

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษา
Development of Low Cost Virtual Oscilloscope for
Vocational Education



นายโกศล ตราชู
นายพงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล

RCH

TK

๗๘๗๘.๖

๗๙๖๐

รายงานการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากเงินงบประมาณ

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๑

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105828
วันที่..... 4 ส.ค. 2552

10160348

ชื่อโครงการ ออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษา

Development of Low Cost Virtual Oscilloscope for Vocational Education

ชื่อผู้วิจัย นายโกศล ตราฐ¹

นายพงษ์เกียรติ เชนฐพิทักษ์สกุล²

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทการวิจัยและพัฒนา ประจำปี พ.ศ. 2551

จำนวนเงิน 315,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2550 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2551

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ เสนอการพัฒนาออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษา ให้เหมาะกับการใช้งานในห้องปฏิบัติการของสาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพและหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากการวิจัยสามารถสร้างออสซิลโลสโคปเสมือนจากวัสดุอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำแต่มีคุณภาพดี โดยมีความสามารถในการวัดความถี่ได้สูงสุด 1 เมกกะเฮิรตซ์ และย่านวัดแรงดัน ตั้งแต่ 20 มิลลิโวลต์ ถึง 5 โวลต์ต่อช่อง จากการนำออสซิลโลสโคปเสมือนไปทดลองใช้ในวิทยาลัยเทคนิคภาคกลาง และภาคตะวันออกจำนวน 7 แห่ง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในต่อการใช้งานออสซิลโลสโคปเสมือนในระดับมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน 4.27 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69

Abstract

This research presents the Development of Low Cost Virtual Oscilloscope for Vocational Education that suitable for the usage in electrical and electronics laboratories in the Vocational and Diploma curriculums. We can implement the Virtual Oscilloscope at low cost and in good quality. This Virtual Oscilloscope can be used to measure the signal up to 1 MHz and the voltage range is from 20 mV/Div to 5 V/Div. From the tryout by the samples from 7 Technical Colleges in Central and Eastern part of Thailand, we found that usage satisfaction for this Virtual Oscilloscope is in the good level and the average score in all aspects is 4.27 and the S.D. is 0.69.

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. โทร. 0-2326-4322

2. อาจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. โทร. 0-2326-4322

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยออสซิลโลสโคปเสมือนสำหรับอาชีวศึกษา สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยการสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดียิ่งจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ซึ่งได้กรุณา มอบทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2551 ประเภทการวิจัยและพัฒนา ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่าน นับตั้งแต่ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด ครู อาจารย์ผู้อบรมสั่งสอนวิทยาการต่างๆ นับแต่อดีตเป็นต้นมา ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งบุคลากรและนักศึกษาทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และคอยอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน รศ.ดร.สุรสิทธิ์ รัตวี ผู้ริเริ่มแนวคิดในการเสนองานวิจัยชิ้นนี้ รวมทั้งอาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล ผู้วิจัยร่วม ที่คอยให้แง่คิดต่างๆ ในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณบุคคลต่างๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ครูและนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในวิทยาลัยเทคนิคทั้ง 7 แห่ง “อาจารย์วิเชียร ทวีสุข” แห่งวิทยาลัยเทคนิคสระบุรี เพื่อนผู้คอยช่วยเหลือในการแสวงหาสถานที่และกลุ่มตัวอย่าง ขอขอบคุณ “อาหลี” แห่งร้านแก้วเจ้าจอม เพื่อนผู้อารีที่คอยเตรียมกาแฟเลิศรส ไว้ช่วยผ่อนคลายยามเครียดจากงานวิจัย และที่ต้องขอบคุณเป็นพิเศษคือ “พ่อมด” กับ “น้ำสุ” ผู้ช่วยนักวิจัยที่อภัยยศยิตทั้ง สองท่าน รวมไปถึงบุคคลต่างๆ ซึ่งไม่สามารถเอ่ยนามได้ครบถ้วน ทั้งที่คอยช่วยเหลือ คอยให้กำลังใจและคอยเป็นแรงกระตุ้นอย่างสม่ำเสมอ

ขอขอบคุณเจ้าของผลงานสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทั้งที่เป็นชาวไทยและต่างชาติ ทุกภาษา ผู้ฝากผลงานของท่านไว้ในทุกตำรา ทุกเว็บไซต์ ทุกเวบบอร์ด และทุกแห่งหนที่ผู้วิจัยสามารถเสาะแสวงหาผลงานของท่านมาศึกษา แม้ว่าบางครั้งจะต้องดูภาพวงจรแล้วทำความเข้าใจเองเพราะอ่านภาษาของท่านไม่ออก และที่ต้องระลึกถึงเสมอคือ ผู้สร้างเว็บไซต์สำหรับค้นหา “<http://www.google.com>”

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเป็นพิเศษแก่ “คุณสุตารัตน์ ตราชู” กับ “เด็กชายปณณัตย์ ตราชู” (น้องต้นข้าว) ที่สละเวลาอันมีค่ายิ่งสำหรับชีวิตครอบครัว ให้ผู้วิจัยได้ทุ่มเทกับการสร้างผลงานวิจัยชิ้นนี้จนเต็มความสามารถ อีกทั้งยังคอยให้กำลังใจในทุกๆ ด้านด้วยความรักและความอบอุ่น

โกศล ตราชู

มีนาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย	1
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 สมมุติฐานการวิจัย	3
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น	3
1.7 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	4
1.8 คำจำกัดความของคำสำคัญต่าง ๆ	4
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ออสซิลโลสโคป	5
2.1.1 ประวัติโดยย่อของออสซิลโลสโคป	5
2.1.2 ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล	9
2.1.3 สถาปัตยกรรมของออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล	11
2.1.4 การสร้างภาพบนจอออสซิลโลสโคปด้วยวิธีการ interpolation แบบต่าง ๆ	16
2.1.5 สายโพรบของออสซิลโลสโคป	17
2.2 อุปกรณ์ประเภท ASIC	18
2.2.1 ข้อได้เปรียบในการใช้งาน FPGA และ CPLD	20
2.3 ระบบบัส USB	20
2.3.1 ข้อดีของ USB	21
2.3.2 โหมดความเร็วการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ USB ในปัจจุบัน	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 โทโพโลยีของระบบบัส USB	22
2.3.4 USB โฮส	22
2.3.5 อุปกรณ์ USB	23
2.3.6 หน้าที่ของอุปกรณ์ USB	23
2.3.7 คอนเน็คเตอร์ USB	24
2.3.8 ชนิดของการถ่ายข้อมูลในระบบบัส USB	24
2.4 โพรโตคอล MODBUS	25
2.5 สรุป	26
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	27
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	27
3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	27
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	27
3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	28
3.2 การวิเคราะห์การใช้ออสซิลโลสโคปในหลักสูตรอาชีวศึกษา	28
3.3 กระบวนการพัฒนาออสซิลโลสโคปเสมือน	30
3.3.1 การพัฒนาขีดความสามารถด้านแบนด์วิธของวงจรขยายทางด้านอินพุต	31
3.3.2 การพัฒนาวงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุต	34
3.3.3 การพัฒนาขีดความสามารถในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	35
3.3.4 การพัฒนาขีดความสามารถของวงจรควบคุมหลัก	37
3.3.5 การเพิ่มไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฝังตัวลงใน FPGA	39
3.3.6 การเพิ่มความสามารถในการปรับ Time/Div	41
3.3.7 การออกแบบและสร้างแผงวงจรสำเร็จรูป	42
3.3.8 การพัฒนาให้สามารถสุ่มสัญญาณได้ 2 ช่องพร้อมๆ กัน	44
3.3.9 การพัฒนาระบบทริกเกอร์สัญญาณ	44
3.3.10 ปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้	46
3.4 สรุป	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	48
4.1 การทดสอบออสซิลโลสโคปเสมือนที่สร้างขึ้นเพื่อการวิจัย	48
4.1.1 ขีดความสามารถของออสซิลโลสโคปเสมือน	48
4.1.2 การวัดสัญญาณลักษณะต่างๆ	49
4.2 การนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในวิทยาลัยเทคนิค	51
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผลการวิจัย	54
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	54
5.3 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก ประมวลภาพถ่ายงานวิจัย	60
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน	67

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานชั้นพื้นฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวช.	29
ตารางที่ 3.2 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานชั้นพื้นฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส.	29
ตารางที่ 3.3 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานชั้นพื้นฐานสาขาไฟฟ้ากำลัง ระดับ ปวช.	29
ตารางที่ 3.4 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานชั้นพื้นฐานสาขาไฟฟ้ากำลัง ระดับ ปวส.	29
ตารางที่ 3.5 ข้อมูลเฉพาะของออปแอมป์ OPA2356	31
ตารางที่ 3.6 การควบคุมอัตราการของวงจรถยายสัญญาณต้านอินพุต	32
ตารางที่ 3.7 ยานวัตการวัดต่างๆ พร้อมทั้งเงื่อนไขในการควบคุม	35
ตารางที่ 3.8 ข้อมูลเฉพาะของวงจรรวมแปลง ADC หมายเลข ADS830	35
ตารางที่ 3.9 ข้อมูลเฉพาะของ CPLD หมายเลข EPM7128LC84-15	38
ตารางที่ 3.10 ข้อมูลเฉพาะของ FPGA หมายเลข XC3S400PQ208	38
ตารางที่ 4.1 ขีดความสามารถของออสซิลโลสโคปเสมือน	48
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ขีดความสามารถของออสซิลโลสโคปเสมือน	49
ตารางที่ 4.2 ตารางแจกแจงกลุ่มตัวอย่าง	51
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการประเมินจากกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ออสซิลโลสโคปเสมือน	52

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การแบ่งสเกลของหน้าจอออสซิลโลสโคป	5
รูปที่ 2.2 ผังวงจรของสโคปแบบดั้งเดิม	6
รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของหลอดภาพออสซิลโลสโคป	7
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของสัญญาณแนวนอน แนวตั้ง และการปรากฏบนจอออสซิลโลสโคป	8
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของจอภาพสโคปแบบ mesh-storage CRT	9
รูปที่ 2.6 ผังวงจรออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล	10
รูปที่ 2.7 การนำค่าทางดิจิทัลมาแสดงผลบนจอดิจิทัลออสซิลโลสโคป	11
รูปที่ 2.8 การสุ่มสัญญาณแบบ Transient Digitization	12
รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบอัตราการสุ่มตัวอย่างในระดับความเร็วแตกต่างกัน	13
รูปที่ 2.10 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณแบบ RIS Digitization	14
รูปที่ 2.11 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณแบบ Scanning Digitization	15
รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของระบบสุ่มสัญญาณแบบ scanning Digitization	15
รูปที่ 2.13 การ interpolation แบบต่างๆ ที่ความถี่สุ่ม 2.5, 5 และ 10 ตัวอย่าง/คาบ	16
รูปที่ 2.13 (ต่อ) การ interpolation แบบต่างๆ ที่ความถี่สุ่ม 2.5, 5 และ 10 ตัวอย่าง/คาบ	17
รูปที่ 2.14 วงจรสมมูลในการวัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป	17
รูปที่ 2.15 วงจรสายโพรบ 10:1 และมีตัวเก็บประจุชดเชย	18
รูปที่ 2.16 ลักษณะรูปคลื่นเมื่อปรับค่าตัวเก็บประจุชดเชยความถี่ในสายโพรบ	18
รูปที่ 2.17 อุปกรณ์ ASIC ประเภทต่างๆ	19
รูปที่ 2.18 โทโพโลยีในระบบบัส USB	22
รูปที่ 2.19 พฤติกรรมของตัวควบคุมหลัก (Master) ในขั้นตอนต่างๆ	25
รูปที่ 2.20 พฤติกรรมของตัวควบคุมลูก (Slave) ในขั้นตอนต่างๆ	26
รูปที่ 3.1 วงจรขยายสัญญาณทางด้านอินพุต	32
รูปที่ 3.2 การตอบสนองความถี่ของออปแอมป์ OPA2356	33
รูปที่ 3.3 วงจรแอนะล็อกสวิตช์สำหรับควบคุมอัตราการขยายสัญญาณด้านอินพุต	33
รูปที่ 3.4 วงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุต	34
รูปที่ 3.5 ผังวงจรสำหรับการเลือกย่านวัด V/DIV ต่างๆ	34
รูปที่ 3.6 ผังวงจรภายในของ ADC หมายเลข ADS830	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 ผังเวลาของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลหมายเลข ADS830	37
รูปที่ 3.8 สถาปัตยกรรมของ Microblaze ที่ออกแบบใน EDK	40
รูปที่ 3.9 ผังการทำงานของกระบวนการเก็บสัญญาณแอนะล็อก	42
รูปที่ 3.10 ลักษณะการวางอุปกรณ์ด้านบนของแผงวงจรพิมพ์	43
รูปที่ 3.12 ผังวงจรสุมสัญญาณพร้อมกันสองช่อง	44
รูปที่ 3.13 การแสดงรูปคลื่นบนหน้าจอออสซิลโลสโคปเสมือน	45
รูปที่ 3.14 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของงานวิจัยเดิม	46
รูปที่ 3.15 ส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ได้สร้างขึ้นมาใหม่	47
รูปที่ 4.1 การวัดสัญญาณรูปไซน์ที่ความถี่ต่างๆ	49
รูปที่ 4.2 การวัดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ	50
รูปที่ 4.3 การวัดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ	50
รูปที่ 4.4 การวัดสัญญาณ 2 ช่องที่มีลักษณะแตกต่างกัน	51
รูปที่ ก.1 ภาพถ่ายเครื่องออสซิลโลสโคปเสมือน	61
รูปที่ ก.2 ภาพถ่ายภายในออสซิลโลสโคปเสมือน	61
รูปที่ ก.3 ลายทองแดงของแผงวงจรพิมพ์ของออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านบน)	62
รูปที่ ก.4 การวางอุปกรณ์บนแผงวงจรออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านบน)	62
รูปที่ ก.5 ลายทองแดงของแผงวงจรพิมพ์ของออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านล่าง)	63
รูปที่ ก.6 การวางอุปกรณ์บนแผงวงจรออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านล่าง)	63
รูปที่ ก.7 ภาพถ่ายแผงวงจรออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านบน)	64
รูปที่ ก.8 ภาพถ่ายแผงวงจรออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านล่าง)	64
รูปที่ ก.9 บรรยายภาพการแนะนำไปงานการทดลองแก่กลุ่มตัวอย่าง	65
รูปที่ ก.10 การดำเนินการทดลองไปงานของกลุ่มตัวอย่าง	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในเรื่องการเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ดังจะเห็นจากรายได้ของการส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ที่จัดอยู่ในอันดับต้นๆ ของประเทศ บุคลากรด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการฝึกฝนและพัฒนาจากสถาบันการศึกษาระดับอาชีวศึกษา จากทุกจังหวัดทั่วประเทศ จะเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงานอยู่ตลอดเวลา แม้กระทั่งแรงงานฝีมือที่ทำงานอยู่ในอุตสาหกรรมแล้ว ก็ต้องมีการเพิ่มศักยภาพของตนเองตลอดเวลาเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

ในการเรียนการสอนภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในสาขาช่างไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งนั่นคือ “ออสซิลโลสโคป” จากการศึกษา รายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐาน ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546) และ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ ของสำนักมาตรฐาน การอาชีวศึกษาและวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ [7] พบว่ามีรายการออสซิลโลสโคปที่แนะนำไว้ในมาตรฐานจำนวน 4 รายการ เมื่อศึกษาถึงขีด ความสามารถของแต่ละรุ่นพบว่าจำแนกได้เป็นออสซิลโลสโคปทั้งแบบแอนะล็อกและแบบ ดิจิตอล มีความสามารถในการวัดความถี่สูงสุดตั้งแต่ 20 MHz ถึง 400 MHz ใช้ร่วมกับการเรียน การสอนในพื้นที่ปฏิบัติงานต่างๆ ตามสาขางานที่นักศึกษาเลือกเรียน ราคาของออสซิลโลสโคป ตามมาตรฐานดังกล่าว เริ่มต้นตั้งแต่ 25,000 บาทในออสซิลโลสโคปรุ่น 20 MHz ไปจนถึงราคา 280,000 บาทในรุ่น 400 MHz ซึ่งในแต่ละปีมีการจัดตั้งงบประมาณจัดซื้อเครื่องออสซิลโลสโคป ตามวิทยาลัยเทคนิคต่างๆ รวมเป็นเงินปีละหลายสิบล้านบาท ถึงกระนั้นออสซิลโลสโคปก็ยังไม่ เพียงพอต่อการให้นักศึกษาได้ศึกษาและฝึกทักษะวิชาชีพทางช่างอย่างทั่วถึง แม้ในบาง วิทยาลัยจะมีออสซิลโลสโคปจำนวนเพียงพอ แต่นักเรียนก็ไม่มีโอกาสในการฝึกใช้งานมากพอ ที่ จะทำให้เกิดทักษะขั้นสูงในการใช้งานออสซิลโลสโคปจนเกิดความมั่นใจในการนำไปประกอบ อาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสซิลโลสโคปเสมือน (Virtual Oscilloscope) เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถนำมาใช้งานทดแทนเครื่องออสซิลโลสโคปจริงได้ โดยเฉพาะในการฝึกฝนประสบการณ์ใช้งานจนเกิดความมั่นใจ เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเครื่องออสซิลโลสโคปจริง มีคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ ที่เหมาะกับการใช้เพื่อศึกษาเรียนรู้

ในการศึกษาเรื่อง Virtual Oscilloscope : Basic Electronics Laboratory [1, 26] พบว่าผลการใช้งานเป็นที่น่าพอใจ สามารถใช้ทดแทนออสซิลโลสโคปจริงได้ แต่ยังมีข้อที่ต้องปรับปรุงแก้ไขอยู่อีกมาก ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำงานวิจัยดังกล่าวไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ออสซิลโลสโคปที่มีขีดความสามารถสูง เช่น วิชาพื้นฐานวงจรพัลส์และดิจิทัล วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เป็นต้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดจะนำออสซิลโลสโคปเสมือนมาพัฒนาเป็นออสซิลโลสโคปที่มีขีดความสามารถในการปรับย่านการวัดและอัตราการสุ่มตัวอย่างสัญญาณที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งเพิ่มหน่วยความจำบัฟเฟอร์ซึ่งจะทำให้ออสซิลโลสโคปสามารถอ่านข้อมูลได้พร้อมกันทั้ง 2 ช่อง โดยยังคงลักษณะเด่นของ ออสซิลโลสโคปเสมือนไว้ คือ มีราคาถูกกว่าออสซิลโลสโคปจริงอันจะช่วยแก้ปัญหาเครื่องมือวัดที่ไม่เพียงพอต่อการเรียนการสอน และมีความสะดวกในการใช้งานช่วยให้ผู้เรียนทำการทดลองต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย คือ การสร้างเครื่องต้นแบบและทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อ “ออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษา” ซึ่งมีความสามารถใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปรุ่นที่มีปริมาณความต้องการสูงสุดตามมาตรฐานครุภัณฑ์ขั้นพื้นฐานของหลักสูตร ปวช. และปวส. คือ “ออสซิลโลสโคป 20 MHz” ซึ่งมีคุณลักษณะเฉพาะครุภัณฑ์โดยย่อ คือ “เป็นเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าย่านความถี่ DC - 20 MHz ชนิดเขียน 2 เส้นภาพ” ราคาเครื่องละ 25,000 บาท ซึ่งตามมาตรฐานดังกล่าว สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพแนะนำให้แต่ละวิทยาลัยเทคนิคมีไว้เพื่อการศึกษาถึงแห่งละ 185 เครื่อง

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ด้านคือ

1 เพื่อพัฒนาออสซิลโลสโคปเสมือน ที่มีต้นทุนต่ำ ด้วยอุปกรณ์ที่มีความเร็วสูงชันและมีความสามารถต่างๆ เพิ่มขึ้นจากงานวิจัยเดิม ทั้งด้านรูปลักษณะภายนอกและฟังก์ชันการทำงานภายใน สำหรับใช้งานสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานออสซิลโลสโคปเสมือนที่พัฒนาขึ้น โดยการนำไปทดลองใช้จริงในวิทยาลัยเทคนิคต่างๆ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบคุณลักษณะเฉพาะของออสซิลโลสโคปเสมือนที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพและหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

2. วิทยาลัยเทคนิคสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการที่เปิดสอนในสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรมสามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

1.5 สมมุติฐานการวิจัย

งานวิจัยนี้จะสำเร็จลุล่วงได้เมื่อบรรลุสมมติฐาน 2 ประการสำคัญคือ

1. ทราบวิธีการหรือสามารถสร้างออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดได้ในราคาต้นทุนไม่เกิน 5,000 บาท

2. กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในการใช้งานออสซิลโลสโคปเสมือนในห้องปฏิบัติการสาขาทางช่างอุตสาหกรรม ระดับมาก (ระดับ 3.50 ขึ้นไป)

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

ชิ้นงานที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ จะสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในพื้นที่ปฏิบัติงานต่างๆ ของสาขางานอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ และหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่ต้องใช้ออสซิลโลสโคปสำหรับสัญญาณไฟฟ้าความถี่ DC - 20 MHz ชนิดเขียน 2 เส้นภาพ ทดแทนการนำเข้าเครื่องออสซิลโลสโคป 20 MHz ตามรายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐาน ของสำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการพัฒนาสื่อออสซิลโลสโคปเสมือนคณะผู้วิจัยจะใช้วิธีการระบบของ ADDIE Model ซึ่งพัฒนาโดย Seels & Glasgow (1998) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ (Analysis)
2. การออกแบบ (Design)
3. การพัฒนา (Development)
4. การนำไปใช้งาน (Implementation)
5. การประเมิน (Evaluation)

1.8 คำจำกัดความของคำสำคัญต่าง ๆ

ออสซิลโลสโคป (oscilloscope) หมายถึง เครื่องวัดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือสลับที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและเวลาในรูปแบบของกราฟบนจอภาพ

ออสซิลโลสโคปเสมือน (virtual oscilloscope) หมายถึง เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถแสดงผลบนจอของเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออย่างอื่น ซึ่งทำงานด้วยซอฟต์แวร์ที่มีความยืดหยุ่นสูง มีวงจรที่ไม่สลับซับซ้อนและราคาถูกลง อย่างไรก็ตาม ออสซิลโลสโคปเสมือนอาจนำข้อมูลจากออสซิลโลสโคปจริงมาแสดงผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน

บทที่ 2

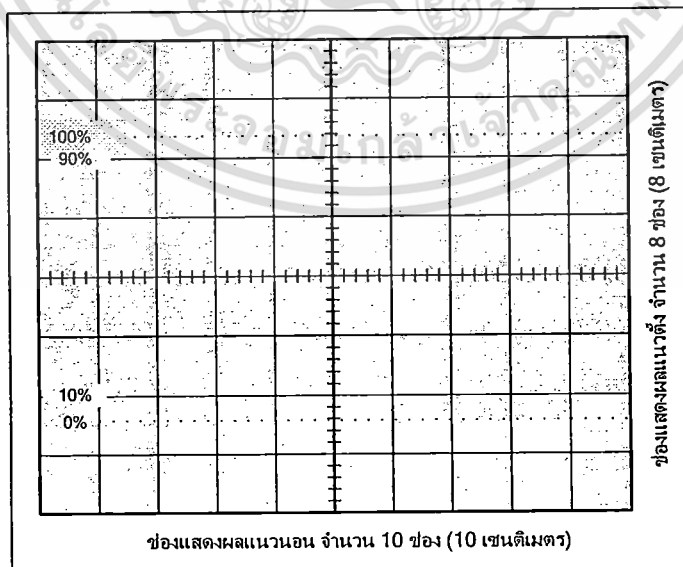
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ล้วนแล้วแต่เกิดจากการบูรณาการวิชาความรู้ในศาสตร์ต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างผสมกลมกลืน ออสซิลโลสโคปเสมือนในงานวิจัยนี้ก็ไม่ได้ต่างกัน ความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่รวบรวมเข้าด้วยกันจนสำเร็จเป็นชิ้นงานล้วนมีแนวคิดและทฤษฎีรองรับ การทำความเข้าใจแนวคิดทฤษฎีเบื้องต้น จะเสริมให้ผู้อ่านสามารถศึกษารายละเอียดการสร้างและการวิเคราะห์งานวิจัยในบทถัดไปได้ดียิ่งขึ้น เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่นำมาใช้ในงานวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ เพื่อความเหมาะสมตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1 ออสซิลโลสโคป

2.1.1 ประวัติโดยย่อของออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคป [27] ถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1897 โดยนักวิทยาศาสตร์ผู้คิดค้นระบบ โทรเลขไร้สายชื่อ Karl Ferdinand Braun โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการวัดรูปร่างสัญญาณ กระแสลับความถี่สูงที่ส่งไปในระบบ เครื่องวัดที่เขาสร้างขึ้นนี้ เดิมให้ชื่อเรียกว่า "Braun Tube" [28]

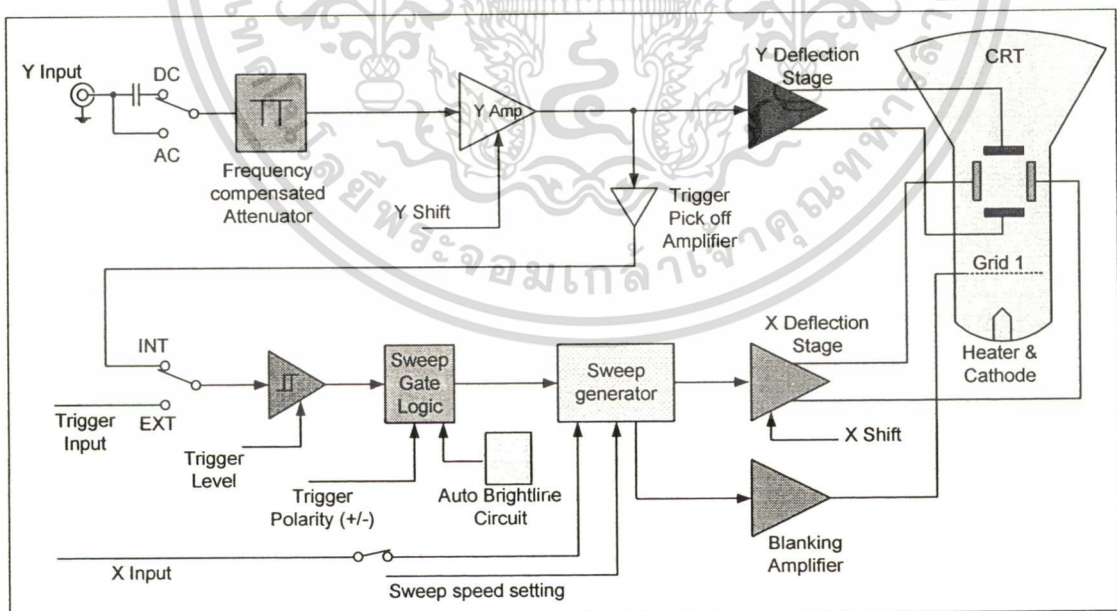


รูปที่ 2.1 การแบ่งสเกลของหน้าจอออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการทำงานภายในประกอบด้วยจอภาพที่สร้างจากหลอดรังสีแคโทด (CRT) [29] และวงจร สร้างสัญญาณกวาด (sweep generator) เพื่อทำการสแกนรูปร่างสัญญาณให้ปรากฏบนหน้าจอ ปัจจุบันออสซิลโลสโคปแบบดั้งเดิมถูกพัฒนาให้มีความสามารถสูงและมีการใช้งานที่กว้างขวางมากขึ้น หน้าจอของออสซิลโลสโคปในช่วงแรกๆ จะมีลักษณะกลม แต่ระยะหลังได้รับการเปลี่ยนให้มีลักษณะสี่เหลี่ยมและมีเส้นสแกนที่กำหนดไว้บนหน้าจอ ซึ่งมีความกว้าง - ยาว ช่องละ 1 เซนติเมตร โดยในแนวตั้งจะมีจำนวนช่องทั้งหมด 8 ช่อง เรียกว่าแกนเวลา และในแนวนอนมี 10 ช่อง เรียกว่าแกนแรงดัน ทั้งเส้นแนวตั้งและแนวนอนจะถูกแบ่งออกเป็นสเกลย่อยๆ ด้วยขีดสั้นๆ ช่องละ 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.1

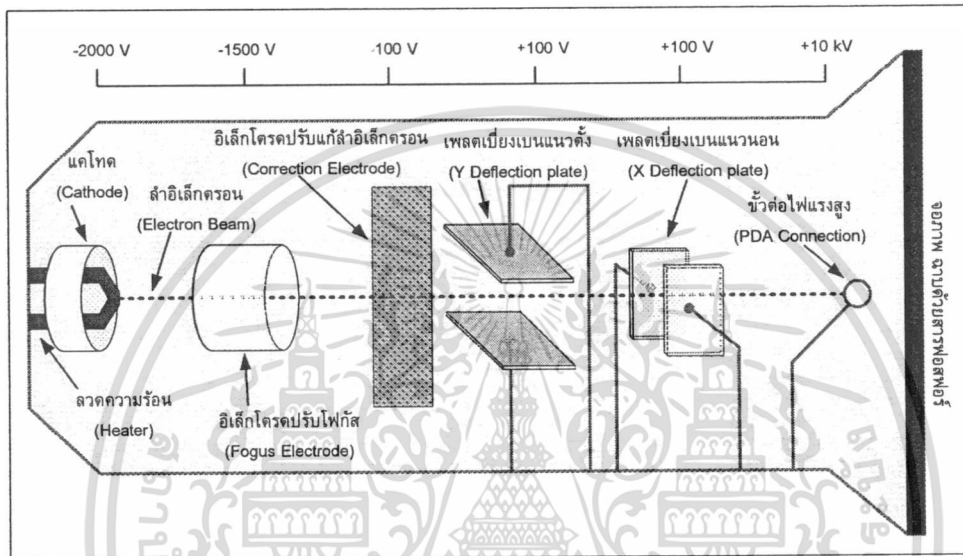
รูปที่ 2.2 เป็นโครงสร้างของออสซิลโลสโคปแบบดั้งเดิม การทำงานจะอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพียงอย่างเดียว ไม่มีซอฟต์แวร์ใดๆ ทั้งสิ้น สัญญาณที่จุด Y-input ถูกนำมาสร้างเป็นแรงดันเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนในแนวตั้ง (Y-Amp และ Y-Deflection) ส่วนการเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนทางด้านแนวนอน จะอาศัยวงจรกำเนิดแรงดัน (Sweep generator) ทำหน้าที่กวาดเส้นภาพ โดยความถี่ในการกวาดจะสัมพันธ์กับสัญญาณที่จุด Y-input หรือปรับตั้งโดยผู้ใช้ได้อย่างอิสระ



รูปที่ 2.2 ผังวงจรของสโคปแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของหลอดภาพออสซิลโลสโคปชนิด 1 ช่องสัญญาณแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งมีปืนอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียว ส่วนออสซิลโลสโคปชนิด 2 ช่องสัญญาณจะมีปืนอิเล็กตรอนและเพลตเบี่ยงเบนแนวตั้งจำนวน 2 ชุด แต่จะใช้เพลตเบี่ยงเบนแนวอนร่วมกันเพื่อให้แสดงเวลาได้ตรงกันเสมอ



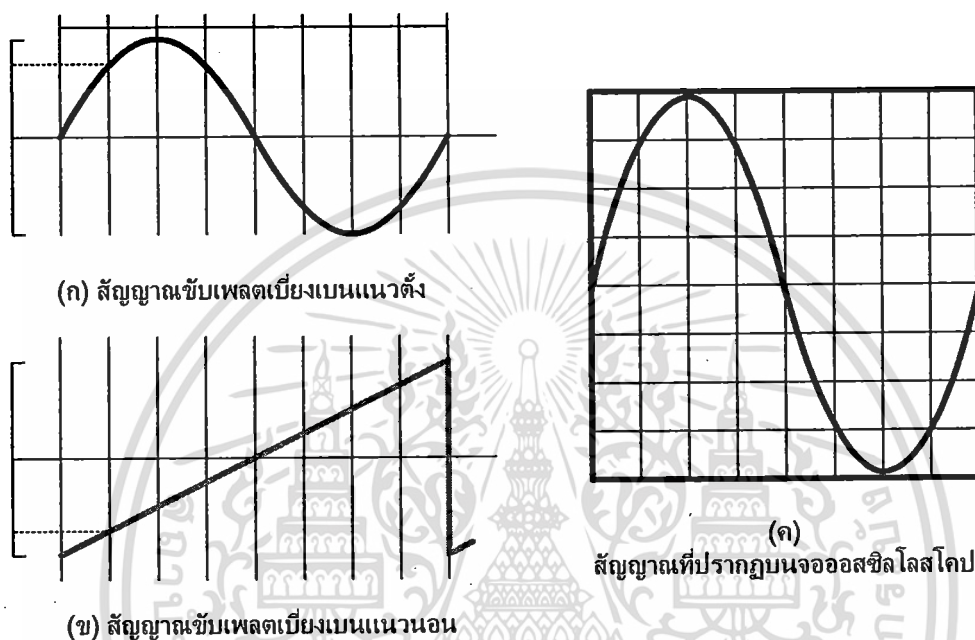
รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของหลอดภาพออสซิลโลสโคป

การวาดภาพบนหน้าจอออสซิลโลสโคปนั้น จะอาศัยความสัมพันธ์ของสัญญาณทั้งแนวอนและแนวตั้งดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4 ให้สัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์ดังรูปที่ 2.4(ก) ถ้าหากไม่มีการเบี่ยงเบนในแนวอน ก็จะปรากฏเฉพาะเส้นตรงในแนวตั้งที่กลางหน้าจอเพียงเส้นเดียว แต่เมื่อมีสัญญาณขับเพลตเบี่ยงเบนทางด้านแนวอนดังรูปที่ 2.4(ข) ก็จะมีการกวาดลำอิเล็กตรอนจากซ้ายไปขวา ปรากฏเป็นรูปคลื่นไซน์ขึ้นบนจอภาพดังรูปที่ 2.4(ค)

เมื่อวงจรขยายแรงดันภายในออสซิลโลสโคปทำการกวาดลำอิเล็กตรอนเสร็จสิ้นลงในแต่ละรอบ ลำอิเล็กตรอนจะถูกปิดลง เพื่อกลับไปเริ่มวาดรูปคลื่นจากด้านซ้ายมือของจอภาพใหม่อีกครั้ง เนื่องจากออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือที่แสดงผลในแต่ละรอบที่รวดเร็วมาก ภาพที่ปรากฏบนหน้าจอจะปรากฏเพียงเสี้ยววินาที ดังนั้นเพื่อให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์รูปคลื่นได้ออสซิลโลสโคปจะต้องวาดรูปสัญญาณซ้ำที่ตำแหน่งเดิม ภายในออสซิลโลสโคปทุกเครื่องจะต้องมีวงจรสร้างสัญญาณทริก (Trigger circuit) เพื่อควบคุมให้การวาดเส้นสัญญาณซ้ำที่ตำแหน่ง

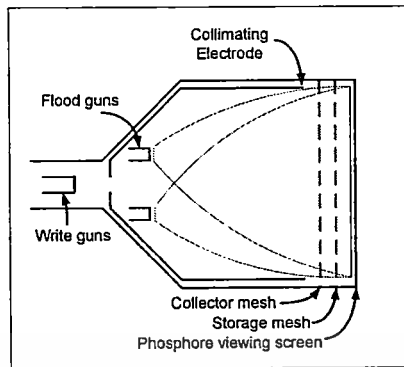
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดิมได้อย่างแม่นยำ มิฉะนั้นผู้ใช้จะไม่สามารถวิเคราะห์สัญญาณใดๆ ได้ การเลือกวิธีการทริกสามารถทำได้ทั้งแผงควบคุมด้านหน้าออสซิลโลสโคป ผู้ใช้สามารถเลือกวิธีการทริกได้หลายแบบตามสัญญาณที่จะวัด

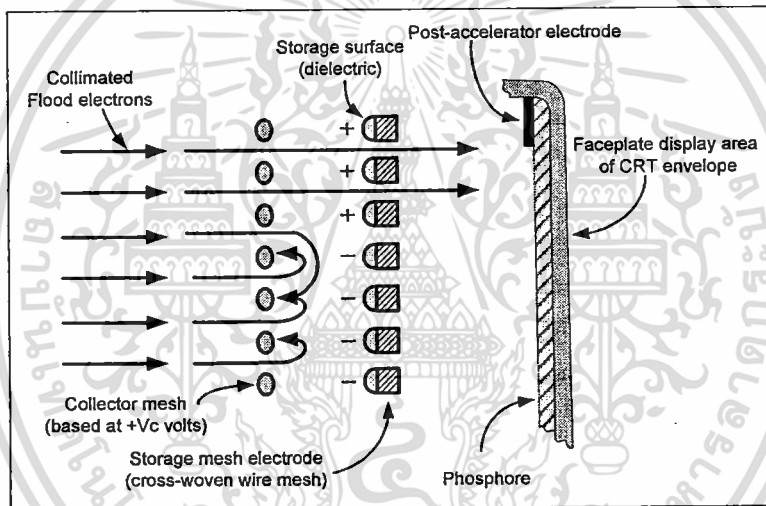


รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของสัญญาณแนวอน แนวตั้ง และการปรากฏบนจอออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานที่สูงมาก โดยทั่วไปนิยมใช้ในงานวิจัยหรืองานซ่อมที่ต้องการเห็นลักษณะของรูปคลื่น อย่างไรก็ตาม ออสซิลโลสโคปพื้นฐานมักจะมีข้อจำกัดในเรื่องของการวัดสัญญาณความถี่ต่ำมากๆ เนื่องจากการกวาดลำอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับความถี่ที่วัด เมื่อวัดความถี่ในช่วงต่ำกว่า 100 เฮิร์ตซ์จะเกิดการกระพริบของเส้นสัญญาณและถ้าวัดสัญญาณความถี่ต่ำเกินไป จะปรากฏเพียงจุดกลมวิ้งจากซ้ายไปขวา เพื่อแก้ปัญหานี้ จึงได้มีการสร้างหลอดภาพชนิดพิเศษที่สามารถรักษาภาพบนหน้าจอไว้ได้ (Bistable storage CRT) [30] โครงสร้างจอภาพสโคปดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.5 แต่ก็ยังไม่ได้รับความนิยมเท่ากับสโคปแบบดิจิทัล ที่สามารถแสดงภาพสัญญาณได้ดีกว่าและสามารถบันทึกสัญญาณไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ในภายหลัง



(ก) โครงสร้างภายในหลอดภาพสโคปแบบค้ำภาพบนจอได้



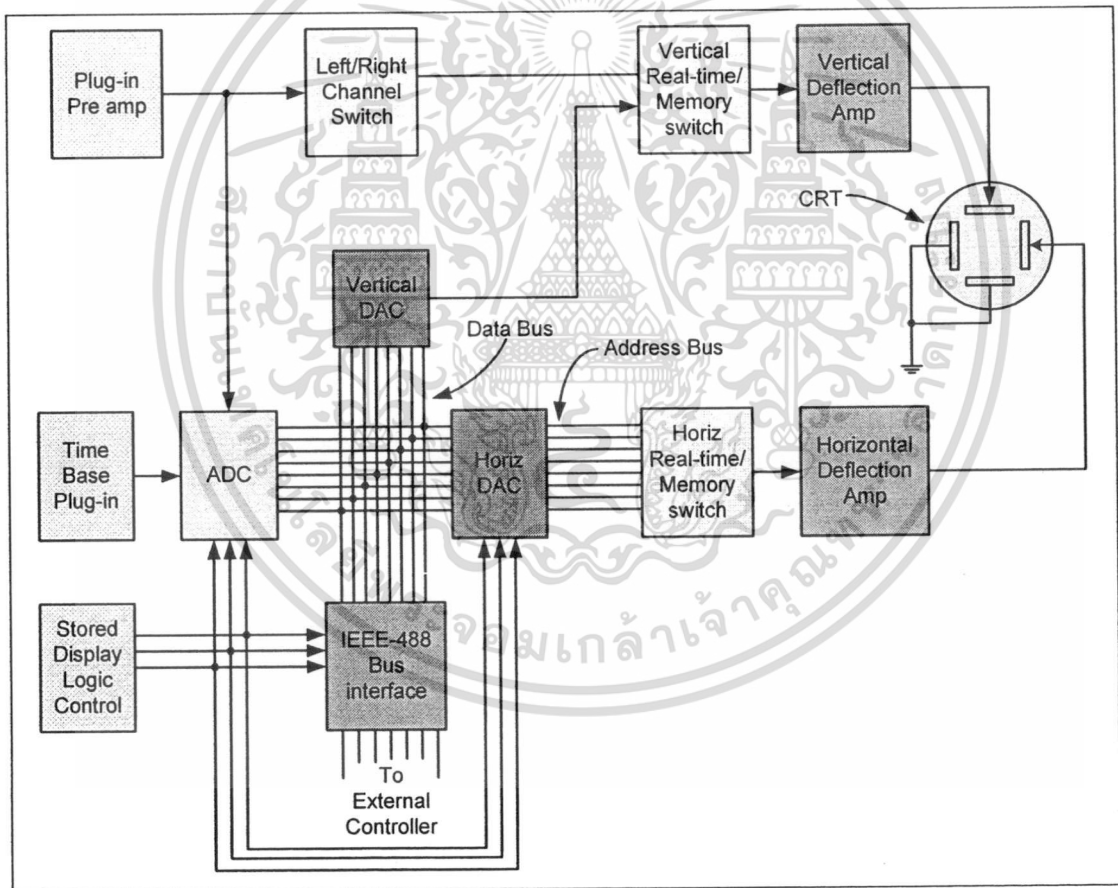
(ข) หลักการทำงานของหลอดภาพสโคปแบบค้ำภาพบนจอได้
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของจอภาพสโคปแบบ mesh-storage CRT

2.1.2 ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล

ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์เครื่องแรกคือรุ่น HP54100 ของบริษัท Hewlett-Packard ซึ่งผลิตในปี ค.ศ. 1984 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือวัดที่สามารถบันทึกรูปสัญญาณที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ในภายหลัง สัญญาณจะถูกบันทึกและรักษาไว้บนหน้าจอสซิลโลสโคป (captured) ในรูปแบบของดิจิทัลบนหน่วยความจำ เพื่อการวิเคราะห์ได้นานเท่าที่ต้องการ ดังนั้นออสซิลโลสโคปชนิดนี้มักถูกเรียกว่า Digital Storage Oscilloscope หรือ DSO

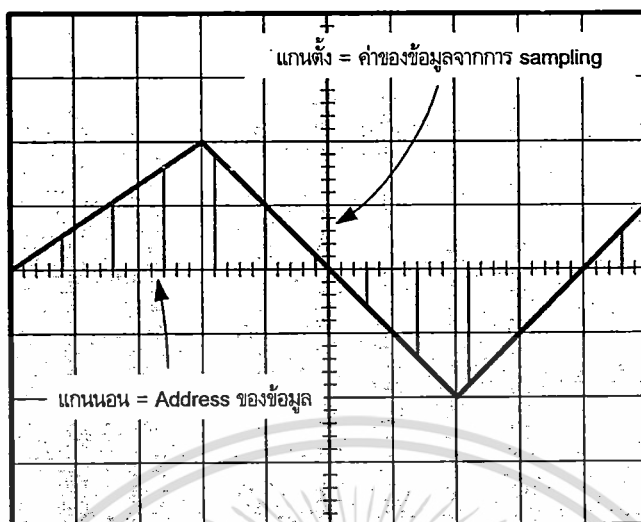
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DSO สามารถช่วยแก้ไขขีดจำกัดของออสซิลโลสโคปพื้นฐานแบบแอนะล็อกในด้านการแสดงผลความถี่ต่ำๆ และเพิ่มขีดความสามารถในการวิเคราะห์สัญญาณชนิดจับปล้น การแสดงผลของภาคกวาดสัญญาณทั้งแนวอนและแนวตั้งเป็นอิสระจากเวลาของสัญญาณที่วัด ทำให้ DSO สามารถแสดงผลสัญญาณที่มีความถี่ต่ำๆ ได้ดี และยังสามารถนำข้อมูลสัญญาณที่สุ่มเก็บในหน่วยความจำ กลับออกมาแสดงผลค้างไว้บนหน้าจอภาพเป็นเวลานานๆ สามารถบันทึกลงไปบนสื่อเก็บข้อมูลแบบถาวร เพื่อการวิเคราะห์หรือแสดงผลในภายหลัง ในปัจจุบัน สามารถนำข้อมูลสัญญาณต่างๆ ที่วัดได้ด้วย DSO ส่งผ่านเครือข่ายระยะไกล ทำให้สามารถวัดสัญญาณได้จากทุกที่ที่ต้องการ



รูปที่ 2.6 ผังวงจรออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การนำค่าทางดิจิทัลมาแสดงผลบนจอดิจิทัลออสซิลโลสโคป

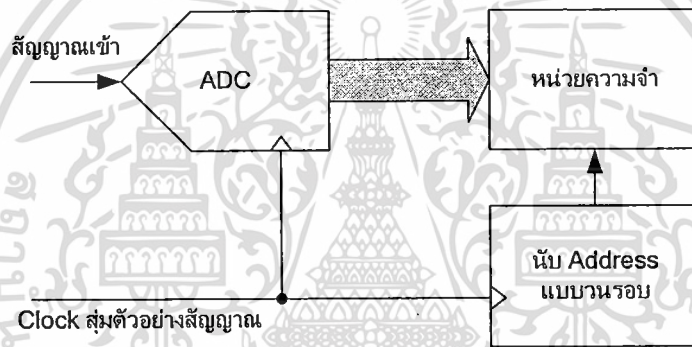
การวาดภาพบนจอของออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลจากรูปที่ 2.6 อาศัยสัญญาณดิจิทัล 2 ชุด คือ สัญญาณจากบัสข้อมูล (data bus) ที่ได้จากการสุ่มสัญญาณอินพุต นำไปควบคุมการเบี่ยงเบนทางด้านแนวตั้ง และสัญญาณจากบัสตำแหน่ง (address bus) เพื่อนำไปควบคุมการเบี่ยงเบนทางด้านแกนนอน ดังแสดงในรูปที่ 2.7

2.1.3 สถาปัตยกรรมของออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล

ถึงแม้ว่าหน้าที่พื้นฐานของออสซิลโลสโคป คือ การวาดรูปคลื่นสัญญาณบนจอภาพ แต่ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลจะมีความสามารถในการทำงานที่สลับซับซ้อนกว่าออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อก การวาดรูปคลื่นไม่อาจทำได้ละเอียดเท่ากับออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อก เนื่องจากความละเอียดในการวาดรูปคลื่นขึ้นอยู่กับหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลสัญญาณ ซึ่งออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลมักมีหน่วยความจำในปริมาณจำกัด (หน่วยความจำที่มีความเร็วสูงมากๆ จะมีความจุไม่มากนักและมีราคาแพง) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีการออกแบบออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลให้มีสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกันไป [18] เพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานประเภทต่างๆ ได้แก่

1) ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลที่มีการวัดสัญญาณแบบ Transient Digitization

ออสซิลโลสโคปแบบนี้จัดเป็นออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลแบบพื้นฐานที่สุด สัญญาณอินพุตจะถูกสุ่มและนำไปเก็บในหน่วยความจำ ซึ่งมีตำแหน่ง (Address) แบบวนรอบ (circular) เมื่อข้อมูลถูกเก็บจนถึงตำแหน่งสุดท้ายของหน่วยความจำแล้ว ระบบก็นำข้อมูลถัดไปเก็บทับที่ตำแหน่งเริ่มต้นทันที หากสัญญาณที่เข้ามาตรงตามเงื่อนไขของการทริก ระบบก็จะนำข้อมูลที่เก็บไว้ไปแสดงผลบนจอภาพ ข้อดีของออสซิลโลสโคปแบบนี้ คือ สามารถแสดงสัญญาณได้ทั้งก่อนและหลังจุดทริก ซึ่งไม่สามารถทำได้ในออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อก โดยมีโครงสร้างภาคเก็บสัญญาณแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การสุ่มสัญญาณแบบ Transient Digitization

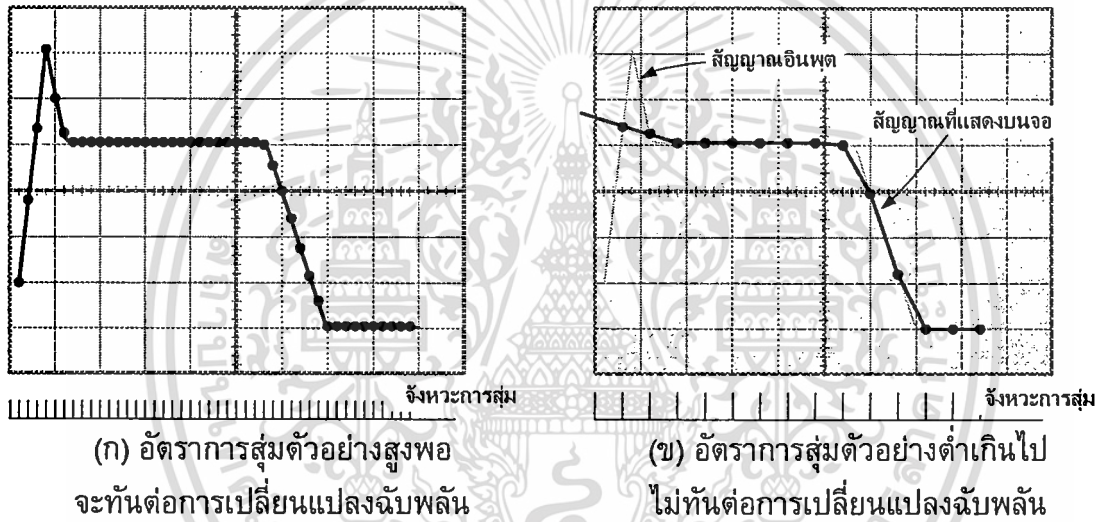
รายละเอียดและความเร็วในการสุ่มสัญญาณของออสซิลโลสโคป

หลักการพื้นฐานของออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล คือ การสุ่มสัญญาณแอนะล็อกที่ทำการวัด ให้อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัล จากนั้นจึงนำไปประมวลผลก่อนที่จะแสดงออกทางจอภาพของออสซิลโลสโคป โดยทั่วไปการวัดสัญญาณบนจอออสซิลโลสโคปจะต้องคำนึงถึง 2 ประเด็นหลักๆ คือ รายละเอียดในการแสดงผลและความเร็วในการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ

รายละเอียดในการแสดงผลขึ้นอยู่กับระดับการควอนไทซ์ทางด้านแกนแรงดัน ออสซิลโลสโคปที่มีคุณภาพสูงจะมีระดับการควอนไทซ์ที่ระดับสูง เช่น ควอนไทซ์ด้วยความละเอียด 12 บิต (4,096 ระดับ), 10 บิต (1,024 ระดับ) หรือ 8 บิต (256 ระดับ) ระดับการควอนไทซ์ที่สูงจะส่งผลให้ราคาของออสซิลโลสโคปสูงขึ้น แต่จะให้รายละเอียดในการวัดภาพที่ดีกว่า ในการออกแบบจะต้องพิจารณาลักษณะสัญญาณที่ต้องการวัดว่าควรใช้ความละเอียดระดับใดจึง

จะเหมาะสม เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากความละเอียดในการสุ่มแล้ว จะต้องคำนึงถึงอัตราการสุ่มตัวอย่างสัญญาณที่เหมาะสม โดยทั่วไปในการสุ่มสัญญาณเพื่อใช้งานทางอิเล็กทรอนิกส์จะใช้หลักการสุ่มตัวอย่างสัญญาณของ Nyquist กล่าวคือต้องมีอัตราการสุ่มที่อย่างน้อย 2 เท่าของสัญญาณ แต่ในกรณีของออสซิลโลสโคปที่ต้องการวัดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอย่างฉับพลัน (Transient) ด้วย ก็จะต้องมีอัตราการสุ่มตัวอย่างที่สูงมากๆ เพื่อให้บันทึกสัญญาณแบบ transient digitisation ได้ครบถ้วน การสุ่มของออสซิลโลสโคปอาจต้องใช้ความเร็วในการสุ่มสูงกว่าแบนด์วิธของสัญญาณ 10 ถึง 25 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบอัตราการสุ่มตัวอย่างในระดับความเร็วแตกต่างกัน

2) ออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอลแบบ Random Interleaved Sampling (RIS) Digitization

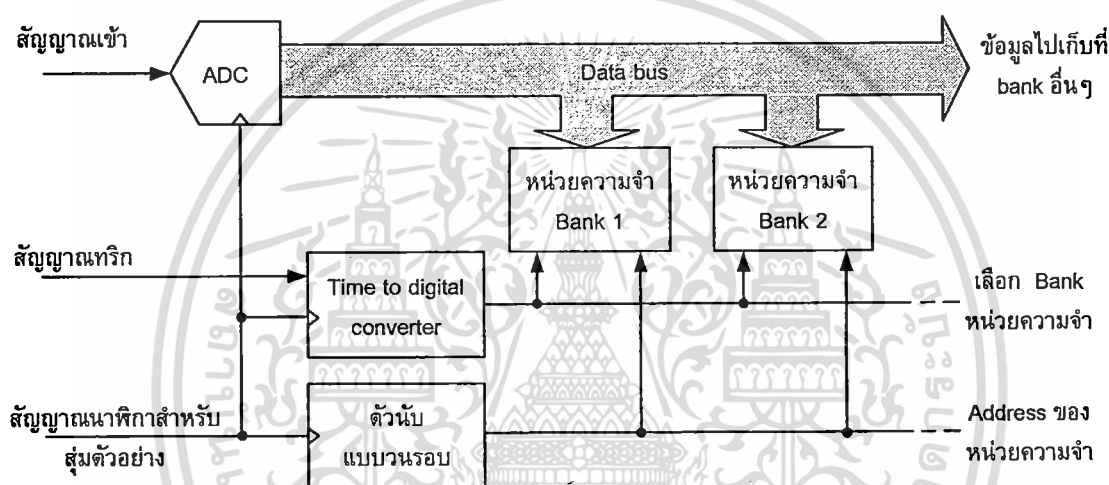
อัตราการสุ่มตัวอย่างสัญญาณของออสซิลโลสโคปแบบ RIS Digitiser สามารถออกแบบให้ต่ำกว่าสองเท่าของแบนด์วิธสัญญาณอินพุตได้ ซึ่งอาจฟังดูค้านกับทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ แต่เนื่องจากธรรมชาติของสัญญาณรายคาบ ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กันเสมอ จะช่วยให้ ออสซิลโลสโคปทำงานในเงื่อนไขดังกล่าวได้ นั่นคือเมื่อมีสัญญาณเข้ามาและระบบทริกของ ออสซิลโลสโคปทำงาน การสุ่มสัญญาณจะถูกหน่วงเป็นเวลาที่เหมาะสม และนำข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างนำไปเติมในแบงค์ของหน่วยความจำที่เหมาะสม เมื่อนำข้อมูลจากทุกแบงค์มาประกอบกันที่จอภาพ ก็จะปรากฏสัญญาณรายคาบที่สมบูรณ์ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการสุ่มตัวอย่าง f กับแบนด์วิธของสัญญาณ B เป็นไปตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการวิจัย นวัตกรรมเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N \cdot f \geq 2B \quad (2.1)$$

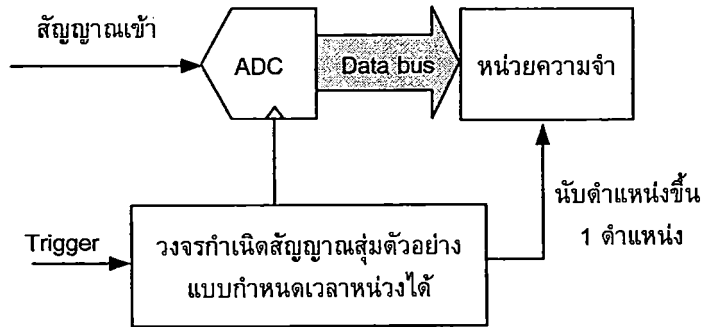
เมื่อ N เป็นจำนวนแบงค์ของหน่วยความจำ ซึ่งจะเห็นว่าอัตราเร็วในการสุ่มสัญญาณจะมีค่าอย่างน้อยเป็น $2/N$ เท่าของแบนด์วิธสัญญาณ อย่างไรก็ตาม วิธีการสุ่มแบบนี้จะมีปัญหาเกี่ยวกับการวัดสัญญาณที่ไม่เป็นรายคาบ เนื่องจากการเก็บข้อมูลลงในแบงค์หน่วยความจำจะอ้างอิงกับจุดทริกของรูปคลื่น



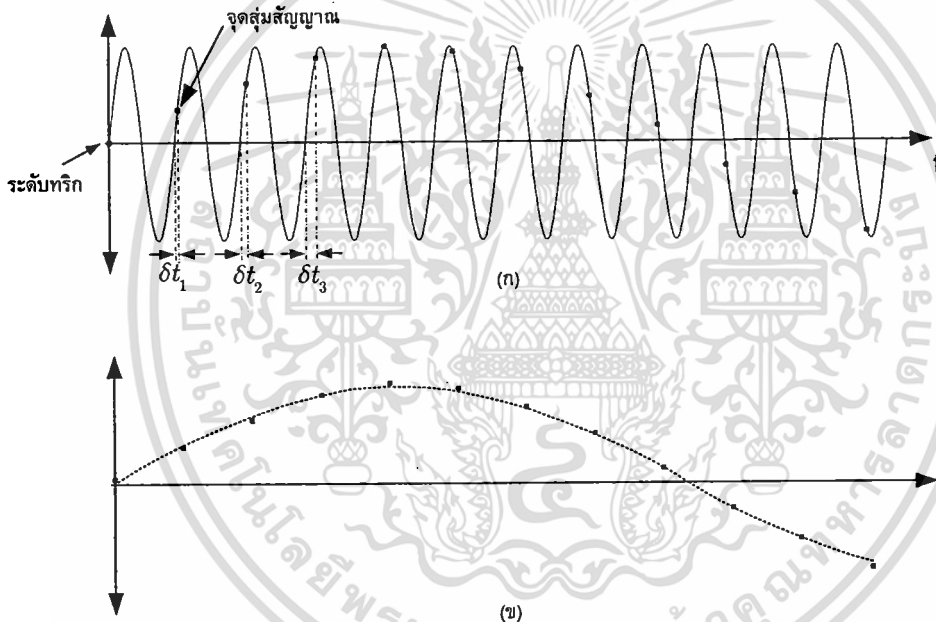
รูปที่ 2.10 การสุ่มสัญญาณแบบ RIS Digitization

3) ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัลที่มีการวัดสัญญาณแบบ Scanning Digitization

การสุ่มสัญญาณแบบ Scanning Digitisation ดังรูปที่ 2.11 คล้ายกับแบบ RIS ในด้านการสุ่มสัญญาณตรงที่อาศัยการสุ่มตัวอย่างสัญญาณรายคาบแบบซ้ำๆ เพื่อสร้างรูปคลื่นที่สมบูรณ์ แต่การสุ่มสัญญาณแบบ Scanning Digitisation จะทำการสุ่มเพียงครั้งเดียวต่อการทริกหนึ่งครั้ง ระบบจะมีการหน่วงเวลาสุ่มที่เพิ่มขึ้นครั้งละเท่าๆ กันเป็น δt จนกว่าจะครบทุกตำแหน่ง เมื่อนำสัญญาณที่ได้จากการสุ่มโดยวิธีนี้มาสร้างรูปคลื่นที่หน้าจอ จะได้รูปคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าความเป็นจริง หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า รูปคลื่นที่เห็นมีความถี่สูงกว่าที่ปรากฏอยู่ $T / \delta t$ เท่า ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณแบบ Scanning Digitization



รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของระบบสุ่มสัญญาณแบบ scanning Digitization

ข้อดีของการสุ่มแบบนี้ก็คือ สามารถวัดสัญญาณรายการที่มีความถี่สูงกว่าอัตราการสุ่มตัวอย่างของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล (ADC) มากๆ ได้แต่ก็มีข้อเสียคือไม่สามารถเก็บสัญญาณในช่วง pre-trigger ได้ และอาจต้องใช้เวลานานในการเก็บสะสมข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผล

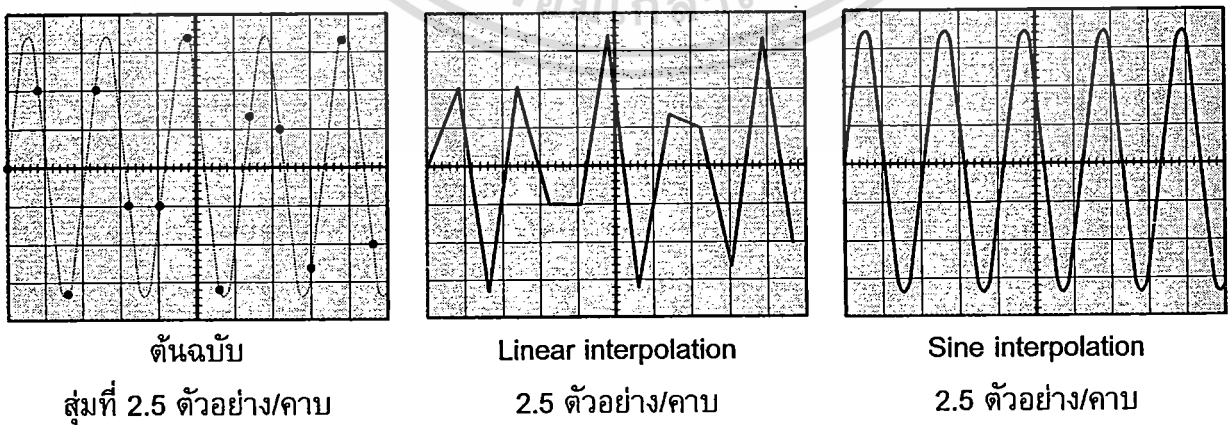
จากกรรมวิธีการ digitizing ทั้งสามรูปแบบที่กล่าวมานั้น RIS เป็นรูปแบบที่มีความเร็วในการสุ่มต่อแบนด์วิธเหมาะสมที่สุด Transient digitisation เป็นรูปแบบที่เป็นไปตามอุดมคติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุด และแบบ scanning digitizing เหมาะกับการวัดสัญญาณรายคาบที่มีความถี่สูงๆ แต่ไม่สามารถทำ pre-triggering ได้ และจุดต่อจะปรากฏชัดเมื่อวัดสัญญาณที่มีความยาวคาบมากๆ (ความถี่ต่ำๆ)

2.1.4 การสร้างภาพบนจอออสซิลโลสโคปด้วยวิธีการ interpolation แบบต่าง ๆ

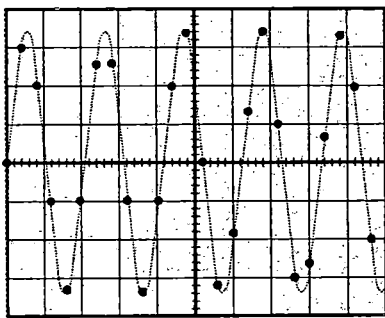
การวาดภาพบนจอออสซิลโลสโคป ทำได้โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสุ่มไปวางบนจอภาพแล้วลากเส้นถึงกันเช่นเดียวกับการวาดกราฟบนกระดาษ การวาดภาพโดยวิธีการดังกล่าวเรียกว่า interpolation ซึ่งแบ่งได้หลายแบบ เช่น การ interpolation แบบเชิงเส้น จะลากเส้นตรงถึงกันจุดต่อจุด และการ interpolation แบบไซน์ ซึ่งจะต้องสร้างคลื่นไซน์ที่ตัดผ่านจุดทุกจุด เป็นต้น

ในการเลือกรูปแบบของการ interpolation นั้น หากทราบชนิดของสัญญาณที่จะวัดล่วงหน้า ก็จะทำให้เลือกอัตราเร็วในการสุ่มตัวอย่างและวิธีการ interpolation ได้อย่างเหมาะสม เช่น กรณีที่วัดคลื่นไซน์เพียงอย่างเดียว ก็จะใช้ interpolation แบบไซน์ ซึ่งใช้อัตราเร็วในการสุ่มตัวอย่างสัญญาณเพียง 2.5 เท่าของความถี่สูงสุด แต่หากไม่ทราบชนิดของสัญญาณ หรือต้องการออกแบบออสซิลโลสโคปที่วัดสัญญาณได้ทุกชนิด ก็ควรเลือก interpolation แบบเชิงเส้น แต่จะต้องสุ่มตัวอย่างสัญญาณด้วยอัตราเร็วที่สูงขึ้น มิฉะนั้นก็จะไม่สามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของสัญญาณ (transient) ได้ ตัวอย่างการ interpolation แบบเชิงเส้น และแบบไซน์ ได้แสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.13



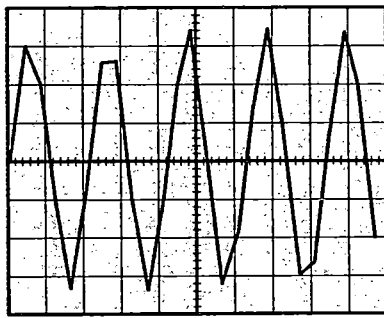
รูปที่ 2.13 การ interpolation แบบต่างๆ ที่ความถี่สุ่ม 2.5, 5 และ 10 ตัวอย่าง/คาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



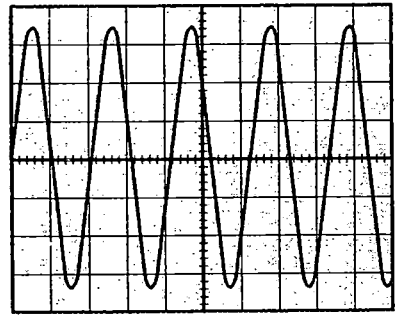
ต้นฉบับ

สุ่มที่ 5 ตัวอย่าง/คาบ



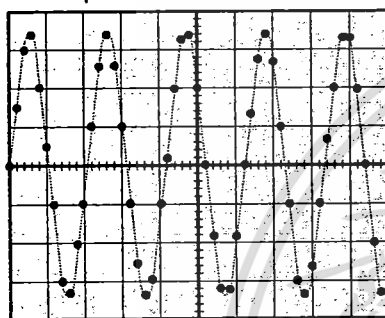
Linear interpolation

สุ่มที่ 5 ตัวอย่าง/คาบ



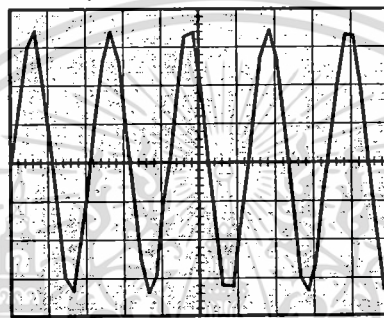
Sine interpolation

สุ่มที่ 5 ตัวอย่าง/คาบ



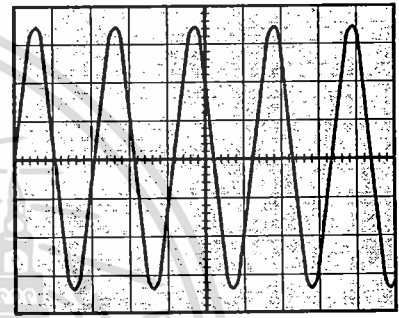
ต้นฉบับ

สุ่มที่ 10 ตัวอย่าง/คาบ



Linear interpolation

สุ่มที่ 10 ตัวอย่าง/คาบ



Sine interpolation

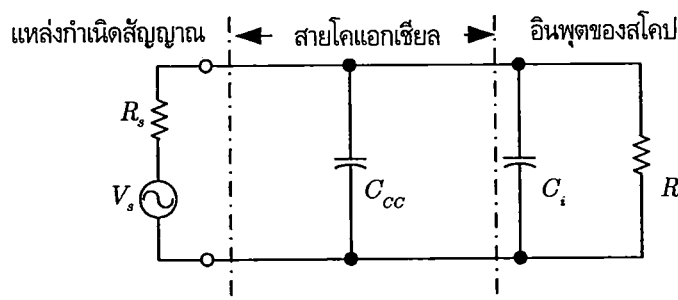
สุ่มที่ 10 ตัวอย่าง/คาบ

รูปที่ 2.13 (ต่อ) การ interpolation แบบต่างๆ ที่ความถี่สุ่ม 2.5, 5 และ 10 ตัวอย่าง/คาบ

2.1.5 สายโทรของออสซิลโลสโคป

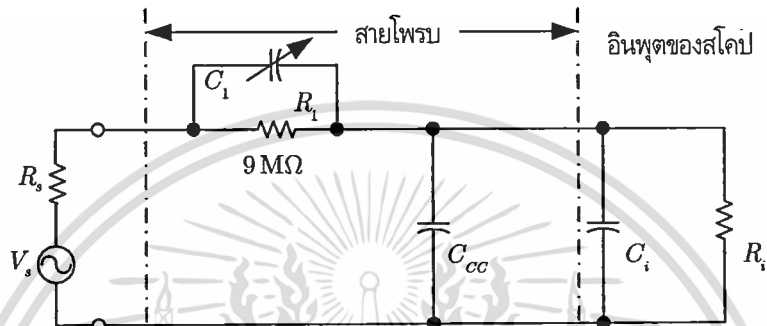
สายโทรของออสซิลโลสโคป จะมีลักษณะเป็นสายเคเบิลแกนร่วม (coaxial cable) ต่ออยู่กับหัววัดในหลายลักษณะ เพื่อให้เหมาะกับจุดทดสอบในวงจร เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางไฟฟ้า ของสายเคเบิลแกนร่วมซึ่งมีคุณสมบัติหลักเป็นตัวเก็บประจุ จะพบว่ามิงจรสมมูลดังรูปที่

2.14



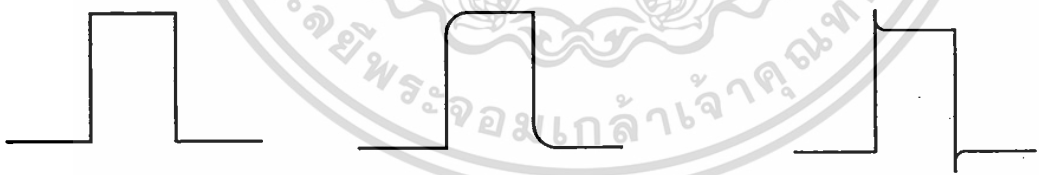
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 2.14 วงจรสมมูลในการวัดสัญญาณด้วยออสซิลโลสโคป ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสซิลโลสโคปถูกออกแบบมาให้มีความสามารถในการแสดงรายละเอียดของสัญญาณขนาดเล็กๆ ในช่วงมิลลิโวลต์หรือต่ำกว่าได้ดี แต่เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานที่มีแรงดันสูง จะต้องมีการลดทอนสัญญาณทางด้านอินพุตลงให้มีระดับเหมาะสม พร้อมทั้งมีการเพิ่มตัวเก็บประจุเพื่อชดเชยค่า C_{cc} ภายในสายเคเบิล ดังรูปที่ 2.15 (ซึ่งมีการลดทอน 10:1)



รูปที่ 2.15 วงจรสายโพรบ 10:1 และมีตัวเก็บประจุชดเชย

ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ C_1 ที่ใส่ไว้ในสายโพรบ จะชดเชยค่า C_{cc} ในสายโพรบ แต่จะต้องปรับให้มีค่าเหมาะสมก่อนทำการวัดทุกครั้ง โดยผลที่ได้จากการปรับแสดงได้ดังรูปที่ 2.16



(ก) อินพุต

(ข) ชดเชยความถี่สูงน้อยเกินไป

(ค) ชดเชยความถี่สูงมากเกินไป

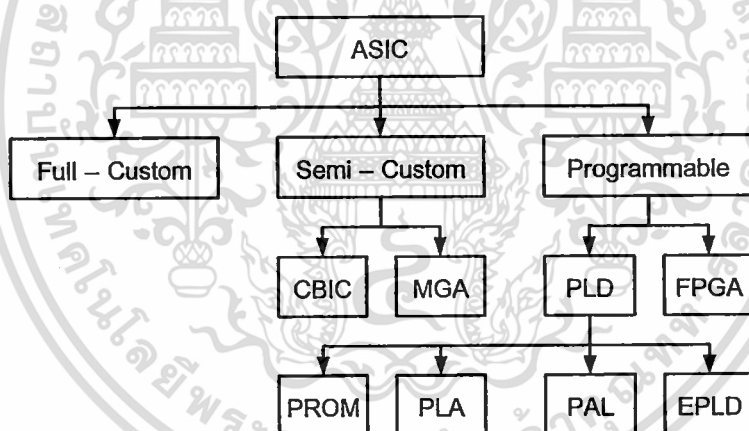
รูปที่ 2.16 ลักษณะรูปคลื่นเมื่อปรับค่าตัวเก็บประจุชดเชยความถี่ในสายโพรบ

2.2 อุปกรณ์ประเภท ASIC

ออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอล เป็นเครื่องมือวัดที่ประกอบด้วยวงจรทั้งแอนะล็อกและดิจิตอล (Mix signal) ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงมาก การออกแบบส่วนประกอบต่างๆ จะต้องเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้ำึงถึงความสามารถในการทำงานที่ความถี่สูงมาก ๆ ได้ การนำไอซีดิจิทัลประเภท TTL ในท้องตลาดมาประกอบกันเป็นวงจรมหาศาลใหญ่มาก จะทำให้เกิดความล่าช้าของสัญญาณและไม่สะดวกในการปรับเปลี่ยนวงจร

การออกแบบวงจรดิจิทัลที่มีความเร็วสูงมาก ขนาดกะทัดรัดในปัจจุบันนิยมใช้อุปกรณ์ ASIC [31] ประเภท FPGA และ CPLD ซึ่งจัดเป็นอุปกรณ์ลอจิกชนิดโปรแกรมได้ใหม่ (reconfiguration) ที่มีจำนวนลอจิกภายในสูงมาก CPLD ที่มีความหนาแน่นสูง จะบรรจุวงจรมายาวได้ถึงพันเกต ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรดิจิทัลที่มีความซับซ้อนสูงบรรจุไว้ในอุปกรณ์ดังกล่าว ให้ทำงานในหน้าที่ต่างๆ ตามต้องการ ตั้งแต่วงจรลอจิกเกทง่ายๆ จนถึงวงจรมายาวหลายพันเกต เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์หรือวงจรมายาวเฉพาะงาน รูปที่ 2.17 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของ ASIC และความสัมพันธ์ระหว่าง FPGA กับอุปกรณ์ ASIC ประเภทต่างๆ



รูปที่ 2.17 อุปกรณ์ ASIC ประเภทต่างๆ

ในปัจจุบันสามารถแบ่งประเภท FPGA ตามโครงสร้างของวงจรมายาวได้ 4 ประเภท ได้แก่ Symmetrical Array, Row-Based, Hierarchical PLD และ Sea-of-Gates ซึ่งแต่ละชนิดก็มีลักษณะการเชื่อมต่อภายในและวิธีการโปรแกรมที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ในการแบ่งประเภทของ FPGA อาจแบ่งได้ตามเทคโนโลยีที่ใช้ในการโปรแกรม ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ การโปรแกรมโดยการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของตัวชิพและการโปรแกรมโดยใช้หน่วยความจำ

ข้อได้เปรียบในการใช้งาน FPGA และ CPLD

เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วงจรรวมประเภท TTL ไมโครโปรเซสเซอร์ พบว่าการออกแบบระบบด้วย FPGA หรือ CPLD มีข้อได้เปรียบหลายประการได้แก่

- ผู้ออกแบบระบบไม่จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างภายในของตัว FPGA ต่างกับการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่จำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างภายใน และภาษาโปรแกรมของไมโครโปรเซสเซอร์ตัวนั้น
- มีเครื่องมือในการออกแบบโดยใช้ภาษาอธิบายการทำงานของวงจร หรือ HDL (Hardware Description Language) ซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง รวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องทราบถึงการเชื่อมต่อวงจรภายใน เนื่องจากมีซอฟต์แวร์ทำหน้าที่ สังเคราะห์ (Synthesis) และ ลดรูป (Optimize) ให้ทั้งหมด ภาษาที่ใช้เป็นภาษามาตรฐานเดียวกันสามารถใช้ได้กับ FPGA ทุกตัวจากทุกบริษัทผู้ผลิต
- สามารถโปรแกรม FPGA ได้เองในเวลาอันรวดเร็ว โดยการส่งข้อมูลผ่านสายดาว์นโหลดทางพอร์ตของเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถโปรแกรมตัวชิพในระบบได้ โดยไม่ต้องถอดมาโปรแกรมข้างนอก เช่นกรณีของ EEPROM และสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง จึงทำให้สะดวกในการแก้ไขและพัฒนาและประหยัดค่าใช้จ่าย
- ลดขนาดของแผงวงจรลดลงได้มากเนื่องจากความหนาแน่นของจำนวนเกตใน FPGA ต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าวงจรรวมประเภท TTL
- สามารถทำงานที่ความถี่สูงกว่าเพราะไม่ต้องเดินสายสัญญาณภายนอก จึงไม่เกิดค่าตัวเก็บประจุแฝงในสายตัวนำบนแผงวงจร
- ระบบสามารถทำงานที่ความถี่สูงกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์
- ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบจะสามารถประเมินล่วงหน้าได้ว่าควรใช้ FPGA ขนาดใดทำให้ไม่เกิดการสิ้นเปลืองในการจัดหาอุปกรณ์จำนวนมากๆ เพื่อสร้างต้นแบบ

2.3 ระบบบัส USB

ระบบสื่อสารข้อมูลที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีหลากหลายมาตรฐาน ทั้งแบบความเร็วต่ำและความเร็วสูง เช่น RS232, RS422, RS485, IEEE1394, Parallel port (Centronics) และ USB [13] รวมทั้งประเภทไร้สายเช่น Bluetooth และ WIFI เป็นต้น

ระบบบัส USB เป็นระบบบัสที่ถูกออกแบบมาให้เชื่อมต่อโดยง่ายและมีประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ชนิดต่างๆ รอบข้างโดยปราศจากข้อจำกัด และการขัดขวางของการอินเทอร์เฟสทางด้านฮาร์ดแวร์ ความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูล 480 เมกะบิตต่อวินาที ใน USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวอร์ชัน 2.0 และความเร็วสูงสุดถึง 5 จิกะบิตต่อวินาทีใน USB 3.0 ที่กำลังจะประกาศใช้เป็นมาตรฐานในปี พ.ศ. 2552 ซึ่งสูงกว่าการเชื่อมต่อแบบขนานและอนุกรมเป็นอย่างมาก ในระบบ USB การตั้งค่าการทำงานต่าง ๆ จะถูกกระทำโดยอัตโนมัติจากระบบปฏิบัติการ การเพิ่มจำนวนพอร์ตการสื่อสารข้อมูลสามารถทำได้โดยการใช้ USB ฮับ (USB Hub) มาต่อพ่วงเข้ากับระบบ

2.3.1 ข้อดีของ USB

การพิจารณาเลือกใช้ระบบการส่งถ่ายข้อมูลผ่านบัส USB เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบส่งข้อมูลอื่น ๆ แล้วพบว่าระบบบัส USB มีจุดเด่นหลาย ๆ ประการได้แก่

- ผู้ใช้สามารถนำอุปกรณ์ I/O มาต่อเข้ากับพอร์ต USB ในขณะที่เครื่องคอมพิวเตอร์กำลังทำงานอยู่ได้ (Hot-Pluggable)
- ง่ายต่อการทำงาน เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะสามารถรู้จัก และสามารถจดจำอุปกรณ์ I/O ที่ถูกนำมาต่อเข้าไปในระบบโดยผ่านทางดีไวซ์ไดรฟ์เวอร์ที่เหมาะสม อีกทั้งการตั้งค่าต่าง ๆ จะเป็นไปอย่างอัตโนมัติ
- ลดความสับสนของการเชื่อมต่อด้วยการใช้คอนเนคเตอร์เพียงชนิดเดียว
- ประสิทธิภาพการส่งถ่ายข้อมูลสูงด้วยการส่งถ่ายข้อมูลที่มีความเร็วสูงถึง 480 เมกะบิตต่อวินาทีสำหรับอุปกรณ์แบบไฮสปีด ซึ่งมีค่าสูงกว่าพอร์ตขนานและอนุกรมหลายเท่า
- สามารถต่ออุปกรณ์ได้ถึง 127 ตัว
- สายเคเบิลที่ใช้เชื่อมต่อจะมีสายของแหล่งจ่ายไฟรวมอยู่ภายในตัว
- มีการจัดพลังงานที่ชาญฉลาด ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ จะมีการลดการใช้กำลังงานลงเมื่อไม่มีการใช้งาน
- มีการตรวจจับและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลอย่างอัตโนมัติ

2.3.2 โหมดความเร็วการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ USB ในปัจจุบัน

ในปัจจุบันมีความนิยมใช้อุปกรณ์ USB กันอย่างแพร่หลายและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สามารถแบ่งประเภทของอุปกรณ์ USB ได้ตามความเร็วในส่งผ่านข้อมูล นั่นคือ

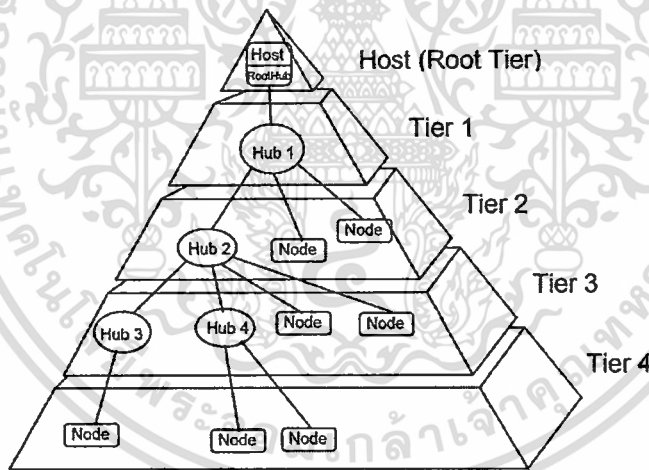
- **อุปกรณ์แบบโลว์สปีด (Low Speed Device)** มีความเร็วของการสื่อสารข้อมูลที่ 1.5 เมกะบิตต่อวินาที ตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารในโหมดนี้ ได้แก่ เมาส์และคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์แบบฟูลสปีด (**Full Speed Device**) มีความเร็วของการสื่อสารข้อมูลที่ 12 เมกะบิตต่อวินาที เหมาะสำหรับอุปกรณ์เกี่ยวกับเสียง และสัญญาณภาพที่มีการบีบอัดแล้ว
- อุปกรณ์แบบไฮสปีด (**High Speed Device**) มีความเร็วของการสื่อสารข้อมูลที่ 480 เมกะบิตต่อวินาที เหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับภาพและสื่อเก็บข้อมูล เช่น ฮาร์ดดิสก์
- อุปกรณ์แบบซูเปอร์สปีด (**Super Speed Device**) หรือ USB 3.0 มีความเร็วของการสื่อสารข้อมูลที่ 5 จิกะบิตต่อวินาที เหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับวิดีโอและสื่อเก็บข้อมูลความเร็วสูงมาก

2.3.3 โทโพโลยีของระบบบัส USB

โทโพโลยี หรือการจัดการเชื่อมต่อบนระบบบัส USB จะเป็นแบบไทร์สตาร์ (Tiered Star) หรือสตาร์แบบลำดับชั้น ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โทโพโลยีบนระบบบัส USB

2.3.4 USB โฮส

USB โฮส ประกอบด้วย โฮสคอนโทรลเลอร์ (Host controller) และรูทฮับ (Root Hub) อยู่ภายใน ทั้งสองจะทำงานร่วมกันเพื่อให้ระบบปฏิบัติการสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ทั้งหมดบนบัสได้ ปกติ USB โฮสจะต้องทราบจำนวนและความสามารถของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส การทำงานของโฮสจะต้องมีเสถียรภาพมากที่สุดเพื่อให้มั่นใจได้ว่าอุปกรณ์ทั้งหมดที่ต่ออยู่บนระบบบัสสามารถส่งและรับข้อมูลเมื่อต้องการได้ หน้าที่ต่าง ๆ ของโฮสมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตรวจสอบอุปกรณ์ที่ถูกเพิ่มเข้ามาในระบบ
- การจัดการการไหลของข้อมูล
- การตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล
- จ่ายกำลังงานให้แก่อุปกรณ์
- แลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์รอบข้าง

2.3.5 อุปกรณ์ USB

อุปกรณ์ USB หรืออุปกรณ์รอบข้าง USB เป็นสิ่งที่นำมาต่อเข้ากับพอร์ต USB บนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือฮับ โดยคำจำกัดความที่ใช้เรียกอุปกรณ์ คือ ฟังก์ชัน (Function) ซึ่งถือว่าเป็นตัวเพิ่มความสามารถในการทำงานต่าง ๆ ให้แก่โฮสหรือฮับ

อุปกรณ์ USB แต่ละตัวจะต้องมีวงจรมือถือทรานซิสเตอร์และโปรแกรมซึ่งใช้ในการติดต่อสื่อสารกับโฮส แต่อุปกรณ์ USB ไม่สามารถเริ่มการติดต่อสื่อสารบนระบบบัส USB ได้ด้วยตัวเอง อุปกรณ์ USB จะต้องรอและตอบสนองกับการสื่อสารที่มาจากโฮสเท่านั้น ยกเว้นในกรณีที่มีการใช้รีโมตเวคอัพ (Remote Wakeup) ซึ่งอนุญาตให้อุปกรณ์สามารถร้องขอการสื่อสารจากโฮสได้เป็นเฉพาะกรณี

2.3.6 หน้าที่ของอุปกรณ์ USB

การทำงานของ USB เป็นแบบมาสเตอร์เดี่ยว (single master) นั่นคือในการสื่อสารแต่ละครั้งของระบบ จะมีเพียง USB Host เท่านั้น เป็นผู้เริ่มการสื่อสาร โดยที่อุปกรณ์ USB ทุกตัวมีหน้าที่คอยรับฟังและตอบสนองต่อคำร้องขอของ USB Host อยู่ตลอดเวลาที่ติดตั้ง (attach) กับระบบ โดยทั่วไปอุปกรณ์ USB จะต้องมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- ตรวจสอบการสื่อสารที่เกิดขึ้น
- ตอบสนองต่อคำร้องขอมาตรฐาน
- การตรวจสอบความผิดพลาด
- การจัดการพลังงาน
- การแลกเปลี่ยนข้อมูลกับโฮส

2.3.7 คอนเน็คเตอร์ USB

คอนเน็คเตอร์ที่ใช้ในระบบบัส USB จะมีอยู่ 2 อนุกรม นั่นคืออนุกรม A และอนุกรม B แต่ละชนิดจะมีคู่เป็นตัวเสียบหรือปลั๊กตัวผู้และตัวรับหรือปลั๊กตัวเมีย โดยที่

ปลั๊กตัวเมียอนุกรม A จะใช้ดาว์นสตรีมพอร์ตซึ่งตามปกติจะติดตั้งอยู่บนโฮส (เมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์) หรือฮับ มีหน้าที่เป็นเหมือนเอาต์พุตของโฮสหรือฮับ

ปลั๊กตัวผู้อนุกรม A จะเสียบเข้ากับโฮสเสมอ โดยจะอยู่ที่ปลายด้านหนึ่งของสายเคเบิล และใช้เป็นตัวส่งข้อมูลอัปสตรีม

ปลั๊กตัวเมียอนุกรม B จะใช้เป็นอัปสตรีมพอร์ตซึ่งตามปกติจะติดตั้งอยู่บนตัวอุปกรณ์ USB หรือฮับ มีหน้าที่เป็นอินพุตให้กับอุปกรณ์ USB หรือฮับ

ปลั๊กตัวผู้อนุกรม B จะเสียบเข้ากับฮับหรือ USB เสมอ โดยจะอยู่ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของสายเคเบิลและใช้เป็นตัวส่งข้อมูลดาว์นสตรีม

คอนเน็คเตอร์ทั้งสองอนุกรมจะไม่สามารถใช้แทนกันได้ จึงสามารถกำจัดปัญหาของการสื่อสารย้อนทางได้ (การต่อดาว์นสตรีมเข้ากับดาว์นสตรีม หรือ การต่ออัปสตรีมเข้ากับอัปสตรีม)

การเชื่อมต่อ USB จะใช้สายไฟเพียง 4 เส้นเท่านั้น โดยมีแหล่งจ่ายไฟ 2 เส้น (ไฟเลี้ยงและกราวด์) และอีกสองสายใช้เป็นสายสัญญาณผลต่างหรือดิฟเฟอเรนเชียล (D+ และ D-) การใช้สีของสายไฟภายในเคเบิล USB จะเป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนระหว่างผู้ผลิตแต่ละราย

2.3.8 ชนิดของการถ่ายข้อมูลในระบบบัส USB

เนื่องจากระบบบัส USB รองรับการใช้งานที่หลากหลาย การจัดทำมาตรฐานในการขนถ่ายข้อมูลจะช่วยให้ผู้ออกแบบอุปกรณ์ USB สามารถเลือกกลุ่มของการขนถ่ายที่เหมาะสมสำหรับงานของตนเอง ในระบบบัส USB มีการขนถ่ายข้อมูล 4 ประเภท ได้แก่

- การส่งถ่ายข้อมูลแบบคอนโทรล
- การส่งถ่ายข้อมูลแบบบัลก์
- การส่งถ่ายข้อมูลแบบอินเทอร์รัพท์
- การส่งถ่ายข้อมูลแบบไอโซโครนัส

รายละเอียดของการส่งถ่ายข้อมูลแบบต่างๆ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือมาตรฐาน

USB

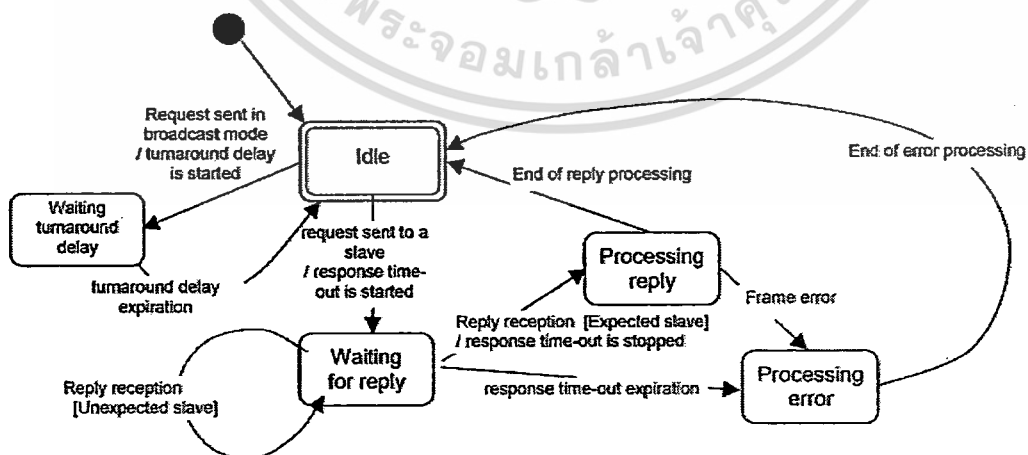
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โพรโทคอล MODBUS

ในการออกแบบระบบสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ จะต้องมีข้อตกลงในการส่งถ่ายข้อมูลที่เชื่อถือได้และสามารถติดตาม ตรวจสอบบล็อกของข้อมูลได้ในทุกขั้นตอนของการสื่อสาร ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาโปรโตคอลหลายชนิด พบว่าโปรโตคอล MODBUS [21, 22] เป็นหนึ่งในโปรโตคอลที่มีความเหมาะสม เนื่องจากมีบล็อกของข้อมูลที่ยืดหยุ่น มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล มีมาตรฐานรองรับที่แพร่หลาย เช่น มาตรฐานโปรโตคอล MODBUS บนเส้นทางการสื่อสารแบบอนุกรม (serial line communication) หรือโปรโตคอล MODBUS บนระบบการสื่อสารแบบ TCP/IP เป็นต้น

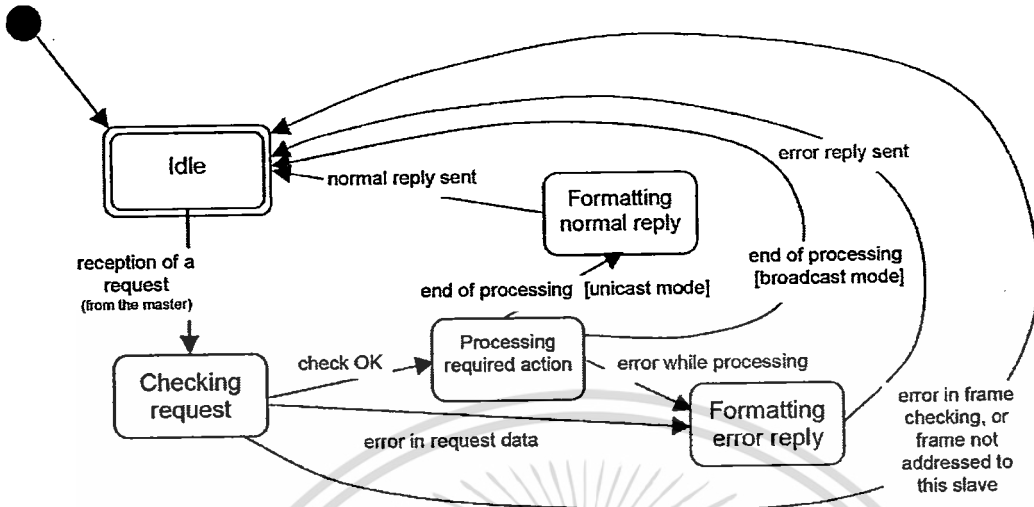
โปรโตคอล MODBUS เป็นระบบการสื่อสารชนิดที่มีตัวควบคุมหลักเพียงตัวเดียว คล้ายโปรโตคอลของ USB กล่าวคือ ตัวควบคุมหลัก (Master) จะเป็นตัวเริ่มต้นการสื่อสาร โดยมีตัวควบคุมลูก (Slave) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระบวนการและโต้ตอบคำสั่งต่างๆ ตัวควบคุมลูกไม่สามารถเริ่มต้นการสื่อสารใดๆ ด้วยตัวเอง ทำให้ลดความยุ่งยากในการจัดการขั้นตอนการสื่อสารลงได้

ถึงแม้ว่าในอุตสาหกรรมจะมีการนำ MODBUS ไปปรับใช้ (Implementation) กับเส้นทางการสื่อสารได้ทุกรูปแบบ ในแต่ละโปรโตคอลการสื่อสาร ก็จะมีบล็อกข้อมูลที่แตกต่างกันไป แต่หัวใจหลักของ MODBUS คือ พฤติกรรมของตัวควบคุม ที่มีมาตรฐานเดียวกัน ดังรูปที่ 2.19 และ 2.20 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำมาปรับใช้กับการสื่อสารผ่านระบบบัส USB



รูปที่ 2.19 พฤติกรรมของตัวควบคุมหลัก (Master) ในขั้นตอนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 พฤติกรรมของตัวควบคุมลูก (Slave) ในขั้นตอนต่างๆ

2.5 สรุป

การพัฒนาออสซิลโลสโคปเสมือน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของอาชีวศึกษา นอกจากจะต้องมีความรู้ความสามารถในการสร้างชิ้นงานให้สำเร็จครบถ้วนทุกฟังก์ชันการใช้งานแล้ว จะต้องศึกษาถึงหลักสูตรและใบงานการทดลองต่างๆ โดยละเอียด เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมในการเรียนการสอน จนสามารถนำไปกำหนดแนวทางในการสร้างและทดสอบชิ้นงาน ให้มีความเชื่อถือได้และความทนทานสูง ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทถัดไป

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนของการสร้างออสซิลโลสโคป และส่วนของการนำออสซิลโลสโคปไปทดสอบหาความพึงพอใจของผู้ใช้ซึ่งเป็นนักเรียน นักศึกษาในวิทยาลัยเทคนิค เพื่อพัฒนาชิ้นงานที่ได้จากการวิจัย จนนำไปสู่การนำไปใช้ ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ได้จริง

3.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

จุดมุ่งหมายหลักประการหนึ่งของการวิจัย คือ การนำชิ้นงานที่ได้ไปใช้ประกอบการ เรียนการสอนในวิทยาลัยเทคนิค ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ใน งานวิจัยดังนี้

ประชากร ได้แก่ ครู นักเรียน และนักศึกษา ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง และอิเล็กทรอนิกส์ ในวิทยาลัยเทคนิค สังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งใช้ออสซิลโลสโคปประกอบการเรียน การสอน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครู นักเรียน และนักศึกษา ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง และอิเล็กทรอนิกส์ ในวิทยาลัยเทคนิค สังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งใช้ออสซิลโลสโคปประกอบการเรียน การสอน จำนวน 10 แห่ง จำนวน 100 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยบรรลุผลสำเร็จ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัด
2. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษา และอาจารย์ที่ใช้งานออสซิลโลสโคปเสมือน

3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ ทำการศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรทั้งระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ทั้งสาขาช่างไฟฟ้า และช่างอิเล็กทรอนิกส์ เป็นรายวิชา เพื่อวิเคราะห์ถึงความต้องการ ใช้เครื่องมือวัดออสซิลโลสโคป ในฟังก์ชันการใช้งานต่าง ๆ ให้ครอบคลุมการใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ

ขั้นที่ 2 การออกแบบ ทำการออกแบบวงจร เพื่อจัดทำเป็น PCB สำหรับเป็นต้นแบบ ติดตั้งชิป FPGA พร้อมอุปกรณ์ประกอบ รวมทั้งออกแบบแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงระบบ

ขั้นที่ 3 การพัฒนา ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการทำงาน ให้ครอบคลุม ฟังก์ชันตามที่ได้วิเคราะห์ พร้อมบรรจุโปรแกรมที่พัฒนาเสร็จลงในชิป FPGA

ขั้นที่ 4 การนำไปใช้ นำออสซิลโลสโคปเสมือนที่พัฒนาแล้วเสร็จ ไปทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง ครู นักเรียน และนักศึกษา

ขั้นที่ 5 การประเมินผล นำแบบสอบถามความพึงพอใจ ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็น ครู นักเรียน และนักศึกษา ประเมินผลความพึงพอใจต่อการใช้งานออสซิลโลสโคปเสมือน

3.2 การวิเคราะห์การใช้ออสซิลโลสโคปในหลักสูตรอาชีวศึกษา

สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ มีหน้าที่โดยตรงในการจัดการศึกษาวิชาชีพ เพื่อพัฒนากำลังคนระดับกึ่งฝีมือ ระดับฝีมือและระดับผู้ชำนาญการเฉพาะสาขาวิชาชีพ(ระดับเทคนิค) ให้สอดคล้องกับตลาดแรงงาน สภาพเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สามารถ เป็นผู้ปฏิบัติงาน หัวหน้างานหรือเป็นผู้ประกอบการ และการประกอบอาชีพอิสระ ได้ โดยเน้นการแก้ ปัญหา สร้างองค์ความรู้ในอาชีพ มีบุคลิกภาพ คุณธรรมและเจตคติที่ดี

เพื่อให้บรรลุพันธกิจต่าง ๆ สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ ได้ออกมาตรฐาน มาตรฐานทางการศึกษา เพื่อเป็นกรอบในการจัดหาครุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาถึงลงไปถึงการจัดการเรียนการสอนด้านอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีการกำหนดเกณฑ์ในการจัดหาครุภัณฑ์ไว้ คือ จำนวนผู้เรียนต่อหน่วยเครื่องมือ คิดจากผู้เรียน 1 ห้อง จำนวน 40 คน ของแต่ละระดับทั้ง ปวช. และ ปวส. โดยแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 20 คน ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ มีครุภัณฑ์เป็นออสซิลโลสโคป จำนวน 2 รายการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวช.

รหัสครุภัณฑ์	ชื่อครุภัณฑ์	จำนวนตามมาตรฐาน	ราคาต่อหน่วย
EC20072	ออสซิลโลสโคป 20 MHz	71	25,000
EC23002	ออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอลสต่อเร็ว 100 MHz	6	180,000
EC23003	ออสซิลโลสโคป 400 MHz	2	280,000

ตารางที่ 3.2 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส.

รหัสครุภัณฑ์	ชื่อครุภัณฑ์	จำนวนตามมาตรฐาน	ราคาต่อหน่วย
EC30023	ออสซิลโลสโคป 20 MHz	95	25,000
EC31055	ออสซิลโลสโคป 100 MHz	2	80,000
EC31056	ออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอลสต่อเร็ว 100 MHz	2	180,000

ตารางที่ 3.3 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐานสาขาไฟฟ้ากำลัง ระดับ ปวช.

รหัสครุภัณฑ์	ชื่อครุภัณฑ์	จำนวนตามมาตรฐาน	ราคาต่อหน่วย
EP0056	ออสซิลโลสโคป 20 MHz	10	25,000

ตารางที่ 3.4 รายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐานสาขาไฟฟ้ากำลัง ระดับ ปวส.

รหัสครุภัณฑ์	ชื่อครุภัณฑ์	จำนวนตามมาตรฐาน	ราคาต่อหน่วย
EP0056	ออสซิลโลสโคป 20 MHz	10	25,000
EP0090	ออสซิลโลสโคปแบบดิจิตอลสต่อเร็ว 100 MHz	2	180,000
EP0093	ออสซิลโลสโคป 30 MHz	5	27,000

จากข้อมูลในตาราง 3.1 ถึง 3.4 พบว่าทุกระดับชั้นของทั้งสองสาขาวิชา มีความต้องการออสซิลโลสโคปพื้นฐานที่มีความถี่สูงสุดระดับ 20MHz เป็นจำนวนมาก เมื่อเทียบกับออสซิลโลสโคปที่มีความสามารถสูงระดับ 100 MHz ขึ้นไป อย่างไรก็ตามจากการสังเกตพบว่าจำนวนออสซิลโลสโคปที่มีใช้งานจริงในสาขาอิเล็กทรอนิกส์ในวิทยาลัยเทคนิค ยังมีจำนวนไม่ครบตามที่สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 กระบวนการพัฒนาออสซิลโลสโคปเสมือน

จากการวิเคราะห์หลักสูตรอาชีวศึกษา คณะผู้วิจัยพบว่าการใช้งานออสซิลโลสโคปในการเรียนการสอนทางด้านช่างอุตสาหกรรม ใช้ออสซิลโลสโคปหลายระดับความสามารถ ออสซิลโลสโคปที่มีความต้องการมากที่สุดรองรับแบนด์วิธ 20 MHz จากการวิเคราะห์ไปงานทำให้ทราบข้อมูลย่านการวัดของค่าสูงสุดและต่ำสุดในไปงานต่าง ๆ เป็นผลให้ไม่ต้องสร้างออสซิลโลสโคปเสมือนที่มีความสามารถครอบคลุมตามเครื่องที่มีจำหน่ายในท้องตลาด แต่ควรเพิ่มความสามารถในด้านอื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ซึ่งจะมีปรากฏในออสซิลโลสโคปราคาสูงเท่านั้น เช่น การบันทึกรูปคลื่นลงบนแฟ้ม (บน SD card) การพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ การอ่านค่าออกทางจอภาพ เป็นต้น และควรเพิ่มความสามารถที่ไม่ปรากฏในออสซิลโลสโคปโดยทั่วไป เช่น การคัดลอกรูปคลื่นไปวางในแฟ้มเอกสาร การเปลี่ยนสีเส้นของเส้นกราฟ เป็นต้น อีกทั้งเมื่อวิเคราะห์ชิ้นงานและศึกษาจากข้อเสนอนี้ในการพัฒนาของรายงานผลงาน สิ่งประดิษฐ์ออสซิลโลสโคปเสมือนสำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน โดยละเอียดแล้วพบว่าข้อเสนอนี้และแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้เป็นอย่างมาก คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวทางในการพัฒนาไว้ดังนี้

- พัฒนางจรขยายสัญญาณให้มีแบนด์วิธที่สูงขึ้น
- พัฒนาให้รองรับย่านการวัดได้ครบถ้วนใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปจริง
- เลือกใช้วงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ความเร็วสูงขึ้นไป
- เลือกใช้ชิป FPGA ที่มีความจุสูงขึ้นไป เพื่อให้รองรับการออกแบบที่หลากหลายและสามารถบรรจุไมโครโปรเซสเซอร์ไว้ภายใน FPGA
- บรรจุไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฝังตัว (Embedded microcontroller) เพื่อให้สามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซีได้ จะทำให้สามารถปรับปรุงความสามารถของฮาร์ดแวร์ได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น แทนที่จะพัฒนาด้วยภาษา VHDL เพียงอย่างเดียว
- เพิ่มความสามารถในการปรับ Time/Div ให้ครอบคลุมย่านการวัดตามไปงานต่าง ๆ
- ออกแบบและสร้างแผงวงจรสำเร็จรูปเพื่อลดปัญหาจากสัญญาณรบกวนและสร้างชิ้นงานเป็นได้จำนวนมาก (mass production)
- เพิ่มความสามารถในการสุ่มสัญญาณได้สองช่องพร้อมกัน
- ปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อให้มีลักษณะปุ่มกดใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปที่ใช้ในห้องทดลองโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนความสามารถด้านอื่นๆ ที่ทำได้อยู่แล้วก็จะนำมาปรับปรุงให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการตัดลอกรูปสัญญาณ การพิมพ์รูปสัญญาณออกทางเครื่องพิมพ์ การแสดงผลแบบ double buffer เพื่อป้องกันการกระพริบของจอภาพขณะวาดรูปสัญญาณ เป็นต้น

จากแนวทางในการพัฒนาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ ทุกขั้นตอน จนนำมาสู่กระบวนการการออกแบบและสร้างออสซิลโลสโคปเสมือนจนครบถ้วนแล้วเสร็จดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การพัฒนาขีดความสามารถด้านแบนด์วิธของวงจรถยายทางด้านอินพุต

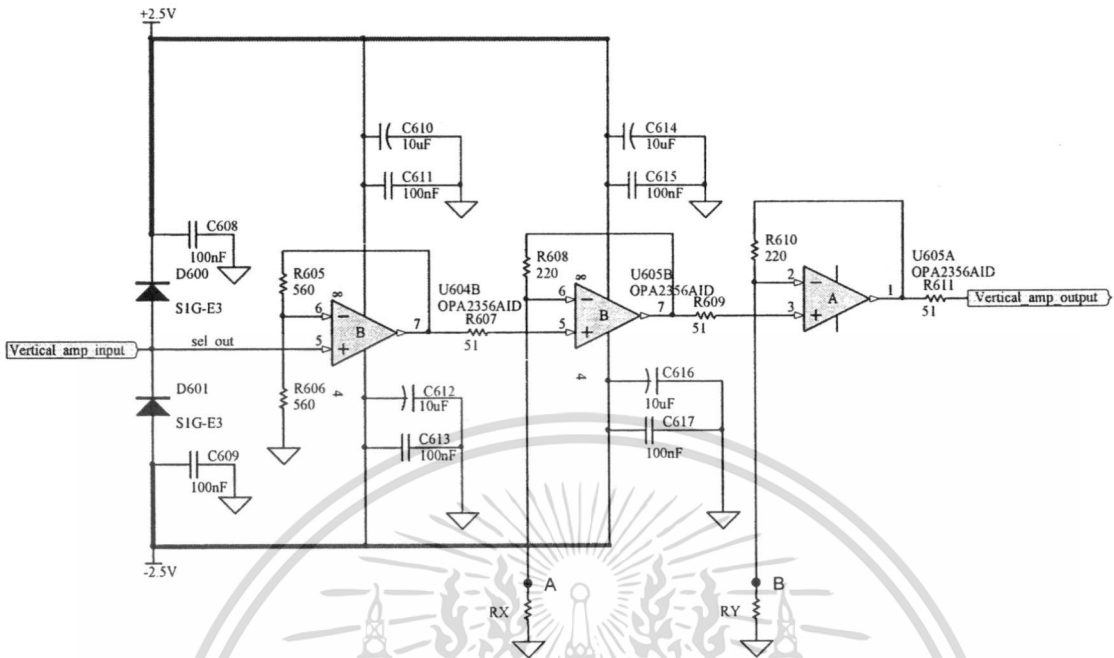
ในขั้นตอนนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจาก datasheets ของวงจรถยายสัญญาณ (ออปแอมป์) ที่มีจำหน่ายในประเทศ พบว่าแทบทั้งหมดเป็นวงจรรวมที่ราคาต่ำแต่ให้แบนด์วิธแคบมาก คือ ไม่เกิน 1 เมกะเฮิรตซ์ และเมื่อได้จัดหาอุปกรณ์เหล่านั้นมาทำการทดลองสร้างเป็นวงจรถยาย พบว่าอัตราการขยายที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยจะแคบลงมาเหลือเพียงย่าน 100 กิโลเฮิรตซ์เท่านั้น

คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม พบว่าควรเลือกใช้ออปแอมป์สำหรับงานด้านวิดีโอ เนื่องจากให้แบนด์วิธสูงหลายร้อยเมกะเฮิรตซ์ จากการค้นคว้าหาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงเลือกใช้ออปแอมป์เบอร์ OPA2356 ที่มีจำนวนวงจรถยายภายใน 2 วงจรและราคาไม่สูงมาก มีรายละเอียดของอุปกรณ์ที่เลือกใช้ดังในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลเฉพาะของออปแอมป์ OPA2356

รายละเอียด	ค่า	หน่วย
แรงดันแหล่งจ่าย	+ 2.7 ถึง + 5.5	โวลต์
กระแสที่ต้องการ	14	มิลลิแอมป์
อินพุตอิมพีแดนซ์	$10^{13} \parallel 1.5$	$\Omega \parallel \text{pF}$
แบนด์วิธ	200	MHz
สลูว์เรต	+300 / -360	V/ μs
สัญญาณรบกวน (ที่ 1 MHz)	50	fA / $\sqrt{\text{Hz}}$

ผู้วิจัยได้ออกแบบและทดลองวงจรถยายสัญญาณทางด้านอินพุตแบบต่างๆ หลายวงจร ซึ่งแต่ละวงจรก็มีข้อดี-ข้อด้อยที่แตกต่างกันออกไป เพื่อพัฒนาให้รองรับแบนด์วิธที่สูงขึ้นและสามารถรับอัตราการขยายได้หลายระดับจึงเลือกใช้วงจรดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรขยายสัญญาณทางด้านอินพุต

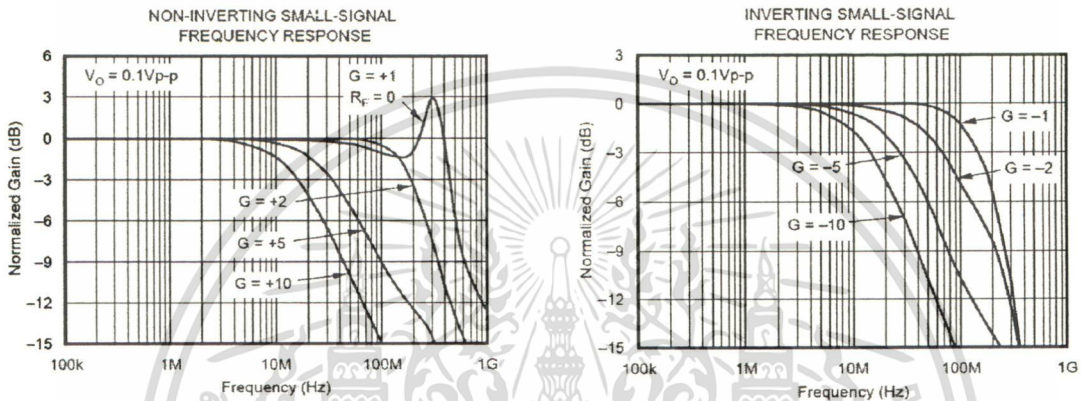
จากวงจรในรูปที่ 3.1 สามารถเลือกอัตราการขยายได้โดยการเลือกค่า RX และ RY ที่เหมาะสม ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การควบคุมอัตราการขยายของวงจขยายสัญญาณด้านอินพุต

อัตราการขยาย	ค่าความต้านทานที่ต่อลงกราวด์	
	RX	RY
X1	ปล่อยลอยไว้	ปล่อยลอยไว้
X2	ปล่อยลอยไว้	220 Ω
X5	51 Ω	ปล่อยลอยไว้
X10	22 Ω	ปล่อยลอยไว้
X20	22 Ω	220 Ω
X50	51 Ω	22 Ω
X100	22 Ω	22 Ω

จากรูปที่ 3.2 ซึ่งคัดมาจาก datasheet ของออปแอมป์เบอร์ OPA2356 พบว่าเมื่อใช้งานออปแอมป์ในลักษณะวงจขยายไม่กลับเฟส (Non-Inverting Amplifier) ที่มีอัตราการขยาย 10 เท่า จะได้แบนด์วิธ -3dB อยู่ที่ประมาณ 15 MHz และถ้าต้องการอัตราขยายเพียง 5 เท่าหรือ 2 เท่า จะได้แบนด์วิธสูงขึ้นเป็น 30 MHz หรือ 60 MHz ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าถ้าต้องการอัตราขยายที่ต่ำกว่า 10 เท่า จะต้องใช้ค่า RY ที่ต่ำกว่าค่า R611 ในรูปที่ 3.1 นี้ด้วยเช่นกัน

เท่าก็จะได้แบนด์วิธเพิ่มเป็น 30 MHz และ 200 MHz ตามลำดับ ในการออกแบบภาคขยาย อินพุตด้วยวงจขยายออปแอมป์ 2 ภาคจะได้อัตราขยายสูงสุด 100 เท่า จากการทดลองพบว่า วงจขยายนี้สามารถขยายสัญญาณได้สูงกว่า 3 MHz โดยไม่มีการลดลอนสัญญาณใดๆ (เหตุที่สามารถทดลองได้เพียง 3 MHz เนื่องจากเครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีใช้ในการเรียนการสอนของห้องทดลองในวิทยาลัยเทคนิคโดยทั่วไป กำเนิดสัญญาณได้ความถี่สูงสุดประมาณ 3 MHz)

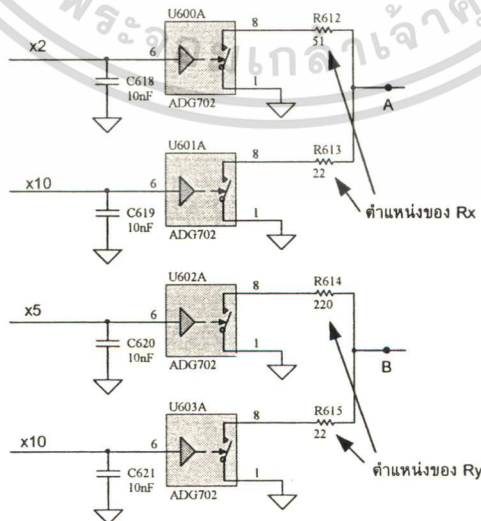


(ก) การขยายแบบไม่กลับเฟส

(ข) การขยายแบบกลับเฟส

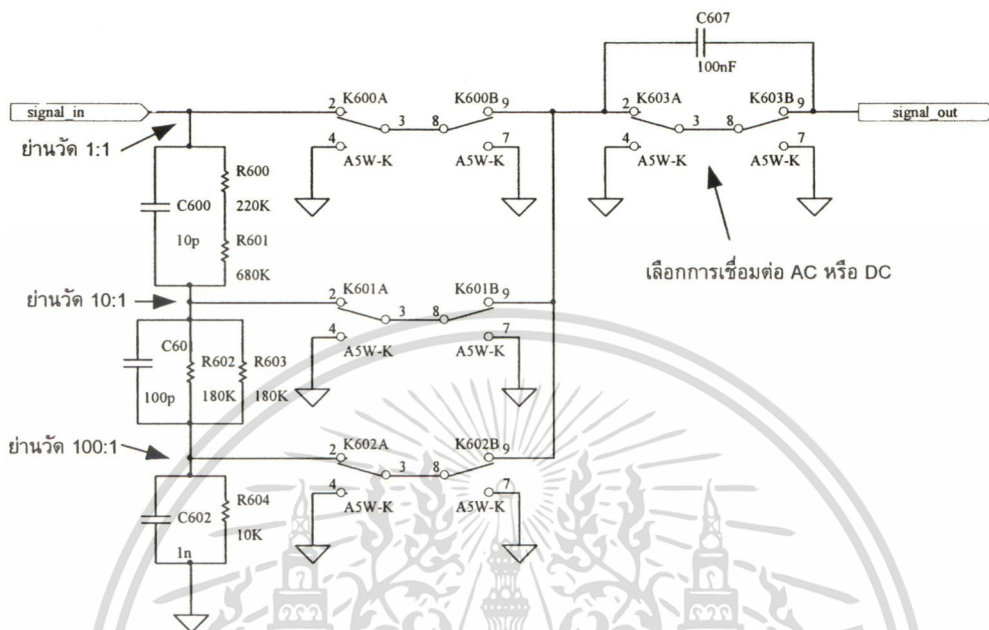
รูปที่ 3.2 การตอบสนองความถี่ของออปแอมป์ OPA2356

ในวงจรใช้งานจริงของงานวิจัยนี้ ใช้แอมพลีฟายเออร์ ADG702 จำนวน 4 ตัวทำหน้าที่ตัดต่อความต้านทานทั้ง 4 ค่าดังในตารางที่ 3.6 ลงกราวด์เพื่อให้เกิดอัตราขยายแตกต่างกันไปในแต่ละย่านวัดดังรูปที่ 3.3



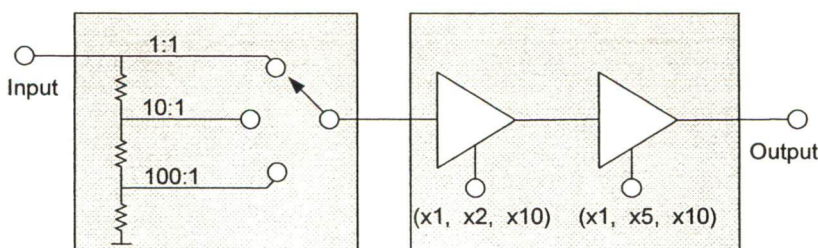
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 3.3 วงจรแอมพลีฟายเออร์สำหรับควบคุมอัตราขยายสัญญาณด้านอินพุต ซึ่งด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การพัฒนาวงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุต



รูปที่ 3.4 วงจรลดทอนแรงดันทางด้านอินพุต

ออสซิลโลสโคปโดยทั่วไปจะมีความต้านทานอินพุตคงที่ไม่ว่าจะเลือกย่านวัดใดก็ตาม เพื่อให้ออสซิลโลสโคปเสมือนมีคุณสมบัติดังกล่าวอีกทั้งต้องรองรับแรงดันในย่านกว้างมาก ถึงแม้ว่าเป้าหมายหลักของชิ้นงานที่จะสร้างคือการใช้อุปกรณ์ผิวหน้า (SMD) ทั้งหมด แต่ผู้วิจัยได้เลือกวงจรที่มีความเหมาะสมและทนทาน โดยใช้ความต้านทานชนิดเมทัลฟิล์มความผิดพลาด 1% ที่ทนแรงดันได้สูงกว่าอุปกรณ์ SMD มาทำหน้าที่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ขนานกับตัวเก็บประจุค่าที่ใกล้เคียงกับออสซิลโลสโคปจริง และเลือกย่านแรงดันโดยใช้รีเลย์ขนาดเล็ก แทนวงจรแอนะล็อกสวิตช์ โดยย่านการลดทอนแรงดันที่กำหนดไว้คือ 1:1 10:1 และ 100:1 ตามลำดับ ดังวงจรในรูปที่ 3.4 เมื่อนำวงจรที่พัฒนาขึ้นทั้งสองวงจรมารประกอบเข้าด้วยกันตามผังวงจรในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ผังวงจรสำหรับการเลือกย่านวัด V/DIV ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผังวงจรในรูปที่ 3.5 จะสามารถเลือกย่านวัดได้ลักษณะเดียวกับออสซิลโลสโคปจริง โดยมีย่านการวัดและวิธีการควบคุมดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ย่านวัดการวัดต่างๆ พร้อมทั้งเงื่อนไขในการควบคุม

ย่านวัดที่ผู้ใช้เลือกบนหน้าจอ (โดยปุ่ม V/Div)	ย่านการเลือกแรงดัน (ควบคุมด้วยรีเลย์)	ตัวคูณอัตราการขยาย (ควบคุมด้วยแอนะล็อก สวิตช์)
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

3.3.3 การพัฒนาขีดความสามารถในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

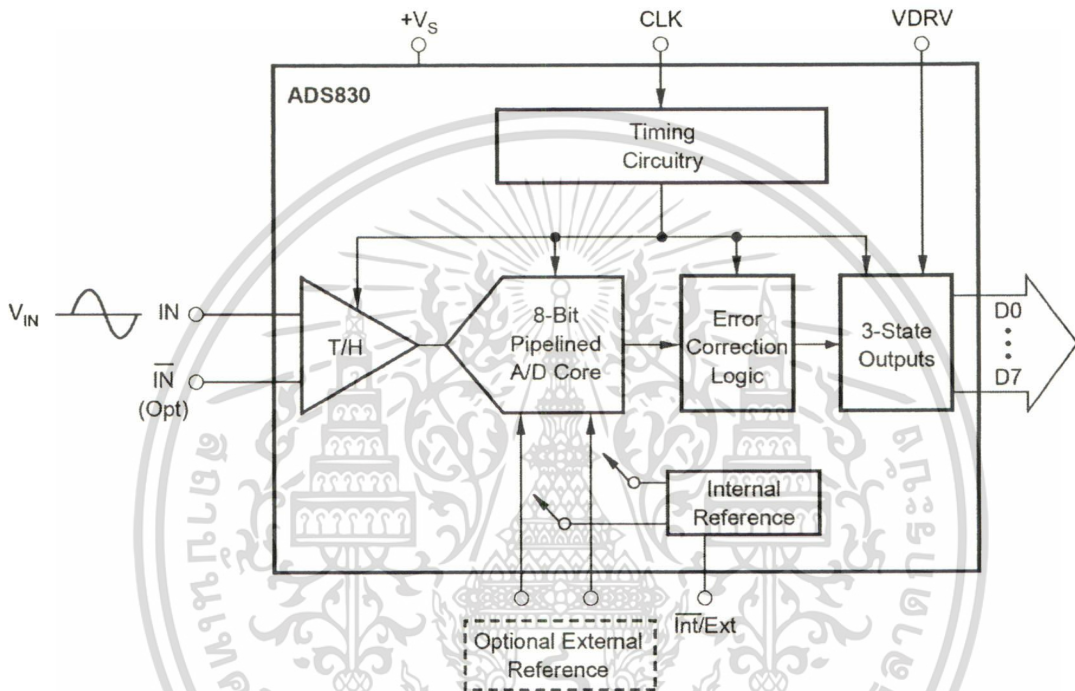
งานวิจัยออสซิลโลสโคปเสมือน ได้ใช้วงจรรวมสำหรับแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลหมายเลข ADC0804 ซึ่งมีความเร็วในการแปลงสัญญาณสูงสุดที่ 10,000 ครั้งต่อวินาที ทำให้สามารถวัดสัญญาณในย่านความถี่ต่ำเท่านั้น

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลเฉพาะของวงจรรวมแปลง ADC หมายเลข ADS830

รายละเอียด	ค่า	หน่วย
อัตราสัญญาณ/สัญญาณรบกวน	49.5	dB
อัตราการสุ่ม	60	MSPS
แรงดันไฟเลี้ยง	+5	โวลต์
VDRV	+3 หรือ +5	โวลต์
ลักษณะตัวถัง	SSOP-20	
จำนวนขา	20	ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าหาวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) ที่สามารถจัดซื้อได้ในประเทศ พบว่ามีการจำหน่าย ADC หมายเลข ADS830 ซึ่ง ADC ดังกล่าวสามารถสุ่มสัญญาณได้ด้วยความเร็วสูงถึง 60 ล้านครั้งต่อวินาที (60 MSps) โดยมีรายละเอียดที่น่าสนใจดังตารางที่ 3.8



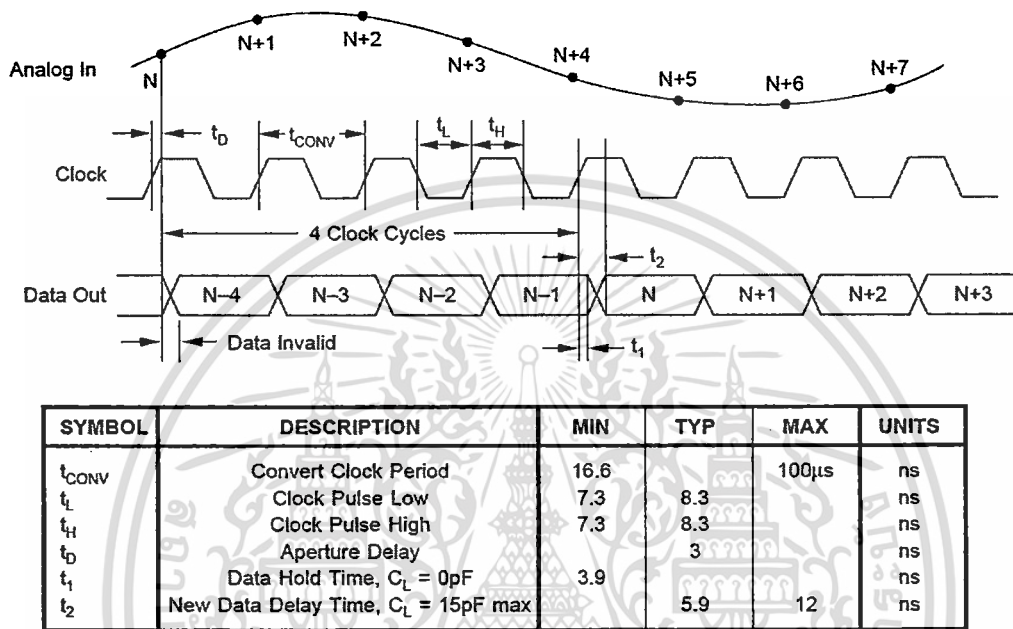
รูปที่ 3.6 ผังวงจรภายในของ ADC หมายเลข ADS830

ข้อดีของ ADC ดังกล่าวคือเหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วในการแปลงสัญญาณสูง 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 ในงานที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของสัญญาณนาฬิกาหลายระดับเช่นในออสซิลโลสโคป จะทำให้เกิดความไม่แน่นอนของเวลาหน่วง การอ่านข้อมูลขณะมีการเปลี่ยนระดับลอจิกขอบขาขึ้นจะเป็นช่วง Data invalid ของ ADC ดังนั้นทำให้เกิดการผิดพลาด ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการนำข้อมูลจาก ADC มาใช้

เอกรินทร์ อธิบายว่า... การดำเนินการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาน FPGA จะต้องอ่านข้อมูลในช่วงขอบขาลง เนื่องจากการไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของข้อมูล ในช่วงนั้น ดังรายละเอียดของสัญญาณต่างๆ ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ผังเวลาของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลหมายเลข ADS830

3.3.4 การพัฒนาขีดความสามารถของวงจรควบคุมหลัก

ในการพัฒนาชิ้นงานออสซิลโลสโคปเสมือนจะต้องสร้างแผงวงจรให้รองรับการออกแบบวงจรที่ยืดหยุ่น สามารถทดลองเพิ่มเติมความสามารถต่างๆ ที่หลากหลายให้กับออสซิลโลสโคปเสมือนได้ในอนาคต เพื่อให้บรรลุข้อกำหนดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือก FPGA รุ่นที่สามารถบรรจุไมโครโปรเซสเซอร์ไว้ภายในตัวได้ ต่างจากงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์ออสซิลโลสโคปเสมือน ที่ได้เลือกใช้ CPLD ตระกูล MAX7000 หมายเลข EPM7128LC84-15 เป็นวงจรควบคุมซึ่งมีความจุวงจรค่อนข้างต่ำและมีข้อมูลลักษณะเฉพาะของ EPM7128LC84-15 ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลเฉพาะของ CPLD หมายเลข EPM7128LC84-15

รายละเอียด	ค่า	หน่วย
หมายเลข	EPM-7128LC84 - 15	-
รูปแบบตัวถัง	84 pin – PLCC	-
จำนวนขา	84	ขา
เกตที่ใช้งานได้	2,500	เกต
มาโครเซลล์	128	เซลล์
บล็อกของลอจิก	8	บล็อก
จำนวน I/O ที่ใช้งานได้	68	ขา
ความถี่สูงสุด	100	เมกะเฮิรตซ์

เพื่อให้สามารถพัฒนางจรในสวิตช์จิตอลของออสซิลโลสโคปเสมือนโดยไม่มีข้อจำกัด ภายใต้อำนาจเวลาที่จำกัด คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ FPGA ที่มีจำนวนขาและขนาดความจุสูงสุดเท่าที่จะออกแบบแผงวงจรได้มาสร้างเป็นต้นแบบ เพราะในขั้นตอนนี้ ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าวงจรที่ออกแบบในขั้นสุดท้ายสามารถบรรจุลงใน FPGA ขนาดใดได้พอดี หากเลือก FPGA ขนาดเล็กแล้วไม่สามารถบรรจุวงจรได้ทั้งหมดก็จะเสียเวลาในการออกแบบแผงวงจรใหม่ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาและต้นทุนสูง

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลเฉพาะของ FPGA หมายเลข XC3S400PQ208

รายละเอียด	ค่า	หน่วย
หมายเลข	XC3S400PQ208	-
รูปแบบตัวถัง	PQ208	-
จำนวนขา	208	ขา
เกตที่ใช้งานได้	400,000	เกต
บล็อกของลอจิก	896	บล็อก
จำนวน I/O ที่ใช้งานได้	141	ขา
ความถี่สูงสุด	622	เมกะเฮิรตซ์
วงจรคูณขนาด 18x18 บิต	16	ตัว
วงจรคูณ/หารสัญญาณนาฬิกา (CDM)	4	วงจร
หน่วยความจำแรมภายใน (บล็อก)	228	กิโลบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FPGA ที่เลือกใช้เป็นหมายเลข XC3S400 ซึ่งเป็นตัวถังแบบ PQ208 มีขารอบตัว จำนวน 208 ขา มีจำหน่ายในประเทศลักษณะชิปเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความกว้างด้านละ 3 เซนติเมตร สามารถบัดกรีได้เองโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่สลับซับซ้อน อีกทั้งมีระยะห่างระหว่าง ขาที่เหมาะสม ไม่เกินความสามารถของบริษัทรับผลิตแผงวงจรภายในประเทศ

จากความสามารถของ FPGA ในตารางที่ 3.10 ทำให้สามารถบรรจุ ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 หรือ 32 บิตไว้บนชิป FPGA ได้ โดยใช้เครื่องมือของบริษัทผู้ผลิต ชิป ดังรายละเอียดที่จะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

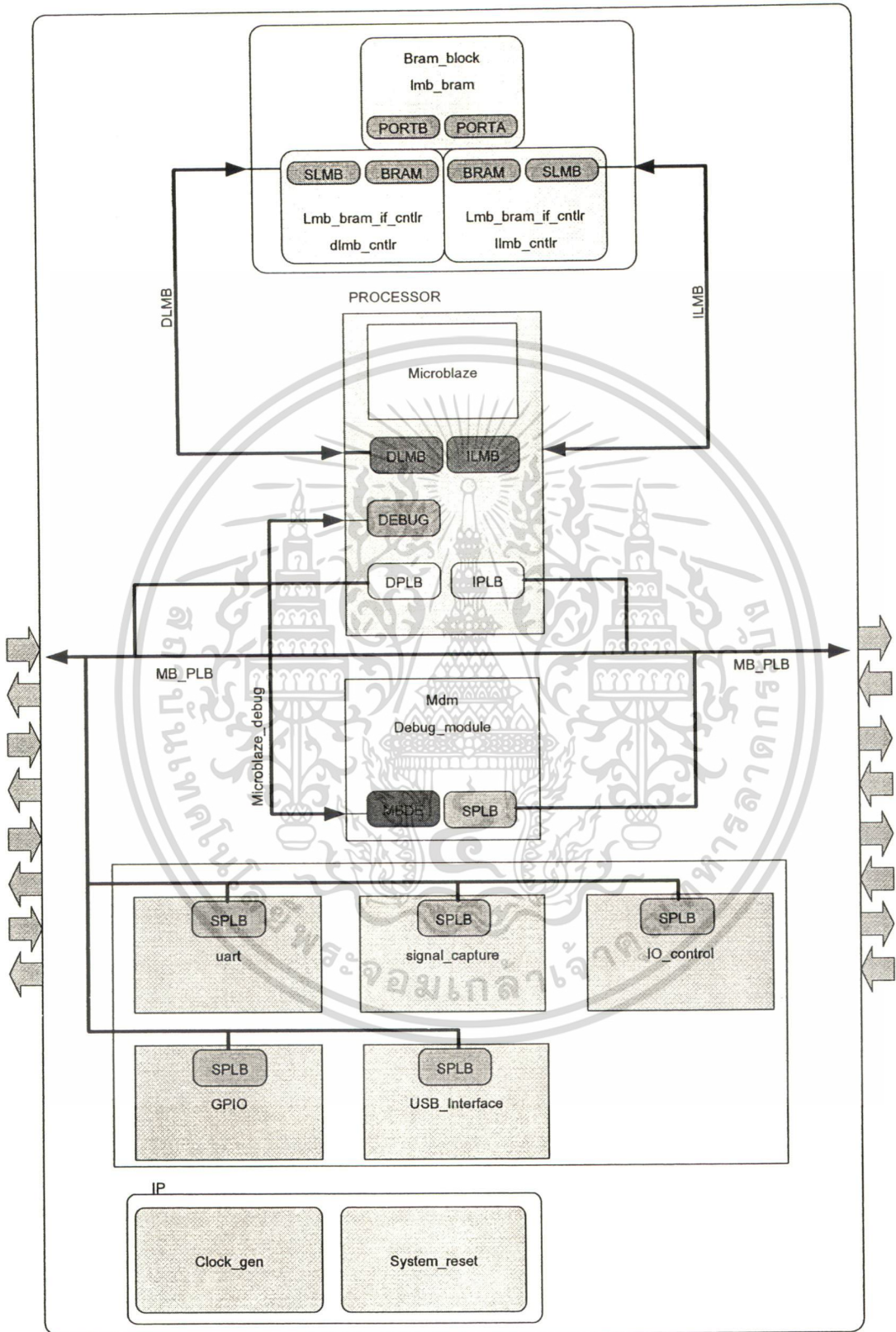
เนื่องจาก FPGA มีโครงสร้างภายในสำหรับเก็บวงจรที่เป็น static RAM เมื่อหยุดจ่าย ไฟเลี้ยง วงจรที่บรรจุอยู่ภายในก็จะหายไปด้วย ซึ่งการบรรจุวงจรเข้าไปใน FPGA เรียกว่า การ กำหนดการทำงาน (configuration) ให้กับ FPGA สามารถทำได้ 2 วิธีหลักๆ คือ การโหลดเข้า ทางพอร์ต JTAG และการโหลดจาก EEPROM ทั้งแบบอนุกรมและขนานที่ต่ออยู่กับ FPGA ใน งานวิจัยนี้เลือกใช้ EEPROM แบบอนุกรมเพื่อเก็บข้อกำหนดเริ่มต้นการทำงานให้ FPGA ซึ่งจะ ถูกโหลดเข้าไปภายใน FPGA ทุกครั้งที่เริ่มจ่ายไฟให้กับออสซิลโลสโคป แต่ในขณะที่ออกแบบ และทดลองเบื้องต้นจะใช้ JTAG เป็นหลัก เนื่องจากสามารถแก้ไขวงจรได้รวดเร็วกว่าโดย สามารถดาวน์โหลดทาง JTAG ภายใน 3 วินาที ขณะที่การล้าง (erase) และบันทึกโปรแกรม (program) ลงบน EEPROM จะใช้เวลาประมาณ 2 นาที

3.3.5 การเพิ่มไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฝังตัวลงใน FPGA

ในขั้นต้นผู้วิจัยต้องตัดสินใจเลือกแนวทางในการสร้างตัวควบคุมจาก 2 รูปแบบที่เป็นไปได้คือ

- 1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิตร่วมกับ FPGA
- 2 ใช้ soft embedded microcontroller บน FPGA เพียงอย่างเดียว

เมื่อทดลองออกแบบแผงวงจร พบว่าเมื่อเลือกแนวทางที่ 1 จะสิ้นเปลืองขาสัญญาณ I/O บนชิปทั้งสองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน ต้องใช้แผงวงจรพิมพ์ขนาดใหญ่และวงจรถ้าเนต สัญญาณหนาพิก้าแยกจากกัน แต่เมื่อเลือกแนวทางที่ 2 จะได้แผงวงจรที่มีขนาดเล็กกว่า แต่ เบื้องต้นคณะผู้วิจัยไม่มีความคุ้นเคยกับเครื่องมือในการพัฒนา soft embedded microcontroller เท่าที่ควร อย่างไรก็ตามเมื่อรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ พบว่า มีเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาของผู้ผลิต FPGA คือบริษัท Xilinx ที่ชื่อว่า EDK สามารถสร้าง soft microcontroller ชื่อ Microblaze ขนาด 32 บิต บรรจุไว้ใน FPGA ได้โดยมีหน่วยความจำ ROM และ RAM อย่างครบถ้วน



รูปที่ 3.8 สถาปัตยกรรมของ Microblaze ที่ออกแบบใน EDK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกแนวทางที่ 2 และนอกเหนือจาก IP-core สำเร็จรูปแล้ว ผู้วิจัยได้พัฒนา custom IP-core ที่สำคัญและจำเป็นต่อการทำงานของระบบเป็นจำนวน 4 ตัวได้แก่

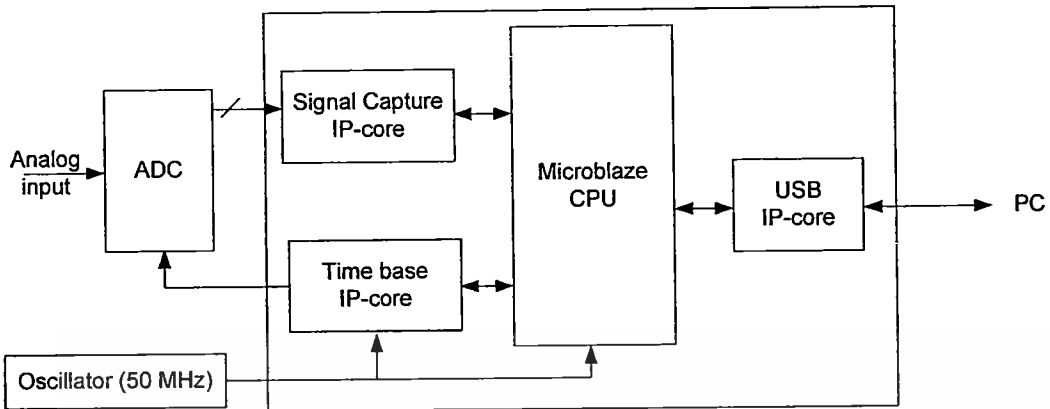
1. IP-core สำหรับการสื่อสารกับ PC ผ่านบัส USB
2. IP-core สำหรับควบคุมอินพุต-เอาต์พุตทั้งหมด
3. IP-core สำหรับหารความถี่เพื่อสร้างฐานเวลาในการสุ่มเก็บข้อมูลในย่าน T/DIV ต่างๆ
4. IP-core สำหรับการสุ่มตัวอย่างสัญญาณมาเก็บในหน่วยความจำเพื่อรอส่งต่อให้ PC ผ่านบัส USB

เนื่องจาก Microblaze เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32 บิต จึงทำให้สามารถต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่มีความกว้างบิตข้อมูลขนาด 8 บิต ทั้ง 2 ช่องได้บนพอร์ตเดียวกัน และด้วยสมรรถนะของหน่วยความจำแรมภายใน FPGA ที่มีความเร็วสูงมาก ทำให้ได้รับผลการทดสอบว่าสามารถแปลงสัญญาณทั้ง 2 ช่องพร้อมกันที่ความเร็วสูงกว่า 10 MHz ซึ่งได้แสดงสถาปัตยกรรมของระบบที่ออกแบบไว้ ดังรูปที่ 3.8

3.3.6 การเพิ่มความสามารถในการปรับ Time/Div

ออสซิลโลสโคป เป็นเครื่องวัดที่สามารถแสดงผลความถี่ได้ในหลายๆ ย่านวัด (T/Div) ความสามารถดังกล่าวของออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อกทำได้โดยการเปลี่ยนฐานเวลาในการกวาดภาพด้านแนวนอน (Time base) ถ้าเวลาในการกวาดภาพสั้นก็จะแสดงความถี่ได้สูง และจะปรากฏเป็นจุดกลมๆ วิ่งจากซ้ายไปขวาเมื่อวัดสัญญาณความถี่ต่ำๆ แต่ในส่วนของออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล การแสดงผลโดยการกวาดภาพบนหน้าจอจะแยกจากการสุ่มข้อมูลไม่ว่าจะวัดความถี่สูงหรือต่ำ ความเร็วในการกวาดภาพจะคงที่ เนื่องจากการสุ่มข้อมูลจะนำข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำและการกวาดภาพจะนำข้อมูลจากหน่วยความจำไปแสดงบนจอภาพ ทำให้ดูสบายตากว่าออสซิลโลสโคปแบบแอนะล็อก

การเปลี่ยนฐานเวลาในการสุ่มของออสซิลโลสโคปเสมือน จะคำนวณจากความถี่ที่จะนำมาแสดงผลกับจำนวนจุดด้านกว้างของจอภาพให้มีความสอดคล้องกัน แล้วส่งค่าเวลาที่ได้ไปยังวงจรหารความถี่ซึ่งบรรจุอยู่ใน Time base IP-core ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ผังการทำงานของกระบวนการเก็บสัญญาณแอนะล็อก

จากวงจรในรูปที่ 3.9 เมื่อผู้ใช้เลือกย่านวัดความถี่ คอมพิวเตอร์ (PC) จะกำหนดค่าของตัวหารความถี่ที่จะใช้ใน Time base IP-core ส่งไปยัง Microblaze ผ่านทาง USB IP core จากนั้น Microblaze จะส่งค่าการหารความถี่ไปให้ Time base IP-core เพื่อหารความถี่จากออสซิลเลเตอร์หลักของระบบ (50MHz) ป้อนเป็นฐานเวลาสำหรับการสุ่มของ ADC การส่งค่าตัวหารความถี่นี้จะเกิดขึ้นเฉพาะตอนที่ผู้ใช้เปลี่ยนแปลงย่านการวัดจากปุ่มควบคุมบนหน้าจอเท่านั้น ในสภาวะเริ่มจ่ายไฟเลี้ยง Microblaze จะกำหนดฐานเวลาเป็นย่าน 1 ms/Div

เมื่อ Signal capture IP core เก็บข้อมูลจาก ADC ครั้งละ 1 ตำแหน่งจนเต็มหน่วยความจำที่กำหนดไว้แล้ว ก็จะส่งสัญญาณบอก Microblaze ให้ส่งข้อมูลการสุ่มสัญญาณทั้งหมดในรอบนั้นไปยัง PC เพื่อแสดงผล และเนื่องจากมีหน่วยความจำภายใน Microblaze เป็นจำนวนจำกัด ออสซิลโลสโคปเสมือนจึงสามารถวัดได้เฉพาะสัญญาณรายคาบที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กันตลอดเวลาเท่านั้น ไม่สามารถวัดสัญญาณชั่วขณะที่ความถี่สูงๆ ได้ ในการสุ่มสัญญาณแต่ละรอบของออสซิลโลสโคปเสมือนนี้ จะได้ข้อมูลจำนวนช่องละ 256 จุด ข้อมูลเหล่านี้จะถูกโอนย้ายไปยังโปรแกรมที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นจำนวน 10 รอบต่อวินาที โดยไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วในการสุ่มข้อมูลของ ADC หากรอบของการแสดงผลใดที่ ADC ยังสุ่มข้อมูลไม่เสร็จ โปรแกรมบน PC ก็จะวาดภาพเดิมจนกว่าจะได้รับโอนข้อมูลใหม่มาจาก Microblaze

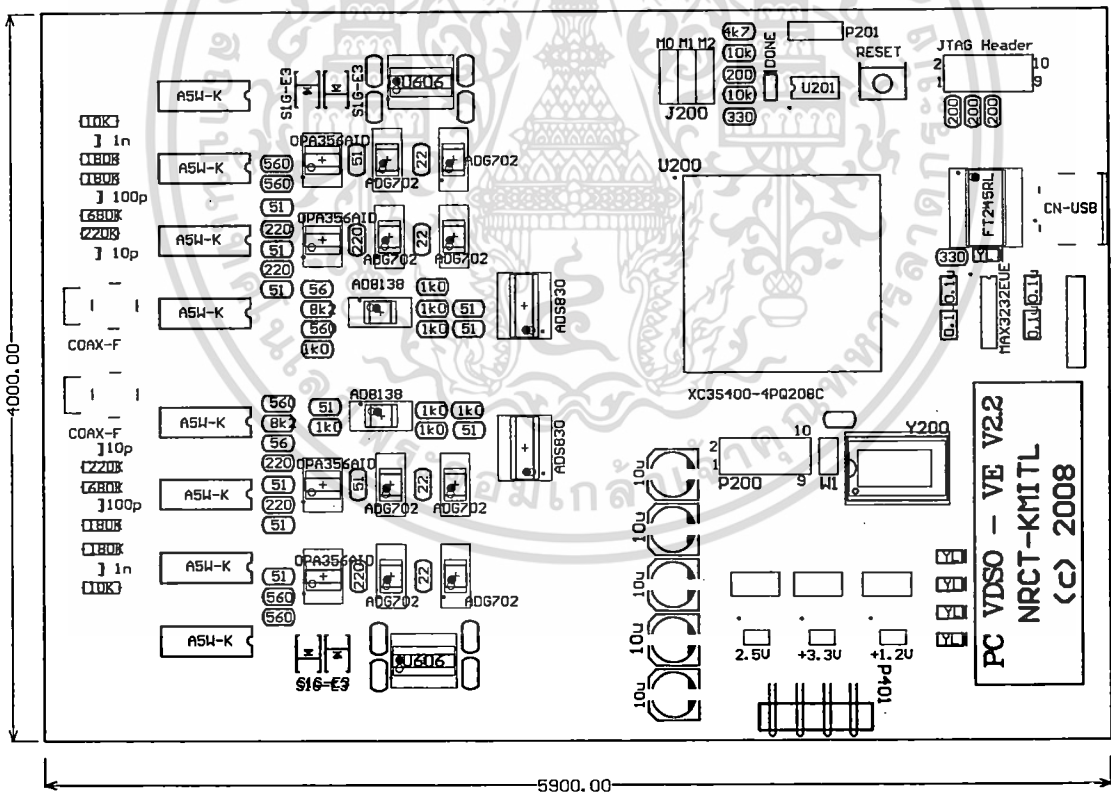
3.3.7 การออกแบบและสร้างแผงวงจรสำเร็จรูป

แผงวงจรต่างๆ ของสิ่งประดิษฐ์ออสซิลโลสโคปเสมือน ได้ถูกสร้างขึ้นบนแผงวงจรอเนกประสงค์แบบจุดไขว้ปลา แล้วทำการเชื่อมโยงจุดต่างๆ เข้าหากันด้วยสาย wire wrap ทำให้มีโอกาสเกิดสัญญาณรบกวนได้สูง อีกทั้งยังไม่สามารถผลิตเป็นจำนวนมากๆ ได้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแผงวงจรพิมพ์สำเร็จรูปขึ้นมา โดยเป็นแผงวงจรพิมพ์ 2 หน้า (plate through hole) และอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่เลือกใช้เป็นแบบอุปกรณ์ผิวหน้า (Surface mount devices) ซึ่งมีข้อดีคือ

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดกะทัดรัด ทำให้แผงวงจรมีขนาดเล็ก สามารถวางแผ่นกราวด์ (ground plane) ในส่วนที่ ต้องการป้องกันสัญญาณรบกวนได้มากกว่าแผงวงจรพิมพ์แบบหน้าเดียว และประการสำคัญคือ FPGA ที่ต้องใช้ตัวเก็บประจุบายพาสจำนวนมาก จึงต้องวางตัวเก็บประจุทั้งหมดในด้านล่าง (bottom layer) ของแผงวงจร

แผงวงจรที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ได้จัดทำขึ้นมา 2 รุ่นด้วยกัน ซึ่งรุ่นที่ 1 ได้รวมวงจร แหล่งจ่ายไฟไว้บนแผงวงจรพิมพ์เดียวกัน แต่พบว่ามีปัญหาคือกระแสไฟฟ้า -2.5 โวลต์แบบ switch-capacitor จ่ายกระแสจริงได้ต่ำกว่าค่าที่ระบุใน datasheet เป็นผลให้วงจรขยายทำงาน ได้ไม่เต็มที่ จึงได้ออกแบบแผงวงจรพิมพ์รุ่นที่สอง โดยแยกแหล่งจ่ายไฟออกมาไว้บนแผงวงจร พิมพ์สำหรับแหล่งจ่ายไฟและปรับปรุงระบบกราวด์ให้ดีขึ้น รวมทั้งแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการ โหลดข้อมูลจาก EEPROM ขณะเริ่มจ่ายไฟด้วย ซึ่งแผงวงจรรุ่นที่สองนี้ มีความกว้าง 4 นิ้วและ ยาว 5.9 นิ้วดังรูปที่ 3.10 เป็นรุ่นที่ใช้งานได้จริงและนำไปเก็บข้อมูลตามวิทยาลัยเทคนิคต่างๆ รายละเอียดของแผงวงจรพิมพ์สามารถศึกษาได้จากภาคผนวก



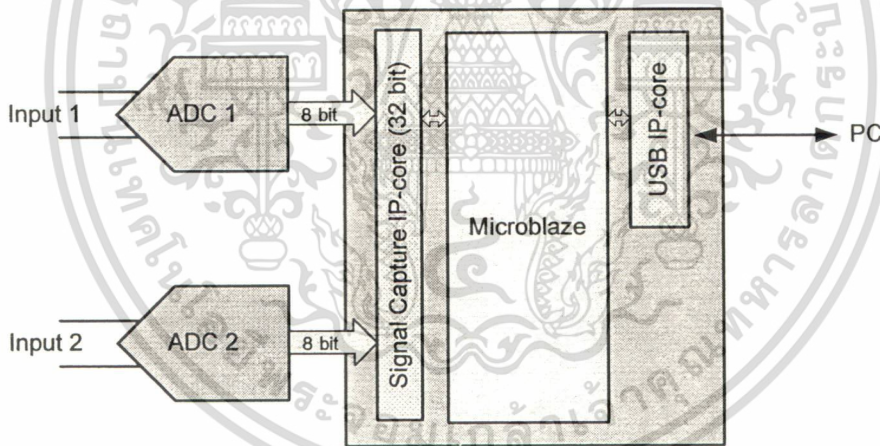
รูปที่ 3.10 ลักษณะการวางอุปกรณ์ด้านบนของแผงวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 การพัฒนาให้สามารถสุ่มสัญญาณได้ 2 ช่องพร้อม ๆ กัน

ในการพัฒนาออสซิลโลสโคปเสมือนให้สามารถบันทึกสัญญาณได้ 2 ช่องพร้อม ๆ กัน จะอาศัยความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบฝังตัว Microblaze และ IP-core ที่เป็น วงจรดิจิทัลขนาด 32 บิต สามารถอ่านค่าจาก ADC ขนาด 8 บิตทั้ง 2 ช่องได้พร้อมกันที่ ความเร็วสูงมาก ซึ่งไม่สามารถทำได้โดยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยทั่วไป งานวิจัยนี้ได้สร้าง IP-core พร้อมหน่วยความจำ RAM ในตัวขนาด 256 ตำแหน่ง x 32 บิต การทำงานของ IP-core เริ่มต้นเมื่อ Microblaze เป็นผู้สั่งให้วงจรลอจิกภายในเริ่มสุ่มข้อมูลด้วยอัตราเร็วตามที่ IP-core สำหรับหารความถี่เป็นตัวกำหนด เมื่อรับสัญญาณจาก ADC มาบันทึกจนเต็มหน่วยความจำ (256 ตำแหน่ง) แล้ว IP-core สำหรับการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ จะบอกให้ Microblaze นำข้อมูล ส่งไปยัง PC เพื่อวาดเส้นกราฟของสัญญาณเป็นลำดับต่อไป

นอกจากนี้แล้ว เพื่อให้ออสซิลโลสโคปเสมือนสามารถสุ่มสัญญาณได้ 2 ช่องพร้อม ๆ กัน จะต้องปรับปรุงโปรโตคอลสำหรับสื่อสารและแพ็คเกจของ MODBUS ให้รองรับการส่งข้อมูล ระหว่าง Microblaze กับคอมพิวเตอร์ผ่านระบบบัส USB เป็นขนาด 32 บิต



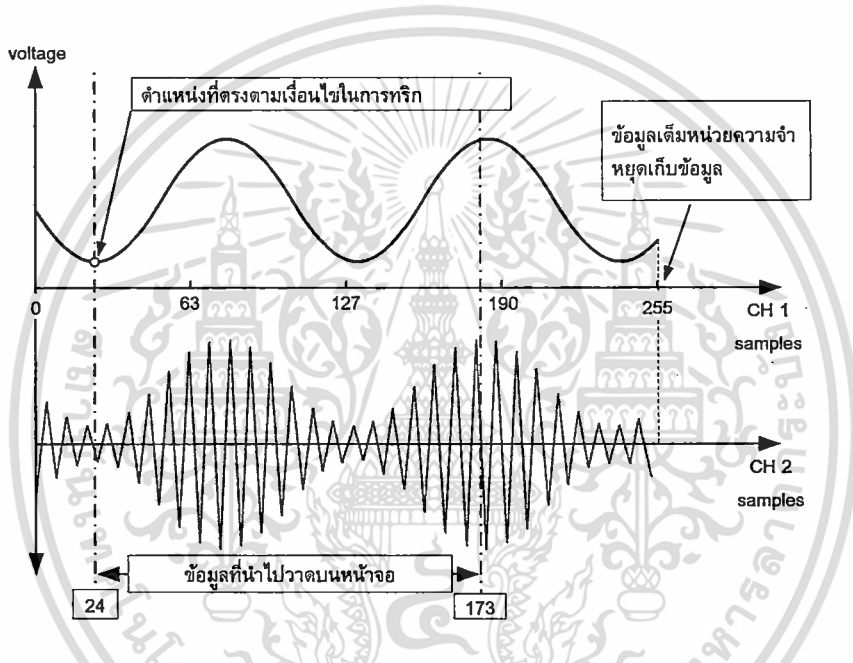
รูปที่ 3.12 ผังวงจรสุ่มสัญญาณพร้อมกันสองช่อง

จากสถาปัตยกรรมของ Microblaze และขนาดบัสของ IP-core ขนาด 32 บิต งานวิจัยนี้ สามารถพัฒนาเป็นออสซิลโลสโคปเสมือนขนาด 4 ช่องได้โดยการเพิ่ม ADC อีก 2 ชุด และ ปรับปรุงโปรแกรมสำหรับวาดภาพบนหน้าจอ PC เท่านั้น

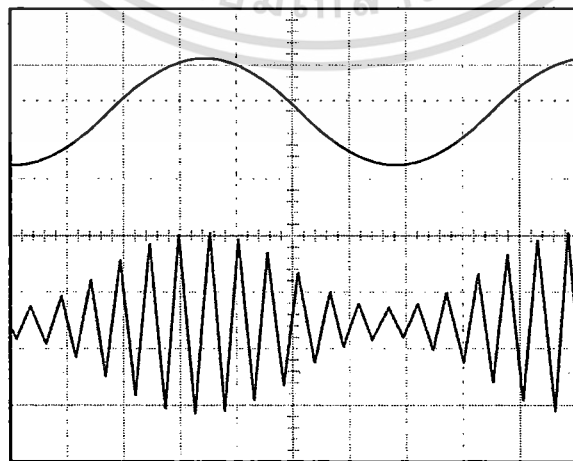
3.3.9 การพัฒนาระบบทริกเกอร์สัญญาณ

ฟังก์ชันที่สำคัญที่สุดในออสซิลโลสโคปคือฟังก์ชันสำหรับทริก การทริกจะช่วยให้ออสซิลโลสโคปสามารถแสดงสัญญาณให้เริ่มต้นที่ตรงตำแหน่งเดิมเสมอ เป็นผลให้ผู้ใช้สามารถเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์รูปคลื่นได้โดยไม่ต้องกดปุ่มหยุดการแสดงผลสัญญาณบนหน้าจอ (STOP) ในออสซิลโลสโคปรุ่นใหม่จะมีฟังก์ชันสำหรับการทริกที่หลากหลาย รวมทั้งสามารถวิเคราะห์รูปคลื่นที่มีโปรโตคอลมาตรฐานได้ เช่น RS232, I2C, USB หรือแม้กระทั่งการสื่อสารผ่านระบบ LAN ที่มีความเร็วสูงมากๆ อย่างไรก็ตามฟังก์ชันการทริกของออสซิลโลสโคปเสมือนในงานวิจัยนี้มีความสามารถในการทริกขั้นพื้นฐานเท่านั้น คือ สามารถแสดงภาพสัญญาณให้ปรากฏซ้ำๆ ที่จุดเดิม แต่ไม่สามารถวิเคราะห์สัญญาณตามโปรโตคอลต่างๆ ได้ เนื่องจากมีหน่วยความจำที่จัดเก็บสัญญาณได้เพียงครั้งละ 256 จุด



(ก) หลักการค้นหาจุดเริ่มต้นวาดภาพจากเงื่อนไขที่กำหนด



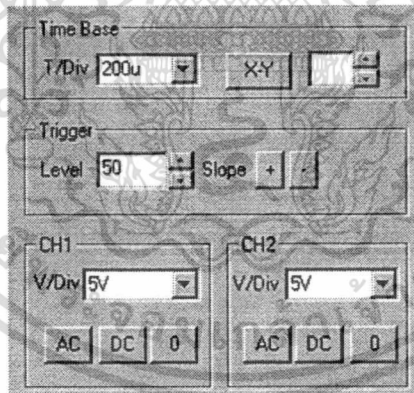
(ข) การวาดรูปคลื่นบนหน้าจอออสซิลโลสโคปเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสาร **รูปที่ 3.13** การแสดงรูปคลื่นบนหน้าจอออสซิลโลสโคปเสมือน ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทริกของออสซิลโลสโคปเสมือนในงานวิจัยนี้ จะอาศัย PC เป็นตัวประมวลผล โดยมีผังการทำงานดังรูปที่ 3.13 เนื่องจกความกว้างของจอภาพออสซิลโลสโคปสามารถแบ่งได้เป็น 10 ช่อง จากการทดลองพบว่า การแสดงผลได้ดีที่สุดของหน้าจอคือ 15 จุดข้อมูลต่อช่อง (Division) ดังนั้นข้อมูลที่ได้รับเข้ามาทั้ง 256 จุด จะถูกนำไปแสดงผลบนหน้าจอเพียง 150 จุด หน้าทีของฟังก์ชันทริก คือ การค้นหาข้อมูลตำแหน่งแรกที่ตรงกับเงื่อนไขในการทริก (ในงานวิจัยนี้คือทริกที่ขอบขาขึ้นหรือขอบขาลงในระดับที่กำหนด) แล้วจดจำค่า (index) นั้นไว้ นำไปกำหนดเป็นจุดเริ่มต้นให้กับทุกๆ สัญญาณที่จะวาดบนหน้าจอ หากฟังก์ชันทริกไม่พบข้อมูลที่ตรงกับเงื่อนไขการทริก ก็จะบอกให้ฟังก์ชันวาดภาพนำข้อมูลที่สุ่มได้มาแสดงทั้งหมด โดยเริ่มจากตำแหน่งศูนย์ ซึ่งสามารถวาดรูปคลื่นในการมอดูเลตแบบเอเอ็มจากรูปที่ 3.13 (ก) ได้ในตำแหน่งเริ่มต้นที่เดิมเสมอแสดงในรูปที่ 3.13 (ข)

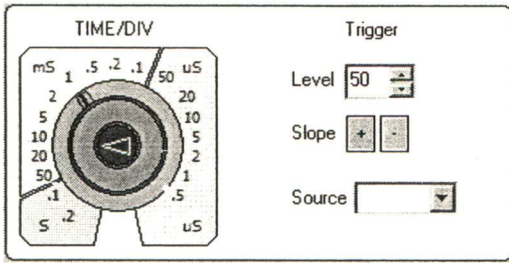
3.3.10 ปรับปรุงส่วนติดต่อผู้ใช้

งานวิจัยเดิมได้ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้อย่างง่าย ๆ ประกอบด้วยปุ่มสำหรับเลือกย่านวัดแบบ Drop down ผู้ใช้ต้องคลิกที่ปุ่มเพื่อให้ระบบแสดงค่าออกมาว่ามีย่านใดให้เลือกใช้ได้บ้างดังรูปที่ 3.14

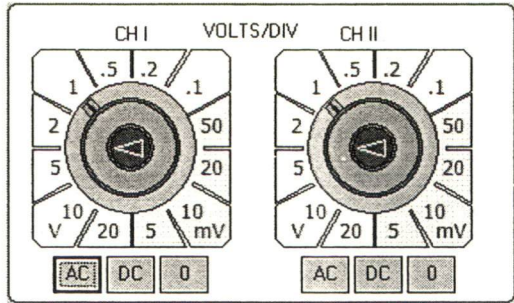


รูปที่ 3.14 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของงานวิจัยเดิม

จากการทดลองใช้ในวิทยาลัยเทคนิคได้รับข้อชี้แนะจากผู้เข้าว่าควรปรับปรุงให้มีปุ่มกดที่เหมือนจริง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษารูปแบบของปุ่มควบคุมด้านหน้าของเครื่องออสซิลโลสโคปในห้องทดลอง และได้นำปุ่มของออสซิลโลสโคปยี่ห้อ HAMEG ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในวิทยาลัยเทคนิคมาเป็นต้นแบบ ดังรูปที่ 3.15



(ก) ปุ่มเลือกฐานเวลาในย่านวัดต่างๆ



(ข) ปุ่มเลือกย่านวัดแรงดัน

รูปที่ 3.15 ส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ได้สร้างขึ้นมาใหม่

ขั้นตอนการออกแบบปุ่มเลือกย่านวัด เริ่มต้นจากการนำภาพของปุ่มกดมาวางในโปรแกรมแสดงภาพโดยทั่วไปที่สามารถแสดงพิกัด (x, y) ของจุดยอดของเส้นต่างๆ บนปุ่มกดรวมทั้งจุดศูนย์กลางของวงกลม แล้วจัดบันทึกพิกัดนั้นเอาไว้ จากนั้นนำมาสร้างเป็นอาเรย์ในโปรแกรม (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 ตัว คือ ปุ่มเลือกย่านเวลาและปุ่มเลือกย่านวัดแรงดัน นอกจากแสดงผลโดยการชี้ลูกศรไปยังย่านวัดที่ผู้ใช้เลือกได้ตามต้องการแล้ว ปุ่มควบคุมนี้สามารถกระตุ้น (trigger) ให้โปรแกรมหลักส่งคำสั่งเปลี่ยนแปลงย่านวัดไปยังฮาร์ดแวร์ได้ในทันทีอีกด้วย

3.4 สรุป

ชิ้นงานออสซิลโลสโคปเสมือนสำหรับอาชีวศึกษา ได้ผ่านการวิเคราะห์และออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการใช้ออสซิลโลสโคปที่มีราคาประหยัด ใช้งานได้ครอบคลุมในรายวิชาต่างๆ ที่มีการเรียนการสอนภาคปฏิบัติในสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าชิ้นงานที่ออกแบบและสร้าง สามารถวัดค่าต่างๆ ได้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การนำชิ้นงานไปทดลองใช้จริงในวิทยาลัยเทคนิคต่างๆ จะทำให้ทราบข้อดี-ข้อด้อย จนนำมาสู่กระบวนการพัฒนาให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นไปในอนาคต

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยออสซิลโลสโคปเสมือนสำหรับอาชีวศึกษา ประกอบด้วยการดำเนินงานใน 2 ขั้นตอน คือ การสร้างออสซิลโลสโคปเสมือนและการทดลองนำไปใช้ในกลุ่มตัวอย่าง การดำเนินการต่างๆ จนบรรลุวัตถุประสงค์นั้น เริ่มต้นจากการศึกษาหลักสูตรอาชีวศึกษา เพื่อกำหนดขอบเขตในการสร้างออสซิลโลสโคปเสมือน ศึกษาค้นคว้า จัดหาอุปกรณ์ เพื่อทดลองสร้างออสซิลโลสโคปเสมือนและปรับปรุงจนสามารถใช้งานได้จริง จากนั้นจึงนำออกไปทดลองในกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจากการดำเนินการตลอดระยะเวลาการวิจัย ได้รับผลดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบออสซิลโลสโคปเสมือนที่สร้างขึ้นเพื่อการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำออสซิลโลสโคปเสมือนที่สร้างขึ้น ไปทดสอบในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องในการวัดและวิเคราะห์หาขีดความสามารถสูงสุดของออสซิลโลสโคปเสมือน พร้อมทั้งปรับแต่งให้วัดค่าได้ถูกต้องก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ในกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 ขีดความสามารถของออสซิลโลสโคปเสมือน

จากการทดสอบออสซิลโลสโคปในห้องทดลอง พบว่าออสซิลโลสโคปเสมือนมีขีดความสามารถดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขีดความสามารถของออสซิลโลสโคปเสมือน

คุณลักษณะ	รายละเอียด
จำนวนช่องสัญญาณที่วัดได้พร้อมกัน	2 ช่อง
ความละเอียดในการสุ่มสัญญาณ	8 บิต
ขนาดหน่วยความจำในการสุ่มสัญญาณ	256 จุด x 32 บิต
ย่านการวัดแรงดันที่ใช้งานได้จริง	8 ย่าน (จากที่ออกแบบไว้ 12 ย่าน) ได้แก่ 20mV, 50mV, 0.1V, 0.2V, 0.5V, 1V, 2V และ 5V ต่อช่อง
ย่านการวัดความถี่ที่ใช้งานได้จริง	12 ย่าน (จากที่ออกแบบไว้ 18 ย่าน) ได้แก่ 1us, 2us, 5us, 10us, 20us, 50us, 0.1ms, 0.2ms, 0.5ms, 1ms, 2ms และ 5ms ต่อช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

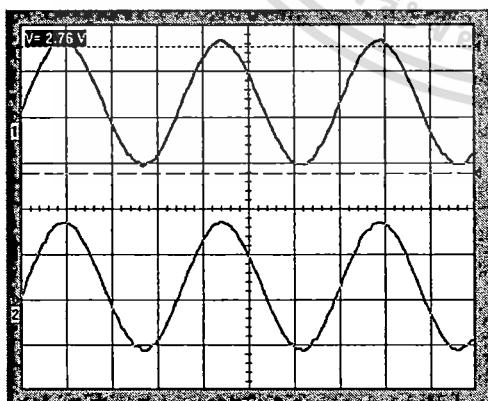
ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ขีดความสามารถของออสซิลโลสโคปเสมือน

คุณลักษณะ	รายละเอียด
ความถี่สูงสุดที่วัดได้	1 MHz
อัตราเร็วในการสุ่มตัวอย่างสูงสุดที่ทำได้	12.5 MSPs
แบนด์วิธของสัญญาณแอนะล็อก	100 MHz
ระบบการทริก	ปรับระดับ และเลือกขอบการทริก
การอ่านค่าแรงดัน (readout)	มีตัวอ่านแรงดัน 1 ตัว แสดงค่าการอ่านตามย่านวัดที่เลือก
เครื่องมืออำนวยความสะดวก	คัดลอกภาพสัญญาณ, เปลี่ยนสีของเส้นของสัญญาณ, พิมพ์ภาพสัญญาณทางเครื่องพิมพ์

4.1.2 การวัดสัญญาณลักษณะต่าง ๆ

ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างวิทยาลัยเทคนิคต่างๆ เพื่อหาค่าความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบออสซิลโลสโคปเสมือนในห้องทดลอง เพื่อหาจุดบกพร่องและทำการแก้ไขให้เหมาะสมกับใช้งาน

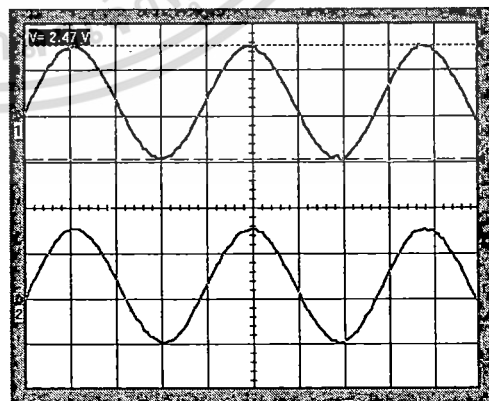
เมื่อทดลองป้อนสัญญาณแบบต่างๆ จากเครื่องกำเนิดสัญญาณเข้าที่อินพุตทั้งสองช่องของออสซิลโลสโคปเสมือน เพื่อทดสอบความสามารถในการวัดสัญญาณที่มี แรงดัน ความถี่เท่ากัน ปรากฏว่าออสซิลโลสโคปสามารถแสดงผลการวัดโดยมีการเปลี่ยนแปลงทางเวลาที่ตรงกันทั้ง 2 ช่อง ดังรูป 4.1 ถึง 4.3



Tdiv=0.5ms

CHI v/Div = 1V

CHII vDiv = 1V



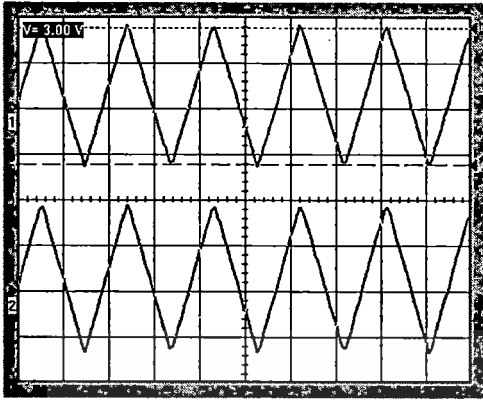
Tdiv=10us

CHI v/Div = 1V

CHII vDiv = 1V

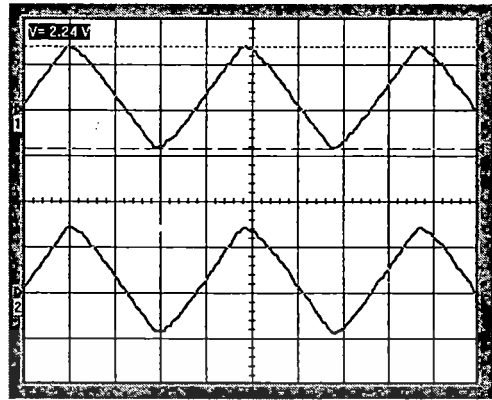
รูปที่ 4.1 การวัดสัญญาณรูปไซน์ที่ความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Tdiv=0.5ms

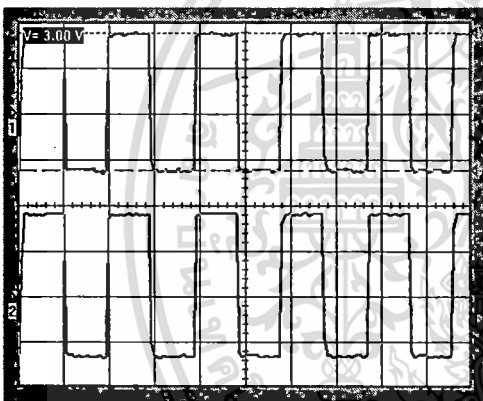
CHI v/Div = 1V CHII vDiv = 1V



Tdiv=10us

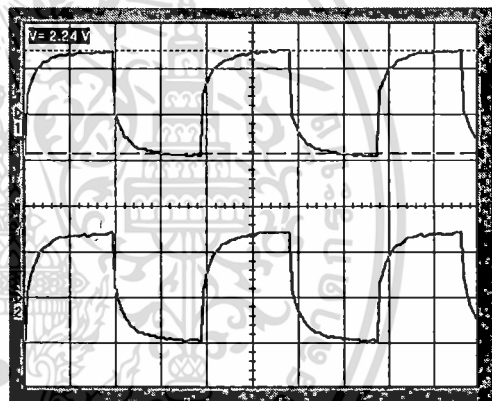
CHI v/Div = 1V CHII vDiv = 1V

รูปที่ 4.2 การวัดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ



Tdiv=0.5ms

CHI v/Div = 1V CHII vDiv = 1V



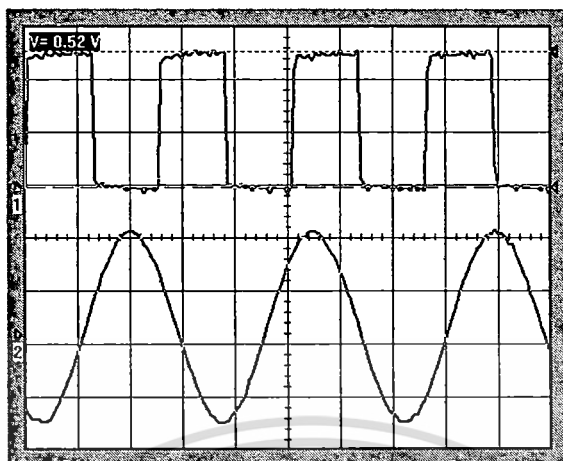
Tdiv=10us

CHI v/Div = 1V CHII vDiv = 1V

รูปที่ 4.3 การวัดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ความถี่ต่างๆ

จากการทดสอบพบว่า ออสซิลโลสโคปสามารถแสดงผลจากการวัดสัญญาณคลื่นไซน์ และคลื่นสามเหลี่ยมได้ดี แต่จะมีการผิดเพี้ยนในการวัดสัญญาณสี่เหลี่ยมในย่านความถี่สูง จากการวิเคราะห์วงจร พบว่าการผิดเพี้ยนนั้น เกิดจากคุณสมบัติของไดโอดที่นำมาประกอบเป็น วงจรคลิปปเปอร์เพื่อป้องกันแรงดันอินพุตไม่ให้สูงเกินที่ออปแอมป์จะรับได้ ถ้าเปลี่ยนเป็นไดโอด ชนิดความเร็วสูงจะสามารถลดการผิดเพี้ยนลงได้

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบออสซิลโลสโคปเสมือน โดยการป้อนสัญญาณ อินพุตทั้ง 2 ช่องที่มีลักษณะแตกต่างกัน พบว่าสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 4.4



Tdiv=0.5ms

CH1 v/Div = 0.2V CH2 v/Div = 1V

รูปที่ 4.4 การวัดสัญญาณ 2 ช่องที่มีลักษณะแตกต่างกัน

4.2 การนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในวิทยาลัยเทคนิค

กลุ่มตัวอย่างที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นการสุ่มอย่างง่ายจากนักศึกษาสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคภาคกลางและภาคตะวันออกจำนวน 7 แห่ง โดยจำแนกตามระดับชั้นของกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางแจกแจงกลุ่มตัวอย่าง

ที่	สถานศึกษา	จำนวนตัวอย่าง (คน)		รวม (คน)
		ปวช 1	ปวช 2	
1	วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา	10	-	10
2	วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์	10	-	10
3	วิทยาลัยเทคนิคนครนายก	-	10	10
4	วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี	10	-	10
5	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา	-	15	15
6	วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี	-	10	10
7	วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง	-	12	12
	รวม (คน)	30	47	77

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในวันพฤหัสบดีที่ 12 วันศุกร์ที่ 13 และวันอังคารที่ 17 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 รวมกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม 77 คน ได้รับผลเอกการประเมินผลจากกลุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 4.3 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการประเมินจากกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ออสซิลโลสโคปเสมือน

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1 ด้านลักษณะของโปรแกรม		
1.1 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร	4.19	0.69
1.2 การสื่อความหมายของข้อความเมนูต่างๆ	4.04	0.73
1.3 ความเหมาะสมของสีที่ใช้ในโปรแกรม	4.26	0.62
1.4 การจัดวางตำแหน่งปุ่มควบคุมต่างๆ	4.21	0.69
1.5 การสื่อความหมายของปุ่มควบคุม	4.18	0.62
1.6 ภาพรวมในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้	4.21	0.77
2 ด้านการใช้งาน		
2.1 ความสะดวกในการปรับตั้งค่าต่างๆ	4.39	0.67
2.2 การแสดงผลการวัด	4.25	0.71
2.3 การอ่านค่าที่ได้จากการวัด	4.26	0.71
2.4 วิธีการบันทึกผลที่ได้จากการวัด	4.39	0.63
3 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ		
3.1 การใช้งานแทนออสซิลโลสโคปแบบเดิม	4.29	0.74
3.2 ความสะดวกในการใช้งานเมื่อเทียบกับออสซิลโลสโคปแบบเดิม	4.40	0.65
3.3 ฟังก์ชันต่างๆ เหมาะสมต่อการใช้	4.47	0.66

เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองใช้งาน พบว่าประเด็นคำถามที่ได้รับคะแนนมากที่สุดสองอันดับแรก คือ มีฟังก์ชันต่างๆ เหมาะสมต่อการใช้ ได้รับคะแนน 4.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 และ วิธีการบันทึกผลที่ได้จากการวัด ได้คะแนน 4.39 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 ตามลำดับ

ประเด็นคำถามที่ได้รับคะแนนลำดับที่ 3 คือ การใช้งานแทนออสซิลโลสโคปแบบเดิม ได้คะแนน 4.29 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74

ประเด็นคำถามที่ได้รับคะแนนน้อยที่สุดได้แก่ การสื่อความหมายของข้อความเมนูต่างๆ ได้คะแนน 4.04 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73

เมื่อนำคะแนนในแต่ละด้านมาหาค่าเฉลี่ยพบว่า ด้านที่ได้รับคะแนนสูงสุดคือ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ คิดเป็น 4.39 ได้คะแนนรองลงมาคือ ด้านการใช้งาน คิดเป็น 4.32 และอันดับสุดท้ายคือ ด้านลักษณะของโปรแกรม คิดเป็น 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากผลการประเมินตามประเด็นคำถามที่ตั้งไว้ ยังมีคำแนะนำที่น่าสนใจจากกลุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้

- ควรมีปุ่มสำหรับปรับเปลี่ยนดูรูปคลื่นทางด้านซ้าย – ขวา
- ควรมีตัวช่วยอ่านคาบเวลาและความถี่ของสัญญาณ และ ยังขาดการคำนวณความถี่
- ควรเพิ่มปุ่มอำนวยความสะดวกอื่นๆ ในพื้นที่ว่างทางด้านขวามือของหน้าต่างโปรแกรม
- มีความสะดวกในการบันทึกรูปคลื่นขณะทำการทดลอง ทำให้ไม่ต้องใช้กล้องถ่ายรูปเพื่อบันทึกสัญญาณ
- ควรริบพัฒนาเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ เพื่อได้เผยแพร่ให้ครูอาชีวศึกษาได้ใช้งาน จะมีคุณค่าและประโยชน์ต่อการศึกษามาก
- ควรสร้างให้มีสเกลเหมือนออสซิลโลสโคปจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยเนื้อหาส่วนหลักๆ คือ การสร้างเครื่องมือวัดออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษา และการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในวิทยาลัยเทคนิคต่างๆ ถึงแม้ว่าออสซิลโลสโคปเสมือนที่สร้างขึ้นจะมีคุณสมบัติดีกว่าขีดความสามารถของออสซิลโลสโคปรุ่นต่ำสุด ที่สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพแนะนำไว้คือมีแบนด์วิธ 20 MHz แต่ออสซิลโลสโคปเสมือนในงานวิจัยนี้ซึ่งสามารถวัดความถี่ได้สูงสุด 1 MHz สามารถรองรับใบงานการทดลองของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้อย่างครบถ้วน

นอกจากนี้ จากการสังเกตขณะทดลองใช้งานพบว่า นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเครื่องวัดเสมือนนี้ได้อย่างรวดเร็ว มีความมั่นใจการใช้งานสูง เป็นผลให้ใช้งานได้อย่างคล่องแคล่วมากกว่าออสซิลโลสโคปแบบดั้งเดิม เนื่องจากมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยในการใช้งาน นักเรียนมีความกระตือรือร้นและเอาใจใส่ที่จะทำการทดลองมากขึ้น เนื่องจากมีเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการตัดลอกภาพสัญญาณแล้วนำมาวางลงในใบงาน ทำให้ไม่เสียเวลาวาดภาพสัญญาณและลดความกังวลเรื่องความถูกต้องในการวาดภาพลงในใบงาน

การสร้างออสซิลโลสโคปเสมือนที่มีคุณภาพดีและประสิทธิภาพสูงได้ในราคาประหยัดสามารถทำได้เมื่อผลิตเป็นจำนวนมากๆ เนื่องจากราคาอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่นำมาสร้างเป็นออสซิลโลสโคปเสมือน จะมีราคาจำหน่ายแบบลำดับขั้น คือ การซื้อจำนวนมากจะมีราคาต่อหน่วยจะถูกกว่าการซื้อจำนวนน้อย และหากจัดซื้อที่จำนวน 1,000 ตัวขึ้นไป จะสามารถสั่งซื้อวัสดุจากผู้ผลิตโดยตรง ทำให้ลดต้นทุนได้เป็นอย่างมาก ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ทำให้เครื่องต้นแบบในงานวิจัยนี้ยังคงมีราคาสูง คือ ต้นทุนในการ setup แผงวงจรพิมพ์ที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง แต่ก็จัดเป็นต้นทุนคงที่และจะไม่เพิ่มตามจำนวนการผลิต

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองนำออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษาไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในวิทยาลัยเทคนิคภาคกลางและภาคตะวันออกจำนวน 7 แห่ง รวม 77 คน พบว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในหลักสูตร ปวช. ในสาขาช่างไฟฟ้าและช่างอิเล็กทรอนิกส์ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวิเคราะห์ผลคะแนนที่ได้จากแบบสอบถาม พบว่าประเด็นคำถามที่ได้รับคะแนนประเมินสูงสุดสองอันดับแรก คือ มีฟังก์ชันต่างๆ เหมาะสมต่อการใช้ ได้รับคะแนน 4.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 และ วิธีการบันทึกผลที่ได้จากการวัด ได้คะแนน 4.39 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 ตามลำดับ เนื่องจากผู้วิจัย ได้เพิ่มฟังก์ชันสำหรับช่วยอ่านค่าแรงดันบนหน้าจอ ซึ่งทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในการใช้งาน นอกจากนี้ การคัดลอก (copy) รูปคลื่นบนหน้าจอเพื่อนำไปวางบนใบงานซึ่งอยู่ในโปรแกรมประมวลผลคำ ช่วยให้กลุ่มตัวอย่างสามารถทำการทดลองตามใบงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ไม่กังวลกับการวาดรูปสัญญาณลงบนกระดาษกราฟ และทုံมความสนใจให้กับการวิเคราะห์สัญญาณมากขึ้น อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างได้เสนอแนะว่าควรเพิ่มตัวช่วยอ่านคาบเวลาและความถี่ไว้ในโปรแกรมด้วย

ประเด็นคำถามที่ได้รับคะแนนลำดับที่ 3 คือ การใช้งานแทนออสซิลโลสโคปแบบเดิม ได้คะแนน 4.29 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74 แสดงให้เห็นถึงการยอมรับเครื่องวัดเสมือนสำหรับการเรียนการสอนในระดับที่น่าพึงพอใจ ในการทดลองครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างไม่ปฏิเสธการทดลองด้วยออสซิลโลสโคปเสมือน

ประเด็นคำถามที่ได้รับคะแนนน้อยที่สุดได้แก่ การสื่อความหมายของข้อความเมนูต่างๆ ได้คะแนน 4.04 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าอาจจะเนื่องมาจากการใช้ชื่อเมนูเป็นภาษาอังกฤษ ควรพัฒนาให้เป็นเมนูภาษาไทยและมีข้อความช่วยเหลือผู้ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการใช้งานโดยละเอียด

เมื่อพิจารณาคะแนนในภาพรวม พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจด้าน ประโยชน์ที่ได้รับ มากที่สุด คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.39 ด้านที่ได้คะแนนรองลงมาคือ ด้านการใช้งาน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.32 และอันดับสุดท้ายคือ ด้านลักษณะของโปรแกรม คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.18 การที่ผลการประเมินมีลักษณะดังกล่าว อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยใช้เวลาส่วนใหญ่เน้นหนักไปที่การพัฒนาชิ้นงานในส่วนฮาร์ดแวร์ ทำให้มีเวลาในการพัฒนาซอฟต์แวร์น้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

แม้ว่างานวิจัยจะสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ แต่ก็ยังมีประเด็นทางเทคนิคที่ต้องที่ต้องปรับปรุงอีกหลายประการ เพื่อให้เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ พร้อมทั้งจะนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ซึ่งพอที่จะสรุปประเด็นได้ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการที่สำคัญและใช้เวลามากที่สุดอย่างหนึ่งของออสซิลโลสโคปเสมือนคือการค้นหาจุดทริก ในงานวิจัยนี้จะทำกระบวนการดังกล่าวบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการวาดภาพบนหน้าจอแต่ละรอบนั้น เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องรับข้อมูลมาจาก FPGA จนครบทั้ง 256 ตำแหน่ง เมื่อค้นพบจุดทริกแล้ว คอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลมาแสดงผลเพียงช่องสัญญาณละ 150 จุดเท่านั้น ต้องทิ้งข้อมูลไปถึงครึ่งละ 106 จุด การพัฒนาออสซิลโลสโคปเสมือนโดยย้ายฟังก์ชันสำหรับการทริกไปอยู่บน FPGA

- จะช่วยให้สามารถลดปริมาณข้อมูลที่ถ่ายโอนระหว่าง FPGA และคอมพิวเตอร์ถึงร้อยละ 41.4
2. ในงานวิจัยนี้สามารถแสดงรูปสัญญาณได้เฉพาะหลังจตุทริกเท่านั้น การเปลี่ยนวิธีการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ โดยการใช้หน่วยความจำแบบวนรอบ (circular) จะช่วยให้สามารถแสดงสัญญาณได้ทั้งก่อนและหลังจตุทริก
 3. การวาดภาพบนหน้าจอออสซิลโลสโคปเสมือนในงานวิจัยนี้ ใช้เทคนิคในการวาดภาพแบบสลับหน้า (Double Buffer Pages Switching) ระหว่างหน่วยความจำกับจอแสดงผล แต่ยังคงเป็นโปรแกรมแบบเซรด์เดียว (single thread) ซึ่งสามารถทำงานได้ช้า การปรับปรุงเป็นโปรแกรมเป็นแบบหลายเซรด์ (multi thread) โดยแยกเซรด์สำหรับการสื่อสารและแสดงผลออกจากกัน จะทำให้สามารถโปรแกรมทำงานได้เร็วขึ้น
 4. แผงวงจรพิมพ์ที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบ มีขนาดใหญ่มาก เมื่อผ่านการออกแบบและพัฒนาจนทุกอย่างลงตัวหรือตัดความสามารถบางอย่างที่ไม่จำเป็นออกไป จะสามารถลดขนาดพื้นที่ของแผงวงจรได้ประมาณร้อยละ 20 ถึง 30
 5. พัฒนาให้เป็นออสซิลโลสโคปที่ใช้ไฟเลี้ยงจากบัส USB เพียงอย่างเดียวโดยการตัดรีเลย์ของย่านวัดแรงดันสูงๆ ออกไป แล้วใช้โพรบที่มีอัตราการลดทอน 10:1 แทน จะช่วยให้ลดพื้นที่บนแผงวงจรได้ประมาณร้อยละ 25
 6. เนื่องจากค่าความผิดพลาดในตัวอุปกรณ์ที่นำมาสร้างเป็นออสซิลโลสโคปเสมือนส่งผลกระทบต่ออัตราการขยายสัญญาณไป นำไปสู่การแสดงผลที่ผิดพลาดบนหน้าจอเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการวัด ควรเพิ่มวงจรสร้างสัญญาณทดสอบมาตรฐานเช่นเดียวกับออสซิลโลสโคปโดยทั่วไป และเพิ่มความสามารถของซอฟต์แวร์ให้รองรับการชดเชยแรงดันและความถี่ (Calibrate) ได้ก่อนทำการวัดสัญญาณในแต่ละครั้ง
 7. พัฒนาโปรแกรมให้ทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่หลากหลายมากขึ้น เช่น Linux Unix หรือ Macintosh และพัฒนาให้ออสซิลโลสโคปเสมือนมีการเชื่อมต่อผ่านเส้นทางสื่อสารระยะไกล เช่น WIFI, WAN หรือ LAN เป็นต้น
 8. เนื่องจากรูปลักษณะภายนอกจะช่วยดึงดูดความสนใจจากผู้ใช้ ดังนั้นควรพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ให้มีความน่าสนใจ พร้อมทั้งมีการปรับตั้งค่าต่างๆ ที่เหมือนกับออสซิลโลสโคปจริง หากสามารถเปลี่ยนแปลงหน้าทากของโปรแกรมได้ตามรุ่นของออสซิลโลสโคปจริงที่ผู้ใช้คุ้นเคย ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างมาก

บรรณานุกรม

1. โกศล ตราชู. 2549. **ออสซิลโลสโคปเสมือน (Virtual Oscilloscope) สำหรับการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน** (อัดสำเนา). กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ชำนาญ ปัญญาใส และวัชรกร หนูทอง. 2547. **ภาษา VHDL สำหรับการออกแบบวงจรดิจิทัล**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
3. บอสตัน, ดับบลิว. 2543. **การวัดและการทดสอบทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์**. แปลจาก Electrical and Electronic Measurement and Testing. โดย พิสมัย สุภัทรานนท์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
4. ยุทธนา สีลาศวัฒนกุล. 2546. **คู่มือการเขียนโปรแกรมวินโดวส์ขั้นสูงด้วย Visual C++**. กรุงเทพฯ: หจก.ไทยเจริญการพิมพ์.
5. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. 2545. **ออปแอมป์และการประมวลผลสัญญาณอนาลอก**. กรุงเทพฯ : ว.เพ็ชรสกุล.
6. วีระพันธ์ ดิยพเสน และนภัทร วัจนเทพินทร์. 2546. **ทฤษฎีเครื่องมือและการวัดทางไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.
7. สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. **รายการครุภัณฑ์มาตรฐานขั้นพื้นฐาน** [online]. Available URL: <http://bsq.vec.go.th/karu/karu.html>
8. อัจฉรา เจริญสุข. 2548. **มาตรวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ.
9. Agilent Technology. 2000. **Agilent 54621A/22A/24A Oscilloscope and Agilent 54621D/22D Mixed-Signal Oscilloscope Programmer's Guide**. USA
10. Agilent Technology. 2000. **Agilent 54621A/22A/24A Oscilloscope and Agilent 54621D/22D Mixed-Signal Oscilloscope User's Guide**. USA
11. 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.
12. Colin K McCord. 2002. **Low cost PC-based quad channel real-time / storage oscilloscope**. [online]. Available : http://www.cmccord.co.uk/FYP/Download/Final_Report.pdf.

13. Compaq, Intel, Microsoft and NEC. **Universal Serial Bus Revision 1.1 specification**. [online]. Available :
<http://www.usb.org/developers/docs/usbspec.zip>
14. DAVID A.BELL. 1994. **Electronics Instrumentation and measurements**. 2nd ed. : Prentice Hall.
15. Douglas L. Perry. 2002. **VHDL Programming by Example**. Singapore. : McGraw Hill.
16. Eugene Kain. 1998. **The MFC Answer Book**. Newjersey : Addison-Wesley.
17. Future Technology Devices Intl. 2005. **FT8U245AM USB FIFO**. [online] . Available : <http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/ft245r09.pdf>
18. Geoffrey M. Phillips. 2002. **USB 2.0 Oscilloscope Project**. Undergraduate university project. Imperial College of the university of London.
19. John E. SWANKE. 1999. **VC++ MFC Extension by Example**. Kansas : R&D Books.
20. Larry D. Jones, A. Foster Chin. 1991. **Electronics Instrumentation and measurements**. 2nd ed. Prentice Hall.
21. MODBUS-IDA. 2002. **Modbus Serial Line Implementation Guide V1.0**. [online]. Available : http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf.
22. MODBUS-IDA. 2004. **MODBUS Protocol Specification**. [online]. Available : http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1a.pdf.
23. Nicholas A. Solter and Schott J. Kleper. 2005. **Professional C++**. Indiannapolis : Wiley Publishing Inc.
24. R.K. Adams. 1991. **The virtual oscilloscope: an impedance match to beginning ECE students**. IEEE Transactions on Education. Vol. 34. pp. 350 – 356.
25. S. Celma, A. Carlosena, and P.A. Martinez. 1992. **PC-based spectrum analyzer**. IEEE Transactions on Education. Vol. 35. pp. 204 – 210.
26. S. Ratre and K. Trachu. 2006. **Virtual Oscilloscope: Basic electronics laboratory**. KMITL SCIENCE JOURNAL. Vol.6. pp. 209 - 214.
27. Wikipedia. 2009. **Oscilloscope** [online]. Available URL:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Oscilloscope>
28. Wikipedia. 2009. **Karl Ferdinand Braun** [online]. Available URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/Karl_Ferdinand_Braun

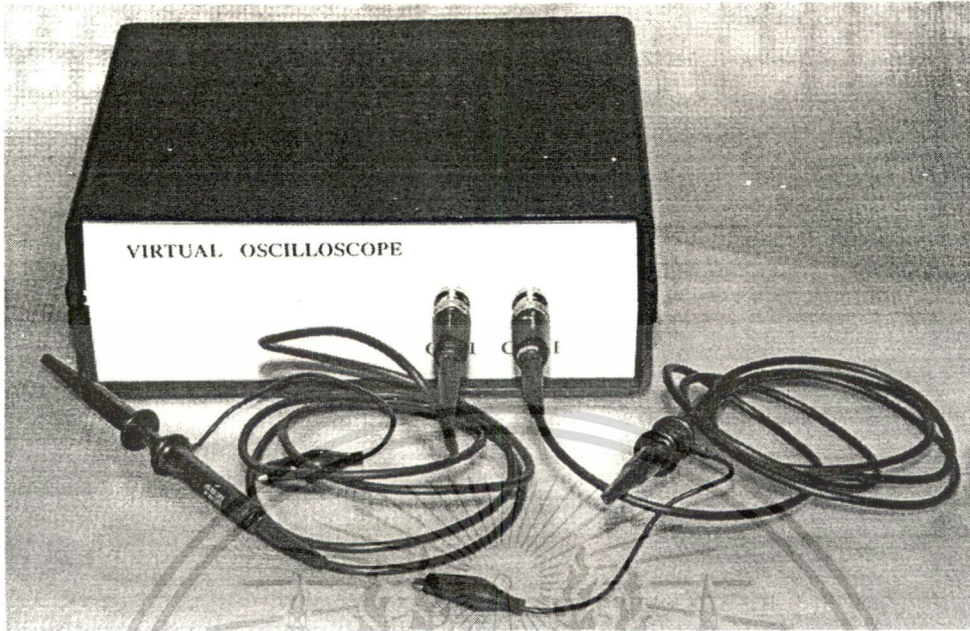
29. Wikipedia. 2009. **Cathode ray tube** [online]. Available URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode_ray_tube
30. Wikipedia. 2009. **Storage tube** [online]. Available URL:
http://en.wikipedia.org/wiki/Storage_tube
31. Wikipedia. 2009. **Application-specific integrated circuit** [online]. Available URL:
<http://en.wikipedia.org/wiki/ASIC>



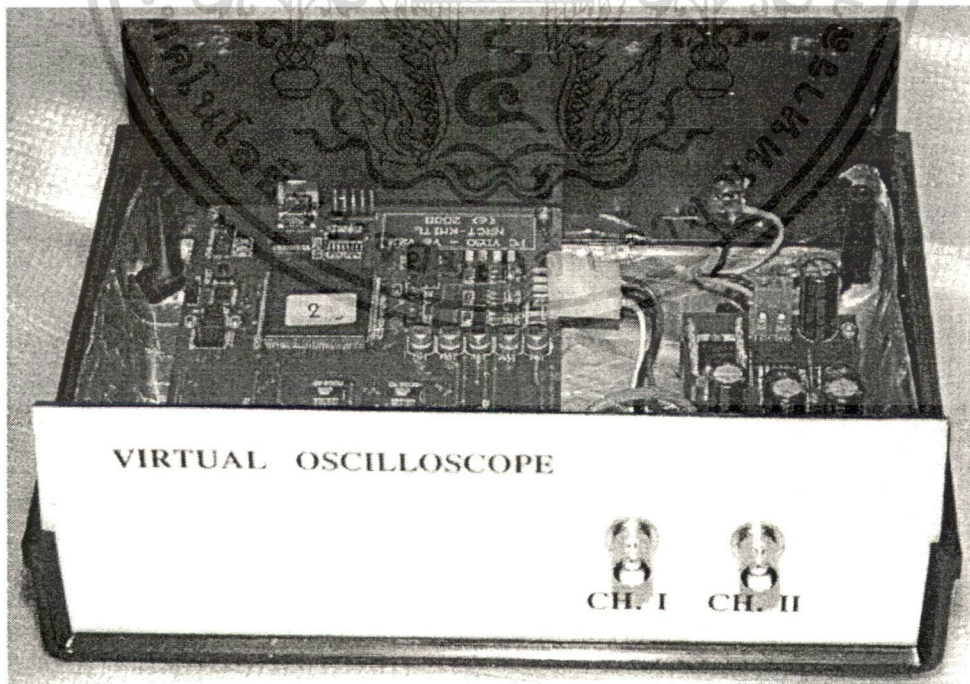
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



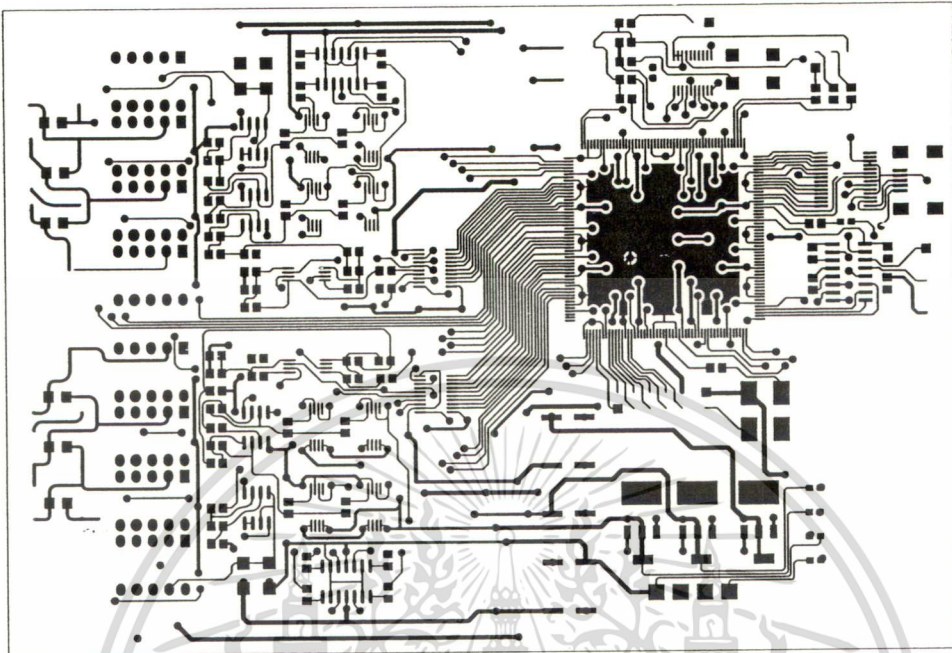
รูปที่ ก.1 ภาพถ่ายเครื่องออสซิลโลสโคปเสมือน



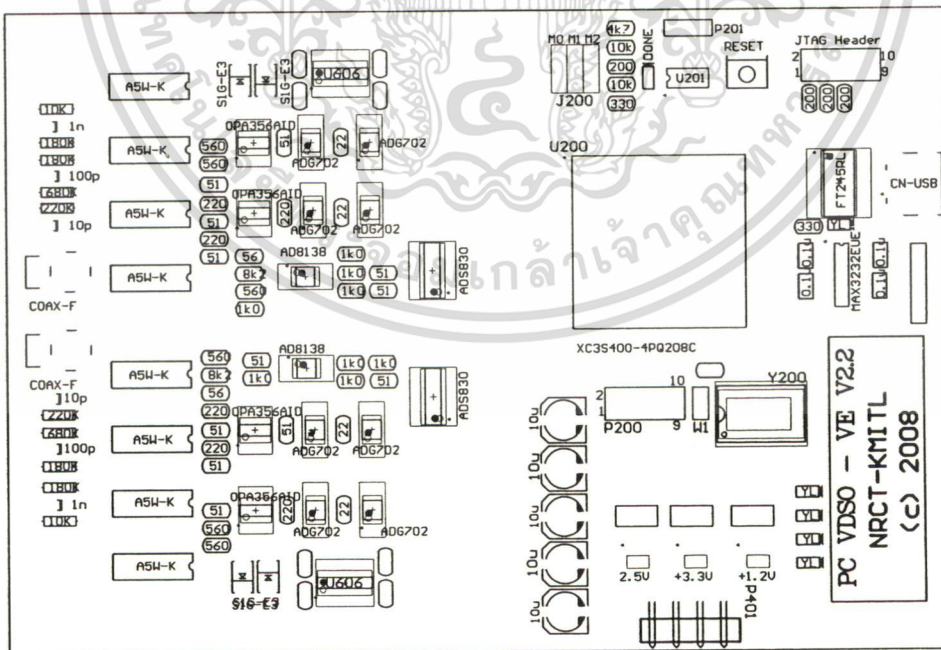
VIRTUAL OSCILLOSCOPE

CH. I CH. II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่ออกคำสั่งให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ก.2 ภาพถ่ายภายในออสซิลโลสโคปเสมือน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

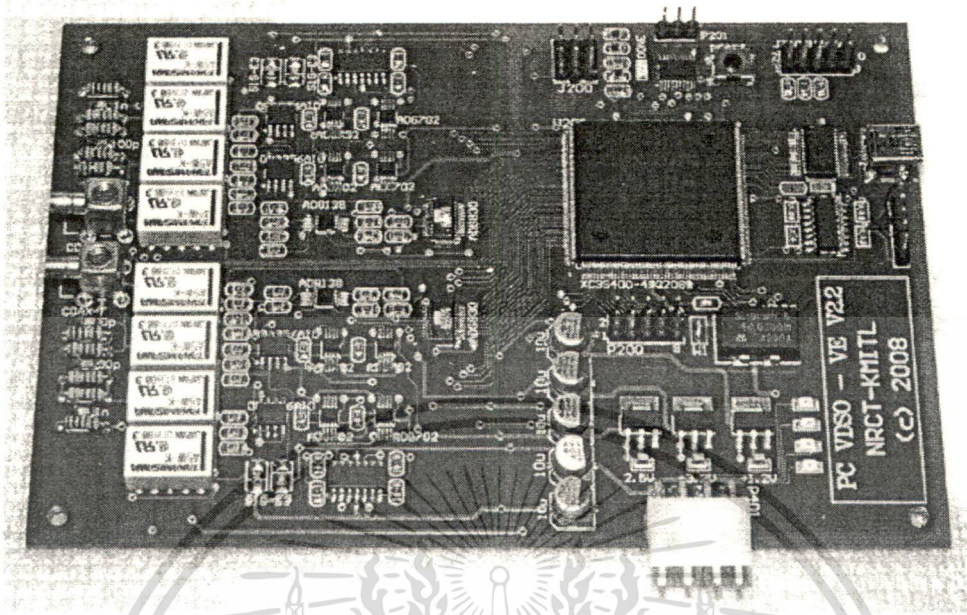


รูปที่ ก.3 ลายทองแดงของแผงวงจรพิมพ์ของออสซิลโลสโคปเสมือน (ต้นแบบ)

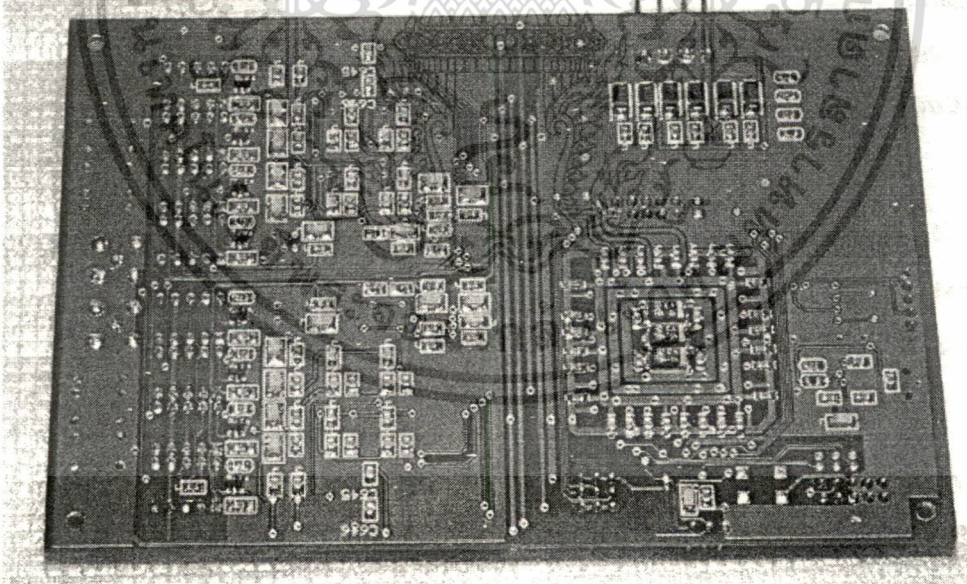


รูปที่ ก.4 การวางอุปกรณ์บนแผงวงจรออสซิลโลสโคปเสมือน (ต้นแบบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

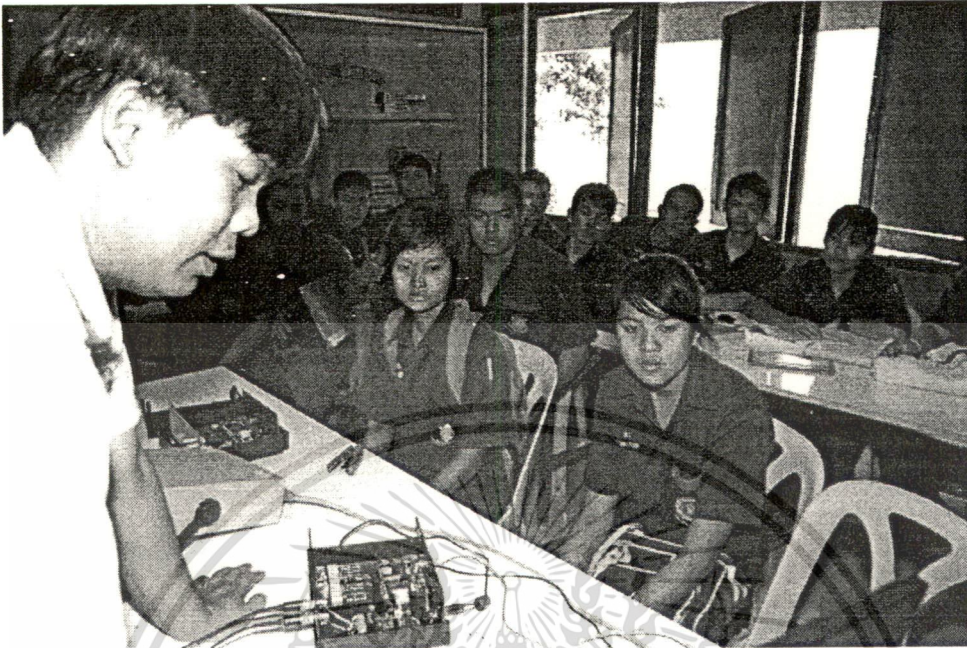


รูปที่ ก.7 ภาพถ่ายแผงวงจรออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านบน)

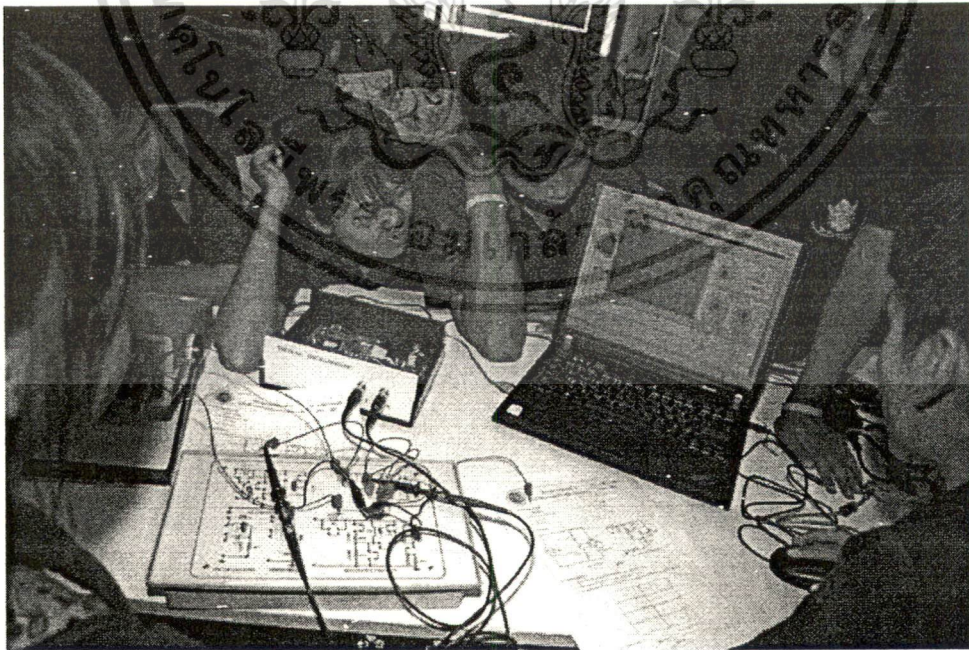


รูปที่ ก.8 ภาพถ่ายแผงวงจรออสซิลโลสโคปเสมือน (ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 บรรยากาศการแนะนำใบงานการทดลองแก่กลุ่มตัวอย่าง



รูปที่ ก.10 การดำเนินการทดลองใบงานของกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



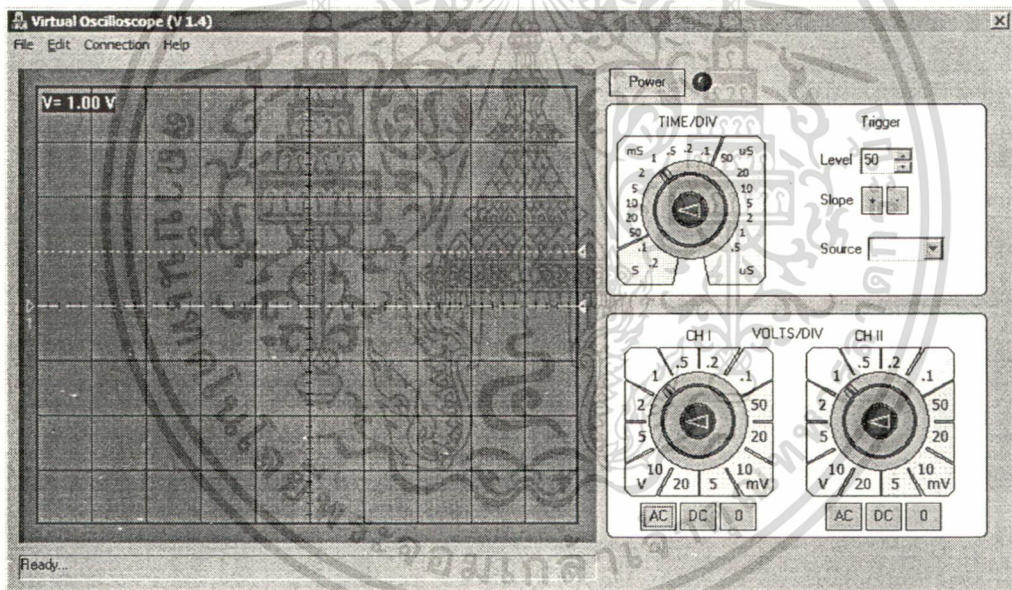
ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัด สำหรับอาชีวศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แนะนำออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษา

ออสซิลโลสโคปเสมือนราคาประหยัดสำหรับอาชีวศึกษา ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย และสะดวก ผู้ใช้สามารถควบคุมส่วนต่างๆ ได้เช่นเดียวกับโปรแกรมทั่วไปบนวินโดวส์ และสามารถควบคุมได้เหมือนออสซิลโลสโคปจริง การศึกษาคู่มือการใช้งานโดยละเอียด จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานออสซิลโลสโคปเสมือนได้เต็มประสิทธิภาพ

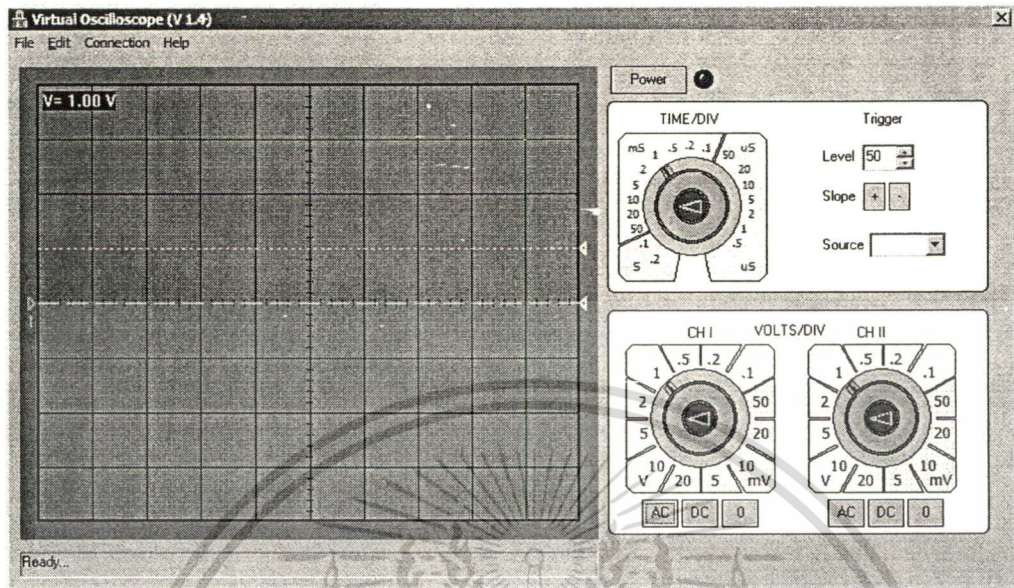
ออสซิลโลสโคปเสมือน 1 ชุด จะมีส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

- | | |
|---|-----------|
| 1. ตัวเครื่องออสซิลโลสโคปเสมือน | 1 เครื่อง |
| 2. สายโปรบวัดสัญญาณ | 2 เส้น |
| 3. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 12 โวลต์ | 1 ตัว |
| 4. สายเชื่อมต่อ USB | 1 เส้น |
| 5. แผ่น CDROM สำหรับติดตั้งโปรแกรม | 1 แผ่น |

2. ขั้นตอนการติดตั้ง

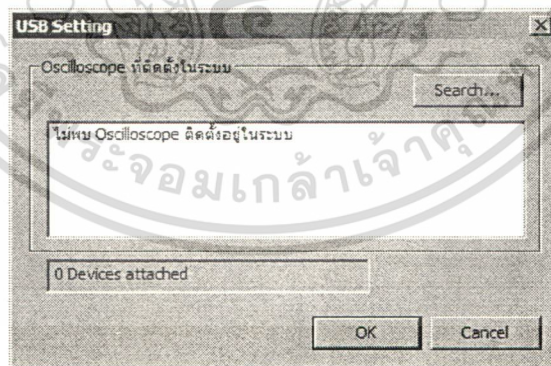
โปรแกรมออสซิลโลสโคปเสมือนทำงานได้ด้วยตนเอง ผู้ใช้สามารถคัดลอกตัวโปรแกรมไปไว้ในโฟลเดอร์ใดๆ ตามต้องการ เพื่อให้สะดวกในการเรียกใช้งาน เมื่อติดตั้งเสร็จแล้ว ควรสร้างทางลัด (shortcut) ไปยังโปรแกรม ตัวอย่างในคู่มือนี้ จะติดตั้งโปรแกรมไว้ที่ C:\VDSO

- 2.1 คัดลอกโปรแกรม "oscilloscope.exe" จากแผ่น CDROM ไปยังโฟลเดอร์ C:\VDSO
- 2.2 สร้างทางลัดไว้ที่บน desktop
- 2.3 เชื่อมต่อสายแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตซ์ซึ่งที่ขั้วต่อด้านหลัง
- 2.4 เชื่อมต่อสารโพรบทั้ง 2 เส้นที่ CH1 และ CH2 ด้านหน้าของออสซิลโลสโคปเสมือน
- 2.5 เชื่อมต่อสาย USB ระหว่างออสซิลโลสโคปเสมือนและคอมพิวเตอร์ เมื่อต่อสายแล้วคอมพิวเตอร์จะแจ้งว่าพบฮาร์ดแวร์ใหม่ และถามหาเส้นทางไปยัง driver
- 2.6 เลือกเส้นทางไปยัง driver โดยการเลือกที่ [ชื่อไดรฟ์ CDROM:]driver\ D2XXDirect Drivers คอมพิวเตอร์จะแจ้งว่า driver นี้ยังไม่ได้ลงทะเบียนอย่างเป็นทางการกับวินโดวส์ ให้ตอบ "continue anyway" จากนั้นคอมพิวเตอร์จะติดตั้ง driver จนเสร็จ
- 2.7 เรียกโปรแกรม oscilloscope.exe จากทางลัดที่สร้างไว้บนหน้าจอ desktop จะปรากฏหน้าต่างโปรแกรมดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หน้าต่างโปรแกรมออสซิลโลสโคปเสมือน

- 2.8 ผู้ใช้จะต้องบอกเส้นทางไปยังพอร์ต USB ให้ออสซิลโลสโคปรู้จักก่อน จึงจะเรียกใช้งานได้ โดยการเลือกเมนู Connection >> Setting... จะปรากฏกล่องโต้ตอบดังรูปที่ 2 เพื่อให้เลือกอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับ USB ให้กดปุ่ม Search เพื่อค้นหาอุปกรณ์



รูปที่ 2 หน้าต่างการค้นหาออสซิลโลสโคปเสมือน

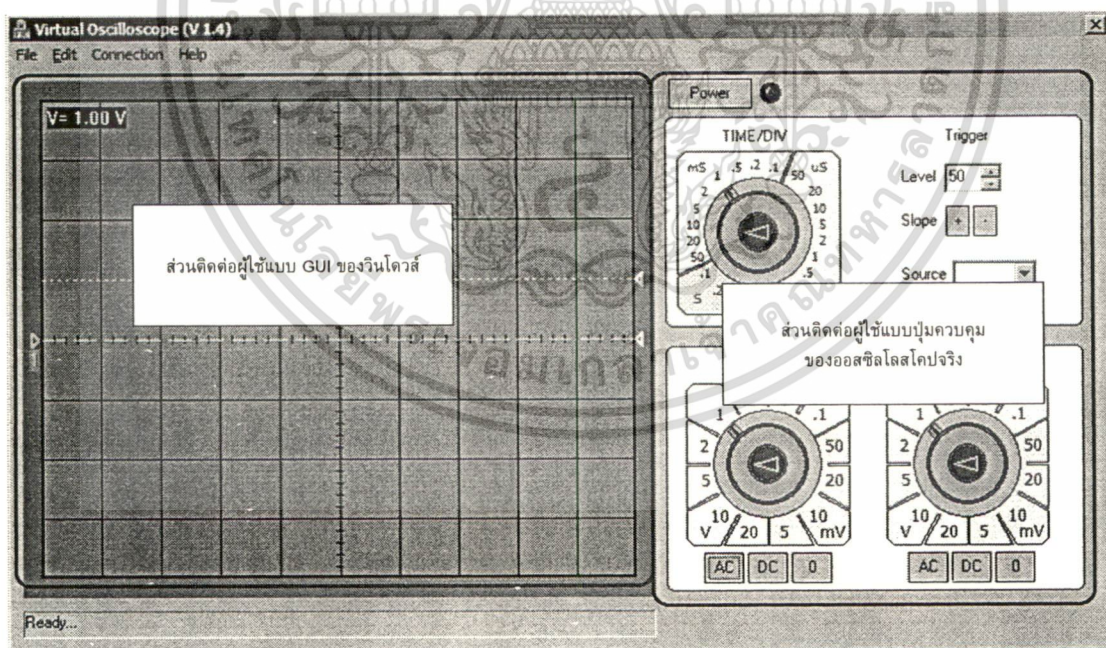
- 2.9 ถ้าการติดตั้ง driver สำเร็จและคอมพิวเตอร์รู้จักออสซิลโลสโคปเสมือน ก็จะมีปรากฏชื่อรายการอุปกรณ์และจำนวนอุปกรณ์ที่กล่องด้านล่าง ให้เลือกที่ oscilloscope และกดปุ่ม OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.10 ถ้าการติดตั้ง driver ล้มเหลวหรือไม่ได้เชื่อมต่อออสซิลโลสโคปเสมือน คอมพิวเตอร์ จะแจ้งว่า “ไม่พบ oscilloscope ติดตั้งอยู่ในระบบ” ให้ตรวจสอบดูความเรียบร้อยของการติดตั้ง driver และการเชื่อมต่อพอร์ต USB
- 2.11 ถ้าทุกอย่างเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ให้กดปุ่ม “Power” ที่หน้าจอหลักของออสซิลโลสโคปเสมือน จะปรากฏสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุตทั้ง 2 ช่อง เป็นการสิ้นสุดขั้นตอนการติดตั้ง ออสซิลโลสโคปพร้อมที่จะใช้งาน
- 2.12 ออสซิลโลสโคปเสมือน ใช้ตัวแปรระบบใน registry ของวินโดวส์ในการจดจำการตั้งค่าพอร์ต ดังนั้น หากไม่มีการย้ายพอร์ต USB ในการทำงานครั้งต่อไป สามารถเรียกใช้ออสซิลโลสโคปได้ทันที โดยไม่ต้องทำตามขั้นตอนที่ 2.8 ถึง 2.10

3 การใช้งาน

ออสซิลโลสโคปเสมือน มีลักษณะการใช้งานผสมผสานระหว่างออสซิลโลสโคปจริงกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กล่าวคือจะมีส่วนควบคุมการวัดแรงดัน ความถี่ การทริกสัญญาณ ที่เหมือนออสซิลโลสโคปจริง (ด้านขวาของโปรแกรม) และมีความสามารถเพิ่มเติมในการติดต่อผู้ใช้เหมือนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ด้านซ้ายของโปรแกรม) ดังรูปที่ 3 ซึ่งจะอธิบายการใช้งานที่ละส่วนตามลำดับ



รูปที่ 3 การแบ่งพื้นที่ใช้งานบนโปรแกรมออสซิลโลสโคปเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

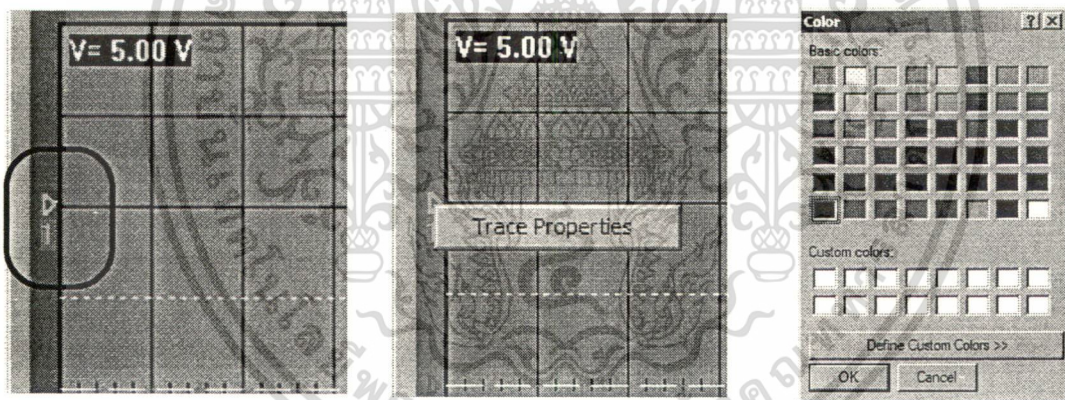
3.1 ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบ GUI ของวินโดวส์

ส่วนนี้จะอยู่ด้านซ้ายมือของจอภาพ เป็นส่วนเดียวกับหน้าจอแสดงเส้นสัญญาณ ความสามารถพิเศษของออสซิลโลสโคปเสมือนคือ สามารถสั่งการต่าง ๆ ได้จากหน้าจอแสดงเส้นสัญญาณได้โดยตรง เช่น การปรับระดับอ้างอิงของแต่ละช่องสัญญาณ การเลือกสีของเส้นสัญญาณ การคัดลอกภาพสัญญาณ และการสั่งพิมพ์ภาพสัญญาณออกจากเครื่องพิมพ์ เป็นต้น

3.1.1 การเปลี่ยนสีของเส้นสัญญาณ

ในการใช้งานบางสถานที่ สีของเส้นสัญญาณที่เป็นค่าเริ่มต้นอาจทำให้อ่านสัญญาณได้ไม่สะดวก ในกรณีนี้ สามารถเปลี่ยนสีของเส้นสัญญาณได้ทั้ง 2 เส้นโดยอิสระ มีวิธีการเลือกสีดังรูปที่ 4 คือ

- (ก) คลิกขวาที่สามเหลี่ยมแสดงระดับอ้างอิงของเส้นสัญญาณที่ต้องการเปลี่ยนสี
- (ข) เลือกเมนูลัด Trace Properties
- (ค) เลือกสีจากกล่องโต้ตอบเลือกสี แล้วตอบ OK



(ก) สามเหลี่ยมชี้ระดับอ้างอิง

(ข) เมนูลัดตั้งค่าสี

(ค) กล่องโต้ตอบเลือกสี

รูปที่ 4 การตั้งค่าสีของเส้นสัญญาณแต่ละช่อง

3.1.2 การเปลี่ยนระดับอ้างอิง (กราวด์) ของเส้นสัญญาณ

การเปลี่ยนระดับอ้างอิงหรือกราวด์ของเส้นสัญญาณแต่ละช่อง ทำได้โดยการนำเมาส์ไปคลิกซ้ายที่สามเหลี่ยมชี้ระดับอ้างอิง ดังรูป 4 (ก) แล้วลากในแนวตั้ง เส้นสัญญาณจะเคลื่อนที่ตามการเลื่อนของระดับดังกล่าวทันที

3.1.3 การใช้ตัวอ่านค่าแรงดัน

ที่มุมบนด้านซ้ายของจอภาพ จะมีข้อความบอกระดับแรงดัน ($V = \dots V$) ทำหน้าที่แสดงค่าความแตกต่างของแรงดันระหว่างเส้นเคอร์เซอร์ (เส้นประสีเหลืองบนจอภาพทั้ง 2 เส้น) ที่ด้านขวาของจอภาพ จะมีเคอร์เซอร์สามเหลี่ยม ชี้เข้าไปยังเส้นเคอร์เซอร์ทั้งสอง เมื่อใช้เมาส์คลิกซ้ายและลากขึ้น-ลง จะเห็นตัวเลขที่แสดงแรงดันที่เคอร์เซอร์ทั้งสองตำแหน่ง เมื่อผู้ใช้งานปรับเคอร์เซอร์ให้เข้ากับการคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

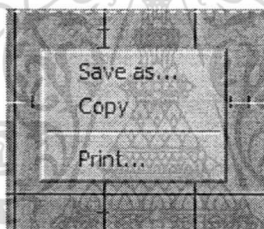
ลงในแนวตั้ง เส้นเคอร์เซอร์ก็จะเปลี่ยนแปลงระดับพร้อมกับตัวอ่านค่าแรงดันจะคำนวณตามความสัมพันธ์

$$\text{ค่าแรงดัน} = \text{ย่านการวัด (โวลต์/ช่อง)} \times \text{ระยะห่างระหว่างเคอร์เซอร์ทั้งสอง (ช่อง)}$$

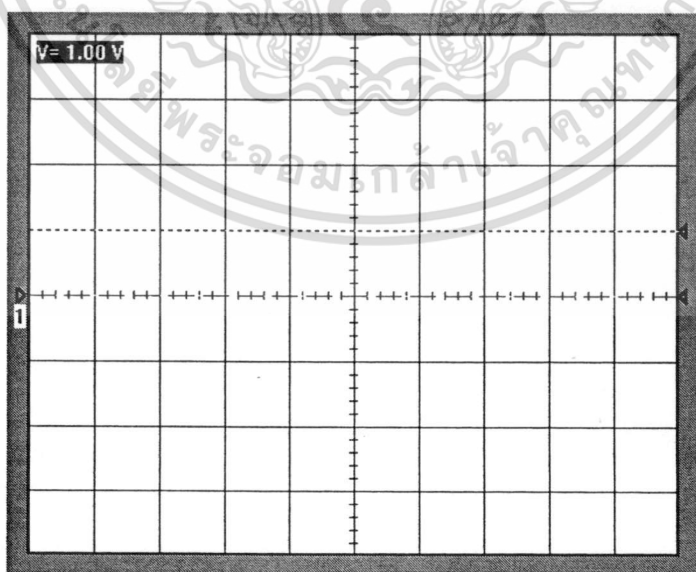
ค่าที่อ่านได้จะมีทศนิยม 2 หลักและจะปรับปรุงค่าทุกครั้งที่มีการปรับเคอร์เซอร์หรือเปลี่ยนย่านวัดแรงดัน ตัวอ่านแรงดันนี้ สามารถเลือกได้ว่า จะวัดแรงดันของช่องที่ 1 หรือช่องที่ 2

3.1.4 การคัดลอกภาพ เส้นสัญญาณ

การคัดลอกภาพเส้นสัญญาณ ทำได้โดยการคลิกขวาที่พื้นที่ว่างๆ ภายในกรอบของจอภาพ ออสซิลโลสโคป จะปรากฏเมนูลัดดังรูปที่ 5 ให้เลือกที่ Copy เพื่อคัดลอกจอภาพเก็บไว้ในคลิปบอร์ด ซึ่งสามารถนำไปวางในโปรแกรมต่างๆ ในลักษณะของบิตแมปที่ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ (Device Independence Bitmap : DIB) อีกทางเลือกของการคัดลอกภาพหน้าจอคือ การเลือกที่เมนู Edit >> Copy จะได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างในรูปที่ 6



รูปที่ 5 เมนูลัดภายในพื้นที่แสดงเส้นสัญญาณ



รูปที่ 6 ส่วนประกอบต่างๆ ของจอภาพสโคปเสมือนจากการคัดลอกวิธีการ copy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การพิมพ์ภาพหน้าจอออกทางเครื่องพิมพ์

การพิมพ์ภาพหน้าจอออกทางเครื่องพิมพ์ใดๆ สามารถทำได้โดยการคลิกขวาในพื้นที่ว่าง เช่นเดียวกับการคัดลอกภาพในหัวข้อ 3.1.4 แล้วเลือก print... หรือสั่งได้จากเมนู File >> Print... วินโดวส์จะแสดงกล่องตัวเลือกการพิมพ์ การพิมพ์ภาพหน้าจอของออสซิลโลสโคปมีขั้นตอนเช่นเดียวกับการพิมพ์ภาพทั่วไป

3.1.6 การบันทึกภาพหน้าจอลงแฟ้มข้อมูล

การบันทึกภาพหน้าจอลงแฟ้มข้อมูล สามารถกระทำได้ด้วยเมนูลัดในข้อ 3.1.4 และ 3.1.5 โดยเลือกที่ Save as... หรือสั่งได้โดยการ File >> Save as... โปรแกรมจะปรากฏกล่องโต้ตอบเพื่อเลือกเส้นทางและชื่อแฟ้มที่จะบันทึก ชนิดของภาพที่บันทึกได้คือ .bmp มีลักษณะเช่นเดียวกับรูปที่ 6

3.2 การใช้ปุ่มควบคุมต่างๆ ของออสซิลโลสโคปเสมือน

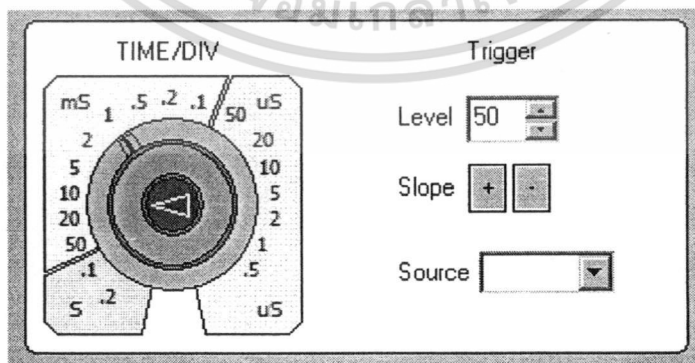
ด้านขวามือของหน้าต่างโปรแกรม จะปรากฏปุ่มควบคุมต่างๆ ดังรูปที่ 7 ผู้ใช้สามารถใช้ปุ่มเหล่านี้ควบคุมการทำงานของออสซิลโลสโคปเสมือนได้เช่นเดียวกับออสซิลโลสโคปจริง ดังนี้

3.2.1 ปุ่ม Power

ใช้สำหรับเริ่มต้นและหยุดทำงานของฮาร์ดแวร์ เมื่อกดปุ่ม Power หลอด LED สีแดงทางด้านขวามือของปุ่มนี้จะแสดงสถานะการทำงานของฮาร์ดแวร์

3.2.2 การเลือกย่านเวลา (Time Base)

เป็นการเลือกคาบเวลาที่จะแสดงบนช่องทางด้านแนวนอนของจอภาพออสซิลโลสโคป เมื่อเลือก T/Div ค่าต่างๆ จะทำให้ความกว้างของคลื่นแตกต่างกันไป ในออสซิลโลสโคปเสมือน สามารถเลือกคาบเวลาต่อช่องได้ตั้งแต่ 0.5us จนถึง 0.2s ต่อช่อง แต่ด้วยข้อจำกัดของตัวแปลงสัญญาณภาคอินพุต อาจทำให้ไม่สามารถอ่านคาบเวลาได้ในบางย่านการวัด



รูปที่ 7 ปุ่มควบคุมฐานเวลาในการวัดของโปรแกรมออสซิลโลสโคปเสมือน

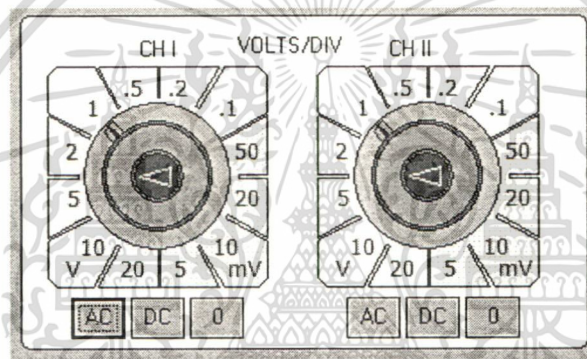
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การตั้งค่าการทริก (Trigger)

เป็นการบอกให้ออสซิลโลสโคปเสมือนเลือกระดับสัญญาณที่เป็นจุดเริ่มต้นในการวาดสัญญาณทางด้านแนวนอน ซึ่งจะช่วยให้ออสซิลโลสโคปแสดงภาพสัญญาณตรงที่เดิมทุกครั้ง ช่วยให้อ่านค่าสัญญาณได้ง่ายขึ้น

3.2.4 การตั้งค่านานวัตแรงดัน

ออสซิลโลสโคปเสมือนมีวงจรเลือกย่านวัตแบบดิจิตอลอยู่ในวงจร การเลือกย่านวัตบนจอภาพจะเป็นการสั่งฮาร์ดแวร์เลือกย่านการวัดตามที่ปรากฏทันที นอกจากนี้ ค่าแรงดันที่อ่านได้ที่มุมบนด้านซ้ายของจอภาพ จะเปลี่ยนแปลงโดยสอดคล้องกับการตั้งค่าที่ทุกย่านวัต ย่านวัตแรงดันที่สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 5mV จนถึง 20V ต่อช่อง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ปุ่มควบคุมย่านการวัดแรงดันของโปรแกรมออสซิลโลสโคปเสมือน

3.2.5 การเลือกช่องสัญญาณสำหรับตัวอ่านค่าแรงดัน

ที่ด้านล่างสุดจะมีกรอบ Cursor เพื่อให้ผู้ใช้เลือกช่องสัญญาณที่จะนำไปอ่านค่าออกทางตัวอ่านค่าแรงดันที่มุมบนซ้ายของหน้าจอออสซิลโลสโคปเสมือน ตัวเลือกที่มีให้ใช้คือ CH1 และ CH2 เมื่อเลือกที่ช่องใดๆ โปรแกรมจะคำนวณค่าแรงดันให้สอดคล้องกับย่านวัตเพื่อแสดงบนจอภาพ

3.3 ปัญหาและการแก้ไขเบื้องต้น

ในการใช้งานตามปกติ เมื่อเกิดปัญหาต่างๆ จะปรากฏกล่องข้อความโต้ตอบถึงสาเหตุที่เป็นไปได้และแนวทางการแก้ไข หากพบเจอปัญหาที่ไม่ปรากฏแนวทางการแก้ไขในกล่องข้อความโต้ตอบให้ติดต่อกับผู้ผลิตได้ที่ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 คุณสมบัติของออสซิลโลสโคปเสมือน

ย่านการวัดแรงดัน	20mV, 50mV, 0.1V, 0.2V, 0.5V, 1V, 2V และ 5V ต่อช่อง
ย่านการวัดความถี่#	1us, 2us, 5us, 10us, 20us, 50us, 0.1ms, 0.2ms, 0.5ms, 1ms, 2ms และ 5ms ต่อช่อง
กำลังไฟฟ้า	แหล่งจ่ายกำลังแบบสวิตซ์ชิ่ง เอาต์พุตกระแสตรง 5 โวลต์ และ 12 โวลต์
ความต้านทานอินพุต	1M Ohm

หมายเหตุ # ย่านการวัดที่สามารถควบคุมได้โดยโปรแกรม ส่วนความสามารถในการวัดจริง ขึ้นอยู่กับตัวแปลง ADC ในแต่ละรุ่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้