การ์ดดิจิตอลมัลติมิเตอร์

DIGITAL MULTIMETER CARD

โดย

นายณรงค์ชัย หอมจันทร์ศรี

นายอิทธิพันธ์ ประชามิตร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การ์ดดิจิตอลมัลติมิเตอร์

DIGITAL MULTIMETER CARD

โดย

นายณรงค์ชัย หอมจันทร์ศรี เลขประจำตัว 40013209

นายอิทธิพันธ์ ประชามิตร เลขประจำตัว 40013241

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

ปพ.
ลง 2171
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36878
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้ใช้เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การ์ดดิจิตอลมัลติมิเตอร์

ผู้จัดทำ

1.นายณรงค์ชัย หอมจันทร์ศรี เลขประจำตัว 40013209

2.นายอิทธิพันธ์ ประชามิตร เลขประจำตัว 40013241

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.กิติพล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ์ดดิจิตอลมัลติมิเตอร์

DIGITAL MULTIMETER CARD

นายณรงค์ชัย หอมจันทร์ศรี เลขประจำตัว 40013209

นายอิทธิพันธ์ ประชามิตร เลขประจำตัว 40013241

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.กิตพล ชิตสกุล)

29 / ม.ค. / 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ์ดดิจิตอลมัลติมิเตอร์

นายณรงค์ชัย หอมจันทร์ศรี
นายอิทธิพันธ์ ประชามิตร
อาจารย์ ดร. กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบสร้างการ์ดมัลติมิเตอร์ เพื่อใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ PC สำหรับงานวัดค่าแรงดัน กระแส และความต้านทาน โดยจะสามารถเลือกฟังก์ชันและแสดงผลที่คอมพิวเตอร์ PC ภายใต้โปรแกรมควบคุมที่พัฒนาขึ้นมาบน Delphi® สำหรับคุณสมบัติของการ์ดดิจิตอลมัลติมิเตอร์นั้น สามารถที่จะทำการวัดค่าแรงดันทั้ง AC และ DC วัดค่ากระแส DC รวมทั้งสามารถที่จะใช้วัดค่าความต้านทานและแสดงผลได้ ที่ความแม่นยำเฉลี่ย 1%, 2%, 2% และ 2% ตามลำดับ ที่อินพุทอิมพิแดนซ์ 10 เมกะโอหม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL MULTIMETER CARD

Mr.Narongchai Homjansri
Mr.Itthipan Prachami
Dr.Kitiphol Chitsakul (Advisor)
Acadamic Year 1999

ABSTRACT

A multimeter card for being operated with a PC was designed and implemented. The mode of operations such as voltage, current and resistance measurement is available. All operations are under control by the PC in which the specific software developed on Delphi® is installed. The accuracy of this Digital Multimeter for measuring of AC and DC voltage, DC current and resistance are 1%, 2%, 2% และ 2% respectively. The input resistance of the card is about 10 Megaohms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับรายงานฉบับนี้สามารถสำเร็จเป็นรูปเล่มลงได้นั้น กระผมขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร. กิติพล ชิตสกุล ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ปรึกษา Project โดยท่านได้ให้คำแนะนำกับแนวทางการศึกษาค้นคว้าและทำการทดลอง อีกทั้งขอขอบใจเพื่อน ๆ น้องๆ โดยเฉพาะเพื่อน ๆ ที่อยู่ที่บ้านและที่เรียนด้วยกัน ซึ่งช่วยให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจที่ดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้ซึ่งให้กำเนิดและอบรมสั่งสอน ตลอดจนยังสนับสนุนในเรื่องการศึกษาของกระผมมาโดยตลอด

นายณรงค์ชัย หอมจันทร์ศรี

นายอิทธิพันธ์ ประชามิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของมิเตอร์	3
2.1 มิเตอร์แบบเข็ม	3
2.2 มิเตอร์เชิงตัวเลข	14
บทที่ 3 ส่วนประกอบของวงจรและการควบคุม	24
3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ MAX 134	24
3.2 การทำงานเบื้องต้น	26
3.3 ส่วนประกอบ	36
3.4 ลักษณะของบิทเอาท์พุท	38
3.5 ลักษณะของบิทควบคุม	39
3.6 การประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น	42
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	44
4.1 ดีซีโวลท์มิเตอร์	44
4.2 เอซีโวลท์มิเตอร์	49
4.3 โอห์มมิเตอร์	53
4.4 แอมป์มิเตอร์	58
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	61
ภาคผนวก	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การต่อขนานให้แอมมิเตอร์	3
รูปที่ 2.2 แอมมิเตอร์หลายย่านแบบอินดิวิดวล	4
รูปที่ 2.3 แอมมิเตอร์หลายย่านแบบยูนิเวอร์แซล	4
รูปที่ 2.4 วงจรเบื้องต้นของดีซีโวลท์มิเตอร์	5
รูปที่ 2.5 ดีซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบอินดิวิดวล	6
รูปที่ 2.6 ดีซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบยูนิเวอร์แซล	6
รูปที่ 2.7 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ	7
รูปที่ 2.8 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบขนาน	8
รูปที่ 2.9 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบ โพเทนทิโอมิเตอร์	9
รูปที่ 2.10 วงจร โอห์มมิเตอร์โพเทนทิโอมิเตอร์แบบหลายย่าน	11
รูปที่ 2.11 วงจรเอซีโวลท์มิเตอร์เบื้องต้น	11
รูปที่ 2.12 วงจรเอซีโวลท์มิเตอร์เพิ่มไดโอดแก้กระแสรั่วซึม	12
รูปที่ 2.13 วงจรเอซีโวลท์มิเตอร์แบบครึ่งคลื่นที่เพิ่มตัวต้านทานขนาน	13
รูปที่ 2.14 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์	13
รูปที่ 2.15 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบครึ่งบริดจ์	14
รูปที่ 2.16 เอซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบอินดิวิดวล	14
รูปที่ 2.17 เอซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบยูนิเวอร์แซล	15
รูปที่ 2.18 DVM แบบแรมพ์-ไทพ์	16
รูปที่ 2.19 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องนับทางดิจิตอล	17
รูปที่ 2.20 บล็อคไดอะแกรมของการแปลงสถานะอินพุท	18
รูปที่ 2.21 ระดับของทริกเกอร์	19
รูปที่ 2.22 ไทม์เบสออสซิเลเตอร์ และไทม์เบสดีไวเดอร์	22
รูปที่ 2.23 เคาน์ติ้งรีจีสเตอร์	23
รูปที่ 3.1 แสดงการจัดขาในตัวถังแบบ DIP 40 ขา	25
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก	26
รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบวงจรแสดงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	29
รูปที่ 3.4 ลักษณะโครงสร้างของวงจรส่วนอินพุทของ MAX 134	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 ลักษณะทางอินพุทของโหมดการวัดความต้านทานและไดโอด 31
รูปที่ 3.6 ACTIVE FILTER 33
รูปที่ 3.7 สัญญาณการอ่านและเขียนที่อินเตอร์เฟสกับไมโครโปรเซสเซอร์ของ MAX 134 34
รูปที่ 3.8 วงจรส่วนอินเตอร์เฟส 35
รูปที่ 3.9 External AC-DC Converter 37
รูปที่ 3.10 วงจรใช้งาน 43
รูปที่ 4.1 ลักษณะการวัดแรงดันดีซี 44
รูปที่ 4.2 ลักษณะการวัดแรงดันเอซี 49
รูปที่ 4.3 ลักษณะการความต้านทาน 53
รูปที่ 4.4 ลักษณะการวัดกระแสไฟฟ้า 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงความเสถียรของคริสตัลออสซิลเลเตอร์ชนิดต่างๆ 20
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทางไฟฟ้าของ MAX 134 25
ตารางที่ 3.2 Integration Periods 28
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างของข้อมูลในรูปแบบของ 9 'complement BCD 38
ตารางที่ 3.4 ข้อมูลเอาท์พุทจาก MAX 134 38
ตารางที่ 3.5 ข้อมูลอินพุทของ MAX 134 (a), (b), (c) 41
ตารางที่ 4.1 ดีซีโวลท์ ย่าน 400 mV 45
ตารางที่ 4.2 ดีซีโวลท์ ย่านวัด 4 V 45
ตารางที่ 4.3 ดีซีโวลท์ ย่าน 40 V 46
ตารางที่ 4.4 ดีซีโวลท์ ย่าน 400 V 46
ตารางที่ 4.5 เอซีโวลท์ ย่าน 4 V 50
ตารางที่ 4.6 เอซีโวลท์ ย่าน 40 V 50
ตารางที่ 4.7 เอซีโวลท์ ย่าน 400 V 51
ตารางที่ 4.8วัดโอห์ม ย่าน 400 Ω 54
ตารางที่ 4.9 โอห์ม ย่าน 4 kΩ 54
ตารางที่ 4.10วัดโอห์ม ย่าน 40 kΩ 55
ตารางที่ 4.11วัดโอห์ม ย่าน 400 kΩ 55
ตารางที่ 4.12 วัดกระแสย่าน 400 mA 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

มัลติมิเตอร์นับเป็นเครื่องวัดที่สำคัญชนิดหนึ่งในชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์หรือใช้ในการตรวจสอบหรือซ่อมบำรุงอุปกรณ์หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้มีการผลิตเครื่องมือวัดชนิดนี้ออกมาจำหน่ายในหลายรูปแบบตั้งแต่แบบตั้งโต๊ะจนถึงแบบมือถือ แต่จะพบว่ามัลติมิเตอร์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันมีน้อยยี่ห้อที่สามารถจะบันทึกผลการวัดในรูปแบบดิจิตอลเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้ายหรือประมวลผลข้อมูล

โครงงานดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ดนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาต้นแบบชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์บนไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีวัตถุประสงค์จะใช้ประโยชน์จากสมรรถนะของไมโครคอมพิวเตอร์ ให้เป็นชุดเครื่องมือวัดที่อำนวยความสะดวกในการใช้งาน และมีสมรรถนะในการประมวลผลและบันทึกผลที่เหนือกว่าชุดทดลองพื้นฐานที่นำเอาเครื่องวัดอิสระมาจัดเข้ากลุ่มใช้งานร่วมกัน

แนวคิดของการสร้างต้นแบบดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ดคือสร้างฮาร์ดแวร์ที่สามารถใช้งานตามฟังก์ชันพื้นฐานของดิจิตอลมัลติมิเตอร์และอินเตอร์เฟสกับไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้จอมอนิเตอร์ในการแสดงปุ่มเลือกฟังก์ชันและแสดงผลของการวัด ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของการ์ดและติดต่อกับผู้ใช้จะเขียนบนภาษา Delphi®

1.2 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการรายงานผลการศึกษาและทดลอง ตลอดสองภาคการศึกษาเพื่อออกแบบสร้างดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ดตามแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งเนื้อหานั้นจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ แยกเป็นบทได้ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมา แนวคิดของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของมิเตอร์ กล่าวถึงหลักการพื้นฐานของมัลติมิเตอร์แบบเข็ม และแบบดิจิตอลมัลติมิเตอร์

บทที่ 3 ส่วนประกอบของวงจรและการควบคุม กล่าวถึงส่วนประกอบของวงจรต่าง ๆ ที่ประกอบเป็น ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด ซึ่งจะมีไอซีเบอร์ MAX 134 เป็นองค์ประกอบหลัก

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงแนวทางการทดสอบดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ดที่สร้างขึ้น ซึ่งเราจะทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์มาตรฐานตัวหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง เป็นการประเมินผลสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสร้างดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

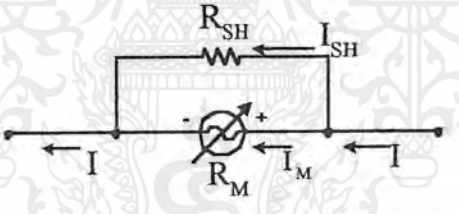
บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานของมิเตอร์

2.1 มิเตอร์แบบเข็ม

2.1.1 ดีซีแอมป์มิเตอร์

แอมมิเตอร์เป็นมิเตอร์วัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าและถือว่าเป็นมิเตอร์พื้นฐานที่ดัดแปลงไปใช้เป็นมิเตอร์อื่น ๆ แอมมิเตอร์เบื้องต้นจะเป็นแอมมิเตอร์แบบไฟตรง (DC) หรือดีซีแอมมิเตอร์มีขั้วในการต่อวัดกระแสตายตัว ในการต่อแอมมิเตอร์วัดกระแสในวงจรจะต้องต่ออันดับเข้ากับวงจรที่จะวัดกระแส และต้องต่อขั้วของแอมมิเตอร์ให้ถูกต้องมิเช่นนั้นเข็มของแอมมิเตอร์จะตีกลับอาจทำให้แอมมิเตอร์ชำรุดเสียหายได้ การต่อขั้วของแอมมิเตอร์ถือหลักใกล้บวกต่อบวก ใกล้ลบต่อลบ

แอมมิเตอร์เดิมอาจวัดกระแสไฟฟ้าได้น้อย ถ้าต้องการทำให้แอมมิเตอร์เดิมวัดกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้น สามารถทำได้โดยหาความต้านทานมาต่อขนาน (shunt resistor) เพื่อแบ่งกระแสส่วนเกินผ่านตัวต้านทานดังรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงการต่อขนานให้แอมมิเตอร์



รูปที่ 2.1 การต่อขนานให้แอมมิเตอร์

จากรูป 2.1 กำหนดให้ R_M คือความต้านทานภายในมิเตอร์ มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_{SH} คือความต้านทานต่อขนานกับมิเตอร์ มีหน่วยเป็น โอห์ม

I_M คือกระแสเต็มสเกลของมิเตอร์ มีหน่วยเป็น แอมป์

I_{SH} คือกระแสที่ไหลผ่านชันต์ มีหน่วยเป็น แอมป์

I คือกระแสเต็มสเกลที่วัดได้ครั้งใหม่ มีหน่วยเป็น แอมป์

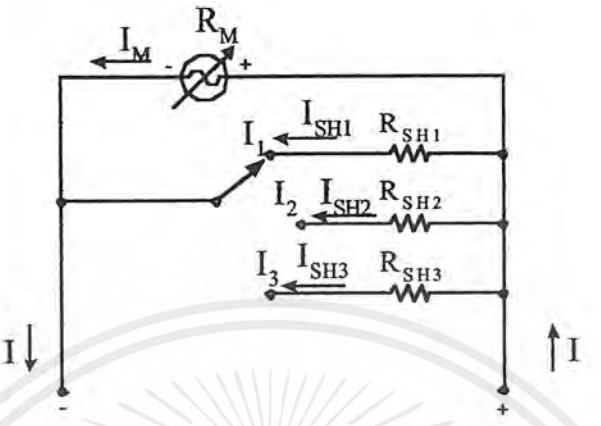
1. แอมมิเตอร์แบบหลายย่าน (multirange ammeter)

ดีซีแอมมิเตอร์แบบหลายย่านที่สร้างขึ้นมาใช้งานแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

- แบบอินดิวิดวล (individual type) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นแบบหลายย่านเบื้องต้น (simple multirange type) แอมมิเตอร์หลายย่านแบบนี้ความต้านทานที่ต่อขยายย่านวัดจะแยกอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

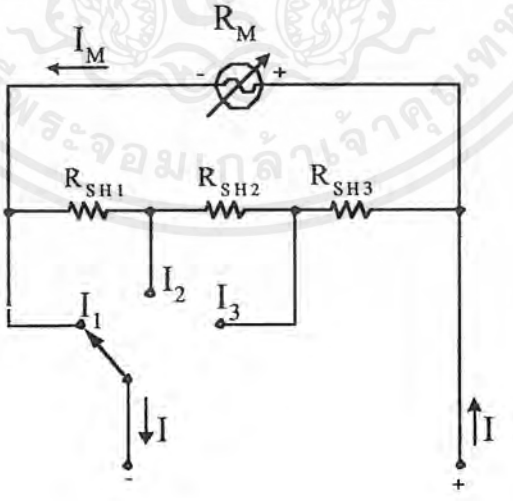
อิสระตัวละย่านไม่เกี่ยวข้องกัน การต่อแอมมิเตอร์แบบนี้มีข้อเสียคือ ขณะเปลี่ยนย่านวัดกระแสในวงจร มิเตอร์จะชำรุดทันที วงจรแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แอมมิเตอร์หลายย่านแบบอินดิวิดวล

- แบบยูนิเวอร์แซล (universal type)

แบบยูนิเวอร์แซล หรือเรียกแกอย่างว่าแบบอาร์ตอนชันต์ (ayrton shunt) แอมมิเตอร์หลายย่านแบบนี้ตัวต้านทานที่ต่อขยายย่านวัดทุกตัวต่ออันดับกัน และทั้งหมดไปต่อขนานกับมิเตอร์ย่านที่ขยายการวัดแต่ละย่านถูกต่อออกมาจากรอยต่อของตัวต้านทานแต่ละตัว การต่อแบบนี้ดีกว่าแบบอินดิวิดวลตรงที่ในขณะเปลี่ยนย่านวัดกระแสในวงจร ดีซีแอมมิเตอร์แบบนี้ไม่ชำรุดเสียหาย วงจรแสดงดังรูปที่ 2.3



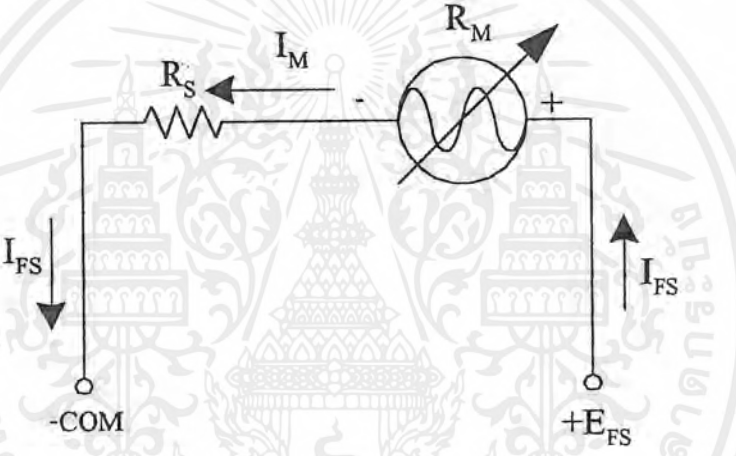
รูปที่ 2.3 แอมมิเตอร์หลายย่านแบบยูนิเวอร์แซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ดีซีโวลท์มิเตอร์ (DC Voltmeter)

ดีซีโวลท์มิเตอร์ (DC Voltmeter) สามารถวัดแรงดันไฟตรง มีขั้วกำกับเป็นบวก-ลบตายตัว ในการวัดแรงดันในวงจรจะต้องต่อดีซีโวลท์มิเตอร์คร่อมขนานกับวงจร ขั้วของดีซีโวลท์มิเตอร์ต้องตรงขั้วของแหล่งจ่ายแรงดันที่ป้อนเข้ามา โดยใช้หลักการใกล้บวกต่อบวกใกล้ลบต่อลบ ถ้าต่อผิดขั้วเข็มจะตีกลับทาง

การวัดแรงดันที่สูงขึ้นย่อมจะทำให้มีกระแสไหลผ่านมิเตอร์มากขึ้น เข็มมิเตอร์จะเบนมากขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการทำให้มิเตอร์ตัวเดิมวัดแรงดันได้สูงขึ้น จะต้องหาความต้านทานมาต่ออันดับเพื่อจำกัดกระแสที่ไหลผ่านมิเตอร์ไม่ควรเกินกว่าที่มิเตอร์ต้องการในรูปที่ 2.4 แสดงวงจรเบื้องต้นของดีซีโวลท์มิเตอร์



รูปที่ 2.4 วงจรเบื้องต้นของดีซีโวลท์มิเตอร์

จากรูปที่ 2.4 กำหนดให้ E_{FS} คือ แรงดันไฟตรงเต็มสเกลครั้งใหม่ หน่วย โวลท์ (Volt)

I_{FS} คือ กระแสเต็มสเกลเดิมของมิเตอร์ หน่วย แอมป์ (Amp)

R_M คือ ความต้านทานภายในมิเตอร์ หน่วย โอห์ม (Ohm)

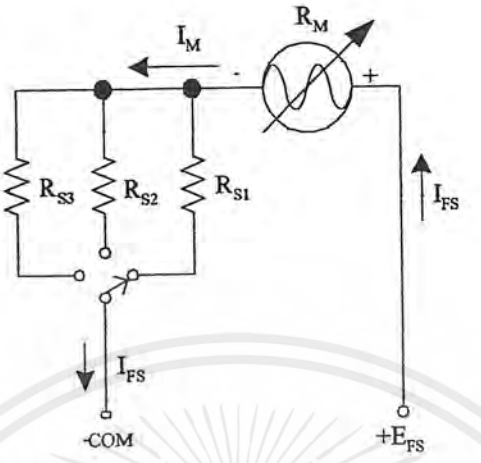
R_S คือความต้านทานที่ต่ออันดับกับมิเตอร์ หน่วย โอห์ม (Ohm)

1. ดีซีโวลท์มิเตอร์แบบหลายย่าน

ดีซีโวลท์มิเตอร์แบบหลายย่านคือ การต่อตัวต้านทานอันดับเข้าไปหลาย ๆ ตัว วิธีการต่อแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

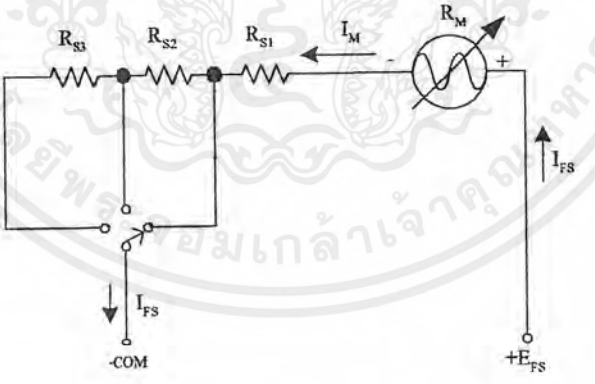
-แบบอินดิวิดวล (Individual DC voltmeter) การต่อดีซีโวลท์มิเตอร์แบบนี้นั้น สมควรมีตัวความต้านทานที่ต่อขยายย่านวัดและแยกอย่างอิสระจากกันโดยไม่เกี่ยวข้องกันแสดงดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ดีซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบอินดิวิดวล

-แบบยูนิเวอร์แซล (Universal type) การต่อดีซีโวลท์มิเตอร์แบบนี้ ความต้านทานที่ต่อขยายย่านวัดทุกตัวต่ออันดับกันหมด และไปต่ออันดับกับมิเตอร์ ย่านที่ขยายการวัดแต่ละย่านถูกต่อออกมาจากรอยต่อของตัวต้านทานแต่ละตัวแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ดีซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบยูนิเวอร์แซล

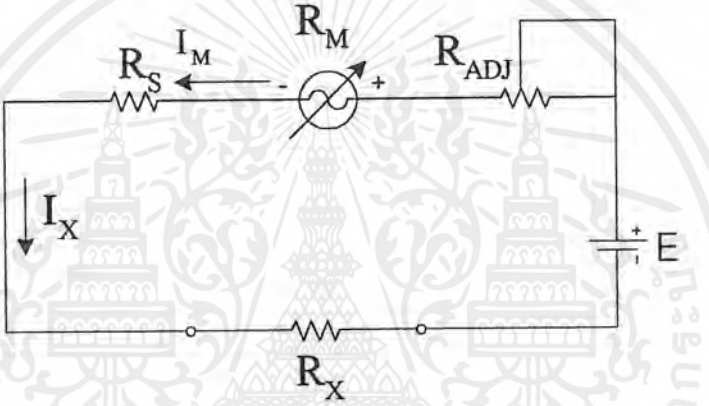
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 โอห์มมิเตอร์ (OHMMETER)

โอห์มมิเตอร์ (ohmmeter) เป็นเครื่องมือวัดสำหรับวัดค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่า สามารถอ่านค่าออกมาเป็นโอห์มได้โดยตรง มีอยู่ด้วยกันหลายแบบคือ

1. โอห์มมิเตอร์แบบอันดับ

โอห์มมิเตอร์แบบอันดับ (series ohmmeter) นี้ถือว่าเป็นโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น วงจรประกอบด้วยมิเตอร์ แหล่งจ่ายไฟ ตัวต้านทานปรับค่าได้ และอาจประกอบด้วยตัวต้านทานคงที่เพื่อจำกัดกระแส โดยมีตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่าต้องการวัดต่ออันดับกับวงจรโอห์มมิเตอร์จึงถูกเรียกว่าโอห์มมิเตอร์แบบอันดับซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ

จากรูปที่ 2.7 กำหนดให้

IFS=I_M คือ กระแสเต็มสเกลเดิมของมิเตอร์ มีหน่วยเป็น แอมป์

I_X คือกะแสที่ไหลผ่านมิเตอร์เมื่อต่อตัวต้านทาน R เข้าวงจร มีหน่วยเป็น แอมป์

E คือแรงดันจากแบตเตอรี่ในวงจร มีหน่วยเป็น โวลท์

R_M คือความต้านทานภายในของมิเตอร์ มีหน่วยเป็นโอห์ม

R_S คือความต้านทานป้องกันกระแสจำนวนมากผ่านมิเตอร์ มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_{ADJ} คือความต้านทานจำกัดกระแสให้ไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกล มีหน่วยเป็นโอห์ม

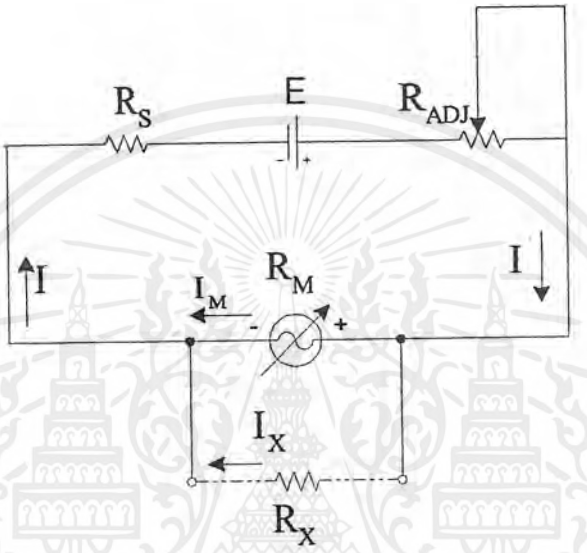
R_X คือความต้านทานที่ไม่ทราบค่าที่ต้องการจะวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม

โอห์มมิเตอร์แบบอันดับนี้จะวัดค่าความต้านทานได้ถูกต้องที่ความต้านทานค่าปานกลางและค่าสูง และวัดค่าได้ไม่ถูกต้องที่ค่าความต้านทานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โอห์มมิเตอร์แบบขนาน

โอห์มมิเตอร์แบบขนาน (shunt ohmmeter) ถือว่าเป็นโอห์มมิเตอร์แบบพื้นฐานอีกแบบหนึ่งส่วนประกอบโครงสร้างจะคล้ายกับโอห์มมิเตอร์แบบอันดับคือ จะประกอบไปด้วย มิเตอร์, แหล่งจ่ายไฟ, ตัวต้านทานปรับค่าได้, และตัวต้านทานคงที่เพื่อจำกัดกระแส โดยตัวต้านทานที่ไม่ทราบค่าที่ต้องการวัดค่าต่อขนานกับมิเตอร์จึงถูกเรียกว่า โอห์มมิเตอร์แบบขนานดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

จากรูปที่ 2.8 กำหนดให้

$I_{FS}=I_M$ คือกระแสเต็มสเกลเดิมของมิเตอร์ มีหน่วยเป็น แอมป์

I คือกระแสครั้งใหม่ที่ไหลในวงจรเมื่อต่อ R มีหน่วยเป็น แอมป์

I_O คือกระแสไหลผ่านมิเตอร์เมื่อต่อ R มีหน่วยเป็น แอมป์

I_X คือกระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน R มีหน่วยเป็น แอมป์

E คือแรงดันจากแบตเตอรี่ในวงจร มีหน่วยเป็น โวลท์

R_M คือความต้านทานภายในของมิเตอร์ มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_S คือความต้านทานป้องกันกระแสจำนวนมากผ่านมิเตอร์ มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_{ADJ} คือความต้านทานจำกัดกระแสให้ไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกล มีหน่วยเป็น โอห์ม

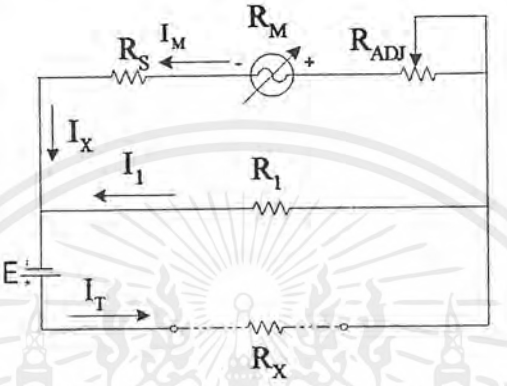
R_X คือความต้านทานที่ไม่ทราบค่าที่ต้องการจะวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม

โอห์มมิเตอร์แบบขนานนี้จะสามารถวัดค่าความต้านทานได้ถูกต้องที่ความต้านทานค่าต่ำและปานกลาง และวัดค่าได้ไม่ถูกต้องที่ความต้านทานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โอห์มมิเตอร์แบบโพเทนทิโอมิเตอร์

โอห์มมิเตอร์แบบโพเทนทิโอมิเตอร์ (potentiometer ohmmeter) ก็คือโอห์มมิเตอร์แบบอันดับที่มีความต้านทานมาตรฐานต่อขนานกับความต้านทานของโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ ความต้านทานที่ต้องการทราบ (R_x) จะต่อเป็นตัวแบ่งแรงดัน (voltage divider) กับความต้านทานมาตรฐาน วงจรโอห์มมิเตอร์แบบโพเทนทิโอมิเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบโพเทนทิโอมิเตอร์

จากรูปที่ 2.9 กำหนดให้

$I_{FS} = I_M$ คือกระแสเต็มสเกลเดิมของมิเตอร์ มีหน่วยเป็น แอมป์

E คือแรงดันจากแบตเตอรี่ในวงจร มีหน่วยเป็น โวลท์

E คือแรงดันที่จุด AB มีหน่วยเป็นโวลท์

I_1 คือกระแสผ่านตัวต้านทาน R มีหน่วยเป็น แอมป์

I_X คือกระแสผ่านมิเตอร์เมื่อต่อ R เข้าวงจรมีหน่วยเป็น แอมป์

I_T คือกระแสรวมในวงจรเมื่อต่อ R เข้าวงจร มีหน่วยเป็น แอมป์

R_M คือความต้านทานภายในของมิเตอร์ มีหน่วยเป็น โวลท์

R_S คือความต้านทานป้องกันกระแสจำนวนมากผ่านมิเตอร์ มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_{ADJ}คือความต้านทานจำกัดกระแสให้ไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกล มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_1 คือความต้านทานใช้เปลี่ยนค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ให้มากขึ้นหรือลดลง มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_X คือความต้านทานไม่ทราบค่าที่ต้องการจะวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม

R_{AB} คือความต้านทานรวมที่จุด AB มีหน่วยเป็น โอห์ม

โอห์มมิเตอร์แบบโพเทนทิโอมิเตอร์นี้จะวัดค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่าได้ดีเกือบทุกค่าตั้งแต่ต่ำไปหาสูง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานมาตรฐาน R_1 ที่ต่อในวงจร ถ้าใช้ R_1 ค่าต่ำโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิเตอร์แบบนี้จะวัดค่าความต้านทานต่ำได้ดี และถ้าใช้ R_1 ที่ค่าสูง โอห์มมิเตอร์แบบนี้จะสามารถวัดค่าความต้านทานสูงได้ดีดังนั้นถ้าต้องการให้โอห์มมิเตอร์ ถ้าต้องการให้โอห์มมิเตอร์วัดค่าความต้านทานได้กว้าง จึงต้องเพิ่มย่านวัดให้โอห์มมิเตอร์มากกว่า 1 ย่าน

4. โอห์มมิเตอร์แบบหลายย่าน

จากเรื่องโอห์มมิเตอร์แบบอันดับ มีข้อเสียตรงที่วัดค่าความต้านทานต่ำ ๆ ได้ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความต้านทานภายในมิเตอร์มีค่าสูง ดังนั้นถ้าต้องการวัดค่าความต้านทานต่ำต้องทำการลดค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ลง โดยต่อตัวต้านทานค่าต่ำขนานกับความต้านทานภายในมิเตอร์คือ ดัดแปลงเป็นโอห์มมิเตอร์แบบโพเทนทิโอมิเตอร์ ถ้าใส่ตัวต้านทานมาตรฐานขนานหลายตัวโดยลดหรือเพิ่มค่าเปลี่ยนแปลงโดยใช้ซีเล็กเตอร์สวิตซ์ปรับเลือกสามารถทำได้

สิ่งสำคัญของโอห์มมิเตอร์หลายย่านคือ จะต้องใช้สเกลในการวัดค่าเพียงสเกลเดียว ดังนั้นการสร้างโอห์มมิเตอร์จึงต้องถือกลางสเกลเป็นส่วนสำคัญเพื่อจะทำให้สามารถใช้สเกลร่วมกันได้ ถ้าเข็มมิเตอร์ชี้กลางสเกลแสดงว่าความต้านทานที่นำมาวัดค่าจะมีค่าเท่ากับความต้านทานภายในมิเตอร์ ดังนั้นถ้าความต้านทานภายในมิเตอร์ต่ำจะวัดค่าความต้านทานได้ต่ำ และถ้าความต้านทานภายในมิเตอร์มีค่าสูงจะวัดค่าความต้านทานได้สูงการเปลี่ยนค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ ทำได้โดยการเปลี่ยนความต้านทานที่มาต่อขนานกับความต้านทานภายในมิเตอร์

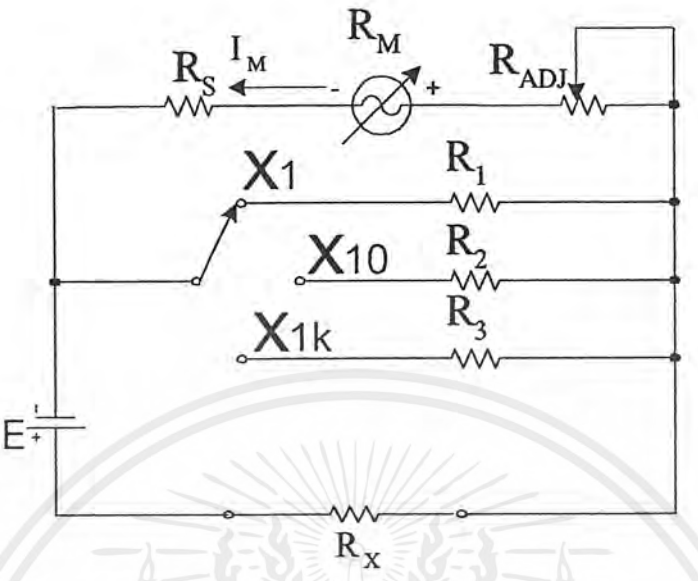
การดัดแปลงโอห์มมิเตอร์ให้วัดความต้านทานได้หลาย ๆ ย่าน มักนิยมทำให้ได้ค่ากลางสเกลเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเช่น 10 เท่า 100 เท่า 1,000 เท่า และ 10,000 เท่า เป็นต้น โดยการเพิ่มค่าการวัดกลางสกลเป็นหลัก

การหาค่าความต้านทานมาต่อเพื่อลดหรือเพิ่มค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ สิ่งที่จะต้องทราบก่อนดังนี้

1. ค่ากระแสเต็มสเกลของมิเตอร์
2. ค่าความต้านทานภายในเดิมของมิเตอร์
3. ค่ากลางสเกลของโอห์มกลางในย่านต่ำสุด

ในรูปที่ 2.10 แสดงวงจร โอห์มมิเตอร์โพเทนทิโอมิเตอร์แบบหลายย่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



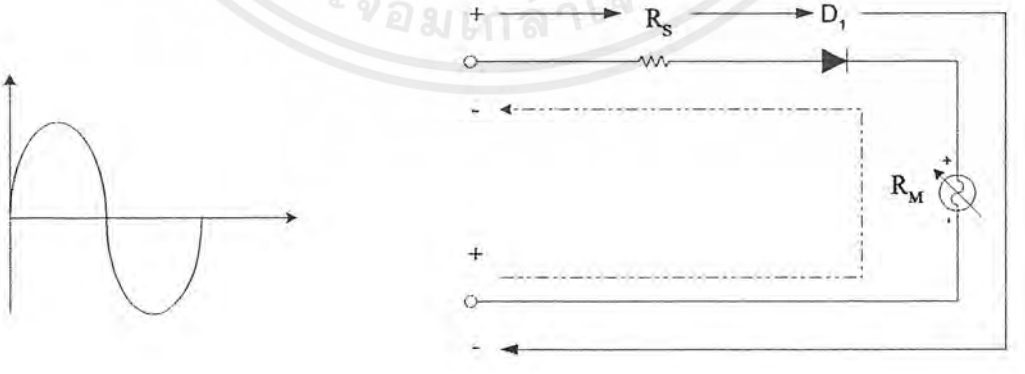
รูปที่ 2.10 วงจรโอห์มมิเตอร์โพเทนทิโอมิเตอร์แบบหลายย่าน

2.1.4 เอซีโวลท์มิเตอร์ (AC VOLTMETER)

เอซีโวลท์มิเตอร์ (AC voltmeter) เป็นโวลท์มิเตอร์ที่วัดแรงดันไฟสลับ แต่ตัวมิเตอร์เองสามารถวัดได้เฉพาะไฟตรง ดังนั้นถ้าจะนำไปวัดไฟสลับจะต้องใส่อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนไฟสลับเป็นไฟตรงเพิ่มเข้าไป อุปกรณ์ดังกล่าวเรียกว่า เรกติไฟเออร์ (rectifier)

1. เอซีโวลท์มิเตอร์แบบครึ่งคลื่น

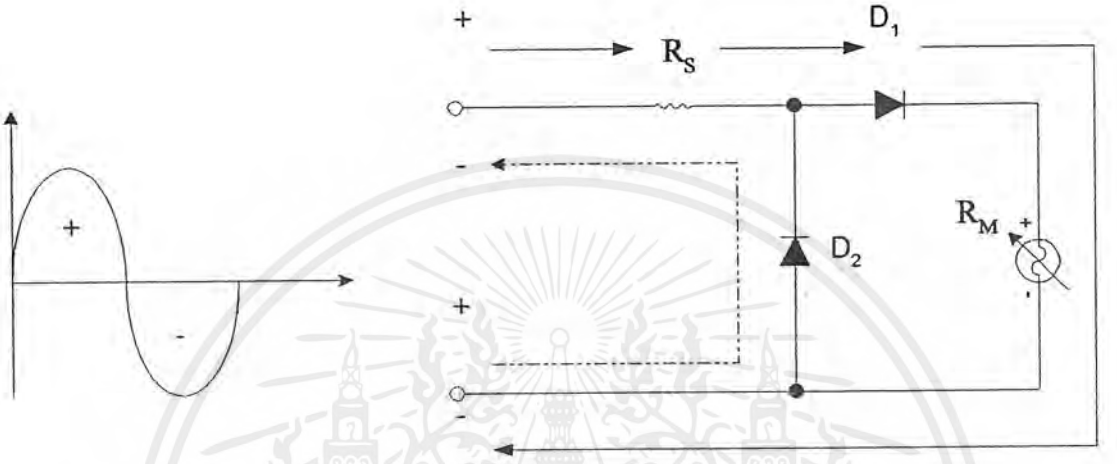
วงจรเบื้องต้นของเอซีโวลท์มิเตอร์จะประกอบไปด้วยตัวต้านทานต่ออันดับ (R_S) ไดโอดเรกติไฟเออร์และมิเตอร์ โดยส่วนประกอบทั้งหมดต่ออันดับกันหมดดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วงจรเอซีโวลท์มิเตอร์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเอซีโวลท์มิเตอร์เบื้องต้นที่กล่าวมามีข้อเสียคือ ขณะแรงดันไฟสลับที่ป้อนไบอัสกลับให้ไดโอดเรกติไฟเออร์นั้น ไดโอดไม่สามารถนำกระแส แต่จะมีกระแสรั่วซึม (leakage current) ไหลสวนทางผ่านมิเตอร์ ทำให้เข็มมิเตอร์ชี้ค่าไม่คงที่ และทำให้ประสิทธิภาพของมิเตอร์ต่ำลง การแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวได้โดยเพิ่มไดโอดเรกติไฟเออร์อีกตัวหนึ่งต่อขนานกับวงจร ดังรูปที่ 2.12

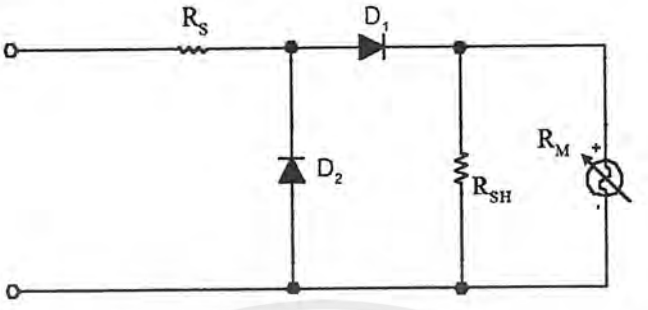


รูปที่ 2.12 วงจรเอซีโวลท์มิเตอร์เพิ่มไดโอดแก้กระแสรั่วซึม

ไดโอดที่นำมาใช้จริงเป็นเรกติไฟเออร์ (real diode rectifier) จะต้องนำความต้านทานของตัวไดโอดเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เพราะในขณะวัดแรงดันไฟสลับจำนวนน้อย ๆ ความต้านทานในตัวไดโอดจะมีผลมากในการต้านการไหลของกระแสผ่านมิเตอร์ ทำให้สเกลของมิเตอร์ไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) ดังนั้นจึงต้องทราบแรงดันจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถทำให้ไดโอดทำงาน

เอซีโวลท์มิเตอร์ที่ผลิตออกจำหน่ายจะไม่ทำย่านวัดต่ำกว่า 1.5 V_{RMS} เพราะจะทำให้สเกลมิเตอร์ไม่เป็นเชิงเส้น วิธีแก้ไขให้สเกลของเอซีโวลท์มิเตอร์เป็นเชิงเส้นมากขึ้น ทำได้โดยเพิ่มตัวต้านทานค่าความต้านทานต่ำ ๆ ต่อขนานกับมิเตอร์เพื่อลดค่าความต้านทานของมิเตอร์ลง จะทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอดเพิ่มมากขึ้น ความต้านทานของตัวไดโอดจะช่วยให้สเกลของมิเตอร์นั้นเป็นเชิงเส้นมากขึ้น การต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

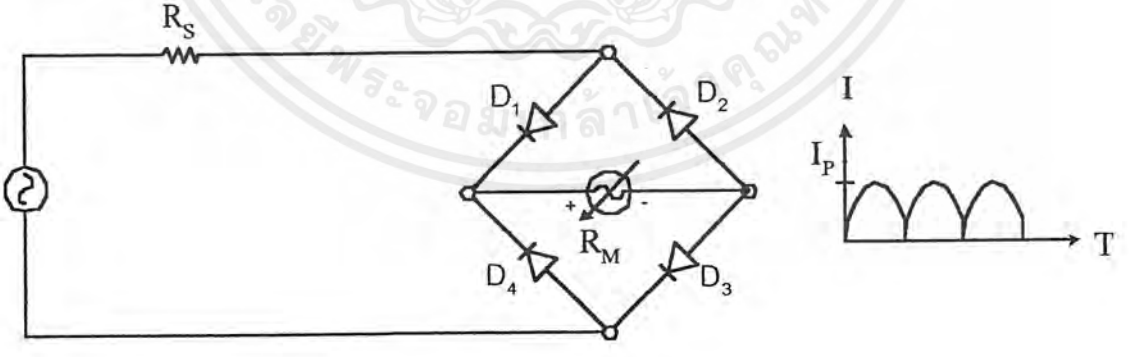


รูปที่ 2.13 วงจรเอซีโวลท์มิเตอร์แบบครึ่งคลื่นที่เพิ่มตัวต้านทานขนาน

จากรูปที่ 2.13 เป็นวงจรเอซีโวลท์มิเตอร์ที่ต่อตัวต้านทานขนานกับมิเตอร์ ตัวต้านทาน R_{SH} นี้จะต้องมีค่าความต้านทานต่ำ ๆ และต่ำกว่าความต้านทานมิเตอร์มาก ๆ เพื่อลดค่าความต้านทานรวมของมิเตอร์ลงและเพิ่มกระแสไหลผ่านตัวไดโอด D_1 มากขึ้น ทำให้มิเตอร์มีสเกลเป็นเชิงเส้นมากขึ้น

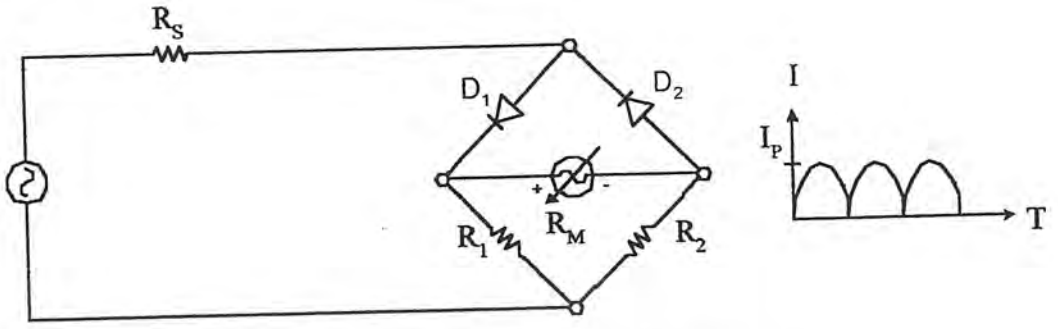
2. เอซีโวลท์มิเตอร์แบบเรกติไฟเออร์เต็มคลื่น

เรกติไฟเออร์ครึ่งคลื่นจะมีกระแสไหลผ่านมิเตอร์เพียงซีกเดียว มีกระแสเฉลี่ยผ่านมิเตอร์เพียง 31.8 % เท่านั้นทำให้มิเตอร์มีความไวต่ำ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวจึงทำการดัดแปลงวงจรเรกติไฟเออร์ให้เป็นชนิดเต็มคลื่น โดยต่อวงจรแบบบริดจ์เรกติไฟเออร์ สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบบริดจ์และแบบครึ่งบริดจ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



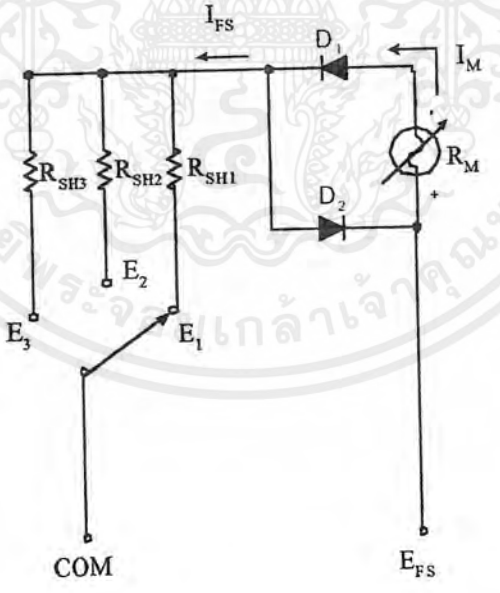
รูปที่ 2.15 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบครึ่งบริดจ์

เอซีโวลท์มิเตอร์แบบเต็มคลื่นจะมีทั้งกระแสและแรงดันป้อนให้มิเตอร์เป็น 2 เท่า ของแบบครึ่งคลื่น

3. เอซีโวลท์มิเตอร์แบบหลายย่าน (multirage AC voltmeter)

การขยายย่านของเอซีโวลท์มิเตอร์ก็จะเหมือนกับการขยายย่านของดีซีโวลท์มิเตอร์คือ เพิ่มตัวต้านทานอันดับเข้าไปในเอซีโวลท์มิเตอร์หลาย ๆ ตัว สามรถต่อได้ 2 แบบคือ

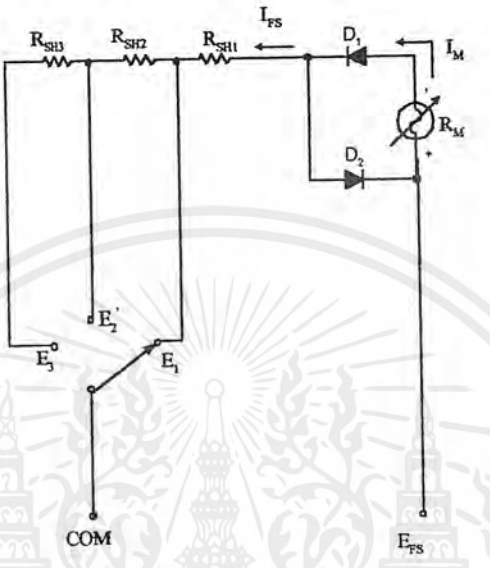
-แบบอินดิวิดวล (individual type) การต่อเอซีโวลท์มิเตอร์แบบนี้ ความต้านทานที่ต่อขยายย่านวัดจะแยกจากกันอย่างอิสระ โดยไม่เกี่ยวข้องกันแสดงดังรูป 2.16



รูปที่ 2.16 เอซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบอินดิวิดวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **แบบยูนิเวอร์แซล (universal type)** การต่อโวลท์มิเตอร์แบบนี้ ความต้านทานที่ต่อขยายย่านวัดทุกตัวต่ออันดับกันหมด และไปต่ออันดับกับไดโอดและมิเตอร์ ย่านที่ขยายการวัดแต่ละย่านถูกต่อออกมาจากรอยต่อของตัวต้านทานแต่ละตัว แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 เอซีโวลท์มิเตอร์หลายย่านแบบยูนิเวอร์แซล

2.2 มิเตอร์เชิงตัวเลข (Digital Voltmeters)

โวลท์มิเตอร์เชิงตัวเลข (DVM) เป็นส่วนสำคัญของอุปกรณ์วัดขนาดทางดิจิตอลทุกชนิดในส่วนพื้นฐานของ DVM จะคล้ายกับโวลท์มิเตอร์แบบอนาลอกแต่จะต่างกันตรงที่ค่าที่อ่านได้จะแสดงโดยผลเชิงตัวเลขแทนที่จะเป็นการเคลื่อนที่ของเข็มมิเตอร์โดยอุปกรณ์เชิงกล ถึงแม้ว่าจะมีเทคนิคต่างๆมากมายในการแปลงค่าทางอนาลอกเป็นตังเลขทางดิจิตอล ทฤษฎีการแปลงก็จะมีทฤษฎีพื้นฐานเหมือนกันคือ "แรงดันที่จะถูกวัดจำเป็นต้องถูกแปลงเป็นตัวเลขของพัลส์ ซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนกับแรงดันที่ไม่ทราบค่า" พัลส์เหล่านี้จะถูกนับโดยการใช้วงจรนับทางดิจิตอลและค่าที่นับได้จะแสดงออกในแบบหน่วยแสดงผล 7 เซกเมนต์

2.2.1 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลในโวลท์มิเตอร์

ทฤษฎีที่มักจะใช้กันเสมอในการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลมีให้เลือกหลายแบบขึ้นอยู่กับความแม่นยำ ความเร็วที่ต้องการ และราคา ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะบางแบบที่ได้รับความนิยมแพร่หลายเท่านั้นเนื่องจากวงจรแปลงสัญญาณต้องใช้เวลาในการทำงาน สัญญาณอนาลอกที่จะนำไปแปลงจึงต้องมาจากการสุ่มตัวอย่างและคงค่าเอาไว้ตลอดเวลาวงจรทำการแปลงค่าความถี่ของสัญญาณที่ใช้ควบคุมอัตราการสุ่มต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของค่าความถี่สูงสุดที่มีค่าอยู่ในสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาลอก ได้แก่

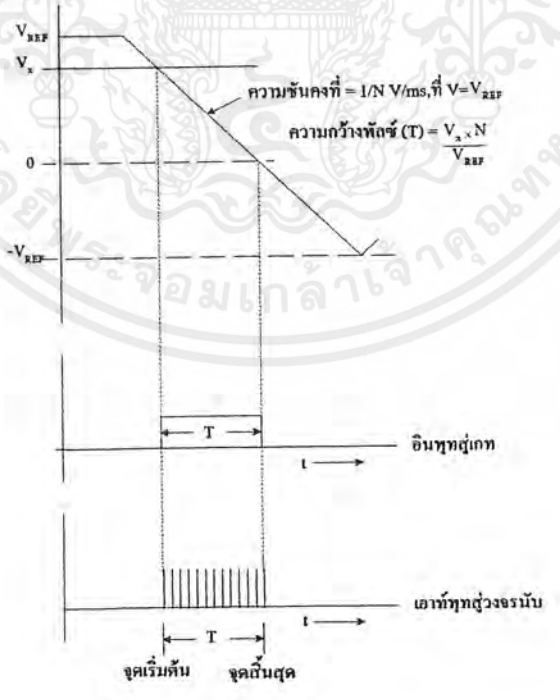
1. การรวมแรงดันกับความถี่ (Voltage to frequency integrating)

2. แบบแรมพ์-ไทพ์ (Ramp-type)

- ซิงเกิล-แรมป์ อินทิเกรเตอร์ (Single-ramp integrator)
- อินทิเกรเตอร์แบบความชั่นคู่(Dual-slope integrator)

1. การรวมแรงดันกับความถี่ (Voltage-to-frequency integrating) เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าชนิดแรกเป็นผลมาจากการพัฒนาของแผงวงจรรวม (IC) ซึ่งกำลังโด่งดังด้วยชิป (chip) เพียงชิ้นเดียวในการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ ในหน่วยแปลงแรงดันไปสู่ความถี่ VCO (voltage controlled oscillator) จะใช้ในการให้ความถี่เอาท์พุทซึ่งเป็นสัดส่วนของแรงดันอินพุท เมื่อวงจรนี้ถูกนำมาต่อกับวงจรนับความถี่ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงถึงแรงดันไฟฟ้าอินพุทแต่วงจรนี้ก็เช่นเดียวกันที่มีความนิยมตกลงเนื่องจากโวลท์มิเตอร์เชิงตัวเลขแบบแรมพ์-ไทพ์ (ramp-type) ที่มีความถูกต้องมากกว่า

2. แบบแรมพ์-ไทพ์ (Ramp-type) โวลท์มิเตอร์เชิงตัวเลขแบบแรมพ์-ไทพ์เป็นแบบที่สำคัญในอุตสาหกรรมผลิต DVM ในแรมพ์-ไทพ์แรงดันไฟฟ้าที่วัดจะถูกแปลงเป็นคาบเวลา (time-period) คาบเวลานี้จะถูกป้อนเข้าวงจรนับแล้วแสดงผลที่ได้เช่นเดียวกับแรงดันไฟฟ้า ขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 DVM แบบแรมพ์-ไทพ์

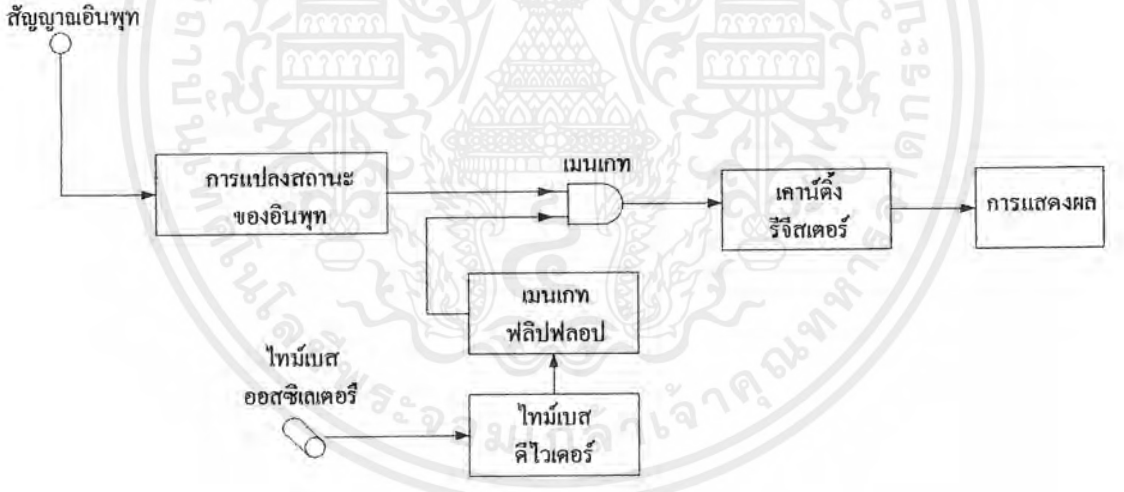
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ซิงเกิล-แรมพ์ อินทิเกรเตอร์ (Single-ramp integrator) ระบบที่แม่นระบบหนึ่งในการแปลงแรงดันไปสู่คาบเวลาโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า มิลเลอร์อินทิเกรเตอร์ (Miller integrator)

-อินทิเกรเตอร์แบบความชันคู่ (Dual-slope integrator) เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุดในการแสดงผลเชิงตัวเลขของแรงดันในโวลท์มิเตอร์เชิงตัวเลขในวงจรนี้แรงดันไฟฟ้าที่จะวัดจะถูกต่อผ่านโวลท์เตจฟร้อนโลเวอร์ (voltage follower) ไปสู่มิลเลอร์อินทิเกรเตอร์ แหล่งจ่ายกระแสที่เที่ยงตรงจะถูกต่อเข้าอินพุทของมิลเลอร์อินทิเกรเตอร์และเอาท์พุทของมิลเลอร์อินทิเกรเตอร์จะถูกตรวจจับโดยตัวตรวจจับการผ่านระดับศูนย์ ตัวตรวจจับอย่างพื้นฐานคืออออปแอมป์ที่มีอัตราขยายสูงซึ่งทำหน้าที่เหมือนหน่วยเปรียบเทียบ (a comparator)เมื่ออินพุทของมิลเลอร์อินทิเกรเตอร์มีแรงดันเหนือกราวด์ (ground) เพียงเล็กน้อยจะได้เอาท์พุทเป็นบวกที่มีค่าสูงและถ้าอินพุทต่ำกว่ากราวนด์จะได้เอาท์พุทค่าลบที่มีค่าสูง

2.2.2 เครื่องนับแบบดิจิตอล(Electronic Digital Counter)

เครื่องมือพื้นฐานทางดิจิตอลก็คือ เครื่องนับ(counter) เครื่องนับคือ อุปกรณ์ที่รวมจำนวนอินพุทและเป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการทดลองทางดิจิตอลและการใช้ประโยชน์ทางการวัด



รูปที่ 2.19 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องนับทางดิจิตอล

ไดอะแกรมพื้นฐานของเครื่องนับความถี่แสดงดังรูปที่ 2.19 เครื่องนับความถี่แบบธรรมดาประกอบด้วย 7 ฟังก์ชั่นหลักคือ สถานะของอินพุท,ไทม์เบสออสซิลเลเตอร์,ไทม์เบสดีไวด์เดอร์, เคาน์ติ้งรีจิสเตอร์ และเครื่องแสดงผลศูนย์กลางควบคุมการทำงานอยู่ที่เมนเกท

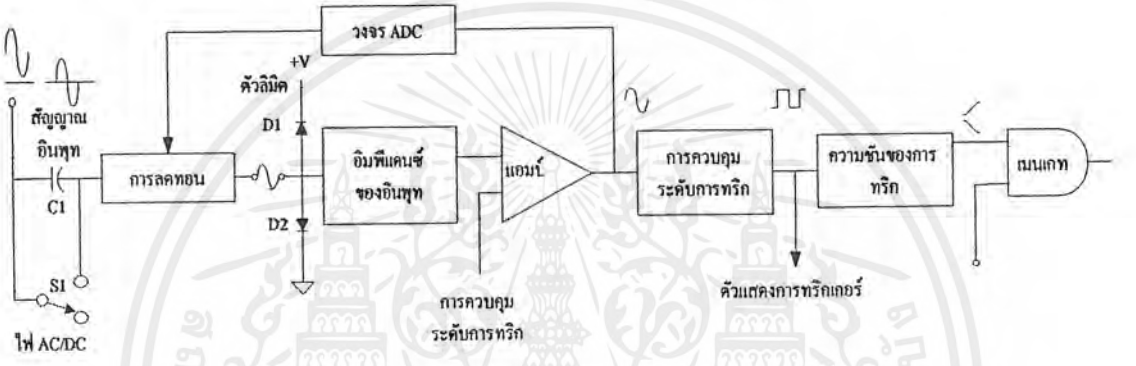
เมนเกทไม่มีอะไรมากกว่า AND เกท เมื่อสถานะของอินพุทและเมนเกทฟลิปฟลอปเป็นจริงเมนเกทจะเปิดเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งกำหนดโดยไทม์เบสดีไวด์เดอร์ ขณะที่เมนเกทเปิดสถานะของอินพุทจากสัญญาณพัลส์จะถูกส่งผ่านไปยังเคาน์ติ้งรีจิสเตอร์ ซึ่งจะถูกนับและวัดแล้วแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36878

ทางอุปกรณ์แสดงผลในช่วงสิ้นสุดการนับ เมนเกทจะปิดและเครื่องนับจะรีเซ็ทเพื่อรอการนับครั้งต่อไป

1. การกำหนดสถานะของสัญญาณอินพุท (Input signal conditionning)

สัญญาณอินพุทจะถูกกำจัดสัญญาณรบกวนออกและทำให้ระดับสัญญาณเข้ากันโดยวงจรทางดิจิตอลภายใน เนื่องจากเครื่องนับความถี่ต้องปรับค่าของสัญญาณให้ตรงกันโดยปรับค่าแรงดัน, สัญญาณรบกวน และแรงดันกระแสตรง สัญญาณอินพุทจึงต้องผ่านวงจรหลายวงจรก่อนจะมีสถานะที่สมบูรณ์ ส่วนประกอบของฟังก์ชันการแปลงสัญญาณอินพุทแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 บล็อคไดอะแกรมของการแปลงสถานะอินพุท

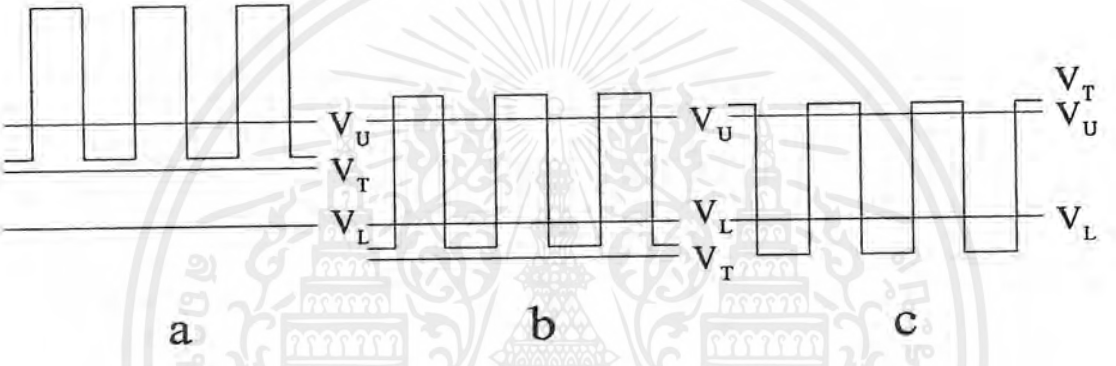
สัญญาณอินพุทจะผ่านวงจรลดทอน (attenuator) เพื่อลดขนาด ถ้าจำเป็นวงจรลดทอนจะเป็นวงจร RC ซึ่งใช้ลดขนาดของสัญญาณมีสวิทซ์เลือกให้ลดค่าเป็น 1 เท่า สำหรับในบางเครื่องมือวงจร RC อาจแทนด้วยตัวโพเทนชิโอมิเตอร์เพื่อสามารถปรับการลดขนาดอินพุทได้อย่างต่อเนื่อง สัญญาณกระแสสลับซึ่งมีส่วนประกอบเป็นกระแสตรงขนาดใหญ่สามารถยกระดับของสัญญาณออกนอกช่วงที่ใช้ในเครื่องมือได้ด้วยเหตุนี้อินพุทซึ่งต่อมายังวงจรลดทอน อาจเป็นได้ทั้งกระแสตรงหรือกระแสสลับขึ้นอยู่กับลักษณะของสัญญาณอินพุท

เมื่อต่อสัญญาณกระแสสลับสัญญาณอินพุทจะส่งไปยังตัวเก็บประจุซึ่งจะกั้นไฟตรงและสร้างกราวนด์อ้างอิงขึ้นมา จึงลดปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณอินพุทที่มีขนาดให้เกินได้ สัญญาณกระแสสลับมีขนาดเล็กแต่อย่างไรก็ตาม ถ้าคาบของสัญญาณมีค่าต่ำเนื่องจากเวลาของวงจรอินพุทอาจเกินความกว้างของพัลส์ ผลที่ได้จะเป็นการรวมของสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่เฉลี่ยมากกว่าจะเป็นพัลส์ที่สามารถนับได้ ด้วยเหตุนี้จึงควรหลีกเลี่ยงการต่อไฟกระแสสลับเมื่อต้องการวัดสัญญาณที่มีคาบเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สัญญาณที่เกิดจากสวิชชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย และเพาเวอร์คอนโทรลเลอร์ เพื่อป้องกันเครื่องมือจากการโอเวอร์โหลดจะใช้ไดโอด 2 ตัวเพื่อจำกัดแรงดันของอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติสัญญาณอินพุทควรมีคาบเกินช่วงเวลาของตัวลดทอนที่ตั้งไว้ สัญญาณอินพุทผ่านวงจรอิมพีแดนซ์-แมทชิงเข้าไปในแบนด์วิดท์ของวงจรขยายอินพุทที่เข้าวงจรขยายโดยทั่วไปมีอิมพีแดนซ์สูง(1MΩ) แต่บางความถี่นั้นเครื่องนับก็จะสามารถเลือกตัวอินพุทที่มีค่าอิมพีแดนซ์สูงหรือต่ำได้ (ต่ำ50Ω)

อิมพีแดนซ์ที่ต่ำกว่าจะทำให้เครื่องมือมีความไวกว่าโดยการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากสายส่งสัญญาณ ความไวในการวัดจะอยู่ที่ 20 mV – 25 mV เมื่อใช้อิมพีแดนซ์ค่าต่ำ และถ้าที่อินพุทมีค่าอิมพีแดนซ์สูงความไวจะมีประมาณ 250 mV มีอิมพีแดนซ์ต่ำสามารถลดผลกระทบจากการรวมกันของสัญญาณพัลส์เมื่อต่อไฟสลับ



รูปที่ 2.21 ระดับของทริกเกอร์

ระดับการทริกเกอร์จะสร้างแรงดันอ้างอิง ถ้าตั้งระดับการทริกเกอร์ไว้สูงเกินไปตามรูปที่ 2.21(a) สัญญาณอินพุทจะไม่สามารถผ่านแรงดันฮิสเตอรีซิสที่ต่ำกว่าได้และจะไม่มีพัลส์ถูกนับโดยการลดระดับการทริกเกอร์ให้พอเหมาะดังรูปที่ 2.21(b) สัญญาณอินพุทขวางช่วงฮิสเตอรีซิสทั้งหมดและพัลส์ถูกนับสัญญาณอินพุทที่มีแรงดันติดลบต้องตั้งระดับการทริกเกอร์ตามรูปที่ 2.21 (c)

วงจร AGC จะปรับความไวของวงจรขยายเพื่อทำให้อินพุทมีขนาดต่างกันให้เข้ากัน วงจร AGC จะตัดจุดที่ขรุขระของสัญญาณอินพุทออกและสามารถสร้างแรงดันเอาท์พุทคงที่ เพื่อส่งไปยังชมิทท์ทริกเกอร์ การเทรดออฟจะเกิดขึ้นระหว่างผลจากวงจร AGC และความถี่ต่ำซึ่งสามารถนับได้ซึ่งมีค่าประมาณ 50 Hzมากไปกว่านั้นวงจร AGC จะถูกจำกัดความสามารถ เมื่อใช้ความถี่สูง AM วงจร AGC จะขึ้นอยู่กับระดับแรงดันและเมื่อพิจารณากับอินพุทความถี่สูง AM การตอบสนองต่อเวลาจะไม่ไวพอที่จะจับสัญญาณระดับต่ำได้ซึ่งก่อให้เกิดการนับที่ผิดๆ

2.ไทม์เบส ออสซิลเลเตอร์ (Timebase oscillator)พัลส์จากชมิทท์ทริกเกอร์จะผ่านวงจรนับเมื่อเอาท์พุทจากเมนเกทฟลิปฟลอปมีค่าทางตรรกเท่ากับ 1 เท่านั้น ฟลิปฟลอปจะเปลี่ยนสถานะแต่ละครั้งเมื่อเอาท์พุทที่ได้รับจากไทม์เบสดีไวด์เดอร์มีค่าจากสูงไปต่ำ ดังนั้นหากไทม์เบสดีไวด์เดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ่ายสัญญาณ 1 ครั้งทุกๆ 1 วินาทีฟลิปฟลอปจะเปลี่ยนสถานะเป็น 1 เวลา 1 วินาทีและเป็น 0 อีก 1 วินาที ด้วยเหตุนี้เมนเกทจะเปิด 1 วินาทีและปิด 1 วินาทีหรืออีกนัยหนึ่งเมนเกทจะทำการส่งเอาท์พุทของชมิทท์ทริกเกอร์ผ่านไปยังเคาน์ติ้งรีจิสเตอร์ 1 วินาทีและกั้นไว้ 1 วินาทีเวลาของเมนเกทฟลิปฟลอปถูกควบคุมโดยไทม์เบสดีไวด์เดอร์ซึ่งขับโดยไทม์เบสออสซิลเลเตอร์

ไทม์เบสออสซิลเลเตอร์เป็นออสซิลเลเตอร์แบบผลึกที่ใช้ขับไทม์เบสดีไวด์เดอร์ ไทม์เบสดีไวด์เดอร์จะวัดเอาท์พุทจากไทม์เบสออสซิลเลเตอร์และจัดขบวนพัลส์ซึ่งมีความถี่ที่ปรับได้เป็นระดับของ 10 (10, 100, 1,000) สำหรับช่วงของสเกลเนื่องจากไทม์เบสออสซิลเลเตอร์ควบคุมคาบการเปิดของเมนเกทนั้น ความสำคัญของมันในการกำหนดความแน่นอนจึงไม่สามารถกล่าวเกินความจริงได้ ออสซิลเลเตอร์แบบผลึกมีอยู่ 3 แบบคือ ออสซิลเลเตอร์รูมเทมเพอเรเจอร์ (RTXO), ออสซิลเลเตอร์แบบชดเชยอุณหภูมิได้ (TCXO) และแบบใช้เตาควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวสร้างปัญหากับออสซิลเลเตอร์เพราะความแน่นอนของความถี่ของออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิโดยตรง

ตารางที่ 2.1 แสดงความเสถียรของคริสตัลออสซิลเลเตอร์ชนิดต่างๆ

TYPE	FREQUENCY	STABILITY	TEMP.RANGE
เตาคู่	2.5 MHz	$+1\times10^{-10}$	0 to +40 °C
เตาเดี่ยว	5 MHz	$\pm1\times10^{-8}$	-20 to +65°C
TCXO	2-20MHz	$\pm1\times10^{-7}$	-30 to +50°C
RXCO	4-21MHz	$\pm1\times10^{-6}$	-10 to +60°C

3. ไทม์เบส ดีไวด์เดอร์ (TIMEBASE DIVIDERS)

ความถี่ clock ของเมนเกทฟลิปฟลอปได้รับโดยการลดความถี่ของไทม์เบสออสซิลเลเตอร์ในไทม์เบสดีไวด์เดอร์ ในไทม์เบสดีไวด์เดอร์จะมีวงจรนับสิบแต่ละวงจรจะหารความถี่ที่อินพุทเข้ามาด้วย 10 ความถี่เอาท์พุทจากฟลิปฟลอปตัวสุดท้ายของวงจรนับสิบจะเป็น 1 ใน 10 ของอินพุทที่เข้ามาทริกนั่นคือ คาบของคลื่นจะเป็น 10 เท่าของคลื่นอินพุท สัญญาณ 1 MHz จากออสซิลเลเตอร์มีคาบ 1 S เอาท์พุทจากวงจรนับสิบตัวแรกซึ่งขับโดย 1 MHz จะมีคาบ 10 S คาบเวลาจากวงจรนับสิบตัวที่ 2 เท่ากับ 100 Sเมื่อครบ 6 ตัวคาบจะเปลี่ยนจาก 1 S เป็น 1 S

4. เคาน์ติ้งรีจิสเตอร์ (COUNTING REGISTER)

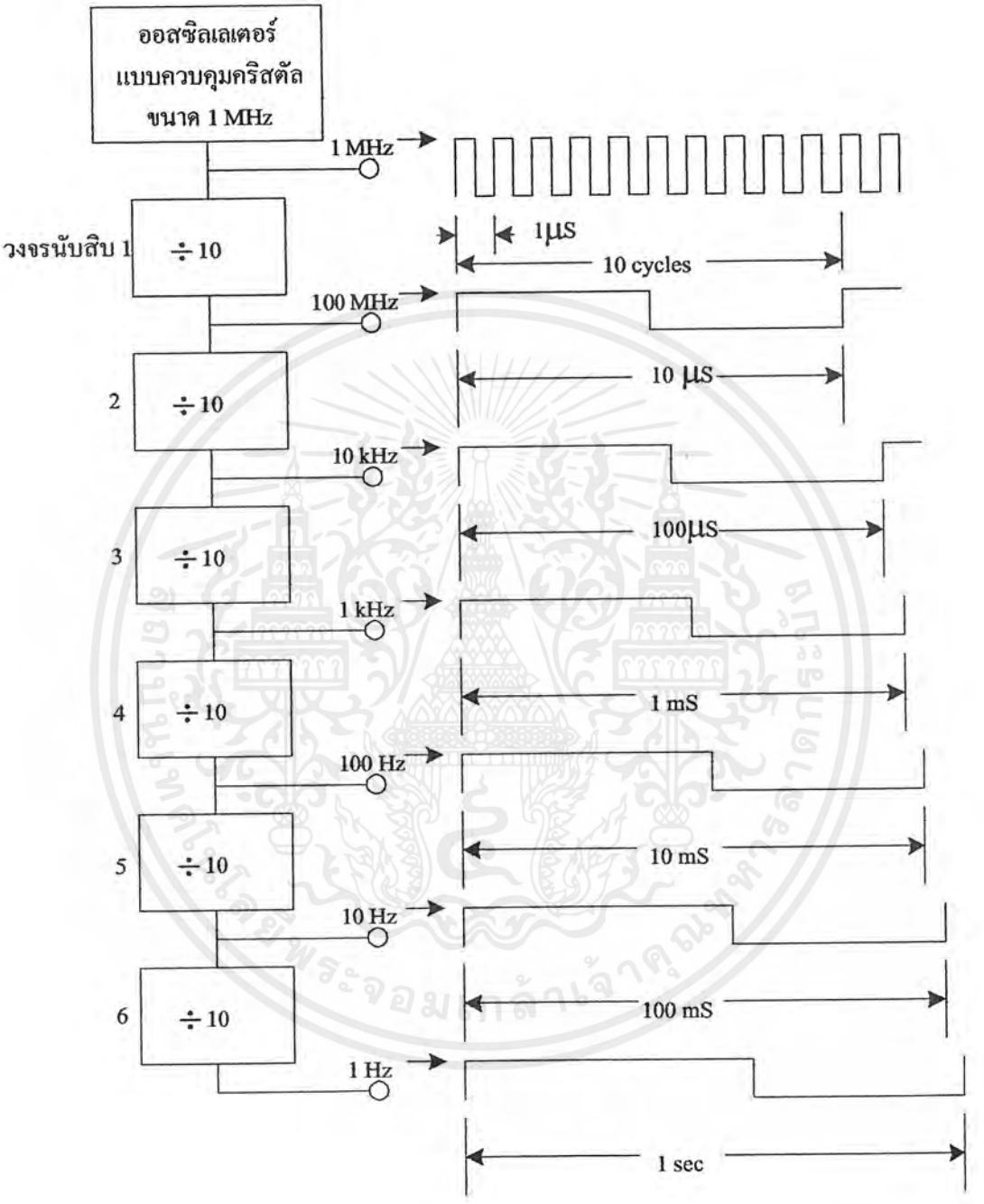
เมื่อเมนเกทฟลิปฟลอปเปิด เมนเกทพัลส์จากชมิทท์ทริกเกอร์จะผ่านไปยังเคาน์ติ้งรีจิสเตอร์ เคาน์ติ้งรีจิสเตอร์ประกอบด้วยวงจรนับสิบตัวเลขแต่ละตัวจะมีวงจรนับสิบของตัวเองและประกอบด้วยวงจรแลทช์และเครื่องแปลรหัส BCD เป็น 7 เซกเมนต์ วงจรนับสิบเป็นตัวสะสมพัลส์จนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 แล้วส่งเป็นพัลส์ 1 ตัวให้แก่วงจรนับสิบตัวที่ 2 ตัวที่ 2 ก็จะนับครบ 10 และส่งให้ตัวที่ 3 ต่อไป จำนวนตัวเลขบนจอแสดงผลจะบอกถึงจำนวนวงจรนับสิบที่ใช้

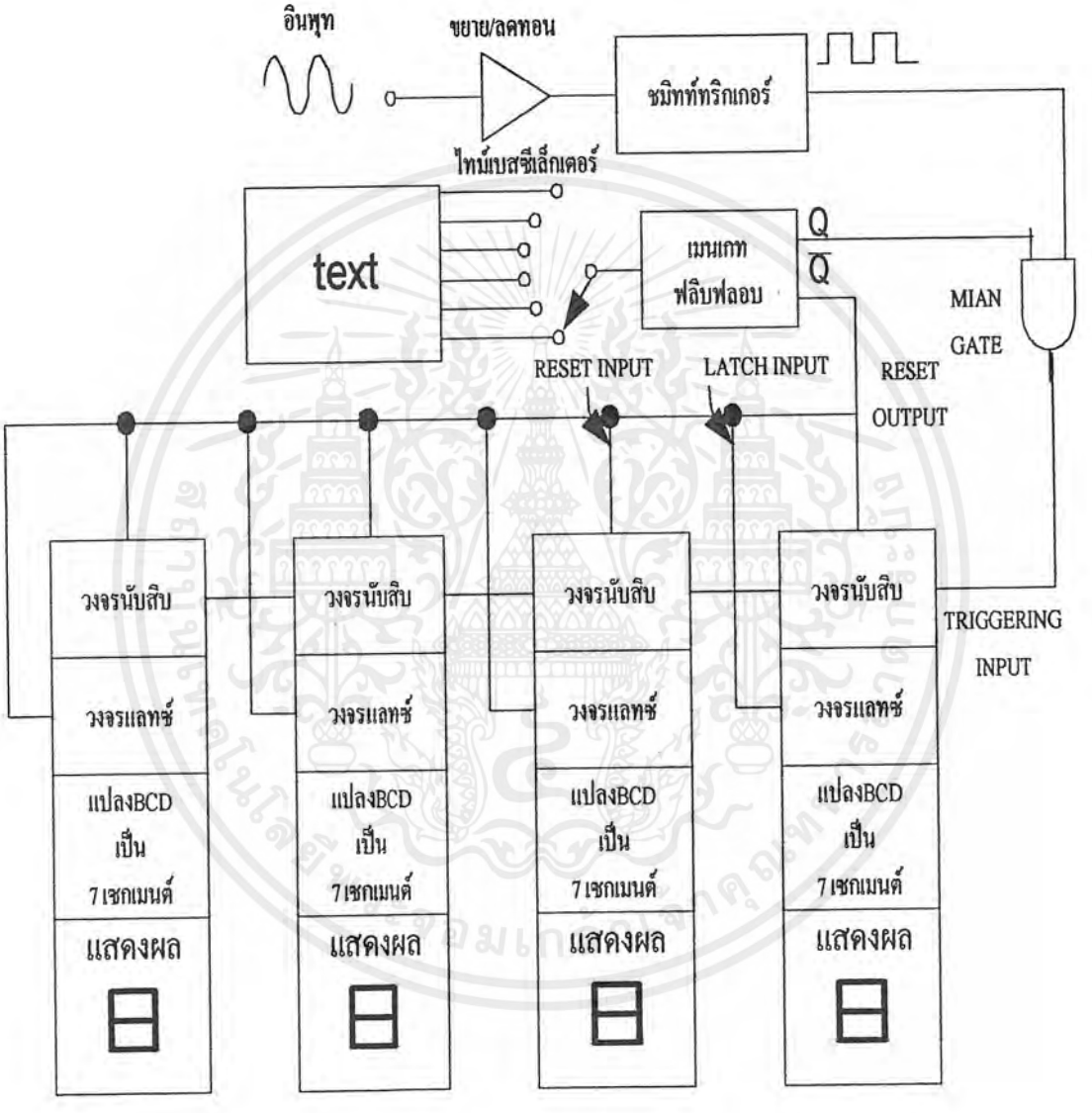
วงจรแลทช์ทำหน้าที่แยกวงจรนับสิบกับจอแสดงผลในขณะที่การนับดำเนินอยู่ เมื่อการนับสิ้นสุดลงสัญญาณหนึ่งสัญญาณที่ไปยังแลทช์จะนำผลการนับไปยังแลทช์รีจิสเตอร์ และถูกอุปกรณ์แสดงผลเปลี่ยนให้เป็นเลขฐาน 10 ซึ่งสมมูลกับค่าที่ได้จากการนับ เครื่องแปลงรหัสจะแปลงเลขฐานสองไปเป็น 7 เซกเมนต์เพื่อแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ไทม์เบสออสซิเลเตอร์ และไทม์เบสดีไวเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 เคาน์ติ้งรีจีสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ส่วนประกอบวงจรและการควบคุม

3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ MAX 134

ข้อดีหรือจุดเด่นของ MAX 134 นี้มีอยู่หลายประการ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ A/D ควรจะมี และจากความต้องการในขั้นต้นที่ผลิตอุปกรณ์ตัวนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นดิจิตอลมิเตอร์โดยเฉพาะมีดังนี้

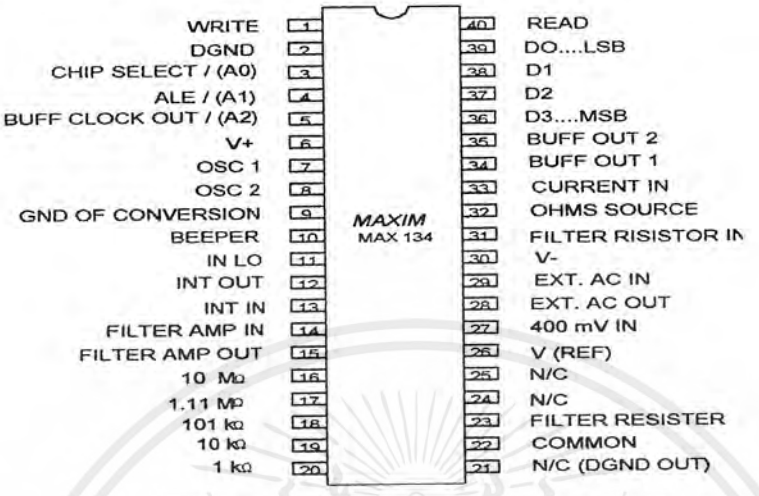
- ทำการนับได้ถึง 40,000
- เปอร์เซ็นต์การผิดพลาดเท่ากับ 0.025 เปอร์เซ็นต์
- มีการอินเตอร์เฟสกับไมโครโปรเซสเซอร์
- ต้องการกระแสทำงานน้อยเพียง 100 μA
- มีอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกน้อยมาก
- ความไวทางอินพุท 5 μV
- วัดระดับแรงดันได้ตั้งแต่ ±400.0 mV ถึง ±4,000 V

จากคุณสมบัติหรือจุดเด่นที่แตกต่างจากที่เคยพบมาในอุปกรณ์ A/D นี้คงพอจะนึกออกได้ว่า MAX 134 นี้มีคุณสมบัติที่น่าจะเป็นอุปกรณ์มัลติมีเดียโดยเฉพาะ ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ จึงต้องทำการศึกษาให้ลึกเข้าไปอีก ซึ่งโดยปกติแล้ว MAX 134 จะมีวงจรแปลงสัญญาณ A/D ภายใน ซึ่งสามารถทำการนับได้ถึง ±40,000 เมื่อเกินกว่านี้แล้วจะทำการปรับศูนย์อัตโนมัติ (Auto zero) หรือนับถึง 4000 แล้ว และจะแสดงผลออกมาในลักษณะอัตราส่วน 1/10 ของส่วนแสดงผลการนับ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณเท่ากับ 50 มิลลิวินาที

คุณสมบัติของ MAX 134 ที่ยกมากล่าวในตอนแรกแล้วนั้นเป็นเพียงจุดเด่นเท่านั้น สำหรับคุณสมบัติหรือข้อมูลทางเทคนิคที่จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาออกแบบวงจรก็แสดงไว้ดังตาราง ข้อมูลทางเทคนิคในตารางที่ 3.1 เป็นข้อมูลทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการนำเอา MAX 134 ไปใช้งานได้อย่างปลอดภัยไม่ทำให้เกิดความเสียหายก่อน ซึ่งจากตารางที่ 3.1 จะสังเกตเห็นได้ว่าอุปกรณ์ตัวนี้ต้องการแรงดันไฟเลี้ยงคู่ (±) และย่านแรงดันนั้นกว้างมากจนถึง +15 โวลท์ รวมทั้งการสูญเสียกำลังงานก็ต่ำประมาณ 800 mw แต่กระแสขณะทำงานต่ำมากคือประมาณ 250 μA สูงสุด อันเป็นผลมาจากการพัฒนสทางด้านเทคโนโลยีชั้นสูงที่ต้องการให้จุดนี้ลดลง ลักษณะตัวถังบรรจุของ MAX 134 จะถูกบรรจุอยู่ในตัวถัง แบบ DIP 40 ขา ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งจะแสดงให้เห็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดตำแหน่งขาและชื่อเรียกหรือหน้าที่ของแต่ละขาว่าใช้งานอย่างไร อาจจะมีลักษณะรูปร่างไม่แตกต่างจากไอซี A/D ตระกูลอื่นเท่าใดนัก แต่การทำงานและคุณสมบัติการทำงานแตกต่างอย่างแน่นอน



รูปที่ 3.1 แสดงการจัดขาในตัวถังแบบ DIP 40 ขา

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทางไฟฟ้าของ MAX 134

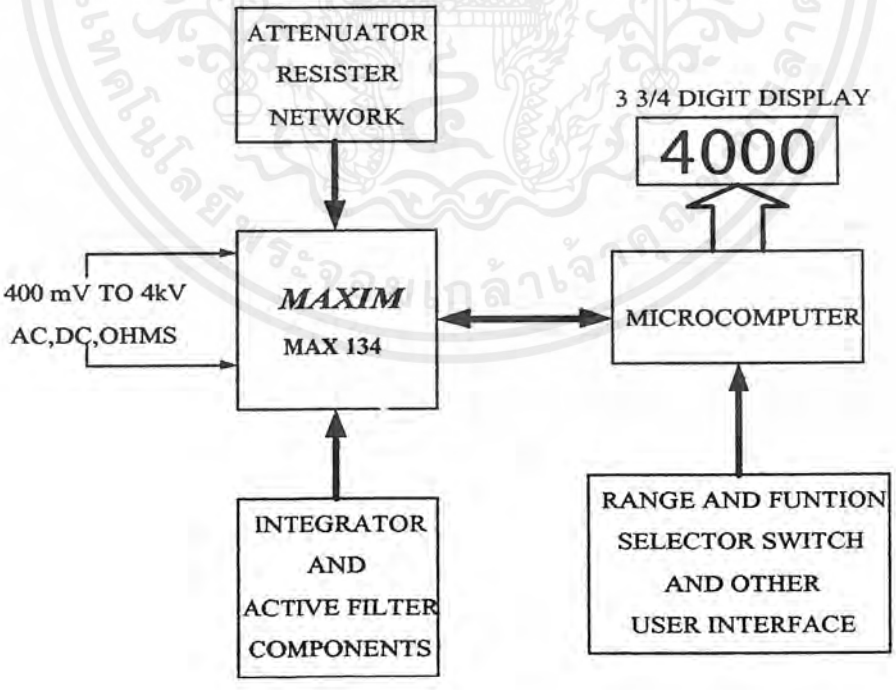
พารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
แรงดันไฟเลี้ยง (+V และ –V)	±15	โวลท์
แรงดันอนาลอกอินพุท (สัญญาณ)	+ V ถึง –V	โวลท์
แรงดันดิจิตอลอินพุท (สัญญาณ)	-0.3 ถึง +0.3	โวลท์
แรงดันอ้างอิงอินพุท	+ V ถึง –V	โวลท์
การสิ้นเปลืองกำลังงาน	800	มิลลิวัตต์
ย่านอุณหภูมิการทำงาน	-65 ถึง 160	องศาเซลเซียส
ย่านอุณหภูมิที่ขาขณะบัดกรี	300	องศาเซลเซียส
กระแสรั่วไหลที่ขา 10 เมกะโอห์ม	20	พิโกแอมป์
การลดทอนสัญญาณรบกวนที่อินพุท ± 500 มิลลิโวลท์	86	เดซิเบล
แรงดันไฟเลี้ยงดิจิตอลเทียบกับกราวด์	-4.5 ถึง –5.5	โวลท์
แรงดันไฟเลี้ยงอนาลอก	2.8 ถึง 3.3	โวลท์
ค่าอิมพีแดนซ์ซิงค์อนาลอก	4 ถึง 20	โวลท์
แหล่งจ่ายกระแส	100 ถึง 250	ไมโครแอมป์
กระแสขณะสแตนด์บาย	25	ไมโครแอมป์
ตรวจจับแรงดันแบตเตอรี่ต่ำที่แรงดัน	6.3 ถึง 7.5	โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานเบื้องต้น

หน้าที่หลักของ MAX 134 จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกทางอินพุทให้เป็นสัญญาณดิจิตอลออกทางเอาท์พุท รวมไปถึงการสวิตซ์ทำงานเลือกย่านการวัด, เลือกฟังก์ชั่นการทำงาน ซึ่งกระบวนการทำงานในขั้นตอนนี้จะเป็นการควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งเมื่อเทียบกับระบบทั่วๆไปแล้ว ขั้นตอนการทำงานจะใช้การเลือกสวิตซ์ซีเล็กเตอร์ด้วยมือทำให้เกิดความยุ่งยากเวลาใช้งาน เนื่องจากต้องทำการเปลี่ยนย่านการวัดบ่อย ๆ แต่ด้วยการทำงานจากการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม ทำให้อุปกรณ์ที่เป็นระบบปรับด้วยมือนี้หายไปกลายมาเป็นระบบอัตโนมัติแทน

MAX 134 เมื่อทำการอินเตอร์เฟสกับไมโครโปรเซสเซอร์แล้ว มี 3ไลน์แอดเดรสแยกต่างห่าง และบัสข้อมูลติดต่อแบบสองทิศทางขนาด 4 บิท ในที่นี้สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีขนาด 4, 8 และ16 บิท มาทำการควบคุมร่วมด้วยได้ จากการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาทำงานร่วมกับ MAX 134 จะทำให้เกิดการทำงานในการวัดลักษณะเลือกย่านการวัดเองอัตโนมัติ (Auto-Ranging) จากขนาดค่าแรงดันอินพุทตั้งแต่ $\pm$400 mV จนถึงระดับเต็มสเกล $\pm$4,000 V เหตุที่สามารถวัดแรงดันได้สูงถึง 4000 V นี้ ก็อาศัยชุดตัวต้านทานลดทอนแรงดันหรือวงจรแบ่งแรงดันภายนอกแต่สวิตซ์เลือกย่านการวัดนั้นจะต้องอาศัยการทำงานจากวงจร A/D ภายในไอซี ดังแสดงบล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ในรูปที่ 3.2 นั้น เปรียบเสมือนว่า MAX 134 ทำหน้าที่เป็นอนาลอกฟรอนท์เอนของไมโครโปรเซสเซอร์ โดยพื้นฐานแล้วส่วนประกอบภายในที่แยกเป็นบล็อกใหญ่ ๆ ภายใน MAX 134 จะถูกแบ่งออกเป็น 7 บล็อกใหญ่ คือ

- ส่วนของการแปลงสัญญาณ A/D
- สวิตซ์เลือกย่านทางอินพุท
- วงจรวัดความต้านทาน
- วงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟ
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงภายใน ระบบกราวด์
- วงจรออสซิเลเตอร์และวงจรขับเปียซโซ
- การอินเตอร์เฟสทางดิจิตอล

การกำหนดระดับลอจิกและการนับสำหรับควบคุมการแปลงสัญญาณนั้นจะทำให้มีการถอดรหัสสวิตซ์เลือกย่านการวัดออกเป็น 5 ระดับ ซึ่งต้องผ่านชุดตัวต้านทานลดทอนมาก่อน เมื่อรวมกับวงจรเลือกโหมดทำงานในการใช้วัดแรงดัน(V), กระแส(A)และค่าความต้านทาน (Ohm,Ω) ซึ่งสำหรับในการวัดกระแสและแรงดันนั้นจะถูกเลือกอีกว่าเป็นกระแสและแรงดันไฟสลับ(AC) หรือกระแสและแรงดันไฟตรง(DC) เหล่านี้จะต้องถูกควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์ภายนอก โดยจะควบคุมจากการส่งบิทควบคุมเข้าสู่ MAX 134

3.2.1 การทำงานในส่วน A/D

การแปลงสัญญาณ A/D จะใช้ในลักษณะเป็นการเพิ่มจำนวนนับส่วนที่เหลือซึ่งถูกกำหนดให้มีการนับสูงสุด $\pm$40,000 พัลส์การอ่านค่าจะออกมาทุก ๆ 50 มิลลิวินาที ซึ่งในส่วนของการแปลงสัญญาณ A/D นี้นั้นจะเป็นการแปลงสัญญาณที่มีการควบคุมเฟสโดยไม่มีการทำงานในส่วนของตัวไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาเกี่ยวข้อง แต่จะเป็นการทำงานภายในของตัว MAX 134 เอง ในทุก ๆ ค่าเวลา 50 มิลลิวินาที เช่นกันจะมีการปรับค่าออฟเซตให้เป็นศูนย์ทุกครั้งในการแสดงผลและในบางครั้งไมโครโปรเซสเซอร์ภายนอกก็จะมีผลโดยตรงต่อการอ่านค่าการแปลงสัญญาณเป็นศูนย์ (ZERO) เมื่อเวลาผ่านไป 50 มิลิวินาที แต่ที่แน่นอนที่สุดสำหรับการเซตค่าศูนย์ของการแสดงผลที่ถูกต้องคือการนำขาอินพุท IN_{LO} ลัดวงจรกับขาอินพุท IN_{HI}

ในการวัดอัตราส่วนความต้านทานจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันอ้างอิงเทียบกับค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่าทางอินพุทที่เปลี่ยนแปลงได้ การที่ลดความผิดพลาดให้น้อยลงได้ในการวัดจะอาศัยระบบการคิดตั้งแรงดันออฟเซ็ตในส่วนของวงจรบัฟเฟอร์และอินทีเกรเตอร์ทางด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุทของ MAX 134 สำหรับส่วนของ " Chop " จะประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงส่วนตรงกันข้ามทางด้านอินพุททรานซิสเตอร์ระหว่างรอบของการแปลงข้อมูล (conversion cycle)

วงจร chop ใช้โหมด R/2 (ohms measurement mode) ระบบออฟเซ็ตของระบบเกือบที่จะเป็นศูนย์ถ้าโหมด ×2 ไม่ได้ถูกเลือก ถ้าโหมด ×2 ถูกเลือกออฟเซ็ตของระบบจะต้องนับไม่เกิน 5000ในทุกย่านการวัดดังนั้นภายในย่านเต็มสเกลภายใน MAX 134จะมีค่าการนับมากกว่า ±49,000 อย่างน้อยก็สามารถนับได้ ±40,000 แต่จะถูกใช้เมื่อเลือก zero offset ผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงจะถูกเก็บเข้าสู่ส่วนของรีจีสเตอร์ (conversion register) ซึ่งสามารถอ่านได้โดย ไมโครโปรเซสเซอร์ และจะใช้ 9 คอมพีเมนท์ (9's complement) BCD ในการอ่าน (0 อ่านได้ 00000 , -1 อ่านได้ 99999, -25000 อ่านได้ 75000) รูปแบบของ 9 คอมพีเมนท์ BCD สะดวกในการใช้งานแต่การบวกด้วย 9คอมพีเมนท์ จะมีค่าเท่ากับการลบจำนวนนั้น ๆ

การกลับหลักสุดท้าย (last digit) ใช้สำหรับการซีโร่อัตโนมัติ (Digital auto zero) ตามปกติจะไม่ถูกแสดงผลการนับ แต่ละครั้งของ LSD (Least significant digit) จะมีความสัมพันธ์ในลักษณะ 1/10 ของการนับถ้าทำการนับ 4000 เต็มสเกลสำหรับย่านวัดกระแสซึ่งมีแรงดันตกคร่อมเพียง 200 mV ค่าที่วัดได้จะถูกคูณด้วย ×2 สามารถจะลดค่าความต้านทานของ R_{INT} ด้วยตัวประกอบ (factor) ของ 2 ระหว่างเฟสอินทีเกรท (Integrate phase) ย่าน ×2 ของอินพุท 200 mV จะให้ผลการอ่านเต็มสเกลที่ 4000.0 หรืออีกทางหนึ่งก็ใช้งานที่ย่าน 400 mV สำหรับการคูณ 2 จะกระทำโดยส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์ ในกรณีนี้การนับแต่ละครั้งของ LSD มีค่า 1/5 ของการแสดงผลการนับ ที่ 100 mV เต็มสเกลจะสามารถใช้ MAX 134 ในย่าน ×2 และส่วน digital times 2 จะเพิ่มภายในส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์

ตารางที่ 3.2 Integration Periods

MODE	INTEGRATION PERIOD (clock cycle)
แรงดัน,60 Hz	545 (16.63 ms)
แรงดัน,50 Hz	655 (19.99 ms)
แรงดัน,60 Hz,÷5	109
แรงดัน,50 Hz,÷5	131
Ohms	500
Ohms,÷5	100

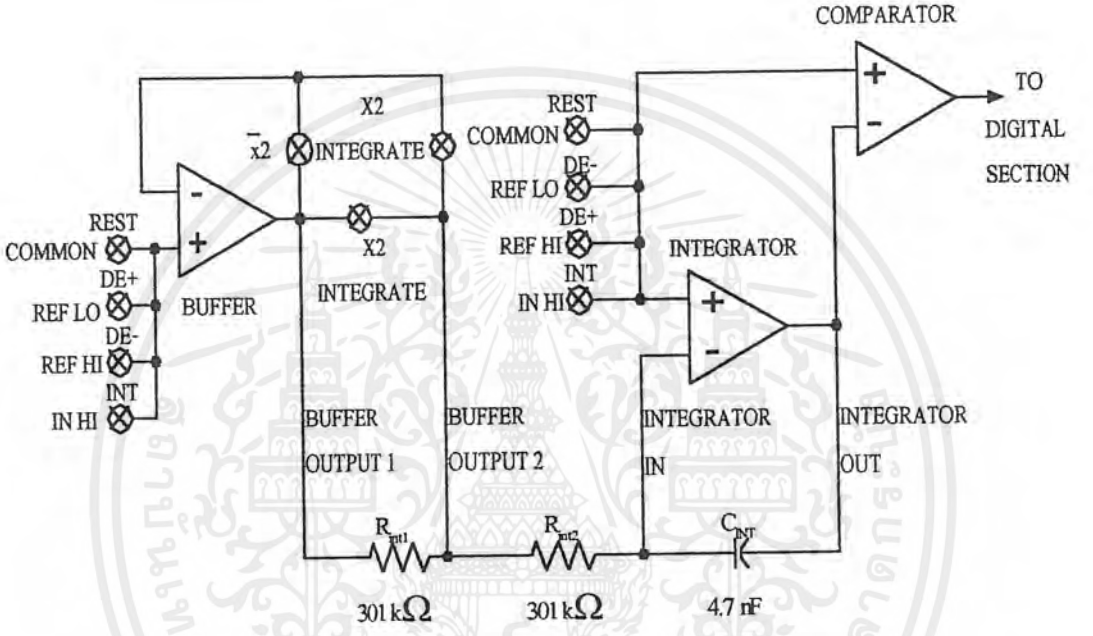
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DGITAL OUTPUT CODE = Integration period × 100 ×(V_{IN}/V_{REF})

เมื่อ

V_{IN} คือ differential voltageใช้ที่ In Hi และ In Lo ภายในส่วนของ A/D

V_{REF} คือ differential voltageใช้ที่ Ref Hi และ Ref Lo ภายในส่วนของ A/D

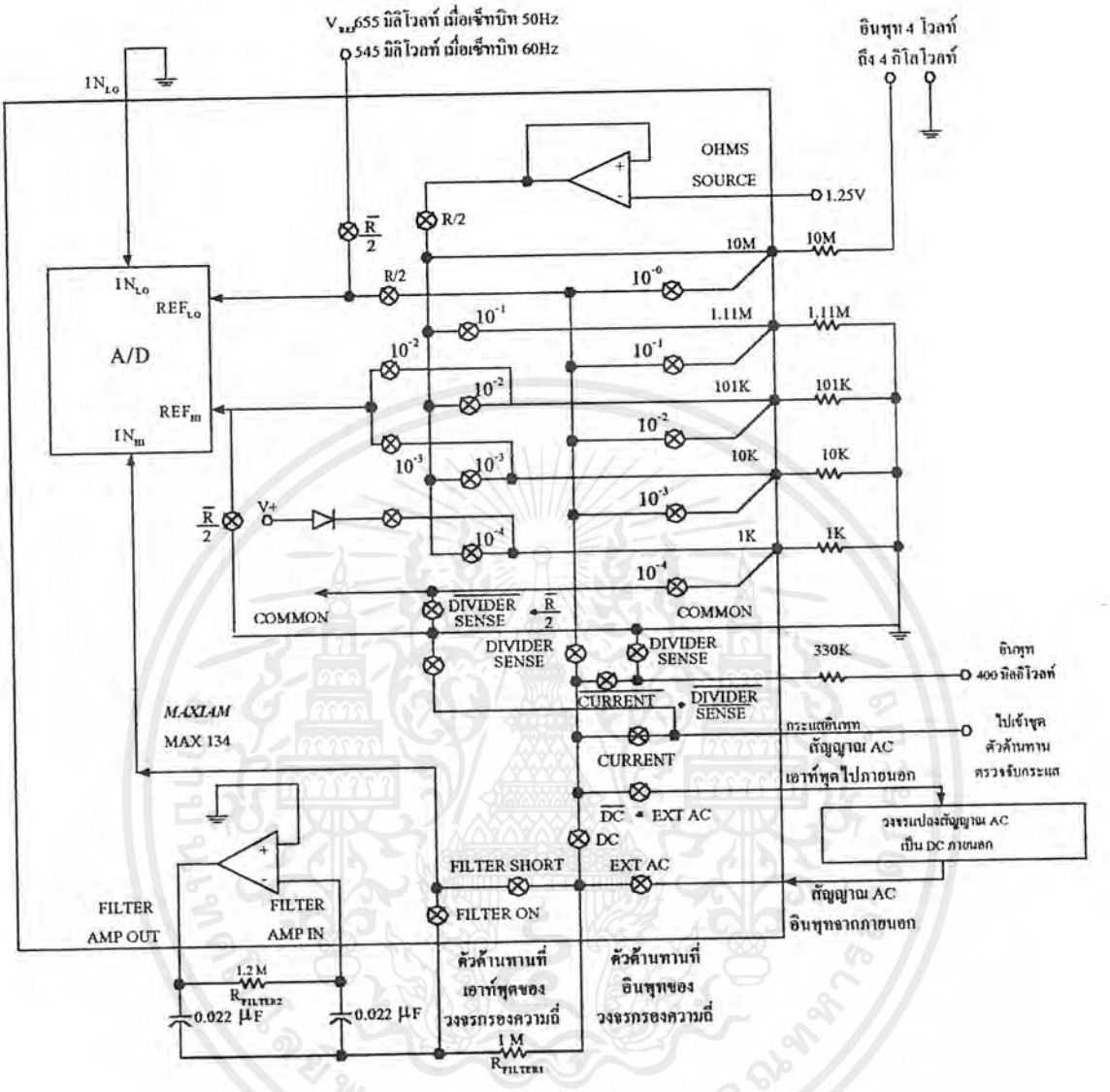


รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบวงจรแสดงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

3.2.2 การเลือกย่านวัดทางอินพุท

ในย่านการวัดแรงดันที่มีระดับแรงดันเกินกว่า 400 mV แรงดันอินพุทนั้นผ่านตัวต้านทานค่า 10 MΩ ไปเข้าขาอินพุท 10 MΩ เพื่อทำการเลือกค่าความต้านทานชั้นท์ (Shunt resistor) มีค่าตั้งแต่ 1.1 MΩ ลงมาจนถึง 1 kΩ เพื่อทำการลดทอนแรงดันทางอินพุทนั้นลงมาให้อยู่ย่าน 400 mV การเลือกระดับการลดทอนหรือการเลือกค่าความต้านทานชั้นท์ทางด้านอินพุทนั้นจะอาศัยการเลือกจากอนาลอกสวิตซ์ที่ประกอบอยู่ภายในไอซี การสวิตซ์นี้จะทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณกระแสและจะทำการตรวจจับระดับแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานชั้นท์ การทำงานทางอินพุทจะทำการเลือกระหว่างเอาท์พุทของอินพุทส่วนลดทอนและการตกคร่อมของแรงดันที่เกิดจากการตรวจจับการไหลของกระแสที่ผ่านตัวต้านทานชั้นท์จะเป็นการวัดกระแสต่อไป ดังแสดงวงจรการเลือกฟังก์ชั่นทางอินพุทไว้ในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ลักษณะโครงสร้างของวงจรส่วนอินพุทของ MAX 134

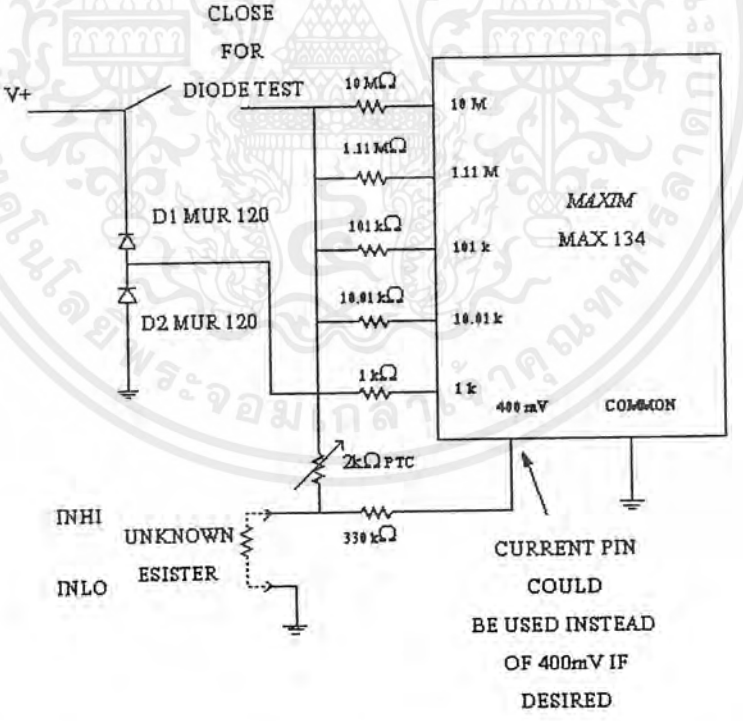
กระแสไบอัสทางอินพุทขนาด 5 pA ที่ MAX 134 จะไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ที่ขาอินพุท 10 MΩ ด้วยการต่อตัวต้านทาน 10 MΩ เพิ่มเข้าไป ระดับแรงดันเต็มสเกลเท่ากับ 400 mV โดยที่อินพุทนี้จะแยกจากกันต่างหากจากชุดไบอัสกระแส โดยชุดตัวต้านทานที่ขา 100 kΩ จนถึงขา 10 MΩ ซึ่งก็ใช้เพื่อทำให้เกิดแรงดันเต็มสเกล 400 mV เช่นกัน แต่แยกคนละชุดระหว่างระดับแรงดันสูงกับแรงดันต่ำซึ่งค่าความต้านทาน 10 MΩ จะใช้สำหรับการวัดย่านแรงดันสูงโดยจะไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดทางอินพุทที่มีกระแสรั่วไหลผ่านตัวต้านทานชั้นท์ลงกราวด์ซึ่งก็คือตัวต้านทานค่า 1.1 MΩ ถึง 1 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวัดความต้านทาน

ชุดตัวต้านทานลดทอนแรงดันทางอินพุทจะถูกใช้เป็นตัวต้านทานอ้างอิงในโหมดของการวัดค่าความต้านทาน (Ohm) นั่นคือที่ตัวต้านทานค่า 10 MΩ จะมีการต่อตัวต้านทานจากภายนอกขนานเข้ามา ซึ่งอาจจะเป็นค่า 1 MΩ, 100 kΩ หรือค่าอื่น ๆ โดยค่าความต้านทานจะถูกจ่ายเข้ามาทางอินพุตของวงจรบัฟเฟอร์ซึ่งเป็นการต่อโดยตรงกับตัวล็อกแบนด์อ้างอิงภายนอกหรือแหล่งจ่ายแรงดันค่า 1.25 V

ในย่าน 4 kΩ จนถึง 40 MΩ จะได้จากผลรวมของแรงดัน 1.25 V ซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับความต้านทานอ้างอิง ซึ่งจะรวมกันพร้อมกับเข้ากับค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่าและชุดวงจรป้องกันทางอินพุท ค่าแรงดันตกคร่อมค่าความต้านทานที่ยังไม่ทราบค่าสูงสุด ที่ตำแหน่งเต็มสเกลจะน้อยกว่า 400 mV ที่ย่านการวัด 400 Ω แหล่งจ่ายแรงดันให้กับตัวต้านทานจะได้มาจากการต่อตัวไดโอดไบอัสตรงกับแรงดัน +V ผ่านอนาลอกสวิตช์ชนิด P แชนแนลค่าความต้านทานภายใน 2 kΩ และในส่วนของวงจรป้องกันอินพุท (PTC: protect circuit) จะถูกออกแบบมาให้ทำงานโดยใช้ตัวต้านทาน PTC ค่า 2 kΩ หรือ ต่ำกว่านี้ก็ได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ลักษณะทางอินพุทของโหมดการวัดความต้านทานและไดโอด

จากรูปที่ 3.5 นั้นในย่านการทดสอบไดโอด สามารถกระทำได้โดยการต่อแรงดันไฟ V+ มาเข้ายังชุดป้องกันอินพุทที่ใช้สำหรับป้องกันอินพุทในย่านการวัดความต้านทาน ซึ่งชุดป้องกันทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุทนี้จะทำให้มีกระแสไหลผ่านประมาณ 1 มิลลิแอมป์ไปยังไดโอดทดสอบ แรงดันตกคร่อมตัวไดโอดสามารถวัดได้ในย่านเต็มสเกลเท่ากับ 4 V มาตรฐานหรือที่ 400 mV เต็มสเกลจากการหารด้วย 5 และจะไม่ทำการแลทช์เมื่อเกิดการต่อเนื่องกันของวงจรเนื่องจากไดโอด และจะแลทช์เมื่อแรงดันอินพุทตกลงมาต่ำสุด 100 mV แรงดันตกคร่อมความต้านทานอ้างอิงจะใช้เป็นแรงดันอ้างอิงสำหรับ A/D ในย่านการวัดความต้านทาน จะใช้ผลต่างแรงดันระหว่าง IN_{LO} และ IN_{HI} เป็นสัญญาณอินพุท โดยที่ integration period นับได้ 500ซึ่งจะไม่ขึ้นกับการเซ็ทบิท 50/60 Hz

สัญญาณเอาท์พุท (Digital out code) จะสามารถหาได้เป็น

$$\frac{5000 * R_{UNKNOWN}}{R_{REF}} \quad \text{.....(3.1)}$$

กับค่าสูงสุดที่ไม่เป็นศูนย์ (non–zero-corrected output code) คือ ±49,520 และสามารถอ่านค่าสูงสุดได้ 5,000

ที่ตัวต้านทาน 1 kΩ จะใช้สำหรับย่าน 400Ω เต็มสเกล, 10 kΩ สำหรับ 4 kΩ เต็มสเกล, 10 MΩ สำหรับ40 MΩ เต็มสเกล เพื่อผลที่ถูกต้องของการวัดค่าความต้านทาน (R/2 mode) ผลของการวัดจะต้องคูณด้วย 2 โดยไมโครโปรเซสเซอร์ หรือการใช้ โหมด ×2 ยกเว้นย่านวัด40 MΩ ย่าน 40 MΩ ใช้ตัวต้านทานตัวเดียวกับย่าน 4 MΩ แต่จะคูณด้วย 10 ซึ่งไม่ได้มาจากการคูณ 2 แต่ได้จากฟังก์ชั่น ÷5 ถ้าการคูณ 2 กระทำจากไมโครโปรเซสเซอร์ ออฟเซ็ตการอ่านค่าศูนย์ (read zero offset) ของ MAX134 ในย่านการวัดค่าความต้านทานจะนับเพียงค่า 2-3 หรือใกล้เคียง โดยเป็นอิสระจากค่าความต้านทานไม่ทราบค่าที่เราทำการวัด

สำหรับโหมด ×2 ถูกใช้ในการคูณ 2 ของการอ่านค่า นั่นคือจะมีการใช้งานโหมดนี้ก็ต่อเมื่ออ่านค่า frequent เป็นศูนย์ดังนั้นค่าออฟเซ็ตการอ่านค่าศูนย์จะแปรผกผันกับแรงดันอ้างอิง และค่าแรงดันอ้างอิงจะแปรผันตามค่าความต้านทานของตัวต้านทานไม่ทราบค่าที่เราทำการวัด

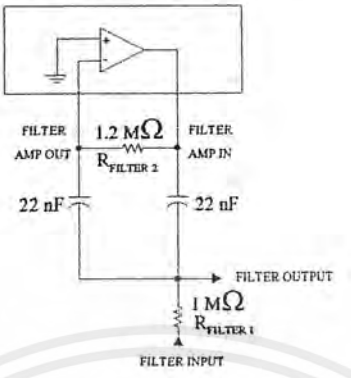
3.2.4 วงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟ

วงจรฟิลเตอร์ในส่วนนี้ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณในส่วนของ External AC – DC Converter เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนและยังมีส่วนในการหน่วงสัญญาณเพื่อให้ส่วนของ A/D ทำงานได้เข้าจังหวะกัน

วงจรฟิลเตอร์ไม่มีผลต่อค่าออฟเซ็ตของแรงดัน DC เนื่องจากในการใช้งานแรงดัน DC จะผ่านความต้านทาน 1 MΩ และเข้าสู่ส่วนของ A/D จะมีเฉพาะสัญญาณ AC เท่านั้นที่ถูกใช้งาน และข้อจำกัดของวงจรคือจะมีความเร็วในการทำงานจำกัดเมื่อส่วนอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นเหตุผลให้วงจรในส่วนนี้จะไม่ใช้งานเมื่ออยู่ในโหมด การปรับย่านวัดอัตโนมัติ (Autorange) เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอิมพีแดนซ์ทางอินพุทจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความต้านทานในวงจรลดทอนทางอินพุทจึงทำให้ช่วงเวลาในการตอบสนองการทำงานช้าเมื่อใช้งานย่าน 4V



รูปที่ 3.6 ACTIVE FILTER

3.2.5 แหล่งจ่ายแรงดันภายใน ระบบกราวด์

ทั้งนี้ MAX 134 สามารถใช้แบตเตอรี่ปกติ 9 V หรือ ±5 V กระแสสูงสุดในย่านวัดแรงดัน DC และกระแส DC มีค่า 250 μA โดยทั่วไปจะใช้ 100 μA

Analog common ได้มาจากซีเนอร์ไดโอดและค่าปกติต่ำกว่า V^+ 3 V การใช้งานส่วนใหญ่แรงดันอ้างอิงจะถูกต่อกับ common ด้วยความต้านทานพูลอัพจาก V^+ เมื่อทำการต่อ voltage divider ก็จะมีแรงดันอ้างอิงตกคร่อมเป็น 545 mV (60 Hz) หรือ 655 mV (50 Hz) MAX 134 โดยทั่วไปจะสร้างแรงดัน digital ground ซึ่งมีค่าโดยทั่วไปต่ำกว่า V^+ ดังนั้นเราจึงเลือกแรงดัน 5 V ± 10% ที่มีกระแส 5 μA-500μA ในการสร้าง DGND จะต้องมีค่ากระแสจริง ๆ อยู่ เราสามารถทำได้โดยการดึงแรงดันค่าลบมา ซึ่งจะทำให้ค่าของกระแสลดลงเหลือเพียง 1 μA สำหรับค่า DGND ที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะถูกนำไปต่อเข้ากับขา DGND Out ของ MAX 134 ซึ่งขา DGND Out นี้เป็นขาอินพุท และในส่วนของการใช้แรงดันจากภายนอก ±5V จะต่อ DGND เข้ากับกราวด์ ต่อ V^+ กับ +5 V และ V^- กับ –5 V

3.2.6 ออสซิลเลเตอร์และวงจรขับเปียซโซ

ชุดออสซิลเลเตอร์ภายในของ MAX 134 จะถูกออกแบบมาให้ทำงานที่ความถี่ 32.768 kHz จากคริสตอลภายใน โดยการประกอบตัวประจุภายนอกเพิ่มเติมอีกตัวหนึ่งและไม่มีความต้านทานภายนอกมาต่อร่วมด้วย แต่ถ้าจะใช้วงจรคริสตอลภายนอกก็ได้โดยป้อนความถี่เข้าที่ขา OSC_1ของ MAX 134

ความถี่ออสซิลเลเตอร์ 32.678 kHz เป็นสัญญาณนาฬิกาภายใน สำหรับการวัดการนับภายในความถี่ 32.768 kHz จะถูกหารความถี่ลงมาเหลือ 4,096 และ 2,048 Hz และ โดยเฉพาะที่ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4,096 เฮิรตซ์นี้จะใช้ขับเปียซโซ ในโหมดวัดความต่อเนื่องของวงจรซึ่งเอาท์พุทของวงจรเปียซโซจะสวิงระดับแรงดันอยู่ระหว่าง +V กับ-V และสามารถต่อเข้าเพื่อขับเปียซโซโดยตรงได้

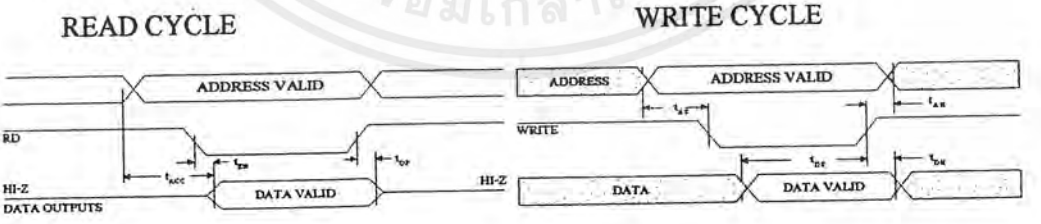
ในที่นี้จะใช้บิตข้อมูลจากไมโครโปรเซสเซอร์ 2 บิท มาทำการควบคุม การเลือกความถี่ค่า 2048 Hz หรือ 4096 Hz ของเสียงที่จะดังขึ้นของเปียซโซพร้อมทั้งสามารถเลือกการเปิดปิดเปียซโซได้ด้วย จากการนำไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาควบคุมนี้ เสียงของเปียซโซสามารถใช้สำหรับการแสดงผลความต่อเนื่องของวงจร แสดงถึงการป้อนของสัญญาณเมื่อมีการโฮลด์ค่าไว้ หรืออาจจะใช้เสียงเพื่อบอกถึงการเปลี่ยนย่านวัด

3.2.7 การอินเตอร์เฟสทางดิจิตอล

MAX 134 จะมี 3 ไลน์แอดเดรสแยกต่างหาก และในแต่ละไลน์แอดเดรสจะมีบัสข้อมูลสองทิศทางอุปกรณ์ตัวนี้จะมีบัสข้อมูลขนาด 4 บิทสามารถใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 4 บิท และ 8 บิท ได้

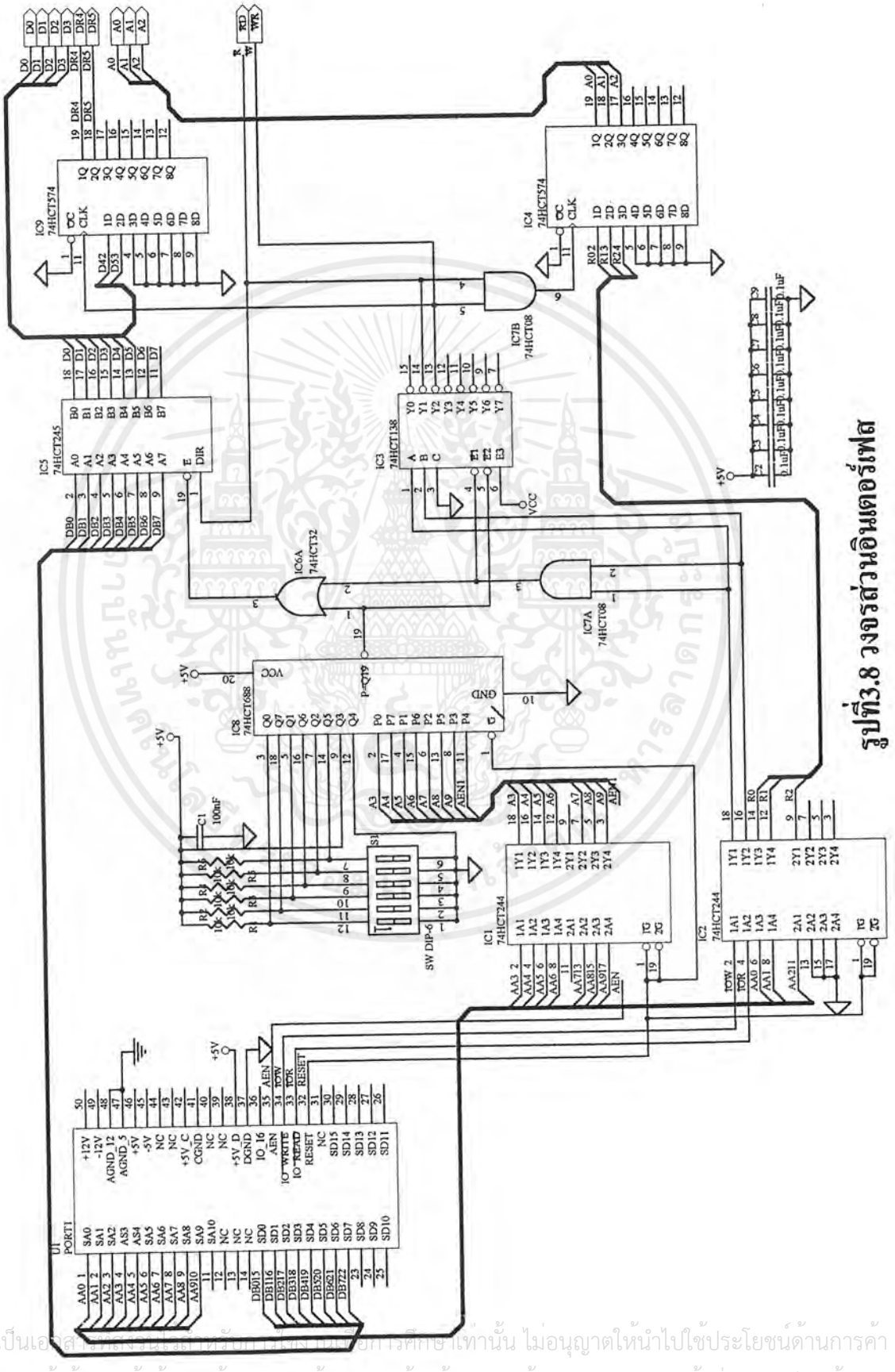
การอินเตอร์เฟสทางดิจิตอลระหว่าง MAX 134 กับการควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์ผ่านบัสข้อมูลสองทิศทางขนาด 4 บิท คือที่ D_0-D_3 ในสายสัญญาณบัสข้อมูล 4 เส้นนั้นก็จะมีสายอีก 3 ไลน์แอดเดรสและ 2 สัญญาณควบคุมนั่นคือ ขา A_0-A_2, WR และ RD โดยที่ไลน์แอดเดรสทั้งสาม (A_0-A_2) จะทำหน้าที่เลือกรีจีสเตอร์ควบคุมออกมาหนึ่งรีจีสเตอร์ใน 5 รีจีสเตอร์ควบคุม ตารางที่ 3.6 แสดงถึงลำดับรีจีสเตอร์ต่าง ๆ

เมื่อขา WR มีระดับลอจิกเป็น "0" ข้อมูลที่ต้องการจะเขียนก็จะถูกอ่านจากบัสข้อมูลเข้าไปสู่ MAX 134 โดยการควบคุมแอดเดรสจากรีจีสเตอร์ควบคุมจาก A_0-A_2 เมื่อ RD มีระดับลอจิกเป็น "0" MAX 134 ก็จะใช้สัญญาณขับผ่านออกมาทางบัสข้อมูลสองทิศทาง ก็จะเกิดการบันทึกข้อมูลบรรจุเข้าไปไว้ในรีจีสเตอร์แอดเดรสเดิมจากอินพุทแอดเดรส A_0-A_2 ดังแสดงรูปสัญญาณการอ่านและเขียนข้อมูลลงในรีจีสเตอร์แอดเดรส ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 สัญญาณการอ่านและเขียนที่อินเตอร์เฟสกับไมโครโปรเซสเซอร์ของ MAX 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.8 วงจรส่วนอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนประกอบ (COMPONENT SECTION)

3.3.1 INTEGRATION RESISTORS

ในโหมด X2 ถ้า X2 ไม่ได้ถูกเลือกจะเป็นการต่อความต้านทาน 604 kΩ ระหว่างขา Buffer Out1 กับคาปาซิเตอร์ C_{INT} และที่ขา Buffer Out2 ถูกเปิดออก โดยปกติค่า R_{INT1} และ R_{INT2} มีค่าเท่ากันคือ 301 kΩ สำหรับที่ค่าแรงดันอ้างอิง 545 mV หรือ 655 mV จะทำให้มีกระแสที่เอาท์พุทของอินทีเกรเตอร์ 2 μA และมีค่าไม่ควรเกิน 8 μA

3.3.2 INTEGARTION CAPACITOR

โดยค่า C_{INT} จะมีค่า 4.7 nF ค่านี้จะทำให้แรงดันที่เอาท์พุทของอินทีเกรเตอร์มีแรงดันสวิงได้ 3 V สำหรับย่านวัดแรงดัน เมื่อค่า R_{INT} มีค่าเท่ากันคือ 301 kΩ และที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา 32.678 kHz ในขณะเดียวกันแรงดันนี้ก็สามารถเกิดได้จาก ค่าคาปาซิเตอร์ค่าอื่นโดยการเปลี่ยนค่าความต้านทาน R_{INT} และที่ค่าคาปาซิเตอร์มีค่าต่ำกว่า C_{INT} อาจจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ ในค่าที่มากกว่าค่า C_{INT} จะเป็นผลทำให้ค่าขนาดของแรงดันมีการสวิงลดลงต่ำกว่าค่าที่สามารถใช้งาน และอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานในส่วน A/D (Convertion Error)

3.3.3 ACTIVE FILTER COMPONENTS

ค่า RC time constant ของวงจร แอคทีฟฟิลเตอร์ ที่เกิดจากส่วนประกอบนั้นจะกำหนดค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงขนาดต่อความถี่ที่เปลี่ยนไป (Rolloff Frequency) ของวงจรค่าที่เปลี่ยนไปของ $R_{FILTER1}$ เป็นผลรวมของค่าของมันเองกับค่าอิมพีแดนซ์จากวงจรลดทอนแรงดันทางอินพุทตัวอย่าง เช่น แรงดันย่าน 30 V ค่าอิมพีแดนซ์จากวงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุทมีค่า คือ 10 kΩ (ค่าความต้านทานของวงจรลดทอนแรงดัน) หรือในย่าน 3 V ค่าอิมพีแดนซ์จากอินพุทคือ 1 MΩ ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์จากอินพุทจะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวงจร ผลที่เกิดได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ในวงจรแอคทีฟฟิลเตอร์ อย่างไรก็ดีการเพิ่มค่าความต้านทานของวงจรจะเป็นการเพิ่มค่าความผิดพลาดของระบบออฟเซ็ต (offset error) ของส่วนA/D ซึ่งเกิดจากกระแสรั่วไหลทางด้านอินพุทซึ่งจะเปลี่ยนแปลงค่าตามค่าความต้านทานของวงจรฟิลเตอร์ที่เพิ่มขึ้น ในการใช้งานส่วนใหญ่ค่าความต้านทานของวงจรฟิลเตอร์จะใช้ค่าระหว่าง 1MΩ -3MΩ

3.3.4 CRYSTAL AND CRYSTAL OSCILLATOR CAPACITOR

OSC ของ MAX 134 นั้นเป็นการออกแบบให้มีค่า Q สูง มีกำลังน้อย โดยที่ค่าของคริสตอล คือ 32,768 Hz และค่า C ของ OSC ที่ต่ออยู่ที่ OSC2 (ขา 8 ของ MAX 134) ควรใช้ค่า 10 pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ATTENUATOR NETWORK

วงจรลดทอนและสวิตช์เลือกย่านการทำงานแสดงในรูปที่ 3.4 ตัวต้านทานภายนอก คือ ตัวต้านทาน 10 MΩ, 1.11 MΩ, 101 kΩ, 10 kΩ และ 1 kΩ เป็นชุดลดทอนเพื่อขยายย่านการวัดต่างๆ โดยมีสวิตช์ภายในเป็นตัวเลือกย่านการทำงาน

3.6 INPUT ATTENNUATOR COMPENSATION CAPACITORS

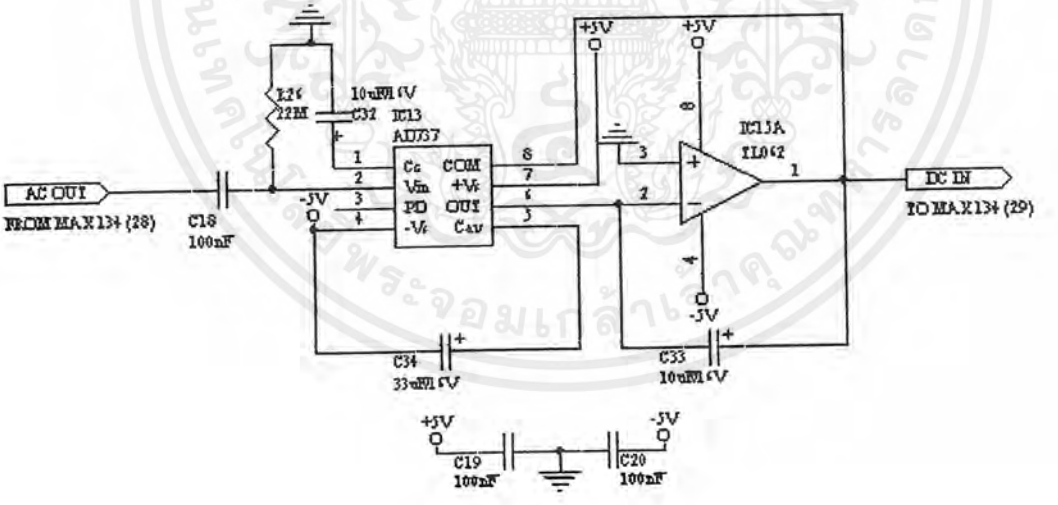
เป็นตัวเก็บประจุค่าต่ำ ๆ เพื่อช่วยรักษาเสถียรภาพของอัตราส่วนการลดทอนของชุดวงจรลดทอนให้คงที่

3.3.7 POSITIVE TEMPERATURE COEFFICIENT RESISTOR

PTC ปกติเป็นส่วนป้องกันวงจรในการเลือกใช้งานโหมดวัดความต้านทาน ความต้านทาน PTC ไม่ควรมีค่ามากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น โดยมีค่าประมาณ 2 kΩ

3.3.8 EXTERNAL AC-DC CONVERTER

ค่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้จะเป็นสัดส่วนกับค่าแรงดันเฉลี่ยของแรงดัน AC มากกว่าค่า RMS แต่เอาท์พุทจะถูกคูณด้วยค่าแฟคเตอร์ 1.11 เพื่อแก้ไขอัตราส่วนของค่าแรงดันเฉลี่ยต่อค่าแรงดัน RMS ของสัญญาณซายน์ให้ถูกต้อง และการนำไปใช้งานได้โดยต่อที่ระหว่าง EXT AC OUT และขา EXT AC IN



รูปที่ 3.9 External AC-DC Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ลักษณะของบิทเอาท์พุท (DESCRIPTION OF OUTPUT BITS)

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างของข้อมูลในรูปแบบของ 9 'complement BCD

MEASURMENT RESULT	BCD DATA
+40000	40000
--	--
+00100	00100
--	--
+00001	00001
+00000	00000
(there is NO –00000)	
-00001	99999
--	--
-00100	99900
--	--
-40000	60000

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลเอาท์พุทจาก MAX 134

ADDRESS OR REGISTER NUMBER	REGISTER NAME	REGISTER CONTENTS
0	Ones	ข้อมูล BCD หลักต่ำสุด (ไม่ถูกแสดง ใช้สำหรับการปรับศูนย์อัตโนมัติ)
1	Tens	
2	Hundreds	ข้อมูล BCD (หลักต่ำสุดในการแสดงผล)
3	Thousands	ข้อมูล BCD
4	10 Thousands	ข้อมูล BCD
5	Status	ข้อมูล BCD D3 = Always 1 D2 = Latched Continuity D1 = Holding D0 = Low Battery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-บิท Latched Continuity จะยังเป็น "1" เมื่อแรงดันอินพุทมีค่าต่ำกว่าแรงดันขีดเริ่มประมาณไม่เกิน 100 mV ในการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ครั้งสุดท้าย นอกเหนือจากนี้บิทนี้จะมีค่า "0"

-บิท Low Battery จะมีค่า "1" เมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่าแรงดันที่กำหนด

-บิท Holding จะมีค่า "0" เมื่อ MAX 134 อยู่ในสภาวะ Hold

3.5 ลักษณะของบิทควบคุม (DESCRIPTION OF CONTROL BITS)

3.5.1 Hold :

เซ็ตเป็น 1 จะหยุดการทำงานของ A/D ในไซเคิลต่อไป ถ้า MAX 134 อยู่ในสภาวะ Hold การทำงานของ A/D จะเริ่มที่สัญญาณนาฬิกาถัดไป หลังจากที่ Hold ถูกเซ็ตเป็น 0 และวงจร OSC จะทำงานอีกครั้ง

3.5.2 High Frequency :

เซ็ตเป็น 1 จะเลือก 4095 Hz เป็นความถี่ Beeper ถ้าเซ็ตเป็น 0จะเลือก 2048 Hz

3.5.3 Beeper ON :

เซ็ตเป็น 1 จะทำให้ Beeper Drive ทำงาน

3.5.4 Sleep :

เซ็ตเป็น 1 MAX 134 จะเข้าสู่สภาวะ sleep mode บัฟเฟอร์ ของ common voltage จะหยุดทำงานแต่ DGND จะยังคงทำงานอยู่ วงจร OSC ก็ยังคงทำงานอยู่ ในโหมดนี้จะใช้ในกรณีที่มิเตอร์ไม่ได้ถูกใช้งานในเวลานานเพื่อลดการสูญเสียกำลังงานที่จะต้องจ่ายให้วงจรเช่นการที่ทางอินพุทไม่เปลี่ยนย่านหรือ โหมดการทำงานเป็นเวลานาน

3.5.5 10-0 through 10-4 :

เป็นบิตควบคุมวงจรลดทอนภายนอก เมื่อบิต 10-0 ถูกเลือก ตัวต้านทาน 10 MΩ จะไม่มีการต่ออนุกรมกับตัวต้านทานจากวงจรลดทอน ซึ่งเป็นการเลือกย่านวัดอินพุท 400 mV บิท 10-1 ถูกเลือกจะทำให้ตัวต้านทาน 10 MΩ ถูกอนุกรมด้วย 1.11 MΩ เป็นการเพิ่มย่านการวัดเป็น 10 เท่า และเช่นเดียวกัน 10-2 ,10-3 และ10-4 ทำการเลือกตัวต้านทานอนุกรม 100 Ω, 1,000 Ω และ 10,000 Ω ซึ่งในโหมดวัดค่าความต้านทาน บิทเหล่านี้เป็นการเลือกย่านวัดค่าความต้านทาน

3.5.6 50 Hz :

เมื่อเซ็ตเป็น 1 จะเป็นการเลือก ค่าเวลาการอินทีเกรต (Integration period) สำหรับการวัดค่ากำลัง 1 รอบ ของแรงดัน 50 Hz ถ้าบิทเซ็ตเป็น 0 จะใช้สำหรับแรงดัน 60 Hz

3.5.7 ×2 :

เมื่อเซ็ตเป็น 1 จะเป็นการเลือก " timcs 2 " และเมื่อเซ็ตเป็น 0 โหมด ×2 จะทำงานโดย R_{INT} เท่านั้นที่ใช้เป็นความต้านทานอินทีเกรตระหว่างเฟสอินทีเกรเตอร์ ส่วน R_{INT1} และ R_{INT2} ใช้เป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานอินทีเกรเตอร์สำหรับเฟสอินทีเกรเตอร์ ถ้า $R_{INT1} = R_{INT2}$ โหมด ×2 จะให้ค่าเอาท์พุทดิจิตอล 2 ค่าสำหรับแรงดันอินพุท

3.5.8 (÷5) :

เมื่อเซ็ตเป็น 1 ค่าเวลาสำหรับการอินทีเกรทจะถูกลดโดยแฟคเตอร์ของ 5 เพื่อรับอินพุทที่มีค่าแรงดันสูงได้ ถ้าแรงดันอินพุทเต็มสเกลจะถูกคูณด้วย 5 เมื่อบิทนี้ถูกเลือก แต่ต้องไม่เกิน 2 μA ซึ่งเป็นกระแสเอาท์พุทของการอินทีเกรท

3.5.9 Ohms or R/2 :

เซ็ตเป็น 1 เมื่อโหมดวัดค่าความต้านทานและเซ็ตบิท Divider sence ให้เป็น 0

3.5.10 Read Zero :

เซ็ตเป็น 1 เพื่อการทำงานในรอบต่อไปของ A/D จะได้ผลที่เอาท์พุทเป็น 0 ซึ่ง IN_{HI} และ IN_{LO} จะถูกชีอตกันภายใน

3.5.11 Filter On and Filter Short :

เป็นบิทที่ควบคุมวงจร แอคทีฟ ฟิลเตอร์ ดังรูป 3.6

3.5.12 DC :

เมื่อต้องการเลือกโหมด DC บิทนี้เลือกโหมด DC บิทนี้จะถูกเซ็ตเป็น 1 และถ้าโหมด AC บิตนี้จะถูกเซ็ตเป็น 0 และจะถูกเซ็ตเป็น 1 ในกรณีเลือกโหมดวัดค่าความต้านทาน

3.5.13 External AC :

เซ็ตเป็น 1 เมื่อเลือกโหมด AC

3.5.14 Divider sense :

บิทนี้จะถูกเซ็ตเป็น 1 เมื่อต้องใช้วงจรลดทอน 10-0 ถึง 10-4 และบิทนี้จะถูกเซ็ตเป็น 0 เมื่ออินพุท 400 mV

3.5.15 Current :

เซ็ต Divider sense เป็น 0 และ Current เซ็ตเป็น 1 เมื่อเลือกอินพุทเป็นกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลอินพุทของ MAX 134

ADDRESS OR REGISTER NUMBER	D3	D2	D1	D0
0	Hold	High frequency	Beeper ON	Sleep
1	10-0	Filter short	÷5	50Hz
2	10-4	10-3	10-2	10-1
3	DC	Ext AC	Divider sense	Ohms R/2
4	Current	X2	Read zero	Filter ON

a.

BIT SET	VOLTAGE RANGE	OHMS RANGE
10-0	400 mV	4 MΩ and 40 MΩ
10-1	4 V	400 kΩ
10-2	40 V	40 kΩ
10-3	400 V	4 kΩ
10-4	4000 V	400 Ω

b.

FILTER ON	FILTER SHORT	FUNCTION
1	0	สภาวะใช้งานปกติ กรณีโหมด AC
1	1	วงจรทำงาน , R_{FILTER} ถูกช็อตใช้เพื่อแก้ค่าอิมพีแดนซ์สูงในย่าน 4 V
0	1	วงจรไม่ถูกใช้งาน ในกรณีโหมด DC
0	0	ค่านี้ไม่ถูกใช้งาน

c.

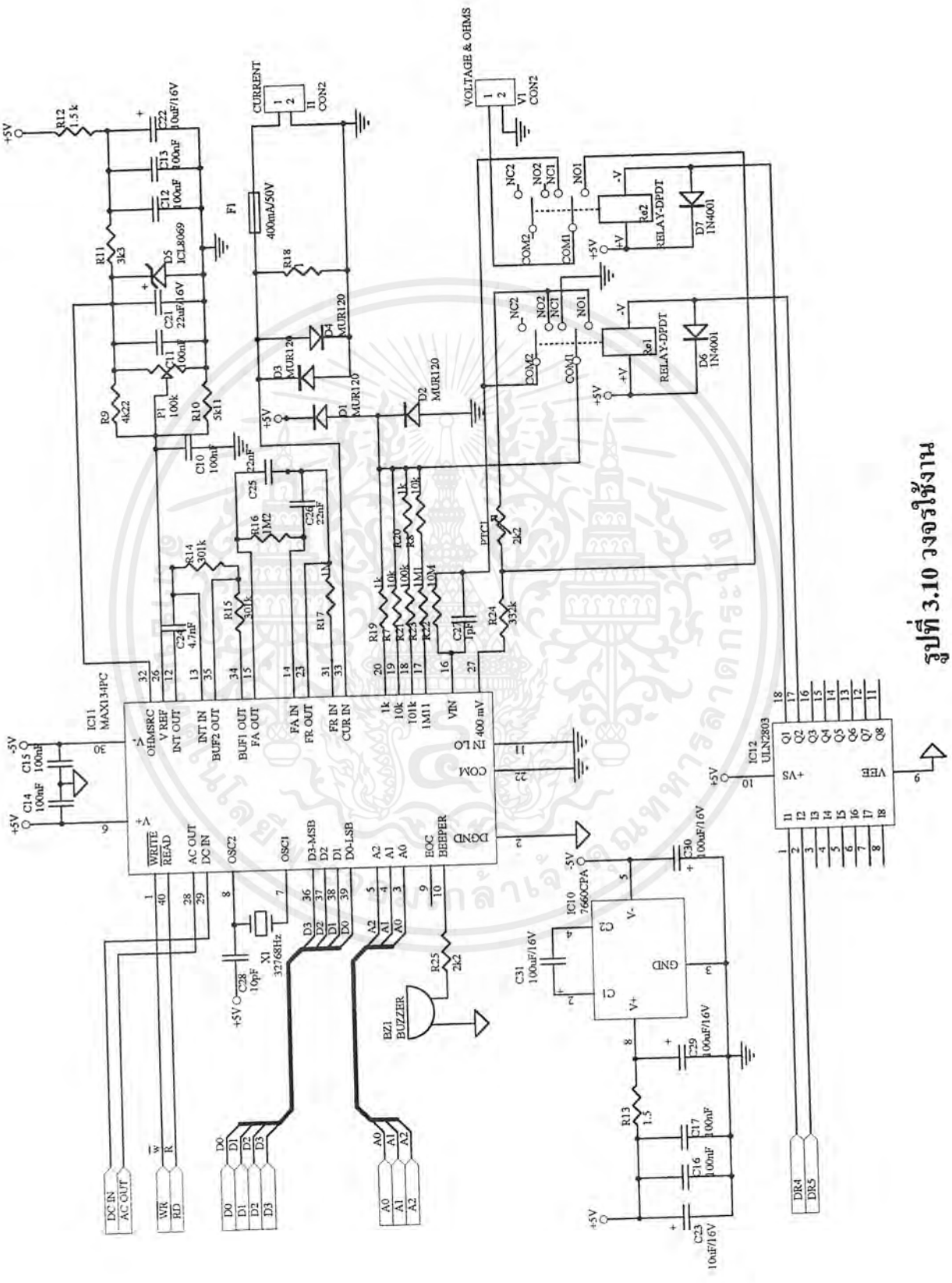
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การใช้งาน MAX 134

MAX 134 ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นดิจิตอลมัลติมิเตอร์โดยเฉพาะ และยังได้มีการรวมเอาการทำงานในลักษณะทางอนาลอก และการทำงานด้วยสวิตซ์แบบมือเลือกทั้งหมด เข้ามาเป็นกระบวนการทำงานทางดิจิตอลทั้งหมด ทำให้ลดอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ ลงไปได้ รวมทั้งการต่ออุปกรณ์ภายนอกในส่วนของตัวต้านทานชั้นท์ก็น้อยด้วย หากแต่ยังต้องอาศัยการควบคุมการทำงานจากไมโครโปรเซสเซอร์ร่วมด้วย ซึ่งก็เป็นส่วนใหญ่ของวงจรการทำงานดิจิตอลที่ซับซ้อนและเป็นแบบอัตโนมัติที่จะต้องมีการประมวลสัญญาณต่าง ๆ

เมื่อมีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้งานรวมในด้านการควบคุมการทำงานนั้น ทำให้ดิจิตอลมิเตอร์นี้กลายเป็นเครื่องมือวัดที่สมบูรณ์แบบ สามารถวัดค่าแรงดันและกระแสได้ทั้ง AC และ DC วัดค่าความต้านทานได้หลายย่านตามมาตรฐานเครื่องมือวัด แสดงวงจรการใช้งานในการวัดค่าแรงดันและกระแสในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



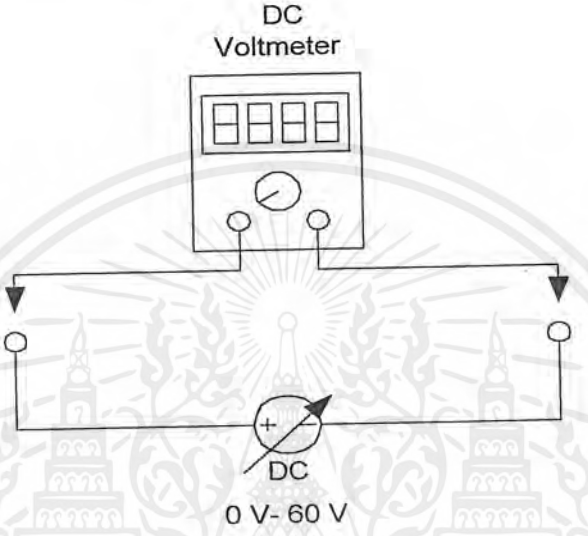
รูปที่ 3.10 วงจรใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ดีซีโวลท์มิเตอร์ (DC Voltmeter)



รูปที่ 4.1 ลักษณะการวัดแรงดันดีซี

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.1
2. เลือกย่านวัดของดีซีโวลท์มิเตอร์มาตรฐานที่ย่าน 400 mV
3. ปรับแหล่งจ่ายไฟดีซีโดยใช้โวลท์มิเตอร์มาตรฐานวัดแรงดันที่จ่ายออกมา ตามค่าที่แสดงในตารางที่ 4.1
4. ทำการเปลี่ยนเครื่องมือวัดเป็น ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด วัดค่าและบันทึกค่าที่วัดได้ลงในตารางที่ 4.1
5. คำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดระหว่างมิเตอร์มาตรฐานกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด โดย ค่าความผิดพลาด = (ค่าจริง-ค่าที่วัด)/ค่าจริง
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2 – ข้อที่ 4 แต่เปลี่ยนย่านการวัดเป็น 4 V, 40 V, 400 V และ4000 V แล้วบันทึกผลการทดลองตามตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ดีซีโวลท์ ย่านวัด 400 mV

มิเตอร์มาตรฐาน (mV)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (mV)	ค่าความผิดพลาด (%)
50	46.2	7.60
100	95.1	4.90
150	144.2	3.86
200	193.4	3.30
250	242.2	3.12
300	291.0	3.00
350	340.3	2.77
390	379.2	2.76

ตารางที่ 4.2 ดีซีโวลท์ ย่านวัด 4 V

มิเตอร์มาตรฐาน (V)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (V)	ค่าความผิดพลาด (%)
0.5	0.465	7.00
1.0	0.963	3.70
1.5	1.463	2.46
2.0	1.956	2.20
2.5	2.457	1.72
3.0	2.955	1.50
3.5	3.453	1.34
3.98	3.931	1.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ดีซีโวลท์ ย่าน 40 V

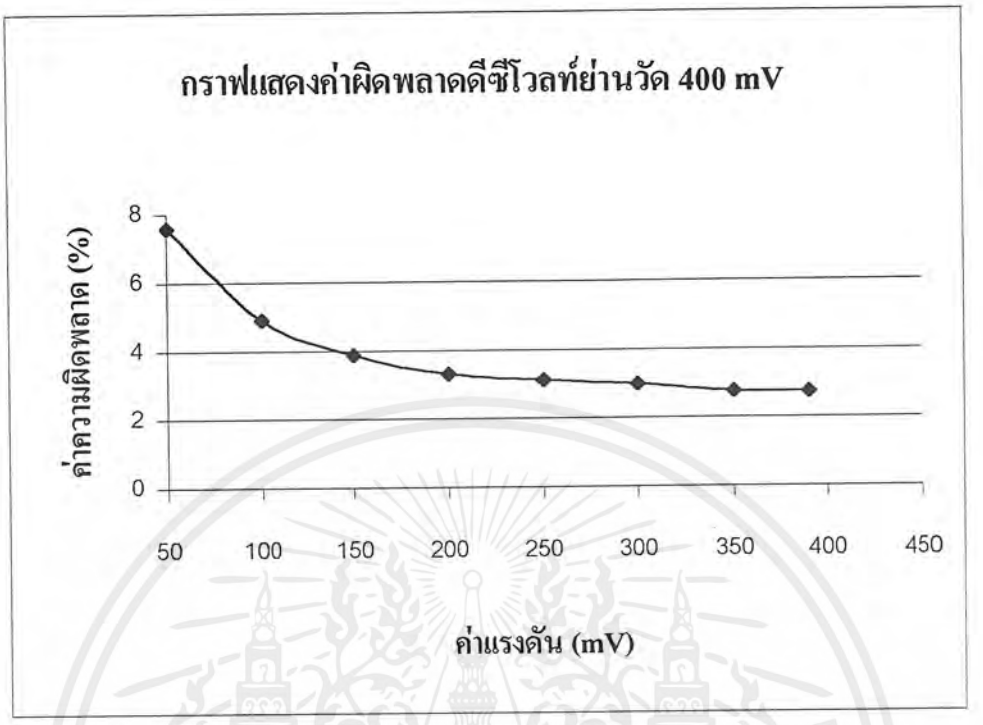
มิเตอร์มาตรฐาน (V)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (V)	ค่าความผิดพลาด (%)
5	4.86	2.80
10	10.07	0.70
15	15.23	1.53
20	20.43	2.15
25	25.62	2.48
30	30.84	2.80
35	36.04	2.97
38	39.21	3.18

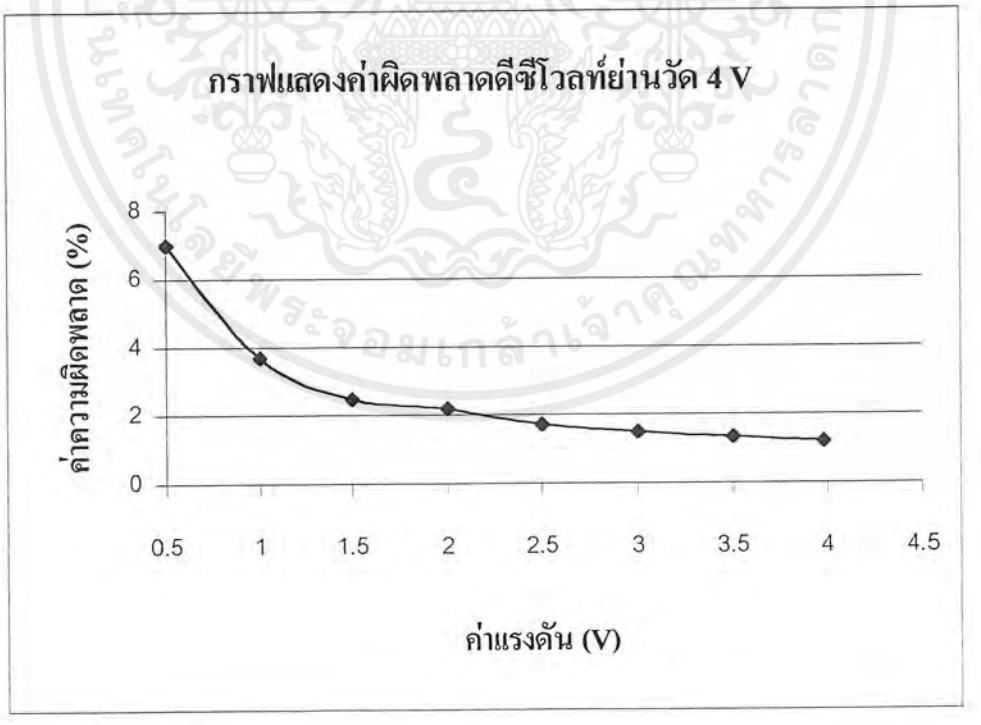
ตารางที่ 4.4 ดีซีโวลท์ ย่าน 400 V

มิเตอร์มาตรฐาน (V)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (V)	ค่าความผิดพลาด (%)
40	40.3	0.75
45	45.2	0.44
50	50.2	0.40
55	55.2	0.36
60	60.1	0.16
63.3	63.4	0.15

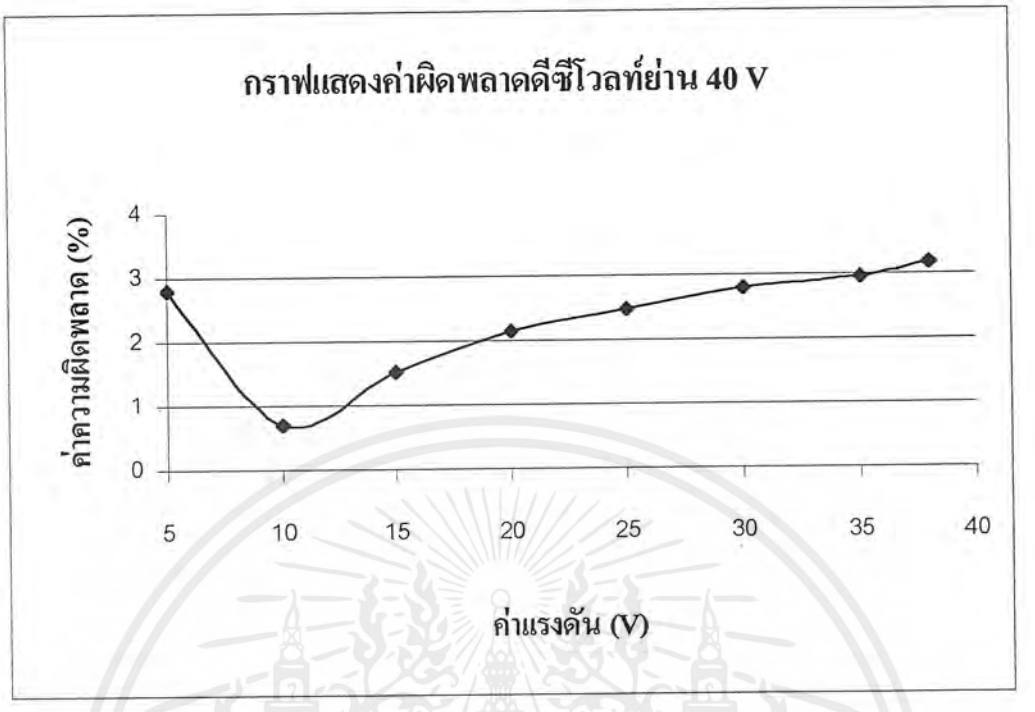
สำหรับที่ย่านการวัด 400 V ที่ค่าแรงดันสูง ๆ ไม่มีผลการทดลอง เช่นเดียวกับที่ย่านการวัด 4000 V ที่ค่าแรงดันสูง ๆ ก็ไม่มีผลการทดลอง เนื่องจากว่าเราไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันที่มีค่าสูง ๆ

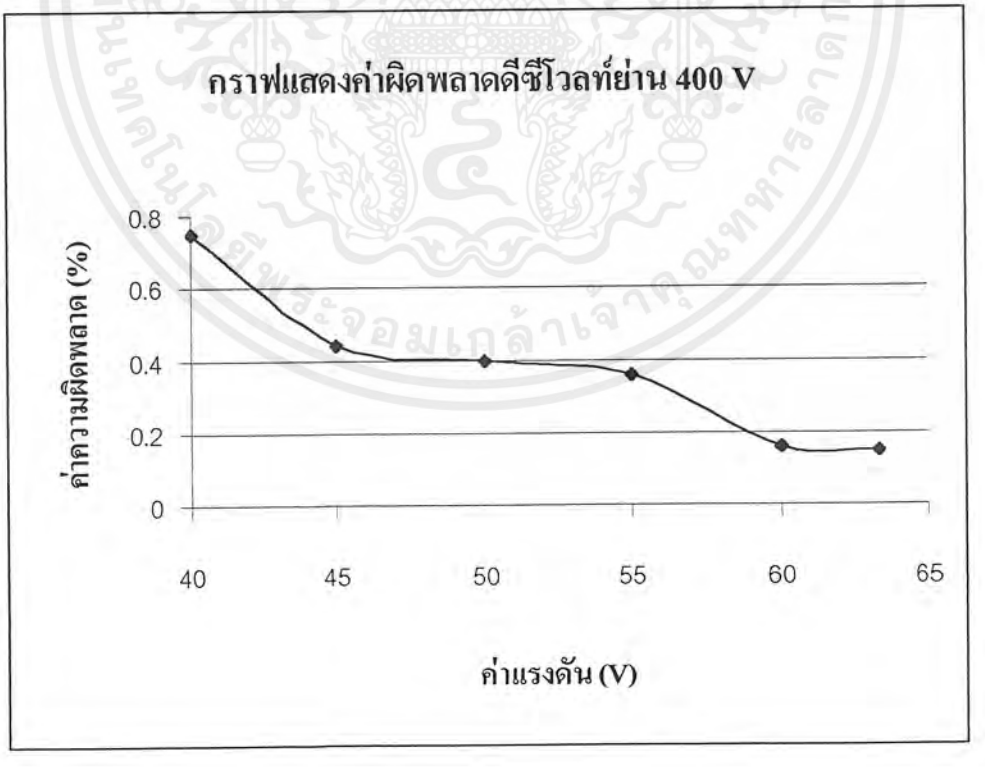
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





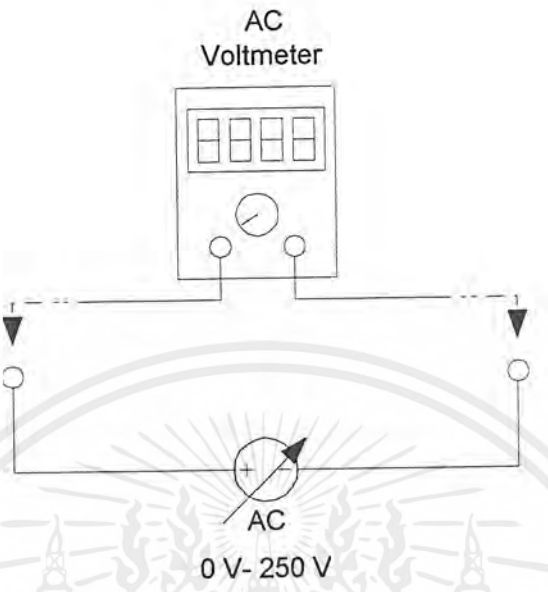
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เอซีโวลท์มิเตอร์ (AC Voltmeter)



รูปที่ 4.2 ลักษณะการวัดแรงดันเอซี

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.2
2. เลือกย่านวัดของดีซีโวลท์มิเตอร์มาตรฐานที่ย่าน 400 mV
3. ปรับแหล่งจ่ายไฟดีซีโดยใช้โวลท์มิเตอร์มาตรฐานวัดแรงดันที่จ่ายออกมา ตามค่าที่แสดงในตารางที่ 4.5
4. ทำการเปลี่ยนเครื่องมือวัดเป็น ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด วัดค่าและบันทึกค่าที่วัดได้ลงในตารางที่ 4.5
5. คำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดระหว่างมิเตอร์มาตรฐานกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด โดย ค่าความผิดพลาด = (ค่าจริง-ค่าที่วัด)/ค่าจริง
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2 – ข้อที่ 4 แต่เปลี่ยนย่านการวัดเป็น 4 V, 40 V และ 400 V แล้วบันทึกผลการทดลองตามตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เอซีโวลท์ ย่าน 4 V

มิเตอร์มาตรฐาน (V)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (V)	ค่าความผิดพลาด (%)
2.1	2.106	0.28
2.5	2.486	0.56
3.0	2.985	0.50
3.5	3.482	0.51

ตารางที่ 4.6 เอซีโวลท์ ย่าน 40 V

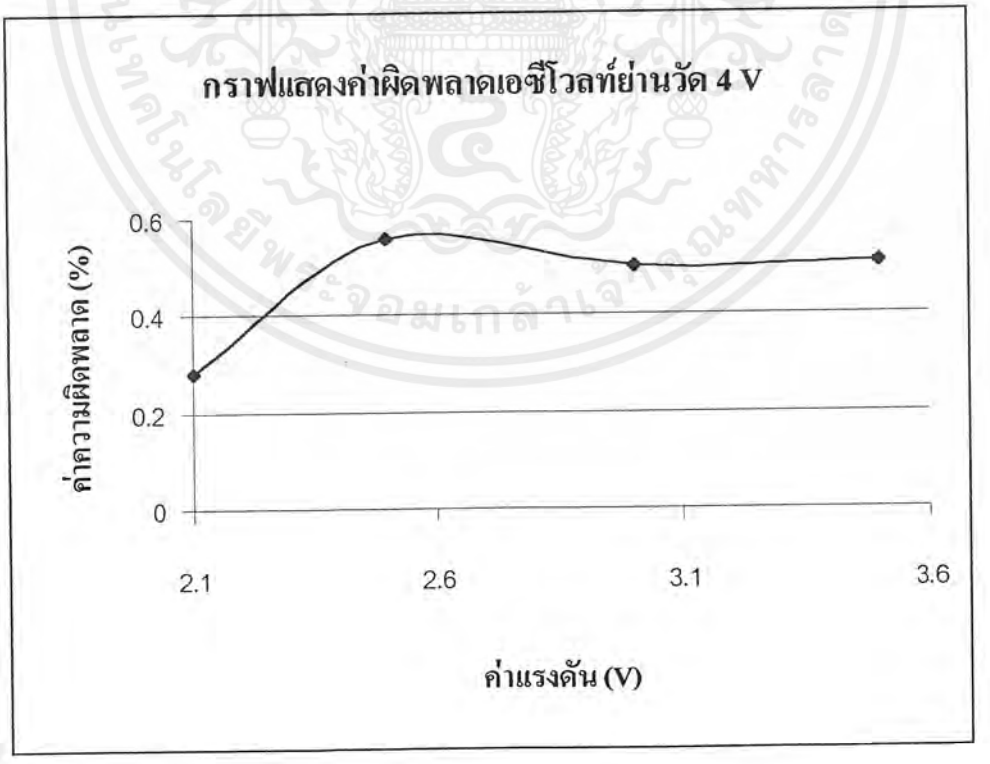
มิเตอร์มาตรฐาน (V)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (V)	ค่าความผิดพลาด (%)
5	4.85	3.00
10	10.04	0.40
15	15.25	1.66
20	20.44	2.20
25	25.63	2.52
30	30.82	2.73
35	36.05	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

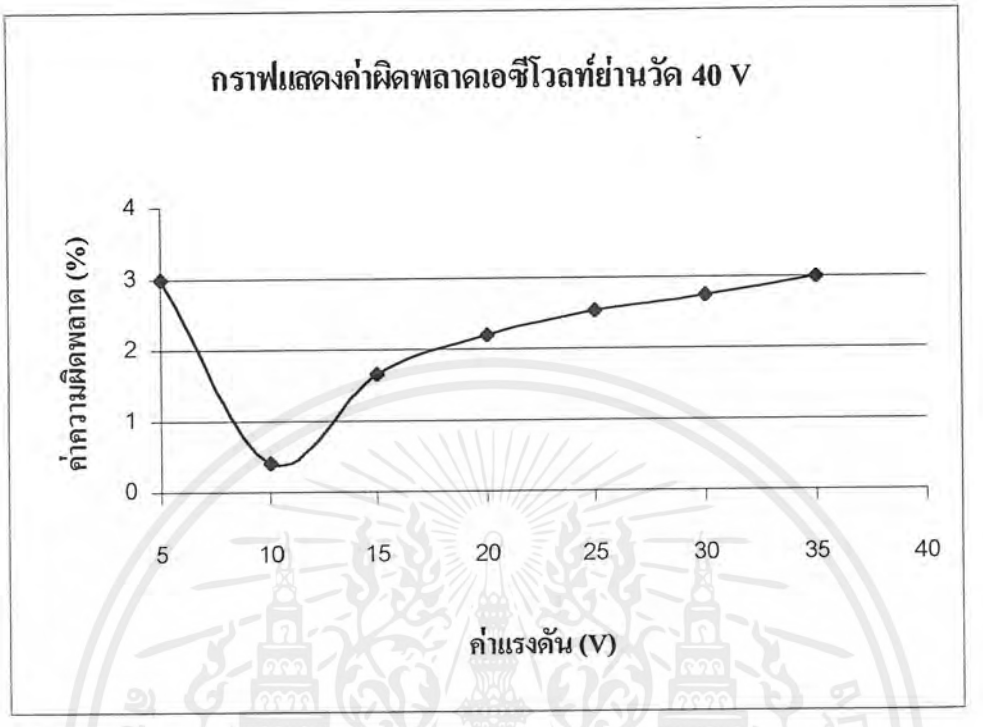
ตารางที่ 4.7 เอซีโวลท์ ย่าน 400 V

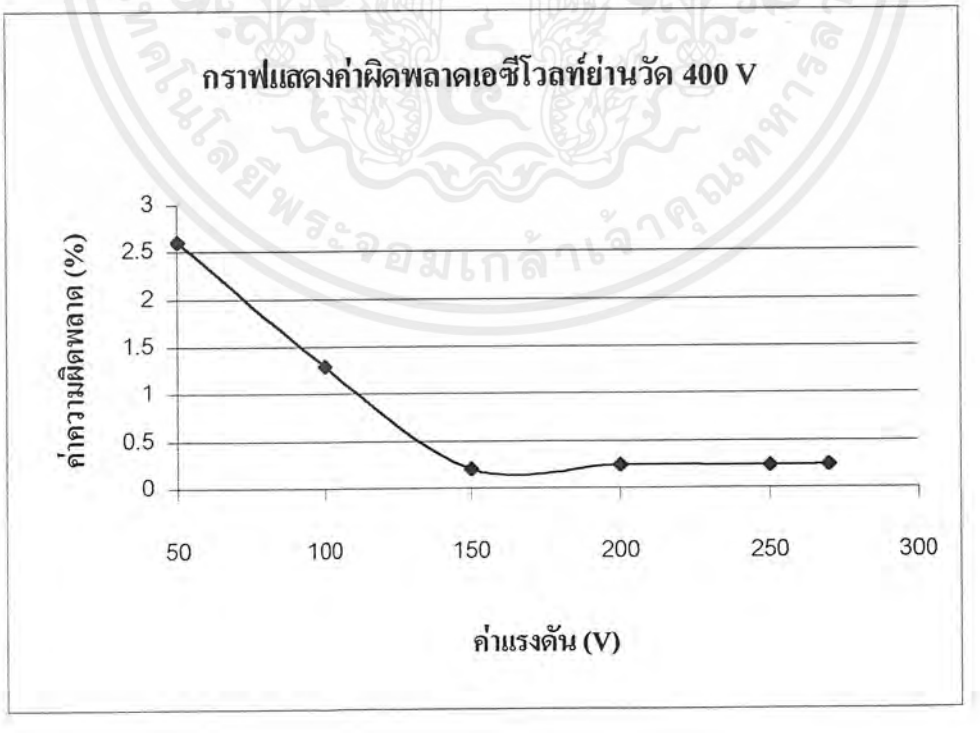
มิเตอร์มาตรฐาน (V)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (V)	ค่าความผิดพลาด (%)
50	51.3	2.60
100	101.3	1.30
150	150.3	0.20
200	200.5	0.25
250	249.4	0.24
270	269.3	0.25

สำหรับที่ย่านการวัด 400 V ที่ค่าแรงดันสูง ๆ ไม่มีผลการทดลอง เช่นเดียวกับที่ย่านการวัด4000 V ที่ค่าแรงดันสูง ๆ ก็ไม่มีผลการทดลอง เนื่องจากว่าเราไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันที่มีค่าสูง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

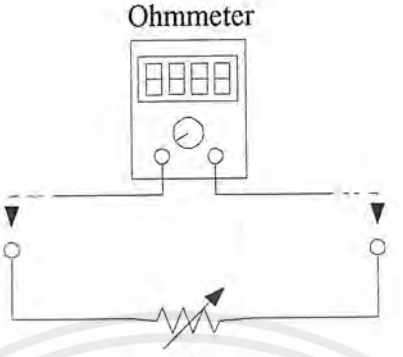




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ลักษณะการความต้านทาน

2. เลือกย่านการวัดโอห์มมิเตอร์ที่ 400 Ω
3. ปรับค่าความต้านทานแล้วใช้โอห์มมิเตอร์มาตรฐานวัดค่าของความต้านทานตามค่าในตารางที่ 4.8
4. เปลี่ยนโอห์มมิเตอร์มาตรฐานเป็น ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด บันทึกค่าความต้านทานที่วัดได้ลงในตารางที่ 4.8
5. คำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดระหว่างมิเตอร์มาตรฐานกับดิจิตอลมัลมิเตอร์การ์ด โดย ค่าความผิดพลาด = (ค่าจริง-ค่าที่วัด)/ค่าจริง
6. ทำซ้ำตั้งแต่ ข้อที่ 2 – ข้อที่ 4 แต่เปลี่ยนย่านการวัดเป็น 4 kΩ,40 kΩ,400 kΩ,4 MΩ และ40 MΩ แล้วบันทึกค่าที่ได้ในตารางตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8วัดโอห์ม ย่าน 400 Ω

มิเตอร์มาตรฐาน (Ω)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (Ω)	ค่าความผิดพลาด (%)
50	49.5	1.00
100	99.4	0.60
150	149.5	0.33
200	198.2	0.90
250	245.5	1.80
300	295.1	1.63
350	344.6	1.54

ตารางที่ 4.9 โอห์ม ย่าน 4 kΩ

มิเตอร์มาตรฐาน (kΩ)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (kΩ)	ค่าความผิดพลาด (%)
0.5	0.493	1.40
1.0	0.991	0.90
1.5	1.471	1.93
2.0	1.960	2.00
2.5	2.452	1.92
3.0	2.931	2.30
3.5	3.430	2.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

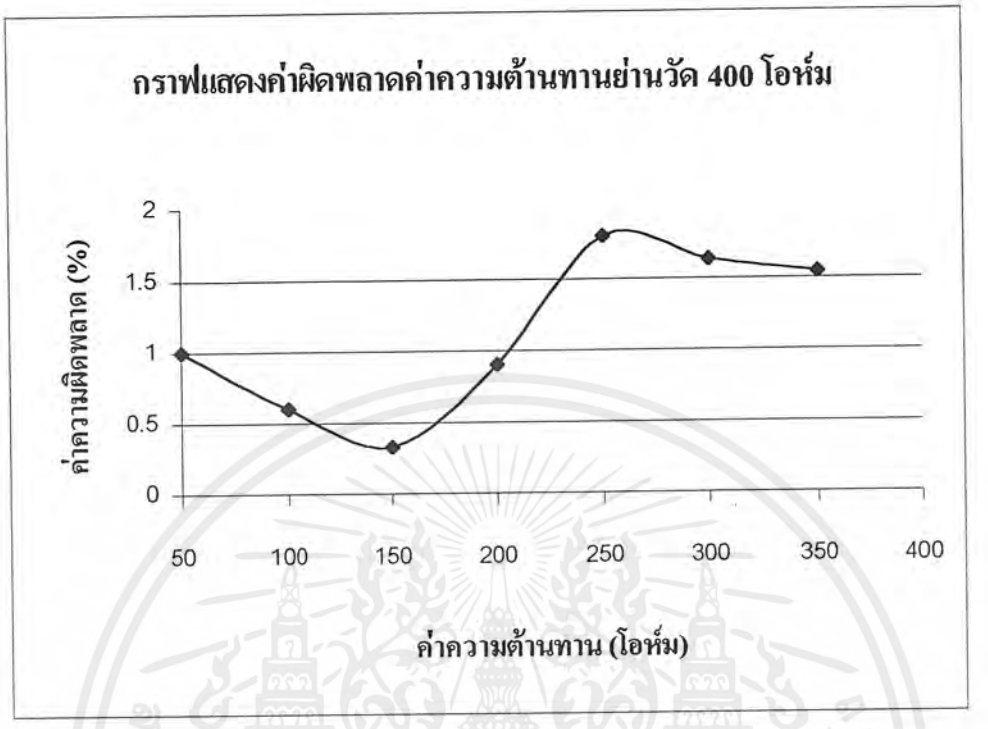
ตารางที่ 4.10วัดโอห์ม ย่าน 40 kΩ

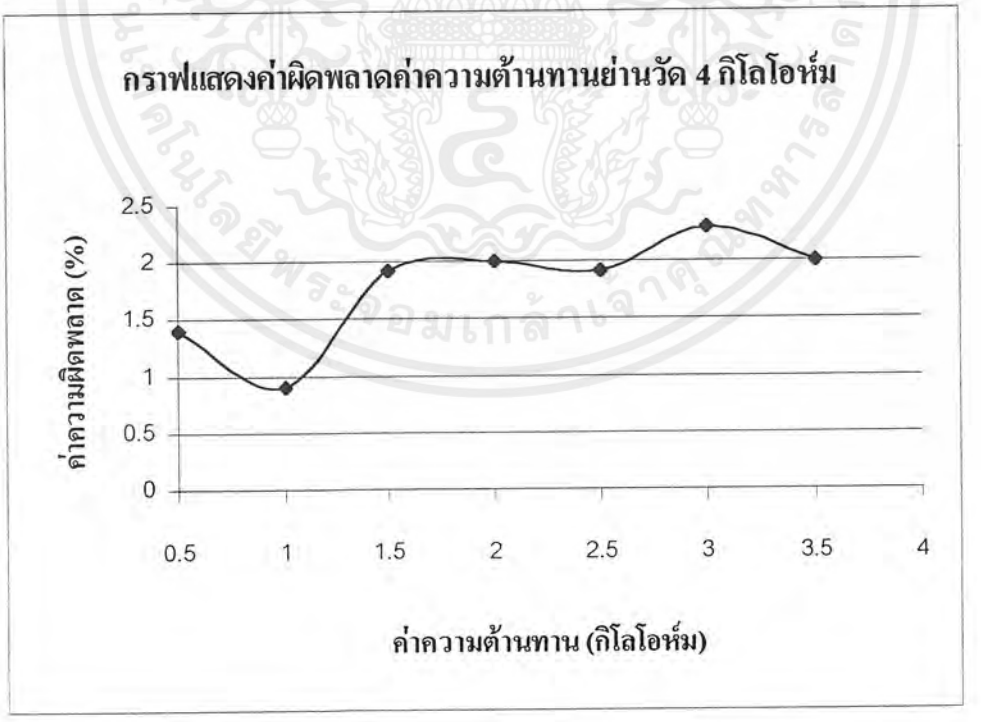
มิเตอร์มาตรฐาน (kΩ)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (kΩ)	ค่าความผิดพลาด (%)
5	5.37	7.40
10	9.97	0.30
15	14.61	2.60
20	19.20	4.00
25	23.90	4.40
30	28.60	4.66
35	33.09	5.45

ตารางที่ 4.11วัดโอห์ม ย่าน 400 kΩ

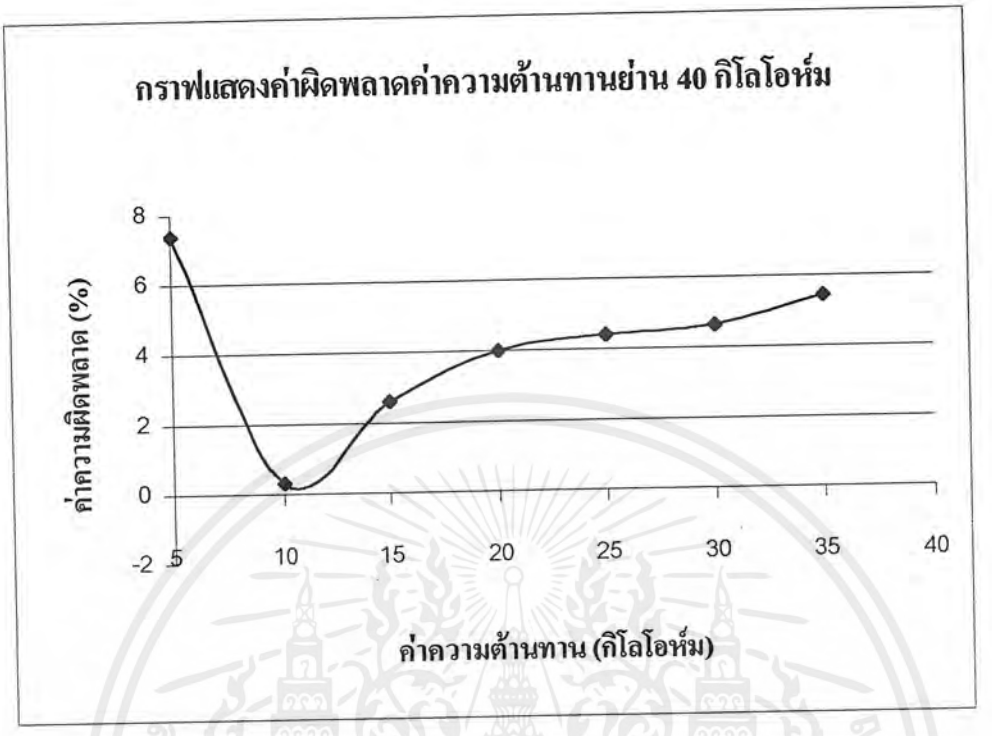
มิเตอร์มาตรฐาน (kΩ)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (kΩ)	ค่าความผิดพลาด (%)
50	49.1	1.80
100	98.8	1.20
150	143.7	4.20
200	193.3	3.35
250	248.7	0.52
300	292.2	2.60
350	343	2.00

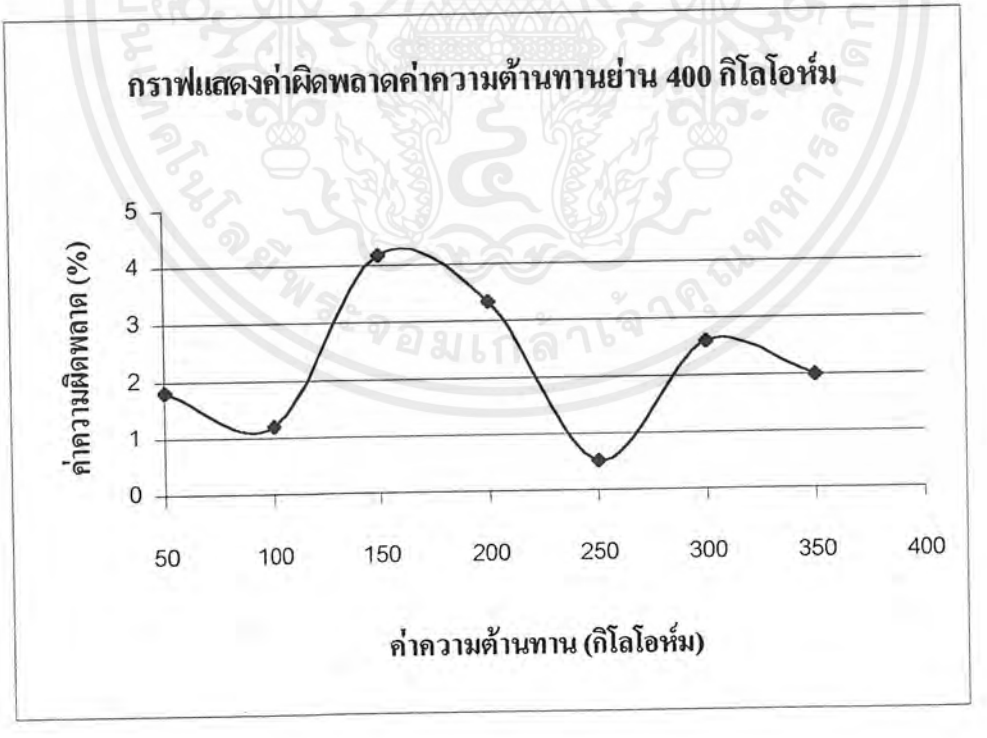
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



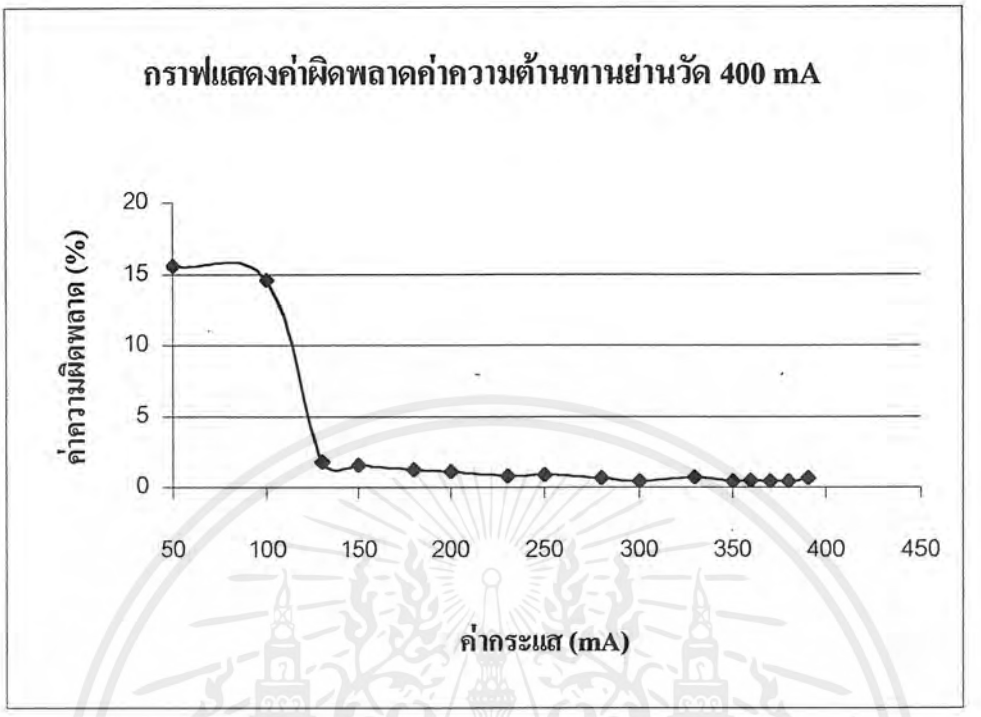


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 วัดกระแสย่าน 400 mA

มิเตอร์มาตรฐาน (mA)	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด (mA)	ค่าความผิดพลาด (%)
50	42.2	15.6
100	85.4	14.6
130	127.6	1.84
150	147.6	1.60
180	177.7	1.27
200	197.7	1.15
230	228.0	0.86
250	247.7	0.92
280	278.1	0.67
300	298.6	0.46
330	327.4	0.78
350	348.3	0.48
360	358.2	0.5
370	368.2	0.48
380	378.2	0.47
390	387.4	0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

ได้กล่าวถึงความเป็นมาของการสร้างต้นแบบดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ด โดยมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะนำไปใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ PC โดยที่ผู้ใช้สามารถควบคุมและสั่งงานผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ดนี้เป็นส่วนหนึ่งของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์บนไมโครคอมพิวเตอร์

ลักษณะของการสร้างจะเริ่มศึกษาจากฟังก์ชั่นการทำงานของดิจิตอลมัลติมิเตอร์ทั่วๆ ไป โดยแนวทางการสร้างจะแบ่งเป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เริ่มต้นเราจะสร้างฮาร์ดแวร์โดยจะใช้ IC เบอร์ MAX 134 เป็นตัวหลัก IC เบอร์นี้มีข้อดีที่ส่วนประกอบร่วมไม่มากทั้งยังสามารถใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการเลือกฟังก์ชั่นต่างๆได้ ส่วนตัวซอฟแวร์จะเขียนโดยใช้ Delphi บนระบบปฏิบัติการ Window การสั่งงานและเลือกฟังก์ชันจะใช้เม้าท์คลิ๊กที่ GUI หน้าจอคอมพิวเตอร์

ปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มแรกคือ ความไม่คุ้นเคยกับ MAX 134 นอกจากนี้ MAX 134 ไม่ได้เป็น IC ที่สามารถอินเตอร์เฟสได้โดยตรงกับคอมพิวเตอร์ทำให้เสียเวลากับการศึกษาการทำงานให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ตัวอย่างเช่น ในระยะแรกการต่ออุปกรณ์ร่วมตามสเปคของ IC ค่าที่ได้มีความผิดพลาดมาก ซึ่งเกิดจากค่าแรงดันอ้างอิงไม่คงที่ เราแก้โดยใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ละเอียดมาก ๆ อีกส่วนหนึ่งที่วงจรลดทอนหากใช้ค่าความต้านทานตามข้อมูลเฉพาะของไอซีแล้ว จะวัดผลการทดลองได้ผิดพลาด การแก้ไขคือเปลี่ยนค่าความต้านทาน โดยที่วงจรส่วนนี้เราจะใส่ตัวต้านทานปรับค่าลงไปแทน

อย่างไรก็ดีเมื่อได้ศึกษาทดลองแล้วสามารถสร้างดิจิตอลมัลติมิเตอร์ที่มีลักษณะสมบัติที่สำคัญ ๆ ดังนี้

- ใช้งานร่วมกับไมโครคอมพิวเตอร์ PC ระบบปฏิบัติการ Window แสดงผลและควบคุมการเลือกฟังก์ชั่นบนมอนิเตอร์
- มีฟังก์ชันการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสไฟตรง ความต้านทาน และวัดความต่อเนื่อง
- อินพุทรีซิสแตนซ์ในโหมดวัดแรงดันเท่ากับ 10 เมกะโอห์ม
- วัดแรงดันสูงสุดได้ 4000 V ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันไฟฟ้ากระสลับ
- แสดงผลแบบ $3^{3/4}$ หลัก

<u>หมายเหตุ</u> ในการทดสอบดิจิตอลมัลติมิเตอร์การ์ดนี้มิเตอร์มาตรฐานที่วัดเปรียบเทียบคือ FLUKE TRUE RMS MULTIMETER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงษ์, "เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์", แผนกอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน, 2521

[2] เศกสิทธิ์ คำชมภู, "อุปกรณ์น่าใช้ไอซีน่าสนใจ", วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 139, 2537

[3] วิบูล เขมรังสฤษฎ์, "ทฤษฎีเครื่องวัดไฟฟ้าการวัดขนาดทางไฟฟ้า", ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528

[4] สุนันต์ แสงโพธิ์, สุทิน ตันรัตนากร, และAdvanced Engineering Group, "เครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์", ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 239 หน้า

[5] รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์, "การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), รามาการพิมพ์, 432 หน้า, 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

3¾ Digit DMM Circuit

General Description

The MAX133 and MAX134 are integrating A/D converters for 3¾ digit multimeters and data acquisition systems such as data loggers and weigh scales. The A/D's internal resolution is ±40,000 counts. An extra digit is supplied as a guard digit to allow autozero or tare of a 4000 count displayed reading to 1/10 of a displayed count. The conversion time is 50ms.

The MAX133 and MAX134 differ only in their microprocessor interface. The MAX133 has a 4 bit multiplexed address/data bus while the MAX134 has 3 separate address lines and a 4 bit bidirectional data bus. Both devices can be used with 4, 8, and 16 bit microprocessors.

When controlled by a microprocessor, the MAX133 and MAX134 can perform auto-ranging measurements from ±400.0mV to ±4000V full scale. External attenuator resistors are required, but range switching is performed by the A/D.

The power supply is typically a 9V battery or ±5V. Operating current is typically 100μA while standby current in only 25μA.

Applications

Digital Panel Meters
Weigh Scales
Data Loggers
Data Acquisition Systems

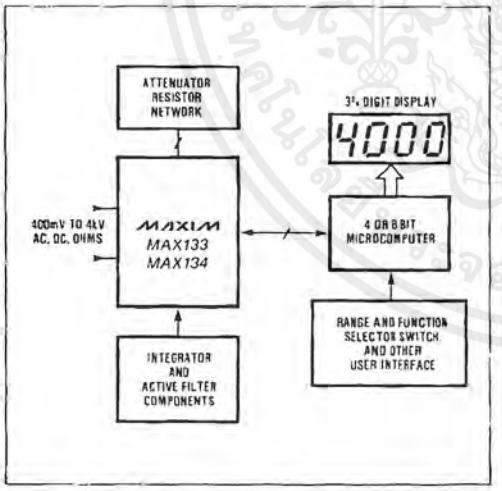
Features

- **40,000 Count Resolution**
- **0.025% Accuracy**
- **20 Conversions per Second**
- **Microprocessor Interface**
- **100μA Operating Supply Current**
- **Low External Component Count**
- **5μV Resolution**
- **Demonstration Kit Available MAX134/DEMO**

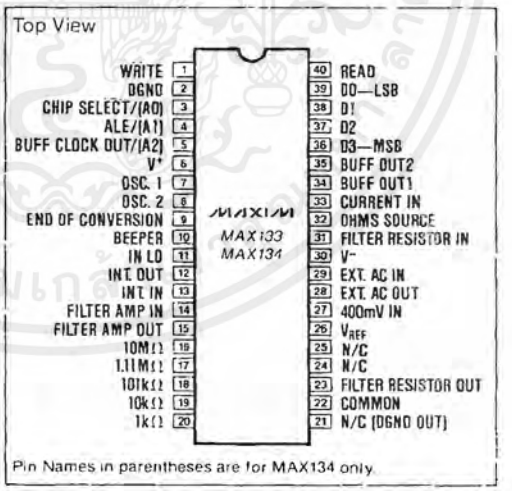
Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PACKAGE
MAX133CPL	0°C to +70°C	40 Lead Plastic DIP
MAX133CQH	0°C to +70°C	44 Lead Plastic Chip Carrier
MAX133C/D	0°C to +70°C	Dice
MAX133EPL	-40°C to +85°C	40 Lead Plastic DIP
MAX133EQH	-40°C to +85°C	44 Lead Plastic Chip Carrier
MAX134CPL	0°C to +70°C	40 Lead Plastic DIP
MAX134CQH	0°C to +70°C	44 Lead Plastic Chip Carrier
MAX134C/D	0°C to +70°C	Dice
MAX134EPL	-40°C to +85°C	40 Lead Plastic DIP
MAX134EQH	-40°C to +85°C	44 Lead Plastic Chip Carrier

Typical Operating Circuit



Pin Configuration



Pin Names in parentheses are for MAX134 only.

Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3¾ Digit DMM Circuit

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage
- V^+ to V^- ..... +15V
- V^+ to DGND ..... +6V
- V^- to DGND ..... -9V

Analog Input Voltage (any input) (Note 1) ..... V^+ to V

Reference Input Voltage ..... V^+ to V^-
Digital Inputs ..... (DGND - 0.3V) to (V^+ + 0.3V)
Power Dissipation 800mW
Storage Temperature ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (Soldering 10 sec) ..... +300°C

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum ratings conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V^+ = 9V, T_A = +25°C, Test Circuit unless otherwise indicated)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS
ANALOG					
Zero Input Reading	Read Zero Mode, DC Volts Zero Input Offset Reading will be corrected Digitally in the µP			±5000	Count
ΔZero Input Reading	Difference between 1000VDC Scale, V_{IN} = 0 and 3VDC and Scale, V_{IN} = 0 (Note 3)	-2		+2	Count
I_{INPUT}	Leakage Current into 10MΩ Pin			20	pA
Rollover Error	$V_{IN}^+ - \lvert V_{IN}^- \rvert$ = 3V	-10		10	Count
Integral Linearity	Best Fit Line 300mVDC Scale Not production tested	-10		10	Count
Differential Nonlinearity	Deviation from ideal Count size Not production tested		0.1	5	Count
Recovery Time	Number of Conversions to settle to within 2 Counts of final reading on 3 VDC Scale after attempting to measure a 2.95V Input on the 300mV Scale. Unfiltered DC Mode Settle to 1 Count		1 2		Conv
CMRR	V_{CM} = ±500mV V_{CM} is (IN LO - Common)		86		dB
Noise	300mVDC Scale Zero Reading Mode P_K-P_K Value exceeded less than 5% of readings		2 2		Count
Zero Reading Drift			0.1		Count/°C
Scale Factor Tempco	300 mVDC scale 0ppm ext Reference			5	ppm/°C
AC TIMING					
t_{AI}	Figure 5, MAX133		30		ns
t_{DI}	Figure 5, MAX133		60		ns
t_{LA}	Figure 5, MAX133		100		ns
t_{LD}	Figure 5, MAX133		1500		ns
t_{LL}	Figure 5, MAX133		20		ns
t_{HD}	Figure 5, MAX133		100		ns
t_{LD}	Figure 5, MAX133		130		ns
t_{DW}	Figure 5, MAX133		100		ns
t_{ACC}	Figure 4, MAX134		3250		ns
t_{PZ}	Figure 4, MAX134		80		ns
t_{DF}	Figure 4, MAX134		80		ns
t_{AV}	Figure 4, MAX134		2500		ns
t_{DV}	Figure 4, MAX134		150		ns
t_{DH}	Figure 4, MAX134		75		ns
t_{AH}	Figure 4, MAX134		85		ns

Note 1: Input Voltage may exceed supply voltages, provided the Input Current is limited to ±1mA.
Note 2: Analog performance is specified in counts relative to a 40,000 count full scale; i.e. a spec of 5 counts would correspond to 1/2 of one count on a 3½ digit meter.
Note 3: This parameter is guaranteed by testing the input bias currents of the input pins 10MΩ and 1.11MΩ.

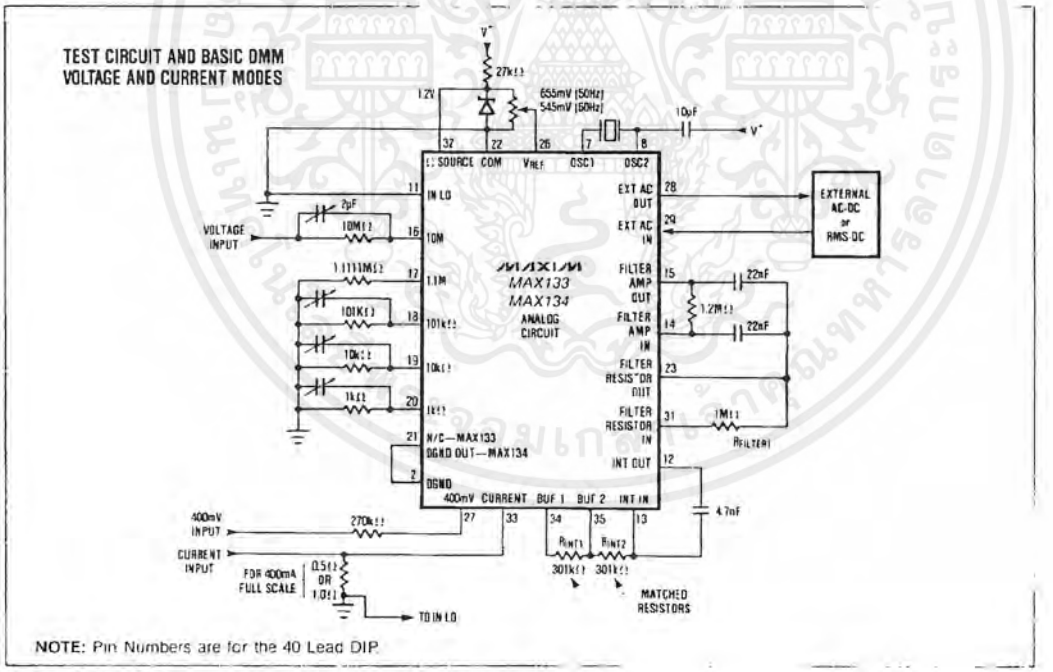
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V^+ = 9V, T_A = +25°C, Test Circuit unless otherwise indicated)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS
POWER SUPPLY AND DIGITAL SECTION						
Digital Ground Voltage	DGND	Referenced to V^+ $5\mu A < I_{SINK} < 500\mu A$	-4.5	-5	-5.5	V
Analog COMMON Voltage		(V^+ - Common) 250kΩ between V^+ and COMMON	2.8	3.0	3.3	V
Analog COMMON Sink Impedance		ΔV, I_{COMMON} = 10μA to I_{COMMON} = 2mA		4	20	Ω
Analog Common Source Capability		For ΔV_{COMMON} < 0.5V		1		μA
Tempco of Common				80		ppm/°C
Output High	V_{OH}	D_{0-3}, Data Ready I_{OUT} = -100μA	V^+ - 0.5			V
Output Low	V_{OL}	D_{0-3}, Data Ready I_{OUT} = 400μA			0.4	V
Input High	V_{IH}	D_{0-3}, A_{C-3}, Data Ready, RD, WR	70	45		% (V⁺ - DGND)
Input Low	V_{IL}	D_{0-3}, A_{C-3}, Data Ready, RD, WR		1.6	0.8	V
Supply Current	I_{SUPP}			100	250	μA
Sleep Current	I_{SLEEP}			25		μA
Low Battery	V_{LBAT}	Low Battery Flag On	6.3	6.8	7.5	V

TEST CIRCUIT AND BASIC DMM VOLTAGE AND CURRENT MODES



NOTE: Pin Numbers are for the 40 Lead DIP.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low Cost, Low Power, True RMS-to-DC Converter

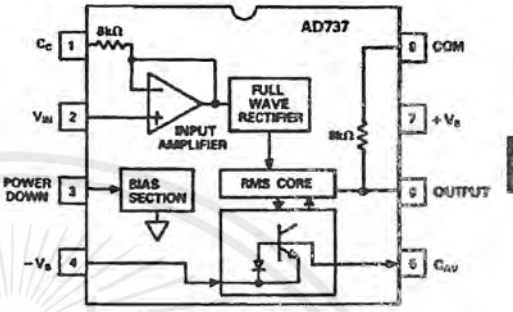
AD737

FEATURES

COMPUTES
- True RMS Value
- Average Rectified Value
- Absolute Value

PROVIDES
- 200mV Full-Scale Input Range (Larger Inputs with Input Attenuator)
- Direct Interfacing with 3 1/2 Digit CMOS A/D Converters
- Power Down Feature Which Reduces Supply Current
- High Input Impedance: 10^{12} Ω
- Low Input Bias Current: 25 pA max
- High Accuracy: ±0.2 mV ±0.3% of Reading
- RMS Conversion with Signal Crest Factors Up to 5
- Wide Power Supply Range: +2.8 V, −3.2 V to ±16.5 V
- Low Power: 160 μA max Supply Current
- No External Trims Needed for Specified Accuracy
- AD736 – A General Purpose, Buffered Voltage Output Version Also Available

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PRODUCT DESCRIPTION

The AD737 is a low power, precision, monolithic true rms-to-dc converter. It is laser trimmed to provide a maximum error of ±0.2 mV ±0.3% of reading with sine wave inputs. Furthermore, it maintains high accuracy while measuring a wide range of input waveforms, including variable duty cycle pulses and triac (phase) controlled sine waves. The low cost and small physical size of this converter make it suitable for upgrading the performance of non-rms "precision rectifiers" in many applications. Compared to these circuits, the AD737 offers higher accuracy at equal or lower cost.

The AD737 can compute the rms value of both ac and dc input voltages. It can also be operated ac coupled by adding one external capacitor. In this mode, the AD737 can resolve input signal levels of 100 μV rms or less, despite variations in temperature or supply voltage. High accuracy is also maintained for input waveforms with crest factors of 1 to 3. In addition, crest factors as high as 5 can be measured (while introducing only 2.5% additional error) at the 200 mV full-scale input level.

The AD737 has no output buffer amplifier, thereby significantly reducing dc offset errors occurring at the output. This allows the device to be highly compatible with high input impedance A/D converters.

Requiring only 160 μA of power supply current, the AD737 is optimized for use in portable multimeters and other battery powered applications. This converter also provides a "power down" feature which reduces the power supply standby current to less than 30 μA.

The AD737 allows the choice of two signal input terminals: a high impedance (10^{12} Ω) FET input which will directly interface with high Z input attenuators and a low impedance (8 kΩ) input which allows the measurement of 300 mV input levels while operating from the minimum power supply voltage of +2.8 V, −3.2 V. The two inputs may be used either singly or differentially.

The AD737 achieves a 1% of reading error bandwidth exceeding 10 kHz for input amplitudes from 20 mV rms to 200 mV rms while consuming only 0.72 mW.

The AD737 is available in four performance grades. The AD737J and AD737K grades are rated over the commercial temperature range of 0 to +70°C. The AD737A and AD737B grades are rated over the industrial temperature range of −40°C to +85°C.

The AD737 is available in three low cost, 8-pin packages: plastic mini-DIP, plastic SO and hermetic cerdip.

PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD737 is capable of computing the average rectified value, absolute value or true rms value of various input signals.
2. Only one external component, an averaging capacitor, is required for the AD737 to perform true rms measurement.
3. The low power consumption of 0.72 mW makes the AD737 suitable for many battery powered applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AD737—SPECIFICATIONS (@ +25°C, ±5 V supplies, ac coupled with 1 kHz sine wave input applied unless otherwise noted.)

Model	Conditions	AD737J/A Min	AD737J/A Typ	AD737J/A Max	AD737K/B Min	AD737K/B Typ	AD737K/B Max	Units
TRANSFER FUNCTION		$V_{OUT} = -\sqrt{Avg.\{V_{IN}^2\}}$			$V_{OUT} = -\sqrt{Avg.\{V_{IN}^2\}}$			
CONVERSION ACCURACY	1 kHz Sine Wave							
Total Error, Internal Trim[1]	AC Coupled Using C_C							
All Grades	0–200 mV rms		0.2/0.3	0.4/0.5		0.2/0.2	0.2/0.3	±mV/±% of Reading
	200 mV–1 V rms		−1.2	±2.0		−1.2	±2.0	% of Reading
T_{min}–T_{max}								
A&B Grades	@ 200 mV rms			0.5/0.7			0.3/0.5	±mV/±% of Reading
J&K Grades	@ 200 mV rms		0.007			0.007		±% of Reading/°C
vs. Supply Voltage								
@ 200 mV rms Input	V_S = ±5 V to ±16.5 V	0	+0.06	+0.1	0	+0.06	+0.1	%/V
@ 200 mV rms Input	V_S = ±5 V to ±3 V	0	−0.18	−0.3	0	−0.18	−0.3	%/V
dc Reversal Error, dc Coupled	@ 600 mV dc		1.3	2.5		1.3	2.5	% of Reading
Nonlinearity[2], 0–200 mV	@ 100 mV rms	0	+0.25	+0.35	0	+0.25	+0.35	% of Reading
Total Error, External Trim	0–200 mV rms		0.1/0.2			0.1/0.2		±mV/±% of Reading
ERROR VS. CREST FACTOR[3]								
Crest Factor 1 to 3	C_{AV}, C_P = 100 µF		0.7			0.7		% Additional Error
Crest Factor = 5	C_{AV}, C_P = 100 µF		2.5			2.5		% Additional Error
INPUT CHARACTERISTICS								
High Impedance Input (Pin 2)								
Signal Range								
Continuous rms Level	V_S = +2.8 V, −3.2 V			200			200	mV rms
Continuous rms Level	V_S = ±5 V to ±16.5 V			1			1	V rms
Peak Transient Input	V_S = +2.8 V, −3.2 V	±0.9			±0.9			V
Peak Transient Input	V_S = ±5 V		±2.7			±2.7		V
Peak Transient Input	V_S = ±16.5 V	±4.0			±4.0			V
Input Resistance			10^{12}			10^{12}		Ω
Input Bias Current	V_S = ±5 V		1	25		1	25	pA
Low Impedance Input (Pin 1)								
Signal Range								
Continuous rms Level	V_S = +2.8 V, −3.2 V			300			300	mV rms
Continuous rms Level	V_S = ±5 V to ±16.5 V			1			1	V rms
Peak Transient Input	V_S = +2.8 V, −3.2 V		±1.7			±1.7		V
Peak Transient Input	V_S = ±5 V		±3.8			±3.8		V
Peak Transient Input	V_S = ±16.5 V		±11			±11		V
Input Resistance		6.4	8	9.6	6.4	8	9.6	kΩ
Maximum Continuous Nondestructive Input	All Supply Voltages			±12			±12	V p-p
Input Offset Voltage[4]	ac Coupled			±3			±3	mV
J&K Grades				±3			±3	mV
A&B Grades			8	30		8	30	µV/°C
vs. Temperature			50	150		50	150	µV/V
vs. Supply	V_S = ±5 V to ±16.5 V		80			80		µV/V
vs. Supply	V_S = ±5 V to ±3 V							
OUTPUT CHARACTERISTICS								
Output Voltage Swing								
No Load	V_S = +2.8 V, −3.2 V	0 to −1.6	−1.7		0 to −1.6	−1.7		V
No Load	V_S = ±5 V	0 to −3.3	−3.4		0 to −3.3	−3.4		V
No Load	V_S = ±16.5 V	0 to −4	−5		0 to −4	−5		V
Output Resistance	@ dc	6.4	8	9.6	6.4	8	9.6	kΩ
FREQUENCY RESPONSE								
High Impedance Input (Pin 2)								
For 1% Additional Error	Sine Wave Input							
V_{IN} = 1 mV rms			1			1		kHz
V_{IN} = 10 mV rms			6			6		kHz
V_{IN} = 100 mV rms			37			37		kHz
V_{IN} = 200 mV rms			33			33		kHz
±3 dB Bandwidth	Sine Wave Input							
V_{IN} = 1 mV rms			5			5		kHz
V_{IN} = 10 mV rms			55			55		kHz
V_{IN} = 100 mV rms			170			170		kHz
V_{IN} = 200 mV rms			190			190		kHz
FREQUENCY RESPONSE								
Low Impedance Input (Pin 1)								
For 1% Additional Error	Sine Wave Input							
V_{IN} = 1 mV rms			1			1		kHz
V_{IN} = 10 mV rms			6			6		kHz
V_{IN} = 100 mV rms			90			90		kHz
V_{IN} = 200 mV rms			90			90		kHz
±3 dB Bandwidth	Sine Wave Input							
V_{IN} = 1 mV rms			5			5		kHz
V_{IN} = 10 mV rms			55			55		kHz
V_{IN} = 100 mV rms			350			350		kHz
V_{IN} = 200 mV rms			460			460		kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	Conditions	AD737J/A Min	AD737J/A Typ	AD737J/A Max	AD737K/B Min	AD737K/B Typ	AD737K/B Max	Units
POWER SUPPLY								
Operating Voltage Range		+2.8, −3.2	±5	±16.5	−2.8, −3.2	±5	±16.5	V
Quiescent Current	Zero Signal		120	160		120	160	μA
V_{IN} = 200 mV rms, No Load	Sine Wave Input		170	210		170	210	μA
Power Down Mode Current	Pin 3 tied to $+V_S$		25	40		25	40	μA
TEMPERATURE RANGE								
Operating, Rated Performance								
Commercial (0 to +70°C)			AD737J			AD737K		
Industrial (−40°C to +85°C)			AD737A			AD737B		

NOTES

[1]Accuracy is specified with the AD737 connected as shown in Figure 16 with capacitor C_C.

[2]Nonlinearity is defined as the maximum deviation (in percent error) from a straight line connecting the readings at 0 and 200 mV rms.

[3]Error vs. Crest Factor is specified as additional error for a 200 mV rms signal. C.F. = V_{PEAK}/V rms.

[4]DC offset does not limit ac resolution.

Specifications shown in boldface are tested on all production units at final electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels.

Specifications subject to change without notice.

4

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS[1]

Supply Voltage . . . . . ±16.5 V
Internal Power Dissipation[2] . . . . . 200 mW
Input Voltage . . . . . $\pm V_S$
Output Short-Circuit Duration . . . . . Indefinite
Differential Input Voltage . . . . . $+V_S$ and $-V_S$
Storage Temperature Range (Q) . . . . . −65°C to +150°C
Storage Temperature Range (N, R) . . . . . −65°C to +125°C
Operating Temperature Range
AD737J/K . . . . . 0 to +70°C
AD737A/B . . . . . −40°C to +85°C
Lead Temperature Range (Soldering 60 sec) . . . . . +300°C

NOTES

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

[2]8-Pin Plastic Package: θ_{JA} = 165°C/W
8-Pin Ceramic Package: θ_{JA} = 110°C/W
8-Pin SOIC: θ_{JA} = 155°C/W.

ORDERING GUIDE

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option*
AD737JN	0°C to +70°C	Plastic Mini-DIP	N-8
AD737KN	0°C to +70°C	Plastic Mini-DIP	N-8
AD737JR	0°C to +70°C	SOIC	R-8
AD737KR	0°C to +70°C	SOIC	R-8
AD737AQ	−40°C to +85°C	Cerdip	Q-8
AD737BQ	−40°C to +85°C	Cerdip	Q-8

*For outline information see Package Information section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by ULN2803/D

MOTOROLA

ULN2803
ULN2804

Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open–collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

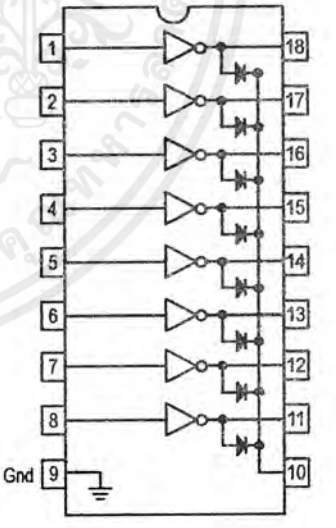
A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	V_O	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	V_I	30	V
Collector Current – Continuous	I_C	500	mA
Base Current – Continuous	I_B	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	–55 to +150	°C
Junction Temperature	T_J	125	°C

$R_{\theta JA}$ = 55°C/W
Do not exceed maximum current limit per driver.

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	$V_{CE(Max)}/I_{C(Max)}$	Operating Temperature Range
ULN2803A ULN2804A	TTL, 5.0 V CMOS 6 to 15 V CMOS, PMOS	50 V/500 mA	T_A = 0 to + 70°C

© Motorola, Inc. 1996

Rev 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current (Figure 1)		I_{CEX}				µA
(V_O = 50 V, T_A = +70°C)	All Types		–	–	100	
(V_O = 50 V, T_A = +25°C)	All Types		–	–	50	
(V_O = 50 V, T_A = +70°C, V_I = 6.0 V)	ULN2802		–	–	500	
(V_O = 50 V, T_A = +70°C, V_I = 1.0 V)	ULN2804		–	–	500	
Collector–Emitter Saturation Voltage (Figure 2)		$V_{CE(sat)}$				V
(I_C = 350 mA, I_B = 500 µA)	All Types		–	1.1	1.6	
(I_C = 200 mA, I_B = 350 µA)	All Types		–	0.95	1.3	
(I_C = 100 mA, I_B = 250 µA)	All Types		–	0.85	1.1	
Input Current – On Condition (Figure 4)		$I_{I(on)}$				mA
(V_I = 17 V)	ULN2802		–	0.82	1.25	
(V_I = 3.85 V)	ULN2803		–	0.93	1.35	
(V_I = 5.0 V)	ULN2804		–	0.35	0.5	
(V_I = 12 V)	ULN2804		–	1.0	1.45	
Input Voltage – On Condition (Figure 5)		$V_{I(on)}$				V
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA)	ULN2802		–	–	13	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA)	ULN2803		–	–	2.4	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA)	ULN2803		–	–	2.7	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA)	ULN2803		–	–	3.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA)	ULN2804		–	–	5.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA)	ULN2804		–	–	6.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA)	ULN2804		–	–	7.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA)	ULN2804		–	–	8.0	
Input Current – Off Condition (Figure 3) (I_C = 500 µA, T_A = +70°C)	All Types	$I_{I(off)}$	50	100	–	µA
DC Current Gain (Figure 2) (V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA)	ULN2801	h_{FE}	1000	–	–	–
Input Capacitance		C_I	–	15	25	pF
Turn–On Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{on}	–	0.25	1.0	µs
Turn–Off Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{off}	–	0.25	1.0	µs
Clamp Diode Leakage Current (Figure 6) (V_R = 50 V)	T_A = +25°C T_A = +70°C	I_R	–	–	50 100	µA
Clamp Diode Forward Voltage (Figure 7) (I_F = 350 mA)		V_F	–	1.5	2.0	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้