแรงดันละเอียดได้ ดังจึงควรพัฒนาโดยเปลี่ยนมาใช้ Switching power supply ซึ่งมีความเสถียรในการจ่ายแรงดันมากกว่า

3. ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบดิจิตอลสามารถพัฒนาให้มีย่านการวัดที่กว้างมากขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชาญชัย แสนจันทร์และประพันธ์ พิพัฒนสุข. **เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.2545

ฉรงค์ อาจฤทธิ์. **เครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์และการใช้งาน**. เล่มที่ 2 . กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ดท์บุ๊คส์. 2530

วโรดม มุทาไร. **ใบงานวิชาปฏิบัติเครื่องวัดไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 2541

วีระพันธ์ ติยัพเสน และนภัทร วัจนเทพินทร์. **ทฤษฎีเครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊คส์. 2546

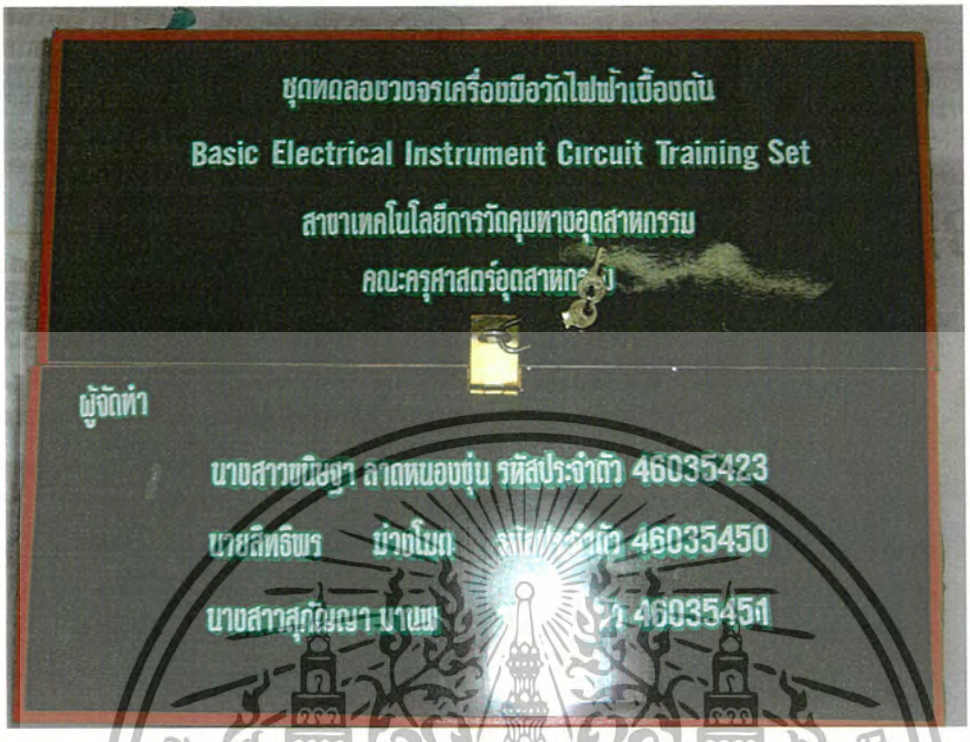
เอก ไชยสวัสดิ์. **การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : รามาการพิมพ์. 2539

เอก ไชยสวัสดิ์. **การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า**. พิมพ์ครั้งที่ 6 . กรุงเทพฯ : ม.ป.ท. 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

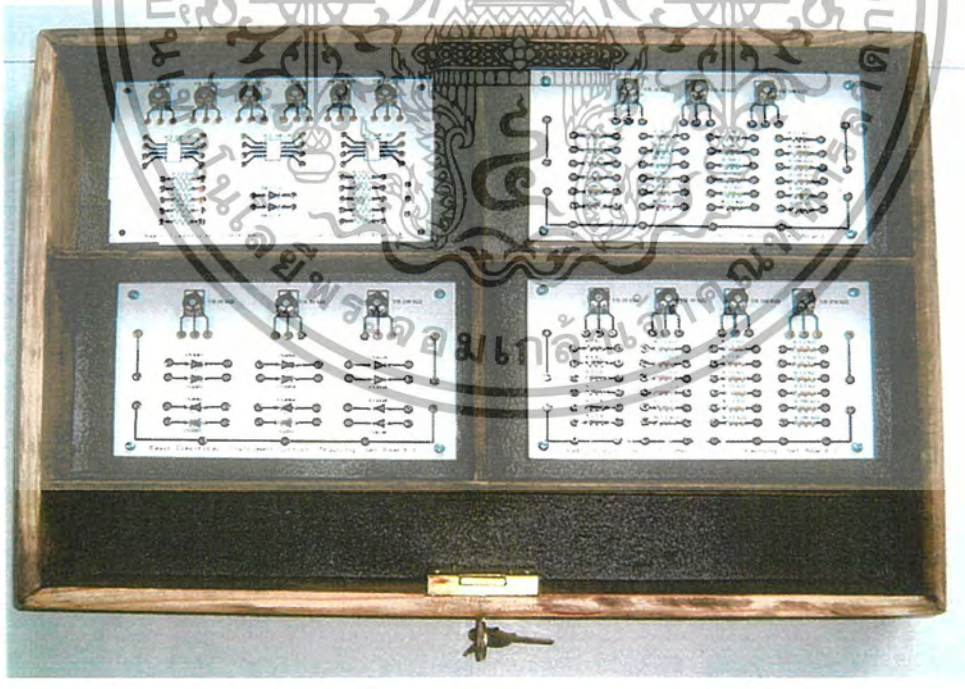


รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ภาพด้านในชั้นบนของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น



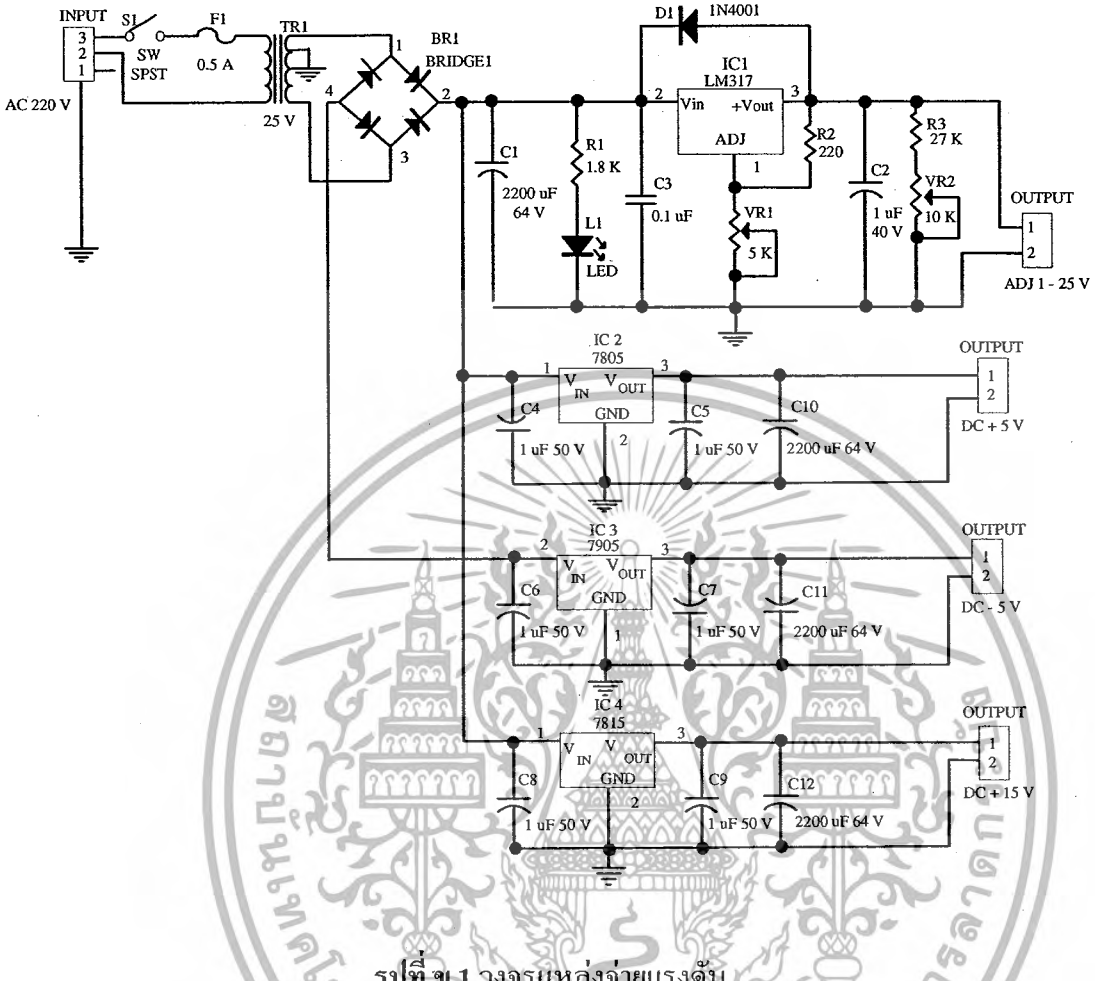
รูปที่ ก.4 ภาพลิ้นชักของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

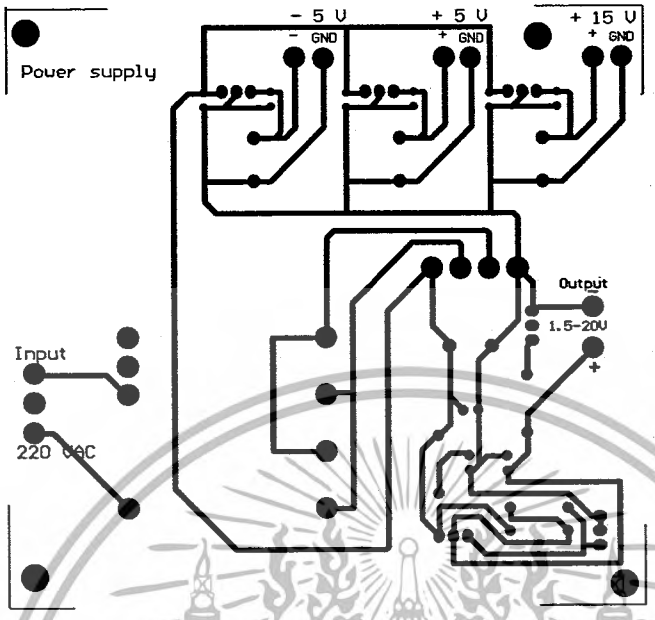
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

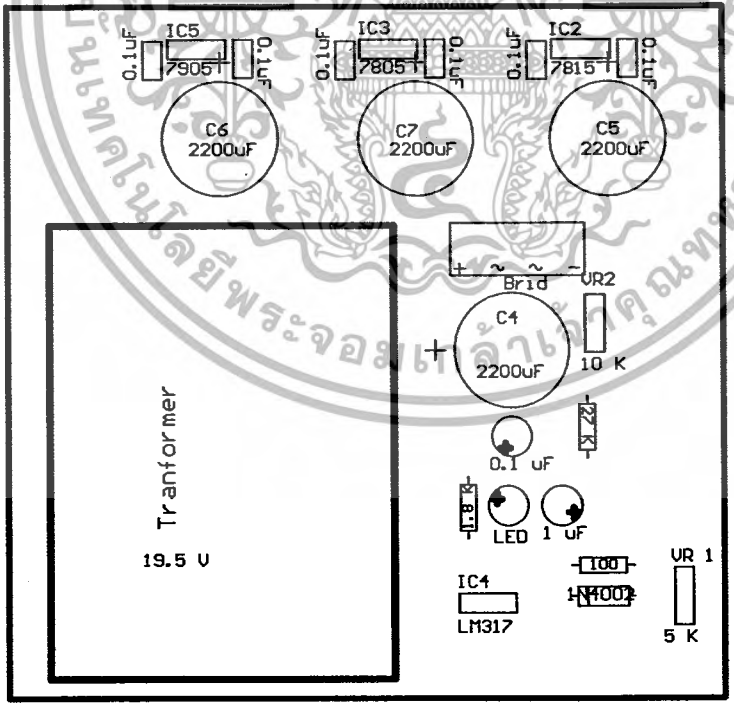


รูปที่ ข.1 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

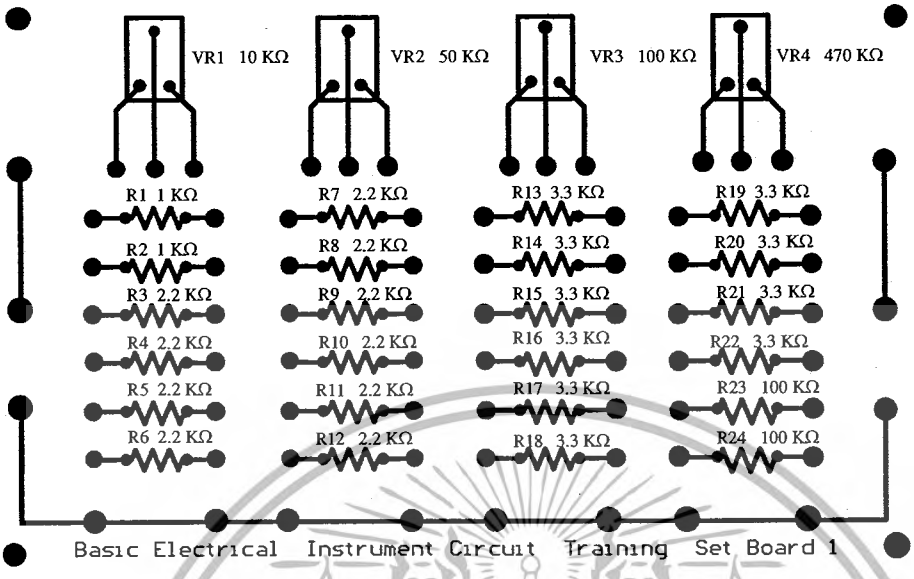


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

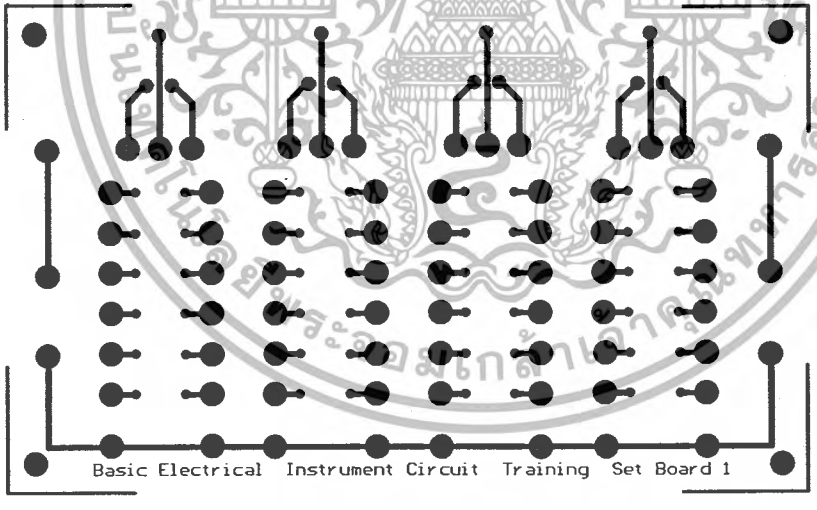


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

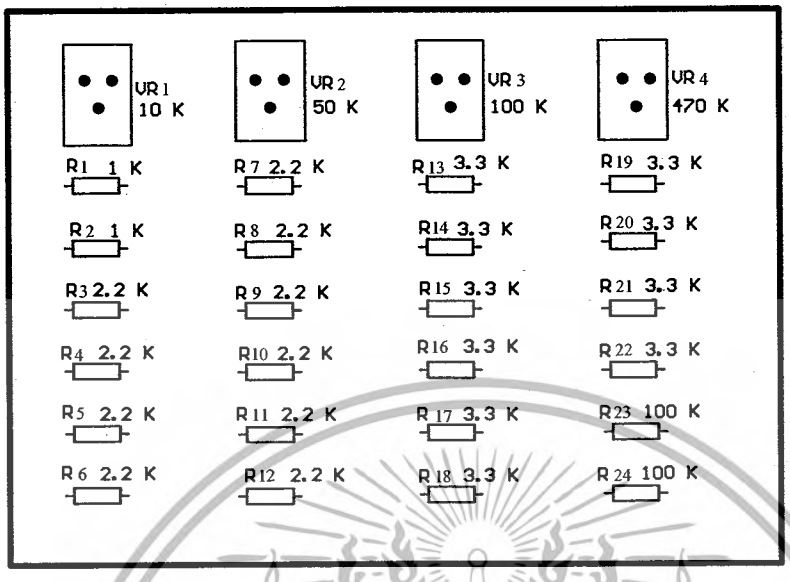


รูปที่ ข.4 วงจรแผงการทดลองที่ 1

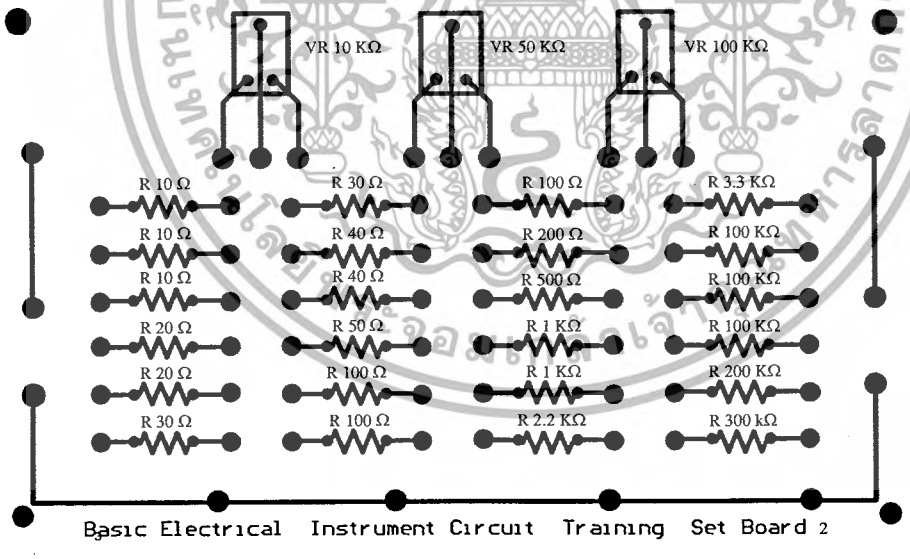


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแผงการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

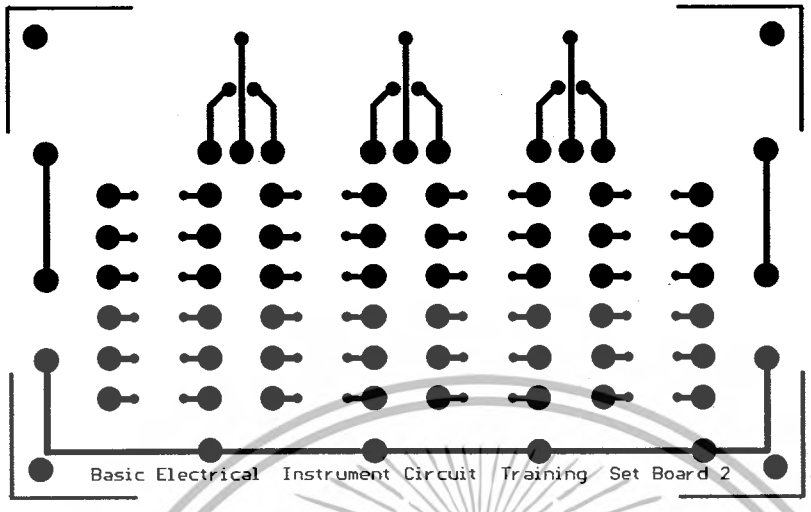


รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 1

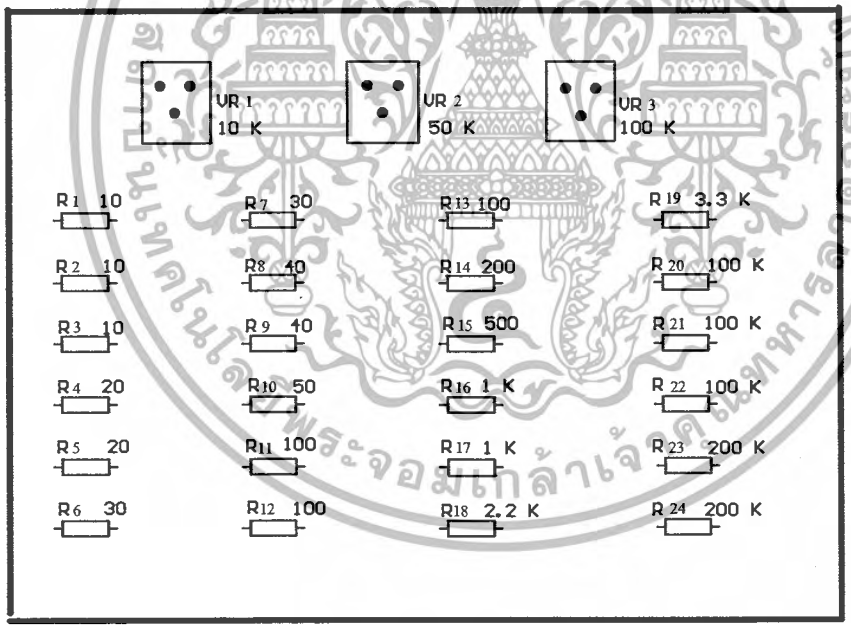


รูปที่ ข.7 วงจรแผงการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

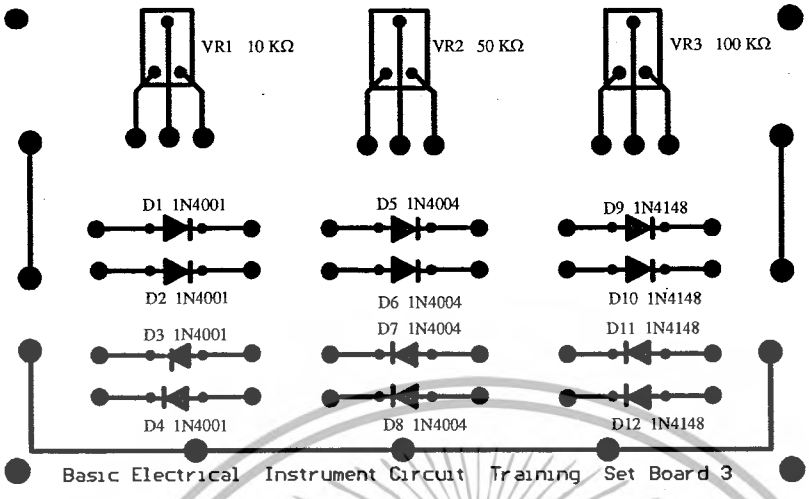


รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์แผงการทดลองที่ 2

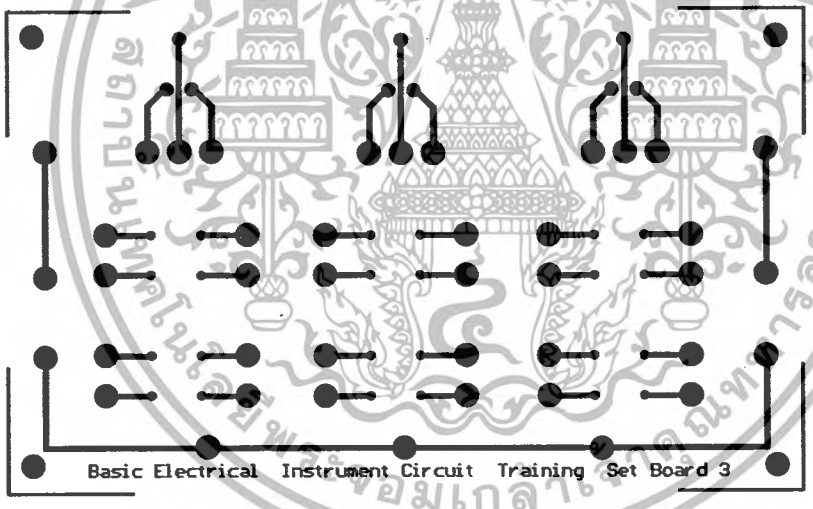


รูปที่ ข.9 ตำแหน่งการว่างอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

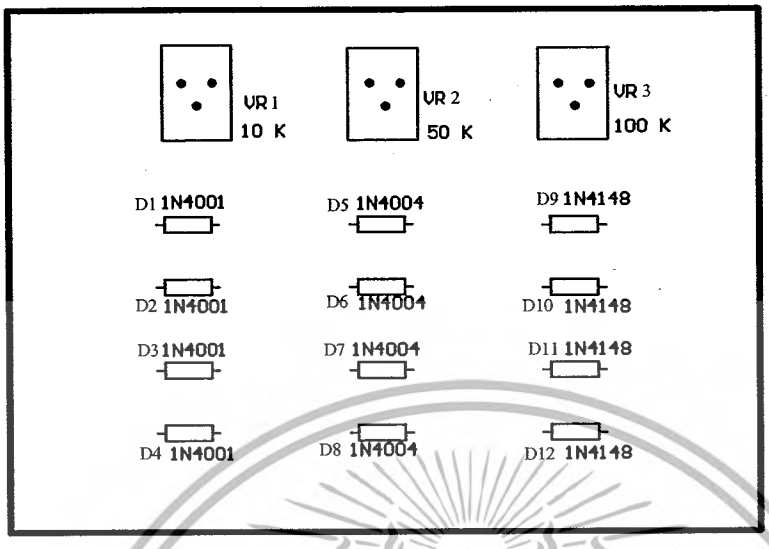


รูปที่ ข.10 วงจรแผงการทดลองที่ 3

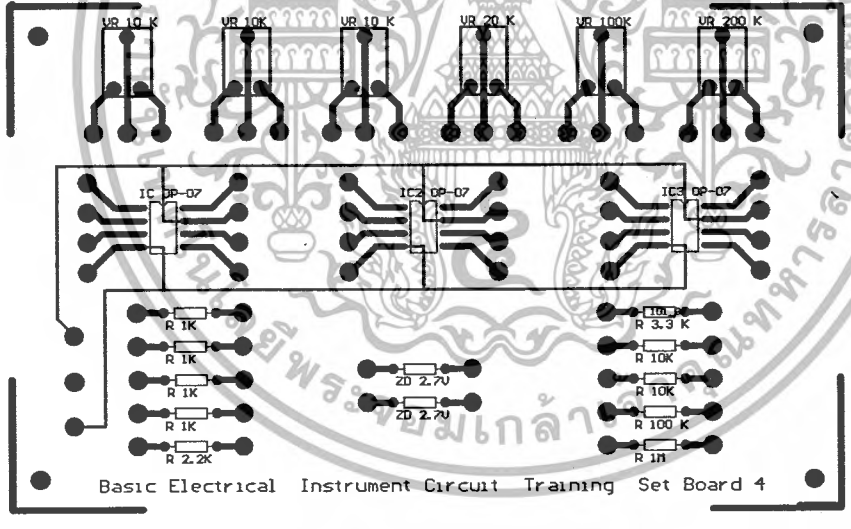


รูปที่ ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์แผงการทดลองที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

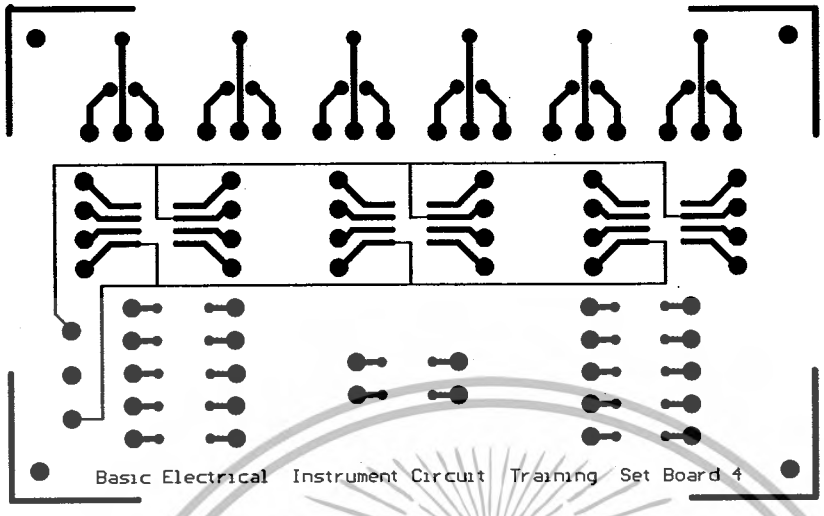


รูปที่ ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 3

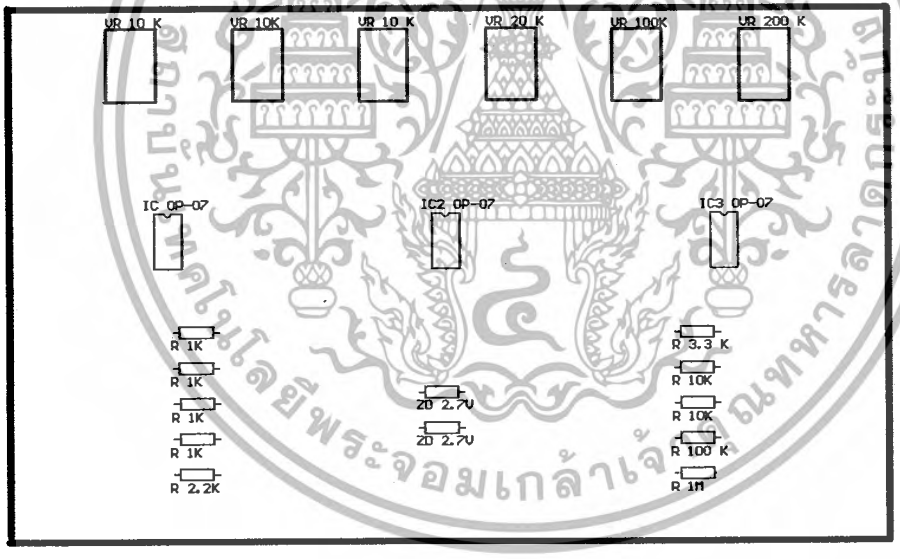


รูปที่ ข.13 วงจรแผงการทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

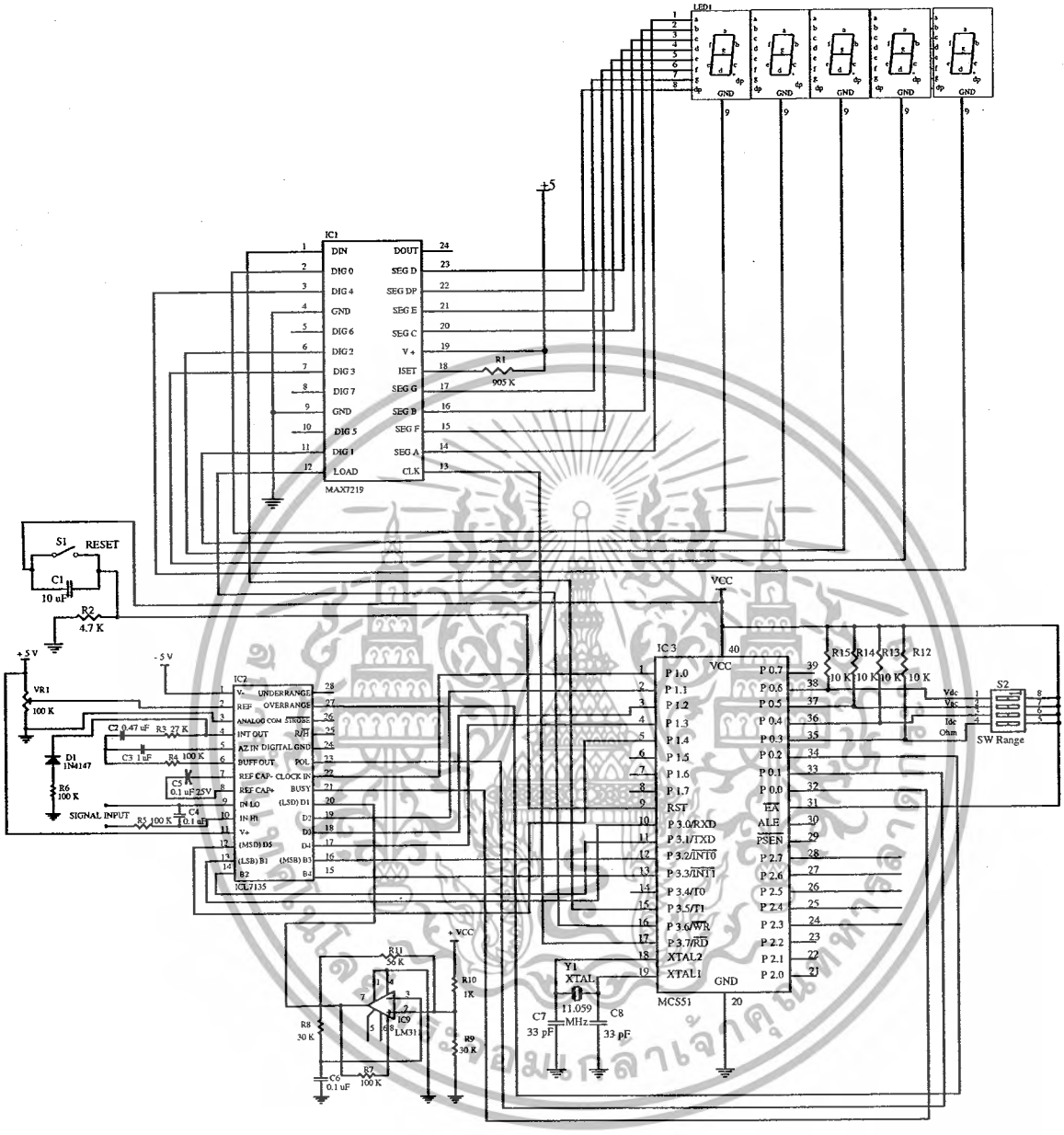


รูปที่ ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แผงการทดลองที่ 4



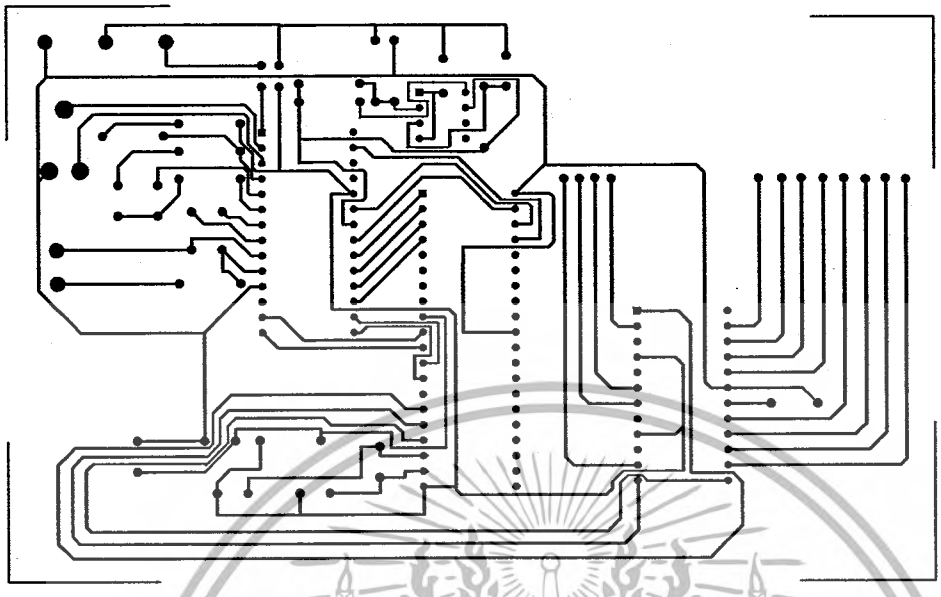
รูปที่ ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงการทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

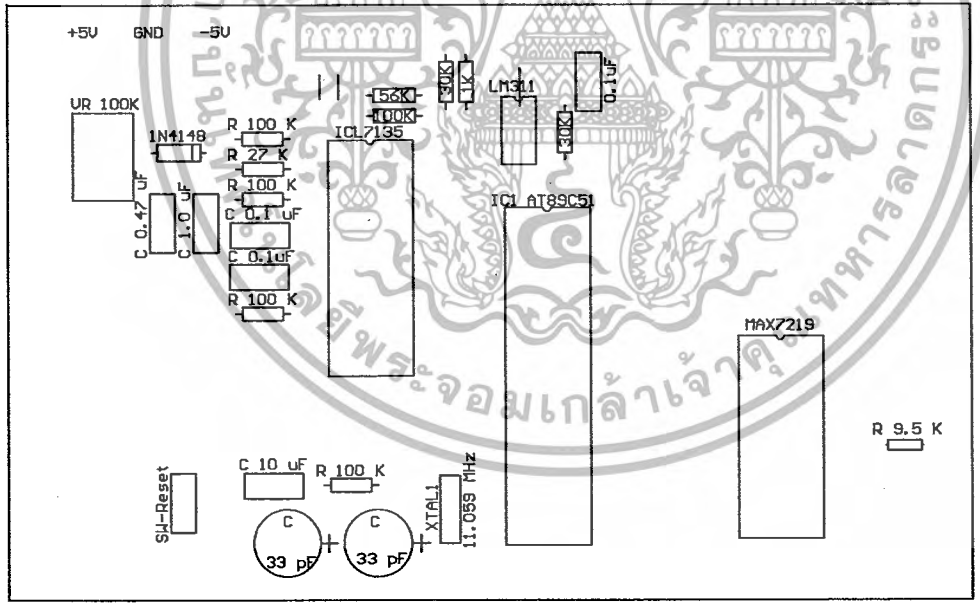


รูปที่ ข.16 วงจรดิจิตอลมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์ดิจิตอลมิเตอร์



รูปที่ ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรดิจิตอลมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LM137	1 ตัว
IC2	7815	1 ตัว
IC3	7805	1 ตัว
IC4	7905	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4001	1 ตัว
BR1	บริดจ์เร็กติไฟเออร์	4 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	2200 µF 64V	1 ตัว
C2	1 µF 40V	1 ตัว
C3	0.1 µF	7 ตัว
C4- C9	1 µF 50V	6 ตัว
C10 - C12	2200 µF 64V	3 ตัว
ตัวต้านทาน		
R1	1.8 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R2	220 Ω 1/4 W	1 ตัว
R3	27 kΩ 1/4 W	1 ตัว
VR1	5 kΩ Volume	1 ตัว
VR2	10 kΩ Trimpot 20 รอบ	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
F1	ฟิวส์ 0.5 A	1 ตัว
S1	สวิตซ์ on - off	1 ตัว
TR1	หม้อแปลง 220/25 V	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 1

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวต้านทาน		
R1, R2	1 kΩ 1/4 W	2 ตัว
R3- R12	2.2 kΩ 1/4 W	10 ตัว
R13 - R22	3.3 kΩ 1/4 W	10 ตัว
R23, R24	100 kΩ 1/4 W	2 ตัว
VR1	10 kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR2	50 kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR3	100 kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR4	470 kΩ เกือกม้า	1 ตัว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 2

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวต้านทาน		
R1, R2, R3	10 Ω 1/4 W	3 ตัว
R4, R5	20 Ω 1/4 W	2 ตัว
R6, R7	30 Ω 1/4 W	2 ตัว
R8, R9	40 Ω 1/4 W	2 ตัว
R10	50 Ω 1/4 W	1 ตัว
R11, R12, R13	100 Ω 1/4 W	3 ตัว
R14	200 Ω 1/4 W	1 ตัว
R15	500 Ω 1/4 W	1 ตัว
R16, R17	1 kΩ 1/4 W	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 2

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวต้านทาน		
R18	2.2 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R19	3.3 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R20, R21, R22	100 kΩ 1/4 W	3 ตัว
R23, R24	200 kΩ 1/4 W	2 ตัว
VR1	10 kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR2	50 kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR3	100 kΩ เกือกม้า	1 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 3

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1 - D4	1N4001	4 ตัว
D5 - D8	1N4004	4 ตัว
D9 - D12	1N4148	4 ตัว
ตัวต้านทาน		
VR1	10 kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR2	50 kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR3	100 kΩ เกือกม้า	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรแผงการทดลองที่ 4

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1- IC3	OP-07	3 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
ZD1 , ZD2	2.7V	2 ตัว
ตัวต้านทาน		
R1-R4	1 kΩ 1/4 W	4 ตัว
R5	2.2 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R6	3.3 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R7,R8	10 kΩ 1/4 W	2 ตัว
R9	100 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R10	1MΩ 1/4 W	1 ตัว
VR1- VR3	10kΩ เกือกม้า	3 ตัว
VR4	20kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR5	100kΩ เกือกม้า	1 ตัว
VR6	200kΩ เกือกม้า	1 ตัว

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรดิจิตอลมิเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	MAX7219	1 ตัว
IC2	L7135	1 ตัว
IC3	AT89S52	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4147	1 ตัว
LED1- LED4	7 Segment สีแดง แคโทดร่วม	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

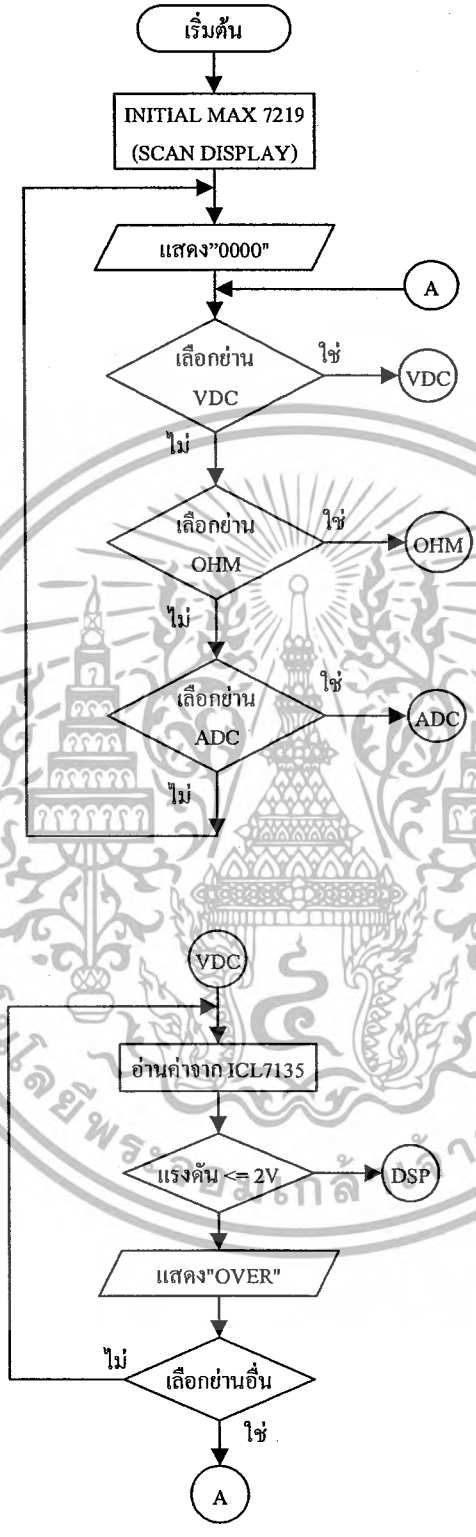
ตารางที่ ค.6 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรดิจิตอลมิเตอร์

ตัวเก็บประจุ		
C1	10 µF 25V	1 ตัว
C2	0.47 µF 50V	1 ตัว
C3	1 µF 50V	1 ตัว
C4	0.1 µC 50V	1 ตัว
C5	0.1 µC 25V	1 ตัว
C7 , C8	33 pF เซรามิค	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	905 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R2	4.7 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R3	27 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R4 – R7	100 kΩ 1/4 W	4 ตัว
R8 , R9	30 kΩ 1/4 W	2 ตัว
R10	1 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R11	56 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R12 – R15	10 kΩ 1/4 W	4 ตัว
VR1	100 kΩ Volume	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
S1	สวิตช์ on - off	1 ตัว
S2	สวิตช์แบบ กดติดปล่อยดับ	1 ตัว
Y1	คริสตอส 11.059 MHz	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

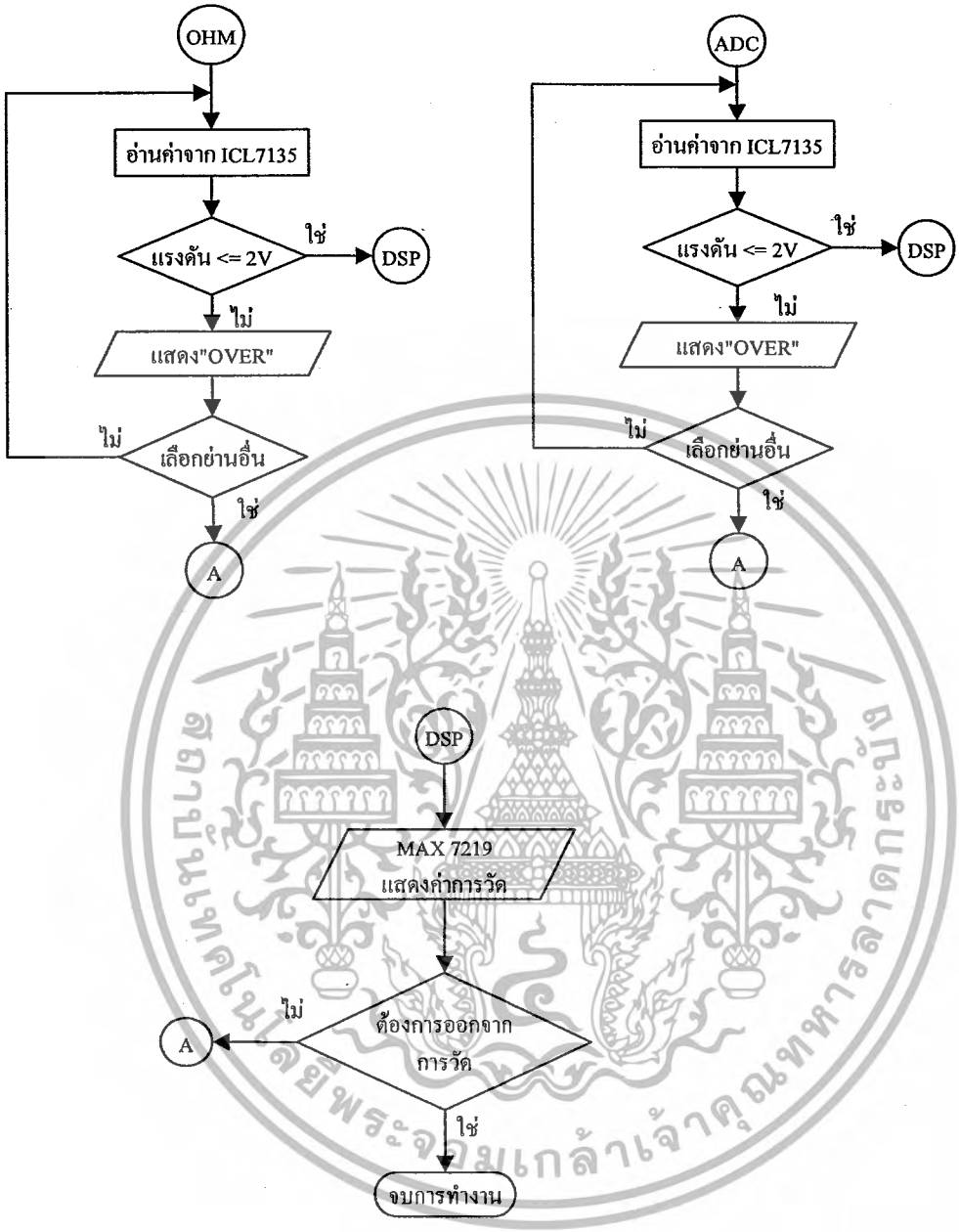
ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 แผนผังการทำงานหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 (ต่อ) แผนผังการทำงานหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมดิจิตอลมิเตอร์

```
;<<<<< DIGITAL MULTIMETER >>>>>>>>
      ;<<<<<< DEFINE PORT&PIN >>>>>>
      MXDAT        BIT   P3.5
      MXLDB        BIT   P3.6              ;CONTROL BIT MAX7219
      MXCLK        BIT   P3.7
;PORT P3.4 - P3.0 CONNECT PORT BCD OF IC#L7135
      BUSY         BIT   P0.0
      POL          BIT   P0.1
      OVER         BIT   P0.2

      SWSEL_RANG   BIT   P0.4              ;SELECT RANG

      SW1_VOL      BIT   P0.5              ;FOR SELECT INPUT
      SW2_OHM      BIT   P0.6
      SW3_AMP      BIT   P0.7

      D1           BIT   P1.0              ;D1-D5 PORT OF IC#L7135
      D2           BIT   P1.1              ;IS FUNCTION DIGIT INDEX
      D3           BIT   P1.2              ;
      D4           BIT   P1.3              ;
      D5           BIT   P1.4

      SHSCAL_NORM BIT    P2.0              ;INDICATE STATUS AND CONNECT
INPUT
      SHSCAL_20    BIT   P2.1              ;


      ;<<< MEMORY STORE SIGNAL VALUE >>>
      REGIS        EQU   026H
      CNT          EQU   027H
      BUFFER       EQU   028H
      DIG1         EQU   029H
      DIG2         EQU   02AH
      DIG3         EQU   02BH
      DIG4         EQU   02CH
      DIG5         EQU   02DH
      DIG6         EQU   02EH

      ;*****************************
      ;<<<<<<< MAIN PROGRAM >>>>>>>
      ;*****************************

                   ORG   0000H             ;CLR SHSCAL_20
                                           ;CLEAR STATUS
                   MOV   CNT,#00H
                   MOV   BUFFER,#00H
                   MOV   A,#0FFH
                   MOV   DIG1,A
                   MOV   DIG2,A
                   MOV   DIG3,A
                   MOV   DIG4,A
                   MOV   DIG5,A
                   MOV   DIG6,A
                   MOV   A,#00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ;       MOV             DIG1,#07EH
        ;       MOV             DIG2,#030H
        ;       MOV             DIG3,#06DH
        ;       MOV             DIG4,#079H
        ;       MOV             DIG5,#033H
MAIN:
                ACALL           READMAX                 ;DISPLAY MAX7219
                ACALL           DELAY_100MS

SEL_MEAS:
                ACALL CLEAR_DATA                        ;CLR  VOL_RANG
                                                        ;CLEAR STATUS
                                                        ;CLR  OHM_RANG
                                                        ;
                                                        ;CLR  AMP_RANG
                                                        ;
                JNB             SW1_VOL,VOL_MEAS
                JNB             SW2_OHM,OHM_MEAS
                JNB             SW3_AMP,AMP_MEAS
                JMP             SEL_MEAS

VOL_MEAS:
                JB              SW1_VOL,SEL_MEAS
                ACALL           MEAS_2
                JMP             VOL_MEAS                ;POLLING

OHM_MEAS:                                               ;JB SW2_OHM,SEL_MEAS
                                                        ;SETB OHM_RANG
                                                        ;ACALLCLEAR_DATA
                                                        ;CLEAR DIGIT&POINT
OHM_MEAS1:
                JB              SW2_OHM,SEL_MEAS
                ACALL           MEASOHM_L;MEAS_2
                JMP             OHM_MEAS1               ;POLLING

AMP_MEAS:
                JB              SW3_AMP,SEL_MEAS
                                                        ;CLR  VOL_RANG
                                                        ;CLR  OHM_RANG
                                                        ;SETB AMP_RANG
                ACALL           MEAS_2
                JMP             AMP_MEAS                ;POLLING
;<<<<< READ AT 2.00 ON FULL SCAL >>>>>
MEAS_2:
                JNB             SWSEL_RANG,MEAS_20
                CLR             SHSCAL_20
                SETB            SHSCAL_NORM
                ACALL           READ            ;LOOP NORMAL (FULL SCAL 2)
                ACALL           V_OVER
                SETB            DIG5.7
                ACALL           DETEC_W
                ACALL           READMAX
                  RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;<<<<< FULL SCAL 20.00 >>>>>
      MEAS_20:
                  JB          SWSEL_RANG,MEAS_2
                  CLR         SHSCAL_NORM
                  SETB        SHSCAL_20    ;LOOP READ FULL SCAL 20
                  ACALL       READ
                  ACALL       V_OVER
                  CLR         DIG5.7
                  SETB        DIG4.7
                  ACALL       DETEC_W
                  ACALL       READMAX
                  RET
      ;<<<<< MEASURE RESISTANCE >>>>>>
      MEASOHM_L:
                  JNB         SWSEL_RANG,MEASOHM_H
                  CLR         SHSCAL_20
                  SETB        SHSCAL_NORM
                  ACALL       READ         ;LOOP NORMAL (FULL SCAL 2)
                  ACALL       V_OVER
                  SETB        DIG4.7
                  ACALL       DETEC_W
                  ACALL READMAX
                  RET
      ;<<<<< FULL SCAL 200.00 >>>>>
      MEASOHM_H:
                  JB          SWSEL_RANG,MEASOHM_L
                  CLR         SHSCAL_NORM
                  SETB        SHSCAL_20    ;LOOP READ FULL SCAL 200.00
                  ACALL       READ
                  ACALL       V_OVER
                  CLR         DIG4.7
                  SETB        DIG3.7
                  ACALL       DETEC_OHM
                  ACALL       TRIGSIGNAL
                  ACALL       READMAX
                  RET

      CLEAR_DATA:
                  MOV         A,#07EH
                  MOV         DIG1,A
                  MOV         DIG2,A
                  MOV         DIG3,A
                  MOV         DIG4,A
                  MOV         DIG5,A
                  MOV         DIG6,A
                  ACALL       READMAX
                  MOV         A,#00
                  RET
      ;<<<<<<<<<<< LOOP TRIGER >>>>>>>>>>>
      TRIGSIGNAL:
                  ACALL       TRIGER
                  ACALL       CHK_SIGNAL
                  RET

      CHK_SIGNAL:
                  MOV         A,CNT
                  INC         A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE        A,#0AH,EXSIGNAL
                 CLR        CNT
                 ACALL      SH_TRIGER
                 CLR        A
EXSIGNAL:
                 MOV        CNT,A
                 RET
;<<<<<<<<<<< LOOP TRIGER >>>>>>>>>>>
TRIGER:
                MOV         A,CNT
                CJNE        A,#00H,EXTRIG
                MOV         A,DIG3
                MOV         REGIS,A
EXTRIG:         RET

SH_TRIGER:      MOV         A,REGIS
                CJNE        A,#DIG3,EXCHK
                ACALL       READMAX
                ACALL       DELAY_1S
                CLR         A
                CLR         BUFFER
                CLR         CNT
EXCHK:          RET

;<<<<<<<<<< OVER >>>>>>>>>>>>>>
V_OVER:
                JNB         OVER,EXOUT          ;ADD
        ;       MOV         30H,#0FFH
V_OVER1:                                        ;MOV  A,#00H
                MOV         DIG1,#00            ;CLR ALL DIGIT = FFH
                MOV         DIG2,#00
                MOV         DIG3,#07DH
                MOV         DIG4,#0FEH
                MOV         DIG5,#00            ;A;MOV DIG6,#00;A
V_OVER_L:
                ACALL       READMAX             ;DISPLAY MAX7219
                ACALL       DELAY_100MS
                ACALL       DELAY_100MS
                ACALL       DELAY_1S
V_OVER2:
                JB          OVER,V_OVER_L
EXOUT:          RET

;<<<<<<<<<<< DETEC DATA OUTPUT >>>>>>>>>>>>>
DETEC_W:
                MOV         A,DIG5
                CJNE        A,#07EH,EXIT
                MOV         DIG5,#00H
                MOV         A,DIG4
                CJNE        A,#07EH,EXIT
                MOV         DIG4,#00
                MOV         A,DIG3
                CJNE        A,#07EH,EXIT
                MOV         DIG3,#00
                MOV         A,DIG2
                CJNE        A,#07EH,EXIT
                MOV         DIG2,#00
                MOV         A,DIG1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE        A,#07EH,EXIT
                MOV         DIG1,#00
EXIT:           RET
DETEC_OHM:
                MOV         A,DIG5
                CJNE        A,#07EH,D_OUT
                MOV         DIG5,#00
                CLR         A
D_OUT:          RET

;<<<<<<<<<<< MAIN READ IC#L7135 >>>>>>>>>>>
READ:
                JB          BUSY,READ_LOOP    ;READ DATA IC#L7135
                RET
;<<<<<<<<<<< IC#L7135 READ LOOP >>>>>>>>>>>
READ_LOOP:      JB          D1,READ_LOOP1
                JB          D2,READ_LOOP2
                JB          D3,READ_LOOP3
                JB          D4,READ_LOOP4
                JB          D5,READ_LOOP5
                RET

READ_LOOP1:
                ACALL       RD_SEQUENCE
                MOV         DIG1,A
                RET
READ_LOOP2:
                ACALL       RD_SEQUENCE
                MOV         DIG2,A
                RET
READ_LOOP3:
                ACALL       RD_SEQUENCE
                MOV         DIG3,A
                RET
READ_LOOP4:
                ACALL       RD_SEQUENCE
                MOV         DIG4,A
                RET
READ_LOOP5:     ACALL       RD_SEQUENCE
                MOV         DIG5,A
                RET

RD_SEQUENCE:
                MOV         A,P3              ;READ DATA 7-SEGMENT
                ANL         A,#0FH
 ;P3 CONNECT TO BCD PIN OF IC#L7135(B8,B4,B2,B1)
                MOV         DPTR,#DATA_A
                MOVC        A,@A+DPTR
                RET

;<<<<<<<<<<< READ MAX7219 >>>>>>>>>>>>>
READMAX:
                ACALL       MXSET             DISPLAY MAX7219
                ACALL       MXLOAD
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;***********************************
      ;<<<<<<< MXSET SUB >>>>>>>>>
      ;FISRT PARAMETER SET (MAX7219)

      MXSET:
                  CLR         MXCLK
                  CLR         MXLDB
                  MOV         R0,#0FH          ;DISPLAY TEST NORMAL
                  MOV         R1,#00H
                  ACALL       MXBYTE
                  MOV         R0,#0CH          ;SHUTDOWN
                  MOV         R1,#01H
                  ACALL       MXBYTE
                  MOV         R0,#09H
      ;DECODE MODE-NO DECODE (00000000)
                  MOV         R1,#00H
                  ACALL       MXBYTE
                  MOV         R0,#0AH
      ;INTENSITY - MIN-MAX (00=0FH)
                  MOV         R1,#00A5H;8H
                  ACALL       MXBYTE
                  MOV         R0,#0BH
      ;SCAN LIMIT - 6 DIGIT (05H)
                  MOV         R1,#04H
                  ACALL       MXBYTE
                  RET
      ;<<<<<<<<<<< MXBYTE SUB >>>>>>>>>>>>>>
      ;SEND ADDRESS DATA TO MAX7219
      ;     R0 ADDRESS (B0-B3)
      ;     R1 DATA
      MXBYTE:
                  MOV         R2,#8
                  MOV         A,R0
      MXBYTE1:
                  RLC         A
                  MOV         MXDAT,C
                  SETB        MXCLK
                  CLR         MXCLK
                  DJNZ        R2,MXBYTE1
                  MOV         R2,#8
                  MOV         A,R1
      MXBYTE2:
                  RLC         A
                  MOV         MXDAT,C
                  SETB        MXCLK
                  CLR         MXCLK
                  DJNZ        R2,MXBYTE2
                  SETB        MXLDB
                  CLR         MXLDB
                  RET

      ;<<<<<<<<<<< MXLOAD SUB >>>>>>>>>>>
      ;LOAD DISBUF TO DISPLAY (MAX7219)
      MXLOAD:
                  MOV         R0,#1
                  MOV         R1,DIG1
                  ACALL       MXBYTE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV             R0,#2
                MOV             R1,DIG2
                ACALL           MXBYTE
                MOV             R0,#3
                MOV             R1,DIG3
                ACALL           MXBYTE
                MOV             R0,#4
                MOV             R1,DIG4
                ACALL           MXBYTE
                MOV             R0,#5
                MOV             R1,DIG5
                ACALL           MXBYTE
                MOV             R0,#6
                MOV             R1,DIG6
                ACALL           MXBYTE
                RET

;<<<<<<<<<<< DELAY TIME >>>>>>>>>>
DELAY:
                MOV             R1,#20H
DELAY1:
                MOV             R2,#0FFH
                DJNZ            R2,$
                DJNZ            R1,DELAY1
                RET

DELAY123:
                MOV             R3,#025H
DELAY3:
                ACALL           DELAY
                DJNZ            R3,DELAY3
                RET

;*************************************
;DUMMY DELAY TIME I2C_DELAY,
;*************************************
 DELAY_10MS:
                MOV             R7,#010
DELAY_10MS_1:
                MOV             R6,#0E6H
DELAY_10MS_2:
                NOP
                NOP
                DJNZ            R6,DELAY_10MS_2
                DJNZ            R7,DELAY_10MS_1
                RET

DELAY_100MS:
                MOV             R7#100
DELAY_100MS_1:
                MOV             R6,#0E6H
DELAY_100MS_2:
                NOP
                NOP
                DJNZ            6,DELAY_100MS_2
                DJNZ            7,DELAY_100MS_1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_1S:
            MOV         5,#100
 DELAY_1S_1:
            ACALL       ELAY_10MS
            DJNZ        5,DELAY_1S_1
            RET

;*************************************
;DEFINE DATA CONSTANT FOR 7-SEGMENT
;*************************************
DATA_A:
      DB EH,030H,06DH,079H,033H,05BH
      DB FH,070H,07FH,07BH

      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายค่าความคลาดเคลื่อนได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
3. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
4. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
5. คำนวณค่าความต้านทานเฉลี่ย ย่านของความคลาดเคลื่อน และเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนในการทดลอง
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟ แบบปรับค่าได้ $0-20\,V$	1	เครื่อง
2. โวลต์มิเตอร์ (ค่าความต้านทานภายในสูง)	1	ตัว
3. โอห์มมิเตอร์มาตรฐาน	1	ตัว
4. ความต้านทาน แบบปรับค่าได้ $10k\Omega$	1	ตัว
5. ความต้านทานแบบค่าคงที่ $2.2k\Omega$ 5% หรือ 10%	10	ตัว
6. ความต้านทานแบบค่าคงที่ $1k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) หมายถึง ค่าที่ได้จากการวัดตัวแปร ซึ่งเบี่ยงเบนไปจากค่าที่คาดหวัง (Expected Value) เมื่อเราทำการวัดทุกครั้งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอและไม่มีการวัดครั้งใดที่ได้ค่าที่ถูกต้อง แหล่งที่มาของค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดนั้นมีหลายอย่างและค่าความคลาดเคลื่อนจะมีผลกระทบต่อค่าความตรง (Validity)

การทดลองที่ 1 ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับ ค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ (Component Tolerance Error) คือตัวต้านทาน ซึ่งไม่ได้รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากเครื่องวัด เช่น การเสื่อมสภาพของเครื่องวัด การอ่านค่าจากสเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดพลาดเข้าไปด้วย การทดลองส่วนที่ 2 จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการอ่านซึ่งอาจจะเป็น ความผิดพลาดเนื่องจากผู้วัด (Gross Error) หรือความผิดพลาดในการอ่าน (Observation Error) ผู้สอนจะมอบตัวต้านทานหนึ่งตัว ที่ไม่ทราบค่าให้กับนักศึกษา (R_X) นักศึกษาแต่ละคน จะหมุนเวียนกันเพื่อวัดและบันทึกค่าที่ตนเองวัดได้โดยใช้โอห์มมิเตอร์ตัวเดียวกันและนักศึกษาทุกคนจะต้องไม่แอบดู ค่าความต้านทานที่เพื่อนนักศึกษาคนอื่นวัดได้

สมการต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

1. $R_{av} = \left(\frac{R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n}{n} \right)$

2. Range of Error $= \frac{[(R_{max} - R_{av}) + (R_{av} - R_{min})]}{2}$

3. Percent of Error $= \left(\frac{R_{av} - R_X}{R_x} \right) \times 100\%$

โดย R_X = ค่าความต้านทานที่อ่านจากโค๊ดสี หรือวัดด้วยสโตนบริดจ์

R_{av} = ค่าความต้านทานเฉลี่ย

4. $R_b = \left[R_a \times \left(\frac{E_{in} - E_0}{E_0} \right) \right]$

การจำแนกชนิดของความผิดพลาด

ความผิดพลาดจะปรากฏเสมอในการวัดทุกครั้ง ดังนั้นในการกำหนดรายละเอียดของการวัดในแต่ละครั้ง จะต้องรวมถึงความพยายามในการหาขนาดและแหล่งกำเนิดความผิดพลาดของการวัด ด้วยเหตุนี้ การทำความเข้าใจและการจำแนกชนิดของความผิดพลาดลง จึงเป็นขั้นตอนแรกในความพยายามที่จะลดความผิดพลาด ถ้ามีการออกแบบและทำการทดลองอย่างดี จะสามารถลดความผิดพลาดสู่ระดับที่มีผลกระทบน้อยกว่าค่าสูงสุดที่กำหนด ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของความผิดพลาดได้ดังนี้

1. ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด (Gross Errors)

2. ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ (Systematic Errors) หรือไบอัส (Bias) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้คือ ความผิดพลาดเนื่องจากเครื่องมือวัด (Instrumental Errors) และความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Errors)

3. ความผิดพลาดตกค้าง (Residual Errors) หรือความผิดพลาดแบบแรนดอม (Random)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด

คำว่า Gross หมายถึงความไม่ประณีต ความไม่มีสามัญสำนึก ฯลฯ ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัดมีหลายลักษณะดังนี้

1.1 เกิดจากการขาดความระมัดระวัง หรือไม่มีวินัยในการวัด ทำให้อ่านค่าไม่ถูกต้องเหมาะสม โดยเฉพาะเครื่องมือวัดแบบชี้ค่า ที่มีหลายพิสัยวัด (Range) บันทึกค่าผลที่ได้ แตกต่างไปจากค่าที่อ่านค่าได้ ปรับเครื่องมือวัดไม่ถูกต้องหรือเกิดจากการคำนวณผิดพลาด

1.2 เกิดจากขาดความรู้ความเข้าใจในเครื่องมือวัด ทำให้เลือกใช้เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสมกับงาน หรือใช้งานเครื่องวัดเกินขีดจำกัดของเครื่องมือวัด

1.3 ขาดความรู้ความเข้าใจในการวัด โดยปกติจะมีสองแนวทางในการวัดปริมาณ นั่นคือ ทำการวัดปริมาณในลักษณะที่ปริมาณที่ต้องการวัดนั้นไม่เปลี่ยนแปลงโดยวิธีที่ใช้และยอมรับความคิดที่ว่า ปริมาณเปลี่ยนแปลงไปโดยกระบวนการวัด แล้วทำการวัดปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป จากนั้นจึงทำการแก้ผลต่อเนื่องจากการรบกวน

1.4 ความผิดพลาดในการอ่านค่า (Observation Errors) ในการอ่านเครื่องวัดแบบเข็มชี้จะเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปรากฏ (Apparent Displacement) ของเข็มชี้ เนื่องจากตำแหน่งตาของผู้อ่านค่าแตกต่างไป ความผิดพลาดนี้เรียกว่า ความผิดพลาด Parallax วิธีปกติในการจำกัดความผิดพลาดนี้ทำได้โดยการใช้กระจกติดอยู่ในระดับเดียวกับสเกลใต้เข็มชี้ การอ่านค่า ผู้อ่านจะต้องพยายามให้เข็มชี้ทับกับภาพของเข็มบนกระจก จากนั้นจึงอ่านค่าที่เข็มชี้จากสเกลของเครื่องวัด

2. ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ

ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ คือความผิดพลาดซึ่งยังคงเหมือนเดิม ในการวัดค่าของปริมาณเดียวกันซ้ำๆ กัน

2.1 ความผิดพลาดในเครื่องมือวัด ในส่วนนี้จะกล่าวถึง ต้นเหตุของความผิดพลาดในเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้กลไกเบี่ยงเบนเข็มชี้เป็นตัวแสดงผลหรือชี้ค่าสมดุล แม้ว่าต้นเหตุของความผิดพลาดบางอย่างที่จะพูดถึงจะไม่มีในกรณีที่ใช้กลไกแสดงผลเป็นตัวเลข แต่ส่วนใหญ่ยังคงปรากฏอยู่ เมื่อผู้ศึกษาได้เรียนรู้ถึงต้นเหตุของความผิดพลาดของ เครื่องมือวัดจะสามารถเข้าใจได้ว่าความผิดพลาดของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดจะมีผลมาจากสาเหตุหลายประการนอกจากนั้นสาเหตุของความผิดพลาดก็จะแปรไปตามการอ่านค่าแต่ละแบบ บางแบบอาจจะมีลักษณะที่ค่อนข้างคงที่และบางแบบก็อาจจะเปลี่ยนแปลงไปช้าๆ ตลอดช่วงเวลาที่ยาว

ระยะแบ่งของขีดแบ่งสเกลของเครื่องมือวัดในบางกรณีอาจจะไม่ถูกต้อง เนื่องจากสเกลของเครื่องมือวัดบางแบบอาจพิมพ์ โดยใช้เครื่องอัตโนมัติที่ถูกป้อนข้อมูลกับสเกลที่ตรงกัน หรือวัดเปรียบเทียบกับสเกลมาตรฐาน(Master Scale) หลังจากผลิตเครื่องวัดจะถูกตรวจสอบโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องปฏิบัติการควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ว่ามีค่า Tolerance อยู่ในค่าที่กำหนดหรือไม่ เครื่องวัดที่มีความผิดพลาดของสเกล (Scale Error) มากเกินกว่าที่กำหนด (โดย Tolerance) จะถูกส่งกลับไปทำใหม่ บางครั้งความผิดพลาดที่ปรากฏอาจเนื่องจากการงอของเข็มชี้หรือมีเศษเหล็กอยู่ในช่องของแม่เหล็ก ในกรณี Scale Error สามารถถูกวัดโดยเปรียบเทียบค่าที่อ่านกับเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องกว่า ทำให้ได้ค่าความผิดพลาดและต้องใส่ค่าที่ถูกต้องเข้าไปทุกครั้งที่ใช้เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดบางแบบถูกออกแบบให้ใช้เมื่อสเกลของตัวเครื่องมือวัดอยู่ในแนวนอนบางแบบอยู่ในแนวตั้ง ผลเนื่องจากสมดุลของส่วนเคลื่อนที่จะทำให้การอ่านค่าผิดไปเมื่อท่าวางของเครื่องมือวัดเปลี่ยนไป เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดนี้ เครื่องมือวัดจะถูกใช้ในตำแหน่งที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์มาตรฐานบนหน้าปัดของเครื่องมือวัด

แรงบิดที่เบี่ยงเบนเข็มชี้หรือส่วนที่เคลื่อนที่ ในเครื่องมือวัดส่วนมาก จะต้องต้านแรงบิดต้านจากสปริงแบบก้นหอยและสปริงก็เป็นตัวนำทำหน้าที่นำกระแสเข้าหรือออกจากส่วนที่เคลื่อนที่ด้วย แม้ว่าแรงกระทำบนสปริงปกติจะต่ำกว่าขีดจำกัดความยืดหยุ่นของสปริงนั้น แต่บางครั้งในทางปฏิบัติ อาจเกิดการล้าขึ้นในสปริงเมื่อได้รับแรงกระทำ ปัญหานี้จะปรากฏเมื่อเข็มชี้กลับสู่ตำแหน่งศูนย์ เข็มชี้จะกลับสู่จุดที่สูงกว่าจุดศูนย์เล็กน้อยและจะกลับสู่จุดศูนย์เมื่อเวลาผ่านไป

2.2 ความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่การวัดดำเนินการอยู่จะมีอิทธิพลต่อค่าหรือผลการวัดที่ได้ ตัวอย่างเช่น ในวันที่อากาศร้อนและชื้นมาก ผู้ทำการวัดอาจจะขาดความระมัดระวังหรือปริมาณที่ต้องการวัดเปลี่ยนแปลงลักษณะจำเพาะตามเวลา เช่น ในสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ค่าที่วัดอาจถูกกระทบกระเทือนโดยการสั่นของอาคาร สิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบกระเทือนต่อการวัดและค่าที่วัด รวมถึงอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น การสั่นสะเทือนหรือการกระเพื่อมเพื่อการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าบ้าน ตัวแปรเหล่านี้จะเรียกว่า ตัวแปรอิทธิพล (Influence Variable) เนื่องจากมีอิทธิพลต่อค่าที่วัดได้โดยตรง ถ้าอุปกรณ์มีความไวต่อแสง ผลที่ได้อาจเปลี่ยนไปในเวลากลางวันถึงกลางคืน

ขณะที่ความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อมถือเป็นความผิดพลาดที่เป็นระบบ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีค่าคงที่ การหาผลของมันต่อการวัดเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก ดังนั้นเราจะใช้วิธีการควบคุมสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ให้คงที่ เช่น ใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ใช้ตัวปรับเสถียรแรงดันไฟบ้านออกแบบเครื่องมือวัดโดยตัวชดเชยอุณหภูมิ เป็นต้น

3. ความผิดพลาดตกค้างหรือแบบแรนดอม

ความผิดพลาดแบบแรนดอม คือ ความผิดพลาดที่มีค่าแตกต่างกันเมื่อทำการวัดปริมาณเดียวกันซ้ำๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ เป็นค่าผิดพลาดที่ยังคงที่ตลอดกระบวนการวัดที่ซ้ำๆ กัน ระหว่างข้อมูลการวัดที่ทำซ้ำๆ กัน ค่าความผิดพลาดที่คงที่ในผลของการวัดค่าที่ซ้ำๆ กัน จะไม่สามารถเห็นได้จากการดูข้อมูล เราจะยังไม่ทราบขนาดและเครื่องหมายของค่าผิดพลาดจนกว่าจะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากกระบวนการวัดอื่นหรือวิธีอื่น ผู้ทำการวัดจะต้องสามารถกำหนดขอบเขต ของความผิดพลาดแบบเป็นระบบ เพื่อให้คนอื่นที่จำเป็นต้องใช้ผลของข้อมูลเหล่านี้ได้เข้าใจถึงความไม่แน่นอนของข้อมูล

ผลกระทบเนื่องจากความผิดพลาดแบบแรนดอมในการวัดไฟฟ้าจะมีค่าน้อยมากสำหรับการทดลองที่ออกแบบอย่างดีและโดยปกติจะไม่นำมาคิดในงานที่มีความถูกต้องน้อย อย่างไรก็ตามสำหรับงานที่ต้องการความถูกต้องสูง ไม่สามารถละเลยความผิดพลาดชนิดนี้ได้ การลดผลของความผิดพลาดชนิดนี้ ทำโดยใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วย หลังจากที่ได้ทำการลดความผิดพลาดแบบเป็นระบบจนน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ วิธีการทั่วไปคือ ทำการวัดปริมาณเดียวกันซ้ำๆ การใช้วิธีการทางสถิติศึกษาการกระจายของผลที่ได้จะนำไปสู่การประมาณปริมาณ ซึ่งถือว่ามีความถูกต้องมากกว่าการวัดเพียงครั้งเดียว เทคนิคทางสถิตินี้จะใช้กับการกระจายทั้งที่เป็นแบบสมมาตรที่พบบ่อยเรียกว่า การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

การลดความผิดพลาดในการวัด

1. การลดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด

1.1 มีความรู้ความเข้าใจ สิ่งที่ผู้ทำการวัดทุกคนต้องมีคือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะจำเพาะ ขีดจำกัด และสมรรถนะตามปกติของอุปกรณ์การวัดทุกชิ้นที่ใช้จะต้องมีความเข้าใจในทฤษฎีพื้นฐานของการวัด เพื่อสามารถเข้าใจปัญหาด้านการวัดทั้งหมดที่เผชิญอยู่ ผู้ทำการวัดจะต้องมีความสามารถในการเลือกเครื่องมือ สำหรับวิเคราะห์ผลที่ได้เทียบกับทฤษฎี

1.2 มีเทคนิค เช่น การแทนเครื่องมือที่มีปัญหาด้วยเครื่องมือที่คล้ายกัน การสลับที่กันระหว่างเครื่องมือที่คล้ายกัน การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์เพื่อดูผลกระทบของพารามิเตอร์นั้นต่อระบบการวัดโดยรวม ใช้วิธีที่เป็นอิสระแตกต่างกันในการวัดปริมาณเดียวกัน ใช้วัดซ้ำปริมาณเดียวกันเป็นต้น

1.3 มีวินัย มีการวางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน มีความสุขุมรอบคอบในการวัด ในการบันทึกค่าโดยตรงอย่างมีระเบียบตามลำดับ บันทึกรายละเอียดทุกสิ่งที่เกี่ยวข้องในการจัดการวัด รวมถึงเงื่อนไขต่างๆ

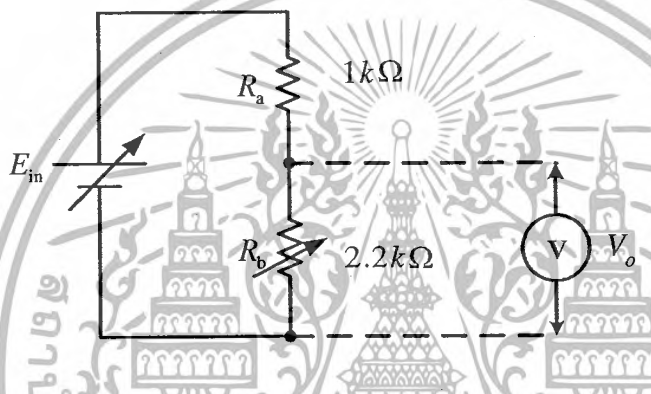
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การลดความผิดพลาดแบบเป็นระบบ

เนื่องจากลักษณะจำเพาะของความผิดพลาดแบบเป็นระบบคือ ความผิดพลาดชนิดนี้ขนาดและเครื่องหมายที่เหมือนกันสำหรับทุกๆ การวัดซ้ำกัน ถ้าหากเรารู้ขนาดและเครื่องหมาย เราก็สามารถใส่คำแก้เข้าไป ทำให้สามารถกำจัดความผิดพลาดนี้ได้

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุปกรณ์



รูปที่ 1.1 วงจรหาค่าความคลาดเคลื่อน

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 1.1 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2. ปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ R_b ให้ได้ค่า $2.2\,k\Omega$ และต่อโวลต์มิเตอร์ เพื่อเตรียมวัดค่าแรงดันตกคร่อม

3. ปรับแรงดัน E_{in} จนกระทั่ง วัดแรงดันตกคร่อม E_{Rb} มีค่า 10 V. บันทึกค่าของ E_{in} ลงในตารางที่ 1 และรักษาระดับแรงดันของ E_{in} นี้ไว้ตลอดการทดลอง

4. ต่อตัวต้านทานค่าคงที่ $2.2\,k\Omega$ ตัวที่หนึ่ง แทนตัวต้านทานปรับค่าได้ R_b วัดและบันทึกแรงดันตกคร่อม E_{Rb} ลงในตารางที่ 1.1

5. ต่อตัวต้านทานค่า $2.2\,k\Omega$ ที่เหลือ วัดและบันทึกค่าแรงดันตกคร่อม E_{Rb} ทีละครั้ง ลงในตารางที่ 1.1

6. คำนวณหาค่า R_b ทั้ง 10 ตัว แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 1.1

$$R_b = \left[R_a \times \left(\frac{E_{in} - E_{Rb}}{Rb} \right) \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คำนวณหาค่า R_b เฉลี่ย(R_b average)โดยใช้ค่าจากขั้นตอนที่ 5 บันทึกผลลงในตารางที่ 1.1

จากสูตร $R_{av} = \frac{(R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n)}{n}$

8. คำนวณหาค่าย่านของความคลาดเคลื่อน (Range of Error) บันทึกค่าลงในตารางที่ 1.1

Range of Error $= \left[\frac{(R_{mix} - R_{bav}) + (R_{bav} - R_{min})}{2}\right]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. คำนวณหาค่า เปอร์เซนต์ของความคลาดเคลื่อน (Percent of Error) จากค่าเฉลี่ย R_b ที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 โดยค่า R_X เป็นค่าที่ได้จากการอ่านแถบสี บันทึกค่าลงในตารางที่ 1.1

$$\text{Percent of Error} = \left[\left(\frac{R_{bav} - R_X}{R_x}\right)\right] \times 100\%$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ 1.1 บันทึกผลการทดลองที่ 1

ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุปกรณ์				
คนที่	R_b ที่อ่านได้จากแถบสี	E_0	R_b ที่อ่านได้จากการคำนวณ	E_{in} =
1				R_b average =
2				
3				
4				
5				Range of error =
6				
7				
8				Percent error =
9				
10				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า

1. ให้นักศึกษาจำนวน 10 คน วัดและบันทึกค่าของความต้านทานที่กำหนดให้ โดยใช้โอห์มมิเตอร์มาตรฐาน

2. ให้นักศึกษาทั้ง 10 คน บันทึกค่าที่อ่านได้ บนกระดาน

3. ให้นักศึกษาทุกคนบันทึกค่าที่วัดได้บนกระดาน ลงในตารางผลการทดลองที่ 1.2

4. คำนวณหาค่า ความต้านทานเฉลี่ย (R average) ที่ได้จากการอ่านของนักศึกษาทั้ง 10 คน แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 1.2

$$R_{av} = \left[\frac{(R_{\max} - R_{av}) + (R_{av} - R_{\min})}{2}\right]$$

.....

.....

.....

.....

.....

5. คำนวณหาค่า ย่านของความคลาดเคลื่อนจากการอ่าน (Range of Error) บันทึกค่าลงในตารางที่ 1.2

$$\text{Range of Error} = \left(\frac{R_{av} - R_X}{R_x}\right) \times 100\%$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. คำนวณหาค่า เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของค่าความต้านทานเฉลี่ย ที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 4 (R_X เป็นค่าที่ได้จากการวัดด้วย วีทสโตนบริดจ์) บันทึกค่าลงในตารางที่ 2

$$\text{Percent of Error} = \left(\frac{R_{av} - R_X}{R_x}\right) \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

ตารางที่ 1.2 บันทึกค่าความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า

ค่าความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า		
คนที่	ค่าความต้านทานที่วัดได้	ค่าความต้านทานแท้จริง R_X =
1		Average resistance =
2		
3		
4		
5		Range of error =
6		
7		
8		Percent error =
9		
10		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายความหมายค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด

2. ชนิดของความผิดพลาดในการวัดมีกี่ชนิด อะไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เราสามารถลดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัดได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2

การหาค่ากระแสเต็มสเกลและค่าความต้านทานภายในของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (Movement Meter)

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
2. วัดค่าที่จุดต่างๆ ได้
3. บันทึกค่าที่วัดได้
4. คำนวณหาค่าความต้านทานภายในได้
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟ แบบปรับค่าได้ $0 - 20\ V$	1	เครื่อง
2. โวลต์มิเตอร์(ค่าความต้านทานภายในสูง)	1	ตัว
3. แอมมิเตอร์ แบบมาตรฐาน	1	ตัว
4. โอห์มมิเตอร์แบบมาตรฐาน	1	ตัว
5. เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (Movement Meter)	1	ตัว
6. ความต้านทาน แบบค่าคงที่ $100\ k\Omega$	1	ตัว
7. ความต้านทาน แบบปรับค่าได้ $50\ k\Omega$ และ $100\ k\Omega$ อย่างละ	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องแบบขดลวดเคลื่อนที่ ได้ถูกใช้เป็นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องวัดแบบเข็มชี้ชนิดไฟตรง เช่น ดีซีโวลต์มิเตอร์ ดีซีแอมมิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์ โดย Movement Meter ชนิดนี้อาศัยหลักการทำงานเช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยขดลวดสนามแม่เหล็ก จะเป็นขดลวดทองแดง ที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กมาก ดังนั้นการทำงานของ Movement Meter จะอาศัยกระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพื่อทำให้ขดลวดเครื่องที่และพาเข็มชี้ให้เบี่ยงเบนไป เช่น $50\ \mu A$ $100\ \mu A$ และ $1mA$ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Movement Meter จะไม่นำไปใช้เพื่อวัดกระแสหรือแรงดันโดยตรง เนื่องจากทนปริมาณดังกล่าวได้น้อย ดังนั้น เมื่อใช้งานจะต้องต่อขนานกับความต้านทาน ในกรณีที่ใช้เป็นแอมมิเตอร์ และต่ออนุกรมกับความต้านทาน ในกรณีที่ใช้เป็นโวลต์มิเตอร์ ในการขยายย่านวัดของมิเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นโวลต์มิเตอร์หรือแอมมิเตอร์ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์นั้น (Internal Resistance หรือ R_m) เพื่อจะได้กำหนดค่าตัวต้านทานภายนอกในการขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง และมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด หลักการหาค่าความต้านทานภายในมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีปรับความต้านทาน (Variable Resistance)

วิธีการนี้ทำได้โดยการหาค่า R_f คือค่าความต้านทาน R_X ที่ทำให้เข็มของมิเตอร์ชี้เต็มสเกลและหาค่า R_h คือค่าความต้านทาน R_X ที่ทำให้เข็มของมิเตอร์ชี้ที่ครึ่งสเกล และหาค่าความต้านทานภายใน (R_m)ของมิเตอร์ได้จากสมการ

$$R_m = R_h - 2R_f$$

วงจรการทดลองหาค่า R_m ด้วยวิธีดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.1

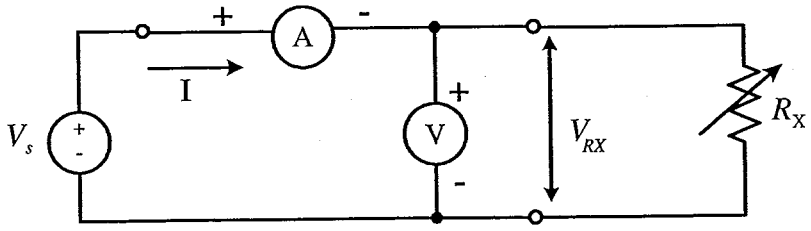
รูปที่ 2.1 วิธีการหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์แบบ Variable Resistance

2. โอห์มมิเตอร์ (Potentionmeter method)

วิธีการนี้ทำได้โดยต่อวงจรดังรูปที่ 2.2 และปรับค่า R_X ให้ได้กระแสที่แอมมิเตอร์เท่ากับค่าเต็มสเกลและวัดค่าแรงดันตกคร่อม R_X ด้วยโวลต์มิเตอร์ และนำมาหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์นี้ได้ดังสมการ

$$R_m = V_S - V_{RX}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 วิธีการหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์แบบ Potentionmeter method

3. ความต้านทานชันท์ (Shunt resistance method)

หมายถึงวิธีการนำค่าความต้านทานภายนอกมาขนานกับความต้านทานภายในของมิเตอร์ และเป็นผลให้กระแสมิเตอร์ลดลงครึ่งหนึ่ง ค่าความต้านทานภายนอกจะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 การหาค่ากระแสเต็มสเกล (Full Scale Deflecting Current , I_{fs})

รูปที่ 2.3 วงจรการหาค่ากระแสเต็มสเกล

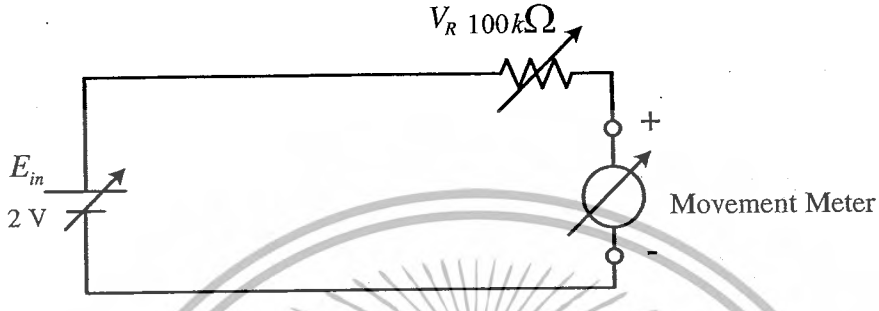
1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 2.3 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. ปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายให้เป็นศูนย์ ก่อนจ่ายไฟ
3. ค่อยๆ ปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย ให้ค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเข็มชี้ของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล อ่านค่า I_{fs} จากแอมมิเตอร์ บันทึกค่า I_{fs}

I_{fs} = ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 การหาค่าความต้านทานภายใน (Internal Resistance , R_m)

2.1 วิธีที่ 1 Variable resistor method



รูปที่ 2.4 วงจรหาค่าความต้านทานภายใน

2.1.1 นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.1.2 ปรับความต้านทาน ปรับค่าได้ V_R ให้มีค่าความต้านทานสูงสุดและปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันให้มีค่าต่ำสุด

2.1.3 เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันช้าๆ จนกระทั่งมีค่า $2V$

2.1.4 ค่อยๆ ลดค่าความต้านทานของ V_R ลงจนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล

2.1.5 ปลด V_R ออกมาวัดค่าความต้านทานด้วยโอห์มมิเตอร์ บันทึกค่าความต้านทานที่วัดได้ (R_1) ลงในตารางที่ 2.1

2.1.6 ต่อ V_R กลับเข้าไปในวงจรใหม่และค่อยๆ เพิ่มค่าความต้านทานของ V_R จนกระทั่งเข็มชี้ของ Meter Movement ชี้ครึ่งสเกล (Half Scale) แล้วปลด V_R ออกมาวัดค่าความต้านทาน (R_2) บันทึกค่าลงในตารางที่ 2.1

2.1.7 คำนวณหาค่า R_{m1} ของ Movement Meter โดยใช้สมการแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.1

$$R_{m1} = R_2 - 2R_1$$

.....

.....

.....

.....

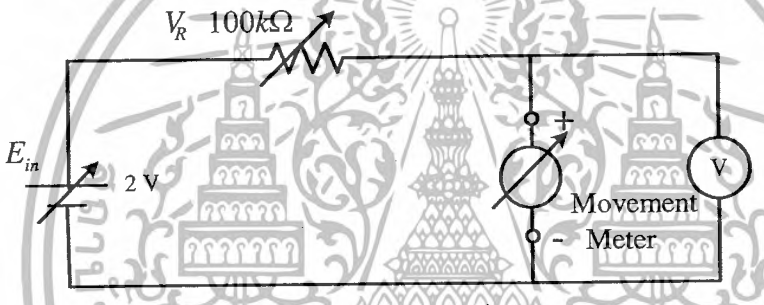
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การหาค่าความต้านทานภายในด้วยวิธี Variable resistor method

Variable resistor method	
R_1 (Meter full Scale)	
R_2 (Meter Haft Scale)	
R_{m1}	

2.2 วิธีที่ 2 Potentiometer Method



รูปที่ 2.5 วงจร Potentiometer Method

2.2.1 นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 2.5 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.2.2 ปรับความต้านทานปรับค่าได้ V_R ให้ปรับค่าความต้านทานสูงสุด และปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันให้มีค่าต่ำสุด

2.2.3 ค่อยๆ เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันช้าๆ จนกระทั่งมีค่า $2V$

2.2.4 ลดค่าของความต้านทานปรับค่าได้ V_R ลงจนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล อ่านและบันทึกค่าแรงดันตกคร่อม Movement Meter ลงในตารางที่ 2.2

2.2.5 คำนวณหาค่าความต้านทานภายใน (R_{m2}) และบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.2

$$R_{m2} = \frac{E_{Rm2}}{I_{fs}}$$

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

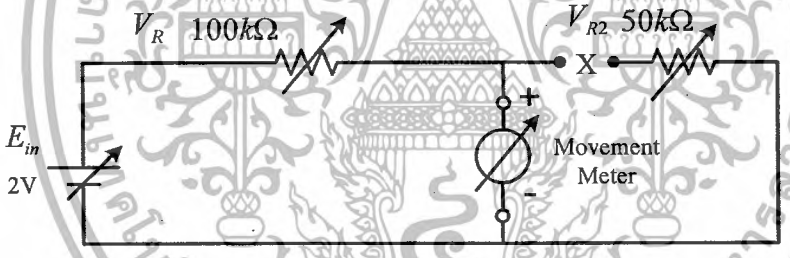
.....

.....

ตารางที่ 2.2 การหาค่าความต้านทานภายในด้วยวิธี Potentiometer Method

Potentiometer Method	
E_{Rm2}	
I_{fs}	
R_{m2}	

2.3 วิธีที่ 3 Shunt Resistor Method



รูปที่ 2.6 วงจร Shunt Resistor Method

2.3.1 นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.3.2 ปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ V_{R1} จนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล

2.3.3 ลัดวงจรที่จุด X และปรับความต้านทานปรับค่าได้ V_{R2} จนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกล

2.3.4 ปลดความต้านทานปรับค่าได้ V_{R2} ออกจากวงจรและวัดค่า บันทึกค่าลงในตารางที่ 2.3 (ค่าที่วัดได้นี้คือ R_{m3})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การหาค่าความต้านทานภายในด้วยวิธี Shunt Resistor Method

Shunt Resistor Method	
R_{m3}	

2.3.5 คำนวณหาค่าความต้านทานภายในเฉลี่ย (R_{mave}) โดยใช้สมการ

$$R_{mave} = \frac{(R_{m1} + R_{m2} + R_{m3})}{3}$$

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ 2.4 การหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์

Variable Resistor Method	Potentiometer Method	Shunt Resistor Method	Internal Resistance of Meter Movement
R_1	E		
R_2	I		
R_{m1}	R_{m2}	R_{m3}	R_{marv}

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. สมการการคำนวณหาค่า R_{m1} ในลำดับขั้นการทดลองที่ 2.1.6 เป็นจริงได้อย่างไรจงแสดงให้เห็นจริง

.....

.....

.....

.....

.....

2. ค่าของ R_{m3} ในลำขั้นการทดลองที่ 2.3.3 มีค่าเท่ากับ ค่าความต้านทานของ V_{R2} เมื่อปรับให้เข็มชี้ของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกล ได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3) การทดลองหาค่าความต้านทานภายในของ Movement Meter ใช้โอห์มมิเตอร์วัดได้หรือไม่จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

4) ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองหาค่า R_m แต่ละวิธีเกิดจากสาเหตุใด จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การทดสอบความไวในการวัด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ต่อวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
3. คำนวณหาค่าความต้านทานต่อโวลต์ (Sensitivity) ได้
4. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ $0-20\ V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. Movement Meter $0-50\mu A$	1	เครื่อง
5. ตัวความต้านทานแบบปรับค่าได้ $500\ k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

ความไวในการวัด (Sensitivity) คือ ความสามารถของเครื่องมือวัดไฟฟ้าในการตรวจจับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) ของเครื่องมือ

เมื่อพิจารณาเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวในการวัดต่างกันมักมีผลในการวัดในวงจรไม่เท่ากันถือว่าเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวในการวัดสูงๆ มักมีผลการวัดที่ได้เที่ยงตรงมากกว่าเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวต่ำๆ เสมอ สมการคำนวณหาค่าความไวในการวัดสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$ความไวในการวัด = \frac{1}{ย่านการวัดสูงสุดของกระแสไฟฟ้า\ (A)}$$

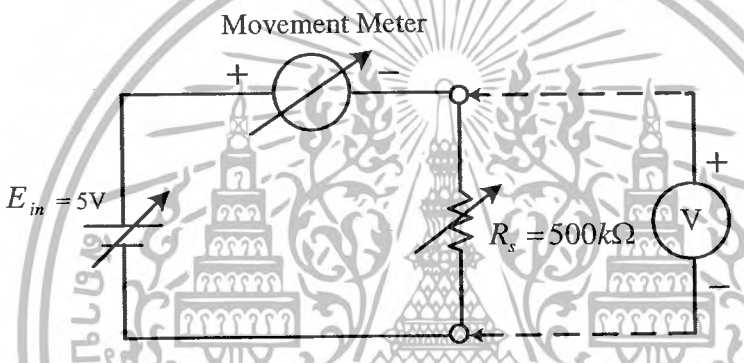
หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความไวในการวัด} = \frac{\text{ค่าความต้านทานภายในเครื่องมือวัดไฟฟ้า } (\Omega)}{\text{ย่านการวัดสูงสุดของแรงดันไฟฟ้า } (V)}$$

ความไวในการวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม/โวลต์ $\left(\frac{\Omega}{V}\right)$

ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 3.1 วงจรการทดสอบความไว้ในการวัด

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. ปรับแรงดัน E_{in} เท่ากับ 5 V
3. ปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ R_s ให้มีความต้านทานสูงสุด
4. ค่อยๆ ปรับลดความต้านทานปรับค่าได้ R_s ลง เพื่อให้เข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล
5. วัดแรงดันตกคร่อมความต้านทานปรับค่าได้ R_s และบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
6. ปลดตัวต้านทานปรับค่าได้ออกจากวงจรวัดค่าความต้านทานและบันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 3.1

ย่านวัด	$50\ \mu A$
ความต้านทานจากการวัด	
แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน	
ค่าความไวในการวัด $\left(\frac{\Omega}{V}\right)$	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ความหมายของ Sensitivity คืออะไรและเกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถ้ามิเตอร์มี Sensitivity 5,000 จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่ากระแสสูงสุดไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่เท่าไร

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4

การออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

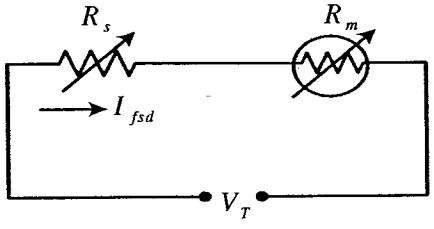
1. ต่อวงจรได้ถูกต้อง
2. คำนวณค่าความต้านทานที่ใช้สำหรับขยายย่านการวัด ได้
3. วัดค่าและบันทึกค่าได้ถูกต้อง
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ $0-20\ V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3. Movement Meter $0-50\ \mu A$	1	เครื่อง
4. แอมมิเตอร์มาตรฐาน	1	เครื่อง
5. ความต้านทานแบบปรับค่าได้ $100\ k\Omega$	1	ตัว
6. ความต้านทานแบบปรับค่าได้ $500\ k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

หลักการของโวลต์มิเตอร์จะมีหลักการคล้ายกับแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แตกต่างกันตรงที่ การนำตัวต้านทานมาต่อรวมกับขดลวดเคลื่อนที่ ซึ่งถ้าเป็นวงจรโวลต์มิเตอร์จะนำตัวต้านทานไปต่ออนุกรมกันกับขดลวดเคลื่อนที่ โดยเราจะเรียกตัวต้านนี้ว่า ตัวต้านทานมัลติฟลาย (Multifier Resistance : R_s)



รูปที่ 4.1 วงจรสมมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

R_S = ตัวต้านทานมัลติฟลาย

R_m = ความต้านทานภายใน Movement Meter

V_T = แรงดันที่ต้องการขยายย่านวัด

I_{fsd} = ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่

ความไวของโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter Sensitivity)

ความไวของโวลต์มิเตอร์เป็นส่วนกลับของกระแสไฟฟ้า ทำให้เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกล เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$S = \frac{1}{I_{fsd}}$$

เมื่อ S = ความไวของโวลต์มิเตอร์ $(\frac{\Omega}{V})$

I_{fsd} = กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มของโวลต์มิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกล

จากสมการทำให้ทราบว่า โวลต์มิเตอร์ที่มีความไวสูงต้องการ I_{fsd} ต่ำ ในทางตรงข้ามโวลต์มิเตอร์ที่มีความไวต่ำต้องการ I_{fsd} สูง

นอกจากนี้การหาค่าความไวของโวลต์มิเตอร์ อาจพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างความต้านทานรวมของโวลต์มิเตอร์ต่อแรงดันไฟฟ้าที่ย่านวัดได้ด้วย

$$S = \frac{RT}{VT}$$

เมื่อ RT = ความต้านทานทั้งหมดของโวลต์มิเตอร์

VT = แรงดันไฟฟ้าที่ย่านการวัด

ข้อควรระวังในการใช้โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ก่อนใช้ควรตรวจสอบขั้วให้ถูกต้องเสียก่อนถ้าสลับขั้วบวกและลบ ของเครื่องวัดขณะทำการวัดจะทำให้เข็มเบี่ยงเบนไปในทิศทางตรงกันข้ามและเสียหายได้

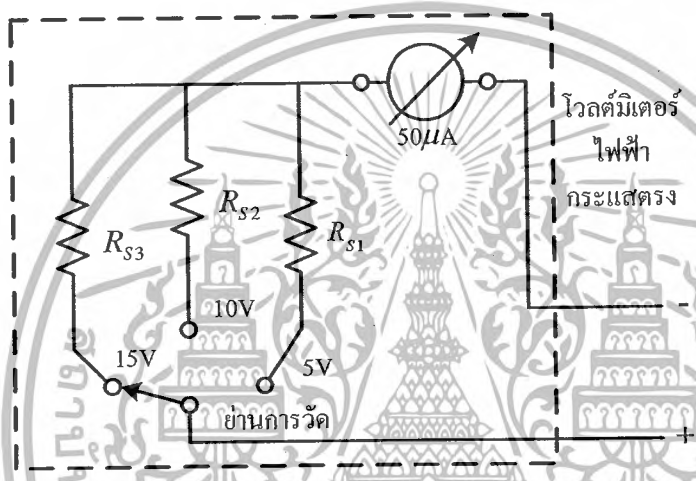
2. การใช้เครื่องวัดชนิดนี้ต้องต่อเครื่องวัดคร่อมหรือขนานกับโหลดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรณีใช้โวลต์มิเตอร์ที่มีหลายย่านวัด ควรเริ่มต้นที่ย่านการวัดสูงก่อน แล้วลดลงมาจนกระทั่งได้ย่านการวัดซึ่งทำให้เข็มอยู่ใกล้ตำแหน่งเบี่ยงเบนเต็มสเกลมากที่สุด

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน



รูปที่ 4.2 วงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1 จากรูปวงจรที่ 4.2 จงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดแรงดัน โดยใช้ค่า R_{1ave} จากการทดลองหาค่าความต้านทานภายในของ มูฟเมนต์มิเตอร์ และบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.1

$$R = \frac{V}{I} = \frac{\text{ย่านการวัด}}{I_m} - R_{1ave}$$

.....

.....

.....

.....

.....

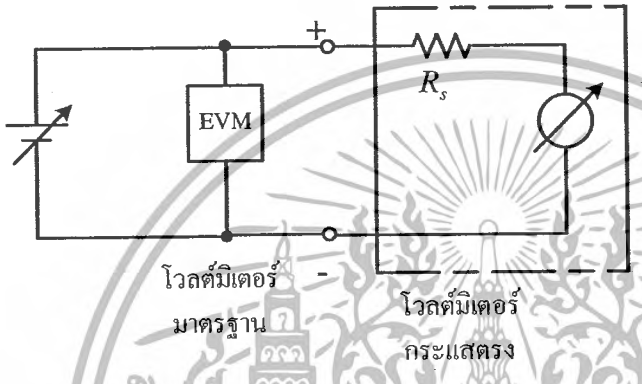
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปโดย R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ใช้ค่าความต้านทานที่ได้จากการคำนวณในข้อ 1.1

1.3 ทำการทดสอบ ดีซีโวลต์มิเตอร์แต่ละย่านวัด โดยนำโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ไปวัดแรงดันที่แหล่งจ่าย สามารถปรับค่าได้ แล้วปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย ให้เข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัดวัดและบันทึกค่าของแรงดันที่แหล่งจ่าย ลงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.3 วงจรการทดสอบดีซีโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้น

1.4 คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (Percent error) แต่ละย่านวัด บันทึกค่าลงในตารางที่ 1

$$\text{Percent error} = \left[\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right] \times 100\%$$

โดยที่ E_1 = แรงดันที่วัดได้ที่แหล่งจ่าย

E_2 = แรงดันที่กำหนดเป็นย่าน

.....

.....

.....

.....

.....

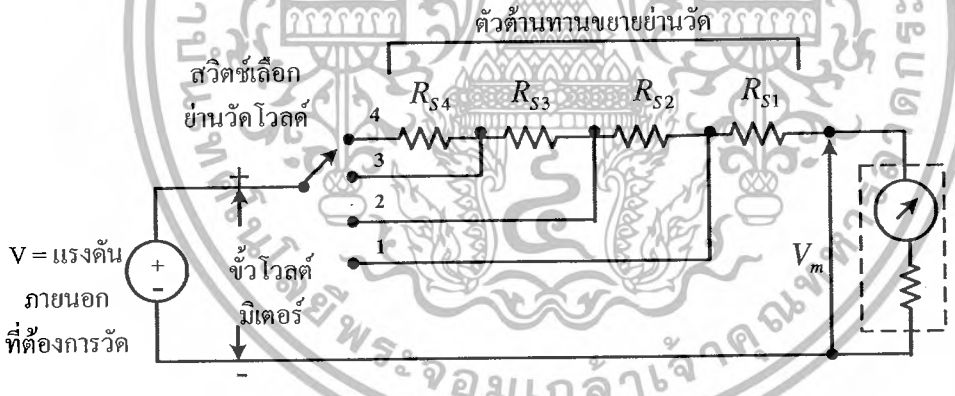
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 4.3

Volt Scale	Multiplicer Resistor	Voltage Range	Volttage of Power Source	Percent Error
$0-5\,V$	R_{s1} =	$5\,V$		
$0-10\,V$	R_{s2} =	$10\,V$		
$0-15\,V$	R_{s3} =	$15\,V$		

โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

โวลต์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานที่ใช้กันมาก ในงานที่เกี่ยวข้องทางไฟฟ้า โดยเฉพาะโวลต์มิเตอร์กระแสตรง การออกแบบเพื่อขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์สามารถทำได้โดยผู้ออกแบบต้องรู้ค่า ความต้านทานภายในของโวลต์มิเตอร์และวงจรเทียบเคียงของโวลต์มิเตอร์



รูปที่ 4.4. วงจรขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์

ในการขยายย่านวัดเพื่อออกแบบโวลต์มิเตอร์ทำได้โดยวงจรในรูป 4.4 และสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานขยายย่านวัด R_{S1}, R_{S2}, R_{S3} และ R_{S4} ได้ เมื่อทราบค่าของ R_m และกระแส I_m เมื่อ R_1 คือ ความต้านทาน ขยายย่านวัดที่ 1 $R_1 + R_2$ คือความต้านทาน ขยายย่านวัดที่ 2 $R_{S1} + R_{S2} + R_{S3}$ คือความต้านทาน ขยายย่านวัดที่ 3 และ $R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} + R_{S4}$ คือความต้านทาน ขยายย่านวัดที่ 4

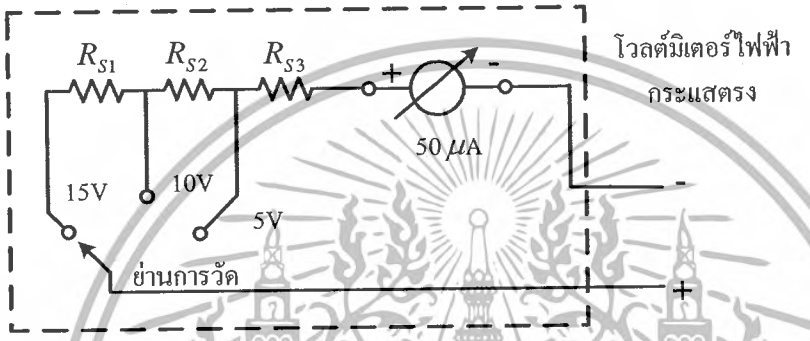
$$V1 = I_m R_{s1} + I_m R_m$$
$$= I_m (R1 + R_m)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{V1}{I_m} = R_{s1} + R_m$$

$$\therefore \quad R_{s1} = \frac{V1}{I_m} - R_m$$

การทดลองที่ 2 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 4.5 วงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1 จากรูปวงจรที่ 4.5 จงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดแรงดัน โดยใช้ค่า R_{1ave} เหมือนกับการทดลองที่ 1 บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2

$$R = \frac{V}{I_m} \frac{\text{ย่านการวัด}}{I_m} - R_m$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูป โดย R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ใช้ค่าความต้านทาน ค่าที่ทดลองไว้ในข้อ 2.1

2.3 ต่อตัวต้านทานตามค่าที่คำนวณได้เข้ากับวงจรและทำการทดสอบ ดีซีโวลต์มิเตอร์ทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านวัด บันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2

$$\text{Percent Error} = \left[\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right] \times 100\%$$

.....

.....

.....

.....

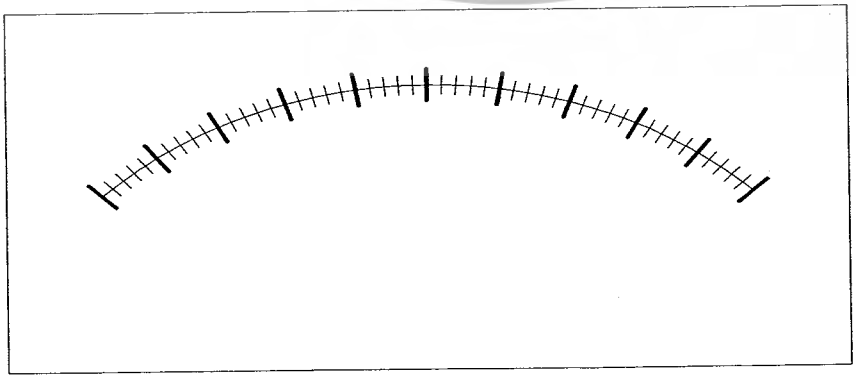
.....

.....

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 4.5

Volt Scale	Multiplicer Resistor	Voltage Range	Volttage of Power Source	Percent Error
$0-5\,V$	$R_{s1}=$	$5\,V$		
$0-10\,V$	$R_{s2}=$	$10\,V$		
$0-15\,V$	$R_{s3}=$	$15\,V$		

2.5 จงเขียนสเกลของ ดีซี โวลต์มิเตอร์ เฉพาะย่าน 15 V โดยแบ่งขีดบนสเกลที่ค่าต่างๆ ต่อไปนี้ 0V, 2.5V, 5V , 7.5V, 10V, 12.5V และ15 V.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 จงอธิบายสาเหตุที่ทำให้ดีซีโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ข้อควรระวังในการใช้โวลต์มิเตอร์กระแสตรงมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความไวของโวลต์มิเตอร์หาค่าได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5

การออกแบบแอมมิเตอร์

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการออกแบบแอมมิเตอร์ได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
3. คำนวณหาค่าความต้านทานที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแสได้
4. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้ถูกต้อง
5. บันทึกค่าต่างๆได้ถูกต้อง
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟตรง แบบปรับค่าได้ $0-20\,V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3. Movement Meter $0-50\,\mu A$	1	เครื่อง
4. ความต้านทานปรับค่าได้ $100\,k\Omega$	2	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

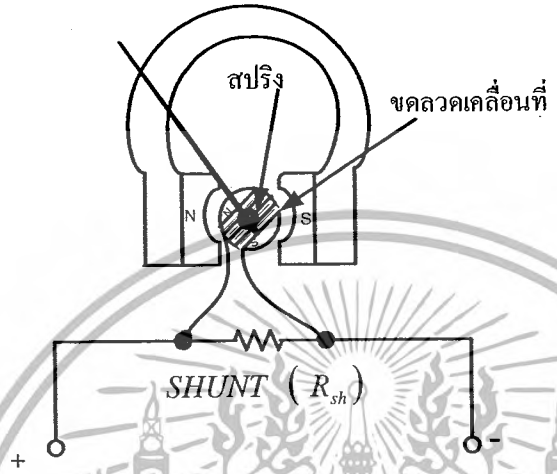
แอมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร โดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่โดยมีตัวต้านทานต่อขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่

ถ้าเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบพื้นฐานได้รับกระแสไฟฟ้าขนาด $50\,\mu A$ เข็มเบี่ยงเบนเต็มสเกล แสดงว่าเครื่องมือวัดอ่านค่าได้ $50\,\mu A$ หรือมีย่านการวัด $50\,\mu A$ แต่ถ้านำตัวต้านทานตัวหนึ่งมาต่อขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่ ของเครื่องมือวัดดังกล่าวแล้วจ่ายกระแสให้เครื่องมือวัดเท่าเดิมคือ $50\,\mu A$ เข็มจะเบี่ยงเบนไม่เต็มสเกล ทั้งนี้กระแสไฟฟ้า $50\,\mu A$ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกไหลผ่านตัวต้านทานที่ต่อขนาน ส่วนที่สองไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนที่ จึงอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้มากกว่า $50\,\mu A$ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เครื่องวัดได้รับการขยายย่านวัด

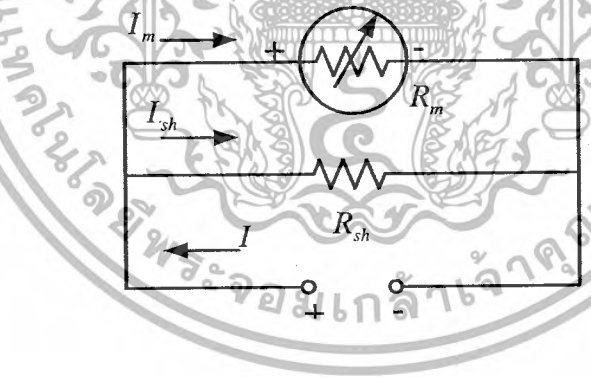
เครื่องวัดที่ใช้หลักการต่อตัวต้านทานขนานเหมาะสมขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือวัดทำให้อ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้มากขึ้นเราเรียกว่า การขยายย่านวัดให้แอมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวต้านทานที่นำมาต่อขนานเพื่อขยายย่านการวัดของแอมมิเตอร์เราเรียกว่าตัวต้านทานชันท์ (Shunt)



รูปที่ 5.1 การต่อตัวต้านทานชันท์กับมิเตอร์



รูปที่ 5.2 วงจรการต่อตัวต้านทานชันท์

จากรูปกำหนดให้ R_{Sh} = ความต้านทานชันท์

R_m = ความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่

I_{Sh} = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานชันท์

I_m = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนที่ทำให้กระแสเต็มสเกล

I_t = กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลเข้าสู่วงจร

จากรูปจะได้สมการ

$$V_m = I_m R_m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{Sh} = V_m$$
$$I_{Sh} R_{Sh} = V_m$$
$$I_{Sh} = I_t - I_{Sh}$$

แอมมิเตอร์ที่มีหลายย่านวัด (Multirange Ammeter)

แอมมิเตอร์ที่มีหลายย่านวัดเกิดจากการนำตัวต้านทานขนานหลายๆ ตัวมาต่อกับส่วนที่เคลื่อนที่ในเครื่องมือวัด โดยใช้สวิตช์เลือกย่านการวัด (Range Selector Switch) เป็นตัวกลางในการต่อตัวต้านทานขนานที่มีค่าเหมาะสมกับย่านการวัดนั้นๆ

ข้อควรระวัง ในการใช้ตัวต้านทานขนานขยายย่านการวัดของแอมมิเตอร์ คือเลือกใช้สวิตช์เลือกย่านการวัดที่เหมาะสมและความต้านทานขนานต้องไม่ขาดจากวงจร เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องมือวัด

ไอร์ตัน ชันท์ (Ayrton Shunt)

จะลดปัญหาที่เกิดจากแอมมิเตอร์ที่มีหลายย่านวัด โดยการต่อตัวต้านทานอนุกรมกันและตัวต้านทานทั้งหมดจะต่อขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือวัด

อย่างไรก็ตามการต่อตัวต้านทานแบบไอร์ตัน ชันท์มีข้อเสียคือ ถ้าตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่งเปลี่ยนแปลงค่าหรือวงจรเปิดจะส่งผลกระทบต่อย่านการวัดทั้งหมด

แอมมิเตอร์โหลดดิง (Ammeter Loading)

ปกติแอมมิเตอร์ที่เรานำมาต่อในวงจรควรมีความต้านทานเป็นศูนย์ แต่ในความเป็นจริงแอมมิเตอร์ที่เราใช้มีค่าความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่อยู่ส่วนหนึ่ง จึงทำให้เกิดปัญหา Ammeter Loading เช่น ในกรณีความต้านทานของโหลด น้อยกว่าความต้านทานของแอมมิเตอร์ ค่าที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์ย่อมคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง วิธีการแก้ไขปัญหาก็คือ เลือกย่านการวัดให้สูงขึ้นเพื่อให้ค่าความต้านทานของแอมมิเตอร์มีค่าต่ำลง จึงทำให้เครื่องมือวัดมีค่าความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ข้อควรระวังในการแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

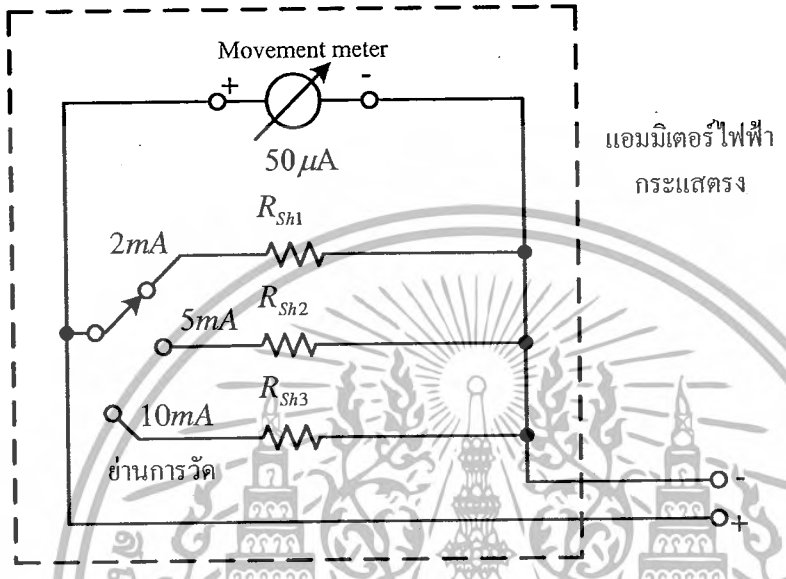
1. ควรตรวจสอบขั้วของเครื่องมือวัดให้ถูกต้องเสียก่อนเพราะถ้าสลับขั้วเข็มของเครื่องมือวัดอาจเสียหายได้

2. ไม่ควรต่อแอมมิเตอร์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าใดๆ โดยตรงเนื่องจากขดลวดภายในแอมมิเตอร์มีค่าความต้านทาน แต่จะทำให้กระแสไฟฟ้าสูงไหลผ่านแอมมิเตอร์จนทำให้เครื่องมือวัดเสียหายได้ ควรเลือกย่านการวัดของแอมมิเตอร์ให้มีค่าสูงๆ เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องมือวัดและค่าความถูกต้องสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 ดีซีแอมมิเตอร์แบบพื้นฐาน



รูปที่ 5.3 วงจรแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน

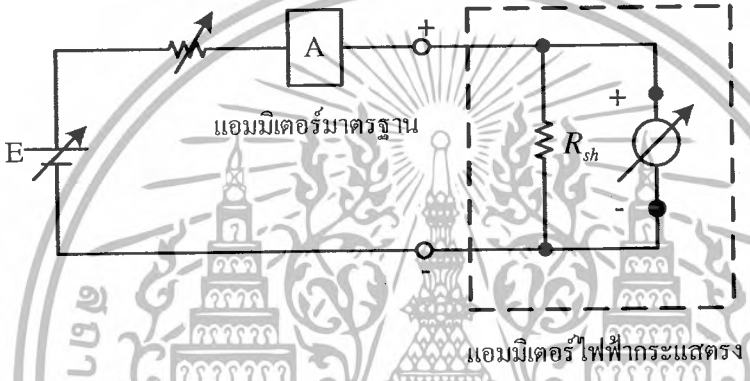
1.1 จากวงจรคำนวณหาค่า R_{Sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแส โดยใช้ค่า R_{1ave} ที่ผ่านมา แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.1

$$R_{Sh} = Rm \times \frac{I_m}{I_{Sh}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปโดย ค่าความต้านทาน R_{sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ใช้ค่าตามที่คำนวณได้ในข้อที่ 1.1

1.3 ทำการทดสอบ ดีซีแอมมิเตอร์แต่ละย่าน โดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจรที่มีขนาดตามย่านวัดที่สร้างขึ้นโดยการปรับภาระของวงจรจนกระทั่ง ดีซีแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัดอ่านและบันทึกค่าของกระแสที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์มาตรฐานแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.4 วงจรทดสอบแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองรูปที่ 5.4

Amp Scale	Shunt Resister	Ampere Range	Standard Ammeter	Percent Error
0 - 2 mA	R_{sh1} =	2 mA		
0 - 5 mA	R_{sh2} =	5 mA		
0-10 mA	R_{sh3} =	10 mA		

1.4 คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

จากสมการ

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right) \times 100\%$$

โดย I_1 = กระแสที่วัดได้จากแอมมิเตอร์

I_2 = กระแสที่กำหนดเป็นย่านวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

.....

.....

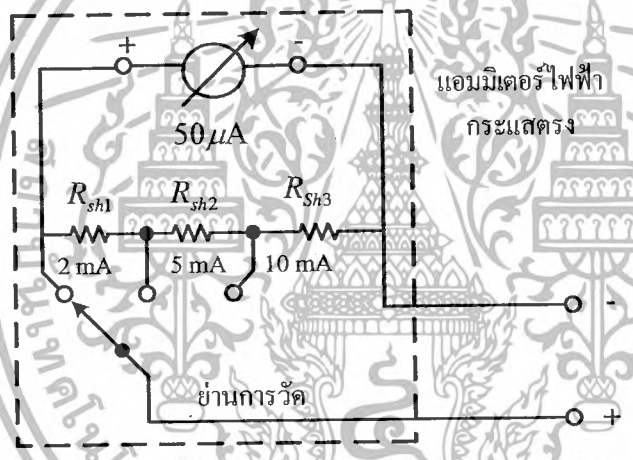
.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 2 การต่อ Ayrton Shunt แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 5.5 วงจรการต่อ Ayrton Shunt แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1 จากวงจรจงคำนวณหาค่า R_{sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแส โดยใช้ค่า R_{1ave}

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง โดยความต้านทาน R_{sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ใช้ค่าตามที่คำนวณได้ในข้อ 2.1

2.3 ต่อความต้านทานตามค่าที่คำนวณได้เข้ากับวงจรและทำการทดสอบ แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่ละย่านวัดโดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจรที่มีขนาดตามย่านวัดที่สร้างขึ้นโดยการปรับภาระของวงจรจนกระทั่ง แอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัด อ่านและบันทึกค่าของกระแสที่อ่านได้จาก มัลติมิเตอร์แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.2

2.4 คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านบันทึกค่าลงในตารางที่ 2 จากสมการ

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{I_1 - I_2}{I_1} \right) \times 100\%$$

โดย I_1 = กระแสที่วัดได้จากอิเล็กทรอนิกส์แอมมิเตอร์

I_2 = กระแสที่กำหนดเป็นย่านวัด

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองรูปที่ 5.5

Amp Scale	Shunt Resister	Ampere Range	Standard Ammeter	Percent Error
0-2 mA	R_{sh1} =	2 mA		
0-5 mA	R_{sh2} =	5 mA		
0-10 mA	R_{sh3} =	10 mA		

2.5 อธิบายสาเหตุที่ทำให้แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นมีค่าคลาดเคลื่อน

.....

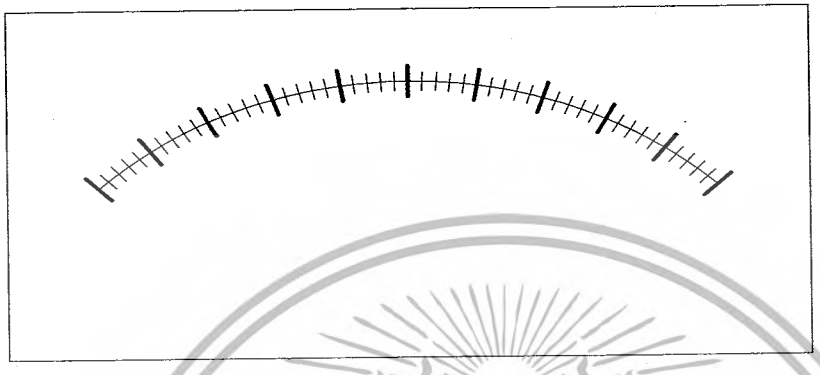
.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 จงเขียนสเกลของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเฉพาะย่าน 10 mA โดยแบ่งขีดบนสเกลที่ค่าต่างๆ ต่อไปนี้ 1 mA , 2 mA, 3 mA, 4 mA, 5 mA, 6 mA, 7 mA, 8 mA, 9 mA และ10 mA



สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

วงจรขยายย่านวัดแบบ Ayrton Shunt ดีกว่าแบบพื้นฐานอย่างไรจงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6

การออกแบบโอห์มมิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. บอกชนิดของโอห์มมิเตอร์ได้
2. ประกอบวงจรการทดลองได้
3. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
4. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
5. คำนวณหาค่าความต้านทานกึ่งกลางสเกลของย่านวัดต่างๆได้
6. สรุปผลการทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ $0-20\,V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3. เครื่องวัดความต้านทานแบบดิจิตอล	1	เครื่อง
4. Movement Meter $0-50\,\mu A$	1	เครื่อง
5. ความต้านทานปรับค่าได้ $100\,k\Omega, 500\,k\Omega$ และ $50\,k\Omega$ อย่างละ	1	ตัว
6. ความต้านทานคงที่ $10\,\Omega, 100\,\Omega$ และ $1\,k\Omega$ อย่างละ	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

โอห์มมิเตอร์เป็นเครื่องวัดที่มีแบตเตอรี่อยู่ภายใน เป็นแหล่งพลังงานจ่ายให้ส่วนที่เคลื่อนที่ เพื่อให้อ่านค่าความต้านทานได้โดยตรง ดังนั้นขณะที่ทำการวัดค่าความต้านทานจึงต้องแน่ใจว่าไม่มีกำลังไฟฟ้าใดภายในวงจร

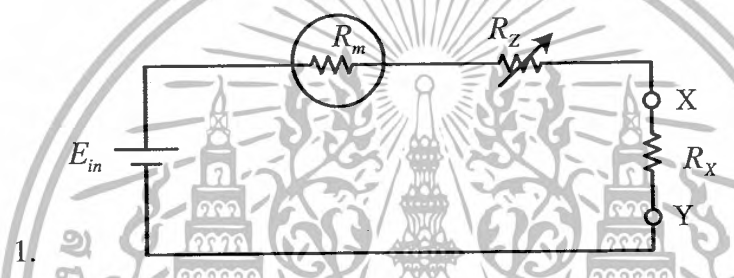
สายวัด ของโอห์มมิเตอร์สัมผัสกัน เข็มเครื่องมือวัดนี้จะเบี่ยงเบนไปที่ศูนย์ในกรณีที่สายวัดของโอห์มมิเตอร์สัมผัสกันแต่เข็มไม่ชี้ที่ศูนย์ ทำให้การอ่านค่าไม่ถูกต้อง ต้องปรับค่าความต้านทานที่ใช้ควบคุมโอห์มมิเตอร์ R_z จนกระทั่งเข็มชี้ที่ศูนย์ การปรับค่าเช่นนี้ เรียกว่าการสอบเทียบโอห์มมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอห์มมิเตอร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. โอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม

โอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม หมายถึง โอห์มมิเตอร์ที่วงจรในส่วนที่เคลื่อนไหวขณะทำการตรวจวัดต่ออนุกรมกับความต้านทานที่ต้องการทราบค่า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนไหวของโอห์มมิเตอร์ประเภทนี้เป็นตัวเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานที่ต้องการทราบค่า การที่แรงดันไฟฟ้าลดลงนั้นแสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ตอบสนองต่อความต้านทานภายนอกต่ำกว่าปกติ แม้ว่าจะลดค่า R_z ก็ยังอ่านค่าได้สูงกว่าความต้านทานที่แท้จริง



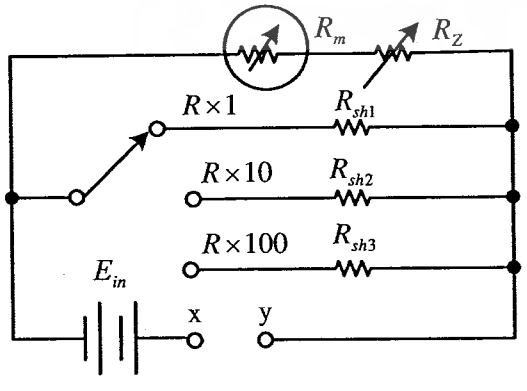
รูปที่ 6.1 วงจรพื้นฐานภายในโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม

2. โอห์มมิเตอร์แบบ ขนาน

โอห์มมิเตอร์แบบขนานจะไม่นิยมใช้ เพราะสามารถวัดความต้านทานได้ต่ำ

3. โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม – ขนาน

โอห์มมิเตอร์ที่มีหลายย่านการวัด มักเป็นโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม – ขนาน เพราะต่อความต้านทานขยายย่านการวัดได้ทีละหลายตัวพร้อมกัน



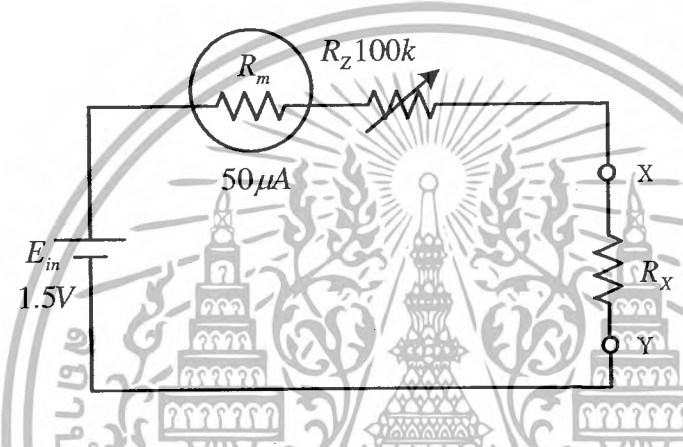
รูปที่ 6.2 วงจรภายในของเครื่องมือวัดประเภทอนุกรม - ขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยส่วนที่เคลื่อนที่ต่ออนุกรมกับ R_z และต่อขนานกับตัวต้านทานสำหรับขยายย่านการวัด R_{sh} โดยใช้สวิตช์เลือกย่านการวัดเป็นตัวกลางในการต่อความต้านทานที่เหมาะสมกับย่านการวัดนั้นๆ สำหรับ X และ Y แทนสายวัด ของโอห์มมิเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1



รูปที่ 6.3 วงจรโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม

1.1 จากวงจรและ Movement Meter ที่กำหนดให้ จงคำนวณหาค่า R_z (Zero ohm resister) ขณะสาย X และ สาย Y ลัดวงจร ที่ทำให้เข็มชี้ของ Movement Meter ชี้เต็มสเกลบันทึกค่า

$$R_z = \frac{E - I_m R_m}{I_m}$$

.....

.....

.....

.....

R_z คำนวณ =.....Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

1.3 ปรับค่า R_z ให้ได้ค่าที่ทำการคำนวณ แล้วต่อวงจร ลัดวงจรสายวัดที่ X และ Y แล้วปรับแต่งค่า R_z ที่ทำให้เข็มชี้เต็มสเกลพอดี บันทึกค่า R_z จากการปรับแต่ง

R_z ปรับแต่ง = ... Ω

1.4 จงเปรียบเทียบค่า R_z ที่คำนวณได้กับค่า R_z ที่ทำการปรับแต่งและบอกสาเหตุที่ทำให้ R_z เกิดความคลาดเคลื่อน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.5 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์กระแสของวงจร เมื่อ R_z มีค่าต่างๆ ตามตารางที่1 โดยใช้สมการด้านล่างแล้วบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ลงในตารางที่ 1

$$P = \left[\frac{(R_z + R_m)}{(R_z + R_m) + R_X} \right] \times 100\%$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

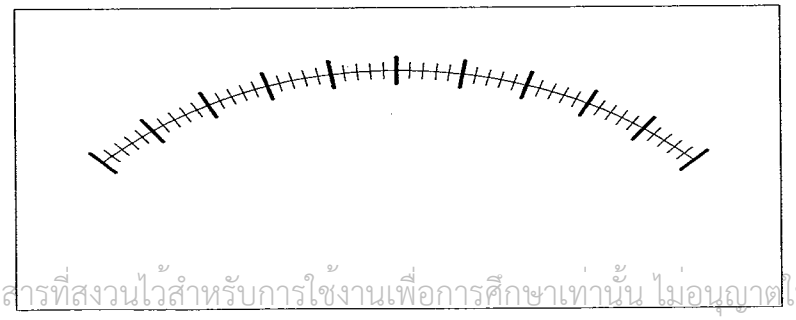
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 เขียนสเกลโอห์มมิเตอร์ ตามค่า R_X ที่กำหนดให้ตามตาราง โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์เขียนเทียบกับสเกลกระแส $50\mu A$

ตารางที่ 6.1 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 6.3

R_X	เปอร์เซ็นต์	$R_z + R_m$	R_X test	Percent Error
0		$30\,k\Omega$		
$1\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$3\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$5\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$10\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$20\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$30\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$40\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$50\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$70\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$100\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$150\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$200\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
$300\,k\Omega$		$30\,k\Omega$		
Infinity		$30\,k\Omega$		

แผ่นสเกลโอห์มมิเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 หลังจากเขียนสเกลของโอห์มมิเตอร์แล้วให้ทดลองนำค่าความต้านทาน ค่าต่างๆ ตามตารางมาทดลองวัดค่า R_X แล้วอ่านค่าตามสเกลที่เขียนขึ้นมา บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางที่ 1

1.8 คำนวณหาค่า Percent Error แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 1 จากสมการ

Percent Error = [(ค่า R_X บนสเกล - ค่า R_X ที่อ่านได้) / ค่า R_X บนสเกล] $\times 100\%$

.....

.....

.....

.....

.....

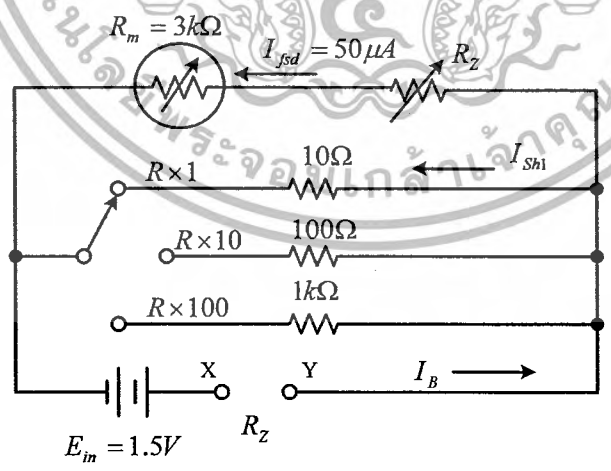
.....

1.9 จากวงจรโอห์มมิเตอร์ให้ปรับ $E = 1.5\,V$ เป็น $2V$ แล้วนำโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดค่าความต้านทาน ค่า $1.5k\Omega$ บันทึกอธิบายผลการทดลองและหาค่า Percent Error

$R_X(1.5k\Omega)$ วัดค่าได้ = ... $k\Omega$

ค่าความคลาดเคลื่อน = ... Ω

การทดลองที่ 2



รูปที่ 6.4 วงโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม - ขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปที่ 6.4 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.1 คำนวณค่า P จาก

$$P = \left(\frac{(R_Z + R_m)}{(R_Z + R_m)} \times 100\% \right)$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

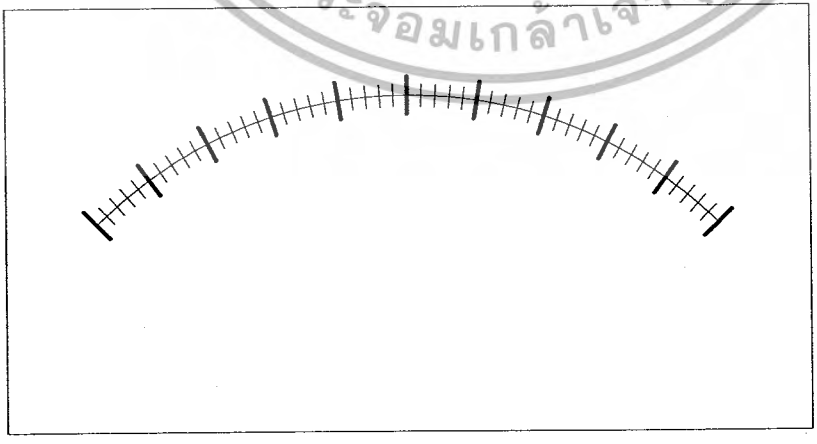
.....

.....

.....

2.4 จงเขียนสเกลของโอห์มมิเตอร์ ย่านวัด $R \times 1$ ที่ R_X ค่าต่างๆ ตามตารางที่ 2

แผ่นสเกลโอห์มมิเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ตารางบันทึกการทดลองรูปที่ 6.5

R_X	Percent Error
1 Ω	
2 Ω	
5 Ω	
10 Ω	
20 Ω	
30 Ω	
50 Ω	
100 Ω	
200 Ω	
500 Ω	
Infinity	

2.5 ทำการทดลองโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้ $R = 10\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 1$

R_X ค่าที่อ่าน = ...Ω

2.6 ทำการทดลองเช่นเดียวกับลำดับขั้นที่ 2.4 แต่ใช้ $R = 100\,\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 10$

R_X ค่าที่อ่าน = ...Ω

2.7 ทำการทดลองเช่นเดียวกับลำดับขั้นที่ 2.4 แต่ใช้ $R = 1k\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 100$

R_X ค่าที่อ่าน = ...Ω

2.8 จงอธิบายสาเหตุ ที่ทำให้สเกลของโอห์มมิเตอร์คลาดเคลื่อน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. โอห์มมิเตอร์โดยทั่วไปมีกี่ประเภท อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงบอกวิธีการสอบเทียบโอห์มมิเตอร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7
เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
2. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
3. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
4. คำนวณค่าต่างๆ ในการทดลองได้
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

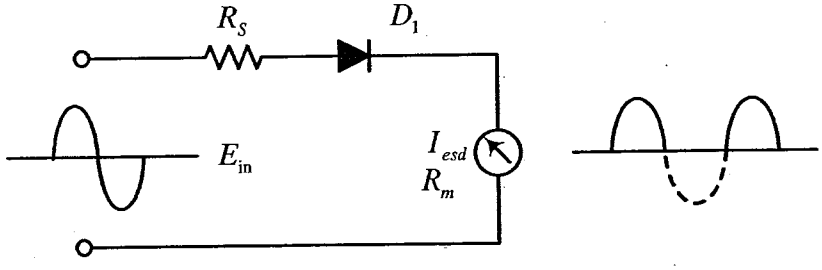
1. ออสซิลโลสโคป	1	เครื่อง
2. ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์	1	เครื่อง
3. Movement Meter $0 - 50\ \mu A$	1	เครื่อง
4. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
5. อุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า (Diode) เบอร์ 1N4007	1	ตัว
6. ตัวต้านทาน ปรับค่าได้ $100\ k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

เมื่อนำอุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า (Diode) มาต่อในวงจรส่วนที่เคลื่อนที่ในเครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ จะทำให้เครื่องวัดนี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับได้ แต่มีความไวต่ำกว่าเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูป เมื่อไดโอด D_1 ได้รับสัญญาณรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ E_{in} ในครึ่งสัญญาณที่เป็นบวก ไดโอดจะได้รับการไบอัสตรง ทำให้ไดโอดนำกระแสไฟฟ้าได้แต่ถ้าได้รับสัญญาณครึ่งลบ ไดโอดจะไม่นำกระแสไฟฟ้า ดังนั้น สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ผ่านไดโอดไปยังส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือวัดจึงมีเฉพาะสัญญาณด้านบวกเท่านั้น เครื่องมือวัดที่ใช้หลักการดังกล่าวนี้ เรียกว่า เครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

จากรูปวงจร เมื่อใช้สมการพื้นฐานของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมาร่วมพิจารณาจะได้สมการดังนี้

$$E_{rms} = 0.707\, E_p$$

$$E_p = 1.414\, E_{rms}$$

$$E_{ave} = 0.318\, E_p$$

เมื่อ E_{rms} = แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Effective Voltage)

E_p = แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage)

E_{ave} = แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Voltage)

ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า เป็นค่าเฉลี่ยทั้งไซเคิล แต่ไดโอด ให้สัญญาณเฉพาะด้านบวกผ่านเท่านั้น ดังนั้น ค่าเฉลี่ยเป็นแรงดันไฟฟ้าจะเป็นครึ่งคลื่น เครื่องวัดจะมีความไวประมาณ 45% ของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง ถ้านำสมการหาค่าความต้านทานที่ขยายย่านการวัด หรือความต้านทานมัลติพลายของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาหาความต้านทานมัลติพลายของเครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นจะเป็นดังนี้

$$R_s = \frac{E_{dc} - R_m}{I_{dc}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_s = \frac{0.45\ E_{rms} - R_m}{I_{fs}}$$

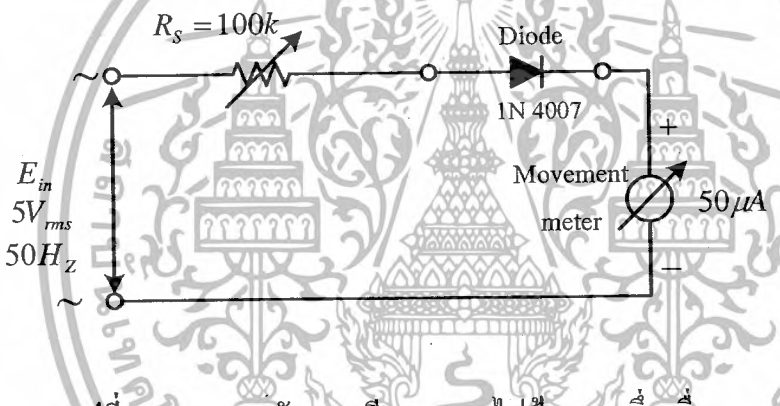
$$S_{ac} = 0.45\ S_{dc}$$

เมื่อ S_{ac} = ความไวกรณีที่เครื่องมือวัดเป็นโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

S_{dc} = ความไวกรณีที่เครื่องมือวัดเป็นโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระตรง

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1

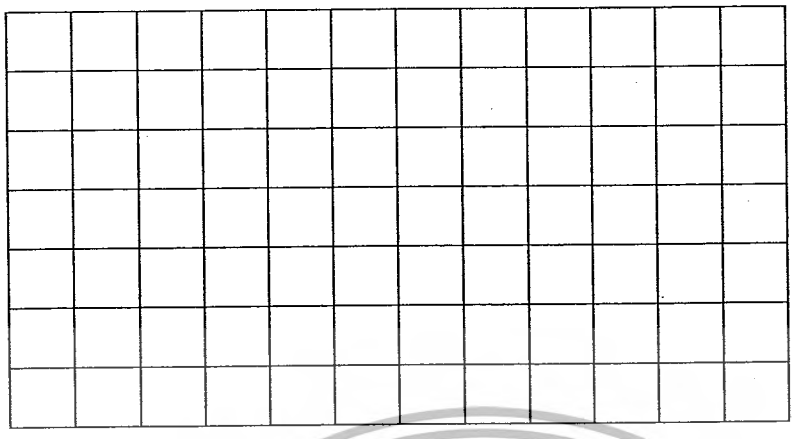


รูปที่ 7.2 วงจรการวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

1. นำแผงทดลองที่ 3 ต่อวงจรตามรูปที่ 7.2 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. จากวงจรปรับ R_s ให้มีค่าสูงสุด ปรับแหล่งจ่ายให้มีค่าต่ำสุดที่ $0\,V$
3. ปรับแหล่งจ่ายจนกระทั่งได้ $1V_{rms}$
4. ปรับ R_s ให้มีค่าลดลง จนกระทั่งเข็มชี้ของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล
5. ใช้ออสซิลโลสโคป วัดรูปคลื่น E_{in} และ E_m (แรงดันที่ตกคร่อม Movement Meter) วาดรูปคลื่น

5.1 วัดรูปคลื่น E_{in} พร้อมทั้งวาดรูปคลื่น E_{in}

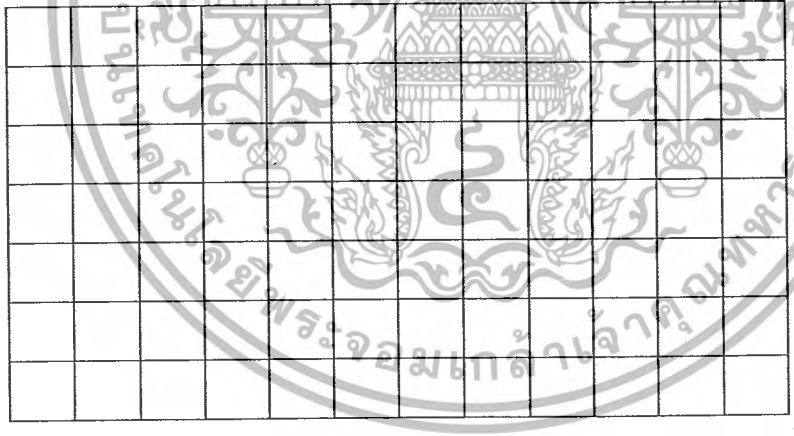
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div_____V Time / Div_____ms

รูปที่ 7.3 รูปคลื่น E_{in}

5.2 วัดรูปคลื่น E_m (แรงดันที่ตกคร่อม Movement Meter) พร้อมทั้งวาดรูปคลื่น



Volt/Div_____V Time / Div_____ms

รูปที่ 7.4 รูปคลื่น E_m

6. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยแรงดันไฟตรง ที่ตกคร่อม Movement Meter

$$E_{m\,ave}\left(half\ wave\right) = E_{dc}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คำนวณหาค่า I_{fs} จากการทดลอง จากสมการ

$$L_{fs} = \frac{E_{mave}}{R_m}$$

8. คำนวณหาค่า S_{dc} จากผลการทดลองจากสมการ

$$S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}} \quad \text{หรือ} \quad S_{dc} = \frac{R_m}{E_{mave}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ปลด R_s จากรูปที่ 7.2 และวัดหาค่าโดยละเอียด

.....

.....

.....

.....

10. คำนวณหาค่า R_s จากผลการทดลองและบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลที่พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับ S_{ac} ทางทฤษฎี

S_{ac} ทางทฤษฎี $S_{ac} = 0.45\ S_{ac}$

.....

.....

.....

.....

S_{ac} ทางการทดลอง $S_{ac} = \dfrac{(R_m + R_s)}{E_{rms}}$

.....

.....

.....

.....

11. จากสมการในข้อ 10 จงแสดงการหาค่า R_s ที่ใช้สำหรับอ่านการขยายย่านการวัด AC Voltmeter จากสมการ

$$R_s = \frac{0.45\ E_{rms} - R_m}{I_{fsd}}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.1 บันทึกผลการทดลอง

การวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น	
DC Sensitivity S_{dc} = ...	AC Sensitivity S_{ac} = ...
Ramg	Multiplier Resister (R_s)
10V	R_s = ...

12. อธิบายผลการเปรียบเทียบระหว่าง S_{ac} ทางทฤษฎีกับ S_{ac} ทางการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

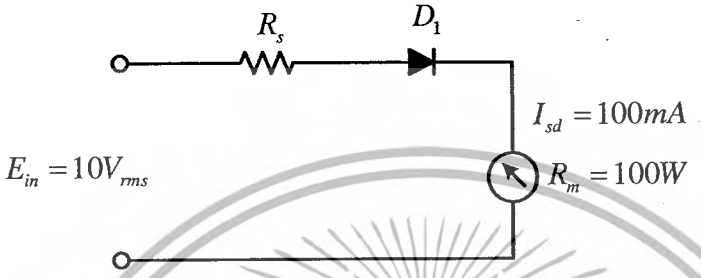
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

จากวงจรจงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_s ของโวลต์มิเตอร์ที่ผ่าน $10V_{dc}$ โดยใช้ Diode ในอุดมคติ



รูปที่ 7.5 หาค่าความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 8
เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
2. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
3. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
4. คำนวณค่าต่างๆ ในการทดลองได้
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

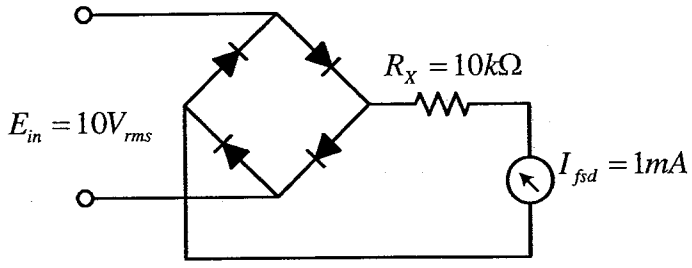
1. ออสซิลโลสโคป		1	เครื่อง
2. ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์		1	เครื่อง
3. Movement Meter	$0 - 50\,\mu A$	1	เครื่อง
4. มัลติมิเตอร์		1	เครื่อง
5. อุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า(Diode) เบอร์ 1N4007		4	ตัว
6. ความต้านทานปรับค่าได้	$100\,k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

ส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น มากกว่าแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นเนื่องจากมีความไวสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.1 วงจรเรียงกรแส ไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

เมื่อต่อวงจรตามรูป 8.1 จะช่วยนำสัญญาณครึ่งคลื่นที่เป็นลบมาใช้งานได้ เครื่องวัดที่ใช้หลักการเช่นนี้เรียกว่า เครื่องวัดแบบเรียงกระแส ไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

ในกรณีที่จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 10 V_{rms} ให้วงจรจะได้

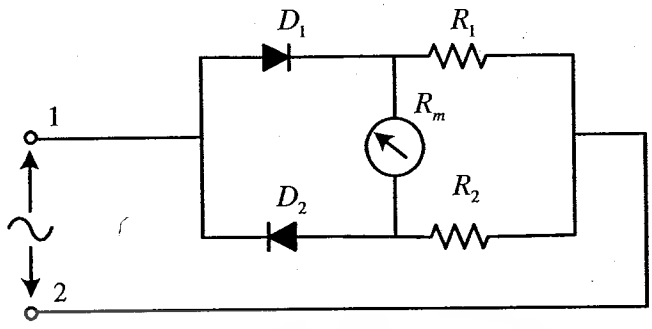
$$E_p = 1.414 \times 10V_{rms}$$
$$= 14.4\ V_p$$
$$E_{ave} = 0.636 \times 14.14 = 9\ \text{V}$$

สรุปได้ว่าเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 10 V_{rms} จะอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากเครื่องวัดได้เพียง 9 V หรือ 9 V_{dc} กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ โวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแส ไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นจะมีความไว 90% ของความไวของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$S_{ac} = 0.9\ S_{dc}$$

แม้ว่าการต่อ แบบใช้ Diode 4 ตัว จะนำสัญญาณรูปคลื่นไซน์ด้านที่เป็นลบของสัญญาณมาใช้งานได้ แต่การใช้ Diode 4 ตัวนี้ ยากต่อการตรวจสอบความเสียหายใน Diode และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ดังนั้นในทางปฏิบัติเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าแบบเรียงกระแสเต็มคลื่นจึงใช้ Diode เพียง 2 ตัว ดังรูป 8.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



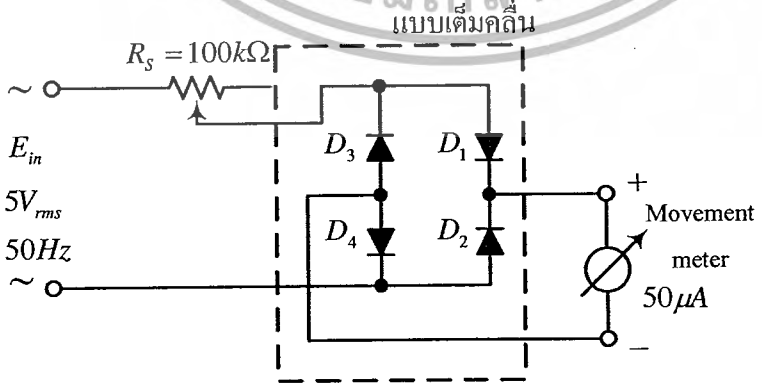
รูปที่ 8.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

จากรูปที่ 8.2 ในช่วงครึ่งบวกของสัญญาณ D_1 ได้รับการไบแอสตรงและที่ D_2 ได้รับการไบแอสกลับกระแสจะไหลผ่าน D_1 ส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องวัด R_2 และครบวงจรที่ขั้ว 2 สำหรับค่า R_1 จะทำหน้าที่เหมือน R_{sh} ในช่วงครึ่งลบของสัญญาณ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขั้ว 2 R_1 ส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องวัด D_2 และครบวงจรที่ขั้ว 1 สำหรับ R_2 จะทำหน้าที่เหมือน R_{sh}

เครื่องวัดชนิดนี้ประกอบขึ้นโดยใช้หลักการของเครื่องขดลวดเคลื่อนที่ จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความไวของเครื่องวัดสูง เช่น อ่านค่าจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ สเกลของเครื่องวัดค่อนข้างสม่ำเสมอ จึงอ่านค่าได้ง่าย

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1



รูปที่ 8.3 วงจรการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรคำนวณค่า R_s โดยใช้สมการ

$$R_b = \frac{0.45E_{rms} - R_m}{I_{fs}}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

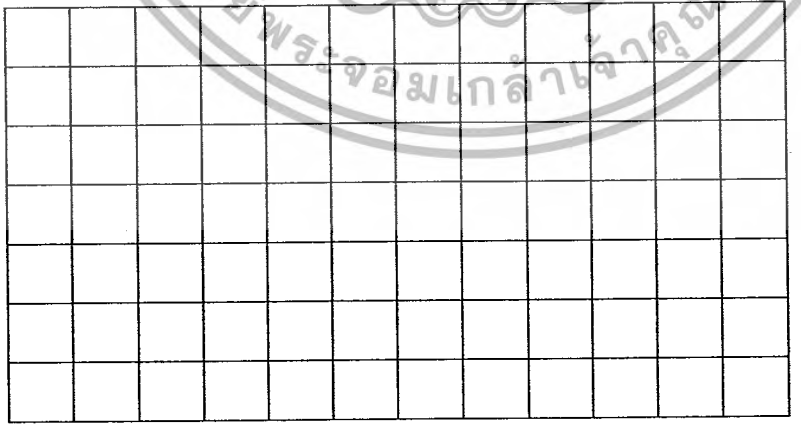
1.1 นำแผงทดลองที่ 3 ต่อวงจรตามรูปที่ 8.3 พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

1.2 จากวงจรปรับค่า R_s ให้มีค่าสูงสุด ปรับแหล่งจ่ายให้มีค่าต่ำสุด

1.3 ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนได้ 5 V_{rms}

1.4 ค่อยๆ ปรับ R_s ให้มีค่าลดลงจนเข็มมิเตอร์ชี้เต็มสเกล

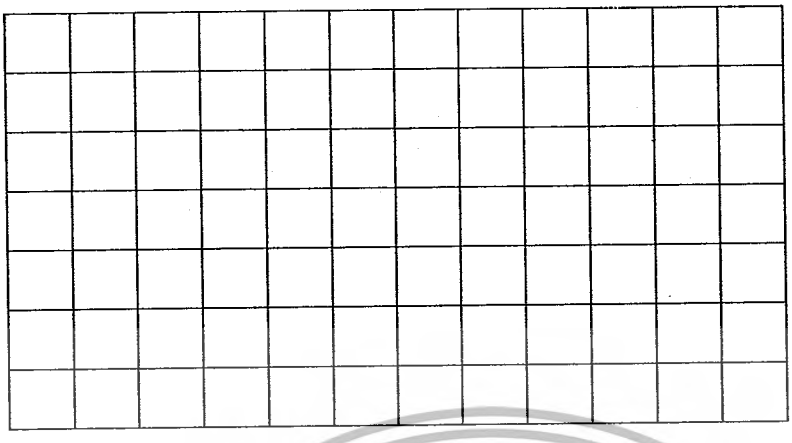
1.5 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปคลื่น E_{in} และ E_m วาดรูปคลื่นและคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตรงเฉลี่ยที่ตกคร่อม Movement Meter



Volt/Div.....V Time / Div.....ms

รูปที่ 8.4 รูปคลื่น E_{in}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div.....V Time / Div.....ms

รูปที่ 8.5 รูปคลื่น E_m

E_{mave} (full wave) $= E_{dc}$

E_{dc} = ...V

1.5 คำนวณหาค่า I_{fs} จากผลการทดลอง

$$I_{fs} = \frac{E_{mave}}{R_m} =$$

.....

.....

.....

1.6 คำนวณ S_{dc} จากผลที่ได้จากการทดลอง บันทึกค่าตามตารางบันทึกผลการทดลอง

$$S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}} = \frac{R_m}{E_{mave}}$$

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ปลด R_s ออกจากวงจรและวัดหาค่าอย่างละเอียดพร้อมบันทึกค่าการทดลองลงในตาราง บันทึกผลการทดลอง

R_s ที่วัด = ...

1.8 คำนวณค่า S_{dc} จากผลการทดลอง บันทึกค่าการทดลองลงตารางบันทึกผลการทดลอง และเปรียบเทียบ S_{dc} ทางทฤษฎี

S_{dc} ที่จากทฤษฎี = ...

S_{dc} ที่ได้จากการทดลอง $\frac{R_m + R_s}{E_{rms}}$ = ...

1.9 จากสมการข้อที่ 1.8 จงแสดงสมการหาค่า R_s ที่ใช้สำหรับขยายย่านการวัด AC Voltmeter

.....

.....

.....

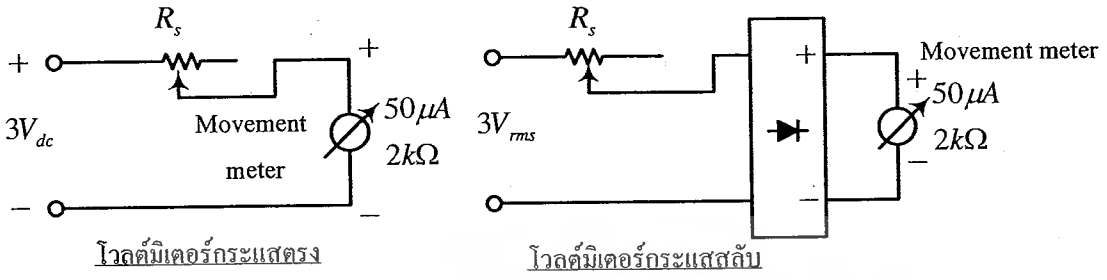
.....

ตารางที่ 8.1 บันทึกผลการทดลอง

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น	
DC Sensitivity S_{dc} =.....	AC Sensitivity S_{ac} =.....
Range	Multipier Resister (RS)
5V	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

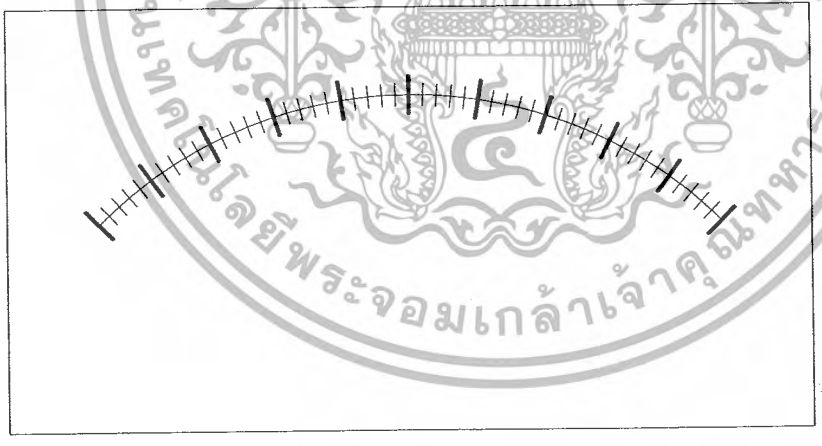


รูปที่ 8.6 วงจรการทดลองที่ 2

2.1 นำแผงทดลองที่ 3 ประกอบวงจรดังรูปที่ 8.4 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.2 จากวงจรโวลต์มิเตอร์กระแสตรง ให้ปรับค่า R_s เพื่อวัดแรงดันสูงสุด

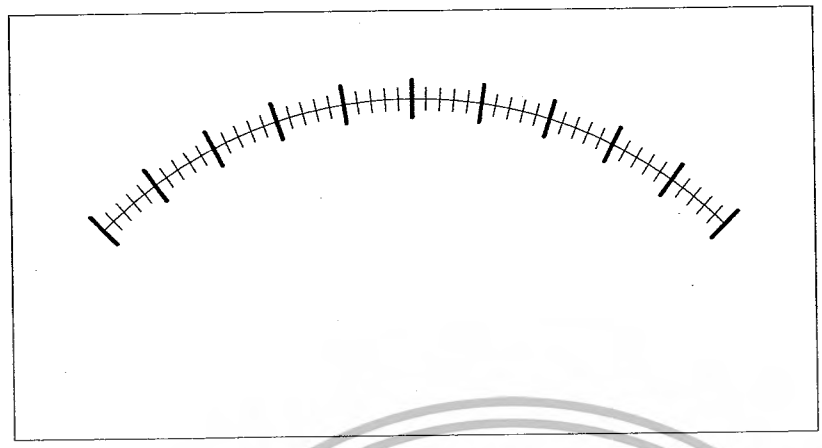
2.3 เขียนสเกลลงโวลต์มิเตอร์กระแสตรง ย่านวัดที่ 3V (0,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5,3) ลงบนแผ่นสเกลที่กำหนดให้



2.4 จากวงจรโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ ให้ปรับค่า R_s เพื่อวัดแรงดันได้ค่าสูงสุด 3 V_{rms}

2.5 เขียนสเกลโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ ย่านวัดที่ 3V (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3) ลงบนแผ่นสเกลที่กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.6 เปรียบเทียบสเกลทั้ง 2 ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

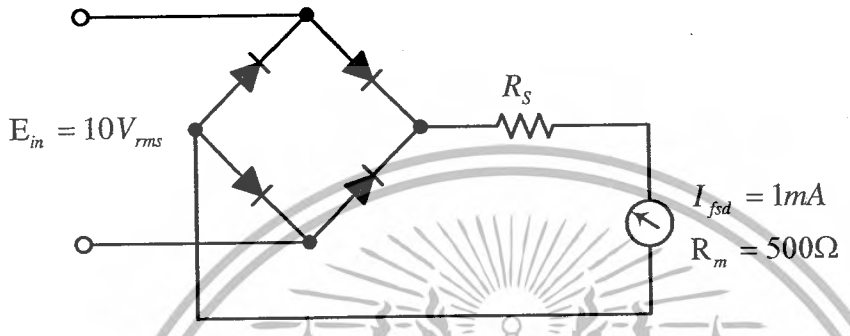
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากสูตร จงคำนวณหาค่าความต้านทานมัลติพลายของโวลต์มิเตอร์จากรูปที่8.5 ขณะตั้งย่านการวัดที่ 10 โวลต์และไม่คิดค่าความต้านทานของ Diode



รูปที่ 8.7 วงจรคำนวณหาค่าความต้านทานมัลติพลาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายข้อดีข้อเสียของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 9
ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบวงจรในการทดลองได้ถูกต้อง
2. อธิบายวงจรที่ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
3. สรุปและวิจารณ์การทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟตรงและแหล่งจ่ายไฟปรับค่า 0- 25 V	1	เครื่อง
2. ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	1	ชุด
3. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. สายต่อวงจรการทดลอง		

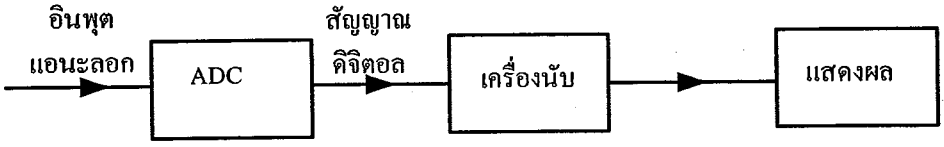
ทฤษฎีเบื้องต้น

ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์จะใช้ในการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือค่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะสามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้ละเอียดกว่าแบบขดลวดเคลื่อนที่

หลักการการทำงานของโวลต์มิเตอร์ดิจิตอล

โดยพื้นฐานของโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital Voltmeter) นั้น จะใช้เป็นเครื่องแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ต่อเข้ากับเครื่องวัดและส่วนภาคแสดงผล ดังรูปที่ 9.1 แรงดันที่วัดเป็นปริมาณแอนะลอก ซึ่งเป็นตัวอย่างในช่วงเวลาหนึ่งและถูกแปลงผันด้วยวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล นั่นคือ เป็นอนุกรมของพัลส์กับพัลส์จำนวนหนึ่งซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับขนาดแรงดันของแอนะลอก พัลส์เหล่านี้จะถูกนับโดยเครื่องนับและแสดงผลเป็นตัวเลขซึ่งหลักการทำงานของโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลซึ่งจะมีส่วนประกอบดังรูปที่แสดงได้รูปบล็อกไดอะแกรมข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

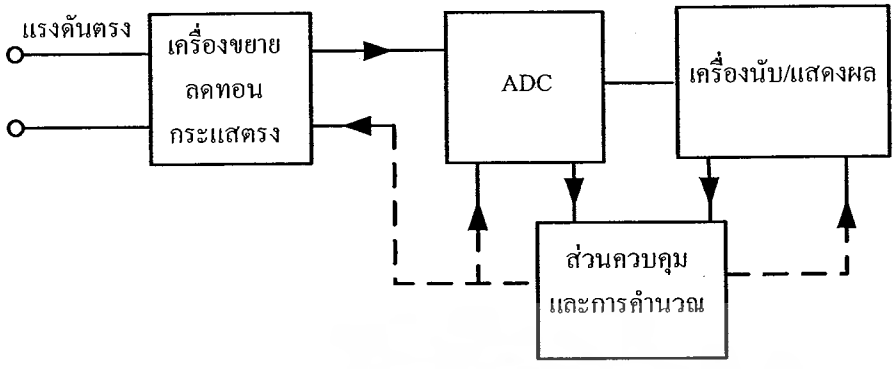


รูปที่ 9.1 หลักการโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล

โวลต์มิเตอร์ดิจิตอลให้อ่านค่าตัวเลข ซึ่งสามารถจัดการแทรกแซงและความผิดพลาดจากการเหลื่อมสายตาที่เกิดจากการอ่านค่าบนหน้าจอแสดงผลแบบแอนะลอกได้ การแสดงผลเป็นแบบเลขฐานสอง (Binary) และโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง $3\frac{1}{2} - 8\frac{1}{2}$ หลัก จำนวนครึ่งถูกใช้เป็นคุณสมบัติเฉพาะ เพราะตัวเลขนัยสำคัญมากที่สุดมีค่าได้แค่ 0 หรือ 1 เท่านั้น ส่วนตัวเลขหลักอื่นๆ ทั้งหมดมีค่าได้ระหว่าง 0 – 9 การแยกชัดของเครื่องมือวัดประเภทนี้คือ การเปลี่ยนแรงดันที่ไปเปลี่ยนนัยสำคัญน้อยที่สุดของการแสดงผลในมิเตอร์ การแสดงผลตัวเลข $3\frac{1}{2}$ หลัก มีย่านวัดจาก 1 ถึง 1999 ในการแสดงผล ฉะนั้นจึงมีการแยกชัด 1 ใน 1,999 ส่วนของการแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก มีย่านการวัดจาก 1 ถึง 19,999,999 ดังนั้นการแยกชัดจึงเท่ากับ 1 ใน 2×10^8 ตามธรรมดาแล้วตัวเลขมิเตอร์ $3\frac{1}{2}$ หลัก จะมีความถูกต้อง ± 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกตัวเลข 1 หลัก ในขณะที่การแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก มีความถูกต้อง 0.0001 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวก 0.00003 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านเต็มสเกล เครื่องมือวัดแบบนี้มักมีความต้านทานอินพุต 10 เมกะโอห์มหรือสูงกว่า และมีความจุ 40 พิโคฟารัด และมีเสถียรภาพดี ย่านวัดแรงดันแตกต่างกันตั้งแต่ประมาณ 100 มิลลิโวลต์ ถึง 1000 โวลต์ โดยมีขอบเขตแยกชัดเจนระหว่าง 1 ไมโครโวลต์ เมื่อขึ้นอยู่กับแบบของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ดังนั้นมิเตอร์จะมีการสุ่มแรงดันแอนะลอกหรือจะรวมเข้ากับเวลาที่กำหนด แบบประมาณสืบเนื่องเป็นตัวอย่างโวลต์มิเตอร์วัดสัญญาณตัวอย่าง มักมีเวลาที่ใช้ในการแปลงผันประมาณ 10 ไมโครวินาที และแบบแปลงไฟกระพริบจะประมาณ 10 นาโนวินาที ยิ่งเวลาในการแปลงผันน้อยเท่าใด เครื่องวัดจะยิ่งตอบสนองการเปลี่ยนแปลงอินพุตหรือค่ายอดฉับพลันได้มากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการคาดว่าจะเกิดสถานการณ์เช่นนี้ มิเตอร์แบบแอนะลอกจะใช้งานได้ดีกว่าแบบดิจิตอล

ส่วนของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์สามารถแสดงหลักการทำงานได้ดังบล็อกไดอะแกรมข้างนี้

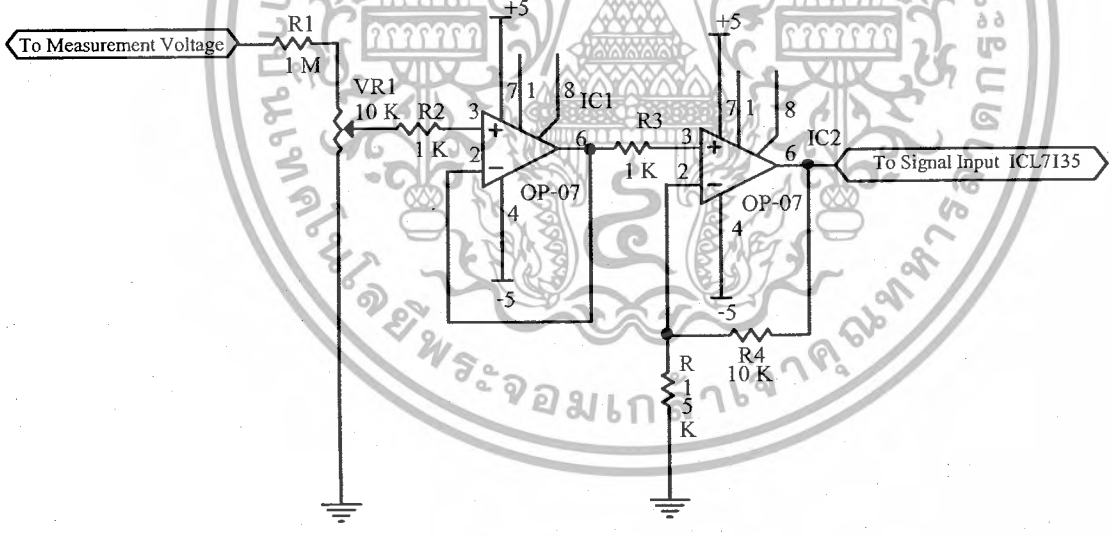
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.2 หลักการทำงานโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล

ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 9.3 วงจรทดลองวัดโวลต์

2. นำวงจรทดลองตอกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

3. นำสายต่อวงจรการทดลองต่อเข้าที่จุดเลือกวัดแรงดัน

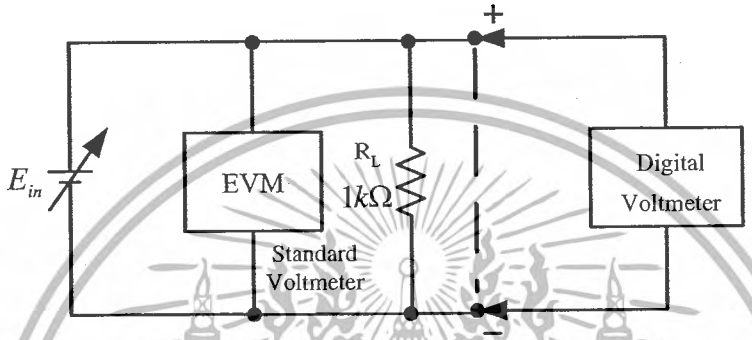
4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5V ,–5V และ GND ให้ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

5. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5V ,–5V และ GND ให้กับวงจรบนแผงทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการทดสอบ ดีซีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ โดยนำโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ไปวัดแรงดันที่แหล่งจ่ายสามารถปรับค่าได้ แล้วปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย วัดและบันทึกค่าของแรงดันที่แหล่งจ่ายลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

วงจรทดสอบ ดีซีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 9.4 วงจรทดสอบ ดีซีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้น

7. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right) \times 100\%$$

E_1 = แรงดันที่วัดได้จาก Digital Voltmeter

E_2 = แรงดันจากแหล่งจ่าย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9.1 บันทึกผลการทดลองดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

Voltage of Power Source	Digital Voltmeter	Percent Error
1V		
2V		
3V		
4V		
5V		
6V		
7V		
8V		
9V		
10V		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายวงจรที่ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 10
ดิจิตอลแอมมิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบวงจรการทดลองได้ถูกต้อง
2. บอกหลักการทำงานของดิจิตอลแอมมิเตอร์ได้
3. สรุปและวิจารณ์การทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟตรงและแหล่งจ่ายไฟปรับค่า 0- 25 V	1	เครื่อง
2. ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	1	ชุด
3. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. สายต่อวงจรการทดลอง		

ทฤษฎีเบื้องต้น

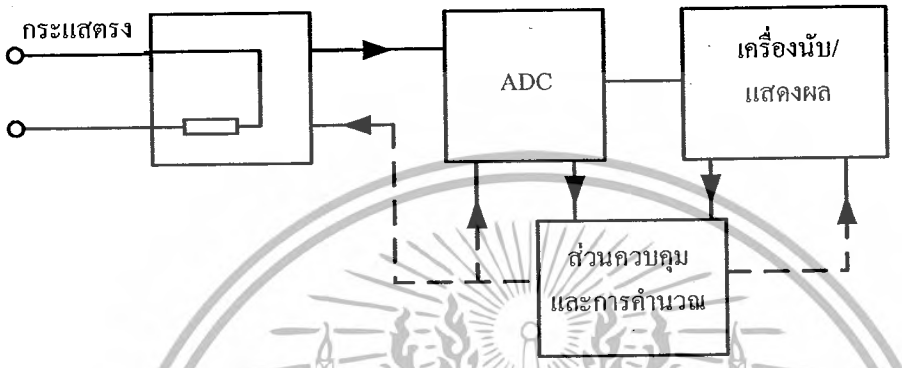
โวลต์มิเตอร์ดิจิตอลพื้นฐาน คือ มิเตอร์กระแสตรงซึ่งสามารถใช้ในการวัดแรงดันได้ด้วยการ ใช้วงจรการเรียงกระแสแบบเดียวกับเครื่องวัดขดลวดเคลื่อนที่ถาวร การเรียงกระแสแบบนี้ให้ค่าเฉลี่ย และเนื่องจากเครื่องมือวัดมักมีสเกลให้อ่านค่าประสิทธิผล จึงต้องหาค่าแก้ (Correction) สำหรับรูปเคลื่อนที่ไม่เป็นไซนูซอยด์ ความถูกต้องมักผันแปรจากประมาณ 45 เฮิรตซ์ ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ ในเครื่องวัดแสดงผลตัวเลข $3\frac{1}{2}$ หลัก และจาก 10 เฮิรตซ์ ถึง 100 กิโลเฮิรตซ์ ในการแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก ย่านวัดแรงดันผันแปรจากค่าอ่านเต็มสเกลประมาณ 100 มิลลิโวลต์ ถึง 1000 โวลต์ กับอิมพีแดนซ์อินพุตประมาณ 10 เมกะโอห์ม กับ 100 พิโคฟารัด

การวัดค่ากระแสตรงหรือค่ากระแสสลับอาจวัดได้โดยโวลต์มิเตอร์ที่ใช้วัดความต่างศักย์ตัดผ่านตัวต้านทานมาตรฐาน ความถูกต้องมักอยู่ประมาณ ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกตัวเลข 2 หลัก ในกระแสตรง และ ± 1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกตัวเลข 2 หลัก ขึ้นไปในกระแสสลับ ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับจะมีย่านการวัดจากประมาณ 200 ไมโครแอมแปร์ จนถึง 2 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแรงดันตกคร่อมเครื่องวัดน้อยกว่า 0.3 โวลต์ โดยมีย่านความถี่ประมาณ 45 เฮิรตซ์ ถึง 1 กิโลเฮิรตซ์

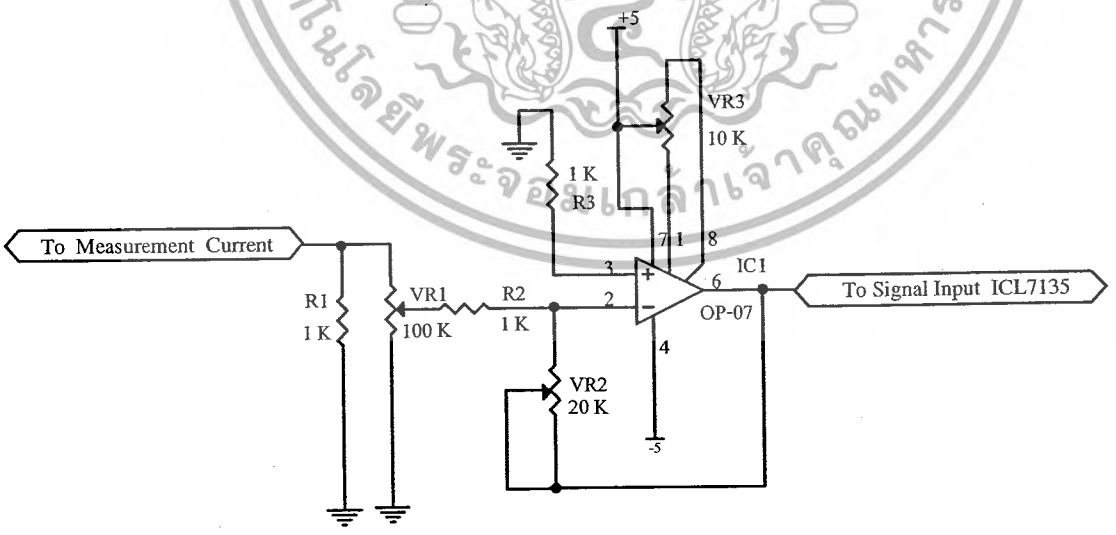
ซึ่งหลักการทำงานของแอมมิเตอร์นั้นสามารถแสดงได้ดังรูปบล็อกไดอะแกรมข้างล่างนี้



รูปที่ 10.1 หลักการทำงานของดิจิตอลแอมมิเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 10.2 วงจรทดลองวัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

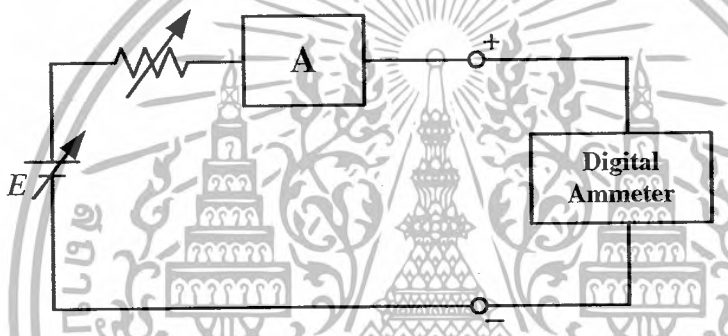
2. นำแผงวงจรการทดลองที่ 4 ต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

3. นำสายต่อวงจร ต่อที่จุดเลือกวัดกระแส

4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5 GND และ -5 ให้กับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของแอมมิเตอร์

5. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5 GND และ -5 ให้กับวงจรทดลองบนแผงทดลองที่ 4

6. ทำการทดสอบดีซีแอมมิเตอร์ โดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจร โดยการปรับภาระของวงจร อ่านค่าที่วัดและบันทึกค่าของกระแสที่วัดได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 10.3 วงจรทดสอบดิจิตอลแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

7. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{I_1 - I_2}{I_2}\right) \times 100\%$$

I_1 = กระแสที่วัดได้จาก Digital Ammeter

I_2 = กระที่วัดได้จาก Standard Ammeter

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10.1 ตารางบันทึกผลดิจิตอลแอมมิเตอร์

Standard Ammeter	Digital Ammeter	Percent Error
0.1A		
0.5A		
0.7A		
1 A		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 11

การออกแบบดิจิตอลโอห์มมิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบการวงจรการทดลองได้ถูกต้อง
2. บอกหลักการทำงานของดิจิตอลโอห์มมิเตอร์ได้
3. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

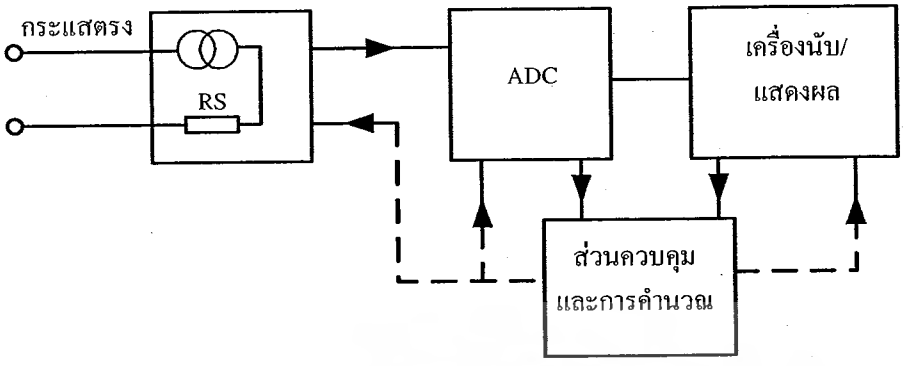
1. แหล่งจ่ายไฟตรงและแหล่งจ่ายไฟปรับค่า 0- 25 V	1	เครื่อง
2. ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	1	ชุด
3. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. สายต่อวงจรการทดลอง		

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในการวัดความต้านทานอาจใช้โวลต์มิเตอร์ดิจิตอล การวัดความต้านทานได้ด้วยการให้กระแสที่ทราบค่า ไหลผ่านความต้านทานที่ไม่ทราบค่า แล้วจึงใช้โวลต์มิเตอร์วัดผลความต่างศักย์ตัดผ่านที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม เครื่องวัดที่มีความเที่ยงตรงสูงมักใช้วิธีการแตกต่างกัน กระแสไหลผ่านตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่าแล้วเปรียบเทียบความต้านทานต่างศักย์ตัดผ่านตัวต้านทานทั้งสอง เพราะกระแสที่ตัดผ่านตัวต้านทานทั้งคู่นั้นเหมือนกัน อัตราความต่างศักย์จึงเท่ากับอัตราส่วนของความต้านทาน ความถูกต้องผันแปรจากประมาณ ± 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกหนึ่งตัวเลขในมิเตอร์ตัวเลข $3\frac{1}{2}$ หลัก ถึง ± 0.0002 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวก ± 0.0004 เปอร์เซ็นต์ของค่าอ่านเต็มสเกล สำหรับการแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก ย่านค่าความต้านทานจากประมาณ 200 โอห์ม ถึง 1000 เมกะโอห์ม

ซึ่งสามารถแสดงหลักการทำงานของส่วนที่ใช้วัดความต้านทานได้ดังรูปบล็อกไดอะแกรมข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

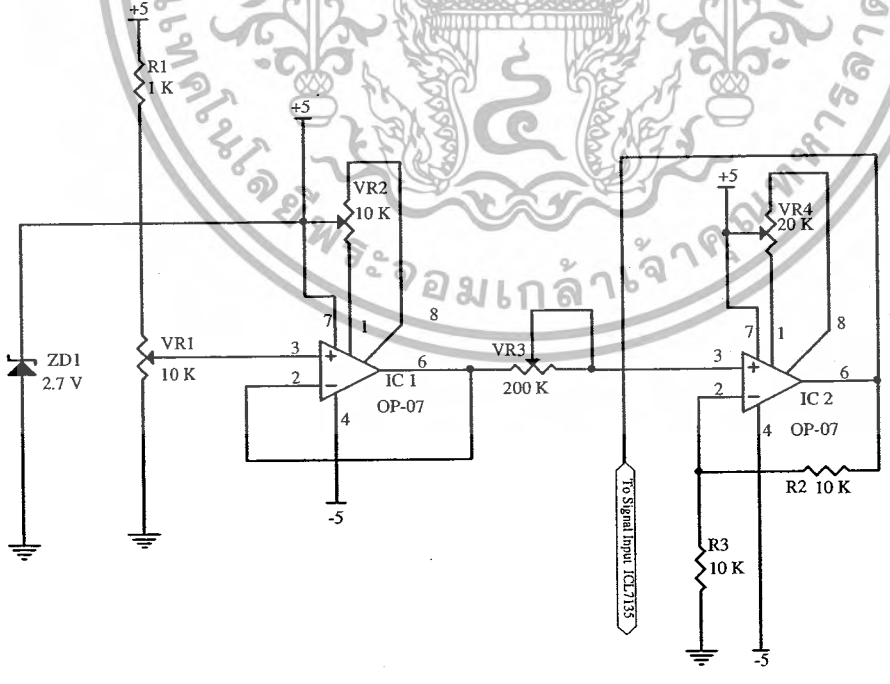


รูปที่ 11.1 หลักการทำงานโอห์มมิเตอร์ดิจิตอล

จากบล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของโอห์มมิเตอร์ดิจิตอล จะเห็นได้ว่ามีหลักการทำงานที่คล้ายส่วนแอมมิเตอร์ดิจิตอลและโวลต์มิเตอร์ดิจิตอล

ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 11.2 วงจรทดลองวัดความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำวงจรทดลองต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

3. นำสายต่อวงจรต่อที่จุดเลือกวัดความต้านทาน

4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5 GND และ -5 ให้กับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

5. ต่อ แหล่งจ่ายไฟตรง +5 GND และ -5 ให้กับวงจรบนแผงทดลองที่ 4

6. ทำการทดสอบ ดิจิตอลโอห์มมิเตอร์ โดยนำโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดตัวต้านทาน อ่านค่าและบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

วงจรทดสอบโอห์มมิเตอร์

รูปที่ 11.3 วงจรทดสอบโอห์มมิเตอร์

7. คำนวณหาค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1}\right) \times 100\%$$

R_1 = ความต้านทานที่ได้จากการวัด

R_2 = ความต้านทานตามแถบสี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11.1 ตารางบันทึกผลการทดลองดิจิตอลโอห์มมิเตอร์

R_X	ดิจิตอล โวลต์มิเตอร์	Percent Error
1 kΩ		
5 kΩ		
10 kΩ		
20 kΩ		
50 kΩ		
100 kΩ		
200 kΩ		
300 kΩ		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายวงจรที่ใช้วัดความต้านทาน สำหรับดิจิตอลโอห์มมิเตอร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

เฉลยใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายค่าความคลาดเคลื่อนได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
3. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
4. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
5. คำนวณค่าความต้านทานเฉลี่ย ย่านของความคลาดเคลื่อน และเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนในการทดลอง
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟ แบบปรับค่าได้ $0-20\,V$	1	เครื่อง
2. โวลต์มิเตอร์ (ค่าความต้านทานภายในสูง)	1	ตัว
3. โอห์มมิเตอร์มาตรฐาน	1	ตัว
4. ความต้านทาน แบบปรับค่าได้ $10\,k\Omega$	1	ตัว
5. ความต้านทานแบบค่าคงที่ $2.2k\Omega$ 5% หรือ 10%	10	ตัว
6. ความต้านทานแบบค่าคงที่ $1k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) หมายถึง ค่าที่ได้จากการวัดตัวแปร ซึ่งเบี่ยงเบนไปจากค่าที่คาดหวัง (Expected Value) เมื่อเราทำการวัดทุกครั้งจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอและไม่มีการวัดครั้งใดที่ได้ค่าที่ถูกต้อง แหล่งที่มาของค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดนั้นมีหลายอย่างและค่าความคลาดเคลื่อนจะมีผลกระทบต่อค่าความตรง (Validity)

การทดลองที่ 1 ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ (Component Tolerance Error) คือตัวต้านทาน ซึ่งไม่ได้รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากเครื่องวัด เช่น การเสื่อมสภาพของเครื่องวัด การอ่านค่าจากสเกลผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปด้วย การทดลองส่วนที่ 2 จะเป็นการทดลองเกี่ยวกับ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการอ่าน ซึ่งอาจจะเป็น ความผิดพลาดเนื่องจากผู้วัด (Gross Error) หรือความผิดพลาดในการอ่าน (Observation Error) ผู้สอนจะมอบตัวต้านทานหนึ่งตัว ที่ไม่ทราบค่าให้กับนักศึกษา (R_X) นักศึกษาแต่ละคน จะหมุนเวียนกันเพื่อวัดและบันทึกค่าที่ตนเองวัดได้โดยใช้โอห์มมิเตอร์ตัวเดียวกันและนักศึกษาทุกคนจะต้องไม่แอบดู ค่าความต้านทานที่เพื่อนนักศึกษาคนอื่นวัดได้

สมการต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

1. $R_{av} = \left(\frac{R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n}{n} \right)$

2. Range of Error $= \frac{\left[(R_{max} - R_{av}) + (R_{av} - R_{min}) \right]}{2}$

3. Percent of Error $= \left(\frac{R_{av} - R_X}{R_x} \right) \times 100\%$

โดย R_X = ค่าความต้านทานที่อ่านจากโค๊ดสี หรือวัดด้วยสโตนบริดจ์

R_{av} = ค่าความต้านทานเฉลี่ย

4. $R_b = \left[R_a \times \left(\frac{E_{in} - E_0}{E_0} \right) \right]$

การจำแนกชนิดของความผิดพลาด

ความผิดพลาดจะปรากฏเสมอในการวัดทุกครั้ง ดังนั้นในการกำหนดรายละเอียดของการวัดในแต่ละครั้ง จะต้องรวมถึงความพยายามในการหาขนาดและแหล่งกำเนิดความผิดพลาดของการวัด ด้วยเหตุนี้ การทำความเข้าใจและการจำแนกชนิดของความผิดพลาดลง จึงเป็นขั้นตอนแรกในความพยายามที่จะลดความผิดพลาด ถ้ามีการออกแบบและทำการทดลองอย่างดี จะสามารถลดความผิดพลาดสู่ระดับที่มีผลกระทบน้อยกว่าค่าสูงสุดที่กำหนด ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของความผิดพลาดได้ดังนี้

1. ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด (Gross Errors)

2. ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ (Systematic Errors) หรือไบอัส (Bias) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยได้คือ ความผิดพลาดเนื่องจากเครื่องมือวัด (Instrumental Errors) และความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Errors)

3. ความผิดพลาดตกค้าง (Residual Errors) หรือความผิดพลาดแบบแรนดอม (Random)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด

คำว่า Gross หมายถึงความไม่ประณีต ความไม่มีสามัญสำนึก ฯลฯ ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัดมีหลายลักษณะดังนี้

1.1 เกิดจากการขาดความระมัดระวังหรือไม่มีวินัยในการวัด ทำให้อ่านค่าไม่ถูกต้องเหมาะสม โดยเฉพาะเครื่องมือวัดแบบชี้ค่า ที่มีหลายพิสัยวัด (Range) บันทึกค่าผลที่ได้ แตกต่างไปจากค่าที่อ่านค่าได้ ปรับเครื่องมือวัดไม่ถูกต้องหรือเกิดจากการคำนวณผิดพลาด

1.2 เกิดจากขาดความรู้ความเข้าใจในเครื่องมือวัด ทำให้เลือกใช้เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสมกับงาน หรือใช้งานเครื่องวัดเกินขีดจำกัดของเครื่องมือวัด

1.3 ขาดความรู้ความเข้าใจในการวัด โดยปกติจะมีสองแนวทางในการวัดปริมาณ นั่นคือ ทำการวัดปริมาณในลักษณะที่ปริมาณที่ต้องการวัดนั้นไม่เปลี่ยนแปลงโดยวิธีที่ใช้และยอมรับความคิดที่ว่า ปริมาณเปลี่ยนแปลงไปโดยกระบวนการวัด แล้วทำการวัดปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไป จากนั้นจึงทำการแก้ผลต่อเนื่องจากการรบกวน

1.4 ความผิดพลาดในการอ่านค่า (Observation Errors) ในการอ่านเครื่องวัดแบบเข็มชี้จะเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปรากฏ (Apparent Displacement) ของเข็มชี้ เนื่องจากตำแหน่งตาของผู้อ่านค่าแตกต่างไป ความผิดพลาดนี้เรียกว่า ความผิดพลาด Parallax วิธีปกติในการจำกัดความผิดพลาดนี้ทำได้โดยการใช้กระจกติดอยู่ในระดับเดียวกับสเกลใต้เข็มชี้ การอ่านค่า ผู้อ่านจะต้องพยายามให้เข็มชี้ทับกับภาพของเข็มบนกระจก จากนั้นจึงอ่านค่าที่เข็มชี้จากสเกลของเครื่องวัด

2. ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ

ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ คือความผิดพลาดซึ่งยังคงเหมือนเดิม ในการวัดค่าของปริมาณเดียวกันซ้ำๆ กัน

2.1 ความผิดพลาดในเครื่องมือวัด ในส่วนนี้จะกล่าวถึง ต้นเหตุของความผิดพลาดในเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้กลไกเบี่ยงเบนเข็มชี้เป็นตัวแสดงผลหรือชี้ค่าสมดุล แม้ว่าต้นเหตุของความผิดพลาดบางอย่างที่จะพูดถึงจะไม่มีในกรณีที่ใช้กลไกแสดงผลเป็นตัวเลข แต่ส่วนใหญ่ยังคงปรากฏอยู่ เมื่อผู้ศึกษาได้เรียนรู้ถึงต้นเหตุของความผิดพลาดของ เครื่องมือวัดจะสามารถเข้าใจได้ว่าความผิดพลาดของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดจะมีผลมาจากสาเหตุหลายประการนอกจากนั้นสาเหตุของความผิดพลาดก็จะแปรไปตามการอ่านค่าแต่ละแบบ บางแบบอาจจะมีลักษณะที่ค่อนข้างคงที่และบางแบบก็อาจจะเปลี่ยนแปลงไปช้าๆ ตลอดช่วงเวลาที่ยาว

ระยะแบ่งของขีดแบ่งสเกลของเครื่องมือวัดในบางกรณีอาจจะไม่ถูกต้อง เนื่องจากสเกลของเครื่องมือวัดบางแบบอาจพิมพ์ โดยใช้เครื่องอัตโนมัติที่ถูกป้อนข้อมูลกับสเกลที่ตรงกัน หรือวัดเปรียบเทียบกับสเกลมาตรฐาน(Master Scale) หลังจากผลิตเครื่องวัดจะถูกตรวจสอบโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องปฏิบัติการควบคุมคุณภาพของผู้ผลิต ว่ามีค่า Tolerance อยู่ในค่าที่กำหนดหรือไม่ เครื่องวัดที่มีความผิดพลาดของสเกล (Scale Error) มากเกินกว่าที่กำหนด (โดย Tolerance) จะถูกส่งกลับไปทำใหม่ บางครั้งความผิดพลาดที่ปรากฏอาจเนื่องจากการงอของเข็มชี้หรือมีเศษเหล็กอยู่ในช่องของแม่เหล็ก ในกรณี Scale Error สามารถถูกวัดโดยเปรียบเทียบค่าที่อ่านกับเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องกว่า ทำให้ได้ค่าความผิดพลาดและต้องใส่ค่าที่ถูกต้องเข้าไปทุกครั้งที่ใช้เครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดบางแบบถูกออกแบบให้ใช้เมื่อสเกลของตัวเครื่องมือวัดอยู่ในแนวนอนบางแบบอยู่ในแนวตั้ง ผลเนื่องจากสมดุลของส่วนเคลื่อนที่จะทำให้การอ่านค่าผิดไปเมื่อท่าวางของเครื่องมือวัดเปลี่ยนไป เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดนี้ เครื่องมือวัดจะถูกใช้ในตำแหน่งที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์มาตรฐานบนหน้าปัดของเครื่องมือวัด

แรงบิดที่เบี่ยงเบนเข็มชี้หรือส่วนที่เคลื่อนที่ ในเครื่องมือวัดส่วนมาก จะต้องต้านแรงบิดต้านจากสปริงแบบก้นหอยและสปริงก็เป็นตัวนำทำหน้าที่นำกระแสเข้าหรือออกจากส่วนที่เคลื่อนที่ด้วย แม้ว่าแรงกระทำบนสปริงปกติจะต่ำกว่าขีดจำกัดความยืดหยุ่นของสปริงนั้น แต่บางครั้งในทางปฏิบัติ อาจเกิดการล้าขึ้นในสปริงเมื่อได้รับแรงกระทำ ปัญหานี้จะปรากฏเมื่อเข็มชี้กลับสู่ตำแหน่งศูนย์ เข็มชี้จะกลับสู่จุดที่สูงกว่าจุดศูนย์เล็กน้อยและจะกลับสู่จุดศูนย์เมื่อเวลาผ่านไป

2.2 ความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่การวัดดำเนินการอยู่จะมีอิทธิพลต่อค่าหรือผลการวัดที่ได้ ตัวอย่างเช่น ในวันที่อากาศร้อนและชื้นมาก ผู้ทำการวัดอาจจะขาดความระมัดระวังหรือปริมาณที่ต้องการวัดเปลี่ยนแปลงลักษณะจำเพาะตามเวลา เช่น ในสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ค่าที่วัดอาจถูกกระทบกระเทือนโดยการสั่นของอาคาร สิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบกระเทือนต่อการวัดและค่าที่วัด รวมถึงอุณหภูมิ ความดัน ความชื้น การสั่นสะเทือนหรือการกระเพื่อมเพื่อการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าบ้าน ตัวแปรเหล่านี้จะเรียกว่า ตัวแปรอิทธิพล (Influence Variable) เนื่องจากมีอิทธิพลต่อค่าที่วัดได้โดยตรง ถ้าอุปกรณ์มีความไวต่อแสง ผลที่ได้อาจเปลี่ยนไปในเวลากลางวันถึงกลางคืน

ขณะที่ความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อมถือเป็นความผิดพลาดที่เป็นระบบ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีค่าคงที่ การหาผลของมันต่อการวัดเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก ดังนั้นเราจะใช้วิธีการควบคุมสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ให้คงที่ เช่น ใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ใช้ตัวปรับเสถียรแรงดันไฟบ้านออกแบบเครื่องมือวัดโดยตัวชดเชยอุณหภูมิ เป็นต้น

3. ความผิดพลาดตกค้างหรือแบบแรนดอม

ความผิดพลาดแบบแรนดอม คือ ความผิดพลาดที่มีค่าแตกต่างกันเมื่อทำการวัดปริมาณเดียวกันซ้ำๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ เป็นค่าผิดพลาดที่ยังคงที่ตลอดกระบวนการวัดที่ซ้ำๆ กัน ระหว่างข้อมูลการวัดที่ทำซ้ำๆ กัน ค่าความผิดพลาดที่คงที่ในผลของการวัดค่าที่ซ้ำๆ กัน จะไม่สามารถเห็นได้จากการดูข้อมูล เราจะยังไม่ทราบขนาดและเครื่องหมายของค่าผิดพลาดจนกว่าจะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากกระบวนการวัดอื่นหรือวิธีอื่น ผู้ทำการวัดจะต้องสามารถกำหนดขอบเขต ของความผิดพลาดแบบเป็นระบบ เพื่อให้คนอื่นที่จำเป็นต้องใช้ผลของข้อมูลเหล่านี้ได้เข้าใจถึงความไม่แน่นอนของข้อมูล

ผลกระทบเนื่องจากความผิดพลาดแบบแรนดอมในการวัดไฟฟ้าจะมีค่าน้อยมากสำหรับการทดลองที่ออกแบบอย่างดีและโดยปกติจะไม่นำมาคิดในงานที่มีความถูกต้องน้อย อย่างไรก็ตามสำหรับงานที่ต้องการความถูกต้องสูง ไม่สามารถละเลยความผิดพลาดชนิดนี้ได้ การลดผลของความผิดพลาดชนิดนี้ ทำโดยใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วย หลังจากที่ได้ทำการลดความผิดพลาดแบบเป็นระบบจนน้อยที่สุดที่ยอมรับได้ วิธีการทั่วไปคือ ทำการวัดปริมาณเดียวกันซ้ำๆ การใช้วิธีการทางสถิติศึกษาการกระจายของผลที่ได้จะนำไปสู่การประมาณปริมาณ ซึ่งถือว่ามีความถูกต้องมากกว่าการวัดเพียงครั้งเดียว เทคนิคทางสถิตินี้จะใช้กับการกระจายทั้งที่เป็นแบบสมมาตรที่พบบ่อยเรียกว่า การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

การลดความผิดพลาดในการวัด

1. การลดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด

1.1 มีความรู้ความเข้าใจ สิ่งที่ผู้ทำการวัดทุกคนต้องมีคือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะจำเพาะ ขีดจำกัด และสมรรถนะตามปกติของอุปกรณ์การวัดทุกชิ้นที่ใช้จะต้องมีความเข้าใจในทฤษฎีพื้นฐานของการวัด เพื่อสามารถเข้าใจปัญหาด้านการวัดทั้งหมดที่เผชิญอยู่ ผู้ทำการวัดจะต้องมีความสามารถในการเลือกเครื่องมือ สำหรับวิเคราะห์ผลที่ได้เทียบกับทฤษฎี

1.2 มีเทคนิค เช่น การแทนเครื่องมือที่มีปัญหาด้วยเครื่องมือที่คล้ายกัน การสลับที่กันระหว่างเครื่องมือที่คล้ายกัน การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์เพื่อดูผลกระทบของพารามิเตอร์นั้นต่อระบบการวัดโดยรวม ใช้วิธีที่เป็นอิสระแตกต่างกันในการวัดปริมาณเดียวกัน ใช้วัดซ้ำปริมาณเดียวกัน เป็นต้น

1.3 มีวินัย มีการวางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน มีความสุขุมรอบคอบในการวัด ในการบันทึกค่าโดยตรงอย่างมีระเบียบตามลำดับ บันทึกรายละเอียดทุกสิ่งที่เกี่ยวข้องในการจัดการวัด รวมถึงเงื่อนไขต่างๆ

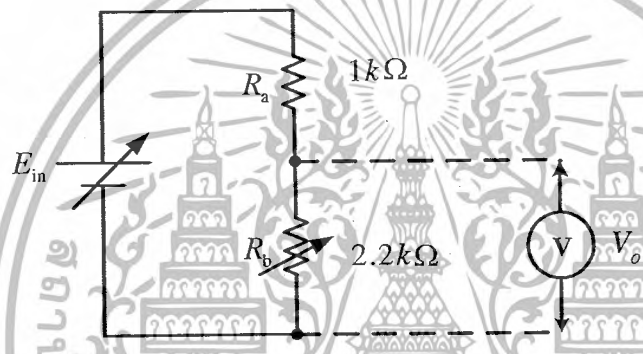
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การลดความผิดพลาดแบบเป็นระบบ

เนื่องจากลักษณะจำเพาะของความผิดพลาดแบบเป็นระบบคือ ความผิดพลาดชนิดนี้ขนาดและเครื่องหมายที่เหมือนกันสำหรับทุกๆ การวัดซ้ำกัน ถ้าหากเรารู้ขนาดและเครื่องหมาย เราก็สามารถใส่คำแก้เข้าไป ทำให้สามารถกำจัดความผิดพลาดนี้ได้

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุปกรณ์



รูปที่ 1.1 วงจรหาค่าความคลาดเคลื่อน

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 1.1 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2. ปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ R_b ให้ได้ค่า $2.2\,k\Omega$ และต่อโวลต์มิเตอร์ เพื่อเตรียมวัดค่าแรงดันตกคร่อม

3. ปรับแรงดัน E_{in} จนกระทั่ง วัดแรงดันตกคร่อม E_{Rb} มีค่า 10 V. บันทึกค่าของ E_{in} ลงในตารางที่ 1 และรักษาระดับแรงดันของ E_{in} นี้ไว้ตลอดการทดลอง

4. ต่อตัวต้านทานค่าคงที่ $2.2\,k\Omega$ ตัวที่หนึ่ง แทนตัวต้านทานปรับค่าได้ R_b วัดและบันทึกแรงดันตกคร่อม E_{Rb} ลงในตารางที่ 1.1

5. ต่อตัวต้านทานค่า $2.2\,k\Omega$ ที่เหลือ วัดและบันทึกค่าแรงดันตกคร่อม E_{Rb} ทีละครั้ง ลงในตารางที่ 1.1

6. คำนวณหาค่า R_b ทั้ง 10 ตัว แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 1.1

$$R_b = \left[R_a \times \left(\frac{E_{in} - E_{Rb}}{Rb} \right) \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ

$$R_{b1} = [1k\Omega \times \{9.97/(14.54-9.97)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b2} = [1k\Omega \times \{9.98/(14.54-9.98)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b3} = [1k\Omega \times \{9.98/(14.54-9.98)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b4} = [1k\Omega \times \{9.97/(14.54-9.97)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b5} = [1k\Omega \times \{9.96/(14.54-9.96)\}]$$
$$= 2.174k\Omega$$
$$R_{b6} = [1k\Omega \times \{9.97/(14.54-9.97)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b7} = [1k\Omega \times \{9.97/(14.54-9.97)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b8} = [1k\Omega \times \{9.98/(14.54-9.98)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b9} = [1k\Omega \times \{9.98/(14.54-9.98)\}]$$
$$= 2.188k\Omega$$
$$R_{b10} = [1k\Omega \times \{9.95/(14.54-9.95)\}]$$
$$= 2.167k\Omega$$

ตอบ

7. คำนวณหาค่า R_b เฉลี่ย โดยใช้ค่าจากขั้นตอนที่ 6 บันทึกผลลงในตารางที่ 1

จากสูตร $R_{bav} = \dfrac{(R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n)}{n}$

วิธีทำ

$$R_{bav} = \frac{(R_{b1} + R_{b2} + R_{b3} + R_{b4} + R_{b5} + R_{b6} + R_{b7} + R_{b8} + R_{b9} + R_{b10})}{10}$$

$$= 2.184k\Omega$$

ตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คำนวณหาค่า ย่านของความคลาดเคลื่อน (Range of Error) บันทึกค่าลงในตารางที่ 1

$$\text{Range of Error} = \left[\frac{(R_{mix} - R_{bav}) + (R_{bav} - R_{min})}{2}\right]$$

<u>วิธีทำ</u>

$$\text{Range of Error} = \frac{[(2.188k\Omega - 2.184k\Omega) + (2.184k\Omega - 2.167k\Omega)]}{2}$$

$$= 10.5$$ <u>ตอบ</u>

9. คำนวณหาค่า เปอร์เซนต์ของความคลาดเคลื่อน (Percent of Error) จากค่าเฉลี่ย R_b ที่ได้จากขั้นตอนที่ 6 โดยค่า R_X เป็นค่าที่ได้จากการอ่านโค๊ดสี บันทึกค่าลงในตารางที่ 1

$$\text{Percent of Error} = \left[\left(\frac{R_{bav} - R_X}{R_x}\right)\right] \times 100\%$$

<u>วิธีทำ</u>

$$\%error = \left[\frac{(2.184k\Omega - 10.5)}{10.5}\right] \times 100$$

$$= 0.72\ \%$$ <u>ตอบ</u>

ตารางที่ 1.1 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 1.1

ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุปกรณ์				
คนที่	R_b ค่าที่อ่านได้จากแถบสี	E_0	R_b ค่าที่ได้จากการคำนวณ	E_{in} = 14.54 V
1	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188kΩ	R_b average = 2.184 kΩ
2	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188kΩ	
3	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188kΩ	
4	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188kΩ	
5	2.2 $k\Omega$	9.96 V	2.174kΩ	Range of error = 10.5
6	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188kΩ	
7	2.2 $k\Omega$	9.97 V	2.188kΩ	
8	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188kΩ	Percent error = 0.72%
9	2.2 $k\Omega$	9.98 V	2.188kΩ	
10	2.2 $k\Omega$	9.96 V	2.167kΩ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า

1. ให้นักศึกษาจำนวน 10 คน วัดและบันทึกค่าของความต้านทานที่กำหนดให้ โดยใช้โอห์มมิเตอร์มาตรฐาน

2. ให้นักศึกษาทั้ง 10 คน บันทึกค่าที่อ่านได้ บนกระดาน

3. ให้นักศึกษาทุกคนบันทึกค่าที่วัดได้บนกระดาน ลงในตารางผลการทดลองที่ 1.2

4. คำนวณหาค่า ความต้านทานเฉลี่ย (R average) ที่ได้จากการอ่านของนักศึกษาทั้ง 10 คน แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 1.2

$$R_{av} = \left[\frac{(R_{\max} - R_{av}) + (R_{av} - R_{\min})}{2}\right]$$

<u>วิธีทำ</u>

$$R_{av} = \frac{(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10})}{10}$$

$$= \frac{\left(\begin{array}{l}2.20k\Omega + 2.21k\Omega + 2.22k\Omega + 2.22k\Omega + 2.21k\Omega + \\ 2.22k\Omega + 2.20k\Omega + 2.22k\Omega + 2.22k\Omega + 2.20k\Omega\end{array}\right)}{10}$$

$$= 2.21\ \text{k}\Omega$$ <u>ตอบ</u>

5. คำนวณหาค่า ย่านของความคลาดเคลื่อนจากการอ่าน โดยใช้สมการที่ 2 บันทึกค่าลงในตารางที่ 2

$$\text{Range of Error} = \left[\frac{(R_{\max} - R_{av}) + (R_{av} - R_{\min})}{2}\right]$$

<u>วิธีทำ</u>

$$= \frac{[(2.22k\Omega + 2.21k\Omega) + (2.21k\Omega - 2.20k\Omega)]}{2}$$

$$= 0.01$$ <u>ตอบ</u>

6. คำนวณหาค่า เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนของค่าความต้านทานเฉลี่ย ที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 3 โดยใช้สมการที่ 3 (R_X เป็นค่าที่ได้จากการวัดด้วย วีทสโตนบริดจ์) บันทึกค่าลงในตารางที่ 2

$$\text{Percent of Error} = \left(\frac{R_{av} - R_X}{R_x}\right) \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีทำ</u>

$$\text{Percent of Error} = \left[\frac{(2.21k\Omega - 2.22k\Omega)}{2.22k\Omega}\right]\times 100$$

$$= 0.45\ \%$$ <u>ตอบ</u>

ตารางที่ 1.2 บันทึกค่าความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า

ค่าความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่า		
คนที่	ค่าความต้านทานที่วัดได้	ค่าความต้านทานจริง R_X = 2.2 kΩ
1	2.20kΩ	Average resistance = 2.21 kΩ
2	2.21kΩ	
3	2.22kΩ	
4	2.22kΩ	
5	2.21kΩ	Range of error = 0.01
6	2.22kΩ	
7	2.20kΩ	
8	2.22kΩ	Percent of error = 0.45 %
9	2.22kΩ	
10	2.20kΩ	

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า การทดลองทุกครั้งจะเกิดค่าความผิดพลาดขึ้นทุกครั้ง ความผิดพลาดจะเกิดจากผู้ทำการทดลองเอง เช่น ขาดความรอบคอบในการทดลอง การอ่านผิดพลาด ความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือวัด ตัวความต้านทานที่มีค่าความคลาดเคลื่อน ส่งผลให้การทดลองค่าที่ได้มีความผิดพลาดจากค่าความเป็นจริง ซึ่งจะแก้ไขได้โดยการทำความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัด มีความรอบคอบในการทดลอง เป็นต้น นอกจากนี้ควรมีการทดลองซ้ำๆ กันหลายครั้งจะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายความหมายค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด

การวัดจะเป็นขบวนการเปรียบเทียบค่าในการวัดตัวแปรกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ในการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อน หมายถึง ค่าที่ได้จากการวัดตัวแปร ซึ่งไม่ตรงหรือเบี่ยงเบนไปจากค่าที่คาดหวัง การเกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานเครื่องมือวัดและสภาพแวดล้อมขณะที่ทำการวัด เป็นต้น จะเห็นได้ว่าทุกครั้งที่ทำการวัดจะมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดเกิดขึ้นเสมอ

2. ชนิดของความผิดพลาดในการวัดมีกี่ชนิด อะไรบ้าง

ชนิดความผิดพลาดมี 3 ชนิด คือ

2.1 ความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัด เช่น การอ่านค่าการวัดผิดพลาด การขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัด เป็นต้น

2.2 ความผิดพลาดแบบเป็นระบบ สามารถแบ่งได้ดังต่อไปนี้

- ความผิดพลาดเนื่องจากเครื่องวัด
- ความผิดพลาดเนื่องจากสิ่งแวดล้อม

2.3 ความผิดพลาดตกค้างหรือแบบแรมดอม

ความผิดพลาดแบบแรนดอมในการวัดไฟฟ้า จะมีค่าน้อยมากสำหรับการทดลองที่ออกแบบอย่างดีและโดยปกติจะไม่นำมาคิดในงานที่มีความถูกต้องน้อย

3. เราสามารถลดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัดได้อย่างไร

เราสามารถลดความผิดพลาดเนื่องจากผู้ทำการวัดได้โดย

3.1 มีความรู้ความเข้าใจ คือผู้ทำการวัดจะต้องมีความเข้าใจทฤษฎีพื้นฐานของการวัดก่อนโดยจะต้องสามารถเลือกเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ผลที่ได้เทียบกับทฤษฎี

3.2 มีเทคนิค เช่น การแทนเครื่องมือที่มีปัญหาด้วยเครื่องมือที่คล้ายกันการวัดซ้ำหลายครั้ง

3.3. มีวินัย มีการวางแผนขั้นตอนดำเนินการมีความรอบคอบสุขุมในการวัด มีการบันทึกค่าโดยตรงอย่างมีระบบระเบียบตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2

การหาค่ากระแสเต็มสเกลและค่าความต้านทานภายในของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (Movement Meter)

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
2. วัดค่าที่จุดต่างๆ ได้
3. บันทึกค่าที่วัดได้
4. คำนวณหาค่าความต้านทานภายในได้
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟ แบบปรับค่าได้ $0-20\ V$	1	เครื่อง
2. โวลต์มิเตอร์(ค่าความต้านทานภายในสูง)	1	ตัว
3. แอมมิเตอร์ แบบมาตรฐาน	1	ตัว
4. โอห์มมิเตอร์แบบมาตรฐาน	1	ตัว
5. เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (Movement Meter)	1	ตัว
6. ความต้านทาน แบบค่าคงที่ $100\ k\Omega$	1	ตัว
7. ความต้านทาน แบบปรับค่าได้ $50\ k\Omega$ และ $100\ k\Omega$ อย่างละ	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องแบบขดลวดเคลื่อนที่ ได้ถูกใช้เป็นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องวัดแบบเข็มชี้ชนิดไฟตรง เช่น ดีซีโวลต์มิเตอร์ ดีซีแอมมิเตอร์ และโอห์มมิเตอร์ โดย Movement Meter ชนิดนี้อาศัยหลักการทำงานเช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยขดลวดสนามแม่เหล็ก จะเป็นขดลวดทองแดง ที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กมาก ดังนั้นการทำงานของ Movement Meter จะอาศัยกระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพื่อทำให้ขดลวดเครื่องที่และพาเข็มชี้ให้เบี่ยงเบนไป เช่น $50\ \mu A$ $100\ \mu A$ และ $1 mA$ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Movement Meter จะไม่นำไปใช้เพื่อวัดกระแสหรือแรงดันโดยตรง เนื่องจากทนปริมาณดังกล่าวได้น้อย ดังนั้น เมื่อใช้งานจะต้องต่อขนานกับความต้านทาน ในกรณีที่ใช้เป็นแอมมิเตอร์ และต่ออนุกรมกับความต้านทาน ในกรณีที่ใช้เป็นโวลต์มิเตอร์ ในการขยายย่านวัดของมิเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นโวลต์มิเตอร์หรือแอมมิเตอร์ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์นั้น (Internal Resistance หรือ R_m) เพื่อจะได้กำหนดค่าตัวต้านทานภายนอกในการขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง และมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด หลักการหาค่าความต้านทานภายในมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีปรับความต้านทาน (Variable Resistance)

วิธีการนี้ทำได้โดยการหาค่า R_f คือค่าความต้านทาน R_X ที่ทำให้เข็มของมิเตอร์ชี้เต็มสเกลและหาค่า R_h คือค่าความต้านทาน R_X ที่ทำให้เข็มของมิเตอร์ชี้ที่ครึ่งสเกล และหาค่าความต้านทานภายใน (R_m)ของมิเตอร์ได้จากสมการ

$$R_m = R_h - 2R_f$$

วงจรการทดลองหาค่า R_m ด้วยวิธีดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.1

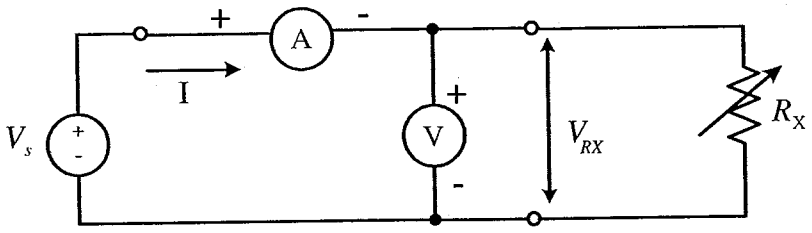
รูปที่ 2.1 วิธีการหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์แบบ Variable Resistance

2. โอห์มมิเตอร์ (Potentionmeter method)

วิธีการนี้ทำได้โดยต่อวงจรดังรูปที่ 2.2 และปรับค่า R_X ให้ได้กระแสที่แอมมิเตอร์เท่ากับค่าเต็มสเกลและวัดค่าแรงดันตกคร่อม R_X ด้วยโวลต์มิเตอร์ และนำมาหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์นี้ได้ดังสมการ

$$R_m = V_S - V_{RX}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



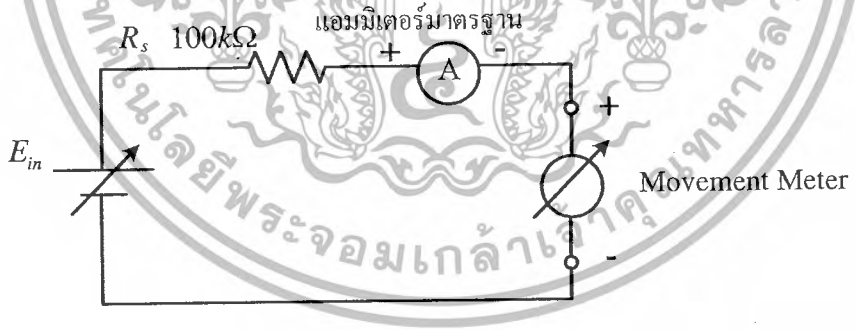
รูปที่ 2.2 วิธีการหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์แบบ Potentionmeter method

3. ความต้านทานชันท์ (Shunt resistance method)

หมายถึงวิธีการนำค่าความต้านทานภายนอกมาขนานกับความต้านทานภายในของมิเตอร์ และเป็นผลให้กระแสมิเตอร์ลดลงครึ่งหนึ่ง ค่าความต้านทานภายนอกจะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 การหาค่ากระแสเต็มสเกล (Full Scale Deflecting Current, I_{fs})



รูปที่ 2.3 วงจรการหาค่ากระแสเต็มสเกล

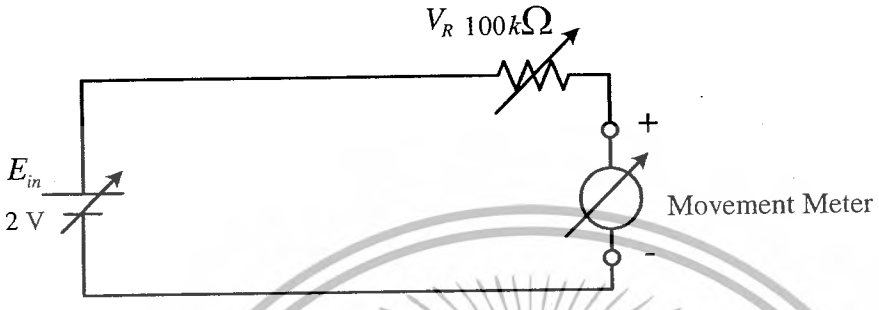
1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 2.3 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. ปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายให้เป็นศูนย์ ก่อนจ่ายไฟ
3. ค่อยๆ ปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย ให้ค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเข็มชี้ของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล อ่านค่า I_{fs} จากแอมมิเตอร์ บันทึกค่า I_{fs}

I_{fs} = $50\mu A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 การหาค่าความต้านทานภายใน (Internal Resistance , R_m)

2.1 วิธีที่ 1 Variable resistormethod



รูปที่ 2.4 วงจรหาค่าความต้านทานภายใน

2.1.1 นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.1.2 ปรับความต้านทาน ปรับค่าได้ V_R ให้มีค่าความต้านทานสูงสุดและปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันให้มีค่าต่ำสุด

2.1.3 เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันช้าๆ จนกระทั่งมีค่า $2V$

2.1.4 ค่อยๆ ลดค่าความต้านทานของ V_R ลงจนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล

2.1.5 ปลด V_R ออกมาวัดค่าความต้านทาน ด้วยมัลติมิเตอร์ บันทึกค่าความต้านทานที่วัดได้ (R_1) ลงในตารางที่ 2.1

2.1.6 ต่อ V_R กลับเข้าไปในวงจรใหม่และค่อยๆ เพิ่มค่าความต้านทานของ V_R จนกระทั่งเข็มชี้ของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกล (Half Scale) แล้วปลด V_R ออกมาวัดค่าความต้านทาน (R_2) บันทึกค่าลงในตารางที่ 2.1

2.1.7 คำนวณหาค่า R_{m1} ของ Movement Meter โดยใช้สมการแล้วบันทึกค่าลงในตาราง

$$R_{m1} = R_2 - 2R_1$$

<u>วิธีทำ</u>

$R_2 = 46.8\ \text{k}\Omega$

$R_1 = 22.5\ \text{k}\Omega$

$$R_{m1} = 46.8k\Omega - 2(22.5k\Omega)$$

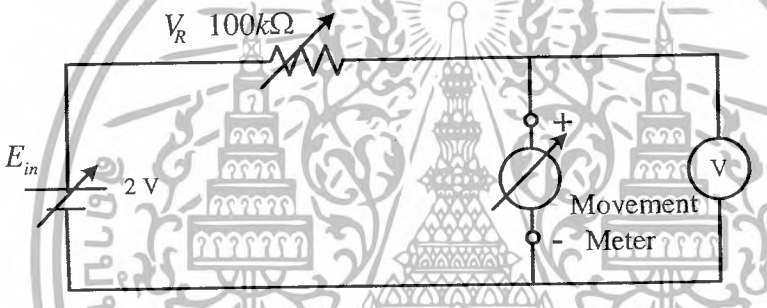
$$= 1.8\ \text{k}\Omega$$ <u>ตอบ</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การหาค่าความต้านทานภายในด้วยวิธี Variable resistor method

Variable resistor method	
R_1 (Meter full Scale)	46.8 kΩ
R_2 (Meter Haft Scale)	22.5 kΩ
R_{m1}	1.8 kΩ

2.2 วิธีที่ 2 Potentiometer Method



รูปที่ 2.5 วงจร Potentiometer Method

2.2.1 นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปที่ 2.5 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.2.2 ปรับความต้านทานปรับค่าได้ V_R ให้ปรับค่าความต้านทานสูงสุด และปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันให้มีค่าต่ำสุด

2.2.3 เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันช้าๆ จนกระทั่งมีค่า $2V$

2.2.4 ลดค่าของความต้านทานปรับค่าได้ V_R ลงจนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล อ่านและบันทึกค่าแรงดันตกคร่อม Movement Meter ลงในตารางที่ 2.2

2.2.5 คำนวณหาค่าความต้านทานภายใน (R_{m2}) และบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.2

$$R_{m2} = \frac{E_{Rm2}}{I_{fs}}$$

<u>วิธีทำ</u>

$$E_{Rm2} = 0.119V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{fs} = 50\mu A$$

$$R_{m2} = \frac{E_{Rm2}}{I_{fs}}$$

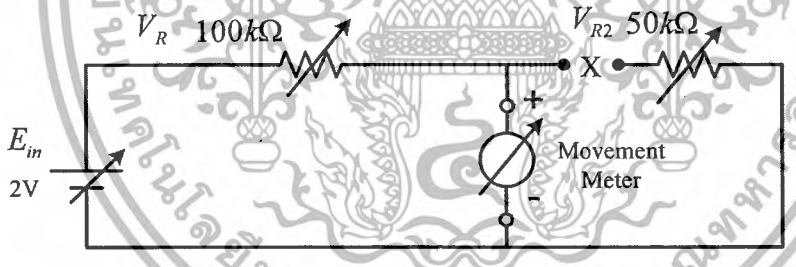
$$= \quad 0.119/50\mu\text{A}$$

$$= \quad 2.38k\Omega$$ <u>ตอบ</u>

ตารางที่ 2.2 การหาค่าความต้านทานภายในด้วยวิธี Potentiometer Method

Potentiometer Method	
E_{Rm2}	$0.119V$
I_{fs}	$50\mu A$
R_{m2}	$2.38k\Omega$

2.3 วิธีที่ 3 Shunt Resistor Method



รูปที่ 2.6 วงจร Shunt Resistor Method

2.3.1 นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.3.2 ปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ V_{R1} จนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล

2.3.3 ลัดวงจรที่จุด X และปรับความต้านทานปรับค่าได้ V_{R2} จนกระทั่งเข็มของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกล

2.3.4 ปลดความต้านทานปรับค่าได้ V_{R2} ออกจากวงจรและวัดค่า บันทึกค่าลงในตารางที่ 2.3 (ค่าที่วัดได้นี้คือ R_{m3})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การหาค่าความต้านทานภายในด้วยวิธี Shunt Resistor Method

Shunt Resistor Method	
R_{m3}	1.92 kΩ

2.3.5 คำนวณหาค่าความต้านทานภายในเฉลี่ย (R_{mave}) โดยใช้สมการ

$$R_{mave} = \frac{(R_{m1} + R_{m2} + R_{m3})}{3}$$

วิธีทำ

$$R_{mave} = \frac{(1.8k\Omega + 2.38k\Omega + 1.92k\Omega)}{3}$$

$$= 2.03 \text{ k}\Omega$$ ตอบ

ตารางที่ 2.4 การหาค่าความต้านทานภายในของมิเตอร์มูฟเมนต์

Variable Resistor Method	Potentiometer Method	Shunt Resistor Method	Internal Resistance of Meter Movement
R_1 = 22.5 kΩ	E = 0.119 V		
R_2 = 46.8 kΩ	I = 50 μA		
R_{m1} = 1.8 kΩ	R_{m2} = 2.38 kΩ	R_{m3} = 1.92 kΩ	R_{mav} = 2.03 kΩ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่า การที่จะทำให้เข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกลสามารถทำได้โดยการนำ Movement Meter ต่ออนุกรมกับความต้านทานคงที่และแหล่งจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ จากนั้น เพิ่มแรงดันของแหล่งจ่ายเพิ่มขึ้น จะทำให้เข็มของ Movement Meter เคลื่อนที่ตามไปด้วยจนเข็ม ของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกล จากนั้นนำแอมมิเตอร์ วัดกระแสของวงจร จะได้กระแสที่ทำให้เข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล ตามทฤษฎีของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเมื่อความต้านทานของวงจรคงที่ แต่แรงดันของวงจรเปลี่ยน จะทำให้กระแสของวงจรเปลี่ยนตามไปด้วย

จากการทดลอง การหาความต้านทานภายในด้วย วิธี Variable resister Method คือการปรับค่าความต้านทานของวงจรที่จะทำให้เข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกลและปรับหาค่าความต้านทานที่จะทำใช้ เข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกลโดยที่แหล่งจ่ายแรงดันของวงจรจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากันจะคงที่ที่แรงดันค่าหนึ่งจากนั้นนำค่าความต้านทานที่ทำให้เข็มของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกลมาคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน จากสมการ $R_{mi} = R_2 - 2R_1$

จากการทดลองหาค่าความต้านทานภายในจากวิธี Potentiometer Method เป็นการหาโดยการวัดแรงดันที่ตกคร่อม Movement Meter ขณะที่เข็มชี้เต็มสเกลและกระแสสูงสุดที่ Movement Meter สามารถวัดได้แล้วนำไปคำนวณหา ค่าความต้านทานภายในจากสมการ $R_m = E_m / I_{fs}$ ทำให้ได้ค่าความต้านภายในจากวิธีการ Potentiometer Method

จากผลการทดลอง การหาค่าความต้านทานภายใน Movement Meter ด้วยวิธีการ Shunt Resistor Method นั้น V_{R2} คือ ความต้านทานที่นำมาต่อขนานกับ Movement Meter ถ้าหากปรับค่าความต้านทาน V_{R2} ให้เข็มของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกล กระแสที่ไหลผ่านตัว Movement Meter จะลดลงครึ่งหนึ่ง ส่วนอีกครึ่งหนึ่งจะไหลผ่านตัวต้านทานปรับ ค่าได้ V_{R2} ตามทฤษฎีของวงจรแบ่งกระแสเพราะนั้นความต้านทานของ V_{R2} กับความต้านทานภายใน Movement Meter จะต้องเท่ากันจึงจะสามารถแบ่งกระแสให้เข็มของ Meter Movement ชี้ที่ครึ่งสเกลได้

คำถามท้ายการทดลอง

1. สมการการคำนวณหาค่า R_{m1} ในลำดับขั้นการทดลองที่ 2.1.7 เป็นจริงได้อย่างไรจงแสดงให้เห็นจริง

<u>วิธีทำ</u> จากสูตร $R_{m1} = R_2 - 2R_1$

$R_2 = 46.8\ \text{k}\Omega$

$R_1 = 22.5\ \text{k}\Omega$

$R_{m1} = 46.8k\Omega - 2(22.5k\Omega)$

$= 1.8\ \text{k}\Omega$ <u>ตอบ</u>

2. ค่าของ R_{m3} ในลำดับขั้นการทดลองที่ 2.3.3 มีค่าเท่ากับ ค่าความต้านทานของ V เมื่อปรับให้เข็มชี้ของ Movement Meter ชี้ครึ่งสเกล ได้อย่างไร

เมื่อทำการลัดวงจรที่จุด X กระแสที่ไหลผ่าน R_{m3} จะถูกแบ่ง จ่ายไปยัง R_{m2} ตามกฎการแบ่งกระแสและเมื่อปรับ V_{R2} ใหม่ ค่าความต้านทาน

3) การทดลองหาค่าความต้านทานภายในของ Movement Meter ใช้โอห์มมิเตอร์วัดได้หรือไม่จงอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ เพราะลองเทียบค่าที่วัดจาก ขดลวดเคลื่อนที่ ของ Movement Meter มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้

4) ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองหาค่า R_m แต่ละวิธีเกิดจากสาเหตุใด จงอธิบาย

เกิดจากความผิดพลาดในระบบ

1. Instrument error เกิดจากโครงสร้างภายในของขดลวด
2. Envirament error เกิดจากการใช้งานมานาน ทำให้เข็มชี้ค่าอ่านได้ไม่เที่ยงตรง
3. Observation error เกิดจากการที่ผู้รับวัด อ่านค่าผิดพลาดจากการมองสเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การทดสอบความไวในการวัด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ต่อวงจรได้อย่างถูกต้อง
2. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
3. คำนวณหาค่าความต้านทานต่อโวลต์ (Sensitivity) ได้
4. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ $0-20\ V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. Movement Meter $0-50\ \mu A$	1	เครื่อง
5. ตัวความต้านทานแบบปรับค่าได้ $500\ k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

ความไวในการวัด (Sensitivity) คือ ความสามารถของเครื่องมือวัดไฟฟ้าในการตรวจจับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) ของเครื่องมือ

เมื่อพิจารณาเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวในการวัดต่างกันมักมีผลในการวัดในวงจรไม่เท่ากันถือว่าเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวในการวัดสูงๆ มักมีผลการวัดที่ได้เที่ยงตรงมากกว่าเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวต่ำๆ เสมอ สมการคำนวณหาค่าความไวในการวัดสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ความไวในการวัด} = \frac{1}{\text{ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่}\ (A)}$$

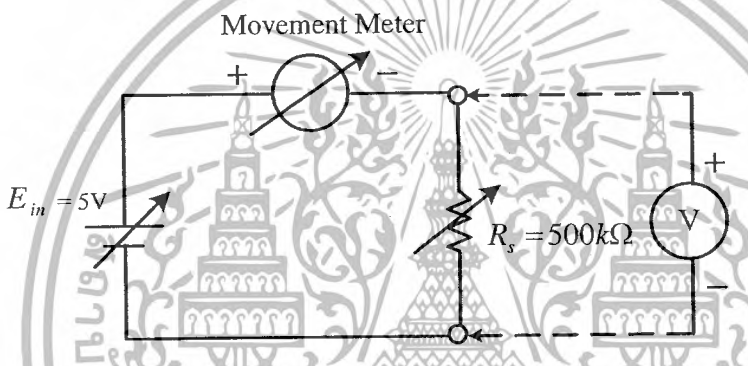
หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความไวในการวัด} = \frac{\text{ค่าความต้านทานภายในเครื่องมือวัดไฟฟ้า } (\Omega)}{\text{ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ } (V)}$$

ความไวในการวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม/โวลต์ $\left(\frac{\Omega}{V}\right)$

ลำดับขั้นการทดลอง



รูปที่ 3.1 วงจรการทดสอบความไว้ในการวัด

1. นำแผงทดลองที่ 1 ต่อวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. ปรับแรงดัน E_{in} เท่ากับ $5\,V$
3. ปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ R_s ให้มีความต้านทานสูงสุด
4. ค่อยๆ ปรับลดความต้านทานปรับค่าได้ R_s ลง เพื่อให้เข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล
5. วัดแรงดันตกคร่อมความต้านทานปรับค่าได้ R_s และบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
6. ปลดตัวต้านทานปรับค่าได้ออกจากวงจรวัดค่าความต้านทานและบันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 3.1

ย่านวัด	$50\,\mu A$
ความต้านทานจากการวัด	102.8 kΩ
แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน	5.19 kΩ
ค่าความไวในการวัด $\left(\frac{\Omega}{V}\right)$	$19.807\,k\Omega / V$

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าคาความไวก็คือ อัตราส่วนระหว่างความต้านทานภายในของเครื่องวัดกับแรงดันไฟฟ้าที่วัดหรือส่วนกลับของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้มิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกล โดยที่มิเตอร์ที่มีความไวในการวัดมากนั้น กระแสไฟฟ้าที่ทำให้มิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกลจะมีค่าน้อย ถ้าหากกระแสไฟฟ้าที่ทำให้มิเตอร์เบี่ยงเบน เต็มสเกลมีค่ามากความไวในการวัดจะมีค่าต่ำ เป็นไปตามทฤษฎี

คำถามท้ายการทดลอง

1. ความหมายของ Sensitivity คืออะไรและเกิดขึ้นได้อย่างไร

ค่า Sensitivity คือ ค่าความไวในการวัด ซึ่งเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวในการวัดต่างกันจะมีผลในการวัดวงจรไม่เท่ากัน ซึ่งเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวในการวัดสูง จะมีความเที่ยงตรงกว่าเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวต่ำ

Sensitivity เกิดขึ้นโดยเป็นความสามารถของเครื่องวัดไฟฟ้าในการตรวจจับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือวัดนั้นเอง

2. ถ้ามิเตอร์มี Sensitivity 5,000 จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่ากระแสสูงสุดไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่เท่าไร

<u>วิธีทำ</u>

$$\text{ความไวในการวัด} = \frac{1}{\text{ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่}\,(A)}$$

$$5000 = \frac{1}{\text{ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่}}$$

$$\text{ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่} = \frac{1}{5000} = 200\,\mu A \quad \underline{\text{ตอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4

การออกแบบดีซีโวลต์มิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

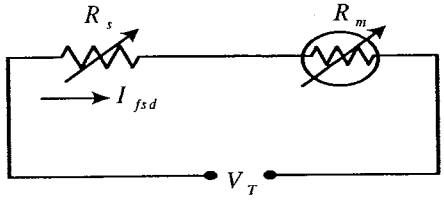
1. ต่อวงจรได้ถูกต้อง
2. คำนวณค่าความต้านทานที่ใช้สำหรับขยายย่านการวัด ได้
3. วัดค่าและบันทึกค่าได้ถูกต้อง
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ $0-20\ V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3. Movement Meter $0-50\ \mu A$	1	เครื่อง
4. แอมมิเตอร์มาตรฐาน	1	เครื่อง
5. ความต้านทานแบบปรับค่าได้ $100\ k\Omega$	1	ตัว
6. ความต้านทานแบบปรับค่าได้ $500\ k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

หลักการของโวลต์มิเตอร์จะมีหลักการคล้ายกับแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แตกต่างกันตรงที่ การนำตัวต้านทานมาต่อรวมกับขดลวดเคลื่อนที่ ซึ่งถ้าเป็นวงจรโวลต์มิเตอร์จะนำตัวต้านทานไปต่ออนุกรมกันกับขดลวดเคลื่อนที่ โดยเราจะเรียกตัวต้านนี้ว่า ตัวต้านทานมัลติฟลาย (Multifier Resistance : R_s)



รูปที่ 4.1 วงจรสมมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

R_S = ตัวต้านทานมัลติฟลาย

R_m = ความต้านทานภายใน Movement Meter

V_T = แรงดันที่ต้องการขยายย่านวัด

I_{fsd} = ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่

ความไวของโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter Sensitivity)

ความไวของโวลต์มิเตอร์เป็นส่วนกลับของกระแสไฟฟ้า ทำให้เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกล เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$S = \frac{1}{I_{fsd}}$$

เมื่อ S = ความไวของโวลต์มิเตอร์ $\left(\frac{\Omega}{V}\right)$

I_{fsd} = กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มของโวลต์มิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกล

จากสมการทำให้ทราบว่า โวลต์มิเตอร์ที่มีความไวสูงต้องการ I_{fsd} ต่ำ ในทางตรงข้ามโวลต์มิเตอร์ที่มีความไวต่ำต้องการ I_{fsd} สูง

นอกจากนี้การหาค่าความไวของโวลต์มิเตอร์ อาจพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างความต้านทานรวมของโวลต์มิเตอร์ต่อแรงดันไฟฟ้าที่ย่านวัดได้ด้วย

$$S = \frac{RT}{VT}$$

เมื่อ RT = ความต้านทานทั้งหมดของโวลต์มิเตอร์

VT = แรงดันไฟฟ้าที่ย่านการวัด

ข้อควรระวังในการใช้โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ก่อนใช้ควรตรวจสอบขั้วให้ถูกต้องเสียก่อนถ้าสลับขั้วบวกและลบ ของเครื่องวัดขณะทำการวัดจะทำให้เข็มเบี่ยงเบนไปในทิศทางตรงกันข้ามและเสียหายได้

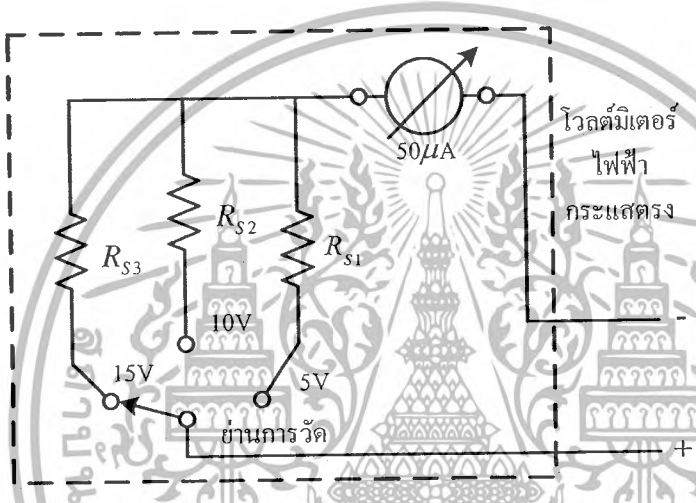
2. การใช้เครื่องวัดชนิดนี้ต้องต่อเครื่องวัดคร่อมหรือขนานกับโหลดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรณีใช้โวลต์มิเตอร์ที่มีหลายย่านวัด ควรเริ่มต้นที่ย่านการวัดสูงก่อน แล้วลดลงมาจนกระทั่งได้ย่านการวัดซึ่งทำให้เข็มอยู่ใกล้ตำแหน่งเบี่ยงเบนเต็มสเกลมากที่สุด

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน



รูปที่ 4.2 วงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1 จากรูปวงจรที่ 4.2 จงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดแรงดัน โดยใช้ค่า R_{1ave} จากการทดลองหาค่าความต้านทานภายในของ มูฟเมนต์มิเตอร์ และบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.1

$$R = \frac{V}{I} = \frac{\text{ย่านการวัด}}{I_m} - R_{1ave}$$

<u>วิธีทำ</u>

$$R_{S1} = \frac{5V}{50\mu A} - 2.03k\Omega$$

$$= 97.97k\Omega$$

$$R_{S2} = \frac{10V}{50\mu A} - 2.03k\Omega$$

$$= 197.97k\Omega$$

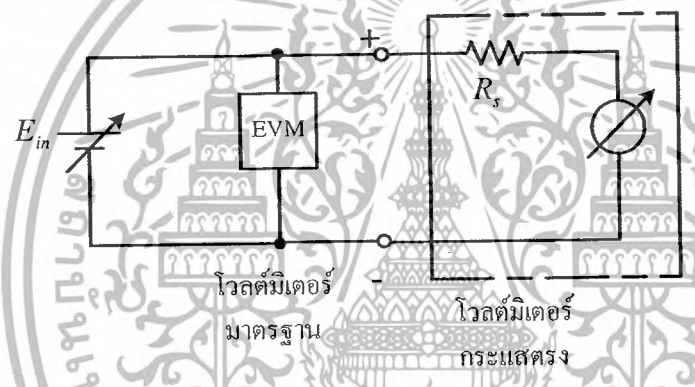
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{S3} = \frac{15V}{50\mu A} - 2.03k\Omega$$

$$= 297.97k\Omega$$ ตอบ

1.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปโดย R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ใช้ค่าความต้านทานที่ได้จากการคำนวณในข้อ 1.1

1.3 ทำการทดสอบ ดีซีโวลต์มิเตอร์แต่ละย่านวัด โดยนำโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ไปวัดแรงดันที่แหล่งจ่าย สามารถปรับค่าได้ แล้วปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย ให้เข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัดวัดและบันทึกค่าของแรงดันที่แหล่งจ่าย ลงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.3 วงจรการทดสอบดีซีโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้น

1.4 คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (Percent error) แต่ละย่านวัด บันทึกค่าลงในตารางที่ 1

$$\text{Percent error} = \left[\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right] \times 100\%$$

โดยที่ E_1 = แรงดันที่วัดได้ที่แหล่งจ่าย

E_2 = แรงดันที่กำหนดเป็นย่าน

<u>วิธีทำ</u>

0 - 5 V Percent error

$$= [5.05 - 5/ \quad 5.05] \times 100\%$$

$$= 0.99\ \%$$

0 – 10 V Percent error $= [9.85 - 10/ \quad 9.85] \times 100\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \quad 1.54\ \%$$

$$0-15\ \text{V Percent error} = \left[15.26-15/\ 15.26\right]\times\ 100\%$$

$$= \quad 1.70\ \%$$

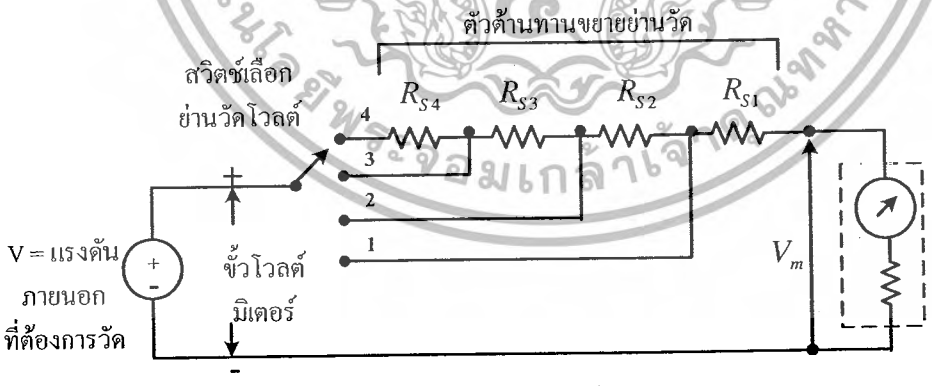
ตอบ

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 4.2

Volt Scale	Multiplicer Resistor	Voltage Range	Volttage of Power Source	Percent Error
$0-5\,V$	$R_{S1}=100\ \text{k}\Omega$	$5\,V$	5.05 V	0.99 %
$0-10\,V$	$R_{S2}=200\ \text{k}\Omega$	$10\,V$	9.85 V	1.52 %
$0-15\,V$	$R_{S3}=300\ \text{k}\Omega$	$15\,V$	15.26 V	1.70 %

โวลต์มิเตอร์กระแสตรง

โวลต์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานที่ใช้กันมาก ในงานที่เกี่ยวข้องทางไฟฟ้า โดยเฉพาะโวลต์มิเตอร์กระแสตรง การออกแบบเพื่อขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์สามารถทำได้โดยผู้ออกแบบต้องรู้ค่า ความต้านทานภายในของโวลต์มิเตอร์และวงจรเทียบเคียงของโวลต์มิเตอร์



รูปที่ 4.4. วงจรขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์

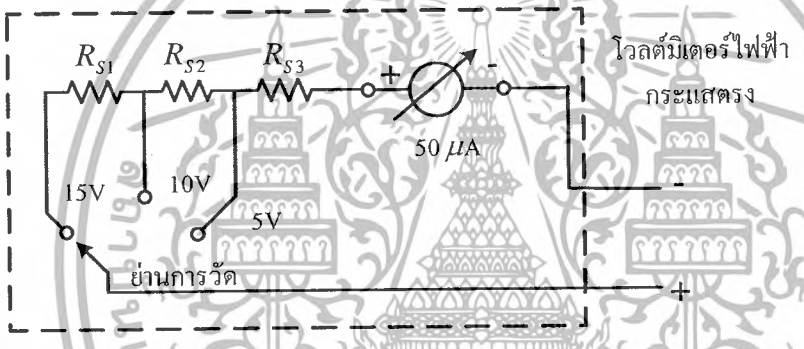
ในการขยายย่านวัดเพื่อออกแบบโวลต์มิเตอร์ทำได้โดยวงจรในรูป 4.4 และสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานขยายย่านวัด R_{S1}, R_{S2}, R_{S3} และ R_{S4} ได้ เมื่อทราบค่าของ R_m และกระแส I_m เมื่อ R_1 คือ ความต้านทาน ขยายย่านวัดที่ 1 $R_1 + R_2$ คือความต้านทาน ขยายย่านวัดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. $R_{S1}+R_{S2}+R_{S3}$ คือความต้านทาน ขยายย่านวัดที่ 3 และ $R_{S1}+R_{S2}+R_{S3}+R_{S4}$ คือความต้านทาน ขยายย่านวัดที่ 4

$$V1 = I_m R_{s1} + I_m R_m$$
$$= I_m (R1 + R_m)$$
$$\frac{V1}{I_m} = R_{s1} + R_m$$
$$\therefore \quad R_{s1} = \frac{V1}{I_m} - R_m$$

การทดลองที่ 2 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 4.5 วงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1 จากรูปวงจรที่ 4.5 จงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดแรงดัน โดยใช้ค่า R_{1ave} เหมือนกับการทดลองที่ 1 บันทึกค่าลงในตารางที่ 2

<u>วิธีทำ</u>

ที่ย่านวัด 5 V $\quad 5V = V_{Rb1} + V_{Rm}$

$$5V = \frac{(50\mu A \times R_{S1}) + (50\mu A \times 2.03k\Omega)}{50\mu A}$$
$$R_{S1} = \frac{5 - (50\mu A \times 2.03k\Omega)}{50\mu A}$$
$$= 97.97k\Omega$$

ที่ย่านวัด 10 V

$$10V = V_{Rb2} + V_{Rb1} + V_{Rm}$$
$$10V = \frac{(50\mu A \times R_{S2}) + (50\mu A \times 97.97k\Omega) + (50\mu A \times 2.03k\Omega)}{50\mu A}$$
$$= 100k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ย่านวัด 15 V

$$15V = V_{Rb3} + V_{Rb2} + V_{Rb1} + V_{Rm}$$

$$15V = \frac{\left[\begin{array}{l}(50\mu\text{A} \times R_{S3})(50\mu\text{A} \times 100k\Omega) + \\ (50\mu\text{A} \times 97.97k\Omega) + (50\mu\text{A} \times 2.03k\Omega)\end{array}\right]}{50\mu\text{A}}$$

$$= 100k\Omega$$ ตอบ

2.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูป โดย R_{S1}, R_{S2} และ R_{S3} ใช้ค่าความต้านทาน ค่าที่ทดลองไว้ในข้อ 2.1

2.3 ต่อตัวต้านทานตามค่าที่คำนวณได้เข้ากับวงจรและทำการทดลอง ดีซีโวลต์มิเตอร์ทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึกค่าลงในตารางที่ 2

2.4 คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านวัด บันทึกค่าลงในตารางที่ 2

$$\text{Percent Error} = \left[\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right] \times 100\%$$

วิธีทำ

0 - 5 V Percent error $= [5.01 - 5 / 5.01] \times 100\%$

$= 0.19\ \%$

0 – 10 V Percent error $= [10.06 - 10 / 10.06] \times 100\%$

$= 0.59\ \%$

0 – 15 V Percent error $= [14.96 - 15 / 14.96] \times 100\%$

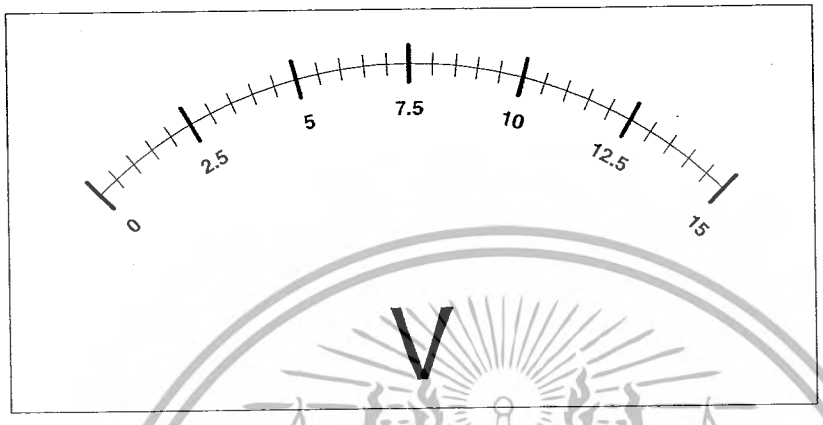
$= 0.26\ \%$ ตอบ

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 4.5

Volt Scale	Multiplicer Resistor	Voltage Range	Volttage of Power Source	Percent Error
$0 - 5V$	$R_{s1} = 100\ \text{k}\Omega$	$5\ V$	5.01 V	0.15 %
$0 - 10V$	$R_{s2} = 100\ \text{k}\Omega$	$10\ V$	10.06 V	0.59%
$0 - 15V$	$R_{s3} = 100\ \text{k}\Omega$	$15\ V$	14.96 V	0.26%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 จงเขียนสเกลของ ดีซี โวลต์มิเตอร์ เฉพาะย่าน 15 V โดยแบ่งขีดบนสเกลที่ค่าต่างๆ ต่อไปนี้ 0V, 2.5V, 5V , 7.5V, 10V, 12.5V และ15 V



2.6 จงอธิบายสาเหตุที่ทำให้ดีซีโวลต์มิเตอร์ ที่สร้างขึ้น มีความคลาดเคลื่อน

สาเหตุที่ทำให้คลาดเคลื่อนอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ ทั้งสาเหตุจากอุปกรณ์ และสาเหตุจากตัวผู้วัดเอง สาเหตุจากอุปกรณ์ เช่น ความต้านทานที่นำมาต่อวงจรขยายย่านวัดแรงดันนั้น ค่าที่ใช้ ไม่ใช่ ค่าที่คำนวณได้แต่ใช้ค่าใกล้เคียงแทน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อน ส่วนสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดจากตัวผู้วัดอาจเกิดได้จากการอ่านค่าของตัวผู้วัดเอง โดยที่สเกลของมิเตอร์ ไม่ได้บอกค่าหลังจากจุดทศนิยมที่ละเอียดต้องใช้การประมาณ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเราจะพบว่าโวลต์มิเตอร์ ที่นำ Movement Meter ไปต่อวัดแรงดันในวงจร หรือแหล่งจ่ายแรงดันแล้วเข็มของ Movement Meter เมื่อมีกระแสไหลผ่านซึ่งกระแสไฟฟ้าและแรงดันจะมีความสัมพันธ์กันคือ หากแรงดันน้อยกระแสไหลผ่านมิเตอร์ก็จะน้อย ทำให้เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนน้อย กลับกันหากแรงดันมาก กระแสก็จะไหลผ่านมาก ทำให้เข็มของมิเตอร์เบี่ยงเบนมากตามไปด้วย และการที่จะทำให้ Movement Meter สามารถวัดแรงดันได้สูงขึ้นสามารถทำการขยายย่านวัดได้ การขยายย่านวัด คือการต่อความต้านทานอนุกรมกับมิเตอร์ เมื่อจำกัดจำนวนกระแสที่ไหลผ่านไม่ให้เกินกว่ากระแสเต็มสเกลของ Movement Meter ทำให้สามารถวัดแรงดันที่สูงขึ้นได้ โดยความต้านทานที่ต่ออันดับกับมิเตอร์แบบพื้นฐานและโวลต์มิเตอร์แบบ Universal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. ข้อควรระวังในการใช้โวลต์มิเตอร์กระแสตรงมีอะไรบ้าง

1.1 ก่อนใช้ควรตรวจสอบขั้วให้ถูกต้อง ถ้าสลับขั้ว บวก – ลบ ของเครื่องวัดขณะทำการวัดจะทำให้การเบี่ยงเบนของเข็มเบี่ยงไปในทิศทางตรงกันข้ามและอาจเสียหายได้

1.2 การใช้เครื่องวัดชนิดนี้ต้องต่อเครื่องมือวัดคร่อมหรือขนานกับโหลดเท่านั้น

1.3 ในกรณีที่ใช้โวลต์มิเตอร์หลายย่านการวัด การเริ่มต้นที่ย่านการวัดสูงก่อน แล้วลดลงมาจนกระทั่งย่านการวัดที่ต่ำ

2. ความไวของโวลต์มิเตอร์หาค่าได้อย่างไร

ความไวของโวลต์มิเตอร์เป็นส่วนกลับของกระแสไฟฟ้า ทำให้เข็มของโวลต์มิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกล

$$S = \frac{1}{I_{fsd}}$$

เมื่อ

S = ความไวของโวลต์มิเตอร์

I_{fsd} = กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มของโวลต์มิเตอร์เบี่ยงเบนเต็มสเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5

การออกแบบแอมมิเตอร์

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการออกแบบแอมมิเตอร์ได้
2. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
3. คำนวณหาค่าความต้านทานที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแสได้
4. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้ถูกต้อง
5. บันทึกค่าต่างๆได้ถูกต้อง
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟตรง แบบปรับค่าได้ $0 - 20\ V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3. Movement Meter $0 - 50\ \mu A$	1	เครื่อง
4. ความต้านทานปรับค่าได้ $100\ k\Omega$	2	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

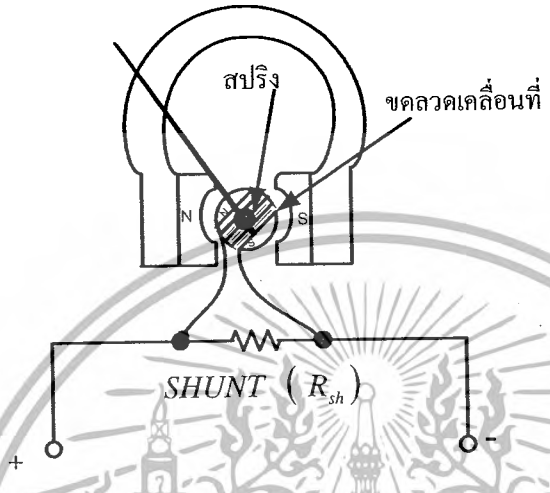
แอมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร โดยอาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่โดยมีตัวต้านทานต่อขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่

ถ้าเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบพื้นฐานได้รับกระแสไฟฟ้าขนาด $50\ \mu A$ เข็มเบี่ยงเบนเต็มสเกล แสดงว่าเครื่องมือวัดอ่านค่าได้ $50\ \mu A$ หรือมีย่านการวัด $50\ \mu A$ แต่ถ้านำตัวต้านทานตัวหนึ่งมาต่อขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่ ของเครื่องมือวัดดังกล่าวแล้วจ่ายกระแสให้เครื่องมือวัดเท่าเดิมคือ $50\ \mu A$ เข็มจะเบี่ยงเบนไม่เต็มสเกล ทั้งนี้กระแสไฟฟ้า $50\ \mu A$ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกไหลผ่านตัวต้านทานที่ต่อขนาน ส่วนที่สองไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนที่ จึงอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้มากกว่า $50\ \mu A$ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เครื่องวัดได้รับการขยายย่านวัด

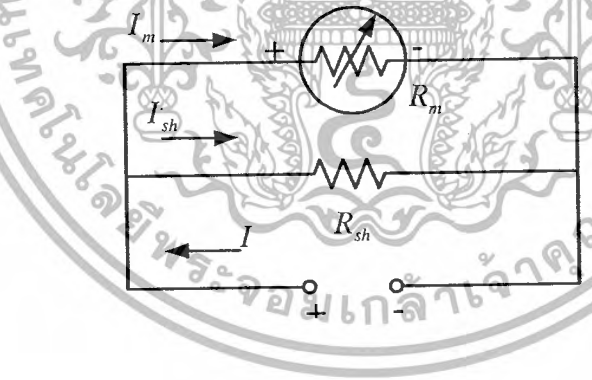
เครื่องวัดที่ใช้หลักการต่อตัวต้านทานขนานเหมาะสมขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือวัดทำให้อ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้มากขึ้นเราเรียกว่า การขยายย่านวัดให้แอมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวต้านทานที่นำมาต่อขนานเพื่อขยายย่านการวัดของแอมมิเตอร์เราเรียกว่าตัวต้านทานชันท์ (Shunt)



รูปที่ 5.1 การต่อตัวต้านทานชันท์กับมิเตอร์



รูปที่ 5.2 วงจรการต่อตัวต้านทานชันท์

จากรูปกำหนดให้ R_{Sh} = ความต้านทานชันท์

R_m = ความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่

I_{Sh} = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานชันท์

I_m = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนที่ทำให้กระแสเต็มสเกล

I_t = กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลเข้าสู่วงจร

จากรูปจะได้สมการ

$V_m = I_m R_m$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{Sh} = V_m$$
$$I_{Sh} R_{Sh} = V_m$$
$$I_{Sh} = I_t - I_{Sh}$$

แอมมิเตอร์ที่มีหลายย่านวัด (Multirange Ammeter)

แอมมิเตอร์ที่มีหลายย่านวัดเกิดจากการนำตัวต้านทานขนานหลายๆ ตัวมาต่อกับส่วนที่เคลื่อนที่ในเครื่องมือวัด โดยใช้สวิตช์เลือกย่านการวัด (Range Selector Switch) เป็นตัวกลางในการต่อตัวต้านทานขนานที่มีค่าเหมาะสมกับย่านการวัดนั้นๆ

ข้อควรระวัง ในการใช้ตัวต้านทานขนานขยายย่านการวัดของแอมมิเตอร์ คือเลือกใช้สวิตช์เลือกย่านการวัดที่เหมาะสมและความต้านทานขนานต้องไม่ขาดจากวงจร เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องมือวัด

ไอร์ตัน ชันท์ (Ayrton Shunt)

จะลดปัญหาที่เกิดจากแอมมิเตอร์ที่มีหลายย่านวัด โดยการต่อตัวต้านทานอนุกรมกันและตัวต้านทานทั้งหมดจะต่อขนานกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือวัด

อย่างไรก็ตามการต่อตัวต้านทานแบบไอร์ตัน ชันท์มีข้อเสียคือ ถ้าตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่งเปลี่ยนแปลงค่าหรือวงจรเปิดจะส่งผลกระทบต่อย่านการวัดทั้งหมด

แอมมิเตอร์โหลดดิง (Ammeter Loading)

ปกติแอมมิเตอร์ที่เรานำมาต่อในวงจรควรมีความต้านทานเป็นศูนย์ แต่ในความเป็นจริงแอมมิเตอร์ที่เราใช้มีค่าความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่อยู่ส่วนหนึ่ง จึงทำให้เกิดปัญหา Ammeter Loading เช่น ในกรณีความต้านทานของโหลด น้อยกว่าความต้านทานของแอมมิเตอร์ ค่าที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์ย่อมคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงวิธีการแก้ไขปัญหาก็คือ เลือกย่านการวัดให้สูงขึ้นเพื่อให้ค่าความต้านทานของแอมมิเตอร์มีค่าต่ำลง จึงทำให้เครื่องมือวัดมีค่าความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ข้อควรระวังในการแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

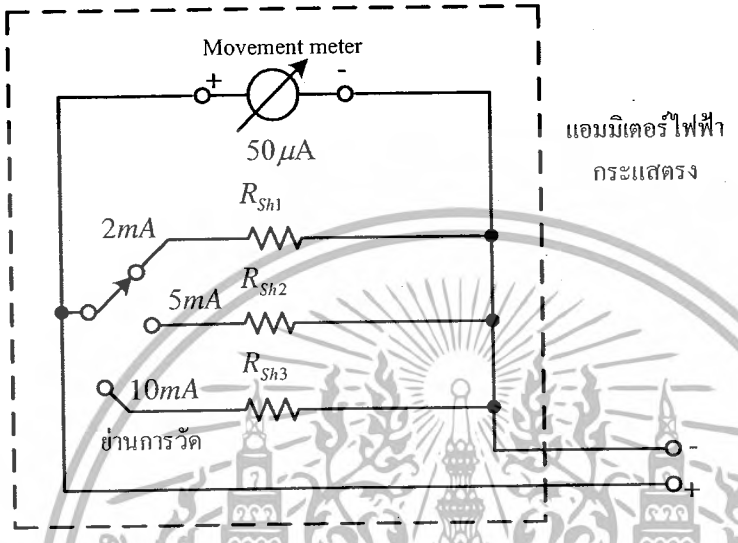
1. ควรตรวจสอบขั้วของเครื่องมือวัดให้ถูกต้องเสียก่อนเพราะถ้าสลับขั้วเข็มของเครื่องมือวัดอาจเสียหายได้

2. ไม่ควรต่อแอมมิเตอร์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าใดๆ โดยตรงเนื่องจากขดลวดภายในแอมมิเตอร์มีค่าความต้านทาน แต่จะทำให้กระแสไฟฟ้าสูงไหลผ่านแอมมิเตอร์จนทำให้เครื่องมือวัดเสียหายได้ ควรเลือกย่านการวัดของแอมมิเตอร์ให้มีค่าสูงๆ เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องมือวัดและค่าความถูกต้องสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1 ดีซีแอมมิเตอร์แบบพื้นฐาน



รูปที่ 5.3 วงจรแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน

1.1 จากวงจรคำนวณหาค่า R_{Sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแส โดยใช้ค่า R_{1ave} ที่ผ่านมา แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.1

<u>วิธีทำ</u> ย่านการวัดที่ 2 mA จากสูตร $R_{Sh1} = \dfrac{I_m R_m}{I - I_m}$

$$= \frac{50\mu A \times 2.03k\Omega}{2mA - 50\mu A}$$

$$R_{Sh1} = 52.05\Omega \approx 50\Omega$$

ย่านการวัดที่ 5 mA

$$R_{Sh2} = \frac{50\mu A \times 2.03k\Omega}{5mA - 50\mu A}$$

$$R_{Sh2} = 20.50\Omega \approx 20\Omega$$

ย่านการวัดที่ 10 mA

$$R_{Sh3} = \frac{50\mu A \times 2.03k\Omega}{10mA - 50\mu A}$$

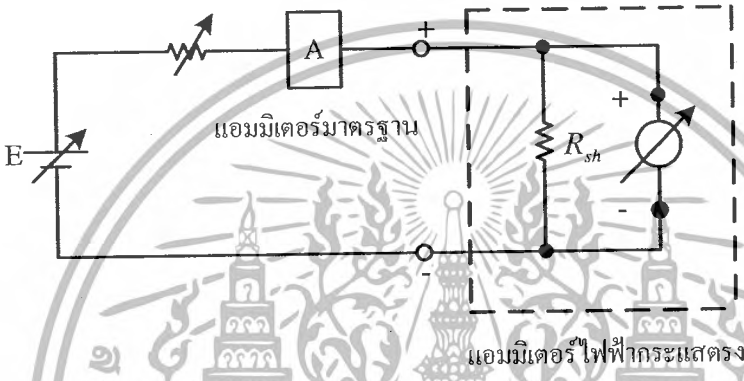
$$R_{Sh3} = 10.50\Omega \approx 10\Omega$$

<u>ตอบ</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปโดย ค่าความต้านทาน R_{sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ใช้ค่าตามที่คำนวณได้ในข้อที่ 5.1

1.3 ทำการทดสอบ ดีซีแอมมิเตอร์แต่ละย่าน โดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจรที่มีขนาดตามย่านวัดที่สร้างขึ้นโดยการปรับภาระของวงจรจนกระทั่ง ดีซีแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัดอ่านและบันทึกค่าของกระแสที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์มาตรฐานแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.4 วงจรทดสอบแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้น

1.4 คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

จากสมการ

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right) \times 100\%$$

โดย I_1 = กระแสที่วัดได้จากแอมมิเตอร์

I_2 = กระแสที่กำหนดเป็นย่านวัด

<u>วิธีทำ</u>

จากสูตร Percent Error $= \left(\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right) \times 100\%$

ย่านการวัดที่ 2 mA $= \left[\frac{(2.09mA - 2mA)}{2.09mA}\right] \times 100$

$= 4.3\%$

ย่านการวัดที่ 5 mA $= \left[\frac{(10.15mA - 10mA)}{10.15mA}\right] \times 100$

$= 2.53\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

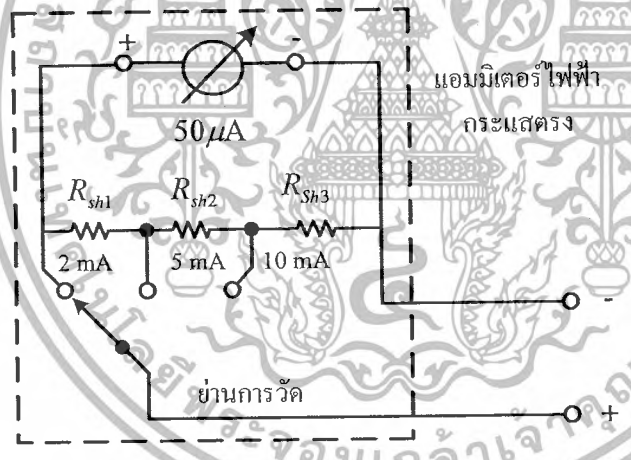
ย่านการวัดที่ 10 mA $= \left[\frac{(10.15mA - 10mA)}{10.15mA}\right] \times 100$

$= 1.477\ \%$ ตอบ

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองรูปที่ 5.4

Amp Scale	Shunt Resister	Ampere Range	Standard Ammeter	Percent Error
0-2 mA	$R_{sh1} = 50\Omega$	2 mA	2.09 mA	4.3 %
0-5 mA	$R_{sh2} = 20\Omega$	5 mA	5.13 mA	2.53 %
0-10 mA	$R_{sh3} = 10\Omega$	10 mA	10.15 mA	1.477 %

การทดลองที่ 2 การต่อ Ayrton Shunt แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 5.5 วงจรการต่อ Ayrton Shunt แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1 จากวงจรจงคำนวณหาค่า R_{sh1} , R_{Sh2} และ R_{Sh3} ที่ใช้สำหรับขยายย่านวัดกระแส โดยใช้ค่า R_{1ave} ที่ผ่านมา แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 5.2

<u>วิธีทำ</u> $V_m = I_m(R_{Sh1} + R_{Sh2})$

ย่านการวัดที่ 2 mA

$$50\mu A \times 2.03k\Omega = (2mA - 50\mu A)(R_{Sh1} + R_{Sh2})$$

$$2.03k\Omega = \frac{1.95mA}{50\mu A}(R_{Sh1} + R_{Sh2})$$

$$2.03k\Omega = 39(R_{Sh1} + R_{Sh2})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{2.03k\Omega}{39} = (R_{Sh1} + R_{Sh2})$$
$$52.05 = R_{Sh1} + R_{Sh2}$$

ย่านการวัดที่ 5 mA

$$V_m + R_{sh1} = I_m(R_{Sh2} + R_{Sh3})$$
$$2.03k\Omega + R_{Sh1} = \frac{(5mA - 50\mu A)}{50\mu A}(R_{Sh2} + R_{Sh3})$$
$$2.53k + R_{Sh1} = 99(R_{Sh2} + R_{Sh3})$$
$$R_{Sh2} + R_{Sh3} = 52.05 - R_{Sh1}$$
$$2.53k\Omega + R_{Sh1} = 99(52.05 - R_{Sh1})$$
$$2.53k\Omega + R_{Sh1} = 5152.95 - 99R_{Sh1}$$
$$R_{Sh1} + 99R_{Sh1} = 5152.95 - 2.53k\Omega$$
$$100R_{Sh1} = 2622.95$$
$$R_{Sh1} = 26.22\Omega$$

ย่านการวัดที่ 10 mA

$$V_m + R_{Sh1} + R_{Sh2} = I_m R_{Sh3}$$
$$2.03k\Omega \times 50\mu A + 26.22 + R_{Sh2} = 10mA - 50\mu A R_{Sh3}$$
$$2.03k + 26.22 + R_{Sh2} = 9.95mA R_{Sh3}$$

จาก $R_{Sh3} = 52.05 - 26.22 - R_{Sh2}$

$$R_{Sh3} = 25.83 - R_{Sh2}$$
$$2056.22 + R_{Sh2} = 199(25.83 - R_{Sh2})$$
$$2056.22 + R_{Sh2} = 5140.17 - 199R_{Sh2}$$
$$199R_{Sh2} + R_{Sh2} = 5140.17 - 2056.22$$
$$200R_{Sh2} = 3083.95$$
$$R_{Sh2} = \frac{3083.95}{200}$$
$$= 15.41\ \Omega$$

$$R_{Sh3} = 52.05 - R_{Sh1} + R_{Sh2}$$
$$= 52.05 - 26.22 - 15.41$$
$$= 10.42\Omega \approx 10\Omega$$ ตอบ

2.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง โดยความต้านทาน R_{Sh1}, R_{Sh2} และ R_{Sh3} ใช้ค่าตามที่คำนวณได้ในข้อ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ต่อความต้านทานตามค่าที่คำนวณได้เข้ากับวงจรและทำการทดสอบ แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่ละย่านวัดโดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจรที่มีขนาดตามย่านวัดที่สร้างขึ้นโดยการปรับภาระของวงจรจนกระทั่ง แอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเข็มชี้เต็มสเกลทุกย่านวัด อ่านและบันทึกค่าของกระแสที่อ่านได้จาก มัลติมิเตอร์แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

2.4 คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละย่านบันทึกค่าลงในตารางที่ 2 จากสมการ

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right) \times 100\%$$

โดย I_1 = กระแสที่วัดได้จากแอมมิเตอร์

I_2 = กระแสที่กำหนดเป็นย่านวัด

<u>วิธีทำ</u>

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{I_1 - I_2}{I_1}\right) \times 100\%$$

ย่านการวัดที่ 2 mA

$$= \left[\frac{(2.05mA - 2mA)}{2.05mA}\right] \times 100$$

$$= 2.43\ \%$$

ย่านการวัดที่ 5 mA

$$= \left[\frac{(5.07mA - 5mA)}{5.07mA}\right] \times 100$$

$$= 1.38\ \%$$

ย่านการวัดที่ 10 mA

$$= \left[\frac{(10.09mA - 10mA)}{10.09mA}\right] \times 100$$

$$= 0.9\ \%$$ <u>ตอบ</u>

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองรูปที่ 5.5

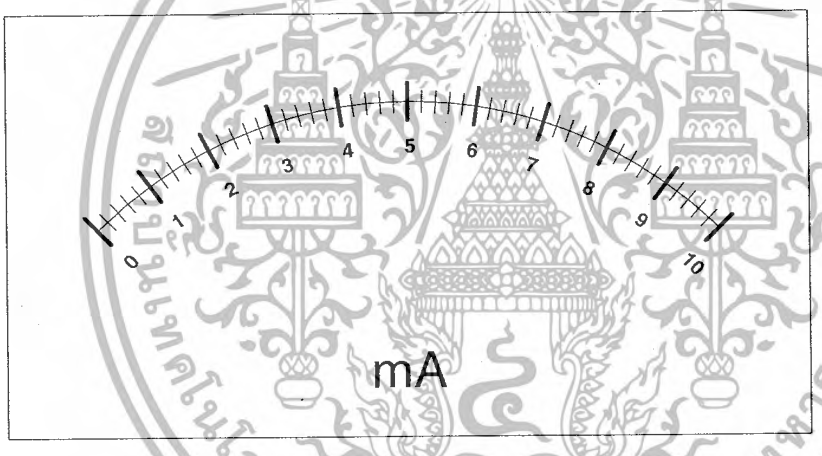
Amp Scale	Shunt Resister	Ampere Range	Standard Ammeter	Percent Error
0-2 mA	= 20Ω	2 mA	2.05 mA	2.43 %
0-5 mA	= 10Ω	5 mA	5.07 mA	1.38 %
0-10 mA	= 5Ω	10 mA	10.01 mA	0.9 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อธิบายสาเหตุที่ทำให้แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นมีค่าคลาดเคลื่อน

สาเหตุที่ทำให้คลาดเคลื่อนอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ ทั้งสาเหตุจากอุปกรณ์ และสาเหตุจากตัวผู้วัดเอง สาเหตุจากอุปกรณ์ เช่น ความต้านทานที่นำมาต่อวงจรขยายย่านวัดแรงดันนั้น ค่าที่ใช้ ไม่ใช่ ค่าที่คำนวณได้แต่ใช้ค่าใกล้เคียงแทน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อน ส่วนสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดจากตัวผู้วัดอาจเกิดได้จากการอ่านค่าของตัวผู้วัดเอง โดยที่สเกลของมิเตอร์ ไม่ได้บอกค่าหลังจากจุดทศนิยมที่ละเอียดต้องใช้การประมาณ

2.6 จงเขียนสเกลของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเฉพาะย่าน 10 mA โดยแบ่งขีดบนสเกลที่ค่าต่างๆ ต่อไปนี้ 1 mA , 2 mA, 3 mA, 4 mA, 5 mA, 6 mA, 7 mA, 8 mA, 9 mA และ10 mA



สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง โดยนำความต้านทานมาต่อขนานกับ Meter Movement เพื่อเป็นการขยายย่านการวัดของแอมมิเตอร์ โดยกระแสจากการวัดจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกจะไหลผ่าน Meter Movement และและอีส่วนจะไหลผ่านความต้านทานที่ขนานกับ Meter Movement ทำให้แอมมิเตอร์สามารถวัดกระแสได้สูงกว่าเดิม โดยต่อความต้านทานที่นำมาต่อขนานกับ Meter Movement เพื่อขยายย่านการวัดเราจะเรียกว่าความต้านทาน ชันท์ ในการทดลองจะทำการทดลองสร้างแอมมิเตอร์ สองแบบ คือ แบบพื้นฐานและแบบไอร์ตัน ชันท์ จากการทดลองจะพบว่าแอมมิเตอร์ แบบไอร์ตัน ชันท์ สามารถเปลี่ยนย่านให้สูงขึ้นโดยไม่ต้องหยุดจ่ายกระแสให้แอมมิเตอร์ได้และค่าผิดพลาดน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจรขยายย่านวัดแบบ Ayrton Shunt ดีกว่าแบบพื้นฐานอย่างไรจงอธิบาย

Ayrton Shunt กว่าวงจรขยายย่านวัดแบบพื้นฐานคือ เป็นการต่อความต้านทานแบบอันดับแล้วจึงนำไปต่อขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งจะสามารถป้องกันกระแสไฟฟ้าเข้าที่ขดลวดเคลื่อนที่จำนวนมาก ซึ่งการต่อวงจรขยายย่านวัดแบบพื้นฐานจะเป็นการต่อความต้านทานขนานกับขดลวดเคลื่อนที่ เมื่อหมุนสวิทซ์เพื่อเลือกย่านการวัดจะทำให้กระแสไฟฟ้าเข้าที่ขดลวดเคลื่อนที่จำนวนมาก ซึ่งจะทำให้แอมมิเตอร์เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6

การออกแบบโอห์มมิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. บอกชนิดของโอห์มมิเตอร์ได้
2. ประกอบวงจรการทดลองได้
3. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
4. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
5. คำนวณหาค่าความต้านทานกึ่งกลางสเกลของย่านวัดต่างๆ ได้
6. สรุปผลการทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ $0-20\,V$	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
3. เครื่องวัดความต้านทานแบบดิจิตอล	1	เครื่อง
4. Movement Meter $0-50\,\mu A$	1	เครื่อง
5. ความต้านทานปรับค่าได้ $100\,k\Omega, 500\,k\Omega$ และ $50\,k\Omega$ อย่างละ	1	ตัว
6. ความต้านทานคงที่ $10\,\Omega, 100\,\Omega$ และ $1\,k\Omega$ อย่างละ	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

โอห์มมิเตอร์เป็นเครื่องวัดที่มีแบตเตอรี่อยู่ภายใน เป็นแหล่งพลังงานจ่ายให้ส่วนที่เคลื่อนที่เพื่อไห้อ่านค่าความต้านทานได้โดยตรง ดังนั้นขณะที่ทำการวัดค่าความต้านทานจึงต้องแน่ใจว่าไม่มีกำลังไฟฟ้าใดภายในวงจร

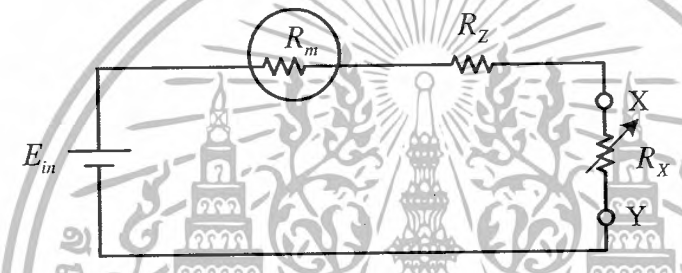
สายวัด ของโอห์มมิเตอร์สัมผัสกัน เข็มเครื่องมือวัดนี้จะเบี่ยงเบนไปที่ศูนย์ในกรณีที่สายวัดของโอห์มมิเตอร์สัมผัสกันแต่เข็มไม่ชี้ที่ศูนย์ ทำให้การอ่านค่าไม่ถูกต้อง ต้องปรับค่าความต้านทานที่ใช้ควบคุมโอห์มมิเตอร์ R_z จนกระทั่งเข็มชี้ที่ศูนย์ การปรับค่าเช่นนี้ เรียกว่าการสอบเทียบโอห์มมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอห์มมิเตอร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. โอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม

โอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม หมายถึง โอห์มมิเตอร์ที่วงจรในส่วนที่เคลื่อนไหวขณะทำการตรวจวัดต่ออนุกรมกับความต้านทานที่ต้องการทราบค่า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนที่เคลื่อนไหวของโอห์มมิเตอร์ประเภทนี้เป็นตัวเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานที่ต้องการทราบค่า การที่แรงดันไฟฟ้าลดลงนั้นแสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ตอบสนองต่อความต้านทานภายนอกต่ำกว่าปกติ แม้ว่าจะลดค่า R_z ก็ยังอ่านค่าได้สูงกว่าความต้านทานที่แท้จริง



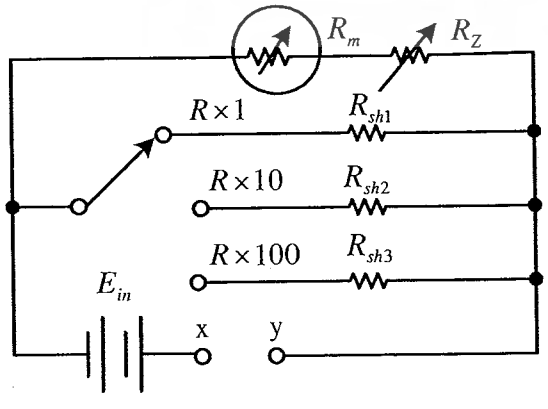
รูปที่6.1 วงจรพื้นฐานภายในโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม

2. โอห์มมิเตอร์แบบ ขนาน

โอห์มมิเตอร์แบบขนานจะไม่นิยมใช้ เพราะสามารถวัดความต้านทานได้ต่ำ

3. โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม – ขนาน

โอห์มมิเตอร์ที่มีหลายย่านการวัด มักเป็นโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม – ขนาน เพราะต่อความต้านทานขยายย่านการวัดได้ทีละหลายตัวพร้อมกัน



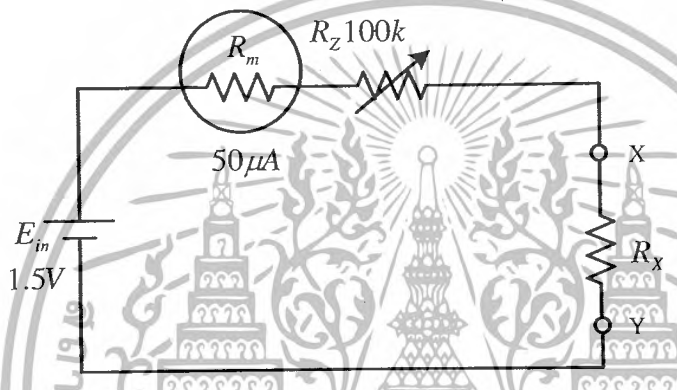
รูปที่ 6.2 วงจรภายในของเครื่องมือวัดประเภทอนุกรม - ขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในเครื่องมือวัดจะประกอบด้วยส่วนที่เคลื่อนที่ต่ออนุกรมกับ R_z และต่อขนานกับตัวต้านทานสำหรับขยายย่านการวัด R_{sh} โดยใช้สวิตช์เลือกย่านการวัดเป็นตัวกลางในการต่อความต้านทานที่เหมาะสมกับย่านการวัดนั้นๆ สำหรับ X และ Y แทนสายวัด ของโอห์มมิเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1



รูปที่ 6.3 วงจรโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม

1.1 จากวงจรและ Movement Meter ที่กำหนดให้ จงคำนวณหาค่า R_z (Zero ohm resister) ขณะสาย X และ สาย Y ลดวงจร ที่ทำให้เข็มชี้ของ Movement Meter ชี้เต็มสเกลบันทึกค่า

$$R_z = \frac{E - I_m R_m}{I_m}$$

<u>วิธีทำ</u>

$$= \left[1.5V - (50\mu\text{A} \times 2.03k\text{A})\right] / 50\mu A$$

$$R_z = 27.79k\Omega$$ <u>ตอบ</u>

1.2 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูป พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

1.3 ปรับค่า R_z ให้ได้ค่าที่ทำการคำนวณ แล้วต่อวงจร ลัดวงจรสายวัดที่ X และ Y แล้วปรับแต่งค่า R_z ที่ทำให้เข็มชี้เต็มสเกลพอดี บันทึกค่า R_z จากการปรับแต่ง

$$R_z \text{ ปรับแต่ง} = 28.3k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 จงเปรียบเทียบค่า R_z ที่คำนวณได้กับค่า R_z ที่ทำการปรับแต่งและบอกสาเหตุที่ทำให้ค่า R_z เกิดความคลาดเคลื่อน

สาเหตุที่ทำให้ R_z เกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก R_z ที่ได้จากการคำนวณนั้น R_m ที่ได้จากการเฉลี่ย ซึ่งอาจไม่ได้ค่า R_m ที่แท้จริงของ Movement Meter ดังนั้นทำให้ค่า R_z เกิดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวหรืออีกสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดของตัวอุปกรณ์ ซึ่งตัวอุปกรณ์ทุกตัวจะมีค่าความผิพลาดภายในตัวเอง ทำให้ค่า R_z ที่ได้จากการคำนวณและ R_z จากการปรับมีแต่งค่าไม่เท่ากัน

1.5 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์กระแสของวงจร เมื่อ R_z มีค่าต่างๆ ตามตารางที่1 โดยใช้สมการด้านล่างแล้วบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ลงในตารางที่ 6.1

$$P = \left[\frac{(R_z + R_m)}{(R_z + R_m) + R_X}\right] \times 100\%$$

<u>วิธีทำ</u>

$$P_0 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 0\}] \times 100\%$$
$$= 100\%$$

$$P_1 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 1k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 96.75\%$$

$$P_2 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 3k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 90.85\%$$

$$P_3 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 5k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 85.64\%$$

$$P_4 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 10k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 74.88\%$$

$$P_5 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 20k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 59.85\%$$

$$P_6 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 30k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 49.81\%$$

$$P_7 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 40k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 42.70\%$$

$$P_8 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 50k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 37.35\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_9 = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 70k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 29.87\%$$

$$P_{10} = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 100k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 22.97\%$$

$$P_{11} = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 150k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 16.58\%$$

$$P_{12} = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 200k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 12.97\%$$

$$P_{13} = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + 300k\Omega\}] \times 100\%$$
$$= 9.04\%$$

$$P_{14} = [(27.79k\Omega + 2.03k\Omega)/\{(27.79k\Omega + 2.03k\Omega) + \alpha\}] \times 100\%$$
$$= 0\%$$ ตอบ

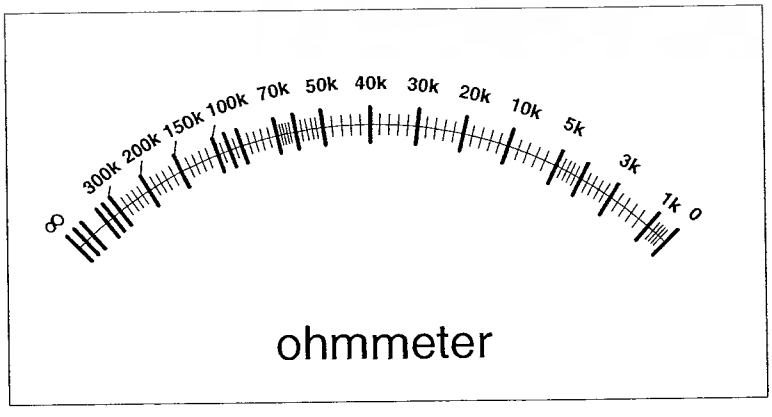
1.6 เขียนสเกลโอห์มมิเตอร์ ตามค่า R_X ที่กำหนดให้ตามตาราง โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์เขียนเทียบกับสเกลกระแส $50\mu A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 บันทึกผลการทดลองรูปที่ 6.3

R_X	เปอร์เซ็นต์	$R_z + R_m$	R_X test	Percent Error
0	100	30 $k\Omega$	0	0
1 $k\Omega$	96.75	30 $k\Omega$	1 $k\Omega$	0
3 $k\Omega$	90.85	30 $k\Omega$	3 $k\Omega$	0
5 $k\Omega$	85.64	30 $k\Omega$	5 $k\Omega$	0
10 $k\Omega$	74.88	30 $k\Omega$	10 $k\Omega$	0
20 $k\Omega$	59.85	30 $k\Omega$	20 $k\Omega$	0
30 $k\Omega$	49.81	30 $k\Omega$	30 $k\Omega$	0
40 $k\Omega$	42.70	30 $k\Omega$	40 $k\Omega$	0
50 $k\Omega$	37.35	30 $k\Omega$	50 $k\Omega$	0
70 $k\Omega$	29.87	30 $k\Omega$	70 $k\Omega$	0
100 $k\Omega$	22.97	30 $k\Omega$	100 $k\Omega$	0
150 $k\Omega$	16.58	30 $k\Omega$	150 $k\Omega$	0
200 $k\Omega$	12.97	30 $k\Omega$	200 $k\Omega$	0
300 $k\Omega$	9.04	30 $k\Omega$	300 $k\Omega$	0
Infinity	0	30 $k\Omega$	Infinity	0

แผ่นสเกลโอห์มมิเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 หลังจากเขียนสเกลของโอห์มมิเตอร์แล้วให้ทดลองนำค่าความต้านทาน ค่าต่างๆ ตามตารางมาทดลองวัดค่า R_X แล้วอ่านค่าตามสเกลที่เขียนขึ้นมา บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางที่ 1

1.8 คำนวณหาค่า Percent Error แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 1 จากสมการ

Percent Error = [(ค่า R_X บนสเกล - ค่า R_X ที่อ่านได้) / ค่า R_X บนสเกล] $\times 100\,\%$

<u>วิธีทำ</u>

$$= \frac{1k\Omega - 1k\Omega}{1k\Omega} \times 100$$

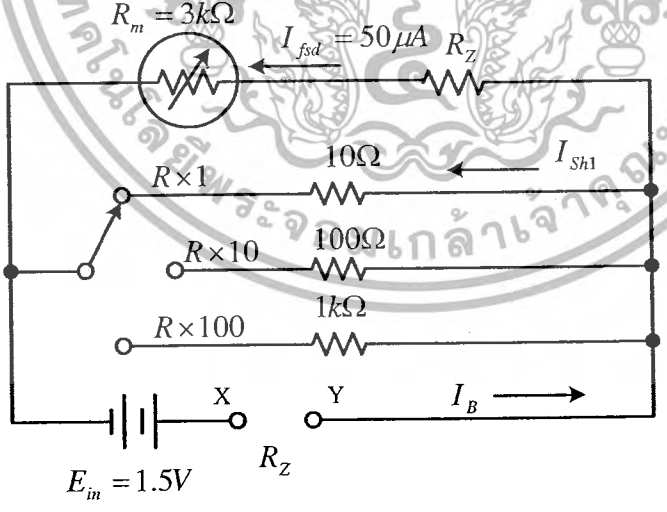
$$= 0\,\%$$ <u>ตอบ</u>

1.9 จากวงจรโอห์มมิเตอร์ให้ปรับ $E = 1.5\,V$ เป็น $1\,V$ แล้วนำโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดค่าความต้านทาน ค่า $1.5k\Omega$ บันทึกอธิบายผลการทดลองและหาค่า Percent Error

$R_X(1.5k\Omega)$ วัดค่าได้ = 1.45 $k\Omega$

ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.05 Ω

การทดลองที่ 2



รูปที่ 6.4 วงโอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม - ขนาน

2.1 นำแผงทดลองที่ 2 ต่อวงจรตามรูปที่ 6.4 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.2 คำนวณค่า P จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = \left(\frac{(R_Z + R_m)}{(R_Z + R_m)} \times 100\% \right)$$

<u>วิธีทำ</u>

$$P_1 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 1\}] \times 100\%$$
$$= 99.9\%$$

$$P_2 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 2\}] \times 100\%$$
$$= 99.90\%$$

$$P_3 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 5\}] \times 100\%$$
$$= 99.75\%$$

$$P_4 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 10\}] \times 100\%$$
$$= 99.51\%$$

$$P_5 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 20\}] \times 100\%$$
$$= 99.02\%$$

$$P_6 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 30\}] \times 100\%$$
$$= 98.54\%$$

$$P_7 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 50\}] \times 100\%$$
$$= 97.59\%$$

$$P_8 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 100\}] \times 100\%$$
$$= 95.30\%$$

$$P_9 = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 200\}] \times 100\%$$
$$= 91.03\%$$

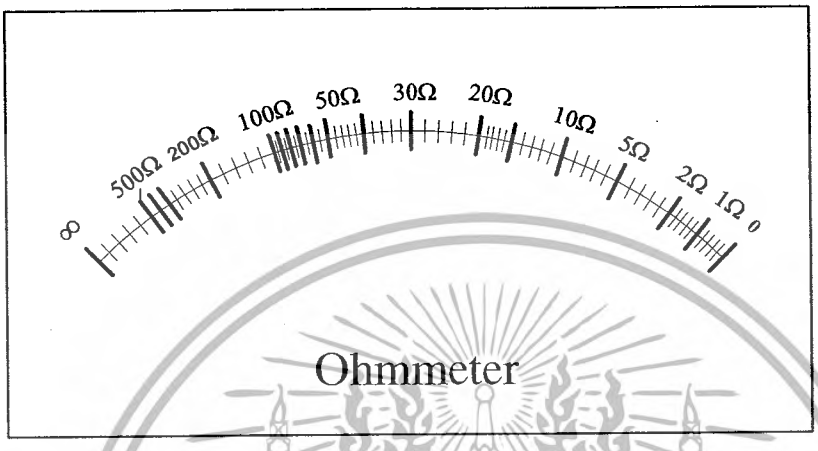
$$P_{10} = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + 500\}] \times 100\%$$
$$= 80.24\%$$

$$P_{11} = [(1 + 2.03k\Omega)/\{(1 + 2.03k\Omega) + \infty\}] \times 100\%$$
$$= 0\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 จงเขียนสเกลของโอห์มมิเตอร์ ย่านวัด $R \times 1$ ที่ R_X ค่าต่างๆ ตามตารางที่ 6.2

แผ่นสเกลโอห์มมิเตอร์



ตารางที่ 6.2 ตารางบันทึกการทดลองรูปที่ 6.5

R_X	Percent Error
1 Ω	99.9%
2 Ω	99.90%
5 Ω	99.75%
10 Ω	99.51%
20 Ω	99.02%
30 Ω	98.54%
50 Ω	97.59%
100 Ω	95.30%
200 Ω	91.03%
500 Ω	80.24%
Infinity	0%

2.4 ทำการทดลองโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยใช้ $R = 10\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 1$

R_X ค่าที่อ่าน = 10 Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทำการทดลองเช่นเดียวกับลำดับขั้นที่ 2.4 แต่ใช้ $R = 1k\Omega$ ตั้งย่านวัด $R \times 100$

R_X ค่าที่อ่าน = 10 Ω

2.6 จงอธิบายสาเหตุ ที่ทำให้สเกลของโอห์มมิเตอร์คลาดเคลื่อน

สาเหตุที่ทำให้สเกลคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากความผิดพลาดตอนเขียนสเกล เนื่องจากช่วงเปอร์เซ็นต์ที่นำมาเขียนสเกลนั้น แต่ละช่วงชั้นห่างมากทำให้ค่าที่เป็นกราฟประมาณ ทำให้ค่าความต้านทานที่วัดได้นั้น ไม่ตรงกับสเกลบนหน้าปัดที่เขียนไว้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเราจะพบว่าในการออกแบบโอห์มมิเตอร์ นั้นต้องมีแหล่งจ่ายไฟกระแสตรวจขนาด 1.5 V ให้กับวงจรด้วยไม่ เช่นนั้น จะไม่สามารถวัดความต้านทานได้และที่สำคัญถ้าหากแหล่งจ่ายแรงดันไฟ นั้นลดลงจะทำให้ความต้านทานที่วัดได้มีค่า สูงกว่าปกติและในการจะใช้งานโอห์มมิเตอร์นั้นจะต้องทำการปรับเทียบศูนย์ก่อนทุกครั้งเพื่อให้ค่าที่ได้จากการวัดนั้นมีค่าเที่ยงตรงก่อนใช้งานโอห์มมิเตอร์ทุกครั้งต้องตรวจสอบทุกครั้ง

คำถามท้ายการทดลอง

1.โอห์มมิเตอร์โดยทั่วไปมีกี่ประเภท อะไรบ้าง

โอห์มมิเตอร์ทั่วไปมี 3 ประเภท คือ

1.1 โอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม (The Series of ohmmeter)

โอห์มมิเตอร์ประเภทอนุกรม หมายถึง โอห์มมิเตอร์ที่วงจรในส่วนที่เคลื่อนที่ขณะทำการตรวจวัดต่ออนุกรมกับความต้านทานที่ต้องการจะทราบค่า

1.2 โอห์มมิเตอร์ประเภท ขนาน (The Shant of ohmmeter)

1.3 โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม - ขนาน

โอห์มมิเตอร์ประเภทนี้จะเป็นโอห์มมิเตอร์ที่มีหลายย่านการวัด เพราะสามารถต่อกับความต้านทานขยายย่านการวัดที่ละหลายตัวพร้อมกัน

2. จงบอกวิธีการสอบเทียบโอห์มมิเตอร์

การสอบเทียบโอห์มมิเตอร์ทำได้โดย การนำปลายสายวัดโอห์มมิเตอร์ ลัดวงจร แล้วดูหน้าปัดสเกลของเครื่องมือวัดว่าเข็มชี้ศูนย์หรือไม่ ถ้าเข็มชี้ที่ศูนย์ให้ทำการวัดค่าความต้านทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าเข็มไม่ชี้ที่ศูนย์จะต้องทำการปรับค่าปุ่มศูนย์โอห์ม (Zero Ohm) เพื่อทำให้ได้เข็มตรงศูนย์ก่อน นำไปวัดความต้านทาน เพราะถ้านำไปวัดความต้านทานทันทีจะทำให้ได้ค่าความ ต้านทานที่ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7
เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
2. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
3. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
4. คำนวณค่าต่างๆ ในการทดลองได้
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

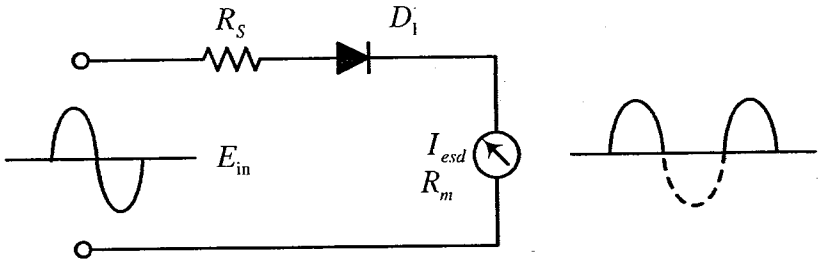
1. ออสซิลโลสโคป	1	เครื่อง
2. ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์	1	เครื่อง
3. Movement Meter $0-50\,\mu A$	1	เครื่อง
4. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
5. อุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า (Diode) เบอร์ 1N4007	1	ตัว
6. ตัวต้านทาน ปรับค่าได้ $100\,k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

เมื่อนำอุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า (Diode) มาต่อในวงจรส่วนที่เคลื่อนที่ในเครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ จะทำให้เครื่องวัดนี้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับได้ แต่มีความไวต่ำกว่าเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูป เมื่อไดโอด D_1 ได้รับสัญญาณรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ E_{in} ในครึ่งสัญญาณที่เป็นบวก ไดโอดจะได้รับการไบอัสตรง ทำให้ไดโอดนำกระแสไฟฟ้าได้แต่ถ้าได้รับสัญญาณครึ่งลบ ไดโอดจะไม่นำกระแสไฟฟ้า ดังนั้น สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ผ่านไดโอดไปยังส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือวัดจึงมีเฉพาะสัญญาณด้านบวกเท่านั้น เครื่องมือวัดที่ใช้หลักการดังกล่าวนี้ เรียกว่า เครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

จากรูปวงจร เมื่อใช้สมการพื้นฐานของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมาร่วมพิจารณาจะได้สมการดังนี้

$$E_{rms} = 0.707\,E_p$$

$$E_p = 1.414\,E_{rms}$$

$$E_{ave} = 0.318\,E_p$$

เมื่อ E_{rms} = แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน (Effective Voltage)

E_p = แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage)

E_{ave} = แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Voltage)

ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า เป็นค่าเฉลี่ยทั้งไซเคิล แต่ไดโอด ให้สัญญาณเฉพาะด้านบวกผ่านเท่านั้น ดังนั้น ค่าเฉลี่ยเป็นแรงดันไฟฟ้าจะเป็นครึ่งคลื่น เครื่องวัดจะมีความไวประมาณ 45% ของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง ถ้านำสมการหาค่าความต้านทานที่ขยายย่านการวัด หรือความต้านทานมัลติพลายของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาหาความต้านทานมัลติพลายของเครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่นจะเป็นดังนี้

$$R_s = \frac{E_{dc} - R_m}{I_{dc}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_s = \frac{0.45\ E_{rms} - R_m}{I_{fs}}$$

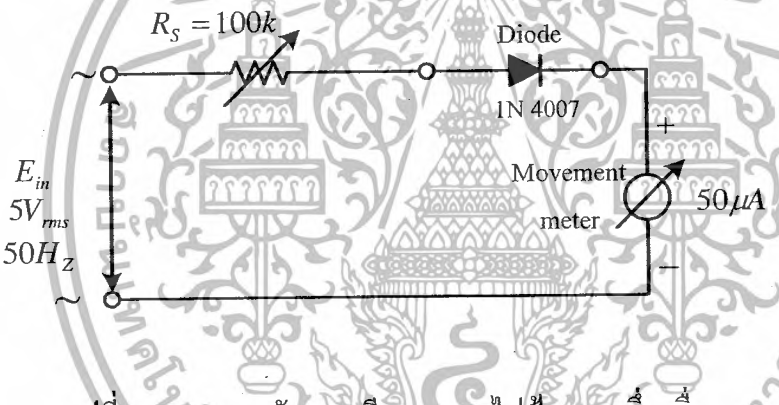
$$S_{ac} = 0.45\ S_{dc}$$

เมื่อ S_{ac} = ความไวกรณีที่เครื่องมือวัดเป็นโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

S_{dc} = ความไวกรณีที่เครื่องมือวัดเป็นโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระตรง

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1

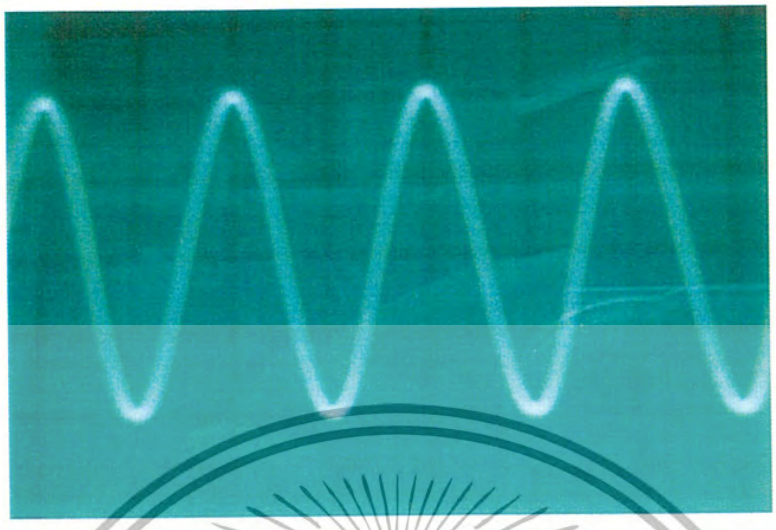


รูปที่ 7.2 วงจรการวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น

1. นำแผงทดลองที่ 3 ต่อวงจรตามรูปที่ 7.2 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง
2. จากวงจรปรับ R_s ให้มีค่าสูงสุด ปรับแหล่งจ่ายให้มีค่าต่ำสุดที่ $0\ V$
3. ปรับแหล่งจ่ายจนกระทั่งได้ $1V_{rms}$
4. ปรับ R_s ให้มีค่าลดลง จนกระทั่งเข็มชี้ของ Movement Meter ชี้เต็มสเกล
5. ใช้ออสซิลโลสโคป วัดรูปคลื่น E_{in} และ E_m (แรงดันที่ตกคร่อม Movement Meter) วาดรูปคลื่น

5.1 วัดรูปคลื่น E_{in} พร้อมทั้งวาดรูปคลื่น E_{in}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div 1 V Time / Div 50 ms

รูปที่ 7.3 รูปคลื่น E_m

5.2 วัดรูปคลื่น E_m (แรงดันที่ตกคร่อม Movement Meter) พร้อมทั้งวาดรูปคลื่น

Volt/Div 0.5 V Time / Div 50 ms

รูปที่ 7.4 รูปคลื่น E_m (แรงดันที่ตกคร่อม Movement Meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยแรงดันไฟตรง ที่ตกคร่อม Movement Meter

$$E_{m\,ave}\left(half-wave\right)=E_{dc}$$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} &= 0.318E_p \\ &= 0.318\times 0.707 \\ &= 0.224V \end{aligned}$$

ตอบ

7. คำนวณหาค่า I_{fs} จากการทดลอง จากสมการ

$$L_{fs}=\frac{E_{m\,ave}}{R_m}$$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} L_{fs} &= \frac{1}{50\mu\text{A}} \\ &= 20000 \\ &= E_{dc}\times R_m \\ &= 454.72 \end{aligned}$$

ตอบ

8. คำนวณหาค่า S_{dc} จากผลการทดลองจากสมการ

$$S_{dc}=\frac{1}{I_{fs}} \text{ หรือ } S_{dc}=\frac{R_m}{E_{mave}}$$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} S_{dc} &= \frac{R_m}{E_{mave}} \\ &= \frac{2.03k\Omega}{0.22k\Omega} \\ &= 9062.5 \end{aligned}$$

ตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ปลด R_s จากรูปที่ 7.2 และวัดหาค่าโดยละเอียด

R_s วัด = 2.03 kΩ

10. คำนวณหาค่า R_s จากผลการทดลองและบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลที่พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับ S_{ac} ทางทฤษฎี

S_{ac} ทางทฤษฎี $S_{ac} = 0.45\ S_{ac}$

<u>วิธีทำ</u>

$$S_{ac} = 0.45 \times 9062.5$$
$$= 4078.125$$

S_{ac} ทางการทดลอง $S_{ac} = \dfrac{(R_m + R_s)}{E_{rms}}$

$$S_{ac} = \frac{2.03k + 2.03k}{0.707}$$
$$= 5742.57$$ <u>ตอบ</u>

11. จากสมการในข้อ 10 จงแสดงการหาค่า R_s ที่ใช้สำหรับอ่านการขยายย่านการวัด AC Voltmeter จากสมการ

$$R_s = \frac{0.45\ E_{rms}}{I_{fsp}} - R_m$$

<u>วิธีทำ</u>

$$= \frac{0.45 \times 0.707}{454.72} - 2.03k$$
$$= -2.029\ \text{k}\Omega$$ <u>ตอบ</u>

ตารางที่ 7.1 บันทึกผลการทดลอง

การวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น	
DC Sensitivity S_{dc} = 9062.5	AC Sensitivity S_{ac} = 5742.57
Renag	Multiplier Resister (R_s)
10V	R_s = - 2.029 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. อธิบายผลการเปรียบเทียบระหว่าง S_{ac} ทางทฤษฎีกับ S_{ac} ทางการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าค่าความไวของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับในทางปฏิบัติจะมีค่ามากกว่าทางทฤษฎี โดยในทางทางทฤษฎีค่าความไวของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับจะมีค่าเท่ากับ 45% ของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง แต่ในทางปฏิบัติความไวของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับจะไวกว่าในทางทฤษฎี

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าความไวของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับจะมีความไวกว่าเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับทางทฤษฎี ซึ่งในทางทฤษฎี ค่าตั้งไว้เท่ากับ 0.45% ของความไวเครื่องมือวัดกระแสตรง ซึ่งหมายความว่าเมื่อป้อนไฟกระแสตรงเข้าไป 10V แล้วทำให้เข็มของมิเตอร์มูฟเมนท์ชี้เต็มสเกลที่ 10 V แต่ถ้าป้อนไฟกระแสสลับขนาด $10V_{rms}$ จะทำให้เข็มของมิเตอร์มูฟเมนท์ชี้ที่ 4.5V เท่านั้น

คำถามท้ายการทดลอง

จากวงจรจงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_s ของโวลต์มิเตอร์ที่ผ่าน $10\,V_{dc}$ โดยใช้ Diode ในอุดมคติ

รูปที่ 7.5 วงจรหาค่าความต้านทาน

<u>วิธีทำ</u>

$$R_S = \frac{0.45E_{rms}}{I_{fsp}} - R_m$$

$$= \frac{(0.45)(20)}{1\times10^{-3}} - 100$$

$$= \frac{4.5-0.1}{1\times10^{-3}}$$

$$= 4.4k\Omega$$ <u>ตอบ</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 8

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. ประกอบวงจรสำหรับการทดลองได้
2. วัดค่าต่างๆ ในวงจรได้อย่างถูกต้อง
3. บันทึกค่าที่วัดได้อย่างถูกต้อง
4. คำนวณค่าต่างๆ ในการทดลองได้
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองเทียบกับทฤษฎีได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

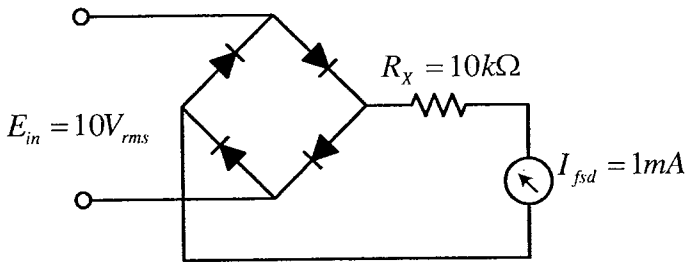
1. ออสซิลโลสโคป		1	เครื่อง
2. ฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์		1	เครื่อง
3. Movement Meter	$0 - 50\ \mu A$	1	เครื่อง
4. มัลติมิเตอร์		1	เครื่อง
5. อุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า(Diode) เบอร์ 1N4007		4	ตัว
6. ความต้านทานปรับค่าได้	$100\ k\Omega$	1	ตัว

ทฤษฎีเบื้องต้น

เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

ส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น มากกว่าแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่นเนื่องจากมีความไวสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

เมื่อต่อวงจรตามรูป 8.1 จะช่วยนำสัญญาณครึ่งคลื่นที่เป็นลบมาใช้งานได้ เครื่องวัดที่ใช้หลักการเช่นนี้เรียกว่า เครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

ในกรณีที่จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 10 V_{rms} ให้วงจรจะได้

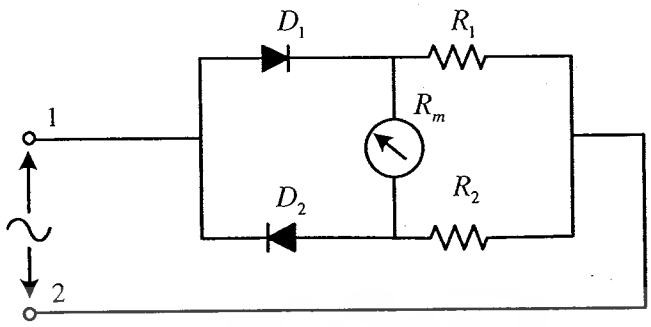
$$E_p = 1.414 \times 10V_{rms}$$
$$= 14.4\ V_p$$
$$E_{ave} = 0.636 \times 14.14 = 9\ \text{V}$$

สรุปได้ว่าเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 10 V_{rms} จะอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจากเครื่องวัดได้เพียง 9 V หรือ 9 V_{dc} กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ โวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นจะมีความไว 90% ของความไวของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$S_{ac} = 0.9\ S_{dc}$$

แม้ว่าการต่อ แบบใช้ Diode 4 ตัว จะนำสัญญาณรูปคลื่นไซน์ด้านที่เป็นลบของสัญญาณมาใช้งานได้ แต่การใช้ Diode 4 ตัวนี้ ยากต่อการตรวจสอบความเสียหายใน Diode และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ดังนั้นในทางปฏิบัติเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าแบบเรียงกระแสเต็มคลื่นจึงใช้ Diode เพียง 2 ตัว ดังรูป 8.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



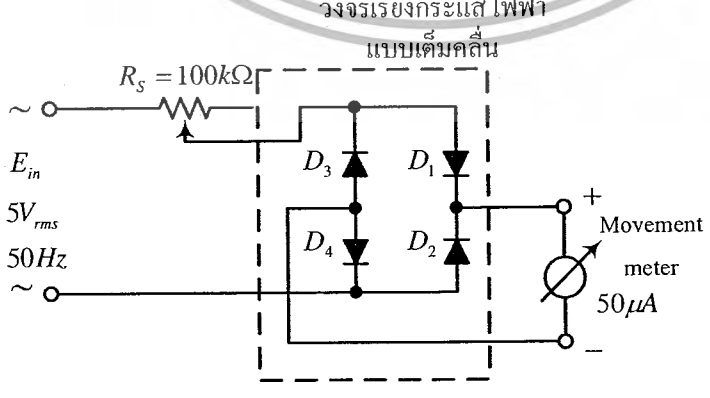
รูปที่ 8.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

จากรูปที่ 8.2 ในช่วงครึ่งบวกของสัญญาณ D_1 ได้รับการไบแอสตรงและที่ D_2 ได้รับการไบแอสกลับกระแสจะไหลผ่าน D_1 ส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องวัด R_2 และครบวงจรที่ขั้ว 2 สำหรับค่า R_1 จะทำหน้าที่เหมือน R_{sh} ในช่วงครึ่งลบของสัญญาณ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขั้ว 2 R_1 ส่วนที่เคลื่อนไหวของเครื่องวัด D_2 และครบวงจรที่ขั้ว 1 สำหรับ R_2 จะทำหน้าที่เหมือน R_{sh}

เครื่องวัดชนิดนี้ประกอบขึ้นโดยใช้หลักการของเครื่องขดลวดเคลื่อนที่ จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความไวของเครื่องวัดสูง เช่น อ่านค่าจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ สเกลของเครื่องวัดค่อนข้างสม่ำเสมอ จึงอ่านค่าได้ง่าย

ลำดับขั้นการทดลอง

การทดลองที่ 1



รูปที่ 8.3 วงจรการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรคำนวณค่า R_s โดยใช้สมการ

<u>วิธีทำ</u>

$$R_s = (S_{ac} \times Range) - R_m$$

$$R_{ac} = \frac{1}{I_{fs}} = \frac{1}{50\mu A} = 20000$$

$$R_s = (20000 \times 3.535) - 2.03k\Omega$$

$$= 61.600\ k\Omega$$

<u>ตอบ</u>

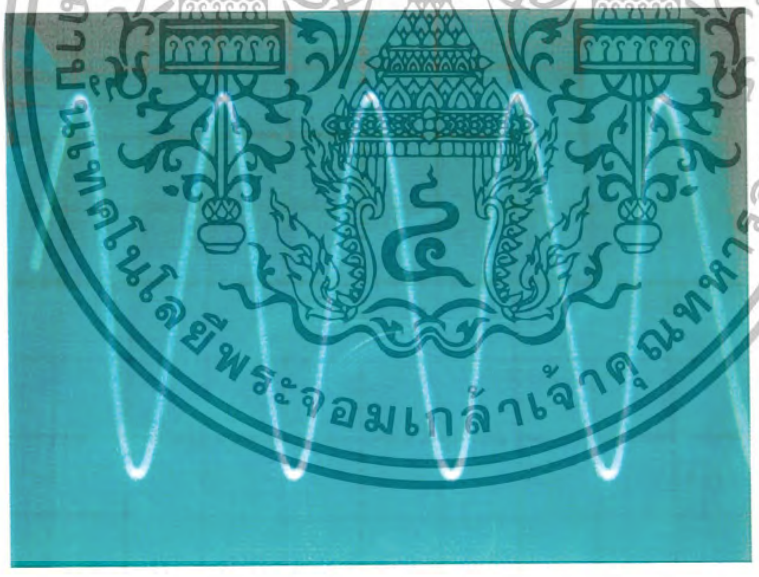
1.1 นำแผงทดลองที่ 3 ต่อวงจรตามรูปที่ 8.3 พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

1.2 จากวงจรปรับค่า R_s ให้มีค่าสูงสุด ปรับแหล่งจ่ายให้มีค่าต่ำสุด

1.3 ปรับแหล่งจ่ายแรงดันจนได้ 5 V_{rms}

1.4 ค่อยๆ ปรับ R_s ให้มีค่าลดลงจนเข็มมิเตอร์ชี้เต็มสเกล

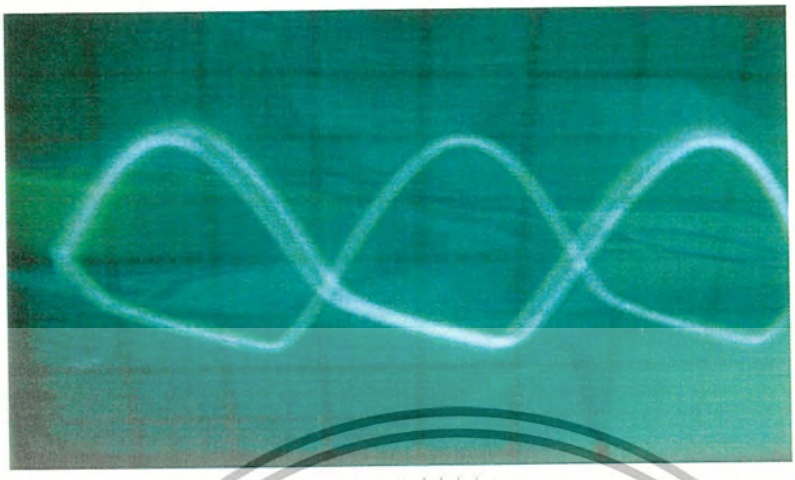
1.5 ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปคลื่น E_m และ E_m วาดรูปคลื่นและคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตรงเฉลี่ยที่ตกคร่อม Movement Meter



Volt/Div.....2.....V Time / Div.....50.....ms

รูปที่ 8.4 รูปคลื่น E_m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Volt/Div 0.5 V Time / Div 50 ms

รูปที่ 8.5 รูปคลื่น E_m

วิธีทำ

$$E_{m\,ave} \text{ (full wave)} = E_{dc}$$

$$E_{dc} = 0.636\,E_p \text{ V}$$

$$= 0.636 \times 5 \text{ V}$$

$$= 3.18 \text{ V}$$

ตอบ

1.5 คำนวณหาค่า I_{fs} จากผลการทดลอง

วิธีทำ

$$I_{fs} = \frac{E_{m\,ave}}{R_m}$$

$$= \frac{3.18V}{2.03k\Omega}$$

$$= 1.56\text{mA}$$

ตอบ

1.6 คำนวณ S_{dc} จากผลที่ได้จากการทดลอง บันทึกค่าตามตารางบันทึกผลการทดลอง

วิธีทำ

$$S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}} = \frac{R_m}{E_{m\,ave}}$$

$$= \frac{2.03k\Omega}{3.18V}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 638.36\Omega/V$$ ตอบ

1.7 ปลด R_s ออกจากวงจรและวัดหาค่าอย่างละเอียดพร้อมบันทึกค่าการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

$$R_s \text{ ที่วัด} = 60.10k\Omega$$

1.8 คำนวณค่า S_{dc} จากผลการทดลอง บันทึกค่าการทดลองลงตารางบันทึกผลการทดลองและเปรียบเทียบ S_{dc} ทางทฤษฎี

วิธีทำ S_{dc} ที่ได้จากทฤษฎี $= \frac{1}{I_{fs}} = \frac{1}{50\mu A} = 20000$

S_{dc} ที่ได้จากการทดลอง $= \frac{R_m + R_s}{E_{rms}} = \frac{2.03k + 60.10k}{3.535}$

$= 17575.67$ ตอบ

1.9 จากสมการข้อที่ 1.8 จงแสดงสมการหาค่า R_s ที่ใช้สำหรับขยายย่านการวัดโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ

วิธีทำ $$R_s = \frac{0.9E_{rms}}{I_{fs}} - R_m$$

$$= \frac{0.9 \times 5}{50\mu A} - 2.03k\Omega$$

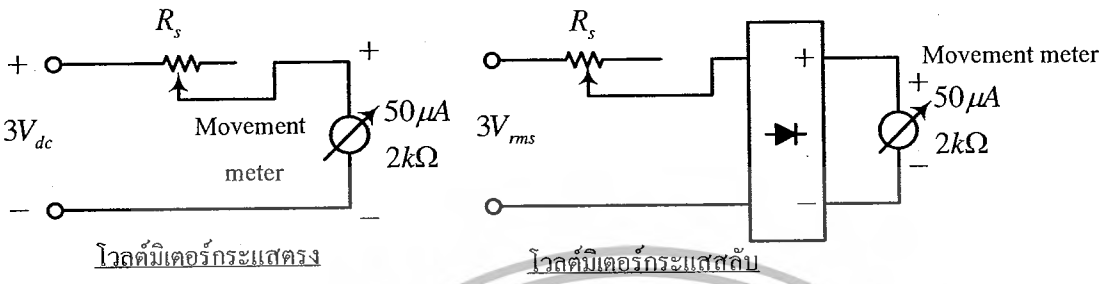
$$= 61.6k\Omega$$ ตอบ

ตารางที่ 8.1 บันทึกผลการทดลอง

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น	
DC Sensitivity $S_{dc} = 20000$	AC Sensitivity $S_{ac} = 17575.67$
Range	Multipier Resister (RS)
5V	60.10 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

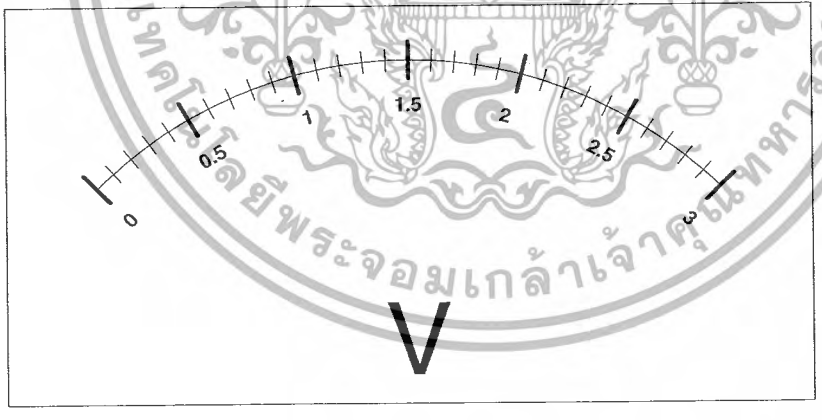


รูปที่ 8.4 วงจรการทดลองที่ 2

2.1 นำแผงทดลองที่ 3 ประกอบวงจรดังรูปที่ 8.4 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง

2.2 จากวงจรโวลต์มิเตอร์กระแสตรง ให้ปรับค่า R_s เพื่อวัดแรงดันสูงสุด

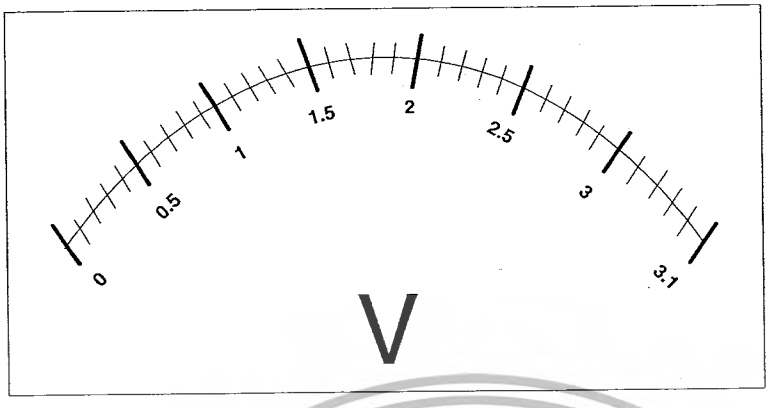
2.3 เขียนสเกลลงโวลต์มิเตอร์กระแสตรง ย่านวัดที่ 3V (0,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5,3) ลงบนแผ่นสเกลที่กำหนดให้



2.4 จากวงจรโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ ให้ปรับค่า R_s เพื่อวัดแรงดันได้ค่าสูงสุด 3 V_{rms}

2.5 เขียนสเกลโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ ย่านวัดที่ 3V (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.1) ลงบนแผ่นสเกลที่กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.6 เปรียบเทียบสเกลทั้ง 2 ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

จากการนำเอาแผ่นสเกลทั้งสองมาเปรียบเทียบกันจะพบว่า แผ่นสเกลที่ได้จากการวัดโดย โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ จะมีขนาดของแรงดันที่ทำให้เข็มของ Movement Meter ชี้เต็มสเกลจะมีค่าน้อยกว่า โวลต์มิเตอร์กระแสตรง ก็คือ เมื่อป้อนแรงดันไฟตรงขนาดไฟตรงขนาด 3V แล้วปรับ R_s ให้เข็มชี้เต็มสเกลแต่หากนำไปวัดแรงดันขนาด 3 V_{rms} เข็มจะชี้ที่ประมาณ 2.7V ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

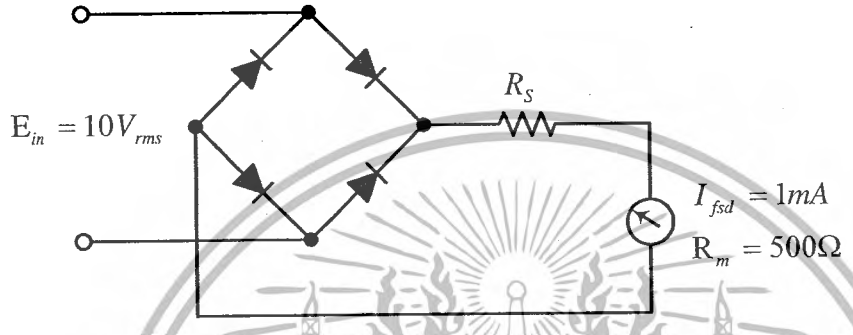
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่า เครื่องวัดเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นนั้น จะมีความไวในการวัดอยู่ที่ 90% ของเครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งก็คือเมื่อป้อนแรงดันไฟตรงขนาด 10V แล้วจะทำให้เข็มของ Movement Meter เบี่ยงเบนเต็มสเกล แต่ถ้าหากนำไปวัดไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดันขนาด 3 V_{rms} เข็มของ Movement Meter จะชี้อยู่ที่ 9 V เท่านั้น เมื่อเทียบกับสเกลแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากสูตร จงคำนวณหาค่าความต้านทานมัลติพลายของโวลต์มิเตอร์จากรูปที่8.5 ขณะตั้งย่านการวัดที่ 10 โวลต์และไม่คิดค่าความต้านทานของ Diode



รูปที่ 8.5 วงจรคำนวณหาค่าความต้านทานมัลติพลาย

วิธีทำ

จากสูตร

$$R_S = \frac{0.45E_{rms}}{I_{fsd}} - R_m$$

$$= \frac{0.45(10)}{1\times10^{-3}} - 500$$

$$= \frac{4.5 - 0.5}{1\times10^{-3}}$$

$$= 4k\Omega$$

ตอบ

2. จงอธิบายข้อดีข้อเสียของเครื่องวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น

เครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่น มีข้อดีคือ มีความไวในการวัดสูง จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความไวของเครื่องมือวัดสูง ข้อเสียคือ เมื่อใช้ไดโอด 4 ตัว ในวงจรจะยากต่อการตรวจสอบความเสียหายในไดโอดและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 9
ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบวงจรในการทดลองได้ถูกต้อง
2. อธิบายวงจรที่ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
3. สรุปและวิจารณ์การทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟตรงและแหล่งจ่ายไฟปรับค่า 0- 25 V	1	เครื่อง
2. ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	1	ชุด
3. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. สายต่อวงจรการทดลอง		

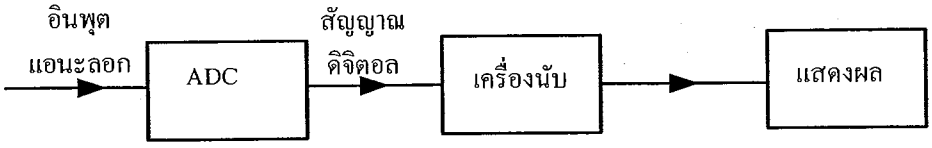
ทฤษฎีเบื้องต้น

ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์จะใช้ในการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือค่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะสามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้ละเอียดกว่าแบบขดลวดเคลื่อนที่

หลักการการทำงานของโวลต์มิเตอร์ดิจิตอล

โดยพื้นฐานของโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital Voltmeter) นั้น จะใช้เป็นเครื่องแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ต่อเข้ากับเครื่องวัดและส่วนภาคแสดงผล ดังรูปที่ 9.1 แรงดันที่วัดเป็นปริมาณแอนะลอก ซึ่งเป็นตัวอย่างในช่วงเวลาหนึ่งและถูกแปลงผันด้วยวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล นั่นคือ เป็นอนุกรมของพัลส์กับพัลส์จำนวณหนึ่งซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับขนาดแรงดันของแอนะลอก พัลส์เหล่านี้จะถูกนับโดยเครื่องนับและแสดงผลเป็นตัวเลขซึ่งหลักการทำงานของโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลซึ่งจะมีส่วนประกอบดังรูปที่แสดงได้รูปบล็อกไดอะแกรมข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

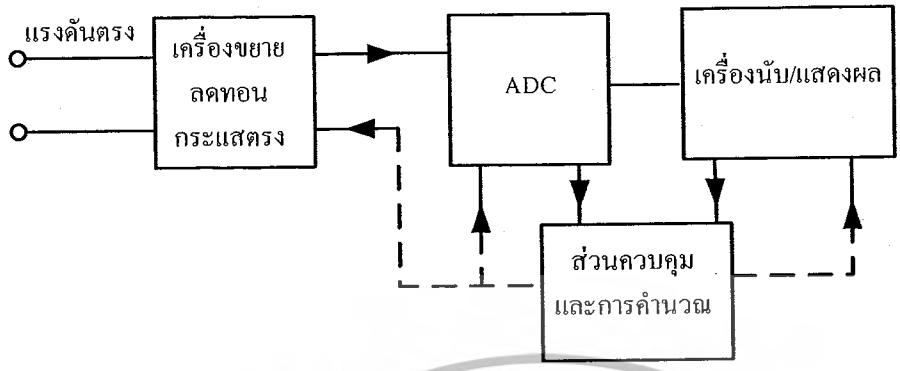


รูปที่ 9.1 หลักการโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล

โวลต์มิเตอร์ดิจิตอลให้อ่านค่าตัวเลข ซึ่งสามารถจัดการแทรกแซงและความผิดพลาดจากการเหลื่อมสายตาที่เกิดจากการอ่านค่าบนหน้าจอแสดงผลแบบแอนะลอกได้ การแสดงผลเป็นแบบเลขฐานสอง (Binary) และโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง $3\frac{1}{2} - 8\frac{1}{2}$ หลัก จำนวนครึ่งถูกใช้เป็นคุณสมบัติเฉพาะ เพราะตัวเลขนัยสำคัญมากที่สุดมีค่าได้แค่ 0 หรือ 1 เท่านั้น ส่วนตัวเลขหลักอื่นๆ ทั้งหมดมีค่าได้ระหว่าง 0 – 9 การแยกชัดของเครื่องมือวัดประเภทนี้คือ การเปลี่ยนแรงดันที่ไปเปลี่ยนนัยสำคัญน้อยที่สุดของการแสดงผลในมิเตอร์ การแสดงผลตัวเลข $3\frac{1}{2}$ หลัก มีย่านวัดจาก 1 ถึง 1999 ในการแสดงผล ฉะนั้นจึงมีการแยกชัด 1 ใน 1,999 ส่วนของการแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก มีย่านการวัดจาก 1 ถึง 19,999,999 ดังนั้นการแยกชัดจึงเท่ากับ 1 ใน 2×10^8 ตามธรรมดาแล้วตัวเลขมิเตอร์ $3\frac{1}{2}$ หลัก จะมีความถูกต้อง ± 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกตัวเลข 1 หลัก ในขณะที่การแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก มีความถูกต้อง 0.0001 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวก 0.00003 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านเต็มสเกล เครื่องมือวัดแบบนี้มักมีความต้านทานอินพุต 10 เมกะโอห์มหรือสูงกว่า และมีความจุ 40 พิโคฟารัด และมีเสถียรภาพดี ย่านวัดแรงดันแตกต่างกันตั้งแต่ประมาณ 100 มิลลิโวลต์ ถึง 1000 โวลต์ โดยมีขอบเขตแยกชัดเจนระหว่าง 1 ไมโครโวลต์ เมื่อขึ้นอยู่กับแบบของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ดังนั้นมิเตอร์จะมีการสุ่มแรงดันแอนะลอกหรือจะรวมเข้ากับเวลาที่กำหนด แบบประมาณสืบเนื่องเป็นตัวอย่างโวลต์มิเตอร์วัดสัญญาณตัวอย่าง มักมีเวลาที่ใช้ในการแปลงผันประมาณ 10 ไมโครวินาที และแบบแปลงไฟกระพริบจะประมาณ 10 นาโนวินาที ยิ่งเวลาในการแปลงผันน้อยเท่าใด เครื่องวัดจะยิ่งตอบสนองการเปลี่ยนแปลงอินพุตหรือค่ายอดฉับพลันได้มากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการคาดว่าจะเกิดสถานการณ์เช่นนี้ มิเตอร์แบบแอนะลอกจะใช้งานได้ดีกว่าแบบดิจิตอล

ส่วนของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์สามารถแสดงหลักการทำงานได้ดังบล็อกไดอะแกรมข้างนี้

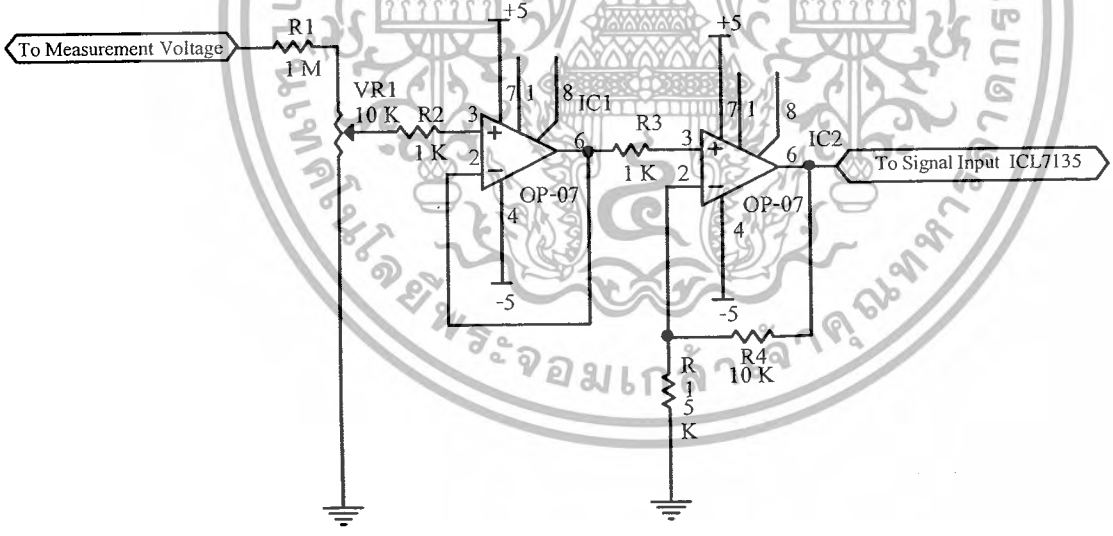
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.2 หลักการทำงานโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล

ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 9.3 วงจรทดลองวัดแรงดัน

2. นำวงจรทดลองต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

3. นำสายต่อวงจรการทดลองต่อเข้าที่จุดเลือกวัดแรงดัน

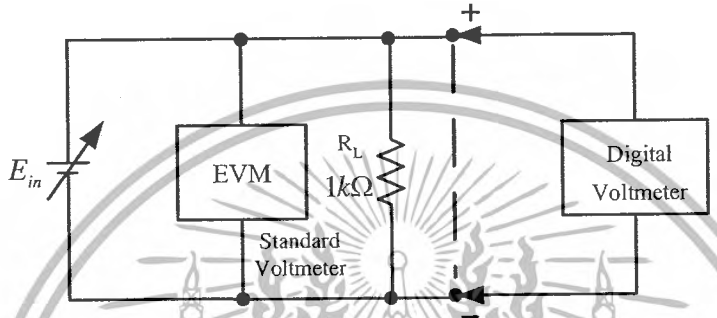
4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5V ,–5V และ GND ให้ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

5. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5V ,–5V และ GND ให้กับวงจรบนแผงทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการทดสอบ ดีซีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ โดยนำโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ไปวัดแรงดันที่แหล่งจ่ายสามารถปรับค่าได้ แล้วปรับแรงดันที่แหล่งจ่าย วัดและบันทึกค่าของแรงดันที่แหล่งจ่ายลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

วงจรทดสอบ ดีซีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 9.4 วงจรทดสอบ ดีซีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ที่สร้างขึ้น

7. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 9.1

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{E_1 - E_2}{E_1}\right) \times 100\%$$

E_1 = แรงดันจากแหล่งจ่าย

E_2 = แรงดันที่วัดได้จาก Digital Voltmeter

วิธีทำ

$$= \left(\frac{1.2-1}{1.2}\right) \times 100\% = 16.66\%$$

$$= \left(\frac{2.1-2}{2.1}\right) \times 100\% = 4.76\%$$

$$= \left(\frac{3.15-3}{3.15}\right) \times 100\% = 4.76\%$$

$$= \left(\frac{4.16-4}{4.16}\right) \times 100\% = 3.84\%$$

$$= \left(\frac{5.14-5}{5.14}\right) \times 100\% = 2.72\%$$

$$= \left(\frac{6.15-6}{6.15}\right) \times 100\% = 2.43\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$=\left(\frac{7.14-7}{7.14}\right)\times 100\% = 1.96\%$$

$$=\left(\frac{8.13-8}{8.13}\right)\times 100\% = 1.59\%$$

$$=\left(\frac{9.16-9}{9.16}\right)\times 100\% = 1.74\%$$

$$=\left(\frac{10.12-10}{10.12}\right)\times 100\% = 1.18\%$$ ตอบ

ตารางที่ 9.1 บันทึกผลการทดลองดิจิตอลโวลต์มิเตอร์

Voltage of Power Source(E_1)	Digital Voltmeter(E_2)	Percent Error
1V	1.2 V	16.6 %
2V	2.1 V	4.76 %
3V	3.15 V	4.76 %
4V	4.16 V	3.84 %
5V	5.14 V	2.72 %
6V	6.15 V	2.43 %
7V	7.14 V	1.96 %
8V	8.13 V	1.59 %
9V	9.16 V	1.74 %
10V	10.12 V	1.18 %

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าในการวัดแรงดัน แล้วแสดงผลแบบดิจิตอลนั้นไม่สามารถนำแรงดันจ่ายเข้าชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์ได้โดยตรง ต้องผ่านวงจรลดทอนแรงดันและวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสก่อนถึงจะสามารถนำไปวัดได้ ความถูกต้องของค่าที่วัดได้นั้นจะขึ้นอยู่กับวงจรที่ใช้ลดทอนแรงดันและวงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะลอกวงจรจะควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายวงจรที่ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

คือ วงจรลดทอนแรงดันและวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส วงจรลดทอนแรงดันจะทำหน้าที่จัดการกับแรงดันที่มีค่ามากให้มีค่าลดลงจากนั้นจะผ่านวงจรขยายแบบกลับเฟสอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้สัญญาณอยู่ในช่วงที่เหมาะสมก่อนจะป้อนให้กับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์ นำไปแปลงจากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลและแสดงผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 10

ดิจิตอลแอมมิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบวงจรการทดลองได้ถูกต้อง
2. บอกหลักการทำงานของดิจิตอลแอมมิเตอร์ได้
3. สรุปและวิจารณ์การทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. แหล่งจ่ายไฟตรงและแหล่งจ่ายไฟปรับค่า 0- 25 V	1	เครื่อง
2. ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	1	ชุด
3. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. สายต่อวงจรการทดลอง		

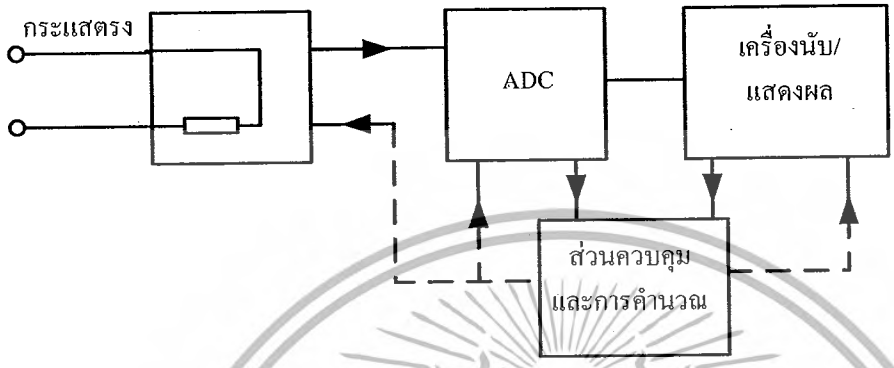
ทฤษฎีเบื้องต้น

โวลต์มิเตอร์ดิจิตอลพื้นฐาน คือ มิเตอร์กระแสตรงซึ่งสามารถใช้ในการวัดแรงดันได้ด้วยการ ใช้วงจรการเรียงกระแสแบบเดียวกับเครื่องวัดขดลวดเคลื่อนที่ถาวร การเรียงกระแสแบบนี้ให้ค่าเฉลี่ย และเนื่องจากเครื่องมือวัดมักมีสเกลให้อ่านค่าประสิทธิผล จึงต้องหาค่าแก้ (Correction) สำหรับรูปเคลื่อนที่ไม่เป็นไซนูซอยด์ ความถูกต้องมักผันแปรจากประมาณ 45 เฮิรตซ์ ถึง 10 กิโลเฮิรตซ์ ในเครื่องวัดแสดงผลตัวเลข $3\frac{1}{2}$ หลัก และจาก 10 เฮิรตซ์ ถึง 100 กิโลเฮิรตซ์ ในการแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก ย่านวัดแรงดันผันแปรจากค่าอ่านเต็มสเกลประมาณ 100 มิลลิโวลต์ ถึง 1000 โวลต์ กับอิมพีแดนซ์อินพุตประมาณ 10 เมกะโอห์ม กับ 100 พิโคฟารัด

การวัดค่ากระแสตรงหรือค่ากระแสสลับอาจวัดได้โดยโวลต์มิเตอร์ที่ใช้วัดความต่างศักย์ตัดผ่านตัวต้านทานมาตรฐาน ความถูกต้องมักอยู่ประมาณ ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกตัวเลข 2 หลัก ในกระแสตรง และ ± 1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกตัวเลข 2 หลัก ขึ้นไปในกระแสสลับ ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับจะมีย่านการวัดจากประมาณ 200 ไมโครแอมแปร์ จนถึง 2 แอมแปร์ และแรงดันตกคร่อมเครื่องวัดน้อยกว่า 0.3 โวลต์ โดยมีย่านความถี่ประมาณ 45 เฮิรตซ์ ถึง 1 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

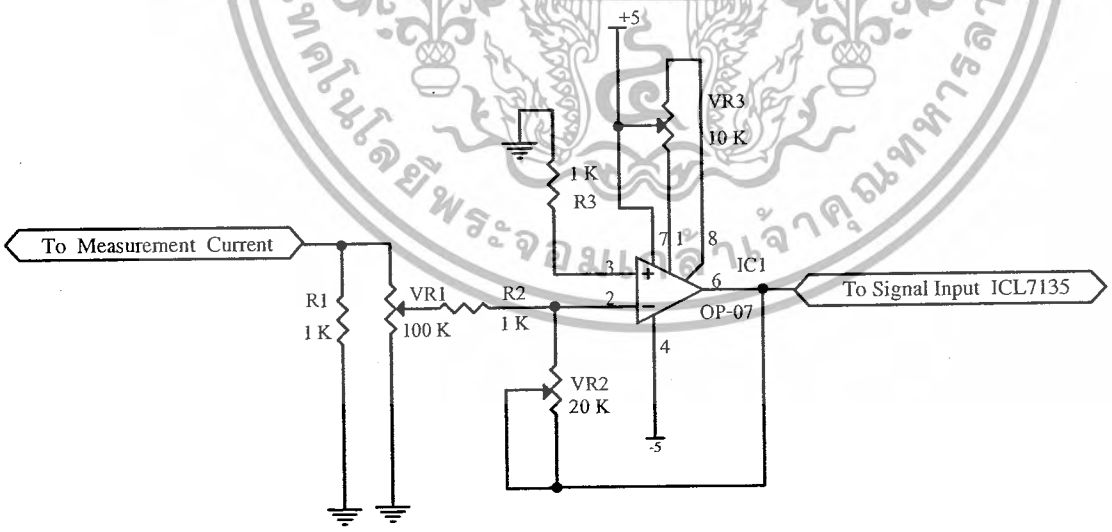
ซึ่งหลักการทำงานของแอมมิเตอร์นั้นสามารถแสดงได้ดังรูปบล็อกไดอะแกรมข้างล่างนี้



รูปที่ 10.1 หลักการทำงานของดิจิตอลแอมมิเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 10.2 วงจรทดลองวัดกระแส

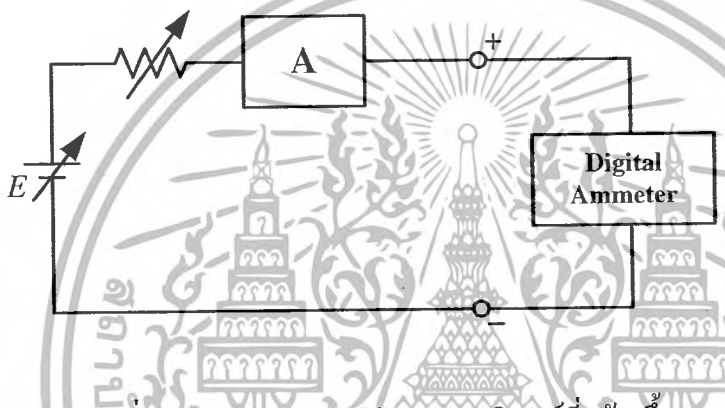
2. นำวงจรทดลองที่ 4 ต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์
3. นำสายต่อวงจรทดลอง ต่อที่จุดเลือกวัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5 GND และ -5 ให้กับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของแอมมิเตอร์

5. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง+5 GND และ -5 ให้กับวงจรทดลองบนแผงทดลองที่ 4

6. ทำการทดสอบดีซีแอมมิเตอร์ โดยนำแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดกระแสของวงจร โดยการปรับภาระของวงจร อ่านค่าที่วัดและบันทึกค่าของกระแสที่วัดได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 10.3 วงจรทดสอบดิจิตอลแอมมิเตอร์ที่สร้างขึ้น

7. คำนวณค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{I_1 - I_2}{I_2}\right) \times 100\%$$

I_1 = กระที่วัดได้จาก Standard Ammeter

I_2 = กระแสที่วัดได้จาก Digital Ammeter

<u>วิธีทำ</u>

$$= \left(\frac{0.11 - 0.1}{0.11}\right) \times 100\% = 9.09\%$$

$$= \left(\frac{059 - 0.5}{0.59}\right) \times 100\% = 15.25\%$$

$$= \left(\frac{0.78 - 0.7}{0.78}\right) \times 100\% = 10.25\%$$ <u>ตอบ</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10.1 ตารางบันทึกผลดิจิตอลแอมมิเตอร์

Standard Ammeter(I_1)	Digital Ammeter(I_2)	Percent Error
0.1A	0.11 A	9.09 %
0.5A	0.59 A	15.25 %
0.7A	0.78 A	10.25 %

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าสำหรับวงจรวัดกระแส แบบดิจิตอลนั้นจะต้องทำการแปลงจากกระแสเป็นแรงดันก่อนจากนั้นจะเอาแรงดันที่ได้เข้าวงจรขยายแบบกลับเฟสก่อนจะต่อเข้ากับชุดควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์ เพื่อนำไปแสดงผลต่อไป ในการวัดกระแสนั้น ดิจิตอลมิเตอร์ไม่สามารถวัดได้โดยตรงต้องเปลี่ยนเป็นแรงดันเสียก่อนจึงจะสามารถวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 11
การออกแบบดิจิตอลโอห์มมิเตอร์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. ประกอบการวงจรการทดลองได้ถูกต้อง
2. บอกหลักการทำงานของดิจิตอลโอห์มมิเตอร์ได้
3. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

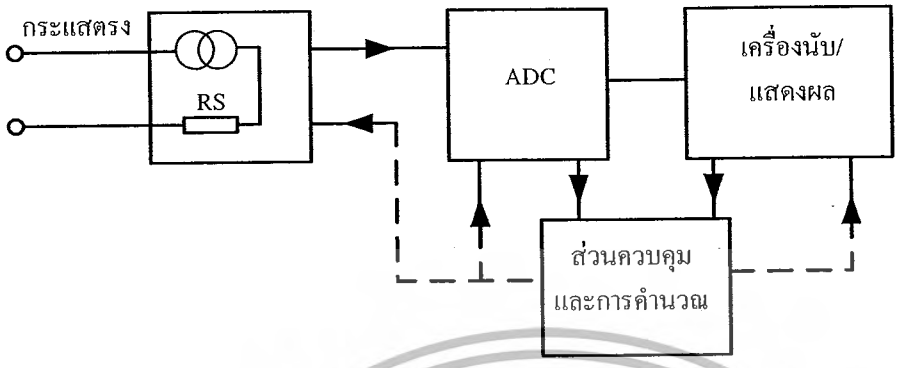
1. แหล่งจ่ายไฟตรงและแหล่งจ่ายไฟปรับค่า 0- 25 V	1	เครื่อง
2. ชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์	1	ชุด
3. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4. สายต่อวงจรการทดลอง		

ทฤษฎีเบื้องต้น

ในการวัดความต้านทานอาจใช้โวลต์มิเตอร์ดิจิตอล การวัดความต้านทานได้ด้วยการให้กระแสที่ทราบค่า ไหลผ่านความต้านทานที่ไม่ทราบค่า แล้วจึงใช้โวลต์มิเตอร์วัดผลความต่างศักย์ตัดผ่านที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม เครื่องวัดที่มีความเที่ยงตรงสูงมักใช้วิธีการแตกต่างกัน กระแสไหลผ่านตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่าแล้วเปรียบเทียบความต้านทานต่างศักย์ตัดผ่านตัวต้านทานทั้งสอง เพราะกระแสที่ตัดผ่านตัวต้านทานทั้งคู่นั้นเหมือนกัน อัตราความต่างศักย์จึงเท่ากับอัตราส่วนของความต้านทาน ความถูกต้องผันแปรจากประมาณ ± 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวกหนึ่งตัวเลขในมิเตอร์ตัวเลข $3\frac{1}{2}$ หลัก ถึง ± 0.0002 เปอร์เซ็นต์ ของค่าอ่านบวก ± 0.0004 เปอร์เซ็นต์ของค่าอ่านเต็มสเกล สำหรับการแสดงผลตัวเลข $8\frac{1}{2}$ หลัก ย่านค่าความต้านทานจากประมาณ 200 โอห์ม ถึง 1000 เมกะโอห์ม

ซึ่งสามารถแสดงหลักการทำงานของส่วนที่ใช้วัดความต้านทานได้ดังรูปบล็อกไดอะแกรมข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

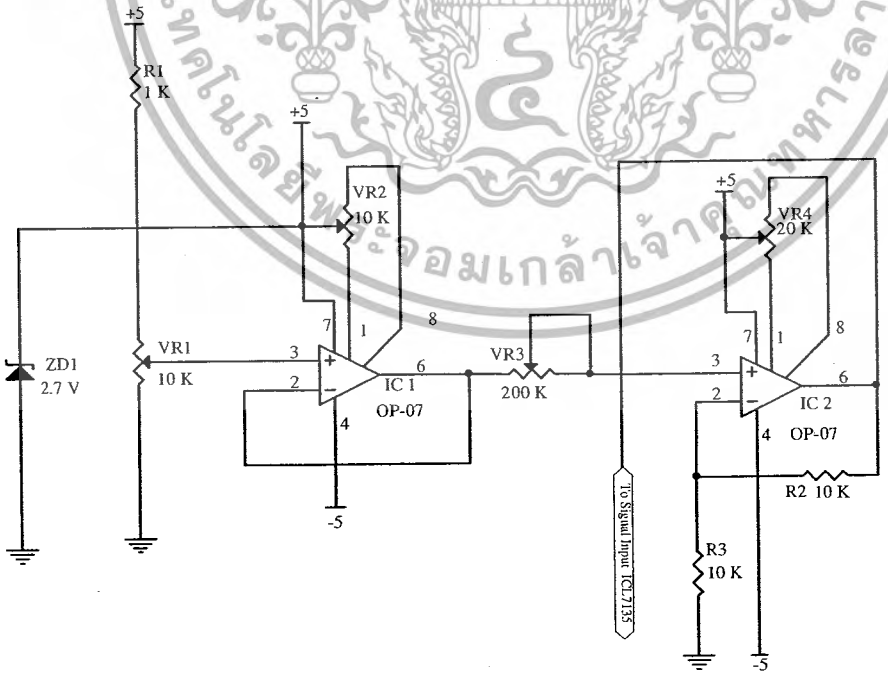


รูปที่ 11.1 หลักการทำงานโอห์มมิเตอร์ดิจิตอล

จากบล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของโอห์มมิเตอร์ดิจิตอล จะเห็นได้ว่ามีหลักการทำงานที่คล้ายส่วนแอมมิเตอร์ดิจิตอลและโวลต์มิเตอร์ดิจิตอล

ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำแผงทดลองที่ 4 ประกอบวงจรตามรูปพร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 11.2 วงจรทดลองวัดความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำวงจรทดลองต่อกับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

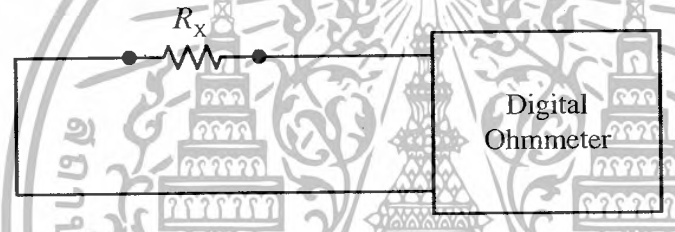
3. นำสายต่อวงจรต่อที่จุดเลือกวัดความต้านทาน

4. ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง +5 GND และ -5 ให้กับชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

5. ต่อ แหล่งจ่ายไฟตรง +5 GND และ -5 ให้กับวงจรบนแผงทดลองที่ 4

6. ทำการทดสอบ ดิจิตอลโอห์มมิเตอร์ โดยนำโอห์มมิเตอร์ที่สร้างขึ้นไปวัดตัวต้านทาน อ่านค่าและบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

วงจรทดสอบโอห์มมิเตอร์



รูปที่ 11.3 วงจรทดสอบโอห์มมิเตอร์

7. คำนวณหาค่า Percent Error ของแต่ละช่วงการวัดบันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลการ

$$\text{Percent Error} = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_2}\right) \times 100\%$$

R_1 = ความต้านทานตามแถบสี

R_2 = ความต้านทานที่ได้จากการวัด

<u>วิธีทำ</u>

$$= \left(\frac{1.1k - 1k}{1.1k}\right) \times 100\% = 9.09\%$$

$$= \left(\frac{5.2k - 5k}{5.2k}\right) \times 100\% = 3.84\%$$

$$= \left(\frac{9.8k - 10k}{9.8k}\right) \times 100\% = -2.04\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \left(\frac{20.5k - 20k}{20.5k} \right) \times 100\% = 2.43\%$$

$$= \left(\frac{50.6k - 50k}{50.6k} \right) \times 100\% = 1.18\%$$

$$= \left(\frac{100k - 100k}{100k} \right) \times 100\% = 0\%$$

$$= \left(\frac{200k - 200k}{200k} \right) \times 100\% = 0\%$$

$$= \left(\frac{300k - 300k}{300k} \right) \times 100\% = 0\%$$ ตอบ

ตารางที่ 11.1 ตารางบันทึกผลการทดลองดิจิตอล โอห์มมิเตอร์

ความต้านทานตามแถบสี(R_1)	ดิจิตอล โวลต์มิเตอร์(R_2)	Percent Error
1k Ω	1.1 kΩ	9.09 kΩ
5k Ω	5.2 kΩ	3.84 kΩ
10k Ω	9.8 kΩ	- 2.04 kΩ
20k Ω	20.5 kΩ	2.43 kΩ
50k Ω	50.6 kΩ	1.18 kΩ
100k Ω	100 kΩ	0
200k Ω	200 kΩ	0
300k Ω	300 kΩ	0

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าการวัดความต้านทานแบบดิจิตอลไม่สามารถวัดได้โดยตรง ต้องมีการผ่านวงจรที่ทำให้กระแสคงที่ โดยการวัดความต้านทานต้องมีแหล่งจ่ายที่คงที่ โดยการวัดความต้านทานต้องมีแหล่งจ่ายที่คงที่และทราบค่าแน่นอนและทำให้กระแสของวงจรคงที่ถึงแม้จะเปลี่ยนความต้านทานไปก็ยังคงที่ นำเอาแรงดันเอาต์พุตไปคำนวณเปลี่ยนเป็นความต้านทาน โดยจะกระทำโดยชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายวงจรที่ใช้วัดความต้านทาน สำหรับดิจิตอลโอห์มมิเตอร์

วงจรที่ควบคุมให้กระแสของวงจรคงที่ถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนค่าความต้านทานไป จากนั้นนำเอาแรงดันเอาต์พุตของวงจรกระแสคงที่ไปทำการขยายแบบกลับเฟส ก่อนก็ที่จะต่อชุดทดลองวงจรควบคุมการทำงานของดิจิตอลมิเตอร์ จาวงจรกระแสคงที่เมื่อกระแสของวงจรคงที่แล้ว แรงดันเอาต์พุตของวงจรนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามความต้านทานที่นำไปวัด สำหรับดิจิตอลโอห์มมิเตอร์นั้นจะต้องมีแหล่งจ่ายแรงดันอินพุตให้กับวงจรด้วย จากวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุดทดลองวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

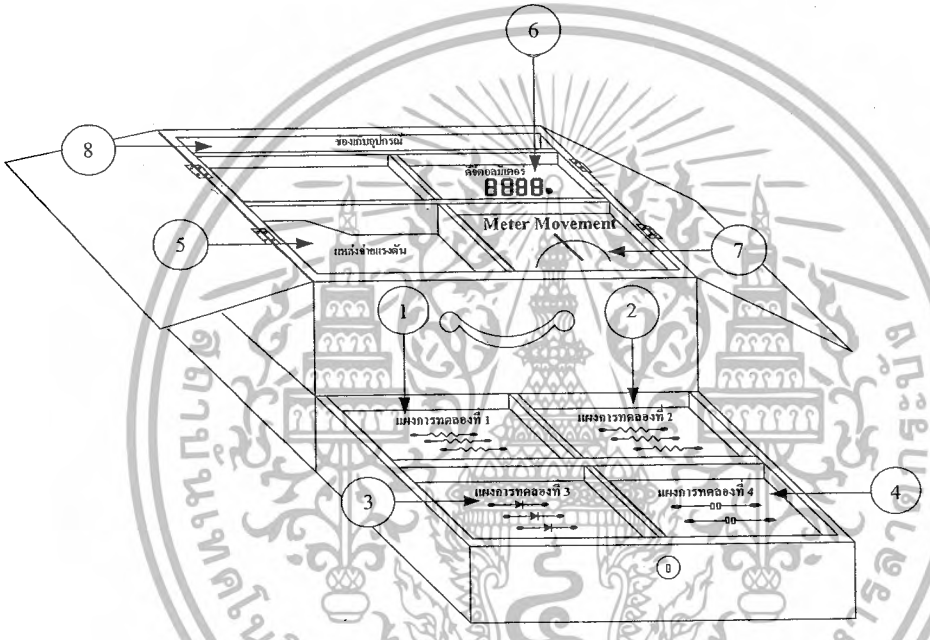
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนลงมือใช้งานชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อผลการวัดค่าที่ถูกต้องและเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล

2. ส่วนประกอบ



รูปที่ ช.1 ส่วนประกอบของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้น

จากรูปแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แผงการทดลองที่ 1
2. แผงการทดลองที่ 2
3. แผงการทดลองที่ 3
4. แผงการทดลองที่ 4
5. แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง
6. มูฟเมนต์มิเตอร์
7. ส่วนแสดงผลแบบดิจิตอล
8. ช่องเก็บอุปกรณ์อื่นๆ เช่น สายไฟ อุปกรณ์ต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การติดตั้งและการใช้งาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจร

3.2 ประกอบวงจรตามใบงานการทดลองซึ่งในใบงานจะระบุว่าต้องใช้แผงการทดลองใด และใช้มิเตอร์แบบแอนะลอกหรือแบบดิจิตอล

3.3 ตรวจสอบวงจรการทดลองให้ละเอียดและปรับค่าแรงดันให้ตรงกับใบงาน ก่อนต่อแหล่งจ่ายแรงดันให้กับวงจรการทดลอง

3.4 ทำการทดลองตามใบงานการทดลอง

3.5 บันทึกผลการทดลองลงในใบงานการทดลอง

3.6 สรุปผลการทดลอง

3.7 ตอบคำถามท้ายการทดลอง

3.8 เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว ให้ปิดแหล่งจ่ายแรงดันก่อนแล้วถอดปลั๊ก เก็บอุปกรณ์ต่อวงจรลงในช่องเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและแบบดิจิตอล สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและวิธีแก้ไข
ส่วนแสดงผลแบบดิจิตอลไม่ติด	ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงและฟิวส์
ทำการต่อวงจรตามใบงานแล้วไม่แสดงผล	ตรวจสอบการต่อวงจรและการต่อสายแหล่งจ่ายกลับขั้วกันหรือไม่
แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงไม่มีไฟเข้า	ตรวจสอบสายไฟ สวิตซ์ ฟิวส์ว่าขาดหรือไม่

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ก่อนการใช้ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นทุกครั้งจะต้องอ่านใบงานการทดลองและการต่อวงจรให้ละเอียดทุกครั้ง
- เช็ดทำความสะอาดชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าด้วยผ้านุ่ม อย่าใช้สารใดๆ ที่ตัวเป็นตัวทำละลายเพราะอาจทำให้อุปกรณ์ในชุดทดลองเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อควรระวัง

- อย่าเปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายไฟเมื่อไม่ได้ต่อวงจร
- เมื่อไม่ทราบค่าแรงดันในใบงานการทดลอง ให้ตั้งย่านมิเตอร์ไว้ที่ย่านสูงสุดเสมอ
- ขณะทำการทดลองใบงาน ไม่ควรเล่นกันหรือหยอกล้อกัน

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ส่วนแสดงผล	7 segment สีแดงคาโทดร่วม
ย่านการวัดดิจิตอลมิเตอร์	แรงดัน 0-20 V กระแสไฟฟ้า 0 – 5 A
มูฟเมนต์มิเตอร์	50 μA
แหล่งแรงดันไฟตรง	0 – 25 V 1 A
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 8K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

Description

The AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S52 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

ATMEL®

8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash

AT89S52

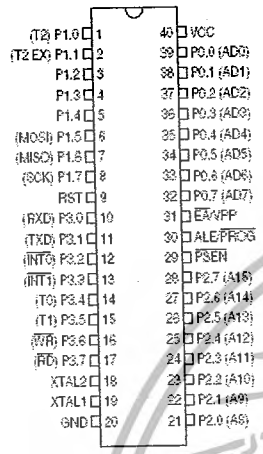
Preliminary

Rev. 1919A-07/01

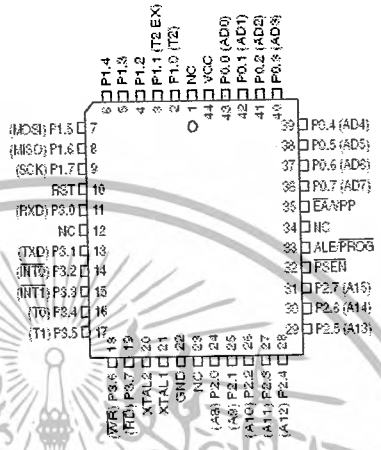
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

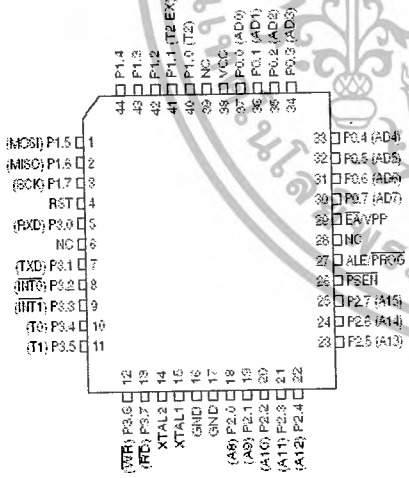
PDIP



PLCC

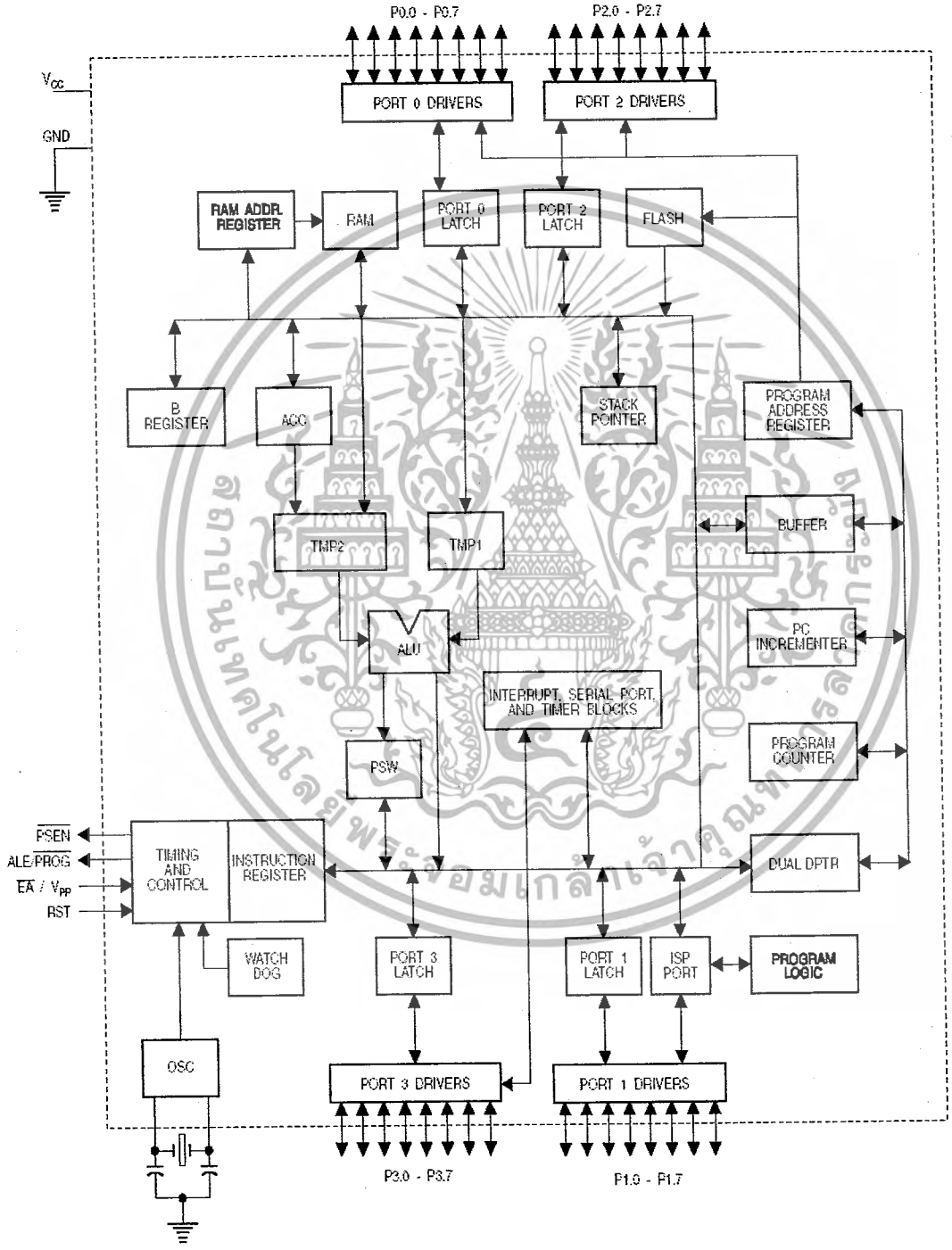


TQFP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

VCC
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S52, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 96 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable ($\overline{PSEN}$) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S52 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

EA/VPP

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89S52 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX00XX0		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programming Interface – Parallel Mode

Every code byte in the Flash array can be programmed by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Table 8. Flash Programming Modes

Mode	V_{CC}	RST	$\overline{PSEN}$	ALE/ $\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/ V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.3	P3.6	P3.7	P0.7-0 Data	P2.4-0 Address	P1.7-0 Address
Write Code Data	5V	H	L	(2)	12V	L	H	H	H	H	D_{IN}	A12-8	A7-0
Read Code Data	5V	H	L	H	H	L	L	L	H	H	D_{OUT}	A12-8	A7-0
Write Lock Bit 1	5V	H	L	(3)	12V	H	H	H	H	H	X	X	X
Write Lock Bit 2	5V	H	L	(3)	12V	H	H	H	L	L	X	X	X
Write Lock Bit 3	5V	H	L	(3)	12V	H	L	H	H	L	X	X	X
Read Lock Bits 1, 2, 3	5V	H	L	H	H	H	H	L	H	L	P0.2, P0.3, P0.4	X	X
Chip Erase	5V	H	L	(1)	12V	H	L	H	L	L	X	X	X
Read Atmel ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	1EH	X 0000	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	52H	X 0001	00H
Read Device ID	5V	H	L	H	H	L	L	L	L	L	06H	X 0010	00H

Notes:
1. Each $\overline{PROG}$ pulse is 200 ns - 500 ns for Chip Erase.
2. Each $\overline{PROG}$ pulse is 200 ns - 500 ns for Write Code Data.
3. Each $\overline{PROG}$ pulse is 200 ns - 500 ns for Write Lock Bits.
4. RDY/$\overline{BSY}$ signal is output on P3.0 during programming.
5. X = don't care.

Figure 13. Programming the Flash Memory (Parallel Mode)

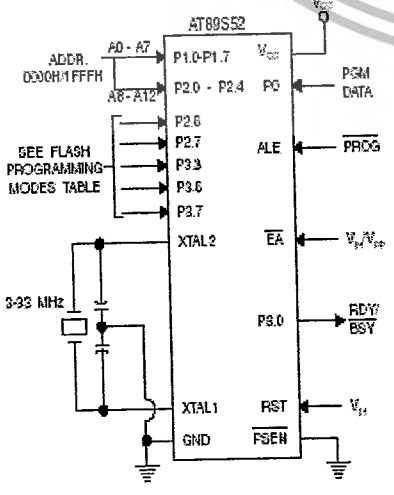
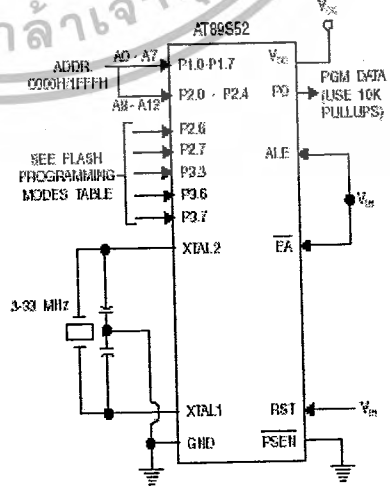


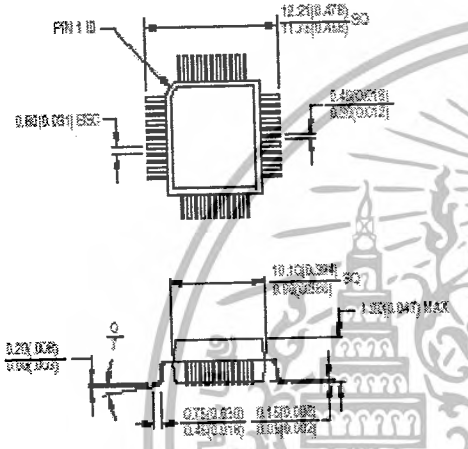
Figure 14. Verifying the Flash Memory (Parallel Mode)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

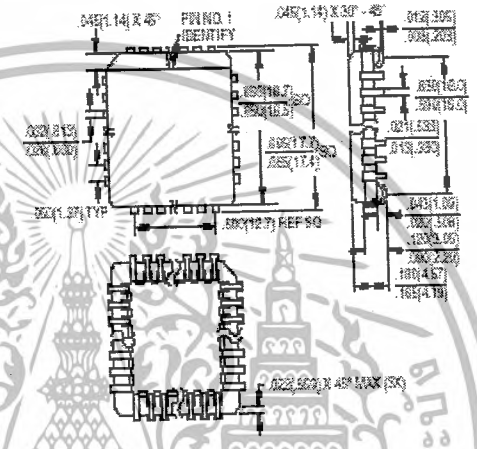
Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*

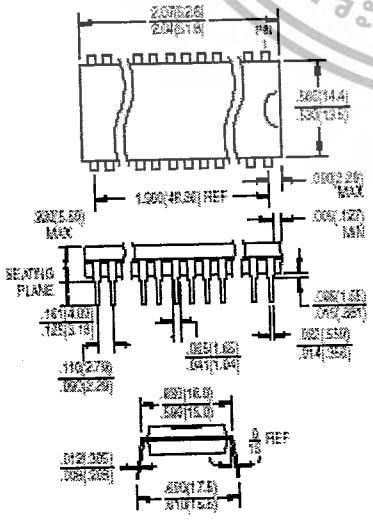


*Controlling dimension: millimeters

44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



40P6, 40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-011 AC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

intersil™

ICL7135

Data Sheet | December 2000 | File Number 3093.2

$4\frac{1}{2}$ Digit, BCD Output, A/D Converter

The Intersil ICL7135 precision A/D converter, with its multiplexed BCD output and digit drivers, combines dual-slope conversion reliability with ±1 in 20,000 count accuracy and is ideally suited for the visual display DVM/DPM market. The 2.0000V full scale capability, auto-zero, and auto-polarity are combined with true ratiometric operation, almost ideal differential linearity and true differential input. All necessary active devices are contained on a single CMOS IC, with the exception of display drivers, reference, and a clock.

The ICL7135 brings together an unprecedented combination of high accuracy, versatility, and true economy. It features auto-zero to less than 10µV, zero drift of less than 1µV/°C, input bias current of 10pA (Max), and rollover error of less than one count. The versatility of multiplexed BCD outputs is increased by the addition of several pins which allow it to operate in more sophisticated systems. These include $\overline{\text{STROBE}}$, OVERRANGE, UNDERRANGE, RUN/$\overline{\text{HOLD}}$ and BUSY lines, making it possible to interface the circuit to a microprocessor or UART.

Features

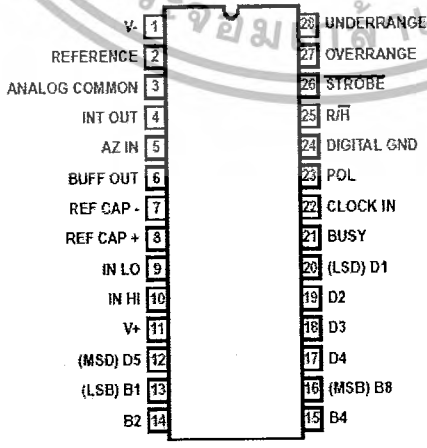
- Accuracy Guaranteed to ±1 Count Over Entire ±20000 Counts (2.0000V Full Scale)
- Guaranteed Zero Reading for 0V Input
- 1pA Typical Input Leakage Current
- True Differential Input
- True Polarity at Zero Count for Precise Null Detection
- Single Reference Voltage Required
- Overrange and Underrange Signals Available for Auto-Range Capability
- All Outputs TTL Compatible
- Blinking Outputs Gives Visual Indication of Overrange
- Six Auxiliary Inputs/Outputs are Available for Interfacing to UARTs, Microprocessors, or Other Circuitry
- Multiplexed BCD Outputs

Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ICL7135CPI	0 to 70	28 Ld PDIP	E28.6

Pinout

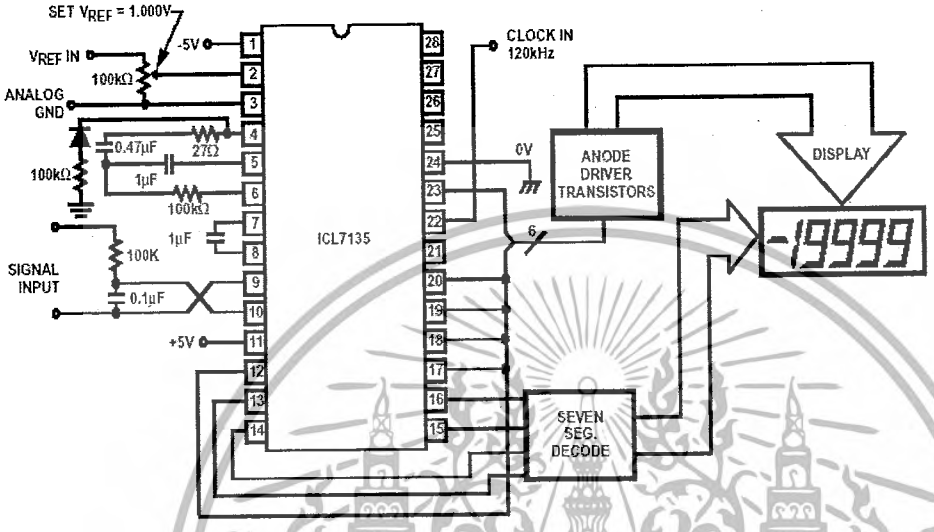
ICL7135
(PDIP)
TOP VIEW



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Intersil and Design is a trademark of Intersil Corporation. | Copyright © Intersil Corporation 2000

Typical Application Schematic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage V+ ..... +6V
V- ..... -9V
Analog Input Voltage (Either Input) (Note 1) ..... V+ to V-
Reference Input Voltage (Either Input) ..... V+ to V-
Clock Input Voltage ..... GND to V+

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 2) ..... θ_{JA} (^{o}C/W)
PDIP Package 55
Maximum Junction Temperature ..... 150^{o}C
Maximum Storage Temperature Range ..... -65^{o}C to 150^{o}C
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s) ..... 300^{o}C

Operating Conditions

Temperature Range ..... 0^{o}C to 70^{o}C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTES:

1. Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to +100µA.
2. θ_{JA} is measured with the component mounted on a low effective thermal conductivity test board in free air. See Tech Brief TB379 for details.

Electrical Specifications

$V+ = +5V$, $V- = -5V$, $T_A = 25^{o}C$, f_{CLK} Set for 3 Readings/s, Unless Otherwise Specified

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ANALOG (Notes 3, 4)						
Zero Input Reading		$V_{IN} = 0V$, $V_{REF} = 1.000V$	-00000	+00000	+00000	Counts
Ratiometric Error (Note 4)		$V_{IN} = V_{REF} = 1.000V$	-3	0	+3	Counts
Linearity Over ± Full Scale (Error of Reading from Best Straight Line)		$-2V \le V_{IN} \le +2V$	-	0.5	1	LSB
Differential Linearity (Difference Between Worse Case Step of Adjacent Counts and Ideal Step)		$-2V \le V_{IN} \le +2V$	-	0.01	-	LSB
Rollover Error (Difference in Reading for Equal Positive and Negative Voltage Near Full Scale)		$-V_{IN} = +V_{IN} = 2V$	-	0.5	1	LSB
Noise (Peak-to-Peak Value Not Exceeded 95% of Time), e_N		$V_{IN} = 0V$, Full scale = 2.000V	-	15	-	µV
Input Leakage Current, I_{ILK}		$V_{IN} = 0V$	-	1	10	pA
Zero Reading Drift (Note 7)		$V_{IN} = 0V$, 0^{o}C to 70^{o}C	-	0.5	2	µV/^{o}C
Scale Factor Temperature Coefficient, T_C (Notes 5 and 7)		$V_{IN} = +2V$, 0^{o}C to 70^{o}C Ext. Ref. 0ppm/^{o}C	-	2	5	ppm/^{o}C
DIGITAL INPUTS						
Clock In, Run/$\overline{Hold}$ (See Figure 2)	V_{INH}		2.8	2.2	-	V
	V_{INL}		-	1.6	0.8	V
	I_{INL}	$V_{IN} = 0V$	-	0.02	0.1	mA
	I_{INH}	$V_{IN} = +5V$	-	0.1	10	µA
DIGITAL OUTPUTS						
All Outputs, V_{OL}		$I_{OL} = 1.6mA$	-	0.25	0.40	V
B1, B2, B4, B8, D1, D2, D3, D4, D5, V_{OH}		$I_{OH} = -1mA$	2.4	4.2	-	V
BUSY, $\overline{STROBE}$, OVERRANGE, UNDERRANGE, POLARITY, V_{OH}		$I_{OH} = -10µA$	4.9	4.99	-	V
SUPPLY						
+5V Supply Range, V+			+4	+5	+6	V
-5V Supply Range, V-			-3	-5	-8	V
+5V Supply Current, I+		$f_C = 0$	-	1.1	3.0	mA
-5V Supply Current, I-		$f_C = 0$	-	0.8	3.0	mA
Power Dissipation Capacitance, C_{PD}		vs Clock Frequency	-	40	-	pF
CLOCK						
Clock Frequency (Note 6)			DC	2000	1200	kHz

NOTES:

3. Tested in $4\frac{1}{2}$ digit (20,000 count) circuit shown in Figure 3. (Clock frequency 120kHz.)
4. Tested with a low dielectric absorption integrating capacitor, the 27Ω INT OUT resistor shorted, and $R_{INT} = 0$. See Component Value Selection Discussion.
5. The temperature range can be extended to 70^{o}C and beyond as long as the auto-zero and reference capacitors are increased to absorb the higher leakage of the ICL7135.
6. This specification relates to the clock frequency range over which the ICL7135 will correctly perform its various functions See "Max Clock Frequency" section for limitations on the clock frequency range in a system.
7. Parameter guaranteed by design or characterization. Not production tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

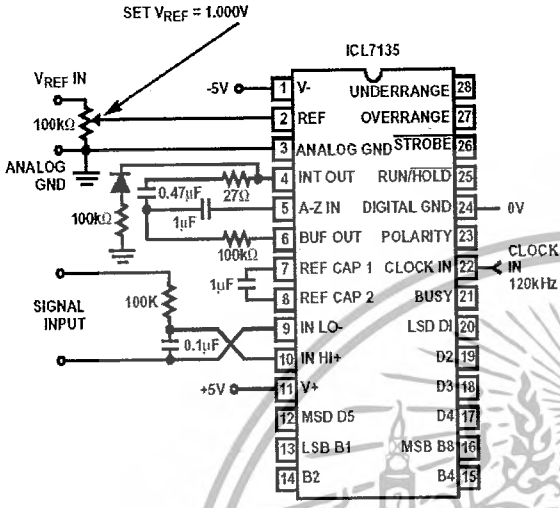


FIGURE 1. ICL7135 TEST CIRCUIT

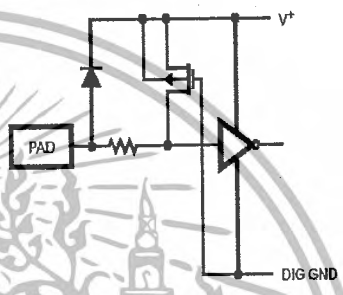


FIGURE 2. ICL7135 DIGITAL LOGIC INPUT

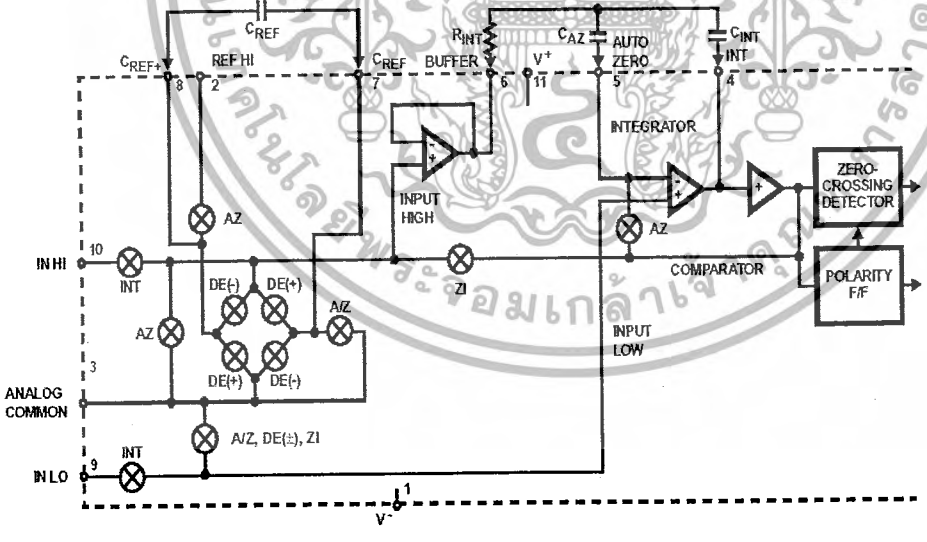


FIGURE 3. ANALOG SECTION OF ICL7135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Supplies

The ICL7135 is designed to work from ±5V supplies. However, in selected applications no negative supply is required. The conditions to use a single +5V supply are:

1. The input signal can be referenced to the center of the common mode range of the converter.
2. The signal is less than ±1.5V.

See "differential input" for a discussion of the effects this will have on the integrator swing without loss of linearity.

Typical Applications

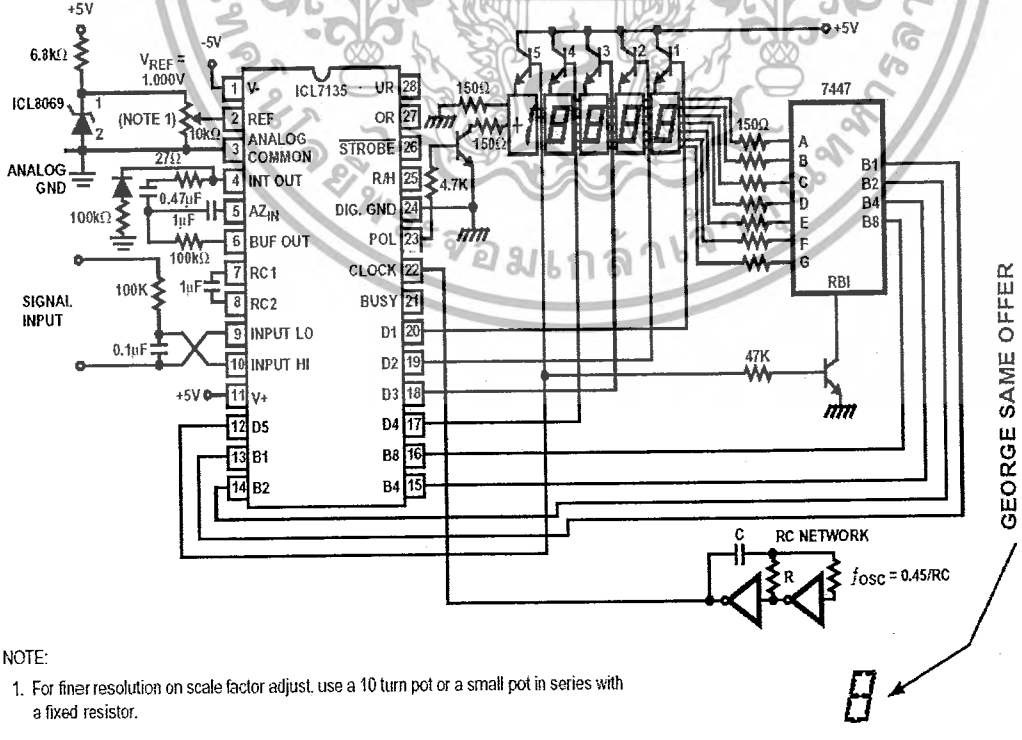
The circuits which follow show some of the wide variety of possibilities and serve to illustrate the exceptional versatility of this A/D converter.

Figure 7 shows the complete circuit for a $4\frac{1}{2}$ digit (±2.000V) full scale) A/D with LED readout using the ICL8069 as a 1.2V temperature compensated voltage reference. It uses the band-gap principal to achieve excellent stability and low noise at reverse currents down to 50µA. The circuit also shows a typical R-C input filter. Depending on the application, the time-constant of this filter can be made faster, slower, or the filter deleted completely. The $\frac{1}{2}$ digit LED is driven from the 7 segment decoder, with a zero reading blanked by connecting a D5 signal to RBI input of the decoder. The 2-gate clock circuit should use CMOS gates to maintain good power supply rejection.

A suitable circuit for driving a plasma-type display is shown in Figure 8. The high voltage anode driver buffer is made by Dionics. The 3 AND gates and caps driving "BI" are needed for interdigit blanking of multiple-digit display elements, and can be omitted if not needed. The 2.5kΩ and 3kΩ resistors set the current levels in the display. A similar arrangement can be used with Nixie® tubes.

The popular LCD displays can be interfaced to the outputs of the ICL7135 with suitable display drivers, such as the ICM7211A as shown in Figure 9. A standard CMOS 4030 QUAD XOR gate is used for displaying the $\frac{1}{2}$ digit, the polarity, and an "overrange" flag. A similar circuit can be used with the ICL7212A LED driver and the ICM7235A vacuum fluorescent driver with appropriate arrangements made for the "extra" outputs. Of course, another full driver circuit could be ganged to the one shown if required. This would be useful if additional annunciators were needed. The Figure shows the complete circuit for a $4\frac{1}{2}$ digit (±2.000V) A/D.

Figure 10 shows a more complicated circuit for driving LCD displays. Here the data is latched into the ICM7211 by the $\overline{\text{STROBE}}$ signal and "Overrange" is indicated by blanking the 4 full digits.



NOTE:

1. For finer resolution on scale factor adjust, use a 10 turn pot or a small pot in series with a fixed resistor.

FIGURE 7. $4\frac{1}{2}$ DIGIT A/D CONVERTER WITH A MULTIPLEXED COMMON ANODE LED DISPLAY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

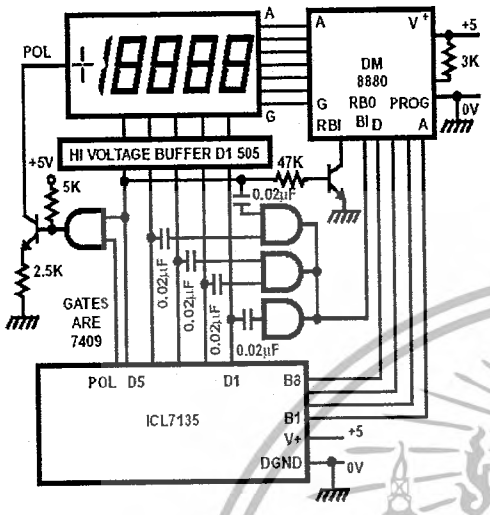


FIGURE 8. ICL7135 PLASMA DISPLAY CIRCUIT

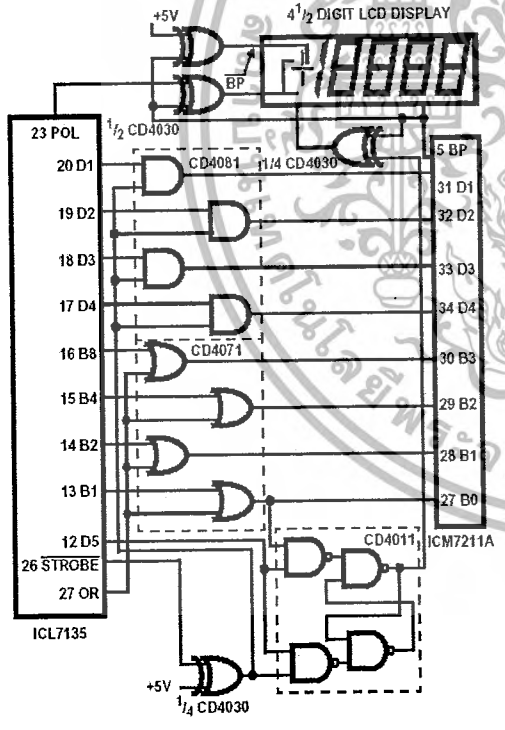


FIGURE 9. LCD DISPLAY WITH DIGIT BLANKING ON OVERRANGE

A problem sometimes encountered with both LED and plasma-type display driving is that of clock source supply line variations. Since the supply is shared with the display, any variation in voltage due to the display reading may cause clock supply voltage modulation. When in overrange the display alternates between a blank display and the 0000 overrange indication. This shift occurs during the reference integrate phase of conversion causing a low display reading just after overrange recovery. Both of the above circuits have considerable current flowing in the digital supply from drivers, etc. A clock source using an LM311 voltage comparator with positive feedback (Figure 11) could minimize any clock frequency shift problem.

The ICL7135 is designed to work from ±5V supplies. However, if a negative supply is not available, it can be generated with an ICL7660 and two capacitors (Figure 12).

Interfacing with UARTs and Microprocessors

Figure 13 shows a very simple interface between a free-running ICL7135 and a UART. The five $\overline{\text{STROBE}}$ pulses start the transmission of the five data words. The digit 5 word is 0000XXXX, digit 4 is 1000XXXX, digit 3 is 0100XXXX, etc. Also the polarity is transmitted indirectly by using it to drive the Even Parity Enable Pin (EPE). If EPE of the receiver is held low, a parity flag at the receiver can be decoded as a positive signal, no flag as negative. A complex arrangement is shown in Figure 14. Here the UART can instruct the A/D to begin a measurement sequence by a word on RRI. The BUSY signal resets the Data Ready Reset (DRR). Again $\overline{\text{STROBE}}$ starts the transmit sequence. A quad 2 input multiplexer is used to superimpose polarity, over-range, and under-range onto the D5 word since in this instance it is known that B2 = B4 = B8 = 0.

For correct operation it is important that the UART clock be fast enough that each word is transmitted before the next $\overline{\text{STROBE}}$ pulse arrives. Parity is locked into the UART at load time but does not change in this connection during an output stream.

Circuits to interface the ICL7135 directly with three popular microprocessors are shown in Figure 15 and Figure 16. The 8080/8048 and the MC6800 groups with 8-bit buses need to have polarity, over-range and under-range multiplexed onto the Digit 5 Sword - as in the UART circuit. In each case the microprocessor can instruct the A/D when to begin a measurement and when to hold this measurement.

Application Notes

NOTE #	DESCRIPTION	AnswerFAX DOC. #
AN016	"Selecting A/D Converters"	9016
AN017	"The Integrating A/D Converter"	9017
AN018	"Do's and Don'ts of Applying A/D Converters"	9018
AN023	"Low Cost Digital Panel Meter Designs"	9023
AN028	"Building an Auto-Ranging DMM Using the 8052A/7103A A/D Converter Pair"	9028
AN030	"The ICL7104 - A Binary Output A/D Converter for Microprocessors"	9030
AN032	"Understanding the Auto-Zero and Common Mode Performance of the ICL7136/7/9 Family"	9032

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

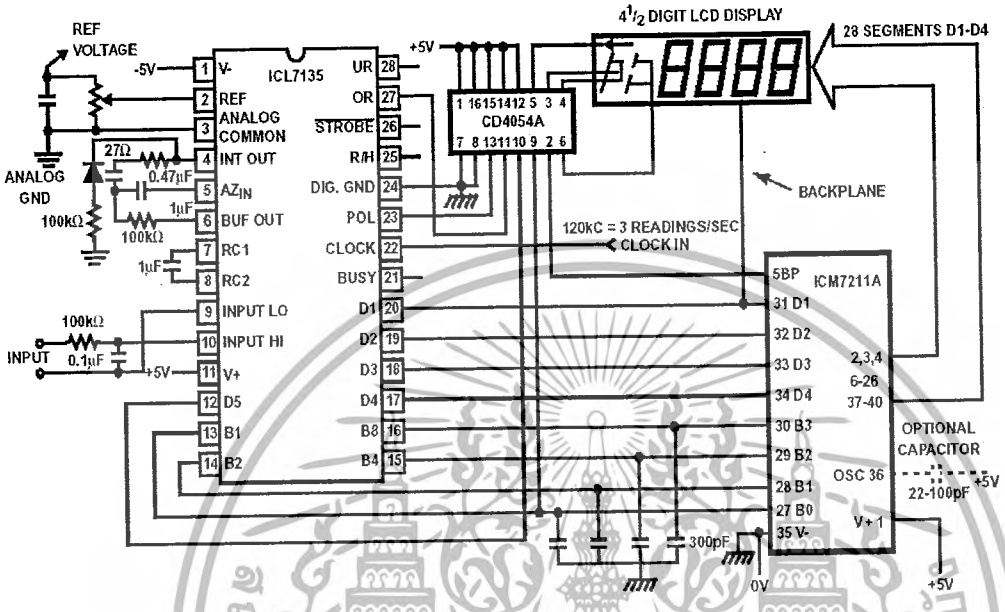


FIGURE 10. DRIVING LCD DISPLAYS

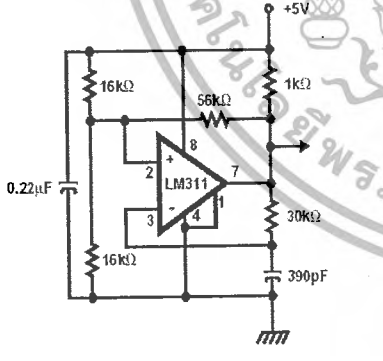


FIGURE 11. LM311 CLOCK SOURCE

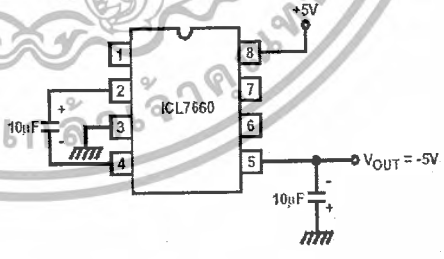


FIGURE 12. GENERATING A NEGATIVE SUPPLY FROM +5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Information Summary Sheet

- **CLOCK INPUT**

  The ICL7135 does not have an internal oscillator. It requires an external clock.
  f_{CLOCK} (Typ) = 120kHz

- **CLOCK PERIOD**

  $t_{CLOCK} = 1/f_{CLOCK}$

- **INTEGRATION PERIOD**

  $t_{INT} = 10,000 \times t_{CLOCK}$

- **60/50Hz REJECTION CRITERION**

  t_{INT}/t_{60Hz} or t_{INT}/t_{50Hz} = Integer

- **OPTIMUM INTEGRATION CURRENT**

  $I_{INT} = 20\mu A$

- **FULL-SCALE ANALOG INPUT VOLTAGE**

  V_{INFS} (Typ) = 200mV or 2V

- **INTEGRATE RESISTOR**

  $$R_{INT} = \frac{V_{INFS}}{I_{INT}}$$

- **INTEGRATE CAPACITOR**

  $$C_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{V_{INT}}$$

- **INTEGRATOR OUTPUT VOLTAGE SWING**

  $$V_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{C_{INT}}$$

- **V_{INT} MAXIMUM SWING:**

  $(V- + 0.5) < V_{INT} < (V+ - 0.5V)$
  V_{INT} Typically = 2.7V

- **DISPLAY COUNT**

  $$COUNT = 10,000 \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

- **CONVERSION CYCLE**

  $t_{CYC} = t_{CLOCK} \times 40002$
  when f_{CLOCK} = 120kHz, t_{CYC} = 333ms

- **COMMON MODE INPUT VOLTAGE**

  $(V- + 1V) < V_{IN} < (V+ - 0.5V)$

- **AUTO-ZERO CAPACITOR**

  $0.01\mu F < C_{AZ} < 1\mu F$

- **REFERENCE CAPACITOR**

  $0.1\mu F < C_{REF} < 1\mu F$

- **POWER SUPPLY: DUAL ±5V**

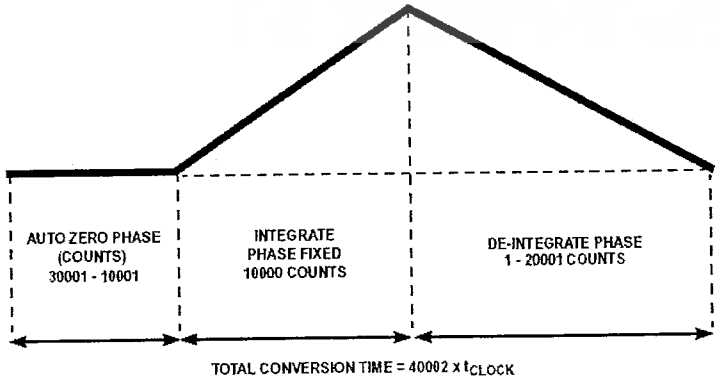
  V+ = +5V to GND
  V- = -5V to GND

- **OUTPUT TYPE**

  4 BCD Nibbles with Polarity and Overrange Bits

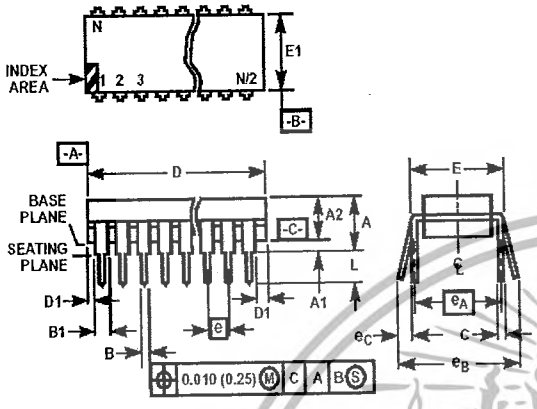
  There is no internal reference available on the ICL7135. An external reference is required due to the ICL7135's $4\frac{1}{2}$ digit resolution.

Typical Integrator Amplifier Output Waveform (INT Pin)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E28.6 (JEDEC MS-011-AB ISSUE B)
28 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.250	-	6.35	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.125	0.195	3.18	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.030	0.070	0.77	1.77	8
C	0.008	0.015	0.204	0.381	-
D	1.380	1.565	35.1	39.7	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.600	0.625	15.24	15.87	6
E1	0.485	0.580	12.32	14.73	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
e_A	0.600 BSC		15.24 BSC		6
e_B	-	0.700	-	17.78	7
L	0.115	0.200	2.93	5.08	4
N	28		28		9

Rev. 1 12/00

NOTES:

1. Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
3. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
4. Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
5. D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
6. E and e_A are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum -C-.
7. e_B and e_C are measured at the lead tips with the leads unconstrained. e_C must be zero or greater.
8. B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
9. N is the maximum number of terminal positions.
10. Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under **ISO9000** quality systems certification.

Intersil semiconductor products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site **www.intersil.com**

Sales Office Headquarters

NORTH AMERICA
Intersil Corporation
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204
Melbourne, FL 32902
TEL: (321) 724-7000
FAX: (321) 724-7240

EUROPE
Intersil SA
Mercure Center
100, Rue de la Fusee
1130 Brussels, Belgium
TEL: (32) 2.724.2111
FAX: (32) 2.724.22.05

ASIA
Intersil Ltd.
8F-2, 96, Sec. 1, Chien-kuo North.
Taipei, Taiwan 104
Republic of China
TEL: 886-2-2515-8508
FAX: 886-2-2515-8369

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ
ตัวอย่างใบประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอน (ชุดทดลอง)

คำชี้แจง แบบประเมินสื่อนี้ เป็นแบบประเมินเพื่อหาคุณภาพชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบดิจิตอล

โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องคะแนนตามระดับความคิดเห็น

เกณฑ์ระดับความพึงพอใจ 5 = ดีมาก 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง					
- เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
- ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
- ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง					
2. ภาษาและรูปภาพ					
- ความเหมาะสมของรูปภาพ					
- ความเหมาะสมของภาษา					
- ความถูกต้องของหลักภาษา					
3. ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า					
- ความเหมาะสมของเทคนิคการนำเสนอชุดทดลอง					
- ความเหมาะสมของเนื้อหาในบทเรียน					
- ความเหมาะสมของการออกแบบชุดทดลองและใบงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบแอนะลอกและดิจิตอล					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ .....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอน (ชุดทดลอง)

คำชี้แจง แบบประเมินสื่อนี้ เป็นแบบประเมินเพื่อหาคุณภาพชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบแอนะลอกและชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นแบบดิจิตอล

โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องคะแนนตามระดับความคิดเห็น

เกณฑ์ระดับความพึงพอใจ 5 = ดีมาก 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

เรื่องที่ประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\overline{X}$
	1	2	3	
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง				
- เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	3	5	4.33
- ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	5	4	5	4.67
- ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง	5	3	5	4.33
2. ภาษาและรูปภาพ				
- ความเหมาะสมของรูปภาพ	5	3	4	4
- ความเหมาะสมของภาษา	4	4	5	4.33
- ความถูกต้องของหลักภาษา	4	4	5	4.33
3. ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้า				
- ความเหมาะสมของเทคนิคการนำเสนอชุดทดลอง	4	3	4	3.66
- ความเหมาะสมของเนื้อหาในบทเรียน	5	4	4	4.33
- ความเหมาะสมของการออกแบบชุดทดลองและใบงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบแอนะลอกและดิจิตอล	5	3	4	4
$\overline{X}$	4.67	3.44	4.55	3.73

ตารางที่ ฌ 1 แสดงค่าคะแนนแบบประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลอง

จากตารางที่ ฌ 1 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านชุดทดลองในภาพรวมอยู่ในระดับพอใช้หรือปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ – สกุล	นางสาวขนิษฐา ลาดหนองขุ่น
วัน เดือน ปีเกิด	2 มิถุนายน พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	96/12 บ้านวังใหญ่ ตำบลคกโพธิ์ อำเภอหนองพอก จังหวัดร้อยเอ็ด 45210 โทรศัพท์ 0-9676-7796
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านวังใหญ่ จังหวัดร้อยเอ็ด
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนโพนทองวิทยา จังหวัดร้อยเอ็ด
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนโพนทองวิทยา จังหวัดร้อยเอ็ด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ – สกุล นายสิทธิพร ม่วงโมด

วัน เดือน ปีเกิด 2 กันยายน พ.ศ. 2523

ภูมิลำเนา 163 หมู่ 3 ตำบลหาดงิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
โทรศัพท์ 0-6523-6000

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านวังแดง จังหวัดอุตรดิตถ์

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คติพจน์ ทำในสิ่งที่ดีและถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ – สกุล	นางสาวสุกัญญา มานพ
วัน เดือน ปีเกิด	2 พฤษภาคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	111/5 หมู่ 2 ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดมโนรม จังหวัดชลบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนทุ่งสุขลาพิทยา"กรุงไทยอนุเคราะห์" จังหวัดชลบุรี
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนทุ่งสุขลาพิทยา"กรุงไทยอนุเคราะห์" จังหวัดชลบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ความสำเร็จยังคงมีให้ไขว่คว้า ถ้าเธอมั่นใจว่าต้องได้มา ไม่มีช้า ถ้าพยายาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้