

การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

DEVELOPMENT OF VIRTUAL INSTRUMENTS
FOR BASIC ELECTRONICS LABORATORY



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าดีเอสาร

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าดีเอสาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009 ED-M-281-147

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

DEVELOPMENT OF VIRTUAL INSTRUMENTS
FOR BASIC ELECTRONICS LABORATORY



T105422

วิเชียร ทวีสุข

WICHIEEN TAWEESUK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **105422**
วัน,เดือน,ปี **23 พ.ย. 2552**

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2552
KMITL-2009-ED-M-231- 147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DEVELOPMENT OF VIRTUAL INSTRUMENTS
FOR BASIC ELECTRONICS LABORATORY**



WICHIEEN TAWEESUK

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRICAL
COMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

KMITL-2009-ED-M-231- 147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

The Development of Virtual Instruments for Basic Electronics Laboratory

นักศึกษา นายวิเชียร ทวีสุข

รหัสประจำตัว 47065455

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. สุวิมล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.กิตติพงษ์



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.วิสุทธิ	สุนทรกมลพงษ์	
รศ.ดร.สุรสิทธิ์	ราตรี	
ผศ.กิตติพงศ์	มะโน	
รศ.พีระวุฒิ	สถิตยัตถพงษ์	
นอ.ดร.วีระชัย	เขาวัว	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 9 มิถุนายน 2552 เวลา 09.00 – 10.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่.....15.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
ชื่อนักศึกษา	นายวิเชียร ทวีสุข
รหัสประจำตัว	47065455
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุรสิทธิ์ รัตรี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.กิติพงศ์ มะโน

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หากคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่สร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นครูที่ทำการสอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิค สังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวน 24 คน และศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในกลุ่มของครูผู้สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 24 คน และผู้ใช้งานในกลุ่มของนักเรียนสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 80 คน ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งทำงานด้วยเฟิร์มแวร์ (FPGA) ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้หลักการสถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน และการวิจัยเชิงทดลองเป็นกรอบแนวคิด

ผลการทดสอบเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในห้องทดลองพบว่า สามารถวัดสัญญาณได้ดีในช่วงความถี่ไม่เกิน 10 kHz โดยมีค่าความผิดพลาดในการวัดความถี่เฉลี่ย 2.64 % และค่าความผิดพลาดในการวัดระดับแรงดันเฉลี่ย 4.48 % สามารถรองรับการใช้งานในการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นได้ครบทุกใบงาน

ผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60

ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในกลุ่มของครูผู้สอน อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56

Thesis Title	Development of Virtual Instruments for Basic Electronics Laboratory
Student	Mr. Wichien Taweasuk
Student ID.	47065455
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communication Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Surasit Ratee
Thesis Co-Advisor	Assist.Prof.Kitipong Mano

ABSTRACT

The objective of this research was development of Virtual Instruments for Basic Electronics Laboratory. To determine the quality of Virtual Instruments for Basic Electronics Laboratory by a group of 24 instructors who teach in the Electrical and Electronics field in Technical College, Vocational Education Commission to determine the quality for Virtual Instruments for Basic Electronics Laboratory and study the opinion of users Virtual Instruments for Basic Electronics Laboratory . A group of 24 users are teachers in Electrical and Electronics field and 80 students of vocational education in Electrical and Electronics field. The researcher has designed and created the Virtual Instruments for Electronic Laboratory which use a FPGA that works with the computer program by using the Architecture of Virtual Instrumentation and experimental research as ideal.

The result of Virtual Instruments for Electronic Laboratory testing in laboratory found that it can measure signal frequency in not over 10 kHz with the value frequency error 2.64% and value of voltage level error 4.48%.

The result of the quality of Virtual Instruments for Electronic Laboratory was at an excellent level at an average point of 4.60 and a standard deviation of 0.60.

The result of studying the user's opinion Virtual Instruments for Electronic Laboratory in teacher groups have excellent average point of 4.50 and a standard deviation of 0.56.

The result of studying the user's opinion Virtual Instruments for Electronic Laboratory in student groups have good average point of 4.29 and a standard deviation of 0.71.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุรสิทธิ์ รัตริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติพงศ์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ ในการแก้ไขปรับปรุง ข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันก่อให้เกิดประโยชน์ ต่อการศึกษาค้นคว้า เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์โกศล ตราชู สาขาวิชาครุศาสตร์วิศกรรม คณะครุศาสตร์ อดุสากรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์ให้คำปรึกษา ในการทำเครื่องมือ จนประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคุณแม่บุญยัง พิมละออ ผู้ที่ดูแลอบรมสั่งสอนและให้กำลังใจเสมอมา คุณปณณาดา บัวเข้ม ภรรยา และเด็กชายปณณวิทย์ ทวีสุข (น้องปณปณ) บุตรชายที่เป็นกำลังใจ ผลักดันให้ผู้วิจัยมีกำลังใจในการทำงานวิจัยครั้งนี้ จนประสบความสำเร็จ รวมถึงเพื่อน พี่ และ น้องๆ ร่วมรุ่นสาขาวิชาวิศกรรมไฟฟ้าสื่อสาร รุ่นที่ 9 ตลอดจนหลายๆท่าน ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ซึ่งให้ความช่วยเหลือเอาใจใส่ สนับสนุน ข้อมูลต่างๆ ด้านในการวิจัยได้เป็นอย่างดี จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ความดี หรือประโยชน์ใดๆ ที่สามารถเกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแต่ บิดา มารดา ครู- อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

วิเชียร ทวีสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ.....	XII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.....	7
2.2 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน	9
2.3 การวิจัยเชิงทดลอง	13
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	18
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	18
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	19
3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ.....	19
3.4 วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล	38
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4.1 ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	43
4.2 ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการ ปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	48
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	48
5.2 สมมุติฐานในการวิจัย.....	48
5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	48
5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	49
5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	49
5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
5.7 สรุปผลการวิจัย	51
5.8 อภิปรายผลการวิจัย.....	53
5.9 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	59
ภาคผนวก ก. หนังสือราชการ	60
ภาคผนวก ข. รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ	70
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
ภาคผนวก ง. แบบประเมินคุณภาพ และแบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งาน ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ..	79
ภาคผนวก จ. คู่มือการใช้งาน	98

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฉ. ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz	106
ภาคผนวก ช. ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นและดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz ในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.....	127
ประวัติผู้เขียน.....	143



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 การควบคุมอัตราการของวงจรขยายสัญญาณด้านอินพุต.....	20
3.2 ย่านวัดการวัดต่างๆ พร้อมทั้งเงื่อนไขในการควบคุม.....	23
4.1 การประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.....	43
4.2 การสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน.....	45
4.3 การสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน.....	46
ค.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบประเมินกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน.....	73
ค.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน ของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน.....	74
ค.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน ของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน.....	75
ค.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้นตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS.....	76
ค.5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS.....	77
ค.6 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS.....	77
ค.7 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS.....	78
ฉ.1 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสโตเรจออกสซิท โกลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่น ไซน์ความถี่ 100 Hz.....	107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฉ.2 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 500 Hz	109
ฉ.3 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 kHz	111
ฉ.4 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 5 kHz	113
ฉ.5 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 10 kHz	115
ฉ.6 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 50 kHz	117
ฉ.7 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 100 kHz	119
ฉ.8 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 500 kHz	121
ฉ.9 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 MHz.....	123
ฉ.10 ผลการทดลองวัดสัญญาณ โดยใช้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้นเปรียบเทียบกับการใช้ดิจิตอลสตอเรจออกซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042.....	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.1 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวก.....	128
ข.2 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านลบ.....	129
ข.3 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ด้านบวกมีวงจรกรองกระแส.....	130
ข.4 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวก.....	131
ข.5 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านลบ.....	132
ข.6 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ด้านบวกมีวงจรกรองกระแส.....	133
ข.7 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านบวก.....	134
ข.8 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านลบ.....	135

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.9 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสตอเรจออกสซิล โลส โคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ด้านบวกมีวงจรกรองกระแส	136
ข.10 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสตอเรจออกสซิล โลส โคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RL อนุกรม	137
ข.11 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสตอเรจออกสซิล โลส โคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RC อนุกรม	138
ข.12 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสตอเรจออกสซิล โลส โคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RLC อนุกรม.....	139
ข.13 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสตอเรจออกสซิล โลส โคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RL ขนาน.....	140
ข.14 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสตอเรจออกสซิล โลส โคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RC ขนาน.....	141
ข.15 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสตอเรจออกสซิล โลส โคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RLC ขนาน	142

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน	10
2.2 แผนผังการทำงานของวงจรของ PC – Based Spectrum Analyzer	14
2.3 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ VLAB.....	15
2.4 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ VLAB.....	15
2.5 แผนผังการทำงานของวงจรของ A Low-Cost PC-Based Virtual Oscilloscope	16
2.6 โครงสร้างของออสซิลโลสโคปเสมือน.....	16
3.1 วงจรขยายสัญญาณทางด้านอินพุต	20
3.2 วงจรอนาล็อกสวิตช์สำหรับควบคุมอัตราการขยายสัญญาณด้านอินพุต.....	21
3.3 วงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุต.....	22
3.4 ผังวงจรสำหรับการเลือกย่านวัด VOLTS/DIV ต่างๆ.....	22
3.5 ผังวงจรภายในของ ADC เบอร์ ADS830.....	23
3.6 สถาปัตยกรรมของ Microblaze ที่ออกแบบใน EDK	26
3.7 ส่วนติดต่อผู้ใช้ที่สร้างขึ้น	27
3.8 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	28
3.9 ภาพถ่ายภายในเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	28
3.10 การวัดสัญญาณรูปไซน์ที่ความถี่ต่างๆ	29
3.11 การวัดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ.....	29
3.12 การวัดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ	29
3.13 การวัดสัญญาณ 2 ช่องที่มีลักษณะแตกต่างกัน.....	30
3.14 แผนผังขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น .	34
3.15 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ.....	36
3.16 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความเห็น	39
จ.1 หน้าต่าง โปรแกรมเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	100
จ.2 หน้าต่างการค้นหาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	100
จ.3 การแบ่งพื้นที่ใช้งาน โปรแกรมเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	101
จ.4 ปุ่มควบคุมฐานเวลาในการวัดของ โปรแกรม	102

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
จ.5 ปุ่มควบคุมย่านการวัดแรงดันของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	103
จ.6 การตั้งค่าสีของเส้นสัญญาณแต่ละช่อง	104
จ.7 เมนูลัดภายในพื้นที่แสดงเส้นสัญญาณ	105
จ.8 ส่วนประกอบต่างๆ ของจอเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้นจากการคัดลอกด้วยวิธีการ Copy	105
ช.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวก	128
ช.2 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านลบ	129
ช.3 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส	130
ช.4 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวก	131
ช.5 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านลบ	132
ช.6 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส	133
ช.7 วงจรเรียงกระแสเต็มแบบบริดจ์ด้านบวก	134
ช.8 วงจรเรียงกระแสเต็มแบบบริดจ์ด้านลบ	135
ช.9 วงจรเรียงกระแสเต็มแบบบริดจ์ด้านบวกมีวงจรกรองกระแส	136
ช.10 วงจร RL อนุกรม	137
ช.11 วงจร RC อนุกรม	138
ช.12 วงจร RLC อนุกรม	139
ช.13 วงจร RL ขนาน	140
ช.14 วงจร RC ขนาน	141
ช.15 วงจร RLC ขนาน	142

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนการสอนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดหลายชนิด และเครื่องมือวัดที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งนั่นก็คือ “ออสซิลโลสโคป” จากการศึกษารายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐาน ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546) สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วยสาขางาน 4 สาขางาน ได้แก่ สาขางานไฟฟ้ากำลัง สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานโทรคมนาคม และสาขางานเมคคาทรอนิกส์ และ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ และ สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ ของสำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา : 2546) พบว่ามีรายการออสซิลโลสโคปที่แนะนำไว้ในมาตรฐานจำนวน 4 รายการ เมื่อศึกษาถึงขีดความสามารถของแต่ละรุ่นพบว่าจำแนกได้เป็นออสซิลโลสโคปทั้งแบบอนาล็อกและแบบดิจิทัล มีความสามารถในการวัดความถี่สูงสุดตั้งแต่ 20 MHz ถึง 400 MHz ใช้ร่วมกับการเรียนการสอนในพื้นที่ปฏิบัติงานต่างๆ ตามสาขางานที่นักศึกษาเลือกเรียน ราคาของออสซิลโลสโคปตามมาตรฐานดังกล่าว เริ่มต้นตั้งแต่ 25,000 บาท ในออสซิลโลสโคปรุ่น 20 MHz ไปจนถึงราคา 280,000 บาท ในรุ่น 400 MHz ทำให้ต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมากในการจัดซื้อออสซิลโลสโคป ในบางรายวิชาที่เป็นพื้นฐาน อย่างเช่น วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีมาตรฐานรายวิชา เพื่อให้ให้นักศึกษาวัดและทดสอบวงจรไฟฟ้าด้วยออสซิลโลสโคป นักศึกษาทุกคนต้องเริ่มใช้งานออสซิลโลสโคปเป็นครั้งแรกเมื่อให้นักศึกษาฝึกกับออสซิลโลสโคปจึงพบว่ามีปัญหาหลายประการ คือ ออสซิลโลสโคปจริงมีจำนวนปุ่มใช้งานที่ต้องปรับหลายปุ่มทำให้เข้าใจการใช้งานยาก จำนวนออสซิลโลสโคปมีจำนวนไม่เพียงพอในการฝึกอย่างทั่วถึงเนื่องจากมันมีราคาสูงทำให้สถานศึกษาจัดซื้อได้ในจำนวนจำกัด และออสซิลโลสโคปที่มีก็จำเป็นต้องแบ่งไปใช้ในวิชาปฏิบัติการที่มีต้องการความสามารถของออสซิลโลสโคปสูงขึ้น เช่น วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง ระบบสื่อสารอนาล็อก เป็นต้น

เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (Virtual Instruments For Basic Electronics Laboratory) เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถนำมาใช้เพื่อฝึกความชำนาญในการใช้

ออสซิลโลสโคปเบื้องต้น จนนักศึกษาเกิดความมั่นใจสามารถใช้ออสซิลโลสโคปจริงในการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูงขึ้นไป เนื่องจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมีราคาถูกกว่าเครื่องออสซิลโลสโคปจริง และใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่มีประจำที่ห้องปฏิบัติการอยู่แล้ว ทำให้นักศึกษาเข้าถึงการฝึกใช้เครื่องมือวัดชนิดนี้ได้มากขึ้น เหมาะสำหรับใช้เพื่อศึกษาเรียนรู้ในขั้นพื้นฐาน

ในการศึกษาเรื่อง Virtual Oscilloscope : Basic Electronics Laboratory (โกศล ตราชู : 2549. และ S. Ratre and K. Trachu : 2006.) พบว่าผลการใช้งานเป็นที่น่าพอใจ สามารถใช้ทดแทนออสซิลโลสโคปจริงได้ แต่ยังมีข้อที่ต้องปรับปรุงแก้ไขอยู่อีกมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดจะนำออสซิลโลสโคปเสมือนมาพัฒนาเป็นเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่มีความสามารถในการปรับย่านการวัดและอัตราการสุ่มตัวอย่างสัญญาณที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งเพิ่มหน่วยความจำบัฟเฟอร์ซึ่งจะทำให้เครื่องมือวัดเสมือนสามารถอ่านข้อมูลได้พร้อมกันทั้ง 2 ช่อง โดยยังคงลักษณะเด่นของออสซิลโลสโคปเสมือนไว้ คือ มีราคาถูกกว่าออสซิลโลสโคปจริงอันจะช่วยให้สามารถจัดหาออสซิลโลสโคปได้จำนวนมากขึ้นให้เพียงพอแก่การฝึกใช้งานออสซิลโลสโคปในเบื้องต้น ทำให้นักศึกษาสามารถฝึกได้อย่างทั่วถึงจนเกิดความมั่นใจในการใช้ออสซิลโลสโคปจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.2.2 เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.2.3 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ

อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.3 สมมติฐานในการวิจัย

คุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้ในการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นได้ คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง อยู่ในระดับดี หรือมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.5 ขึ้นไป และความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดี หรือมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.5 ขึ้นไป

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดต่างๆ ดังนี้

1.4.1 กรอบแนวคิดที่ 1 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน ซึ่งประกอบด้วยภาคต่างๆ 6 ภาคด้วยกันคือ (S.Sumathi and P.Surekha. 2007)

1.4.1.1 ภาคโมดูลเซนเซอร์ (Sensor module)

1.4.1.2 ภาคอินเตอร์เฟซกับเซนเซอร์ (Sensor interface)

1.4.1.3 ภาคอินเตอร์เฟซกับระบบข่าวสาร (Information system interface)

1.4.1.4 ภาคประมวลผล (Processing module)

1.4.1.5 ภาคอินเตอร์เฟซกับฐานข้อมูล (Database interface)

1.4.1.6 ภาคอินเตอร์เฟซกับผู้ใช้ (User interface)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เพียง 4 ภาค คือ ภาค โมดูลเซนเซอร์ ภาคอินเตอร์เฟซกับเซนเซอร์ ภาคประมวลผล และภาคอินเตอร์เฟซกับผู้ใช้ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นแล้ว

1.4.2 กรอบแนวคิดที่ 2 การวิจัยเชิงทดลองซึ่งเป็นวิธีที่สามารถจะทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล วิธีการทดลองจึงเป็นวิธีการวิจัยที่เป็นที่ต้องการมากที่สุดและมีผลออกมาตรงตามความประสงค์มากที่สุดด้วย การทำนายผลการวิจัยมีคุณค่ามากกว่าการวิจัยที่หาความสัมพันธ์ในแง่ที่สามารถครอบคลุมได้มากกว่าการทำซ้ำได้

วิธีดำเนินการวิจัยเชิงทดลอง ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ (ศิริพงษ์ เสภาภาน. 2546)

1.4.2.1 เลือกหัวข้อวิจัยและให้นิยาม โดยการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องรวมทั้งศึกษา งานวิจัยของคนอื่น ที่ทำการศึกษารื่องคล้ายกันหรือเกี่ยวข้องกันในด้านวิธีการดำเนินการวิจัย ตัวแปร กลุ่มตัวอย่าง การตั้งสมมติฐาน และการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.2.2 ให้คำจำกัดความของปัญหาการวิจัย โดยวิเคราะห์ให้เห็นชัดเจนว่ามีตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรตาม

1.4.2.3 ตั้งสมมติฐานการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการทดลอง โดยพิจารณาหาเหตุผลจากทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือประสบการณ์ของผลวิจัย

1.4.2.4 ออกแบบการทดลอง

1.4.2.5 ดำเนินการทดลอง และต้องควบคุมทุกสิ่งๆ ให้คงที่

1.4.2.6 นำผลที่ได้มาทดสอบสมมติฐาน โดยใช้สถิติที่เหมาะสมกับคุณลักษณะของข้อมูลแล้วสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ตัวแปรที่จะศึกษา

ตัวแปรที่จะศึกษาคือ คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง

1.5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ครูที่ทำหน้าที่สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือเป็นผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในวิทยาลัยเทคนิคสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และนักเรียนสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในวิทยาลัยเทคนิคสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเพื่อใช้ในการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.5.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูที่ทำหน้าที่สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือเป็นผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยกลุ่มตัวอย่างอย่างง่ายจากวิทยาลัยเทคนิคในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากลุ่มภาคกลางและภาคตะวันออก จำนวน 24 คน จาก 8 วิทยาลัยฯ ละ 3 คน และนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 80 คน จาก 8 วิทยาลัยฯ ละ 10 คน ดังนี้ คือ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี วิทยาลัยเทคนิคนครนายก วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

1.5.3 ข้อตกลงเบื้องต้น เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่สร้างขึ้น ใช้สำหรับการทดลองในรายวิชาและหัวข้อการทดลองต่อไปนี้

1.5.3.1 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รหัส 2104-2205

- (1) การทดลองเรื่อง วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น
- (2) การทดลองเรื่อง วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น
- (3) การทดลองเรื่อง วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

1.5.3.2 วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 2104-2203

- (1) การทดลองเรื่อง วงจร RL อนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (2) การทดลองเรื่อง วงจร RC อนุกรม
- (3) การทดลองเรื่อง วงจร RLC อนุกรม
- (4) การทดลองเรื่อง วงจร RL ขนาน
- (5) การทดลองเรื่อง วงจร RC ขนาน
- (6) การทดลองเรื่อง วงจร RLC ขนาน

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หมายถึง การปฏิบัติการในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เรื่อง วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ และการปฏิบัติการในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เรื่อง วงจร RL อนุกรม วงจร RC อนุกรม วงจร RLC อนุกรม วงจร RL ขนาน วงจร RC ขนาน และวงจร RLC ขนาน

1.6.2 เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หมายถึง ดิจิตอลออสซิลโลสโคป ซึ่งแสดงผลได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ใช้สำหรับวัดและทดสอบในการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1.6.3 คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หมายถึง ค่าเฉลี่ยจากผลการประเมินจากแบบประเมินคุณภาพ

1.6.4 แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้น หมายถึง คำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแยกคำถามออกเป็นข้อๆ จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นคุณลักษณะทางฮาร์ดแวร์ และคุณลักษณะทางซอฟต์แวร์ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเบื้องต้นในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.6.5 แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง คำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแยกคำถามออกเป็นข้อๆ จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นคุณลักษณะทางฮาร์ดแวร์ และคุณลักษณะทางซอฟต์แวร์ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.6.6 แบบสอบถามความคิดเห็น หมายถึง คำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแยกคำถามออกเป็นข้อๆ จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นลักษณะการใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1.6.7 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ครูหรืออาจารย์ที่สอนเกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และมีวุฒิการศึกษาไม่น้อยกว่าปริญญาโท หรือสอนด้านเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์ไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือเป็นผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1.6.8 ผู้ใช้งาน หมายถึง ครูที่ทำหน้าที่สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือเป็นผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งเป็นผู้ใช้งานเครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ในการฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในวิทยาลัยเทคนิค สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการปฏิบัติการพื้นฐานในรายวิชาต่างๆ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ.2546) ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และได้ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการ รวมถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเพื่อนำมาพัฒนางานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

- 2.1 การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- 2.2 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน
- 2.3 การวิจัยเชิงทดลอง
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่สร้างขึ้นสามารถใช้กับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งได้แก่รายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ.2546) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.1 วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ รหัส 2104-2203 จำนวน 2 หน่วยกิต 4 ชั่วโมง

2.1.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

- (1) เพื่อให้มีความเข้าใจธรรมชาติและหลักการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
- (2) เพื่อให้มีทักษะในการอ่านแบบและประกอบวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
- (3) เพื่อให้มีทักษะในการใช้เครื่องมือวัดและทดสอบที่เกี่ยวข้องวัดค่าต่างๆ

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

- (4) เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ ในการประยุกต์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับไปใช้

งานจริง

- (5) เพื่อให้มีกิจนิสัยในการปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ถูกต้องและ

ปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 มาตรฐานรายวิชา

- (1) เข้าใจหลักการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
- (2) วัดและทดสอบแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
- (3) วัดและทดสอบวงจร R-L-C ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
- (4) วัดและทดสอบวงจรไฟฟ้ากระแสสลับระบบ 3 เฟส

2.1.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับ แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พารามิเตอร์ของคลื่นรูปไซน์ วงจร RLC แบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบวัดค่าวงจรกระแส แรงดัน อิมพีแดนซ์ ความถี่ กำลังงานไฟฟ้า เพาเวอร์แฟกเตอร์ พื้นฐานการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เฟสเซอร์ไดอะแกรม การทดสอบวงจรไฟฟ้ากระแสสลับระบบ 3 เฟส การประกอบและทดสอบวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประยุกต์ใช้งาน เช่น วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ วงจรระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC. Motor) 1 เฟส และ 3 เฟส วงจรแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) วงจรเน็ตเวิร์ค (Network) ของระบบตู้ลำโพง

2.1.2 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รหัส 2104-2205 จำนวน 2 หน่วยกิต 4 ชั่วโมง

2.1.2.1 จุดประสงค์รายวิชา

- (1) เพื่อให้มีความเข้าใจ โครงสร้างการทำงาน ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์
- (2) เพื่อให้มีทักษะเกี่ยวกับการประกอบวงจรอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า
- (3) เพื่อให้มีทักษะในการใช้เครื่องมือวัดทดสอบลักษณะสมบัติ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- (4) เพื่อให้มีทัศนคติในการทำงานช่างอิเล็กทรอนิกส์

2.1.2.2 มาตรฐานรายวิชา

- (1) เข้าใจ โครงสร้าง การทำงาน และคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- (2) วัดและทดสอบคุณสมบัติของไดโอดและทรานซิสเตอร์
- (3) วัดและทดสอบคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์
- (4) วัดและทดสอบคุณสมบัติของไอซี
- (5) วัดและทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 คำอธิบายรายวิชา

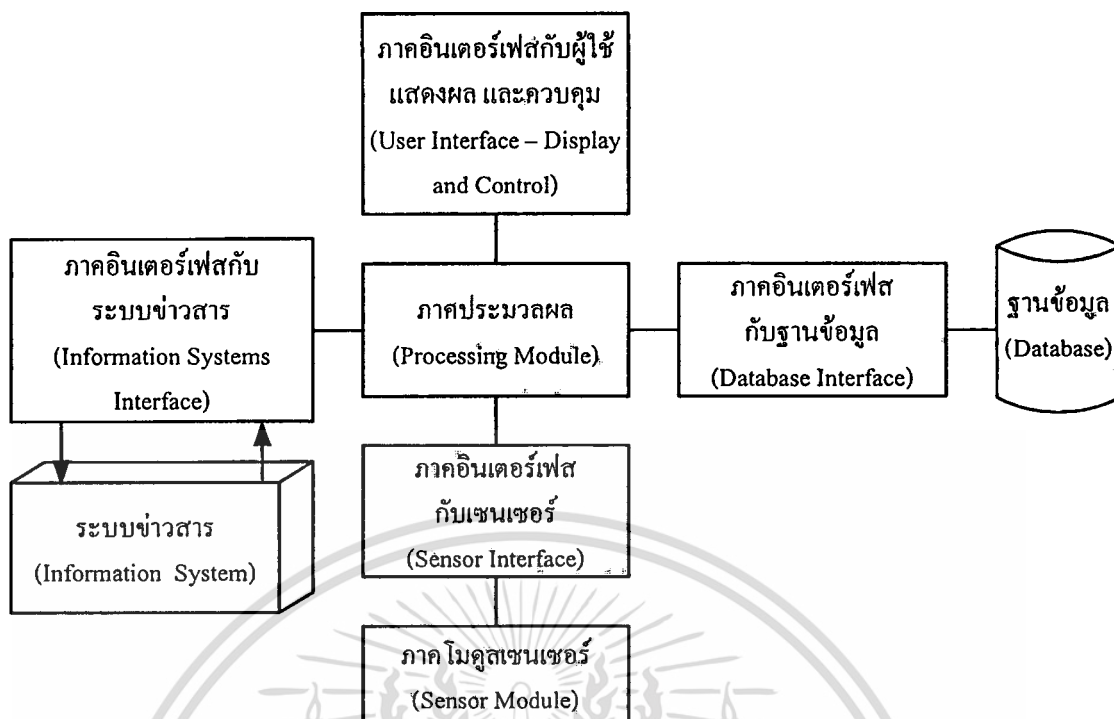
ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม สารกึ่งตัวนำชนิด P ชนิด N โครงสร้างสัญลักษณ์ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า และปฏิบัติการวัดทดสอบอุปกรณ์โซลิตสเตรตต่าง ๆ อุปกรณ์ไทรสเตอร์ เช่น ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟด ไอซีออปแอมป์ ไอซีเวลา ไอซีกำเนิดสัญญาณ ไอซีรักษาแรงดัน และอุปกรณ์ไทรสเตอร์ เช่น SCR TRIAC DIAC UJT PUT IGBT SCS GTO อุปกรณ์ OPTOELECTRONICS THERMISTER VARISTOR ARRESTER และอุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับความปลอดภัย

2.2 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน

ระบบเครื่องมือวัดเสมือน คือ ซอฟต์แวร์ซึ่งถูกพัฒนาสำหรับระบบการทดสอบ และการวัดด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของเครื่องมือวัดภายนอกด้วยคอมพิวเตอร์ และแสดงผลการทดสอบหรือการวัดข้อมูลบนจอแสดงผลของคอมพิวเตอร์ ข้อมูลของการทดสอบและการวัดเก็บมาจากอุปกรณ์ภายนอกซึ่งติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดเสมือนยังหมายความรวมถึงระบบซึ่งคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมกระบวนการ โดยอาศัยการเก็บข้อมูลและประมวลผล ด้วยระบบการวัดบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล(PC)

มีผู้ให้คำนิยามของเครื่องมือวัดเสมือนไว้หลายท่าน เช่น Santori (อ้างใน S.Sumathi and P.Surekha. 2007) ได้ให้คำนิยามของเครื่องมือวัดเสมือนว่า “เครื่องมือวัด ซึ่งมีฟังก์ชันการวัดและการทำงานซึ่งทำได้ด้วยซอฟต์แวร์” Goldberg (อ้างใน S.Sumathi and P.Surekha. 2007) ได้กล่าวไว้ว่า “เครื่องมือวัดเสมือน ประกอบด้วย เครื่องมือย่อยเฉพาะ คอมพิวเตอร์ทั่วไป ซอฟต์แวร์ และความรู้และทักษะ” จากคำนิยามต่างๆ สามารถสรุปแนวความคิดของเครื่องมือวัดเสมือนได้ว่า เครื่องมือวัดเสมือนคือ “คอมพิวเตอร์ใดๆ ก็ตาม ที่สามารถจำลองสถานการณ์ใดๆ ได้ เมื่อมีการลงซอฟต์แวร์สำหรับการจำลองในคอมพิวเตอร์นั้นๆ”

สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือนประกอบด้วยภาคต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ต่อไปนี้ (S.Sumathi and P.Surekha. 2007)



ภาพที่ 2.1 สถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน

2.2.1 ภาคโมดูลเซนเซอร์ (Sensor module)

ภาคโมดูลเซนเซอร์ทำหน้าที่ปรับสภาพสัญญาณและแปลงให้อยู่ในรูปของดิจิทัล เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลบนคอมพิวเตอร์ มันสามารถแสดงผล ประมวลผล เปรียบเทียบ และเก็บไว้ในฐานข้อมูล หรือแปลงกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อนำไปควบคุมกระบวนการต่อไป ภาคโมดูลเซนเซอร์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยสามส่วนหลัก ดังนี้

2.2.1.1 ตัวเซนเซอร์

2.2.1.2 วงจรปรับสภาพสัญญาณ

2.2.1.3 วงจรแปลง A/D

เซนเซอร์ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณทางฟิสิกส์จากสภาพแวดล้อมภายนอก ถ้าสัญญาณที่วัดได้ไม่ใช่สัญญาณทางไฟฟ้า เซนเซอร์จะทำหน้าที่แปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยใช้ทรานสดิวเซอร์เป็นตัวแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น การวัดความดันโลหิต เป็นต้น

วงจรปรับสภาพสัญญาณ เป็นวงจรส่วนที่อยู่ก่อนวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) ในวงจรส่วนนี้โดยทั่วไปจะเป็นวงจรขยาย วงจรกระตุ้น ทรานสดิวเซอร์ วงจรเชิงเส้น วงจรแยกสัญญาณ หรือวงจรฟิลเตอร์

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D converter) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ตรวจวัดได้ และปรับสภาพแรงดันให้เป็นค่าทางดิจิทัล วงจรนี้จะนิยามด้วยความละเอียด และความถี่ของการสุ่มตัวอย่าง

2.2.2 ภาคอินเตอร์เฟซกับเซนเซอร์ (Sensor interface)

มีวิธีการติดต่อหลายวิธีสำหรับการสื่อสารระหว่างเซนเซอร์และคอมพิวเตอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของการต่อ การติดต่อกับเซนเซอร์สามารถแบ่งออกเป็นชนิดใช้สาย และไร้สาย

2.2.2.1 การเชื่อมต่อแบบใช้สาย ปกติจะใช้การเชื่อมต่อแบบขนาน อย่างเช่น GPIB ระบบอินเตอร์เฟซคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Small Computer Systems Interface : SCSI) ระบบบัส PCI หรือ PXI หรือ VME Extensions for Instrumentation (VXI) หรือบัสอนุกรม (RS232 หรือ USB interfaces).

2.2.2.2 การเชื่อมต่อแบบไร้สาย เป็นการเชื่อมต่อที่ใช้กันเพิ่มมากขึ้น เพราะมีความสะดวกในการใช้งาน การเชื่อมต่อโดยทั่วไปจะเป็น มาตรฐาน 802.11 บลูทูธ (Bluetooth) หรือ GPRS/GSM

2.2.3 ภาคอินเตอร์เฟซกับระบบข่าวสาร (Information systems interface)

เครื่องมือวัดเสมือน ได้เพิ่มความนิยมในระบบข่าวสารทางการแพทย์ อย่างเช่น ระบบข้อมูลข่าวสารของโรงพยาบาล มันสามารถใช้เพื่อการบริหารได้ รongรับการตัดสินใจ การเตรียมความพร้อม และการแจ้งเตือนให้ทราบล่วงหน้า เครื่องมือสำหรับอินเตอร์เฟซเสมือนบางตัวอย่างเช่น LabVIEW ได้เตรียมเครื่องมือสำหรับผู้ใช้ (เช่น ActiveX objects) ซึ่งทำให้สามารถสื่อสารกับระบบข้อมูลข่าวสารอื่นๆ ได้ ด้วยการซ่อนวิธีการสื่อสารจากรหัสการอินเตอร์เฟซเสมือน ในการประยุกต์บนเว็บมักจะใช้ URL (Unified Resource Locators) เครื่องมือวัดเสมือนแต่ละตัวก็จะมี URL ของตนเอง มันสามารถเก็บผลลัพธ์ของการประมวลผลในฐานข้อมูลที่ URL ของมัน

2.2.4 ภาคประมวลผล (Processing module)

ในภาคประมวลผลจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์/ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการประมวลผลของฟังก์ชันต่างๆ ฟังก์ชันของเครื่องมือวัดเสมือนขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบให้มีหน้าที่พิเศษโดยเฉพาะ ฟังก์ชันการประมวลผลที่ใช้ในเครื่องมือวัดเสมือนอาจจะแบ่งออกเป็น กระบวนการวิเคราะห์ และเทคนิคปัญญาประดิษฐ์

กระบวนการวิเคราะห์ หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางอินพุต การวิเคราะห์ที่ใช้ในเครื่องมือวัดเสมือนทั่วไปประกอบด้วย การวิเคราะห์สเปกตรัม การกรอง การแปลง การตรวจจับค่าสูงสุด หรือ การวาดเส้นโค้ง เครื่องมือวัดเสมือนมักใช้ฟังก์ชันทางสถิติหลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาทิเช่น กำหนดการสุ่ม และการวิเคราะห์ชีวสถิติ ฟังก์ชันส่วนมากสามารถทำงานได้อย่างทันทีทันใดในรูปแบบเวลาจริง

เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence techniques) เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สามารถนำมาใช้เพื่อเสริม และปรับปรุงประสิทธิภาพ ความสามารถ และลักษณะเฉพาะ ของเครื่องมือวัดในการประยุกต์ในขอบข่ายที่เกี่ยวข้องกับการวัด ระบบการหาเอกลักษณ์ และควบคุม เทคนิคนี้ทำให้ความสามารถในการคำนวณของระบบการคำนวณสมัยใหม่สูงขึ้นเพื่อจัดการกับสัญญาณอินพุตที่สุ่มมา และการวัดที่ต้องการ เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ อย่างเช่น โครงข่ายประสาทเทียม (neural networks) ฟัซซี่ลอจิก (fuzzy logic) และระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert systems) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย ประกอบด้วย เซนเซอร์พื้นฐานจนถึง เซนเซอร์ระดับสูง การหาเอกลักษณ์ของระบบ การพยากรณ์ การควบคุมระบบ ขั้นตอนการวัดที่ซับซ้อน การปรับเทียบ (calibration) และการตรวจจับข้อผิดพลาดของเครื่องมือวัด

2.2.5 ภาคอินเตอร์เฟซกับฐานข้อมูล (Database interface)

เครื่องมือวัดซึ่งใช้คอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลที่วัดได้เพื่อนำไปใช้ประมวลผลแบบออฟไลน์ หรือเก็บบันทึกไว้เป็นส่วนๆ ในปัจจุบันก็มีเทคโนโลยีฐานข้อมูลให้เลือกใช้อย่างหลากหลาย อย่างเช่น XML (eXtensible Markup Language) หรือ SQL Server และ Oracle เครื่องมือวัดเสมือนหลายๆ ตัวจะใช้ DBMS (DataBase Management Systems) ซึ่งมันมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล และคำสั่งมาตรฐาน การแทรก การปรับปรุง การลบ และการเลือก เครื่องมือวัดเสมือนที่ใช้ DBMSs มักจะใช้โปรแกรมอินเตอร์เฟซ อย่างเช่น ODBC JDBC ADO และ DAO

2.2.6 ภาคอินเตอร์เฟซกับผู้ใช้ (User interface)

ภาคอินเตอร์เฟซกับผู้ใช้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถควบคุมเรื่องมือวัดเสมือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความละเอียดในการวัดและการแสดงผลลัพธ์ เนื่องจากผู้ใช้คอมพิวเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนเครื่องมือวัดโดยผ่านการอินเตอร์เฟซกับผู้ใช้ เราสามารถแบ่งการอินเตอร์เฟซที่ใช้กับเครื่องมือวัดเสมือนออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกันคือ

2.2.6.1 Terminal user interfaces

2.2.6.2 Graphical user interfaces

2.2.6.3 Multimodal user interfaces

2.2.6.4 Virtual and augmented reality interfaces

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เพียง 4 ภาคเท่านั้น คือ ภาคโมดูล เซนเซอร์ ภาคอินเตอร์เฟสกับเซนเซอร์ ภาคประมวลผล และภาคอินเตอร์เฟสกับผู้ใช้ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในการปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นแล้ว

2.3 การวิจัยเชิงทดลอง

ศิริพงษ์ เสาภายน (2546:111-113) ได้กล่าวไว้ว่า การวิจัยเชิงทดลองเป็นวิธีเดียวที่สามารถจะทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล วิธีการทดลองจึงเป็นวิธีการวิจัยที่เป็นที่ต้องการมากที่สุดและมีผลออกมาตรงตามความประสงค์มากที่สุดด้วย การทำนายผลการวิจัยมีคุณค่ามากกว่าการวิจัยที่หาความสัมพันธ์ในแง่ที่สามารถครอบคลุมได้มากกว่าการทำซ้ำได้

วิธีดำเนินการวิจัยเชิงทดลอง ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1 เลือกหัวข้อวิจัยและให้นิยาม โดยการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องรวมทั้งศึกษางานวิจัยของคนอื่น ที่ทำการศึกษารื่องคล้ายกันหรือเกี่ยวข้องกันในด้านวิธีการดำเนินการวิจัย ตัวแปร กลุ่มตัวอย่าง การตั้งสมมติฐาน และการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.3.2 ให้คำจำกัดความของปัญหาการวิจัย โดยวิเคราะห์ให้เห็นชัดเจนว่ามีตัวแปรอะไรบ้างที่เป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรตาม

2.3.3 ตั้งสมมติฐานการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการทดลอง โดยพิจารณาหาเหตุผลจากทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือประสบการณ์ของผลวิจัย

2.3.4 ออกแบบการทดลอง

2.3.5 ดำเนินการทดลอง และต้องควบคุมทุกสิ่งๆ ให้คงที่

2.3.6 นำผลที่ได้มาทดสอบสมมติฐาน โดยใช้สถิติที่เหมาะสมกับคุณลักษณะของข้อมูลแล้วสรุปผลการทดลอง

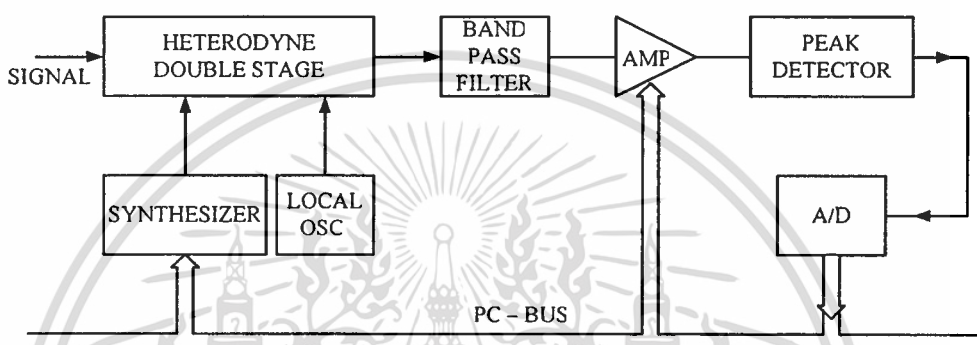
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

R.K. Adams (1991 : 350 – 356) ทำการวิจัยเรื่อง The virtual oscilloscope: an impedance match to beginning ECE students จุดประสงค์เพื่อนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าที่เริ่มเรียนที่ University of Tennessee, Knoxville (UTK) ฝึกหัดการใช้ออสซิลโลสโคป เนื่องจากออสซิลโลสโคปสมัยใหม่ มีฟังก์ชันการทำงานมากขึ้น มีปุ่มปรับที่หน้าปัดของออสซิลโลสโคปมากกว่า 30 ปุ่ม ทำให้ผู้เริ่มเรียนปรับแต่งเพื่อทำการทดลองยาก การศึกษาในขั้นต้นเป็นการศึกษาเพื่อแสดงผลของหลักการทางวงจรเท่านั้น แต่นักศึกษาต้องมาทำความเข้าใจการปรับแต่งออสซิลโลสโคปที่มีการใช้งานที่

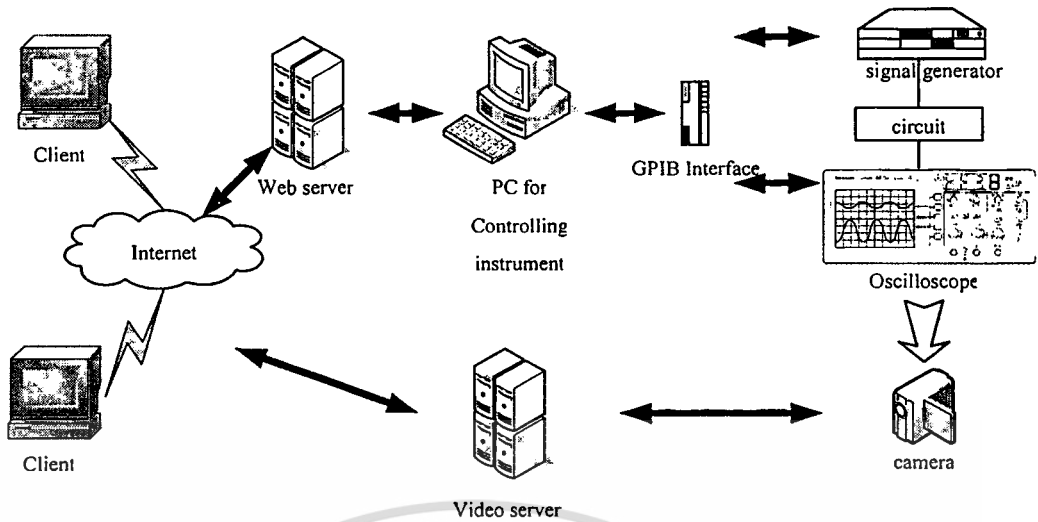
ซับซ้อนเกินไปจะทำให้การทดลองเป็นไปอย่างล่าช้า ดังนั้นจึงได้สร้างออสซิลโลสโคปเสมือนเพื่อลดปัญหาการปรับแต่งออสซิลโลสโคปและช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการของวงจรได้รวดเร็วขึ้น

S.Celma, A.Carlosena, and P.A. Martinez (1992 : 204-210) ทำการวิจัยเรื่อง PC – Based Spectrum Analyzer เพื่อการออกแบบและวิเคราะห์สมรรถนะของสเปกตรัมอนาลิเซอร์ ความถี่ต่ำราคาถูก เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นนี้มีลักษณะเป็นบอร์ดปลั๊กอินใช้เสียบบน IBM PC ได้โดยตรง จุดประสงค์ใช้เพื่อการศึกษา เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมานี้เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้งาน เช่น การวัดเสียง การวัดการสั่นสะเทือน ฯลฯ แผนผังการทำงานของวงจรของระบบแสดงในภาพที่ 2.2

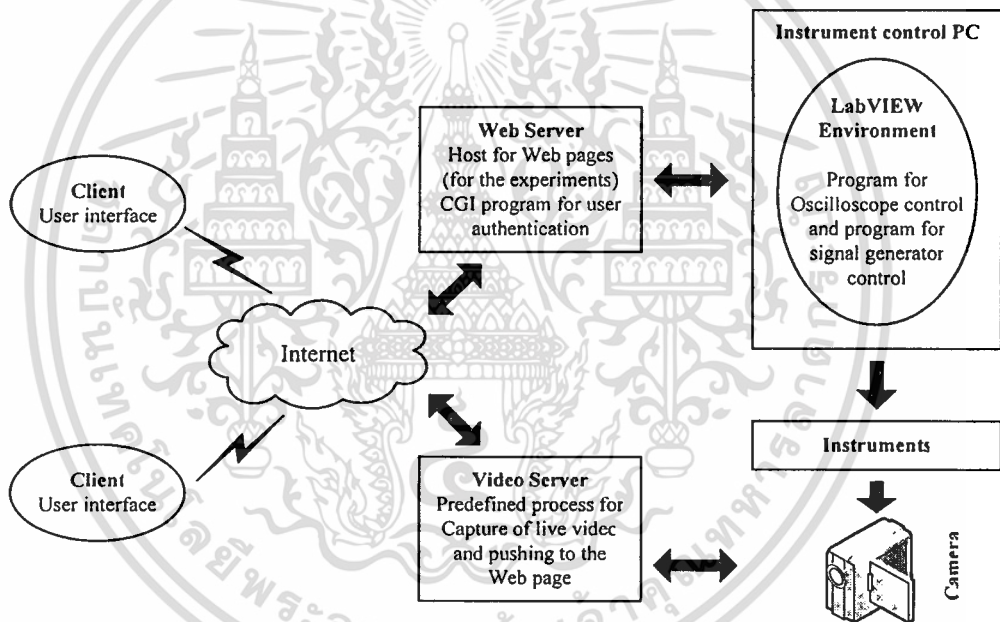


ภาพที่ 2.2 แผนผังการทำงานของวงจรของ PC – Based Spectrum Analyzer

C.C. Ko et. al. (2000 : 69 – 76) ทำการวิจัยเรื่อง A large-scale Web-based virtual oscilloscope laboratory experiment หรือ VLAB ซึ่งเป็นโครงการวิจัยนำร่องการทดลองปฏิบัติการเสมือนเรื่องออสซิลโลสโคปผ่าน Web-based ใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 1,000 คนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ National University of Singapore (NUS) การจำลองการแสดงผลของออสซิลโลสโคปอยู่บนไคลเอนต์เช่นเดียวกับการทดลองปฏิบัติการเสมือนอื่นๆ ระบบนี้ใช้การจับภาพการแสดงผลของออสซิลโลสโคปจริงแบบเรียลไทม์ ผู้เรียนสามารถใช้เมาส์หมุนปุ่มควบคุมของเครื่องมือวัดซึ่งเหมือนกับการใช้เครื่องมือวัดจริง ผู้เรียนสามารถเข้าทดลองได้ที่ <http://vlab.ee.nus.edu.sg/vlab> โดยมีโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ VLAB ดังภาพที่ 2.3 และโครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของ VLAB แสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ VLAB

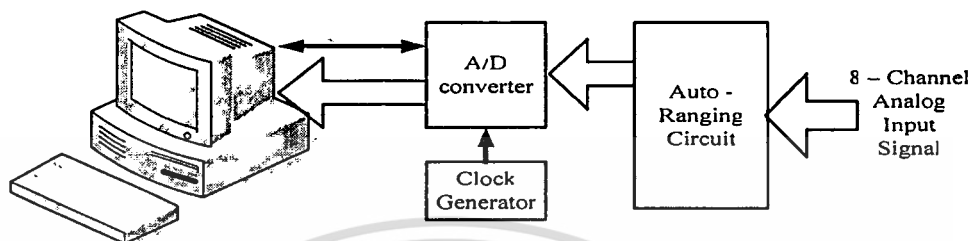


ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางซอฟต์แวร์ VLAB

C. Bhunia, et. al. (2004 : 295 - 299) ทำการวิจัยเรื่อง A Low-Cost PC-Based Virtual Oscilloscope บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาดีจิตอลออสซิลโลสโคปเสมือนราคาต่ำโดยใช้ฐาน PC อุปกรณ์เก็บข้อมูลใช้พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงกับวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต ซึ่งมีวงจรควบคุมลอจิกและฐานเวลารวมอยู่ด้วย ซอฟต์แวร์มีหน้าที่จัดการกระบวนการเก็บข้อมูลและการแสดงผลสัญญาณที่วัดได้ อุปกรณ์นี้ต่อเข้ากับพอร์ตขนานใดๆ ของ IBM PC ได้อย่างง่ายๆ ดังมีแผนผังการทำงานของวงจรแสดงในภาพที่ 2.5 ดังนั้นจึงลดการให้เครื่องมือจำนวนมาก

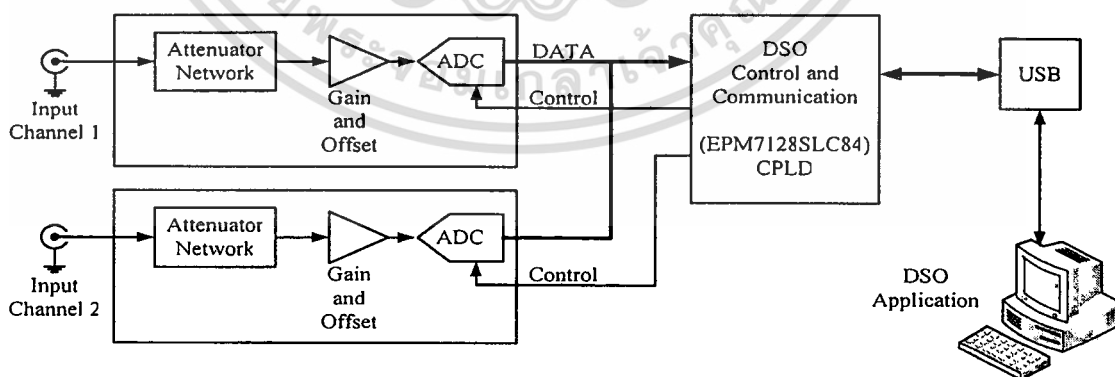
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือราคาแพง หรือดิจิตอลออสซิลโลสโคป ปัจจุบันมีจุดประสงค์ใช้กับการสอนในห้องปฏิบัติการของนักศึกษาระดับปริญญาตรี อุปกรณ์นี้มีคุณลักษณะเฉพาะเหมาะสำหรับการทดลองให้เห็นจริงของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือวัดและวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2.5 แผนผังการทำงานของวงจรของ A Low-Cost PC-Based Virtual Oscilloscope

Surasit Ratee and Koson Trachu (2006) ทำการวิจัยเรื่อง Virtual Oscilloscope : Basic Electronic Laboratory เป็นออสซิลโลสโคปเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่มีราคาถูก แผนผังการทำงานของวงจรแสดงในภาพที่ 2.6 ประกอบด้วย 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนแรกเป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำหน้าที่สร้างฟังก์ชันของรูปคลื่นใดๆ การดูภาพ การเข้ารหัส การดาวน์โหลดข้อมูล การเข้ารหัสและถอดรหัสของคำสั่ง USB การอินเตอร์เฟสกับผู้ใช้เขียนด้วยภาษา C++ ส่วนที่สองคือตัวควบคุม USB ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและชิป CPLD ตัวควบคุม USB สามารถติดต่อสื่อสารคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับ CPLD และจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ CPLD ส่วนที่สามคือ CPLD ซึ่งใช้ CPLD ของ Altera เบอร์ EPM7128SLC84



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของออสซิลโลสโคปเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สุนทร ก้องสินธุ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกการเชื่อมต่อพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกการเชื่อมต่อพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพทางด้านเนื้อหาในระดับดีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46 และมีคุณภาพทางการผลิตสื่อในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.45 ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย

อนันศักดิ์ พงษ์เสถียรศักดิ์ (2548 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการวงจรคอมพิวเตอร์และซีเคาน์เช็ล โดยใช้ CPLD โดยหาคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการวงจรคอมพิวเตอร์และซีเคาน์เช็ลโดยใช้ CPLD ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี และใบงานการทดลองได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

จงเจริญ คุ่มบุญ (2550 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัลตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และหาคุณภาพด้านการนำไปใช้ของชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญหรืออาจารย์ที่ทำการสอนในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ และเทคนิคคอมพิวเตอร์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานจำนวน 10 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัลมีคุณภาพด้านการนำไปใช้งานอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31

105422

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นและหาคุณภาพ พร้อมทั้งศึกษาความคิดเห็นด้านการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ครูที่ทำหน้าที่สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือเป็นผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในวิทยาลัยเทคนิคสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และนักเรียนสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในวิทยาลัยเทคนิคสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเพื่อใช้ในการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูที่ทำหน้าที่สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือเป็นผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายจากวิทยาลัยเทคนิคในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากลุ่มภาคกลางและภาคตะวันออก จำนวน 24 คน จาก 8 วิทยาลัยฯ ละ 3 คน และนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 80 คน จาก 8 วิทยาลัยฯ ละ 10 คน ดังนี้ คือ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา

วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงจันทบุรี วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี วิทยาลัยเทคนิคนครนายก วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้ คือ

3.2.1 เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.2.3 แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

3.3.1 การสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

3.3.1.1 กำหนดคุณสมบัติของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ไว้ดังนี้

ย่านการวัดแรงดัน 20mV, 50mV, 0.1V, 0.2V, 0.5V, 1V, 2V และ 5V ต่อช่อง

ย่านการวัดความถี่ 1 μ s, 2 μ s, 5 μ s, 10 μ s, 20 μ s, 50 μ s, 0.1ms, 0.2ms, 0.5ms, 1ms, 2ms และ 5ms ต่อช่อง

กำลังไฟฟ้า แหล่งจ่ายกำลังแบบสวิตซ์แรงดันเอาต์พุตกระแสตรง 5 โวลต์ และ 12 โวลต์

ความต้านทานอินพุต 1 M Ω

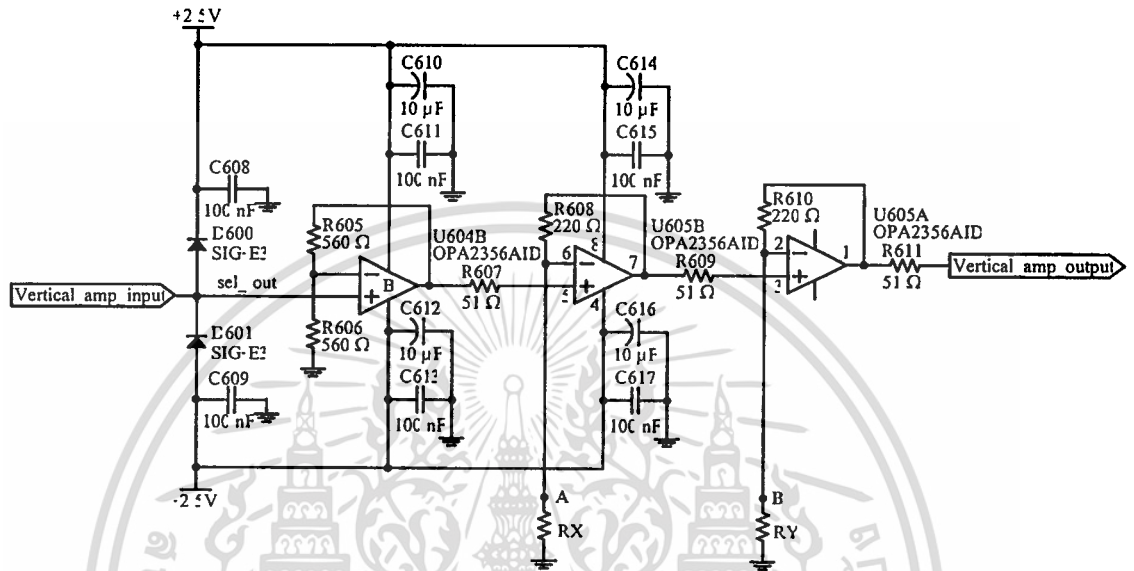
3.3.1.2 สร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้ กรอบแนวคิดของสถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน (S.Sumathi and P.Surekha. 2007) ในการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งเป็น ออสซิลโลสโคป ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) ภาคเซนเซอร์

ภาคเซนเซอร์ คือ ภาคที่ประกอบด้วยตัวเซนเซอร์ ส่วนปรับแต่งสภาพของ สัญญาณ และตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) ตัวเซนเซอร์ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่พัฒนานี้คือสายโพรบซึ่งทำหน้าที่รับ

สัญญาณอินพุตโดยตรง สายโทรบของออสซิลโลสโคป จะมีลักษณะเป็นสายเคเบิลแกนร่วม (coaxial cable) ต่อกับหัววัดในหลายลักษณะ เพื่อให้เหมาะกับจุดทดสอบในวงจร

ส่วนปรับแต่งสภาพสัญญาณ ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่สร้างขึ้น คือ วงจรส่วนอินพุตและการขยายย่านวัด



ภาพที่ 3.1 วงจรขยายสัญญาณทางด้านอินพุต

จากวงจรในภาพที่ 3.1 สามารถเลือกอัตราการขยายได้โดยการเลือกค่า RX และ RY ที่เหมาะสม ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การควบคุมอัตราการขยายของวงจรขยายสัญญาณด้านอินพุต

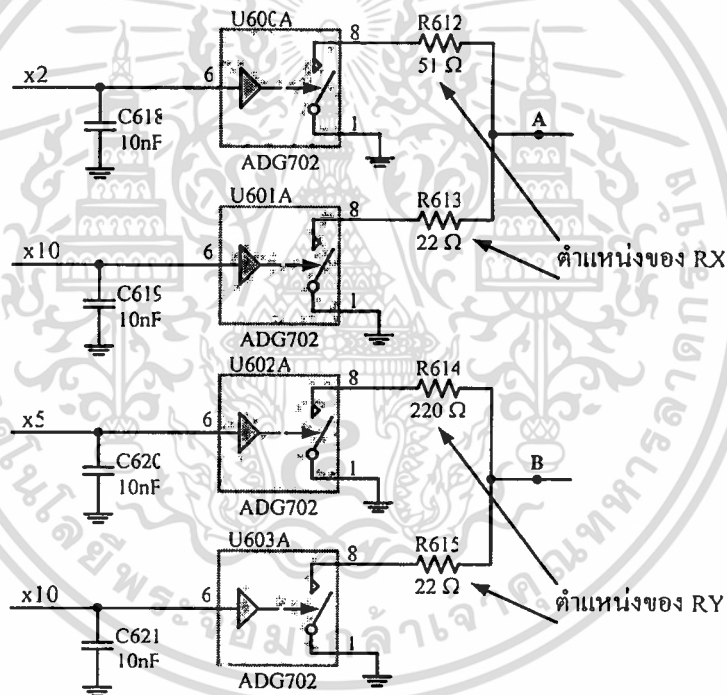
อัตราการขยาย	ค่าความต้านทานที่ต้องกรรวด์	
	RX	RY
X1	∞	∞
X2	∞	220 Ω
X5	51 Ω	∞

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

อัตราขยาย	ค่าความต้านทานที่ต่อลงกราวด์	
	RX	RY
X10	22 Ω	∞
X20	22 Ω	220 Ω
X50	51 Ω	22 Ω
X100	22 Ω	22 Ω

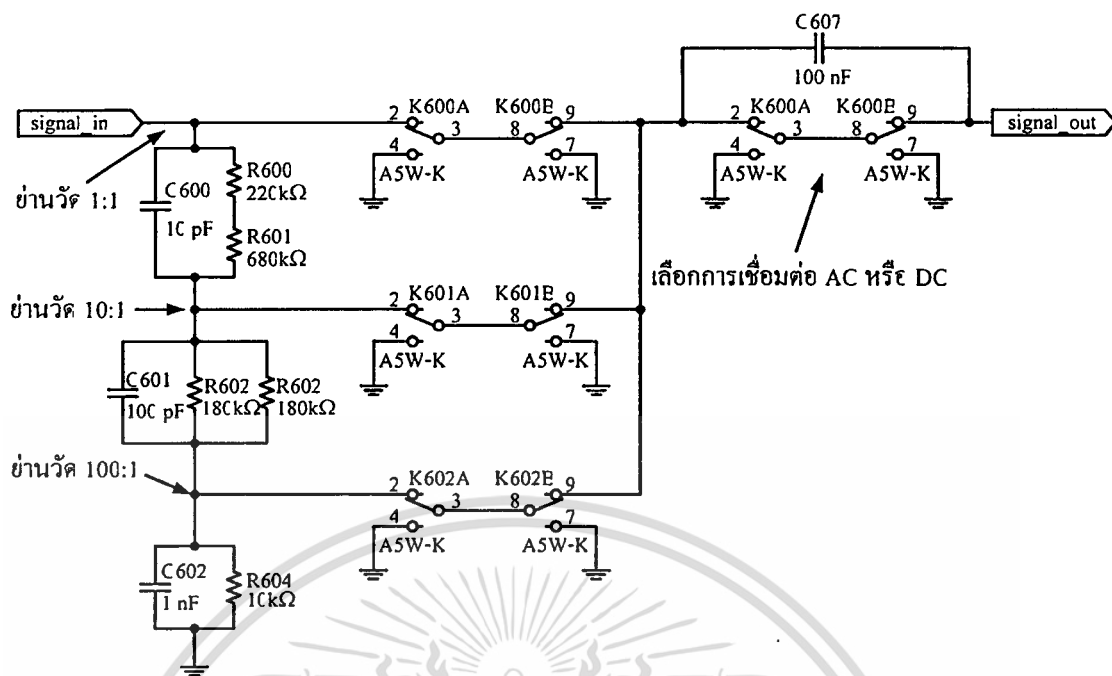
ในวงจรใช้งานจริงของงานวิจัยนี้ ใช้นาล็อกสวิตช์เบอร์ ADG702 จำนวน 4 ตัวทำหน้าที่ตัดต่อความต้านทานทั้ง 4 ค่าดังในตารางที่ 3.1 ลงกราวด์เพื่อให้เกิดอัตราขยายแตกต่างกันไปในแต่ละย่านวัดดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 วงจรนาล็อกสวิตช์สำหรับควบคุมอัตราขยายสัญญาณด้านอินพุต

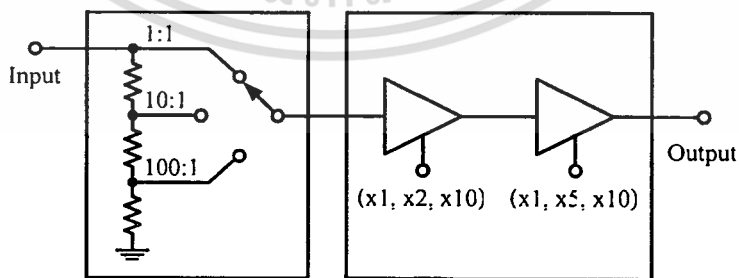
ส่วนวงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุต แสดงดังภาพที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 วงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุต

ออสซิลโลสโคปโดยทั่วไปจะมีความต้านทานอินพุตคงที่ไม่ว่าจะเลือกย่านวัดใดก็ตาม เพื่อให้มีคุณสมบัติดังกล่าวอีกทั้งต้องรองรับแรงดันในย่านกว้างมาก ถึงแม้ว่าเป้าหมายหลักของชิ้นงานที่จะสร้างคือการใช้อุปกรณ์ผิวหน้า (SMD) ทั้งหมด ผู้วิจัยได้เลือกวงจรที่มีความเหมาะสมและทนทาน โดยใช้ความต้านทานชนิดเมทัลฟิล์มความผิดพลาด 1% ที่ทนแรงดันได้สูงกว่าอุปกรณ์ SMD มาทำหน้าที่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ขนานกับตัวเก็บประจุค่าที่ใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปจริง และเลือกย่านแรงดันโดยใช้รีเลย์ขนาดเล็กแทนวงจรมัลติสวิตช์ โดยย่านการลดทอนแรงดันที่กำหนดไว้คือ 1:1 10:1 และ 100:1 ตามลำดับ ดังวงจรในภาพที่ 3.3 เมื่อนำวงจรที่พัฒนาขึ้นทั้งสองวงจรมาประกอบเข้าด้วยกันตามผังวงจรในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ผังวงจรสำหรับการเลือกย่านวัด VOLTS/DIV ต่างๆ

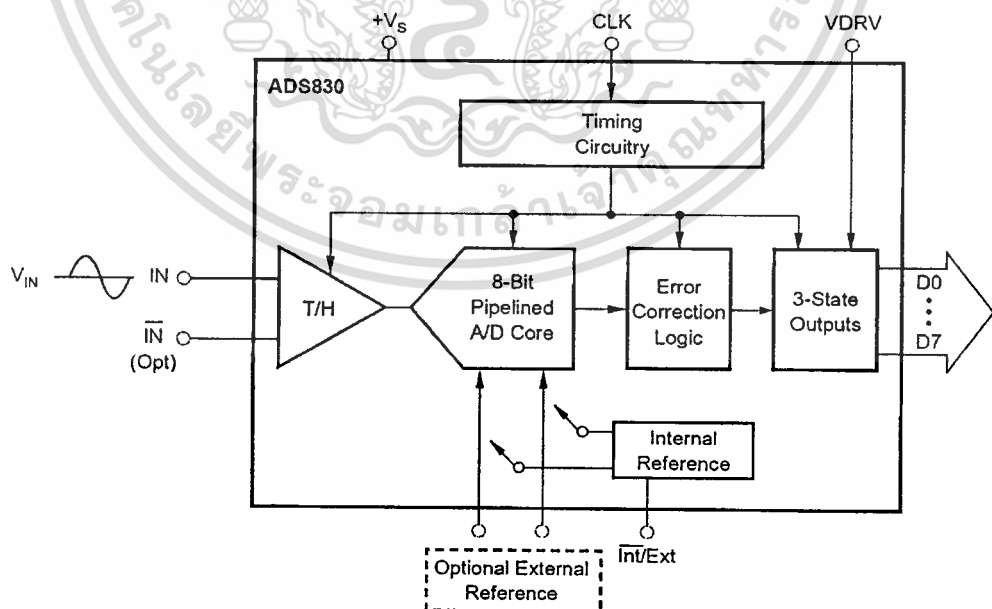
จากผังวงจรในภาพที่ 3.4 จะสามารถเลือกย่านวัดได้ลักษณะเดียวกับออสซิลโลสโคปจริงโดยมีย่านการวัดและวิธีการควบคุมดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ย่านวัดการวัดต่างๆ พร้อมทั้งเงื่อนไขในการควบคุม

ย่านวัดที่ผู้ใช้เลือกบนหน้าจอ (โดยปุ่ม V/Div)	ย่านการเลือกแรงดัน (ควบคุมด้วยสวิตช์)	ตัวคูณอัตราขยาย (ควบคุมด้วยอนาล็อกดิจิทัล)
10 V	100:1	x1, x1
5 V	100:1	x1, x2
2 V	100:1	x1, x5
1 V	10:1	x1, x1
0.5 V	10:1	x1, x2
0.2 V	10:1	x1, x5
0.1 V	10:1	x2, x5
50 mV	1:10	x2, x10
20 mV	1:1	x1, x5
10 mV	1:1	x2, x5
5 mV	1:1	x2, x10

ส่วนสุดท้ายคือการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ในงานวิจัยนี้ใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) เบอร์ ADS830 ซึ่ง ADC ดังกล่าวสามารถสุ่มสัญญาณได้ด้วยความเร็วสูงถึง 60 ล้านครั้งต่อวินาที (60 MSps) โดยมีผังวงจรภายในดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ผังวงจรภายในของ ADC เบอร์ ADS830

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ ADC ดังกล่าวคือเหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วในการแปลง สัญญาณสูง มีระบบการแก้รหัสที่ฝังในตัว มีอินพุตให้เลือกใช้ทั้งแบบ single ended และ differential input สามารถเลือกแรงดันอ้างอิงได้ทั้งจากภายในและภายนอก สามารถกำหนดระดับแรงดันลอจิกสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ (VDRV) ได้ทั้งระดับ +3.3 โวลต์ และ +5 โวลต์ ทำให้ไม่ต้องใช้วงจรปรับระดับแรงดันเพื่อส่งข้อมูลไปยัง FPGA ซึ่งต้องการแรงดันลอจิกที่ +3.3 โวลต์

ตัวแปลง ADC เบอร์ ADS830 ทำงานเป็น pipeline converter จำนวน 6 ชั้น เป็นผลให้ข้อมูลที่ได้จากการแปลงล่าช้ากว่าจุดที่สุ่มเป็นเวลา 4 สัญญาณนาฬิกา ข้อมูลที่แปลงเป็นดิจิทัลแล้วจะถูกส่งออกทางเอาต์พุตในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา ในงานที่มีการเปลี่ยนความเร็วของสัญญาณนาฬิกาหลายระดับเช่นในออสซิลโลสโคป จะทำให้เกิดความไม่แน่นอนของเวลาหน่วง การอ่านข้อมูลขณะมีการเปลี่ยนระดับลอจิกของขาขึ้นจะเป็นช่วง Data invalid ของ ADC ตัวนี้ทำให้เกิดการผิดพลาด ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการนำข้อมูลจาก ADC มาใช้งาน FPGA จะต้องอ่านข้อมูลในช่วงขอบขาลง เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของข้อมูลในช่วงนั้น

(2) ภาคอินเตอร์เฟซกับเซนเซอร์

ภาคอินเตอร์เฟซกับเซนเซอร์ เป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างชุดเซนเซอร์กับคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็นแบบใช้สาย และแบบไร้สาย ในการวิจัยนี้ใช้การสื่อสารแบบใช้สายโดยระบบบัส USB

(3) ภาคประมวลผล

ในงานวิจัยเครื่องมือวัดเสมือนครั้งนี้ใช้ FPGA เบอร์ XC3S400PQ208 เป็นรุ่นที่มีเกตที่ใช้งานได้ 400,000 เกต และสามารถบรรจุไมโครโปรเซสเซอร์ไว้ภายในตัวได้ เพื่อให้สามารถพัฒนาวงจรในส่วนดิจิทัลของเครื่องมือวัดเสมือนโดยไม่มีข้อจำกัด

FPGA ที่เลือกใช้เป็นหมายเลข XC3S400 ซึ่งเป็นตัวถังแบบ PQ208 มีขา รอบตัวจำนวน 208 ขา มีจำหน่ายในประเทศลักษณะชิปเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความกว้างด้านละ 3 เซนติเมตร สามารถบัดกรีได้เองโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่สลับซับซ้อน อีกทั้งมีระยะห่างระหว่างขาที่เหมาะสม ไม่เกินความสามารถของบริษัทรับผลิตแผงวงจรภายในประเทศ จากความสามารถของ FPGA เบอร์นี้ ทำให้สามารถบรรจุไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 หรือ 32 บิตไว้บนชิป FPGA ได้ โดยใช้เครื่องมือของบริษัทผู้ผลิตชิป เนื่องจาก FPGA มีโครงสร้างภายในสำหรับเก็บวงจรที่เป็น static RAM เมื่อหยุดจ่ายไฟเลี้ยง วงจรที่บรรจุอยู่ภายในก็จะหายไปด้วย ซึ่งการบรรจุวงจรเข้าไปใน FPGA เรียกว่า การกำหนดการทำงาน (configuration) ให้กับ FPGA สามารถทำได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การโหลดเข้าทางพอร์ต JTAG และการโหลดจาก EEPROM ทั้งแบบอนุกรมและขนานที่ต่ออยู่กับ FPGA ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ EEPROM แบบอนุกรมเพื่อเก็บข้อกำหนดเริ่มต้นการทำงานให้ FPGA

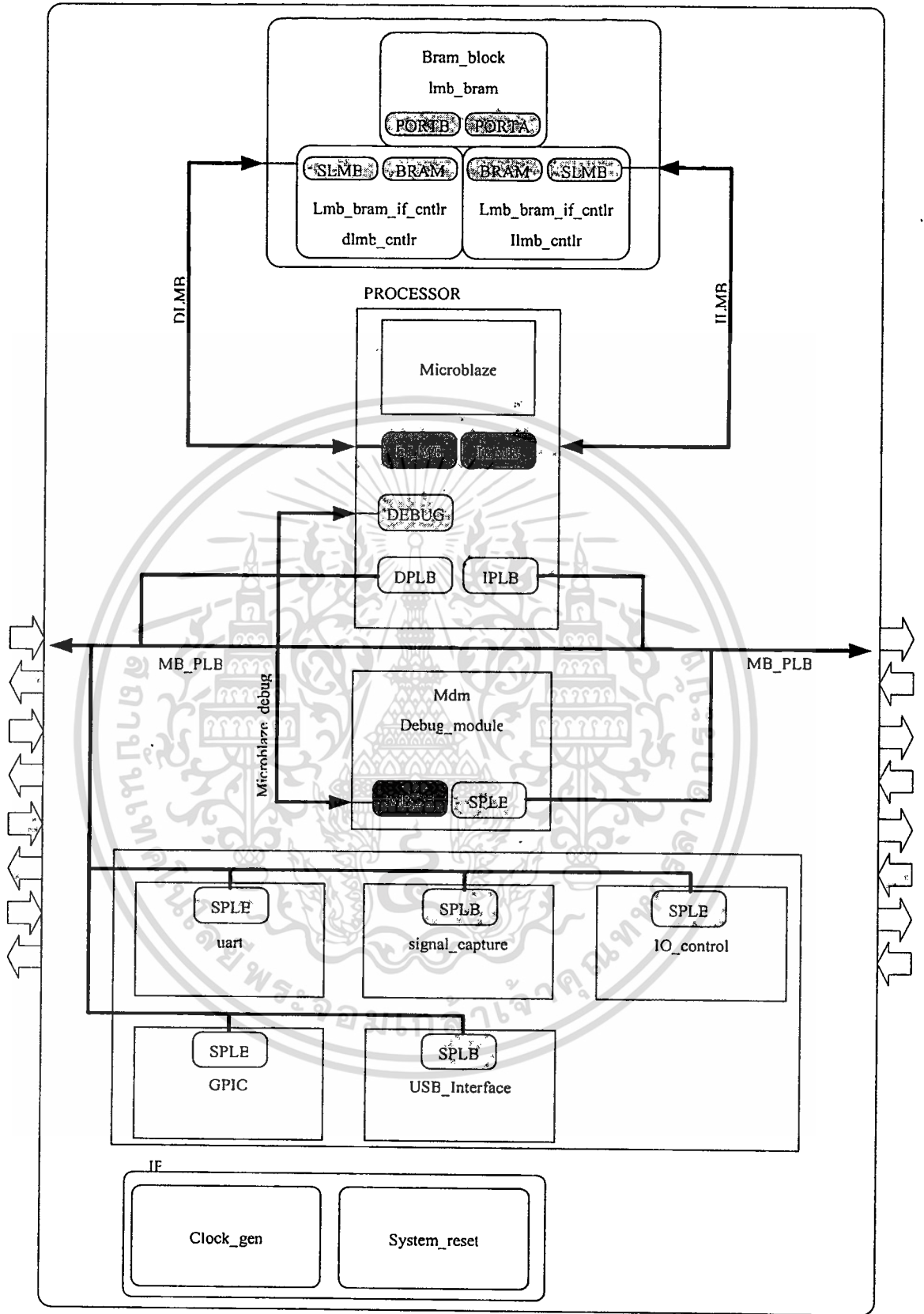
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะถูกโหลดเข้าไปภายใน FPGA ทุกครั้งที่เริ่มจ่ายไฟให้กับออสซิลโลสโคป แต่ในขณะที่ออกแบบและทดลองเบื้องต้นจะใช้ JTAG เป็นหลัก เนื่องจากสามารถแก้ไขวงจรได้รวดเร็วกว่าโดยสามารถดาวน์โหลดทาง JTAG ภายใน 3 วินาที ขณะที่การล้าง (erase) และบันทึกโปรแกรม (program) ลงบน EEPROM จะใช้เวลาประมาณ 2 นาที

ภาคประมวลผลผู้วิจัยใช้วิธีการเพิ่มไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฝังตัวลงใน FPGA โดยใช้ soft embedded microcontroller บน FPGA เพียงอย่างเดียว ผู้วิจัยได้พัฒนา custom IP-core ที่สำคัญและจำเป็นต่อการทำงานของระบบเป็นจำนวน 4 ตัวได้แก่

1. IP-core สำหรับการสื่อสารกับ PC ผ่านบัส USB
2. IP-core สำหรับควบคุมอินพุต-เอาต์พุตทั้งหมด
3. IP-core สำหรับหารความถี่เพื่อสร้างฐานเวลาในการสุ่มเก็บข้อมูลในย่าน TIMES/DIV ต่างๆ
4. IP-core สำหรับการสุ่มตัวอย่างสัญญาณมาเก็บในหน่วยความจำเพื่อรอส่งต่อให้ PC ผ่านบัส USB

เนื่องจาก Microblaze เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิต จึงทำให้สามารถต่อวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่มีความกว้างบัสข้อมูลขนาด 8 บิต ทั้ง 2 ช่องได้บนพอร์ตเดียวกัน และด้วยสมรรถนะของหน่วยความจำแรมภายใน FPGA ที่มีความเร็วสูงมาก ทำให้ได้รับผลการทดสอบว่าสามารถแปลงสัญญาณทั้ง 2 ช่องพร้อมกันที่ความเร็วสูงกว่า 10 MHz ซึ่งได้แสดงสถาปัตยกรรมของระบบที่ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3.6

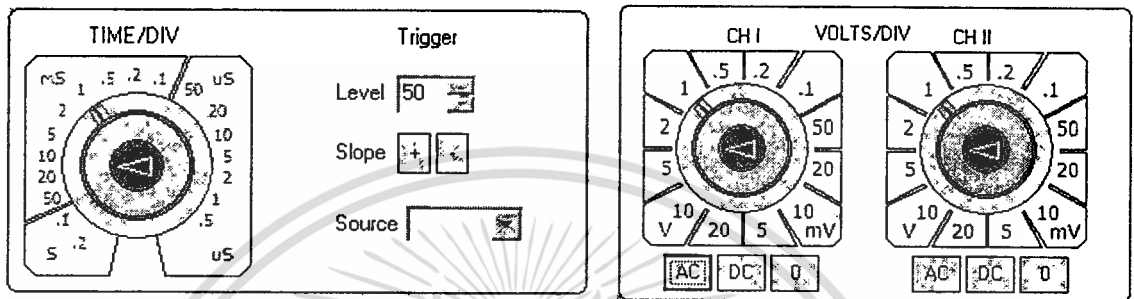


ภาพที่ 3.6 สถาปัตยกรรมของ Microblaze ที่ออกแบบใน EDK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ภาคอินเตอร์เฟสกับผู้ใช้ แสดงผลและควบคุม

ในงานวิจัยเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบของปุ่มควบคุมด้านหน้าของเครื่องออสซิลโลสโคปในห้องทดลองและได้นำปุ่มของออสซิลโลสโคปยี่ห้อ HAMEG ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการทดลองมาเป็นต้นแบบดังภาพที่ 3.7



(ก) ปุ่มเลือกฐานเวลาในย่านวัดต่างๆ

(ข) ปุ่มเลือกย่านวัดแรงดัน

ภาพที่ 3.7 ส่วนติดต่อผู้ใช้ที่สร้างขึ้น

ขั้นตอนการออกแบบปุ่มเลือกย่านวัด เริ่มต้นจากการนำภาพของปุ่มกดมาวางในโปรแกรมแสดงภาพ โดยทั่วไปที่สามารถแสดงพิกัด(x, y) ของจุดยอดของเส้นต่างๆ บนปุ่มกด รวมทั้งจุดศูนย์กลางของวงกลม แล้วจัดบันทึกพิกัดนั้นเอาไว้ จากนั้นนำมาสร้างเป็นอาร์เรย์ในโปรแกรม (ที่เขียนด้วย Visual C++) เพื่อวาดภาพด้วยคำสั่ง Polygon และสร้างพื้นที่สี่เหลี่ยมล้อมรอบตัวเลขแสดงค่าย่านวัด (rect tracker) เพื่อตรวจสอบการกดปุ่มเลือกย่านวัดต่างๆ ใน DC สำหรับวาดภาพ ดังนั้นในการเลือกย่านวัดต่างๆ ผู้ใช้จะต้องกดที่ตัวเลขประจำย่านวัดเท่านั้น

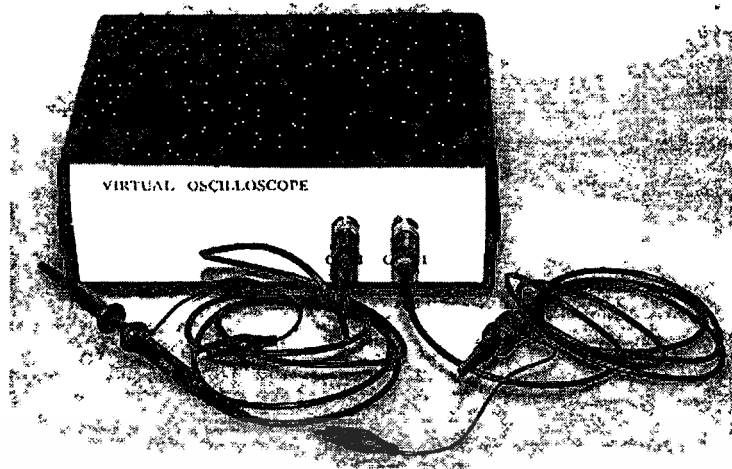
เมื่อทดลองใช้งานปุ่มควบคุมจนเป็นที่น่าพอใจแล้ว จึงนำโปรแกรมต้นฉบับ (source code) ที่ได้ไปสร้างเป็น custom control เพื่อให้สามารถสร้างปุ่มควบคุมย่านวัดได้ตามจำนวนที่ต้องการ ตรงกับหลักการนำกลับมาใช้ใหม่ (re use) ในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบปุ่มควบคุม 2 ตัวคือ ปุ่มเลือกย่านเวลาและปุ่มเลือกย่านวัดแรงดัน นอกจากแสดงผลโดยการชี้ลูกศรไปยังย่านวัดที่ผู้ใช้เลือกได้ตามต้องการแล้ว ปุ่มควบคุมนี้สามารถกระตุ้น (trigger) ให้โปรแกรมหลักส่งคำสั่งเปลี่ยนแปลงย่านวัดไปยังฮาร์ดแวร์ได้ในทันทีอีกด้วย

(5) ประกอบวงจรเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์

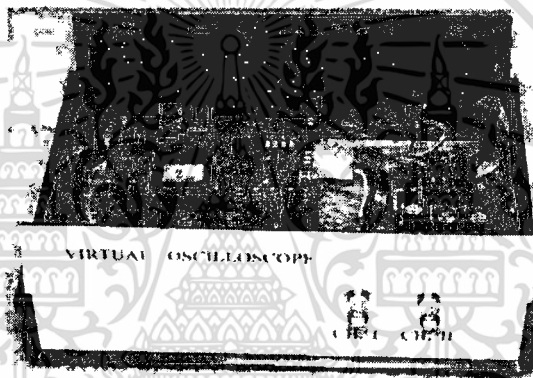
เบื้องต้น

เมื่อออกแบบวงจรส่วนต่างๆ เรียบร้อยแล้วก็นำมาประกอบเข้าด้วยกัน ลงในกล่องเพื่อนำไปใช้หาคุณภาพต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 3.8 และภาพที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



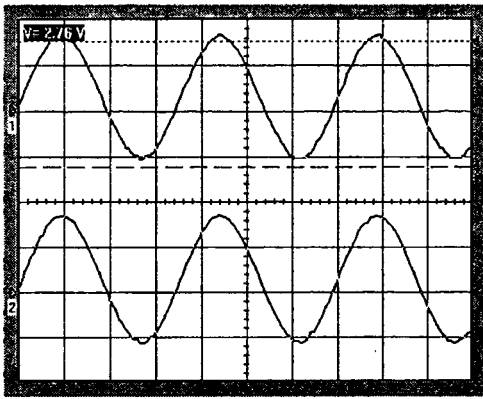
ภาพที่ 3.8 ภาพถ่ายเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



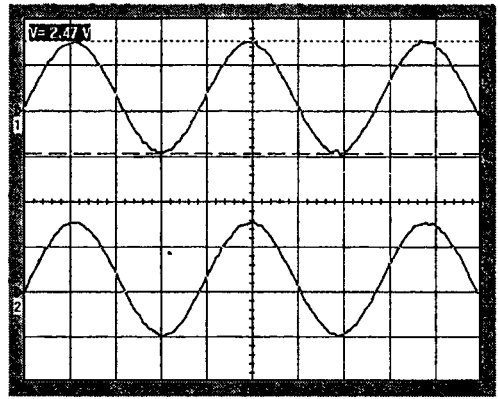
ภาพที่ 3.9 ภาพถ่ายภายในเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

(6) การทดลองวัดสัญญาณขนาดต่างๆ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในห้องทดลองเพื่อหาจุดบกพร่องและทำการแก้ไขให้เหมาะสม เมื่อทดลองป้อนสัญญาณแบบต่างๆ จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุตทั้งสองช่องของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อทดสอบความสามารถในการวัดสัญญาณที่มีแรงดัน ความถี่เท่ากัน ปรากฏว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นสามารถแสดงผลการวัด โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางเวลาที่ตรงกันทั้ง 2 ช่อง ดังภาพ 3.10 ถึง 3.12



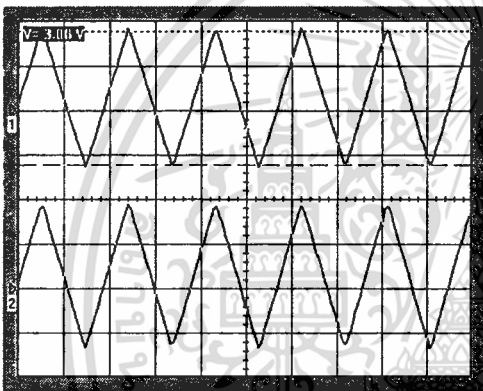
TIME/DIV = 0.5 ms



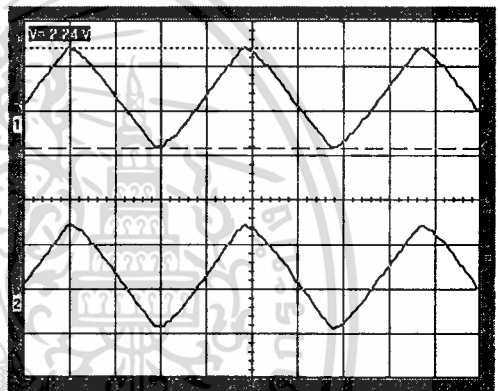
TIME/DIV = 10 μs

CHI VOLTS/DIV = 1V CHII VOLTS/DIV = 1V CHI VOLTS/DIV = 1V CHII VOLTS/DIV = 1V

ภาพที่ 3.10 การวัดสัญญาณรูปไซน์ที่ความถี่ต่างๆ



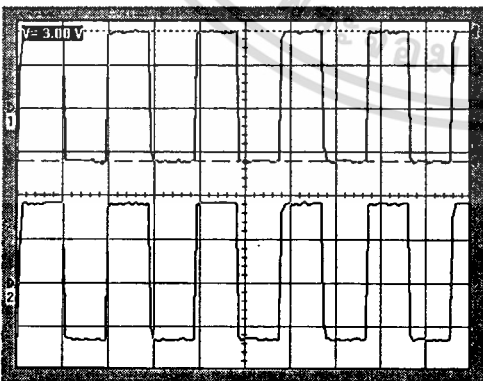
TIME/DIV = 0.5 ms



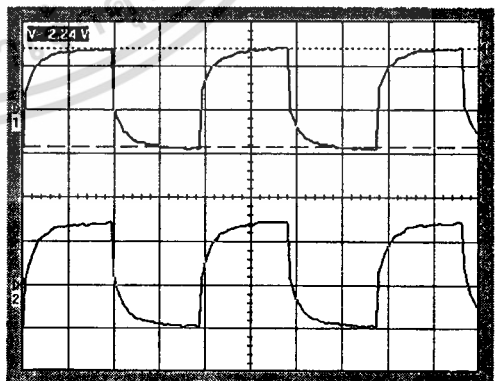
TIME/DIV = 10 μs

CHI VOLTS/DIV = 1V CHII VOLTS/DIV = 1V CHI VOLTS/DIV = 1V CHII VOLTS/DIV = 1V

ภาพที่ 3.11 การวัดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ



TIME/DIV = 0.5 ms



TIME/DIV = 10 μs

CHI VOLTS/DIV = 1V CHII VOLTS/DIV = 1V CHI VOLTS/DIV = 1V CHII VOLTS/DIV = 1V

ภาพที่ 3.12 การวัดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่วัดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ.) และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการวัดความถี่และแรงดัน โดยใช้สูตร (ศักรินทร์ โสนันทะ. 2545)

$$\%Error = \left| \frac{X_t - X_m}{X_t} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

เมื่อ %Error หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

X_t หมายถึง ค่าจริง

X_m หมายถึง ค่าที่วัดได้

ผลการทดสอบเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นในห้องทดลองพบว่า สามารถวัดสัญญาณได้ดีในช่วงความถี่ไม่เกิน 10 kHz โดยมีค่าความผิดพลาดในการวัดความถี่เฉลี่ย 2.64 % และค่าความผิดพลาดในการวัดระดับแรงดันเฉลี่ย 4.48 % (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฉ. ตารางที่ ฉ.10)

3.3.1.6 นำเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ไปใช้กับใบงานรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เรื่องวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (อดุลย์ กัลยาแก้ว. 2546) และใช้กับใบงานรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เรื่องวงจร RL อนุกรม วงจร RC อนุกรม วงจร RLC อนุกรม วงจร RL ขนาน วงจร RC ขนาน และวงจร RLC ขนาน (ประพันธ์ พิพัฒน์สุข และอดุลย์ กัลยาแก้ว. 2545) โดยการวัดสัญญาณเปรียบเทียบกับการใช้ดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 (รูปคลื่นที่วัดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.) ผลการเปรียบเทียบพบว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นสามารถวัดสัญญาณได้เหมือนและได้ค่าใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปจริง

3.3.1.7 นำเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพเบื้องต้นของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ดังนี้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. ผศ.ดร.เสถียร ธัญศรีรัตน์ | อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการ
วัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยี ปทุมวัน |
| 2 ผศ.โกศล ตราชู | อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์
วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 3. อาจารย์อาคม มณีคันโท | อาจารย์ประจำภาควิชาไฟฟ้า
อุตสาหกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 4. นางสุภารัตน์ ปรีชาธนะสุภักดิ์ | ครูชำนาญการ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี |
| 5. นางสาวอุไร ทองคำ | ผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์เครื่องมือวัด
และทดสอบ บริษัทแสงชัยมิเตอร์
จำกัด |

ทำการประเมินเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้น ซึ่งเป็นข้อมูลชนิดเลือกตอบและกำหนดระดับคุณภาพเป็นค่าให้น้ำหนักคะแนนระดับคุณภาพ 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ (กาญจนา วัฒนาย. 2545)

- 5 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ดีมาก
- 4 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ดี
- 3 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ปานกลาง
- 2 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม น้อย
- 1 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ ควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินคุณภาพเบื้องต้นของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในการแสดงผลดังนี้

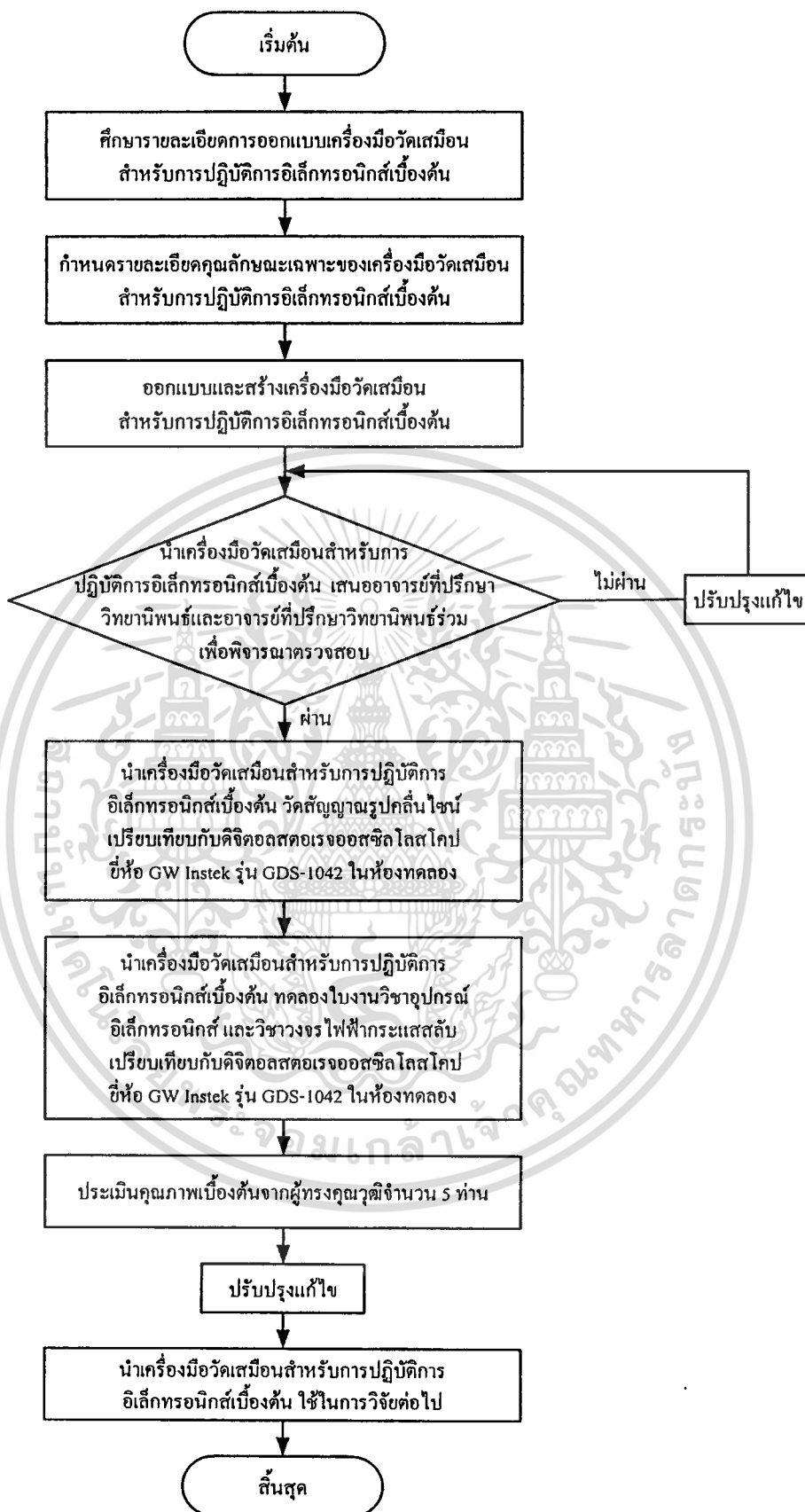
4.50 – 5.00	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
3.50 – 4.49	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี
2.50 – 3.49	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.49	หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่ใช้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป จึงถือว่ามีคุณภาพ(บุญเลี้ยง อบแสงทอง. 2544 : 46)

3.3.1.8 วิเคราะห์หาคุณภาพเบื้องต้นของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จากผลการประเมินคุณภาพเบื้องต้นของผู้ทรงคุณวุฒิจากขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ ก่อนนำไปให้กลุ่มตัวอย่างทางด้านการนำไปใช้ประเมินต่อไป

จากผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ คิดเป็นค่าเฉลี่ย คือ 4.44 อยู่ในเกณฑ์ระดับ ดี แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิ เห็นว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีสามารถนำไปใช้ในการวิจัยต่อไปได้ (แสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ค.4)

3.3.1.9 จากขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 แผนผังขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.2.1 ศึกษารายละเอียดการออกแบบและสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.3.2.2 ทำการกำหนดหัวข้อในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.3.2.3 ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อทำการตรวจสอบแก้ไข

3.3.2.4 นำแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิตามข้อ 3.2.1.6 จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบเพื่อหาความสอดคล้อง ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบประเมินคุณภาพสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบประเมินคุณภาพสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบประเมินคุณภาพไม่สอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ

นำผลการพิจารณาแต่ละรายการของผู้ทรงคุณวุฒิไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการในแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับด้านที่ต้องการหา

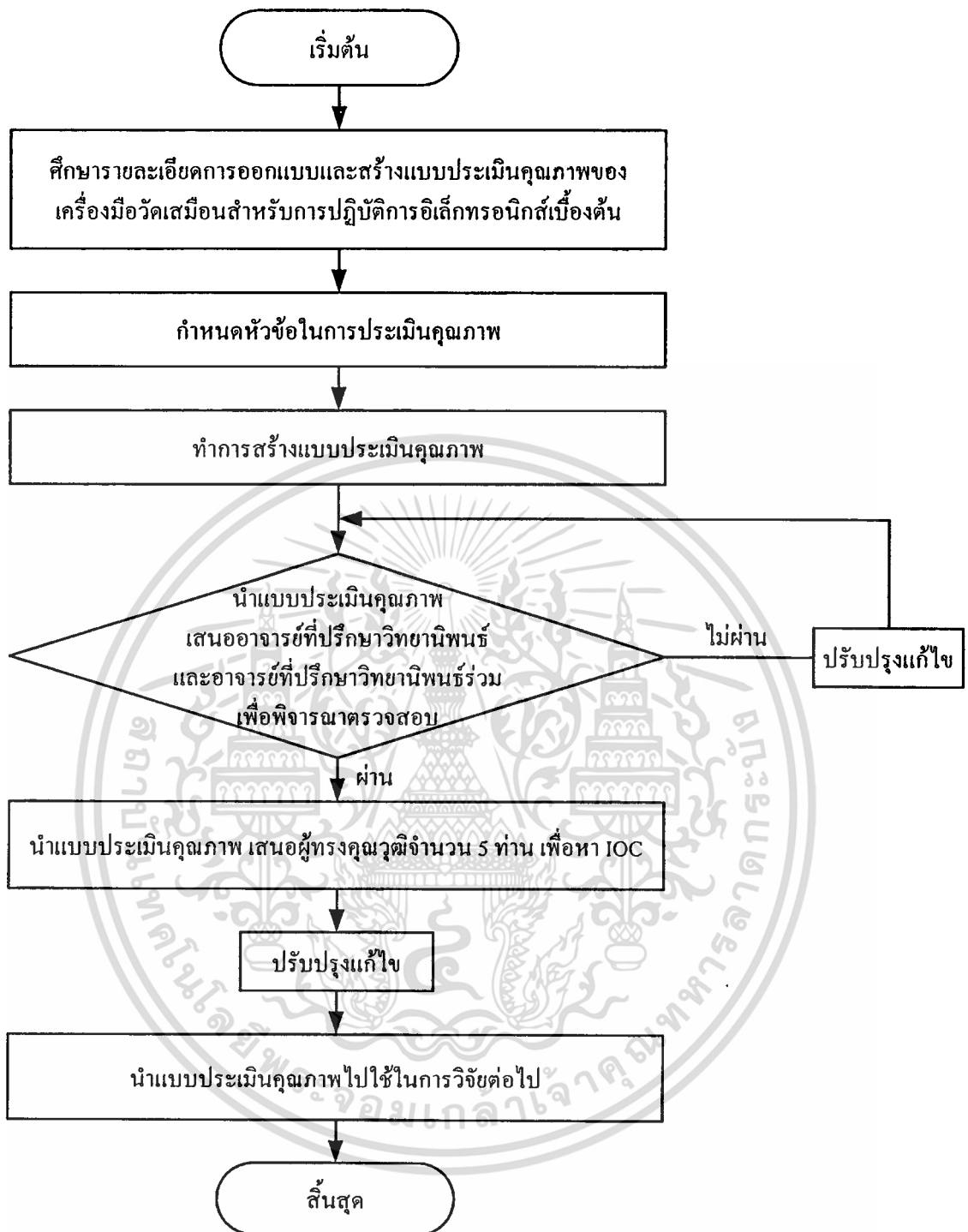
ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพได้ผลดังนี้

IOC มีค่าเท่ากับ 1 จำนวน 5 รายการ

IOC มีค่าเท่ากับ 0.8 จำนวน 5 รายการ

จากผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินคุณภาพกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ ทุกรายการมี IOC มากกว่า 0.5 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เห็นว่าแบบประเมินคุณภาพมีความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ สามารถนำไปประเมินเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (แสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ค.1)

3.3.2.5 จากขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ตามแผนผังในรูปที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือน

สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.3.1 ศึกษารายละเอียดการออกแบบและสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.3.3.2 ทำการกำหนดหัวข้อในการสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.3.3.3 ทำการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อทำการตรวจสอบแก้ไข

3.3.3.4 นำแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิตามข้อ 3.2.1.6 จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบเพื่อหาความสอดคล้อง ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบความสอดคล้องกับด้านที่ต้องการความคิดเห็น โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบสอบถามสอดคล้องกับด้านที่ต้องการความคิดเห็น

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบสอบถามสอดคล้องกับด้านที่ต้องการความคิดเห็น

-1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบสอบถามไม่สอดคล้องกับด้านที่ต้องการความคิดเห็น

นำผลการพิจารณาแต่ละรายการของผู้ทรงคุณวุฒิไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการในแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับด้านที่ต้องการความคิดเห็น

ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานกับด้านการนำไปใช้งาน สำหรับครู

IOC	มีค่าเท่ากับ	1	จำนวน	8	รายการ
IOC	มีค่าเท่ากับ	0.8	จำนวน	2	รายการ

ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานกับด้านการนำไปใช้งาน สำหรับนักเรียน

IOC	มีค่าเท่ากับ	1	จำนวน	8	รายการ
IOC	มีค่าเท่ากับ	0.8	จำนวน	2	รายการ

ผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานกับด้านการนำไปใช้งานทุกรายการมี IOC มากกว่า 0.5 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นว่าแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานมีความสอดคล้องกับด้านการนำไปใช้งาน สามารถนำไปสอบถามเพื่อหาความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งาน ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (แสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ค.2 และ ค.3)

3.3.3.5 จากขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ตามแผนผังในรูปที่ 3.16

นอกจากนี้ผู้ทรงคุณวุฒิ ยังได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

(1) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ควรปรับปรุงให้มีปุ่มเลือก TIME/DIV และ VOLTS/DIV ที่เหมือนออสมิลโคสโคปจริง

(2) ควรปรับปรุงวงจรขยายสัญญาณให้มีแบนด์วิดท์ที่สูงขึ้น เพื่อให้วัดสัญญาณที่มีความถี่สูงขึ้นได้

(3) ส่วนของแบบสอบถามระหว่างของครูกับนักเรียน ควรแยกประเด็นคำถาม โดยครูให้เน้นที่การจัดเตรียมเครื่องมือ ความเหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนการสอน ส่วนนักเรียนให้เน้นความเข้าใจต่อเครื่องมือ ความเข้าใจในการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งาน

3.4 วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือของความอนุเคราะห์ในการวิจัยแก่กลุ่มตัวอย่าง

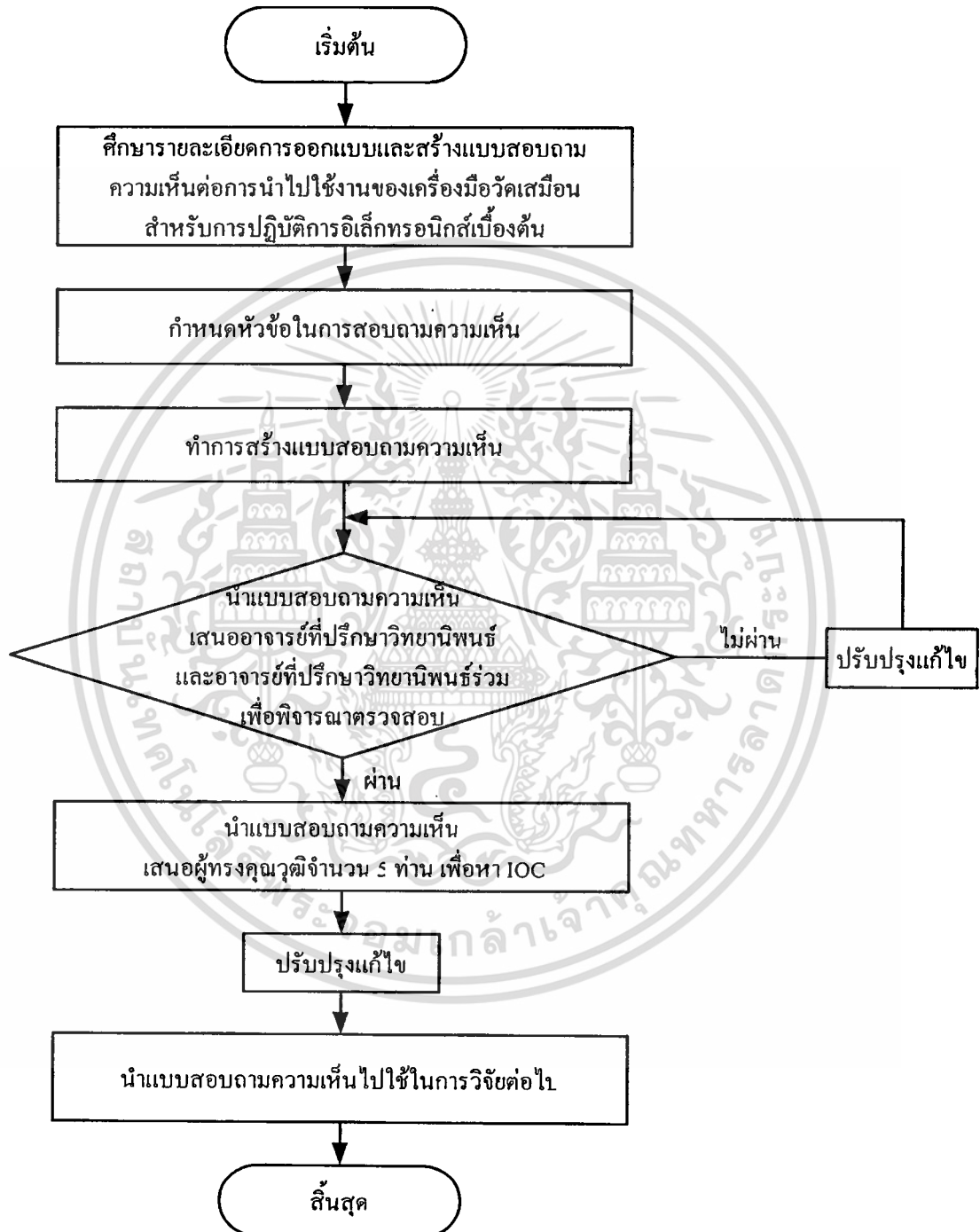
3.4.2 ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปติดต่อกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอความอนุเคราะห์และนัดหมายในการทำวิจัย

3.4.3 นำเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และแบบประเมินคุณภาพ และแบบสอบถามความคิดเห็นไปให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้และประเมินคุณภาพ พร้อมตอบแบบสอบถามความคิดเห็น

3.4.4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเข้าไปชี้แจงรายละเอียดต่างๆ กับกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง เพื่อขอความสมัครใจในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งาน โดยนำหนังสือที่ทางคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกให้ร่วมกับเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และแบบสอบถามความคิดเห็นให้กลุ่มตัวอย่างทดลอง หลังจากนั้นทำการเก็บรวบรวมแบบประเมินคุณภาพเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติได้ผลลัพธ์ออกมาจึงนำไปเขียนและแปลผล และเขียนรายงานการวิจัยต่อไป



ภาพที่ 3.16 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็น

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยนำเอาผลการประเมินคุณภาพของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แล้วนำผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งาน จำนวน 104 คน (ครู จำนวน 24 คน และนักเรียน จำนวน 80 คน) มาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยมีหลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- | | | |
|---|---------|--|
| 5 | หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯมีความเหมาะสม ดีมาก |
| 4 | หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯมีความเหมาะสม ดี |
| 3 | หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯมีความเหมาะสม ปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯมีความเหมาะสม น้อย |
| 1 | หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ ควรปรับปรุง |

การกำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในการแสดงผลมีดังนี้

- | | | |
|-------------|---------|--------------------------------|
| 4.50 – 5.00 | หมายถึง | มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก |
| 3.50 – 4.49 | หมายถึง | มีคุณภาพอยู่ในระดับดี |
| 2.50 – 3.49 | หมายถึง | มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง |
| 1.50 – 2.49 | หมายถึง | มีคุณภาพอยู่ในระดับน้อย |
| 1.00 – 1.49 | หมายถึง | มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง |

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่ใช้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่ามีความคุณภาพ (บุญเลี้ยง อบแสงทอง. 2544 : 46)

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 สถิติที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย

การหาค่าเฉลี่ย (กาญจนา วัฒายุ. 2545 : 106)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ	\bar{X}	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
	X	หมายถึง	ค่าคะแนนของแต่ละคน
	$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	หมายถึง	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) บอกถึงระดับความคิดเห็นเฉลี่ยของผู้ตอบว่าอยู่ในระดับใด ทั้งนี้ใช้เกณฑ์บอกระดับความคิดเห็นเสนอแนะโดย JOHN W. BEST (อ้างใน กาญจนา วัฒายุ. 2545 : 161) ดังนี้

ถ้าค่าเฉลี่ย (\bar{X}) = 4.50 – 5.00	หมายถึง	ระดับดีมาก
ถ้าค่าเฉลี่ย (\bar{X}) = 3.50 – 4.49	หมายถึง	ระดับดี
ถ้าค่าเฉลี่ย (\bar{X}) = 2.50 – 3.49	หมายถึง	ระดับปานกลาง
ถ้าค่าเฉลี่ย (\bar{X}) = 1.50 – 2.49	หมายถึง	ระดับน้อย
ถ้าค่าเฉลี่ย (\bar{X}) = 1.00 – 1.49	หมายถึง	ระดับน้อยที่สุดควรปรับปรุง

3.6.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.)

สถิติที่ใช้ในการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) (กาญจนา วัฒายุ. 2545 : 112)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (3.3)$$

เมื่อ	S.D.	หมายถึง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนน
	$\sum X^2$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนแต่ละคน ยกกำลังสองทีละตัว
	N	หมายถึง	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) บอกความคิดเห็นที่คล้ายตามกันหรือแตกต่างกัน (กาญจนา วัฒยา. 2545 : 162) ถ้าค่า S.D. มีค่าตั้งแต่ 1.00 ขึ้นไป แสดงว่ารายการสอบถามนั้นผู้ตอบมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน แต่ถ้าค่า S.D. มีค่าต่ำกว่า 1.00 ลงมา แสดงว่ารายการสอบถามนั้นผู้ตอบมีความคิดเห็นคล้ายตามกัน ถ้าค่า S.D. มีค่า 0 แสดงว่ารายการสอบถามนั้นผู้ตอบมีความคิดเห็นเหมือนกันทุกคน

3.6.3 การหาค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของแบบทดสอบ

สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของแบบทดสอบ IOC (Index of Objective Congruency) หรือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแบบสอบถามที่ใช้ได้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2538 : 88)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.4)$$

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

การให้คะแนนเป็นดังนี้

- +1 มีความคิดเห็นว่าแบบทดสอบสอดคล้องตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้
- 0 ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบข้อนั้นสอดคล้องตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือไม่
- 1 มีความคิดเห็นว่าแบบทดสอบข้อนั้นไม่สอดคล้องตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ค่าดัชนี IOC มีความหมายดังนี้

$IOC > 0.5$ หมายถึง มีความสอดคล้อง

$IOC \leq 0.5$ หมายถึง ไม่มีความสอดคล้อง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น การหาคุณภาพ และการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยให้กลุ่มตัวอย่างประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และผู้ใช้งานตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติ และเสนอผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

4.2 ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

4.1 ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยของแต่ละข้อ และค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดได้ค่าคุณภาพดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

รายการประเมิน	ค่า \bar{X}	ค่า S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ลักษณะทางฮาร์ดแวร์			
1.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เหมาะสม	4.83	0.38	ดีมาก
1.2 โครงสร้างไม่ซับซ้อน	4.66	0.48	ดีมาก
1.3 วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อง่าย	4.33	0.86	ดี
1.4 วัสดุมีความคงทน	4.16	0.70	ดี
1.5 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม	4.91	0.28	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยลักษณะทางฮาร์ดแวร์	4.58	0.64	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่า \bar{X}	ค่า S.D.	ระดับคุณภาพ
2. ลักษณะทางซอฟต์แวร์			
2.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน	4.75	0.53	ดีมาก
2.2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจ	4.62	0.57	ดีมาก
2.3 การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน	4.58	0.58	ดีมาก
2.4 ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน	4.70	0.55	ดีมาก
2.5 ฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน	4.50	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยลักษณะทางซอฟต์แวร์	4.63	0.56	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.60	0.60	ดีมาก

สรุประดับการประเมินคุณภาพของกลุ่มตัวอย่างต่อเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดีคือมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 3.50 ขึ้นไปดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยหากพิจารณาตามระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน ในแต่ละด้านเป็นดังนี้ ด้านลักษณะทางฮาร์ดแวร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 คุณภาพด้านลักษณะทางฮาร์ดแวร์อยู่ในระดับดีมาก ด้านลักษณะทางซอฟต์แวร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 คุณภาพด้านลักษณะทางซอฟต์แวร์อยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาทั้งสองด้านมีค่าเฉลี่ย 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 แสดงว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังได้ให้ข้อเสนอแนะต่อเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเพิ่มเติมซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

- ควรมีฟังก์ชันสำหรับการอ่านค่าความถี่ เพื่อให้สามารถอ่านค่าความถี่ได้ง่ายขึ้น
- ควรปรับขนาดของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้ง่ายในการใช้งานและการเก็บรักษา
- ควรปรับปรุงเรื่องสัญญาณรบกวน เนื่องจากการวัดสัญญาณในบางความถี่มีสัญญาณรบกวนทำให้อ่านค่าได้ยาก

4.2 ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

การสอบถามความคิดเห็นด้านการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จากผู้ใช้งาน จำนวน 104 คน ซึ่งประกอบด้วยครูผู้สอนจำนวน 24 คน และนักเรียน จำนวน 80 คน ผลการสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยใช้สถิติหาค่าเฉลี่ยของแต่ละข้อ และค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดได้ ผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งาน ดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 การสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นตามระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน

รายการ	ค่า \bar{X}	ค่า S.D.	สรุปความคิดเห็น
1. ความสะดวกในการจัดเตรียมชุดทดลอง	4.45	0.50	ดี
2. ฟังก์ชันการใช้งานครบถ้วน	4.29	0.62	ดี
3. ความสะดวกในการใช้งาน	4.41	0.50	ดี
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง	4.45	0.50	ดี
5. การบันทึกผลการทดลองมีความสะดวก	4.70	0.55	ดีมาก
6. มีความปลอดภัยในขณะการใช้งาน	4.87	0.44	ดีมาก
7. ความสะดวกในการบำรุงรักษา	4.58	0.58	ดีมาก
8. อุปกรณ์จัดหาได้ง่าย	4.16	0.63	ดี
9. ราคาเหมาะสม	4.33	0.48	ดี
10. ใช้ประกอบการเรียนตามหลักสูตรได้อย่างเหมาะสม	4.79	0.41	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.50	0.56	ดีมาก

สรุประดับความคิดเห็นผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดีคือมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 3.50 ขึ้นไปดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยหากสรุปคะแนนรวมทั้งหมด ตามระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นครูผู้สอน จำนวน 24 คน มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 แสดงว่าผู้ใช้งาน มีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.3 การสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ตามระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน

รายการ	ค่า \bar{X}	ค่า S.D.	สรุปความคิดเห็น
1. เข้าใจลำดับการเชื่อมต่อเครื่องมือ	3.78	0.44	ดี
2. เข้าใจวิธีการติดตั้งโปรแกรม	3.90	0.82	ดี
3. ใช้งานง่าย ไม่สับสน	4.28	0.81	ดี
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง	4.45	0.63	ดี
5. แปลผลการทดลองได้ง่าย	4.42	0.67	ดี
6. การบันทึกผลการทดลองทำได้สะดวกรวดเร็ว	4.76	0.50	ดีมาก
7. รายงานผลการทดลองในใบงานได้สะดวก	4.41	0.63	ดี
8. ช่วยให้เข้าใจการใช้เครื่องมือวัดได้ดียิ่งขึ้น	4.28	0.62	ดี
9. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.52	0.61	ดีมาก
10. ระดับความพึงพอใจต่อชุดเครื่องมือวัด	4.52	0.61	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.33	0.70	ดี

สรุประดับความคิดเห็นผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดีที่มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 3.50 ขึ้นไปดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยหากสรุปคะแนนรวมทั้งหมด ตามระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นนักเรียน จำนวน 80 คน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70 แสดงว่าผู้ใช้งาน มีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นอยู่ในระดับดี

นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

- สามารถวัดค่าความถี่ได้อัตโนมัติ ย่านของแรงดันอยู่ในช่วงใช้งานหลักๆ ยังมีการผิดพลาดอยู่บ้าง
- ควรที่จะปรับปรุงหน้าจอแสดงผลให้ดีขึ้นกว่าเดิม ดึงดูดความสนใจมากกว่านี้ และทำปุ่มฟังก์ชันต่างๆ เพิ่มมากขึ้น
- เป็นชุดฝึกที่เหมาะสมกับการใช้ประกอบการสอนในระดับชั้น ปวช. และใช้เวลาในการทดลองรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมที่ใช้ไม่ซับซ้อนมีความเหมาะสมต่อสภาพในการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน หากใช้ชุดออกสซิลโลสโคปราคาประหยัดในการจัดการศึกษา จะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนงบประมาณช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของการศึกษายิ่งขึ้น

- เป็นอุปกรณ์ที่ดี ถ้าในอนาคตมีการพัฒนาจนสามารถให้ นักศึกษาอาชีพ ได้ใช้งานจะทำให้ นักศึกษาสะดวกและกล้าที่จะทดลองวงจรมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น การหาคุณภาพ และศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยกลุ่มตัวอย่างประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และผู้ใช้งานตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งาน โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 5.1.1 เพื่อสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- 5.1.2 เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- 5.1.3 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

5.2 สมมติฐานในการวิจัย

คุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้ในการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นได้ คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง อยู่ในระดับดี หรือมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.5 ขึ้นไป และความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดี หรือมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.5 ขึ้นไป

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ครูที่ทำหน้าที่สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือเป็นผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัด ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในวิทยาลัยเทคนิคสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และนักเรียนสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในวิทยาลัยเทคนิคสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาเพื่อใช้ในการตอบ

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

5.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูที่ทำหน้าที่สอนในสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติการสอนหรือเป็นผู้ฝึกอบรมเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายจากวิทยาลัยเทคนิคในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากลุ่มภาคกลาง และภาคตะวันออก จำนวน 24 คน จาก 8 วิทยาลัยฯ ละ 3 คน และนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 80 คน จาก 8 วิทยาลัยฯ ละ 10 คน ดังนี้ คือ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงจันทบุรี วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคนครนายก วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี และวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

5.4.1 เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

5.4.2 แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

5.4.3 แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.5.1 ในการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณสมบัติโดยนำเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทดลองวัดสัญญาณรูปคลื่น ไซน์เปรียบเทียบกับการวัดด้วยดิจิตอลสโตนจอสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 (สามารถวัดความถี่ได้สูงสุด 4 MHz) โดยใช้สัญญาณเครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 500 kHz และ 1 MHz ซึ่งแต่ละความถี่จะกำหนดระดับแรงดันเพื่อทดสอบไว้ 4 ค่า คือ $0.5 V_{p-p}$, $1 V_{p-p}$, $5 V_{p-p}$ และ $10 V_{p-p}$ และหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการวัดความถี่และแรงดัน

5.5.2 ผู้วิจัยนำเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ไปทดลองวัดสัญญาณ ในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 3 ใบบาง คือ วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ และรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 6 ใบบาง คือ วงจร RL อนุกรม วงจร RC อนุกรม วงจร RLC อนุกรม วงจร RL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน 0.60 แสดงว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

5.6.4 ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นครูผู้สอน จำนวน 24 คน มีค่าเฉลี่ย 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 แสดงว่าผู้ใช้งานในกลุ่มของครูผู้สอน มีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดีมาก ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานซึ่งเป็นนักเรียน จำนวน 80 คน มีค่าเฉลี่ย 4.29 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71 แสดงว่าผู้ใช้งานในกลุ่มของนักเรียนมีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดี

5.7 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทำให้ได้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งเป็นออสซิลโลสโคป แสดงผลบนคอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบกับเครื่องดิจิทัลสโคปเรจออกออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 พบว่าสามารถวัดสัญญาณได้ดีในช่วงความถี่ไม่เกิน 10 kHz โดยมีค่าความผิดพลาดในการวัดความถี่เฉลี่ย 2.64 % และค่าความผิดพลาดในการวัดระดับแรงดันเฉลี่ย 4.48 % เมื่อนำไปทดลองใช้กับใบงานรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เรื่องวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ และใช้กับใบงานรายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เรื่องวงจร RL อนุกรม วงจร RC อนุกรม วงจร RLC อนุกรม วงจร RL ขนาน วงจร RC ขนาน และวงจร RLC ขนาน พบว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นสามารถวัดสัญญาณได้ใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปจริง

ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดยกลุ่มตัวอย่างนั้น ใช้สถิติหาค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อของคุณลักษณะของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และค่าเฉลี่ยรวมของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จึงได้ค่าคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ซึ่งผู้วิจัยได้มีคำถามจำนวน 10 ข้อ โดยแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ลักษณะทางฮาร์ดแวร์ และลักษณะทางซอฟต์แวร์

จากผลการวิจัยเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ลักษณะทางฮาร์ดแวร์มีค่าเฉลี่ย 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างเห็นว่าลักษณะทางฮาร์ดแวร์มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และเมื่อพิจารณารายข้อแล้วพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.28 ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ต USB ทำให้ง่ายต่อการเชื่อมต่อกับ

คอมพิวเตอร์ ข้อที่มีคะแนนสูงเป็นอันดับสองคือ การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์เหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.83 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38 เนื่องจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผู้วิจัยได้ออกแบบจัดวางอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยเป็นแผงวงจรพิมพ์ 2 หน้า (plate through hole) และอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่เลือกใช้เป็นแบบอุปกรณ์ผิวหน้า (Surface mount devices) ซึ่งมีข้อดีคือ ขนาดกะทัดรัด ทำให้แผงวงจรมีขนาดเล็ก ส่วนข้อที่มีคะแนนต่ำที่สุดคือ วัสดุมีความคงทน มีค่าเฉลี่ย 4.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70 ซึ่งในเครื่องต้นแบบของงานวิจัยนี้ใช้กล่องซึ่งเป็นพลาสติกหน้าปัทม์ใช้กระดาษสติ๊กเกอร์พิมพ์ตัวอักษรแสดงชื่อของปุ่มแล้วปิดทับด้วยสติ๊กเกอร์ใส ทำให้ดูแล้วไม่คงทน

ลักษณะทางซอฟต์แวร์มีค่าเฉลี่ย 4.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างเห็นว่าลักษณะทางซอฟต์แวร์มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และเมื่อพิจารณารายข้อแล้วพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 ซึ่งพิจารณาการออกแบบหน้าจอจะมีรูปลักษณะสอดคล้องเครื่องมือวัดจริงที่ผู้ใช้มีความคุ้นเคยจึงทำให้ใช้งานได้ง่าย ส่วนข้อที่มีคะแนนต่ำสุดคือ ฟังก์ชันการใช้งานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ซึ่งเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่สร้างขึ้นนี้ยังไม่มีฟังก์ชันการอ่านค่าความถี่จากหน้าจอได้เช่นเดียวกับการอ่านค่าแรงดันซึ่งกลุ่มตัวอย่างต้องการให้สามารถอ่านค่าความถี่โดยตรงได้ด้วย

ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในกลุ่มของครูผู้สอนจำนวน 24 คน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ย 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 แสดงว่าผู้ใช้งานในกลุ่มของครูผู้สอน มีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณารายข้อแล้วพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ มีความปลอดภัยในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.87 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44 ซึ่งเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นใช้แหล่งจ่ายไฟตรงแรงดันต่ำ และมีการแยกกราวด์ในส่วนอินพุตของเครื่องมือวัด ข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุดคือ อุปกรณ์จัดหาได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าอุปกรณ์บางตัวไม่มีขายในประเทศต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ

ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ในกลุ่มของนักเรียน จำนวน 80 คน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ย 4.29 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 แสดงว่าผู้ใช้งานในกลุ่มของนักเรียน มีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณารายข้อแล้วพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ รายงานผลการทดลองทำได้สะดวกรวดเร็ว มีค่าเฉลี่ย 4.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 ซึ่งผู้เรียนสามารถคัดลอกภาพจากหน้าจอไปวางในเอกสารใบงานที่เป็นไฟล์ไมโครซอฟต์เวิร์ดได้ทันที ข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุดคือ เข้าใจวิธีการติดตั้งโปรแกรม มีค่าเฉลี่ย 3.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 ซึ่งการติดตั้งโปรแกรมมีขั้นตอนการคัดลอกโปรแกรมไปเก็บไว้ในโฟลเดอร์ที่ต้องสร้างขึ้น ต้องติดตั้งไดรเวอร์ให้กับเครื่องมือวัด และทำการติดต่อจากโปรแกรมของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทำให้ขั้นตอนการติดตั้งมีหลายขั้นตอนผู้ใช้ส่วนใหญ่ต้องการให้ติดตั้งเสร็จสิ้นในขั้นตอนเดียวเหมือนกับการติดตั้งโปรแกรมทั่วไป

5.8 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่สร้างขึ้นสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ผลการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และทดสอบเพื่อหาค่าความถูกต้องในการวัดและหาขีดความสามารถสูงสุดของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น พบว่ามันสามารถวัดสัญญาณได้ดีในช่วงความถี่ไม่เกิน 10 kHz โดยมีค่าความผิดพลาดในการวัดความถี่เฉลี่ย 2.64 % และค่าความผิดพลาดในการวัดระดับแรงดันเฉลี่ย 4.48 % เมื่อนำไปทดลองใช้กับใบงานวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร และวิชาวงจรไฟฟ้า พบว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นสามารถวัดสัญญาณได้ใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปจริง แสดงว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สามารถนำไปใช้สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพได้

เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่สร้างขึ้นได้ค่าเฉลี่ยของคุณภาพเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 แสดงว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาด้านต่างๆ พบว่ารายการที่ถูกประเมินอยู่ในระดับดีมาก คือ มีระดับคะแนนตั้งแต่ 4.50 ขึ้นไป พบในด้านลักษณะของฮาร์ดแวร์จำนวน 3 ข้อ คือ การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์เหมาะสม โครงสร้างไม่ซับซ้อน และการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม พบในด้านลักษณะทางซอฟต์แวร์จำนวน 5 ข้อ คือ การออกแบบหน้าจอมีความเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะดูน่าสนใจ การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน และฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน

ซึ่งสอดคล้องกับกรอบความคิดสถาปัตยกรรมของเครื่องมือวัดเสมือน (S.Sumathi and P.Surekha. 2007) การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์เหมาะสม โครงสร้างไม่ซับซ้อน และการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม ตรงกับหลักการภาคอินเตอร์เฟซกับเซนเซอร์ในงานวิจัยนี้ใช้การเชื่อมต่อแบบใช้สายโดยใช้พอร์ต USB เป็นการอินเตอร์เฟซ การออกแบบหน้าจอมีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่ายต่อการใช้งาน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะของกราฟิกที่เหมาะสม การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน และชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน ตรงกับแนวความคิดการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ส่วนแสดงผล และการควบคุมของเครื่องมือวัดเสมือน ของ S.Sumathi และ P.Surekha ซึ่งผู้ใช้สามารถเปลี่ยนย่านการวัดและสามารถแสดงผลการวัดได้ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมีระดับคะแนนเฉลี่ย 4.60 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.60 ซึ่งจากคะแนนเฉลี่ยที่ได้สรุปว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของสุนทร กิ่งสินธุ (2547 : บทคัดย่อ) เรื่องการพัฒนาชุดฝึกการเชื่อมต่อพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกการเชื่อมต่อพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพทางด้านเนื้อหาในระดับดีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46 และมีคุณภาพทางการผลิตสื่อในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.45 ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัย

สอดคล้องกับงานวิจัยของอนันศักดิ์ พงษ์เสถียรศักดิ์ (2548 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการวงจรคอมไบเนชันและซีแควนเชียลโดยใช้ CPLD โดยหาคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการวงจรคอมไบเนชันและซีแควนเชียลโดยใช้ CPLD ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี และใบงานการทดลองได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

และสอดคล้องกับงานวิจัยของจงเจริญ คุ้มบุญ (2550 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัล ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และหาคุณภาพด้านการนำไปใช้ของชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัลที่พัฒนาขึ้น โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญหรืออาจารย์ที่ทำการสอนในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ และเทคนิคคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จำนวน 10 คน ผลการวิจัย พบว่า ชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัลมีคุณภาพด้านการนำไปใช้งานอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31

ผู้วิจัยได้ศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวนสองกลุ่ม คือกลุ่มครูผู้สอนจำนวน 24 คน และกลุ่มนักเรียนจำนวน 80 คน และผลจากการศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มครูผู้สอน มีระดับคะแนนเฉลี่ย 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 ซึ่งจากคะแนนเฉลี่ยที่ได้สรุปว่าผู้ใช้งานในกลุ่มของครูผู้สอนมีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น อยู่

ในระดับดีมาก เนื่องจากผู้ใช้งานในกลุ่มของครูผู้สอน ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนตามหลักสูตรได้อย่างเหมาะสม และการบันทึกผลการทดลองทำได้สะดวก และผลจากการศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มนักเรียนมีระดับคะแนนเฉลี่ย 4.29 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ซึ่งจากคะแนนเฉลี่ยที่ได้สรุปว่าผู้ใช้งานในกลุ่มของนักเรียนมีความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดี เนื่องจากผู้ใช้งานในกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าการบันทึกผลการทดลองมีความสะดวกและรวดเร็ว ใช้งานง่าย และมีความปลอดภัยในการใช้งาน

5.9 ข้อเสนอแนะ

5.9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

5.9.1.1 เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวัดแรงดัน และรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้า ในการทดลองปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้

5.9.1.2 ใบงานที่นำมาใช้กับเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นควรเป็นเอกสารที่เก็บเป็นไฟล์เอกสารในคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นการประหยัดกระดาษ และทำให้นักศึกษาสามารถทำการบันทึกผลการทดลองได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เป็นการใช้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.9.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.9.2.1 การพัฒนาครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาให้เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ USB เพียงอย่างเดียวโดยการตัดรีเลย์ของย่านวัดแรงดันสูงๆ ออกไป แล้วใช้โพรบที่มีอัตราการลดทอน 10:1 แทน จะช่วยให้ลดพื้นที่บนแผงวงจรได้

5.9.2.2 พัฒนาโปรแกรมให้ทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่หลากหลายมากขึ้น เช่น Linux Unix หรือ Macintosh และพัฒนาให้เครื่องมือวัดเสมือนมีการเชื่อมต่อผ่านเส้นทางสื่อสารระยะไกล เช่น WIFI, WAN หรือ LAN เป็นต้น

5.9.2.3 พัฒนาโปรแกรมให้สามารถเก็บข้อมูลจากการวัดเก็บในฐานข้อมูลได้

5.9.2.4 เนื่องจากรูปลักษณะภายนอกจะช่วยดึงดูดความสนใจจากผู้ใช้นั้นควรพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ให้มีความน่าสนใจ พร้อมทั้งมีการปรับตั้งค่าต่างๆ ที่เหมือนกับเครื่องมือวัดจริง หากสามารถเปลี่ยนแปลงหน้าตาของโปรแกรมได้ตามรุ่นเครื่องมือวัดจริงต่างๆ ที่ผู้ใช้คุ้นเคยก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9.2.5 ควรใช้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนที่มีความสามารถในการวัดมากขึ้น เช่น สเปกตรัมของ สัญญาณ เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กาญจนา วัฒยา. 2545. การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา. กรุงเทพฯ : ธนพรการพิมพ์.
- โกศล ตราชู. 2549. ออสซิลโลสโคปเสมือน (Virtual Oscilloscope) สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน (อัดสำเนา). กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จงเจริญ คู่บุญ. 2550. การพัฒนาชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัล. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชำนาญ ปัญญาใส และวัชรกร หนูทอง. 2547. ภาษา VHDL สำหรับการออกแบบวงจรดิจิทัล. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- บอสตัน, ดับบลิว. 2543. การวัดและการทดสอบทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. แปลจาก Electrical and Electronic Measurement and Testing. โดย พิสมัย สุภัทรานนท์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2538. การประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- บุญเลียง อบแสงทอง. 2544. “บทเรียนโมดูล เรื่องการติดตั้งสายอากาศโทรทัศน์”. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษาและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประพันธ์ พิพัฒน์สุข และอดุลย์ กัลยาแก้ว. 2545. วงจรไฟฟ้า 2 (วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ). กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ.
- ยุทธนา ลีลาศวัฒน์กุล. 2546. คู่มือการเขียนโปรแกรมวินโดวส์ขั้นสูงด้วย Visual C++. กรุงเทพฯ : หจก.ไทยเจริญการพิมพ์.
- วรเทพ ไพบูลย์รัตนกร และบุญอนันต์ เกียงเอีย. มปท. สัมผัสโลก USB ด้วย Ezy USB Module. กรุงเทพฯ : แอสทรอน ลอจิก รีเสิร์ชแอนด์ดีเวลอปเมนต์.
- วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. 2545. ออปแอมป์และการประมวลผลสัญญาณอนาล็อก. กรุงเทพฯ : ว.เพ็ชรสกุล.
- วีระพันธ์ ดิษย์เสน และนภัทร วัจนเทพินทร์. 2546. ทฤษฎีเครื่องมือและการวัดทางไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.
- ศักรินทร์ โสนันตะ. 2545. เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ศิริพงษ์ เสากายน. 2546. การวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บூค พอยท์.

- สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. **รายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐาน** [online]. Available
URL: <http://bsq.vec.go.th/karu/karu.html>
- สุนทร ก้องสินธุ. 2547. **การพัฒนาชุดฝึกวงจรเชื่อมต่อพื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อดุลย์ กัลยาแก้ว. 2546. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.
- อนันศักดิ์ พงษ์เสถียรศักดิ์. 2548. **ชุดปฏิบัติการวงจรคอมไบเนชันและซีควเอนเชียลโดยใช้ CPLD**.
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง.
- C. Bhunia, S. Giri, S. Kar, S. Haldar and P. Purkait,. 2004. **A low-cost PC-based virtual
oscilloscope**. IEEE Transactions on Education. Vol. 47. pp. 295 – 299.
- MODBUS-IDA. 2002. **Modbus Serial Line Implementation Guide V1.0**. [online]. Available :
http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf.
- MODBUS-IDA. 2004. **MODBUS Protocol Specification**. [online]. Available :
http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1a.pdf.
- R.K. Adams. 1991. **The virtual oscilloscope: an impedance match to beginning ECE students**.
IEEE Transactions on Education. Vol. 34. pp. 350 – 356.
- S. Celma, A. Carlosena, and P.A. Martinez. 1992. **PC-based spectrum analyzer**. IEEE
Transactions on Education. Vol. 35. pp. 204 – 210.
- S. Ratre and K. Trachu. 2006. **Virtual Oscilloscope: Basic electronics laboratory**. KMITL
SCIENCE JOURNAL. Vol.6. pp. 209 – 214.
- S.Sumathi and P.Surekha. 2007. **LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems**.
New York : Springer-Verlag Berlin Heideberg.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์ อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายวิเชียร ทวีสุข รหัสประจำตัว 47065455 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ (The Development Of Virtual Instruments For Electronic Laboratory)” โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ รัตวี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงษ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2550

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ ๑๐ กันยายน พ.ศ. 2550

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มจาด)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1208 วันที่ 4 พฤษภาคม 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพเครื่องมือด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.โกศล ตราชู

ด้วย นายวิเชียร ทวีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์” โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงษ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพเครื่องมือนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายวิเชียร ทวีสุข มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบทแบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสเสกข์ ศรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04/ 1208

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

4 พฤษภาคม 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพเครื่องมือด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์อัครคม มณีตันโท

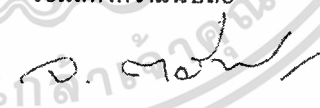
สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินคุณภาพด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

ด้วย นายวิเชียร ทวีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์” โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพเครื่องมือที่มีความถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายวิเชียร ทวีสุข มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศษ 0524.04/ 1246

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

6 พฤษภาคม 2552

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย

1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบประเมินคุณภาพเพื่อการวิจัย

ด้วย นายวิเชียร ทวีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์” โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2550 คณะกรรมการอุดมศึกษา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายวิเชียร ทวีสุข เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 1246

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลอมกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

6 พฤษภาคม 2552

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย

1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบประเมินคุณภาพเพื่อการวิจัย

ด้วย นายวิเชียร ทวีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราชตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2550 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายวิเชียร ทวีสุข เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จระเสกข์ ตริเมทสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศบ 0524.04/ 1246

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

6 พฤษภาคม 2552

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา


สิ่งที่ส่งมาด้วย

1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบประเมินคุณภาพเพื่อการวิจัย

ด้วย นายวิเชียร ทวีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์” โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราวรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2550 คณะกรรมการอุดมศึกษา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายวิเชียร ทวีสุข เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จระเสกข์ ศรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศษ 0524.04/ 1246

คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนลาดกองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

6 พฤษภาคม 2552

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงจันทนบุรีไทยอนุสรณ์

- สิ่งที่ส่งมาด้วย
1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
 2. แบบประเมินคุณภาพเพื่อการวิจัย

ด้วย นายวิเชียร ทวีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์” โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2550 คณะกรรมการอุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายวิเชียร ทวีสุข เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 1246

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

6 พฤษภาคม 2552

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย


เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคนครนายก

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบประเมินคุณภาพเพื่อการวิจัย

ด้วย นายวิเชียร ทวีสุข นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์” โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ศศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2550 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายวิเชียร ทวีสุข เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จระเสกข์ ศรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบประเมินกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน
2. ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน ของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน
3. ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน ของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน
4. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้นตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS
5. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS
6. ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS
7. ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบประเมินกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ
ของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย (IOC)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ลักษณะทางฮาร์ดแวร์							
1.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1
1.2 โครงสร้างไม่ซับซ้อน	1	0	1	1	1	4	0.8
1.3 วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อง่าย	1	1	0	1	1	4	0.8
1.4 วัสดุมีความคงทน	1	1	1	1	1	5	1
1.5 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1
2. ลักษณะทางซอฟต์แวร์							
2.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน	1	1	1	1	1	5	1
2.2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะดูน่าสนใจ	1	1	1	1	1	5	1
2.3 การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน	0	1	1	1	1	4	0.8
2.4 ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน	0	1	1	1	1	4	0.8
2.5 ฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ	1	0	1	1	1	4	0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งาน
ของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน ของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย (IOC)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ความสะดวกในการจัดเตรียมชุดทดลอง	1	1	1	1	1	5	1
2. ฟังก์ชันการใช้งานครบถ้วน	1	1	0	1	1	4	0.8
3. ความสะดวกในการใช้งาน	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง	1	1	1	1	1	5	1
5. การบันทึกผลการทดลองมีความสะดวก	1	1	1	1	1	5	1
6. มีความปลอดภัยในขณะการใช้งาน	1	1	1	1	1	5	1
7. ความสะดวกในการบำรุงรักษา	1	1	1	0	1	4	0.8
8. อุปกรณ์จัดหาได้ง่าย	1	1	1	1	1	5	1
9. ราคาเหมาะสม	1	1	1	1	1	5	1
10. ใช้ประกอบการเรียนตามหลักสูตรได้	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งาน
ของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน ของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย (IOC)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. เข้าใจลำดับการเชื่อมต่อเครื่องมือ	1	1	1	1	1	5	1
2. เข้าใจวิธีการติดตั้งโปรแกรม	1	0	1	1	1	4	0.8
3. ใช้งานง่าย ไม่สับสน	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง	1	1	1	1	1	5	1
5. แปลผลการทดลองได้ง่าย	1	1	1	1	1	5	1
6. การบันทึกผลการทดลองทำได้สะดวกรวดเร็ว	1	1	1	1	1	5	1
7. รายงานผลการทดลองในใบงานได้สะดวก	1	1	1	1	1	5	1
8. ช่วยให้เข้าใจการใช้เครื่องมือวัดได้ดียิ่งขึ้น	0	1	1	1	1	4	0.8
9. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	1	1	1	1	1	5	1
10. ระดับความพึงพอใจต่อชุดเครื่องมือวัด	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้นตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS
Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
1.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เหมาะสม	5	4.800	.4472
1.2 โครงสร้างไม่ซับซ้อน	5	4.800	.4472
1.3 วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อง่าย	5	4.400	.8944
1.4 วัสดุมีความคงทน	5	3.800	.8367
1.5 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม	5	4.800	.4472
ค่าเฉลี่ยลักษณะทางยารัตนาร	25	4.520	.7141
2.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน	5	4.600	.8944
2.2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะดูน่าสนใจ	5	4.000	.7071
2.3 การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน	5	4.400	.8944
2.4 ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน	5	4.600	.5477
2.5 ฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน	5	4.200	.8367
ค่าเฉลี่ยลักษณะทางซอฟต์แวร์	25	4.360	.7570
ค่าเฉลี่ยรวม	50	4.440	.7329
Valid N (listwise)	5		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเพื่อหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม
SPSS

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
1.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เหมาะสม	24	4.833	.3807
1.2 โครงสร้างไม่ซับซ้อน	24	4.667	.4815
1.3 วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อง่าย	24	4.333	.8681
1.4 วัสดุมีความคงทน	24	4.167	.7020
1.5 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม	24	4.917	.2823
เฉลี่ยลักษณะทั้งหมดของชุดแรก	120	4.583	.6428
2.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน	24	4.750	.5316
2.2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจ	24	4.625	.5758
2.3 การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน	24	4.583	.5836
2.4 ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน	24	4.708	.5500
2.5 ฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน	24	4.500	.5898
เฉลี่ยลักษณะทั้งหมดของชุดเดียว	120	4.633	.5691
เฉลี่ยรวม	240	4.608	.6040
Valid N (listwise)	24		

ตารางที่ ค. 6 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่ม
ครูผู้สอน เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
1. ความสะดวกในการจัดเตรียมชุดทดลอง	24	4.458	.5090
2. ฟังก์ชันการใช้งานครบถ้วน	24	4.292	.6241
3. ความสะดวกในการใช้งาน	24	4.417	.5036
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง	24	4.458	.5090
5. การบันทึกผลการทดลองมีความสะดวก	24	4.708	.5500
6. มีความปลอดภัยในขณะการใช้งาน	24	4.875	.4484
7. ความสะดวกในการบำรุงรักษา	24	4.583	.5836
8. อุปกรณ์จัดหาได้ง่าย	24	4.167	.6370
9. ราคาเหมาะสม	24	4.333	.4815
10. ใช้ประกอบการเรียนตามหลักสูตรได้อย่างเหมาะสม	24	4.792	.4149
ค่าเฉลี่ยรวม	240	4.508	.5638
Valid N (listwise)	24		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 7 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
1. เข้าใจลำดับการเชื่อมต่อเครื่องมือ	80	3.825	.6708
2. เข้าใจวิธีการติดตั้งโปรแกรม	80	3.600	.6675
3. ใช้งานง่าย ไม่สับสน	80	4.162	.8182
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง	80	4.425	.6320
5. แปลผลการทดลองได้ง่าย	80	4.525	.5025
6. การบันทึกผลการทดลองทำได้สะดวกรวดเร็ว	80	4.700	.5603
7. รายงานผลการทดลองในใบงานได้สะดวก	80	4.525	.5506
8. ช่วยให้เข้าใจการใช้เครื่องมือวัดได้ดียิ่งขึ้น	80	4.238	.6413
9. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	80	4.425	.6517
10. ระดับความพึงพอใจต่อชุดเครื่องมือวัด	80	4.512	.6363
ค่าเฉลี่ยรวม	800	4.294	.7146
Valid N (listwise)	80		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

แบบประเมินคุณภาพ และแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งาน ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

1. แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้น
2. แบบประเมินคุณภาพ
3. แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน
4. แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน
5. แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินกับ
ด้านที่ต้องการหาคุณภาพ



แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้น
 เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนท่านผู้ทรงคุณวุฒิ

ขอความอนุเคราะห์ท่านในการตอบแบบประเมินคุณภาพเบื้องต้น เพื่อประโยชน์ใน
 ศึกษาวิจัย การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น งานวิจัยนี้
 เป็นขั้นตอนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ
 อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น” เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
 วิทยานิพนธ์ และ ศศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

โปรดพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินคุณภาพเบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็นตาม
 ระดับความเหมาะสมค่าคะแนนน้อยไปหามาก ดังนี้

ความหมายของค่าระดับคะแนน

- 5 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ดีมาก
- 4 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ดี
- 3 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ปานกลาง
- 2 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม น้อย
- 1 หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ ควรปรับปรุง

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์

นายวิเชียร ทวีสุข

ผู้วิจัย

แบบประเมินคุณภาพเบื้องต้น
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

คำชี้แจง โปรดพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินคุณภาพ เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็น โดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องระดับความคิดเห็น (ให้ทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1. ลักษณะทางฮาร์ดแวร์					
1.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เหมาะสม					
1.2 โครงสร้างไม่ซับซ้อน					
1.3 วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อง่าย					
1.4 วัสดุมีความคงทน					
1.5 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม					
2. ลักษณะทางซอฟต์แวร์					
2.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน					
2.2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจ					
2.3 การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน					
2.4 ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน					
2.5 ฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนคุณครูผู้สอน

ขอความอนุเคราะห์ท่านในการตอบแบบประเมินคุณภาพ เพื่อประโยชน์ในศึกษาวิจัย การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น งานวิจัยนี้เป็นขั้นตอน หนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น” เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

โปรดพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการ ปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็นตามระดับความเหมาะสมค่าคะแนนน้อย ไปหามาก ดังนี้

ความหมายของค่าระดับคะแนน

- | | |
|---|---|
| 5 | หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ดีมาก |
| 4 | หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ดี |
| 3 | หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม ปานกลาง |
| 2 | หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ มีความเหมาะสม น้อย |
| 1 | หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือวัดเสมือนฯ ควรปรับปรุง |

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์

นายวิเชียร ทวีสุข

ผู้วิจัย

แบบประเมินคุณภาพ

เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

คำชี้แจงให้ผู้ประเมินพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินคุณภาพเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็น โดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องข้อความตามระดับความคิดเห็น (แต่ละข้อให้ทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1. ลักษณะทางฮาร์ดแวร์					
1.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เหมาะสม					
1.2 โครงสร้างไม่ซับซ้อน					
1.3 วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อง่าย					
1.4 วัสดุมีความคงทน					
1.5 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม					
2. ลักษณะทางซอฟต์แวร์					
2.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน					
2.2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะดูน่าสนใจ					
2.3 การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน					
2.4 ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน					
2.5 ฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนคุณครูผู้สอน

ขอความอนุเคราะห์ท่านในการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานเพื่อประโยชน์ในศึกษาวิจัย การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น งานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น” เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

โปรดพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และตอบแบบสอบถาม ตามระดับความคิดเห็น ตามระดับความเหมาะสมค่าคะแนนน้อยไปหามาก ดังนี้

ความหมายของค่าระดับคะแนน

- 5 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ดีมาก
- 4 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ดี
- 3 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ น้อย
- 1 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ควรปรับปรุง

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์

นายวิเชียร ทวีสุข

ผู้วิจัย

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

คำชี้แจง ให้ผู้ตอบพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และตอบแบบสอบถามเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็น โดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องข้อความตามระดับความคิดเห็น (แต่ละข้อให้ทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

รายการ	5	4	3	2	1
1. ความสะดวกในการจัดเตรียมชุดทดลอง					
2. ฟังก์ชันการใช้งานครบถ้วน					
3. ความสะดวกในการใช้งาน					
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง					
5. การบันทึกผลการทดลองมีความสะดวก					
6. มีความปลอดภัยในขณะการใช้งาน					
7. ความสะดวกในการบำรุงรักษา					
8. อุปกรณ์จัดหาได้ง่าย					
9. ราคาเหมาะสม					
10. ใช้ประกอบการเรียนตามหลักสูตรได้อย่างเหมาะสม					

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

คำชี้แจง ให้ผู้ตอบพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และตอบแบบสอบถามเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ตามระดับความคิดเห็น โดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องข้อความตามระดับความคิดเห็น (แต่ละข้อให้ทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

ความหมายของค่าระดับคะแนน

- 5 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ดีมาก
- 4 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ดี
- 3 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ น้อย
- 1 หมายถึง มีความเห็นด้วยในระดับ ควรปรับปรุง

ข้อมูลของผู้ตอบ (กรุณากรอกข้อมูลให้ครบทุกช่อง)

ชื่อ.....นามสกุล.....
 นักศึกษาระดับชั้น.....สาขาวิชา.....
 วิทยาลัย.....
 ทำการปฏิบัติการเรื่อง.....วิชา.....

**แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**

รายการ	5	4	3	2	1
1. เข้าใจลำดับการเชื่อมต่อเครื่องมือ					
2. เข้าใจวิธีการติดตั้งโปรแกรม					
3. ใช้งานง่าย ไม่สับสน					
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง					
5. แปลผลการทดลองได้ง่าย					
6. การบันทึกผลการทดลองทำได้สะดวกรวดเร็ว					
7. รายงานผลการทดลองในใบงานได้สะดวก					
8. ช่วยให้เข้าใจการใช้เครื่องมือวัดได้ดียิ่งขึ้น					
9. มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
10. ระดับความพึงพอใจต่อชุดเครื่องมือวัด					

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
 เกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ
 เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น



หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนท่านผู้ทรงคุณวุฒิ

ขอความอนุเคราะห์ท่านในการตอบแบบแสดงความคิดเห็น เพื่อประโยชน์ในศึกษาวิจัย การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น งานวิจัยนี้เป็นขั้นตอน หนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น” เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาลัทธิวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร โดยมี รศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ให้ท่านกาเครื่องหมาย ลงในช่อง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่าแบบประเมิน แต่ละรายการ สามารถประเมินคุณภาพในด้านต่างๆ ที่ต้องการได้ถูกต้อง โดยพิจารณาดังนี้

- +1 ท่านคิดว่าแบบประเมินคุณภาพสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ
- 0 ท่านไม่แน่ใจว่าแบบประเมินคุณภาพสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ
- 1 ท่านแน่ใจว่าแบบประเมินคุณภาพไม่สอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์

นายวิเชียร ทวีสุข

ผู้วิจัย

ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

เกี่ยวกับ

ความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ

คำชี้แจง

ให้ท่านกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่าแบบประเมินแต่ละรายการ สามารถประเมินคุณภาพในด้านต่างๆ ที่ต้องการได้ถูกต้อง โดยพิจารณาดังนี้

+1 ท่านคิดว่าแบบประเมินคุณภาพสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ

0 ท่านไม่แน่ใจว่าแบบประเมินคุณภาพสอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ

-1 ท่านแน่ใจว่าแบบประเมินคุณภาพไม่สอดคล้องกับด้านที่ต้องการหาคุณภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. ลักษณะทางฮาร์ดแวร์			
1.1 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์เหมาะสม			
1.2 โครงสร้างไม่ซับซ้อน			
1.3 วัสดุที่ใช้มีอยู่ทั่วไปหาซื้อง่าย			
1.4 วัสดุมีความคงทน			
1.5 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์มีความเหมาะสม			
2. ลักษณะทางซอฟต์แวร์			
2.1 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน			
2.2 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจ			
2.3 การแสดงชื่อของปุ่มควบคุมครบถ้วน			
2.4 ชื่อของปุ่มต่างๆ มีความชัดเจน			
2.5 ฟังก์ชันการทำงานของปุ่มต่างๆ มีความครบถ้วนตามการใช้งาน			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มครูผู้สอน
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

รายการ	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. ความสะดวกในการจัดเตรียมชุดทดลอง			
2. ฟังก์ชันการใช้งานครบถ้วน			
3. ความสะดวกในการใช้งาน			
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง			
5. การบันทึกผลการทดลองมีความสะดวก			
6. มีความปลอดภัยในขณะการใช้งาน			
7. ความสะดวกในการบำรุงรักษา			
8. อุปกรณ์จัดหาได้ง่าย			
9. ราคาเหมาะสม			
10. ใช้ประกอบการเรียนตามหลักสูตรได้อย่างเหมาะสม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานในกลุ่มนักเรียน
เรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**

รายการ	ความสอดคล้อง		
	+ 1	0	-1
1. เข้าใจลำดับการเชื่อมต่อเครื่องมือ			
2. เข้าใจวิธีการติดตั้งโปรแกรม			
3. ใช้งานง่าย ไม่สับสน			
4. ใช้งานได้ใกล้เคียงกับเครื่องมือจริง			
5. แปลผลการทดลองได้ง่าย			
6. การบันทึกผลการทดลองทำได้สะดวกรวดเร็ว			
7. รายงานผลการทดลองในใบงานได้สะดวก			
8. ช่วยให้เข้าใจการใช้เครื่องมือวัดได้ดียิ่งขึ้น			
9. มีความปลอดภัยในการใช้งาน			
10. ระดับความพึงพอใจต่อชุดเครื่องมือวัด			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ.
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

1. ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก ผู้ใช้สามารถควบคุมส่วนต่างๆ ได้เช่นเดียวกับโปรแกรมโดยทั่วไปบนวินโดวส์ และสามารถควบคุมได้เหมือนของจริง เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 1 ชุด ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1.1 ตัวเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	1 เครื่อง
1.2 สายโพรบวัดสัญญาณ	2 เส้น
1.3 สายเชื่อมต่อ USB	1 เส้น
1.4 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์	1 ตัว
1.5 แผ่น CDROM สำหรับติดตั้งโปรแกรม	1 แผ่น
1.6 คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง

2. ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม

โปรแกรมเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทำงานได้ด้วยตัวเอง ผู้ใช้สามารถคัดลอกโปรแกรมไปไว้ในโฟลเดอร์ใดๆ ก็ได้ตามต้องการ และควรสร้างทางลัดไปยังโปรแกรมเพื่อให้สะดวกในการเรียกใช้งาน ในที่นี้จะติดตั้งโปรแกรมไว้ที่ C:\VT_INS

2.1 คัดลอกโปรแกรม “oscilloscope.exe” จากแผ่น CDROM ไปยังโฟลเดอร์ C:\VT_INS

2.2 สร้างทางลัดไว้ที่หน้าจอ (desktop)

2.3 ต่อแหล่งจ่ายไฟตรง 12 โวลต์ให้กับเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

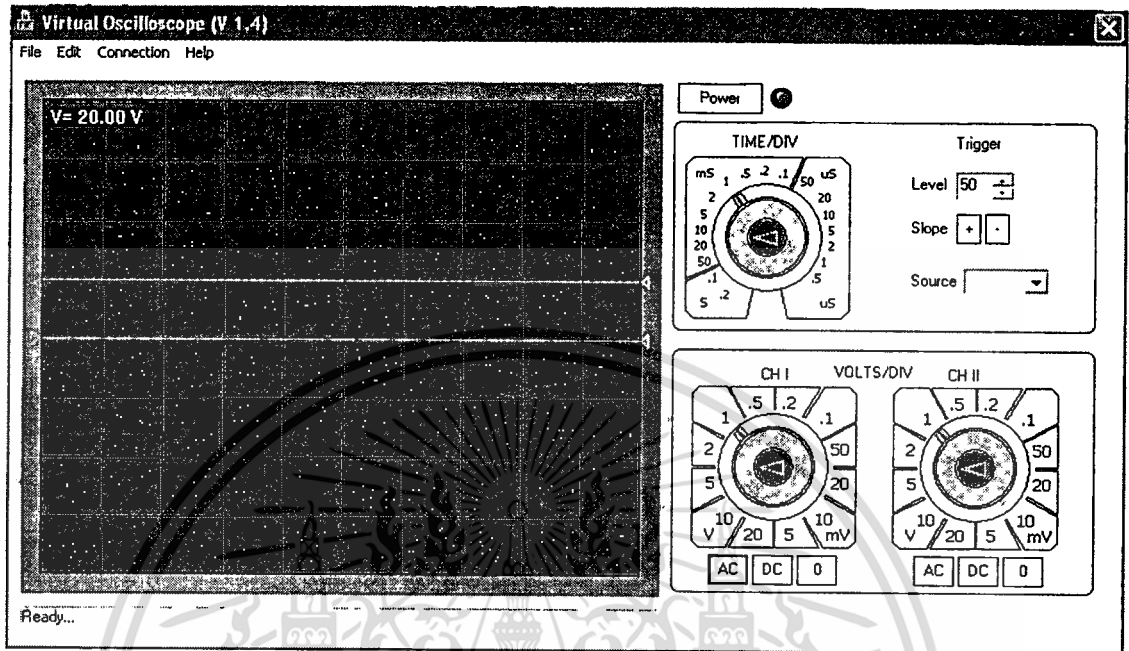
2.4 ต่อสายโพรบทั้ง 2 เส้นที่ CH.1 และ CH.2 ด้านหน้าของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

2.5 ต่อสาย USB ระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และคอมพิวเตอร์ เมื่อต่อสายแล้วคอมพิวเตอร์จะแจ้งว่าพบฮาร์ดแวร์ใหม่ และถามหาเส้นทางไปยัง Driver

2.6 เลือกเส้นทางไปยัง Driver โดยการเลือกที่ ชื่อไดรฟ์ CDROM:\Driver\D2xxDirect Drivers คอมพิวเตอร์จะแจ้งว่า driver นี้ยังไม่ได้ลงทะเบียนอย่างเป็นทางการกับวินโดวส์ ให้ตอบ “continue away” จากนั้นคอมพิวเตอร์จะติดตั้ง driver จนเสร็จ

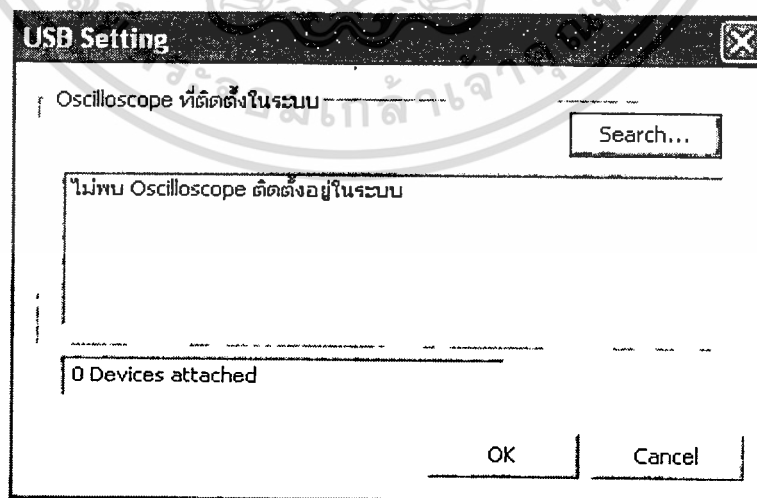
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เรียกโปรแกรม oscilloscope.exe จากทางลัดที่สร้างไว้บนหน้าจอ desktop จะปรากฏหน้าต่างโปรแกรม ดังภาพที่ จ.1



ภาพที่ จ.1 หน้าต่างโปรแกรมเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

2.8 ผู้ใช้จะต้องบอกเส้นทางไปยังพอร์ต USB ให้เครื่องมือวัดเสมือนรู้จักก่อน จึงจะเรียกใช้งานได้ โดยการเลือกเมนู Connection >> Setting... จะปรากฏกล่องโต้ตอบดังรูปที่ จ.2 เพื่อให้เลือกอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับ USB ให้กดปุ่ม Search เพื่อค้นหาอุปกรณ์



ภาพที่ จ.2 หน้าต่างการค้นหาเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

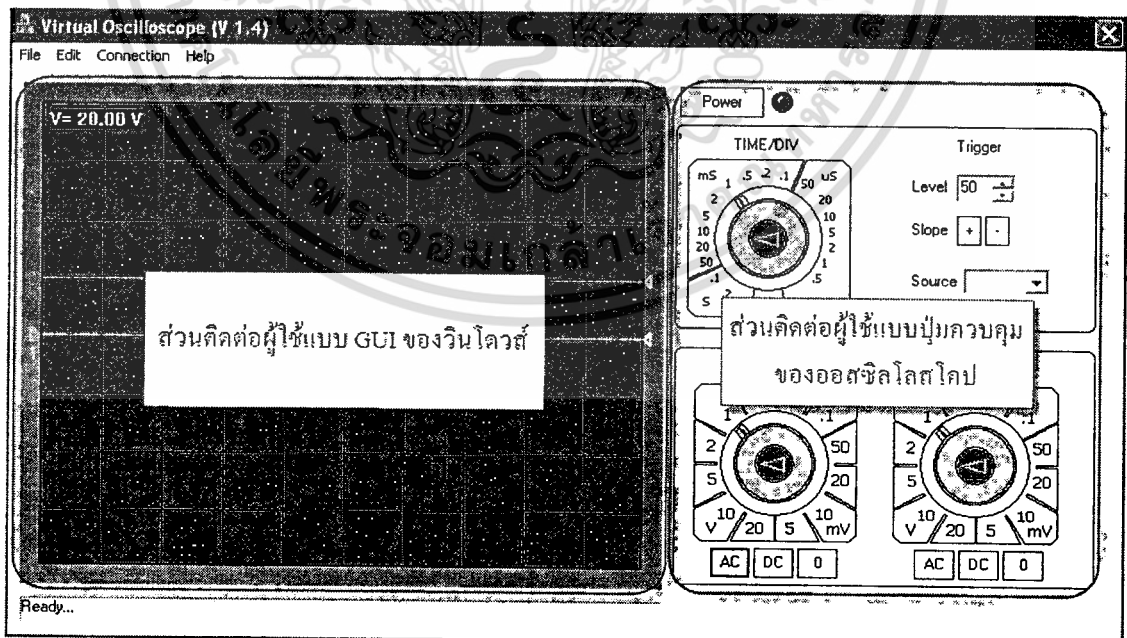
2.10 ถ้าการติดตั้ง driver ล้มเหลวหรือไม่ได้เชื่อมต่อเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น คอมพิวเตอร์จะแจ้งว่า “ไม่พบ oscilloscope ติดตั้งอยู่ในระบบ” ให้ตรวจสอบความเรียบร้อยของการติดตั้ง driver และการเชื่อมต่อพอร์ต USB

2.11 ถ้าทุกอย่างเป็นไปด้วยความเรียบร้อยให้กดปุ่ม “Power” ที่หน้าจอหลักของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จะปรากฏสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุตทั้ง 2 ช่อง เป็นการสิ้นสุดขั้นตอนการติดตั้ง เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นพร้อมที่จะใช้งาน

2.12 เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ใช้ตัวแปรใน registry ของวินโดวส์ในการจดจำการตั้งค่าพอร์ต ดังนั้น หากไม่มีการย้ายพอร์ต USB ในการใช้งานครั้งต่อไป สามารถเรียกใช้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นได้ทันที โดยไม่ต้องทำตามขั้นตอน 2.8 ถึง 2.10

3. การใช้งาน

เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีลักษณะการใช้งานผสมผสานระหว่างเครื่องมือวัดจริงกับคอมพิวเตอร์ กล่าวคือจะมีส่วนควบคุมการวัดแรงดัน ความถี่ การทริกสัญญาณ ที่เหมือนเครื่องมือวัดจริง (ด้านขวาของโปรแกรม) และมีความสามารถเพิ่มเติมในการติดต่อกับผู้ใช้เหมือน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ด้านซ้ายของโปรแกรม) ดังรูปที่ จ.3



ภาพที่ จ.3 การแบ่งพื้นที่ใช้งาน โปรแกรมเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การใช้งานปุ่มต่างๆ ของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

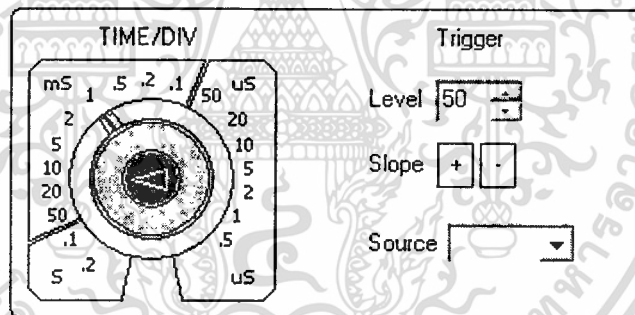
ด้านขวามือของหน้าต่างโปรแกรม จะปรากฏปุ่มควบคุมต่างๆ ดังรูปที่ 3.3 ผู้ใช้สามารถใช้ปุ่มเหล่านี้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ได้เช่นเดียวกับของจริง ดังนี้

3.1.1 ปุ่ม Power

ใช้สำหรับเริ่มต้นและหยุดการทำงานของฮาร์ดแวร์ เมื่อกดปุ่ม Power หลอด LED สีแดงทางด้านขวามือของปุ่มนี้จะแสดงสถานะของฮาร์ดแวร์

3.1.2 การเลือกย่านเวลา (Time Base)

เป็นการเลือกคาบเวลาที่จะแสดงบนช่องทางด้านบนของจอเครื่องมือวัด เมื่อเลือกค่า TIME/DIV ค่าต่างๆ จะทำให้ความกว้างของคลื่นแตกต่างกันไป ในเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สามารถเลือกคาบเวลาต่อช่องได้ตั้งแต่ $0.5 \mu\text{s}$ จนถึง 0.2 s ต่อช่อง แต่ด้วยข้อจำกัดของตัวแปลงสัญญาณภาคอินพุต อาจทำให้ไม่สามารถอ่านคาบเวลาได้ในบางย่านการวัด



ภาพที่ 3.4 ปุ่มควบคุมฐานเวลาในการวัดของโปรแกรม

3.1.3 การตั้งค่าการทริก (Trigger)

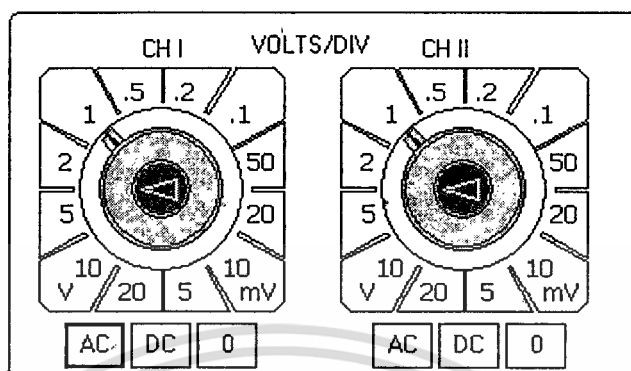
เป็นการบอกให้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เลือกระดับสัญญาณที่เป็นจุดเริ่มต้นในการวัดสัญญาณทางด้านบนอน ซึ่งจะช่วยให้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นแสดงภาพสัญญาณตรงที่เดิมทุกครั้ง ช่วยให้อ่านค่าสัญญาณง่ายขึ้น

3.1.4 การตั้งค่าย่านวัดแรงดัน

เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีวงจรเลือกย่านวัดแบบดิจิตอลอยู่ในวงจร การเลือกย่านวัดบนจอภาพจะเป็นการสั่งฮาร์ดแวร์เลือกย่านวัดตามที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏทันที นอกจากนี้ค่าแรงดันที่อ่านได้ที่มุมบนด้านซ้ายของจอภาพจะเปลี่ยนแปลงโดยสอดคล้องกับการตั้งค่าที่ทุกย่านวัด ย่านวัดแรงดันที่สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 5 mV จนถึง 20 V ต่อช่อง ดังภาพที่ จ.5



ภาพที่ จ.5 ปุ่มควบคุมย่านการวัดแรงดันของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

3.1.5 การเลือกช่องสัญญาณสำหรับอ่านค่าแรงดัน

ที่ด้านล่างสุดจะมีกรอบ Cursor เพื่อให้ผู้ใช้เลือกช่องสัญญาณที่จะนำไปอ่านค่าออกทางตัวอ่านค่าแรงดันที่มุมบนซ้ายมือของหน้าจอ ตัวเลือกที่มีให้ใช้คือ CH. 1 และ CH.2 เมื่อเลือกที่ช่องใดๆ โปรแกรมจะคำนวณค่าแรงดันให้สอดคล้องกับย่านวัดเพื่อแสดงผลบนจอภาพ

3.2 ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบ GUI ของวินโดวส์

ส่วนนี้จะอยู่ซ้ายมือของจอภาพ เป็นส่วนเดียวกับหน้าจอแสดงเส้นสัญญาณ ความสามารถพิเศษของเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น คือ สามารถสั่งการต่างๆ ได้จากหน้าจอแสดงเส้นสัญญาณได้โดยตรง เช่น การปรับระดับอ้างอิงของแต่ละช่องสัญญาณ การเลือกสีของเส้นสัญญาณ การคัดลอกภาพสัญญาณ และการสั่งพิมพ์ภาพสัญญาณออกทางเครื่องพิมพ์ เป็นต้น

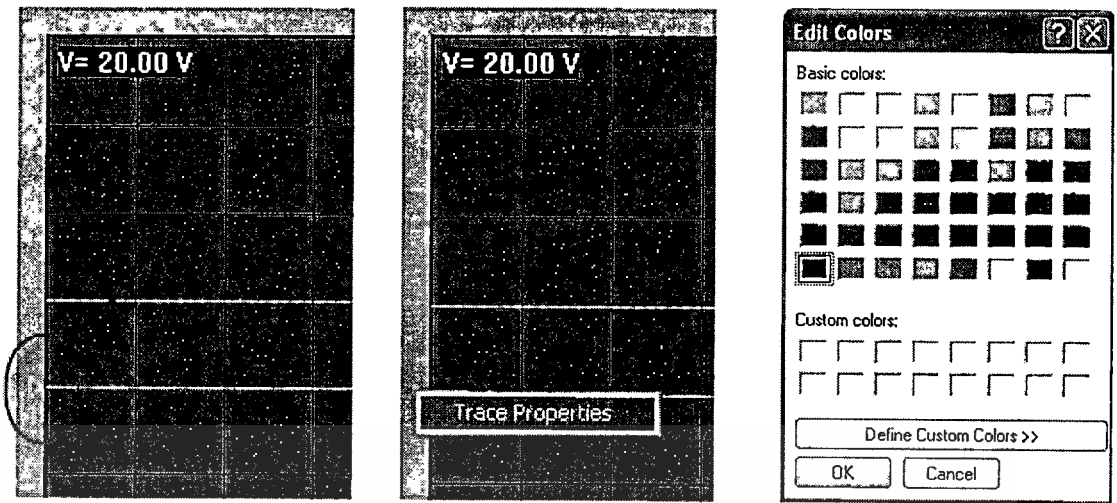
3.2.1 การเปลี่ยนสีของเส้นสัญญาณ

ในการใช้งานบางสถานที่ สีของเส้นสัญญาณที่เป็นค่าเริ่มต้นอาจทำให้อ่านค่าสัญญาณได้ไม่สะดวก ในกรณีนี้สามารถเปลี่ยนสีของเส้นสัญญาณได้ทั้ง 2 เส้น โดยอิสระ มีวิธีการเลือกสีดังรูปที่ จ.6 คือ

3.2.1 คลิกขวาที่สามเหลี่ยมแสดงระดับอ้างอิงของเส้นสัญญาณที่ต้องการเปลี่ยนสี

3.2.2 เลือกเมนูถัด Trace Properties

3.2.3 เลือกสีจากกล่องโต้ตอบ เลือกสีแล้วกด OK



(ก) สามเหลี่ยมชี้ระดับอ้างอิง

(ข) เมฆลัดตั้งค่าสี

(ค) กล่องโต้ตอบเลือกสี

ภาพที่ จ.6 การตั้งค่าสีของเส้นสัญญาณแต่ละช่อง

3.2.2 การเปลี่ยนระดับอ้างอิง (กราวด์) ของเส้นสัญญาณ

การเปลี่ยนระดับอ้างอิงหรือกราวด์ของเส้นสัญญาณแต่ละช่อง ทำได้โดยการนำเมาส์ไปคลิกซ้ายที่สามเหลี่ยมชี้ระดับอ้างอิง ดังภาพที่ จ.6(ก) แล้วลากในแนวตั้ง เส้นสัญญาณจะเคลื่อนที่ตามการเลื่อนของระดับดังกล่าวทันที

3.2.3 การใช้ตัวอ่านค่าแรงดัน

ที่มุมบนด้านซ้ายของจอภาพ จะมีข้อความบอกระดับแรงดัน ($V = \dots V$) ทำหน้าที่แสดงค่าความแตกต่างของแรงดันระหว่างเส้นเคอร์เซอร์ (เส้นประสีเหลืองบนจอภาพทั้ง 2 เส้น) ที่ด้านขวาของจอภาพ จะมีเคอร์เซอร์สามเหลี่ยมชี้เข้าไปยังเส้นเคอร์เซอร์ทั้งสอง เมื่อใช้เมาส์คลิกซ้ายและลากขึ้น-ลงในแนวตั้ง เส้นเคอร์เซอร์ก็จะเปลี่ยนแปลงระดับพร้อมกับตัวอ่านค่าแรงดันจะคำนวณตามความสัมพันธ์

ค่าแรงดัน = ย่านการวัด (โวลต์/ช่อง) \times ระยะห่างระหว่างเคอร์เซอร์ทั้งสอง (ช่อง)

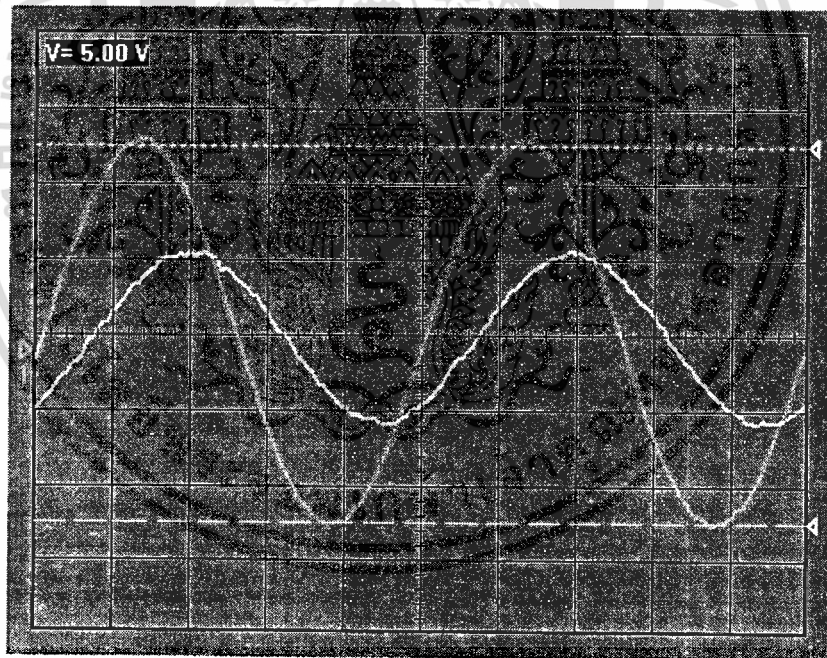
ค่าที่อ่านได้จะมีทศนิยม 2 ตำแหน่ง และจะปรับค่าทุกครั้งที่มีการปรับค่าทุกครั้งที่มีการปรับเคอร์เซอร์หรือเปลี่ยนย่านวัดแรงดัน ตัวอ่านค่าแรงดันนี้ สามารถเลือกได้ว่า จะวัดแรงดันของช่องที่ 1 หรือช่องที่ 2

3.2.4 การคัดลอกภาพเส้นสัญญาณ

การคัดลอกภาพเส้นสัญญาณ ทำได้โดยการคลิกขวาที่พื้นที่ว่างๆ ภายในกรอบของจอภาพเครื่องมือวัด จะปรากฏเมนูลัดคังรูปที่ จ.7 ให้เลือกที่ Copy เพื่อคัดลอกจอภาพเก็บไว้ในคลิปบอร์ดซึ่งสามารถนำไปวางในโปรแกรมต่างๆ ในลักษณะของบิตแมปที่ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ (Device Independent Bitmap : DIB) อีกทางเลือกของการคัดลอกภาพหน้าจอคือ การเลือกที่เมนู Edit >> Copy จะได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างในภาพที่ จ.8



ภาพที่ จ.7 เมนูลัดภายในพื้นที่แสดงเส้นสัญญาณ

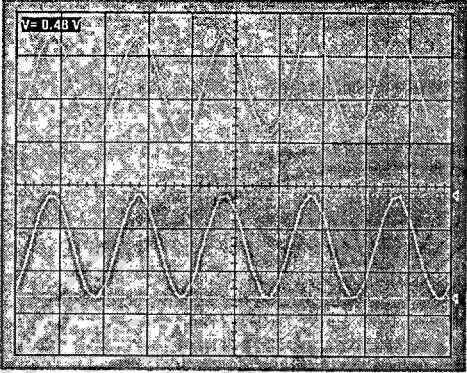
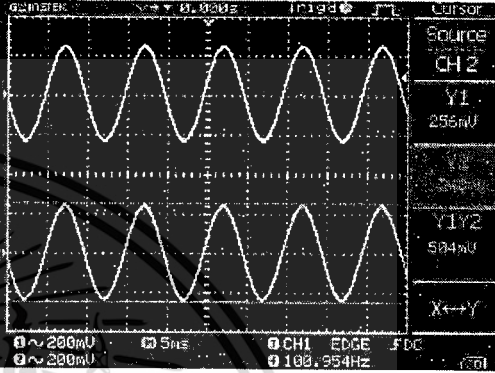
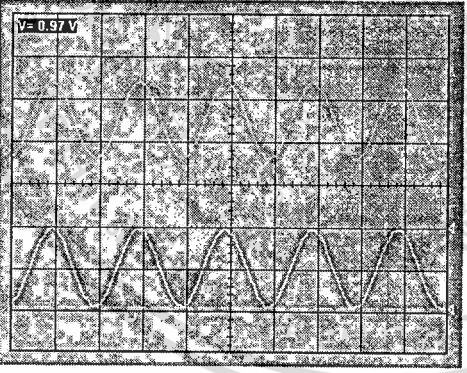
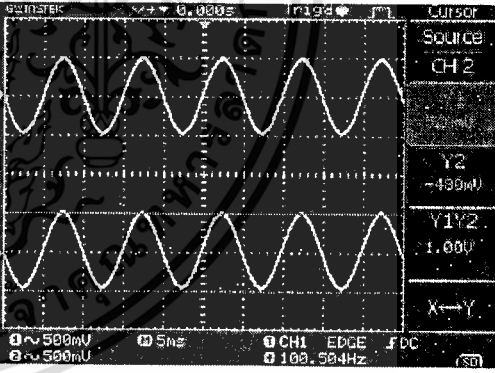


ภาพที่ จ.8 ส่วนประกอบต่างๆ ของจอเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากการคัดลอกด้วยวิธีการ Copy



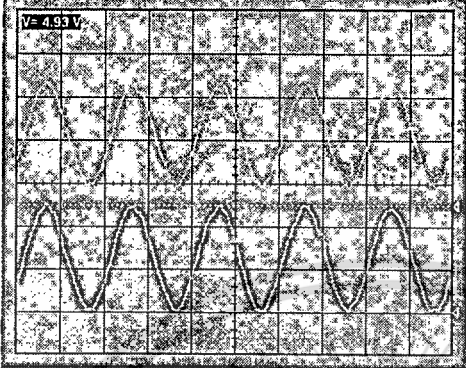
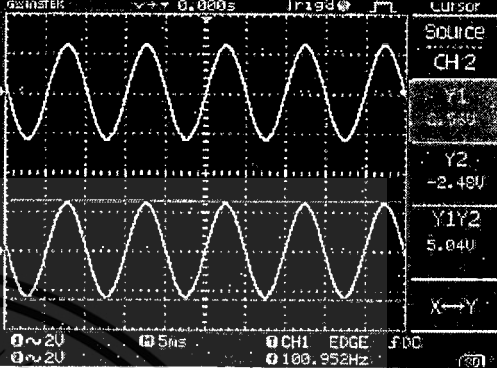
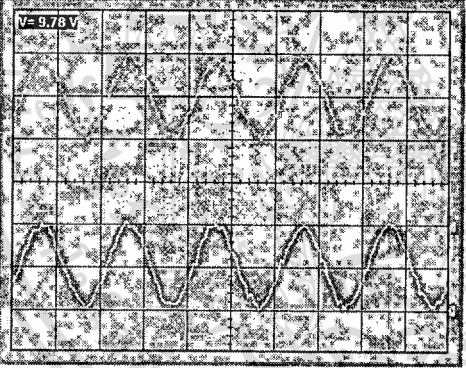
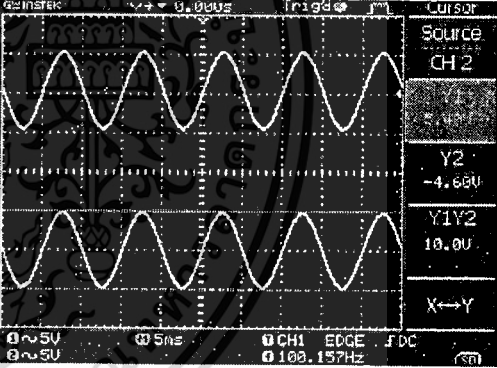
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.1 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสจอสโคปเรจออกซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek
รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 100 Hz

แรงดัน (V_{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับ การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลอสจอสโคป ออกซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100 Hz แรงดัน 0.48 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.95 Hz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100 Hz แรงดัน 0.97 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.50 Hz แรงดัน 1.00 V_{p-p}</p>

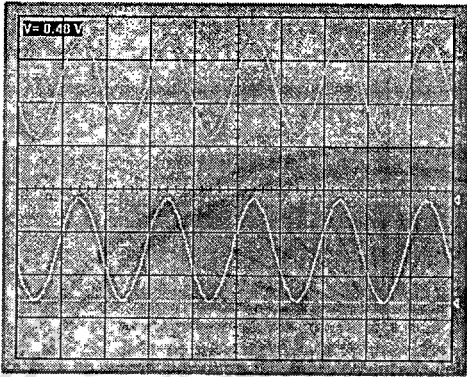
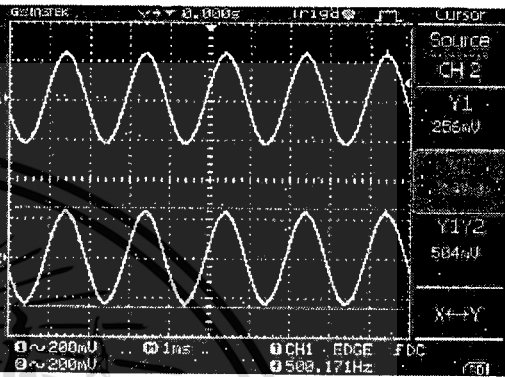
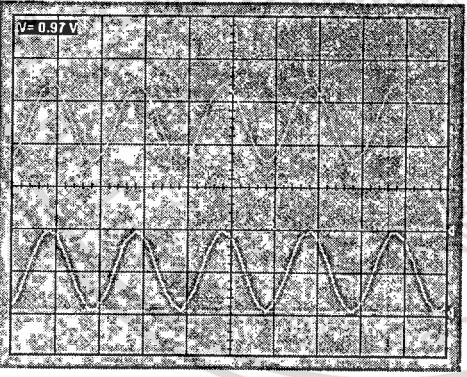
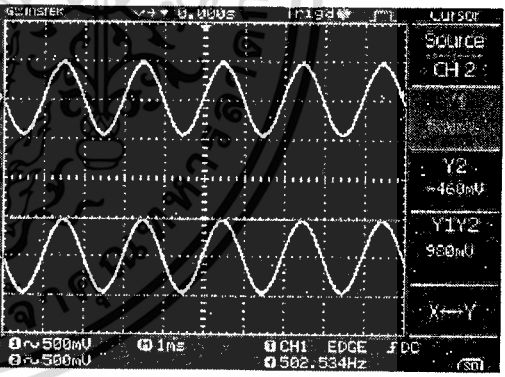
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.1 (ต่อ)

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลอสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
5	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100 Hz แรงดัน 4.93 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.95 Hz แรงดัน 5.04 V_{p-p}</p>
10	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100 Hz แรงดัน 9.78 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.15 Hz แรงดัน 10.0 V_{p-p}</p>

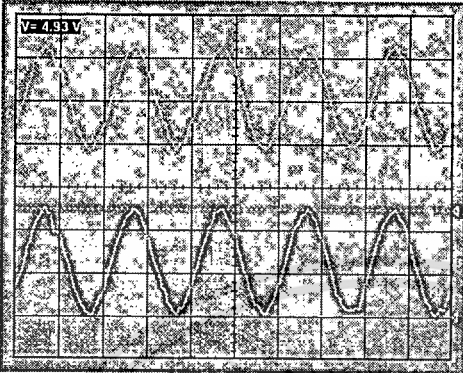
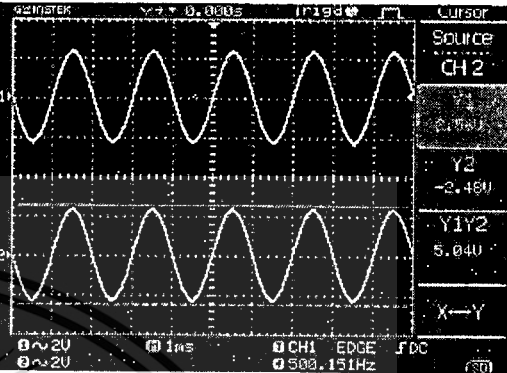
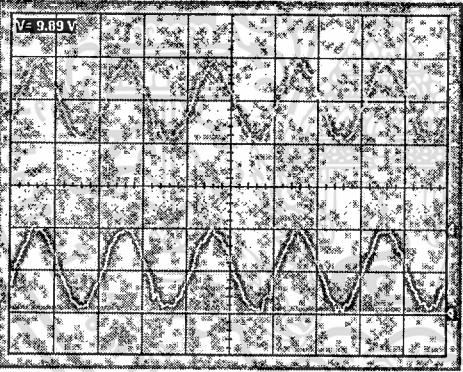
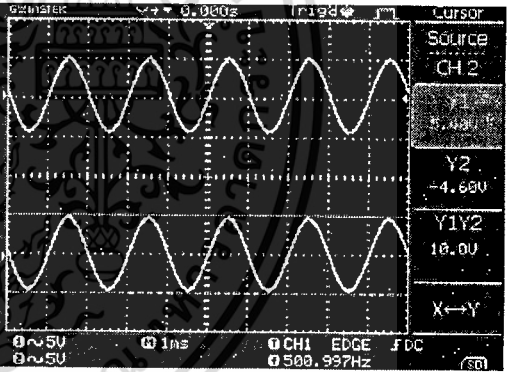
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.2 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 500 Hz

แรงดัน (V_{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p data-bbox="350 880 802 1029">TIME/DIV = 1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 500 Hz แรงดัน 0.48 V_{p-p}</p>	 <p data-bbox="841 880 1346 1029">TIME/DIV = 1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 500.17 Hz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p data-bbox="350 1483 802 1632">TIME/DIV = 1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 500 Hz แรงดัน 0.97 V_{p-p}</p>	 <p data-bbox="841 1483 1346 1632">TIME/DIV = 1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 502.53 Hz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

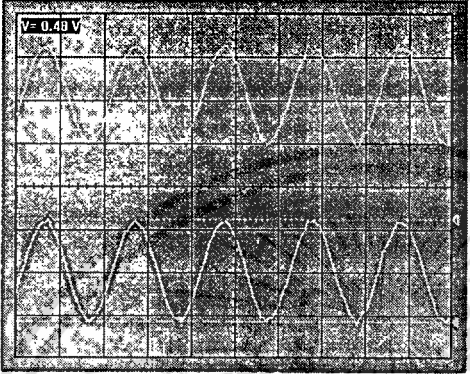
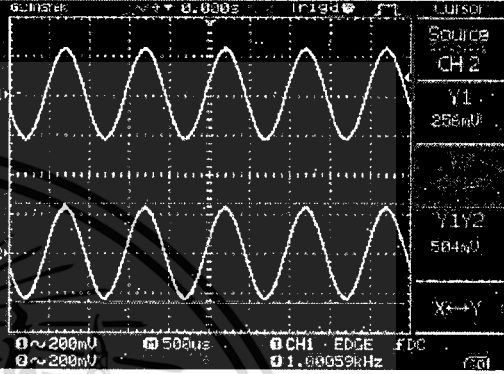
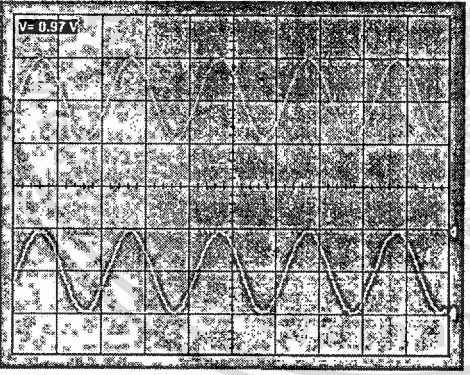
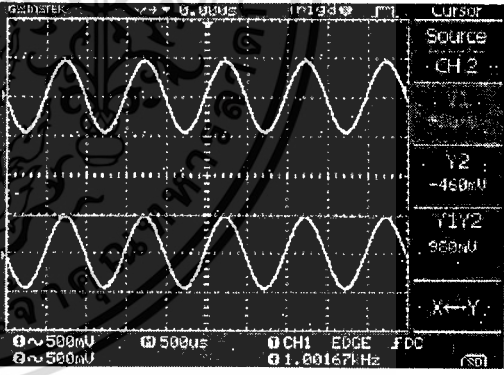
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.2 (ต่อ)

แรงดัน (V _{P-P})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
5	 <p data-bbox="448 761 714 793">TIME/DIV = 1 ms/DIV</p> <p data-bbox="448 821 714 853">VOLTS/DIV = 2 V/DIV</p> <p data-bbox="350 868 812 917">อ่านความถี่ได้ 500 Hz แรงดัน 4.93 V_{P-P}</p>	 <p data-bbox="958 761 1224 793">TIME/DIV = 1 ms/DIV</p> <p data-bbox="958 821 1224 853">VOLTS/DIV = 2 V/DIV</p> <p data-bbox="841 868 1348 917">อ่านความถี่ได้ 500.15 Hz แรงดัน 5.04 V_{P-P}</p>
10	 <p data-bbox="448 1364 714 1395">TIME/DIV = 1 ms/DIV</p> <p data-bbox="448 1423 714 1455">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p> <p data-bbox="350 1470 812 1519">อ่านความถี่ได้ 500 Hz แรงดัน 9.89 V_{P-P}</p>	 <p data-bbox="958 1364 1224 1395">TIME/DIV = 1 ms/DIV</p> <p data-bbox="958 1423 1224 1455">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p> <p data-bbox="841 1470 1348 1519">อ่านความถี่ได้ 500.99 Hz แรงดัน 10.0 V_{P-P}</p>

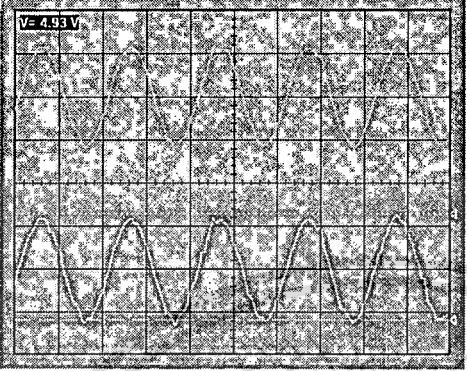
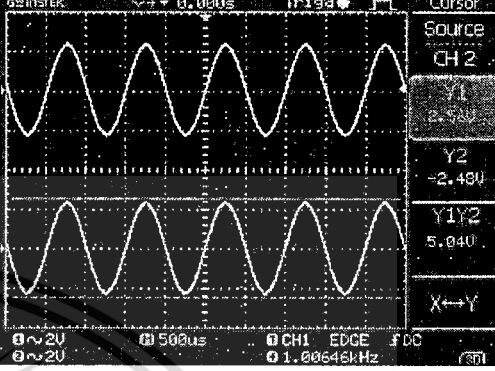
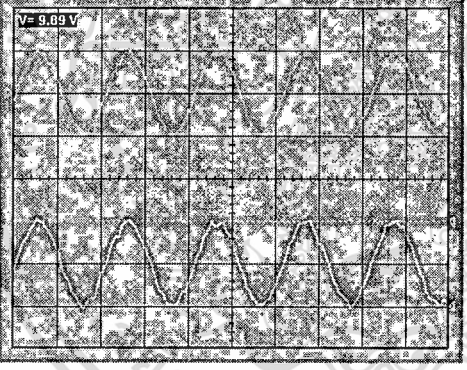
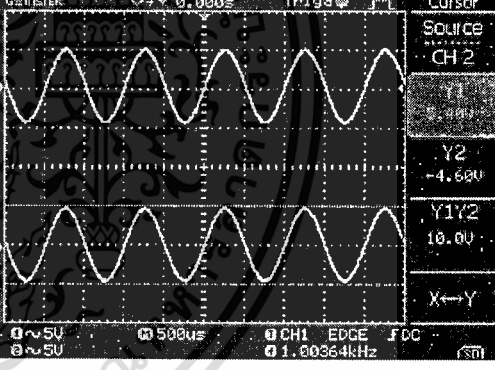
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.3 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 kHz

แรงดัน (V_{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p data-bbox="429 883 735 968">TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p> <p data-bbox="334 989 822 1032">อ่านความถี่ได้ 952.38 Hz แรงดัน 0.48 V_{p-p}</p>	 <p data-bbox="939 883 1244 968">TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p> <p data-bbox="866 989 1317 1032">อ่านความถี่ได้ 1 kHz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p data-bbox="429 1478 735 1564">TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV</p> <p data-bbox="334 1585 822 1627">อ่านความถี่ได้ 952.38 Hz แรงดัน 0.97 V_{p-p}</p>	 <p data-bbox="939 1478 1244 1564">TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV</p> <p data-bbox="866 1585 1317 1627">อ่านความถี่ได้ 1 kHz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

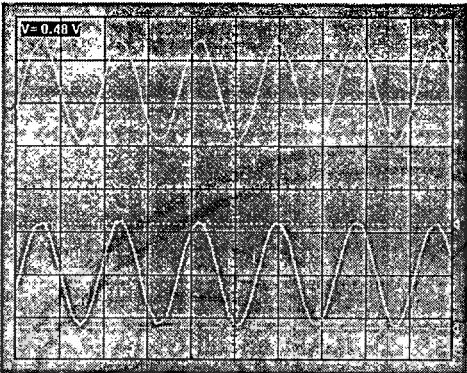
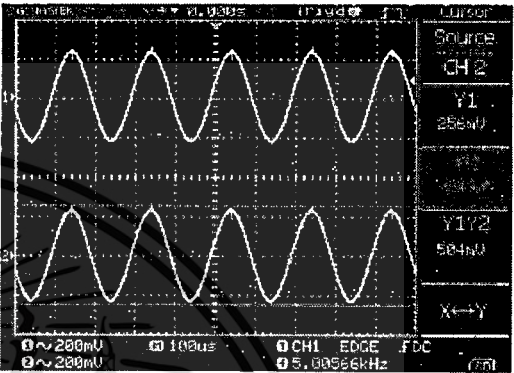
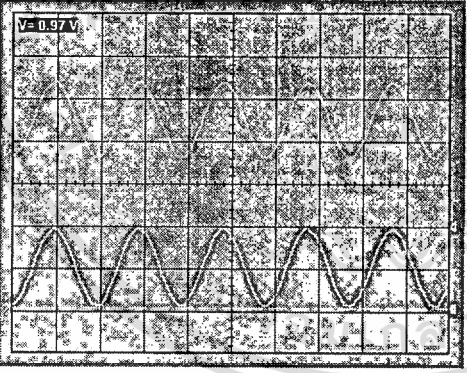
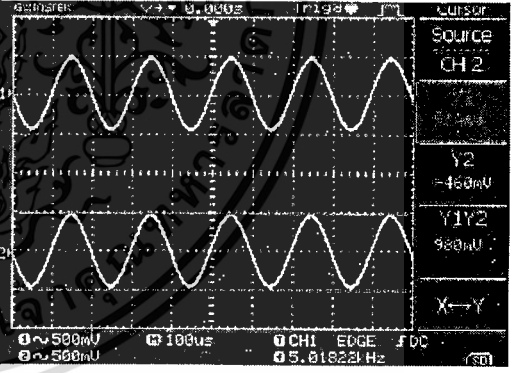
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.3 (ต่อ)

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลออสซิลโลสโคปรุ่น GDS-1042
5	 <p>TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 952.38 Hz แรงดัน 4.93 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1 kHz แรงดัน 5.04 V_{p-p}</p>
10	 <p>TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 952.38 Hz แรงดัน 9.89 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 0.5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1 kHz แรงดัน 10.0 V_{p-p}</p>

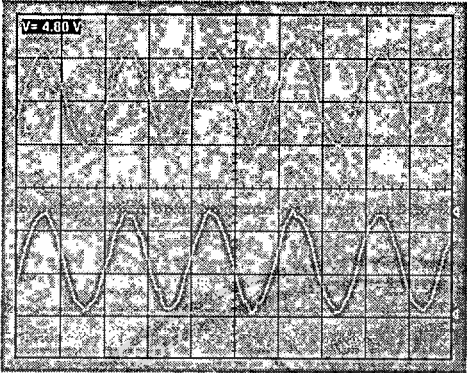
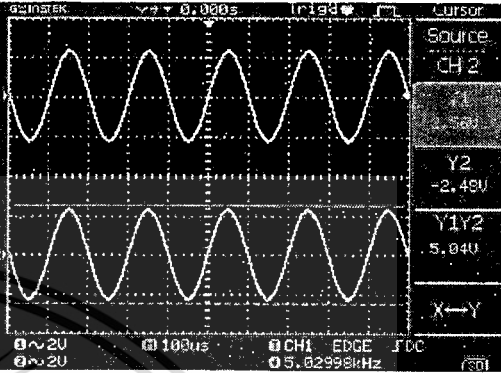
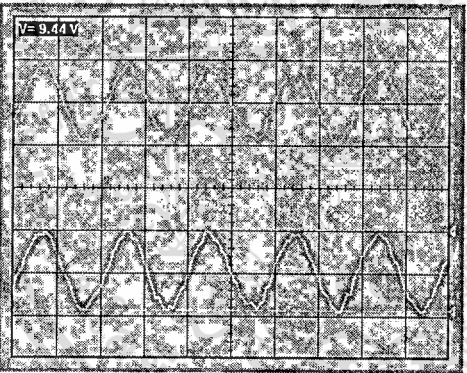
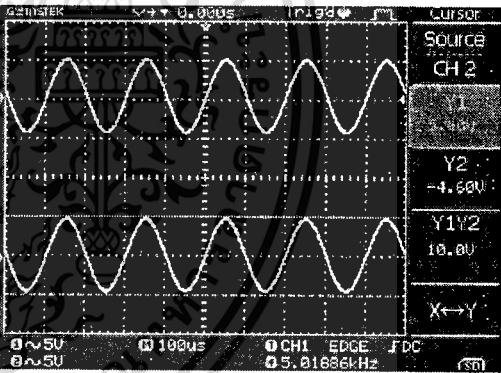
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.4 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 5 kHz

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5.26 kHz แรงดัน 0.48 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5 kHz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5.26 kHz แรงดัน 0.97 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5 kHz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

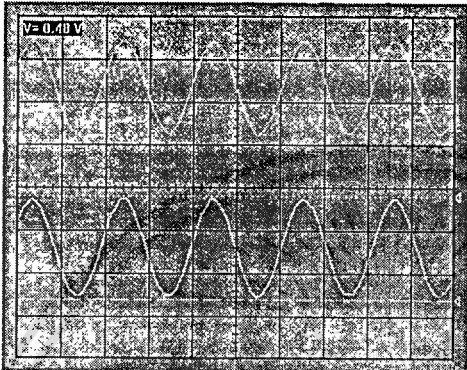
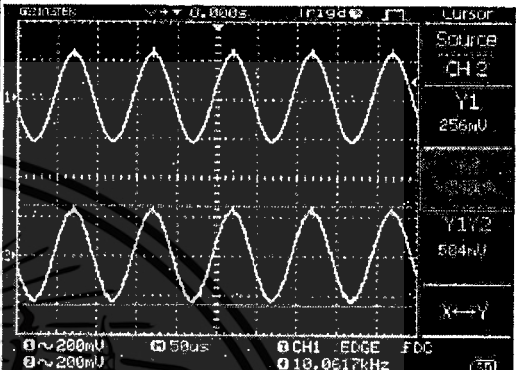
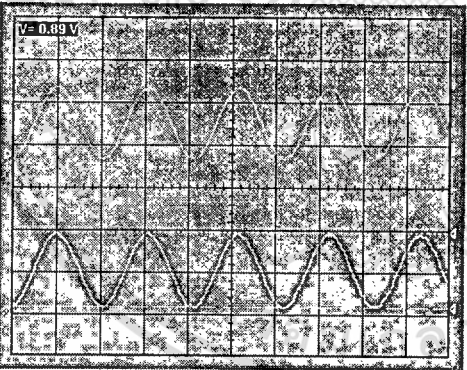
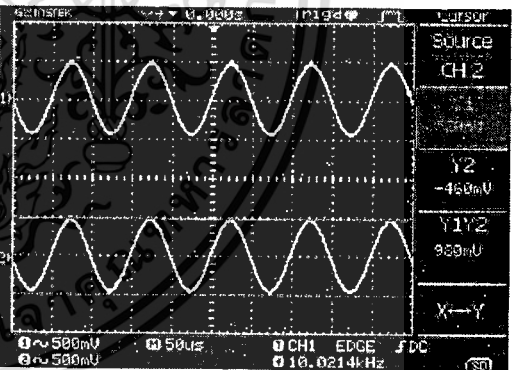
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.4 (ต่อ)

แรงดัน (V _{P-P})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการใช้เทรซอร์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลออสซิลโลสโคปรุ่น GDS-1042
5	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5.26 kHz แรงดัน 4.80 V_{P-P}</p>	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5.02 kHz แรงดัน 5.04 V_{P-P}</p>
10	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5.00 kHz แรงดัน 9.44 V_{P-P}</p>	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 5.01 kHz แรงดัน 10.0 V_{P-P}</p>

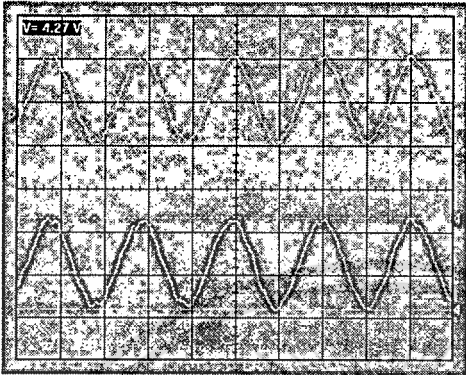
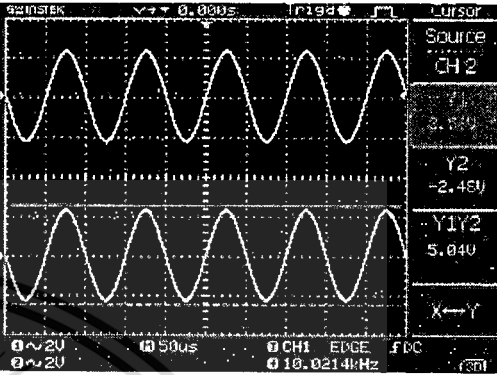
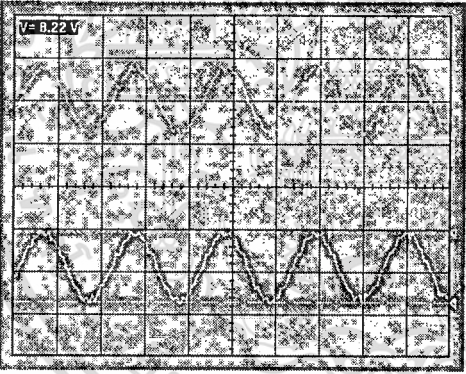
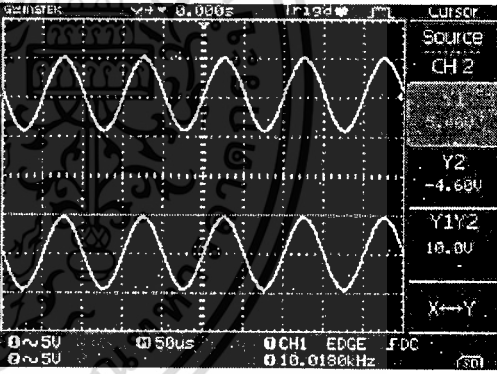
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.5 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 10 kHz

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p>TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 9.52 kHz แรงดัน 0.48 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 10.06 kHz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p>TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 9.52 kHz แรงดัน 0.89 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 10.02 kHz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

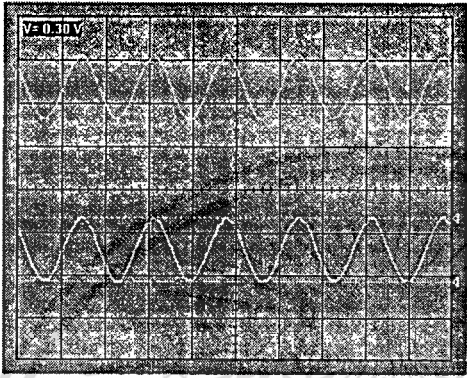
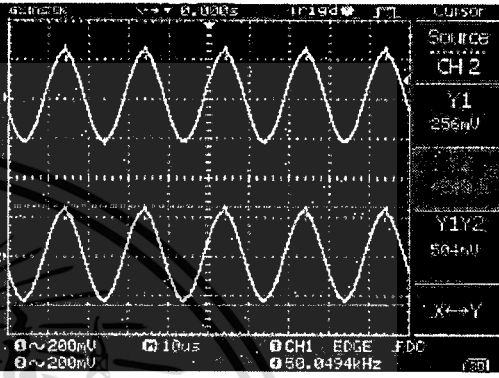
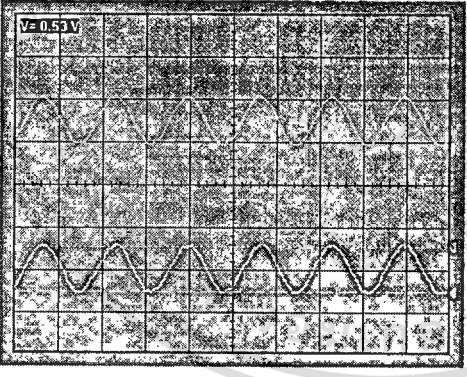
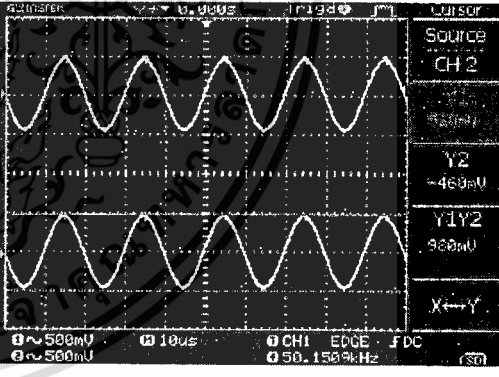
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.5 (ต่อ)

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลออสilloscope ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
5	 <p data-bbox="350 761 816 910"> TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 9.52 kHz แรงดัน 4.27 V_{p-p} </p>	 <p data-bbox="850 761 1348 910"> TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 10.02 kHz แรงดัน 5.04 V_{p-p} </p>
10	 <p data-bbox="350 1364 816 1513"> TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 10.00 kHz แรงดัน 9.44 V_{p-p} </p>	 <p data-bbox="850 1364 1348 1513"> TIME/DIV = 50 μs/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 10.01 kHz แรงดัน 10.0 V_{p-p} </p>

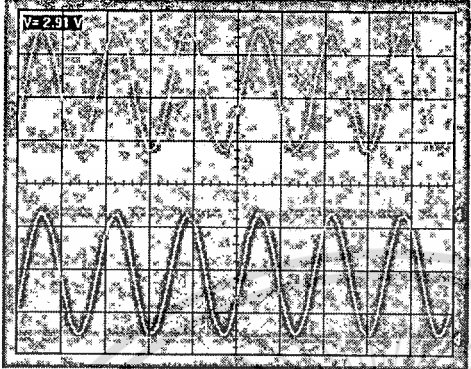
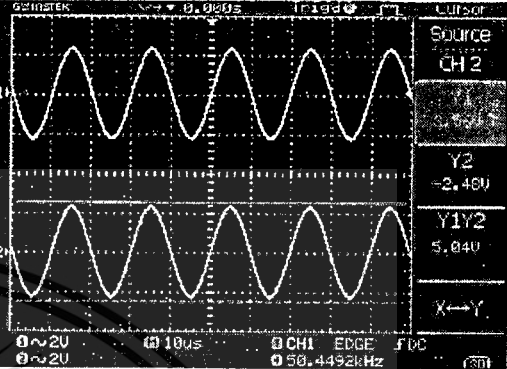
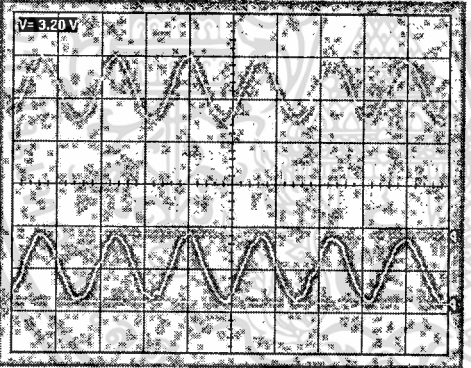
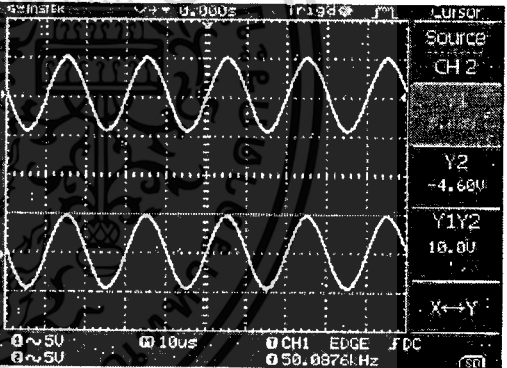
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.6 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek
รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 50 kHz

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการ การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 35.71 kHz แรงดัน 0.30 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 50.04 kHz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 55.55 kHz แรงดัน 0.53 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 50.15 kHz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

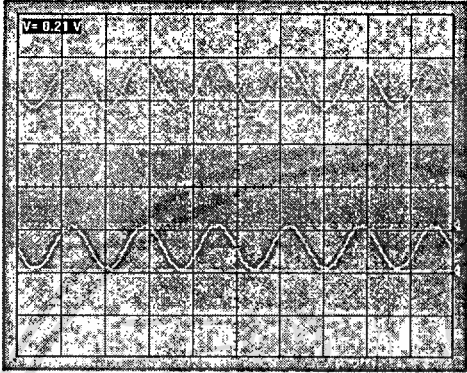
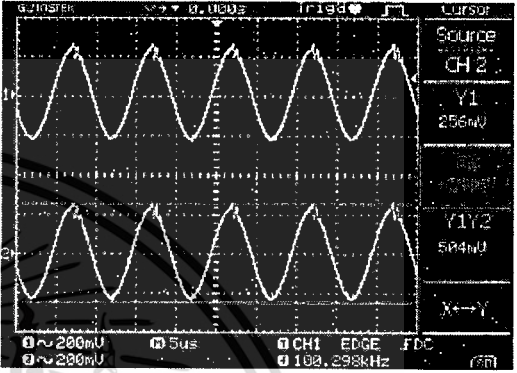
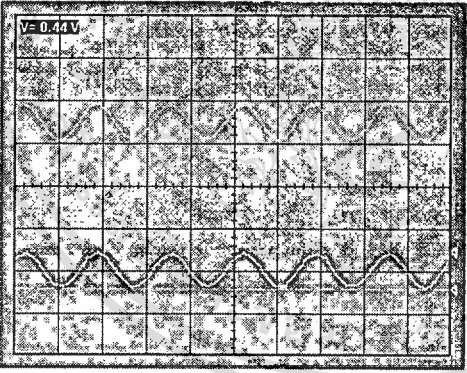
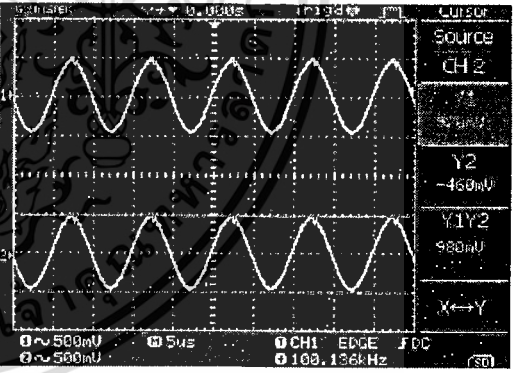
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.6 (ต่อ)

แรงดัน (V_{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการ การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลอสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
5	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 1 V/DIV อ่านความถี่ได้ 55.55 kHz แรงดัน 2.91 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 50.44 kHz แรงดัน 5.04 V_{p-p}</p>
10	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 55.55 kHz แรงดัน 3.20 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 10 μs/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 50.08 kHz แรงดัน 10.0 V_{p-p}</p>

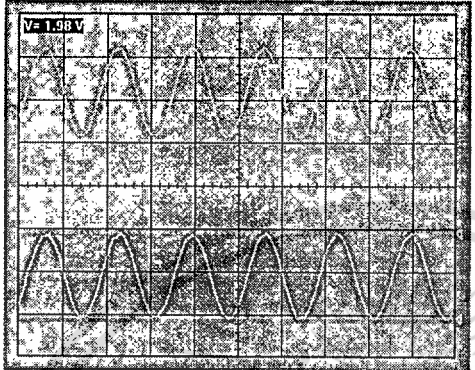
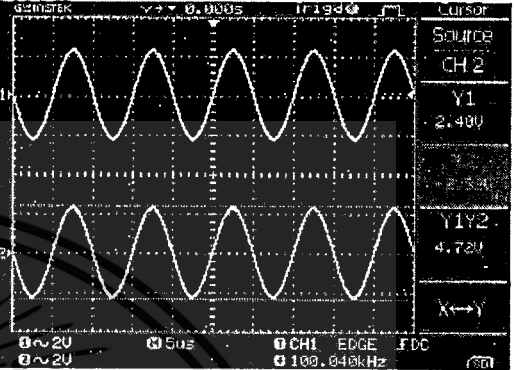
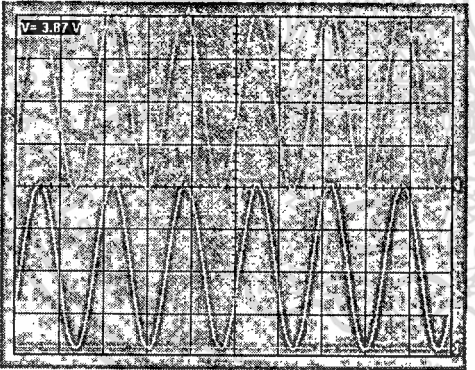
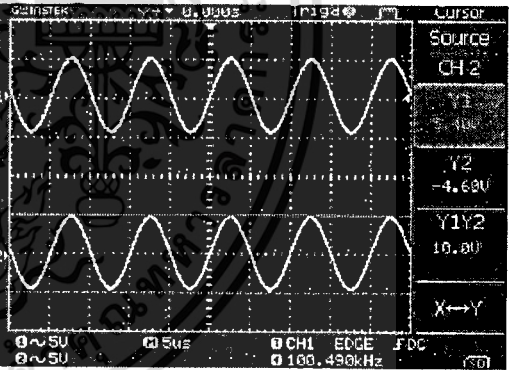
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.7 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสโตเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 100 kHz

แรงดัน (V_{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสโตเรจออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 111.11 kHz แรงดัน 0.21 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.29 kHz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 117.64 kHz แรงดัน 0.44 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.13 kHz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

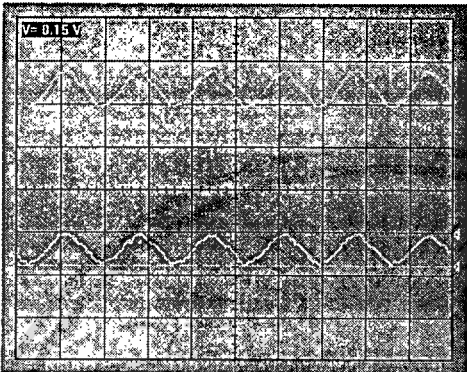
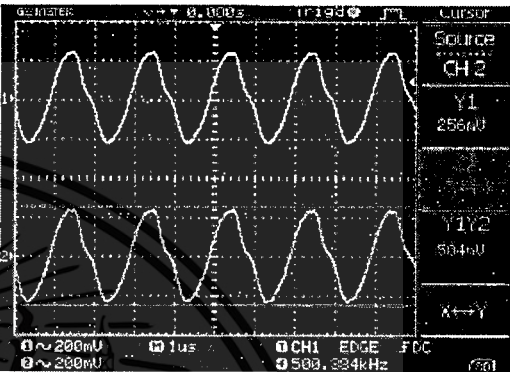
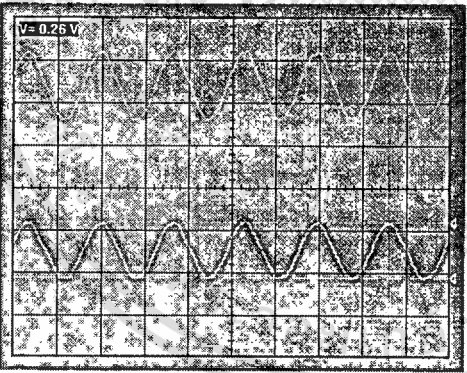
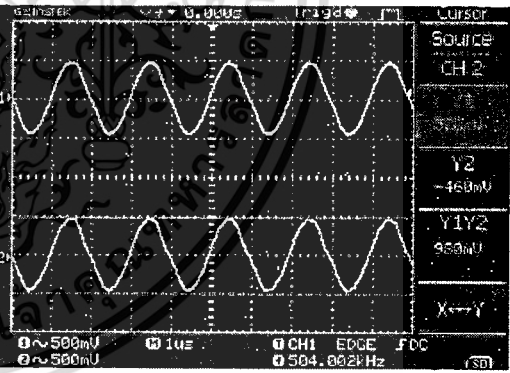
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.7 (ต่อ)

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับ การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
5	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 1 V/DIV อ่านความถี่ได้ 125 kHz แรงดัน 1.98 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.04 kHz แรงดัน 4.72 V_{p-p}</p>
10	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 1 V/DIV อ่านความถี่ได้ 125 kHz แรงดัน 3.87 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 5 μs/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 100.49 kHz แรงดัน 10.0 V_{p-p}</p>

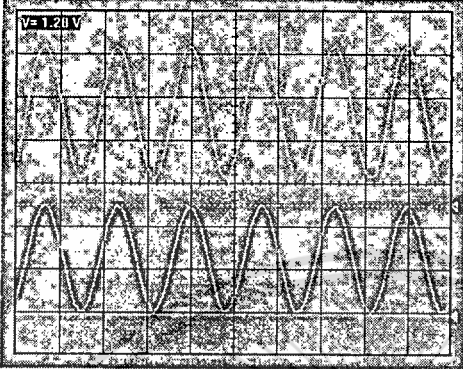
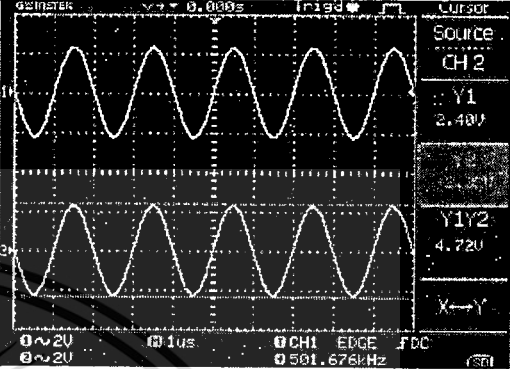
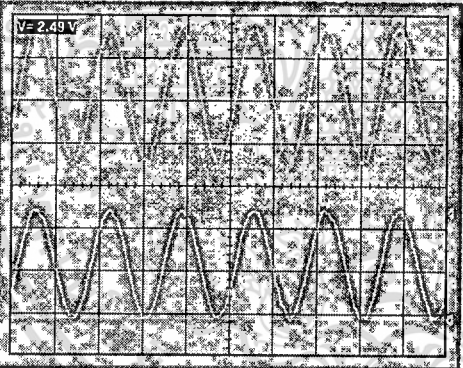
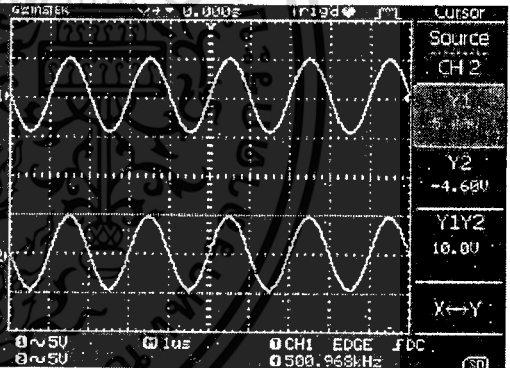
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๘.8 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek
รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 500 kHz

แรงดัน (V_{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับ การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 555.55 kHz แรงดัน 0.15 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 500.38 kHz แรงดัน 0.50 V_{p-p}</p>
1.0	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 588.23 kHz แรงดัน 0.26 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 504.00 kHz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

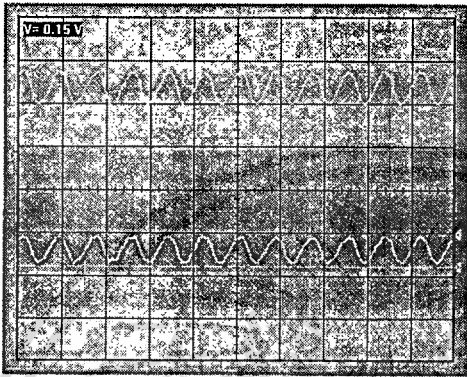
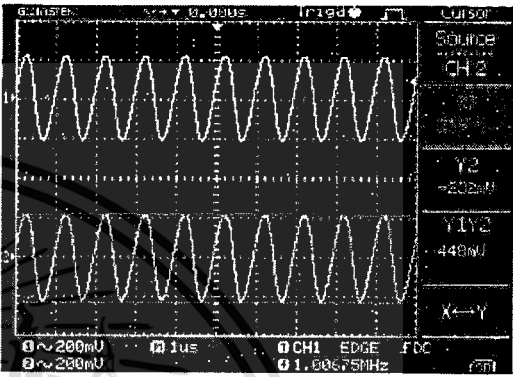
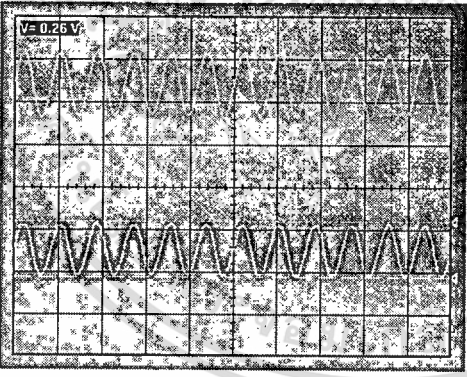
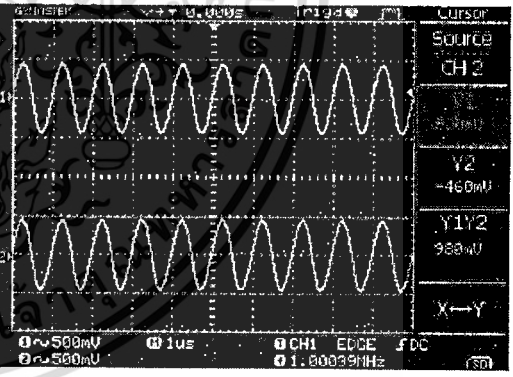
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๘.8 (ต่อ)

แรงดัน (V_{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลอสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
5	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 588.23 kHz แรงดัน 1.28 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 501.67 kHz แรงดัน 4.72 V_{p-p}</p>
10	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 1 V/DIV อ่านความถี่ได้ 625 kHz แรงดัน 2.49 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 500.96 kHz แรงดัน 10.0 V_{p-p}</p>

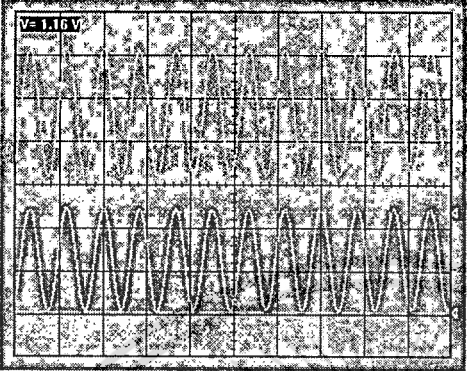
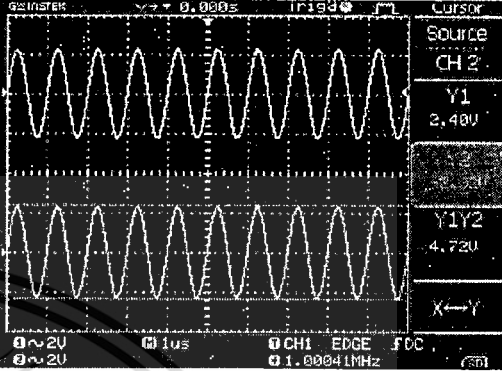
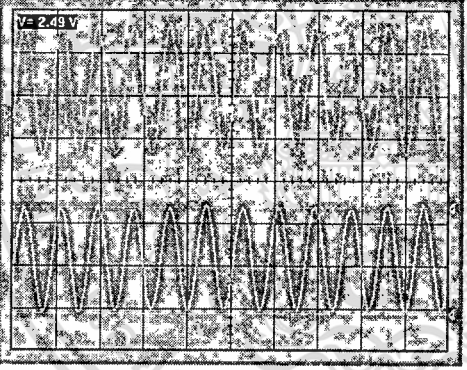
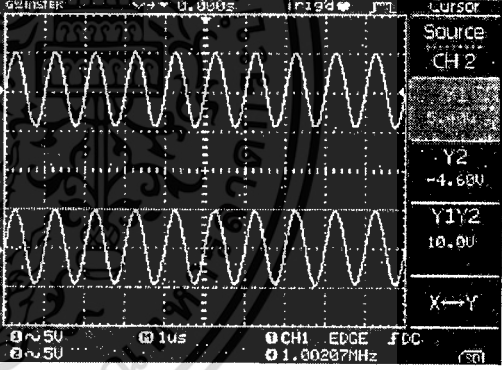
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.๑ ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek
รุ่น GDS-1042 ความถี่ 40 MHz เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 MHz

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับ การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
0.5	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.25 MHz แรงดัน 0.15 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.00 MHz แรงดัน 0.44 V_{p-p}</p>
1.0	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.25 MHz แรงดัน 0.26 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.00 MHz แรงดัน 0.98 V_{p-p}</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.9 (ต่อ)

แรงดัน (V _{p-p})	รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
5	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 0.5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.25 MHz แรงดัน 1.16 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 2 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.00 MHz แรงดัน 4.72 V_{p-p}</p>
10	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 1 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.11 MHz แรงดัน 2.49 V_{p-p}</p>	 <p>TIME/DIV = 1 μs/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV อ่านความถี่ได้ 1.00 MHz แรงดัน 10.0 V_{p-p}</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.10 ผลการทดลองวัดสัญญาณโดยใช้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เปรียบเทียบกับการใช้ดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป
รุ่น GDS-1042

ความถี่และแรงดัน ที่ป้อนด้วยเครื่อง กำเนิดสัญญาณ		ค่าที่อ่านได้จาก ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042		ค่าที่อ่านได้จาก เครื่องมือวัดเสมือน ^๑		ค่าความผิดพลาด $\%Error = \left \frac{X_i - X_m}{X_i} \right \times 100\%$	
ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V _{p-p})	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V _{p-p})	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V _{p-p})	ความถี่ (%)	แรงดัน (%)
100	0.5	100.95	0.50	100	0.48	0.94	4.00
	1	100.50	1.00	100	0.97	0.50	3.00
	5	100.95	5.04	100	4.93	0.94	2.18
	10	100.15	10.00	100	9.78	0.15	2.20
500	0.5	500.17	0.50	500	0.48	0.03	4.00
	1	502.53	0.98	500	0.97	0.50	1.02
	5	500.15	5.04	500	4.93	0.03	2.18
	10	500.99	10.00	500	9.89	0.20	1.10
1 k	0.5	1.00 k	0.50	952.38	0.48	4.76	4.00
	1	1.00 k	0.98	952.38	0.97	4.76	1.02
	5	1.00 k	5.04	952.38	4.93	4.76	2.18
	10	1.00 k	10.00	952.38	9.89	4.76	1.10
5 k	0.5	5.00 k	0.50	5.26 k	0.48	5.20	4.00
	1	5.01 k	0.98	5.26 k	0.97	4.99	1.02
	5	5.02 k	5.04	5.26 k	4.80	4.78	4.76
	10	5.01 k	10.00	5.00 k	9.44	0.20	5.60
10 k	0.5	10.06 k	0.50	9.52 k	0.48	5.36	4.00
	1	10.02 k	0.98	9.52 k	0.89	4.99	9.18
	5	10.02 k	5.04	9.52 k	4.27	4.99	15.28
	10	10.01 k	10.00	10.00 k	8.22	0.10	17.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.10 (ต่อ)

ความถี่และแรงดัน ที่ป้อนด้วยเครื่อง กำเนิดสัญญาณ		ค่าที่อ่านได้จาก ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042		ค่าที่อ่านได้จาก เครื่องมือวัดเสมือนฯ		ค่าความผิดพลาด $\%Error = \left \frac{X_i - X_m}{X_i} \right \times 100\%$	
ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V _{P-P})	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V _{P-P})	ความถี่ (Hz)	แรงดัน (V _{P-P})	ความถี่ (%)	แรงดัน (%)
50 k	0.5	50.04 k	0.50	35.71 k	0.30	28.64	40.00
	1	50.15 k	0.98	55.55 k	0.53	10.77	45.92
	5	50.44 k	5.04	55.55 k	2.91	10.13	42.26
	10	50.08 k	10.00	55.55 k	3.20	10.92	68.00
100 k	0.5	100.29 k	0.50	111.11 k	0.21	10.79	58.00
	1	100.13 k	0.98	117.64 k	0.44	17.49	55.10
	5	100.04 k	4.72	125.00 k	1.98	24.83	58.05
	10	100.49 k	10.00	125.00 k	3.87	24.39	61.30
500 k	0.5	500.38 k	0.50	555.55 k	0.15	11.03	70.00
	1	504.00 k	0.98	588.23 k	0.26	16.71	73.47
	5	501.67 k	4.72	588.23 k	1.28	17.25	72.88
	10	500.96 k	10.00	625.00 k	2.49	24.76	75.10
1 M	0.5	1.00 M	0.44	1.25 M	0.15	25.00	65.91
	1	1.00 M	0.98	1.25 M	0.26	25.00	73.47
	5	1.00 M	4.72	1.25 M	1.16	25.00	75.42
	10	1.00 M	10.00	1.11 M	2.49	11.00	75.10

จากการทดลองพบว่าเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นสามารถวัดสัญญาณได้ดีในช่วงความถี่ไม่เกิน 10 kHz โดยมีค่าความผิดพลาดในการวัดความถี่เฉลี่ย 2.64% และค่าความผิดพลาดในการวัดระดับแรงดันเฉลี่ย 4.48% เมื่อใช้วัดสัญญาณที่มีความถี่สูงขึ้นคือ ตั้งแต่ 50 kHz จนถึง 1 MHz มันสามารถแสดงผลรูปคลื่นได้ แต่ค่าความผิดพลาดในการวัดความถี่เพิ่มมากขึ้น และที่ความถี่สูงๆ ก็มีค่าความผิดพลาดในการวัดระดับแรงดันของสัญญาณมากขึ้นเช่นเดียวกัน



ภาคผนวก ช.

ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ

อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป

ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS – 1042 ความถี่ 40 MHz

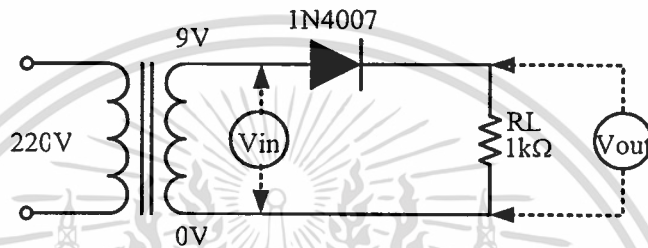
ในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. ทดลองใบงานรายวิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ทดลองใบงานรายวิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเปรียบเทียบผลการวัดสัญญาณแรงดันที่เอาต์พุต ระหว่างการใช้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นและการใช้ดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042

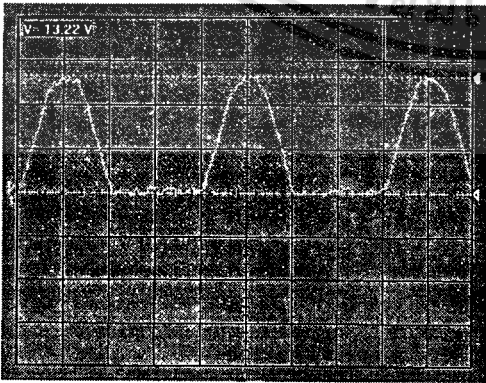
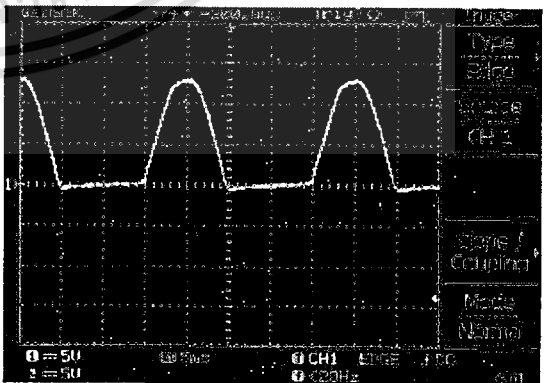
1.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

1.1.1 วงจรเรียงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวก



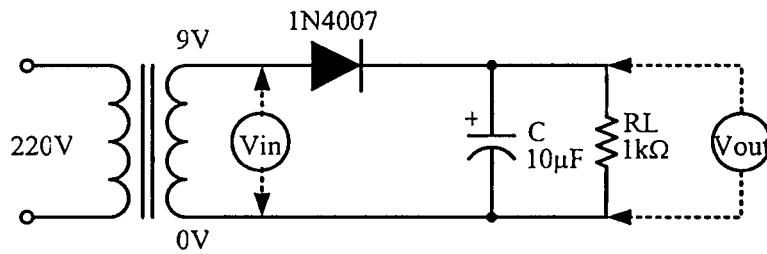
ภาพที่ ข.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวก

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวก

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p data-bbox="342 1815 618 1847">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="342 1868 618 1900">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	 <p data-bbox="914 1815 1191 1847">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="914 1868 1191 1900">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

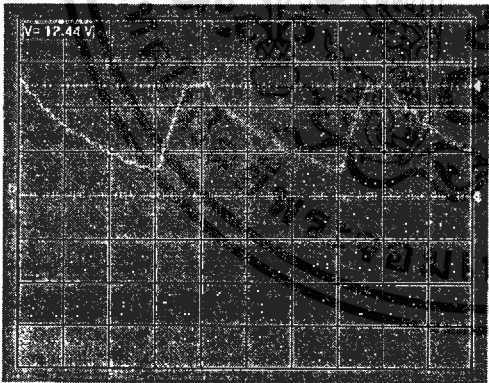
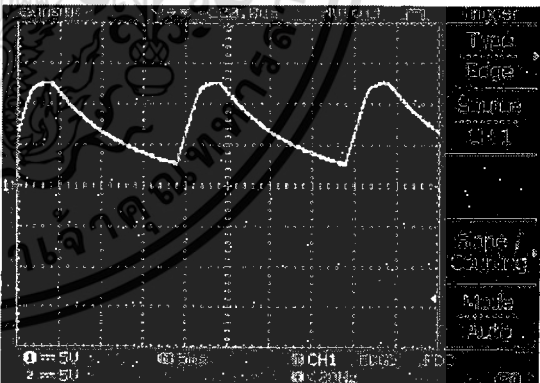
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3 วงจรเรียงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส



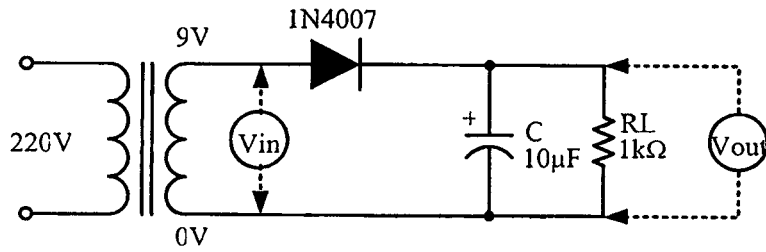
ภาพที่ ข.3 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส

ตารางที่ ข.3 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลอสจอสโคป เรจออกซิล โกลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลอสจอสโคป เรจออกซิล โกลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p data-bbox="346 1561 627 1653">TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	 <p data-bbox="918 1561 1199 1653">TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

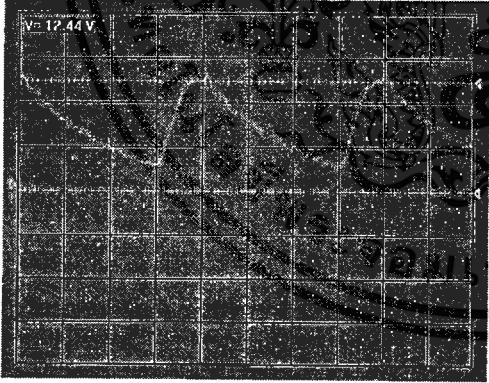
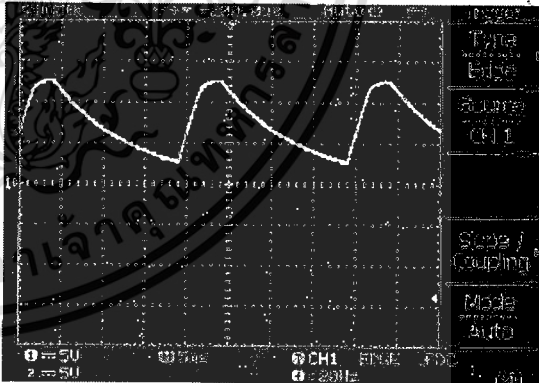
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3 วงจรเรียงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส



ภาพที่ ข.3 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส

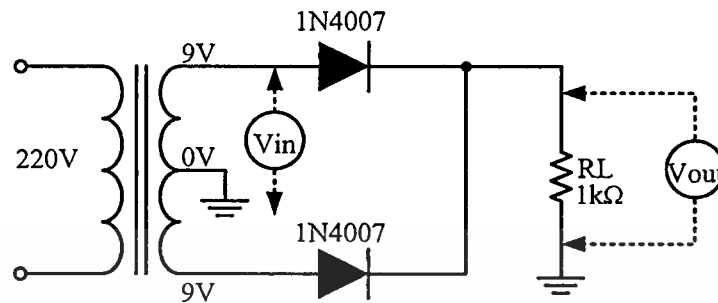
ตารางที่ ข.3 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออกซิลิคอสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจออกซิลิคอสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042
 <p data-bbox="346 1555 623 1640">TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	 <p data-bbox="914 1555 1205 1640">TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

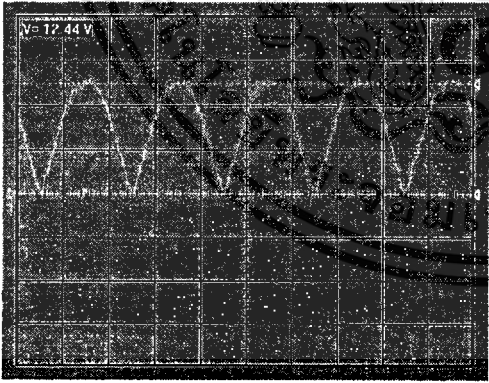
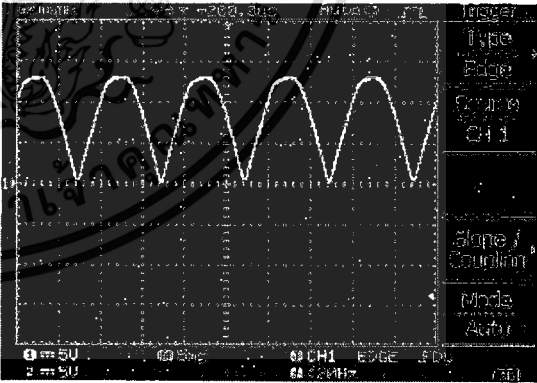
1.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

1.2.1 วงจรเรียงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวก



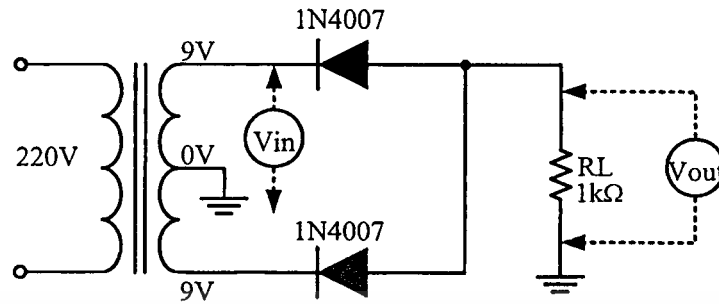
ภาพที่ ข.4 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวก

ตารางที่ ข.4 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวก

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p data-bbox="346 1608 623 1640">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="346 1661 623 1693">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	 <p data-bbox="923 1608 1199 1640">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="923 1661 1199 1693">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

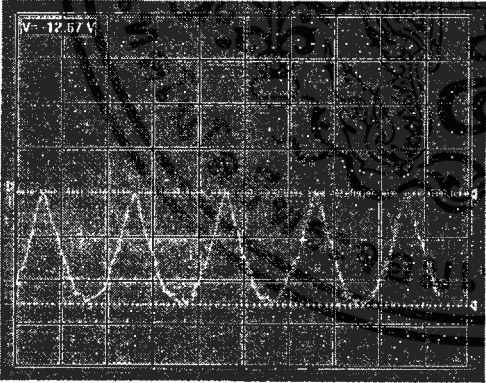
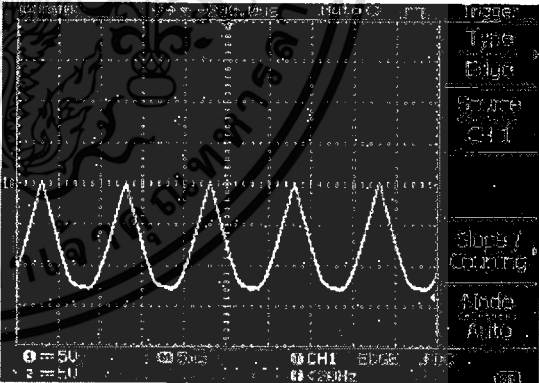
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 วงจรเรียงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านลบ



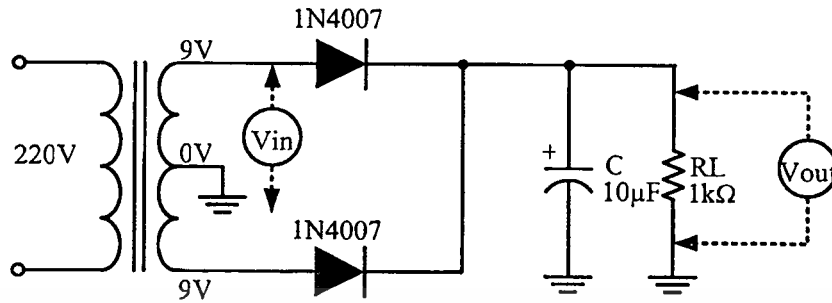
ภาพที่ ข.5 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านลบ

ตารางที่ ข.5 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออกสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านลบ

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออกสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p data-bbox="346 1549 627 1581">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="346 1602 627 1634">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	 <p data-bbox="918 1549 1199 1581">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="918 1602 1199 1634">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

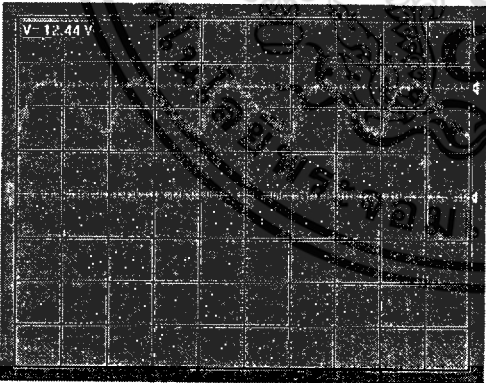
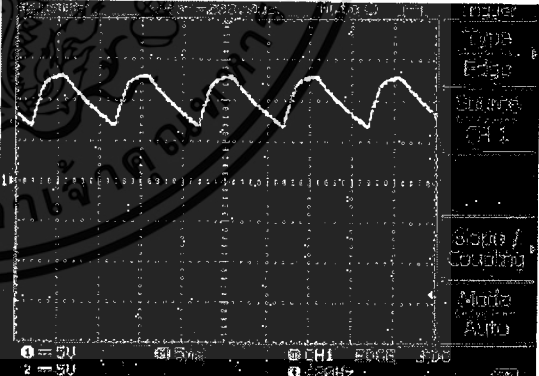
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส



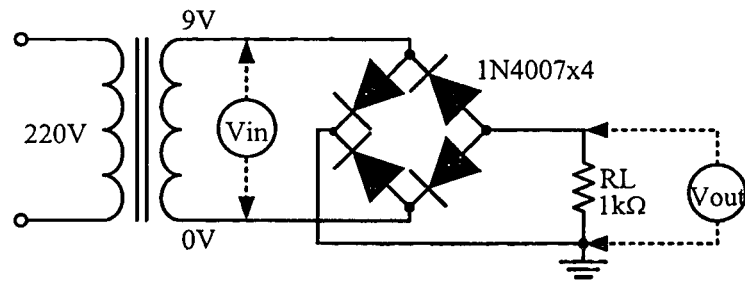
ภาพที่ ข.6 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส

ตารางที่ ข.6 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นด้านบวกมีวงจรกรองกระแส

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
	
<p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	<p>TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

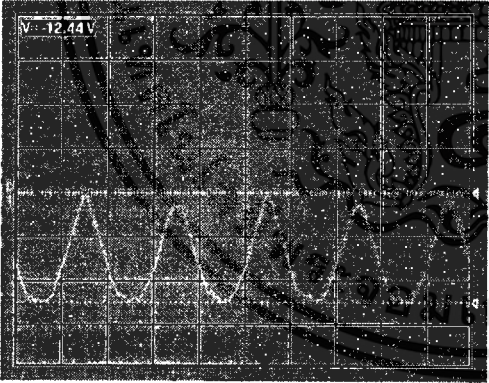
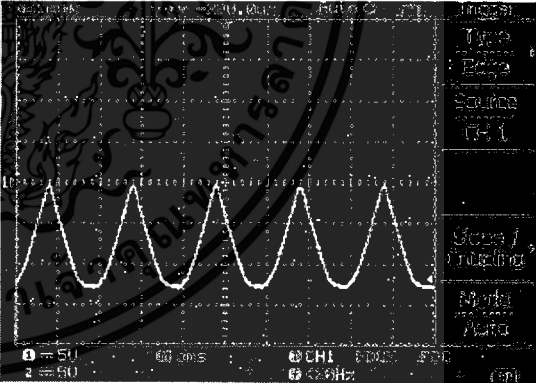
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านลบ



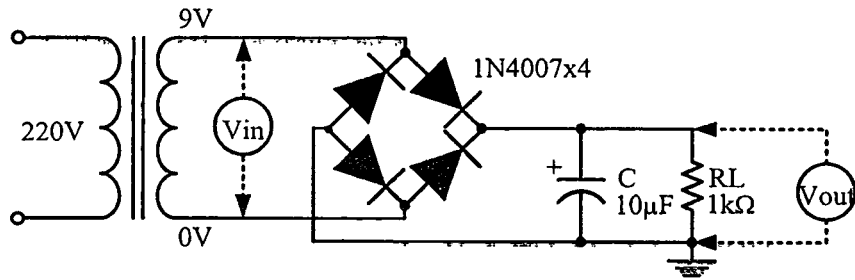
ภาพที่ ข.8 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านลบ

ตารางที่ ข.8 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านลบ

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p data-bbox="346 1519 627 1604">TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	 <p data-bbox="918 1519 1199 1604">TIME/DIV = 5 ms/DIV VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

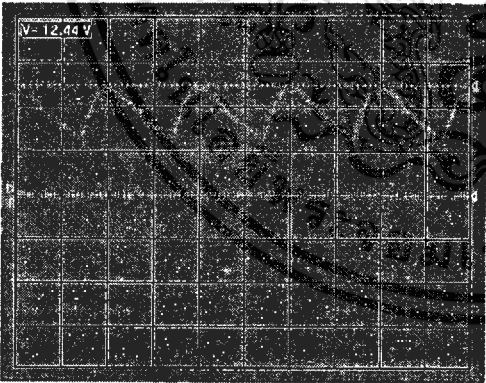
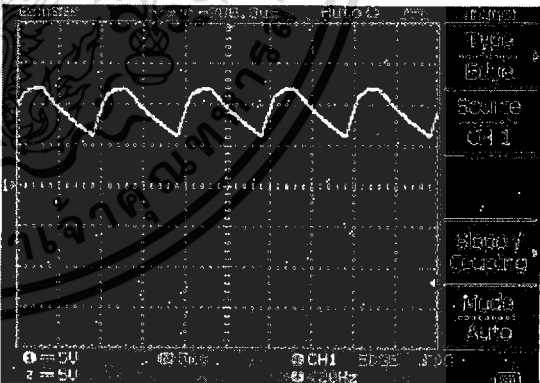
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านลบ



ภาพที่ ข.9 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านลบที่มีวงจรกรองกระแส

ตารางที่ ข.9 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ด้านลบที่มีวงจรกรองกระแส

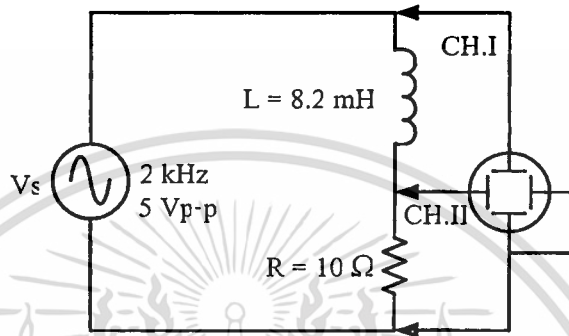
รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p data-bbox="346 1576 623 1608">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="346 1630 623 1661">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>	 <p data-bbox="923 1576 1199 1608">TIME/DIV = 5 ms/DIV</p> <p data-bbox="923 1630 1199 1661">VOLTS/DIV = 5 V/DIV</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดลองใบงานรายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

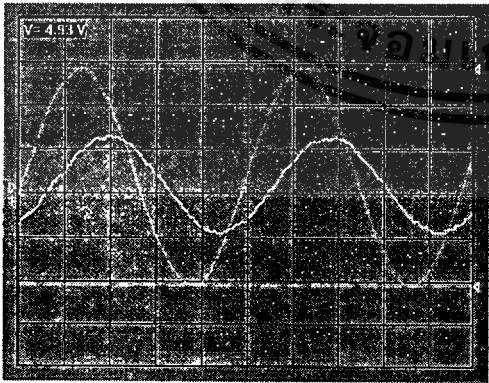
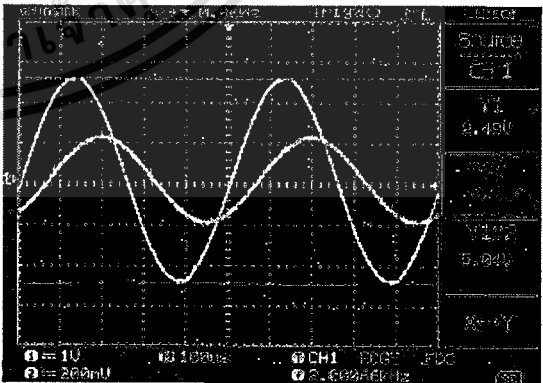
ทดลองใบงานรายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ โดยเปรียบเทียบผลการวัดเฟสของแรงดัน ระหว่างการใช้เครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นและการใช้ดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042

2.1 วงจร RL อนุกรม



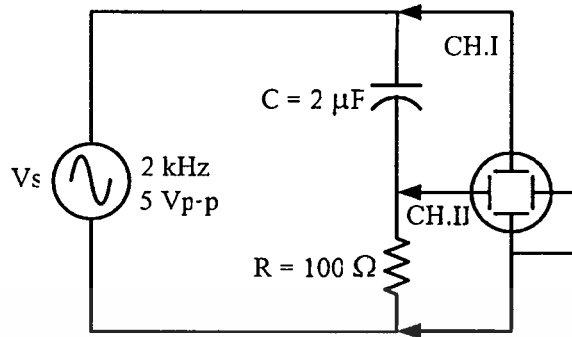
ภาพที่ ข.10 วงจร RL อนุกรม

ตารางที่ ข.10 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิตอลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RL อนุกรม

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิตอลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV</p> <p>CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV</p> <p>CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV</p> <p>CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV</p> <p>CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>

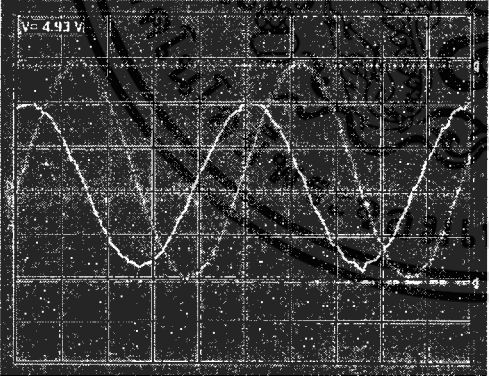
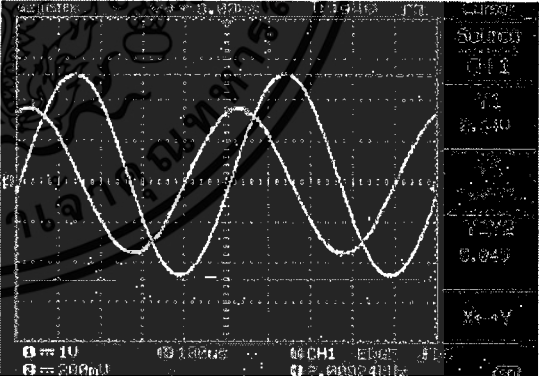
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจร RC อนุกรม



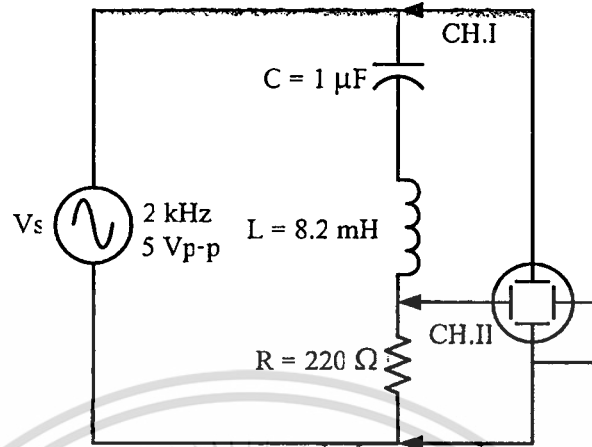
ภาพที่ ข.11 วงจร RC อนุกรม

ตารางที่ ข.11 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับคิจิตอลสตอเรจอสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RC อนุกรม

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากคิจิตอลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
	
<p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>	<p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>

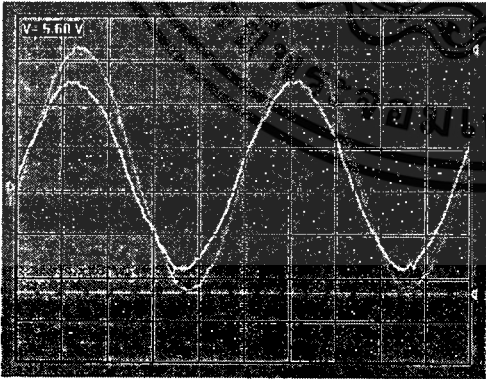
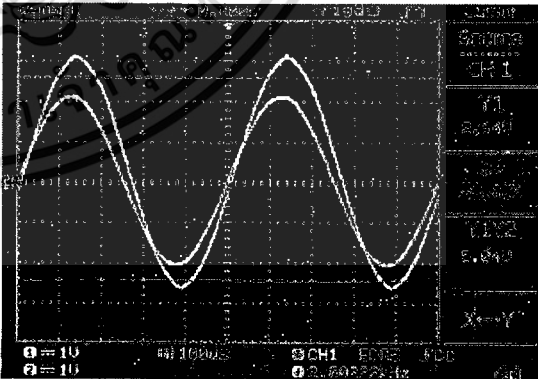
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจร RLC อนุกรม



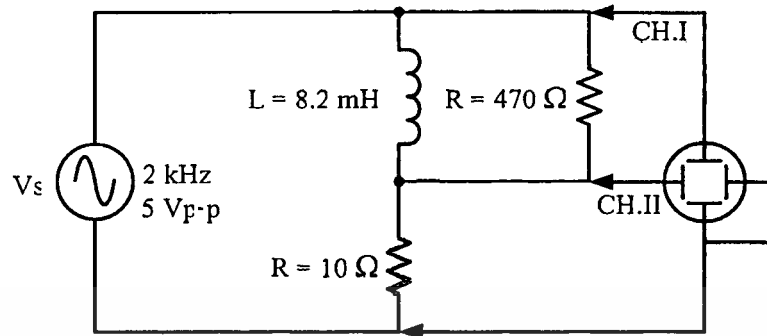
ภาพที่ ข.12 วงจร RLC อนุกรม

ตารางที่ ข.12 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ซีห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RLC อนุกรม

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 1 V/DIV</p>	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 1 V/DIV</p>

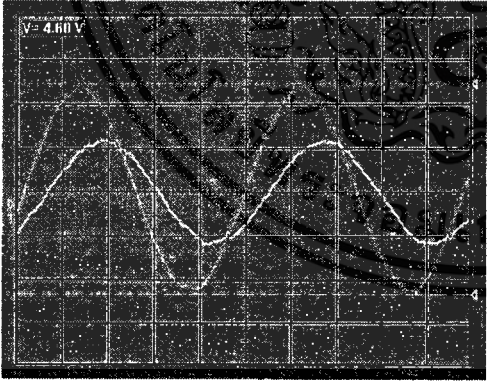
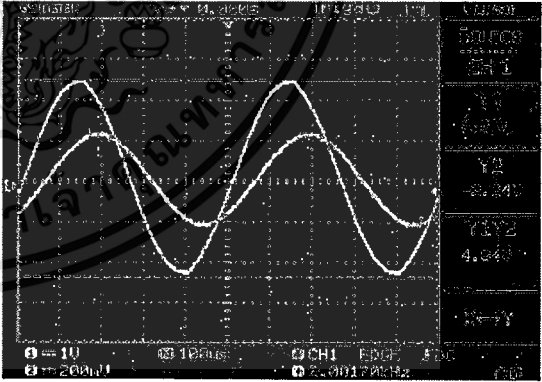
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจร RL ขนาน



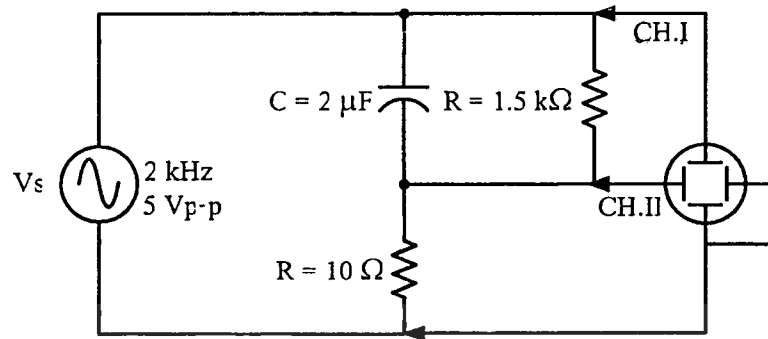
ภาพที่ ข.13 วงจร RL ขนาน

ตารางที่ ข.13 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RL ขนาน

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>	 <p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วงจร RC ขนาน



ภาพที่ ข.14 วงจร RC ขนาน

ตารางที่ ข.14 ผลการเปรียบเทียบการวัดระหว่างเครื่องมือวัดเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นกับดิจิทัลสตอเรจออสซิลโลสโคป ชื่อ GW Instek รุ่น GDS-1042 เมื่อวัดสัญญาณวงจร RC ขนาน

รูปสัญญาณจากเครื่องมือวัดเสมือน สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	รูปสัญญาณจากดิจิทัลสตอเรจ ออสซิลโลสโคป รุ่น GDS-1042
<p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>	<p>TIME/DIV = 0.1 ms/DIV CH.I VOLTS/DIV = 1 V/DIV CH.II VOLTS/DIV = 0.2 V/DIV</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวิเชียร ทวีสุข
วัน เดือน ปีเกิด	13 กุมภาพันธ์ 2515
สถานที่เกิด	อำเภอเสนาห์ จังหวัดสระบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	18/1 หมู่ 12 ต.บ้านยาง อ.เสนาห์ จ.สระบุรี 18160
สถานที่ทำงาน	แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี
ตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2536 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้