ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

Op-Amp Circuits Training Set for Virtual Instruments

ชื่อนักศึกษา	1. นายเลอศักดิ์ ศรีคงแก้ว	รหัสประจำตัว	48035610
	2. นายโยธิน ไชยบุญทัน	รหัสประจำตัว	48035618
	3. นายกฤษณะ แก้วสุขผ่อง	รหัสประจำตัว	48035625

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.โกศล ตราชู

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อ.อมรชัย ชัยชนะ	
2. อ.พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล	
3. อ.โกศล ตราชู	
4. อ.สมชาย หมื่นสายญาติ	
5. อ.พิชญ์สินี มะโน	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2550 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(รศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

<BT491602>

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักวิทยบริการฯ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

OP-AMP CIRCUITS TRAINING SET FOR VIRTUAL INSTRUMENTS

เลอศักดิ์ ศรีคงแก้ว
โยธิน ไชยบุญทัน
กฤษณะ แก้วสุขผ่อง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 75139
วันลงทะเบียน,ปี 24 ต.ค. 2550

.b 11811707
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

Op-Amp Circuits Training Set for Virtual Instruments

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของออปแอมป์และโปรแกรมแล็บซอฟต์ (LAB SOFT)
2. เพื่อออกแบบใบงานและวงจรออปแอมป์
3. เพื่อสร้างใบงานและวงจรออปแอมป์
4. เพื่อทดสอบการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง
5. เพื่อนำชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์ไปใช้ในการเรียนการสอนจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ออปแอมป์และโปรแกรมแล็บซอฟต์
2. ได้ใบงานการทดลองของออปแอมป์ 8 ใบงาน
3. ได้ใบงานและแผงวงจรออปแอมป์สำหรับใช้ร่วมกับโปรแกรมแล็บซอฟต์
4. ได้ผลการทดลองการทำงานของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง
5. ได้ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์ไปใช้ในการเรียนการสอนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง
นักศึกษา	นายเลอศักดิ์ ศรีคงแก้ว
	นายโยธิน ไชยบุญทัน
	นายกฤษณะ แก้วสุขผ่อง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์โกศล ตราชู
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง โดยชุดฝึกได้ออกแบบลักษณะการนำเสนอเนื้อหาและใบงานที่เป็นภาษาไทย ชุดฝึกปฏิบัตินี้ประกอบด้วย ชุดฝึก เนื้อหา ใบงาน และการ์ดการทดลอง เพื่อใช้งานร่วมกับโปรแกรม Lab Soft ในส่วนของโปรแกรมจะประกอบด้วยรายละเอียดการ์ดชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงและการใช้งานเบื้องต้น ทฤษฎีและเนื้อหาคุณสมบัติของออปแอมป์แบบต่างๆ ใบงานการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง ชุดฝึกและใบงานการทดลองทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถแสดงผลการทดลองได้ทั้งที่เป็นตัวเลขและกราฟ สามารถเก็บผลการทดลองของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม ซึ่งผู้สอนสามารถตรวจสอบและประเมินผลการทดลองได้จากคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Op-Amp Circuits Training Set for Virtual Instruments	
Students	Mr.Lersak	Srikongkaew
	Mr.Yothin	Chaiboonthan
	Mr.Kridsana	Kaewsukpong
Advisor	Mr.Pongkiat	Chedpitaksakul
Co-Advisor	Mr.Koson	Trachu
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Indudtrial Instrument Technology	
Academic Year	2006	

ABSTRACT

This thesis is present Op-Amp Circuits Training Set for Virtual Instruments, beside of this set training were design to present for Thai experiment assignment version which included op-amp acknowledge and experimental sheet this experimental set training consist of experiment set , op-amp acknowledge , assignment sheet , experiment card to coordinate operate with Labsoft program consist of Op-Amp Circuits Training Set for Virtual Instruments , op-amp qualifications , experiment assignment sheet and experiment card operate via computer , which able to present the experiment result performed the numerical and graph , able to store and pick the experiment of each group student , which an instructor has able to check and evaluate the experiment from computer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดีนั้น เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล อาจารย์โกศล ตราชู และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างมากที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงงาน และในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุน ทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาตลอดจนถึงปัจจุบัน และสุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนของการทำงาน	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 XML เบื้องต้น	4
2.2.1 ความเป็นมาของ XML	4
2.2.2 กฎเกณฑ์และการใช้ XML	5
2.2.3 ระบุคุณสมบัติให้อีลิเมนต์ด้วยแอตทริบิวต์	11
2.2.4 การนำเอกสาร XML มาแสดงผล	13
2.3 ชุดทดลอง	18
2.3.1 แอนะลอกอิน	18
2.3.2 แอนะลอกเอาต์	18
2.3.3 รีเลย์	19
2.3.4 แหล่งจ่ายไฟ	19
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	21
3.1 กล่าวนำ	21
3.2 การออกแบบใบงานออปแอมป์ชนิดต่างๆ	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.1 การสร้างเนื้อหาและใบงานในโปรแกรม Lab Soft	22
3.2.2 การเชื่อมต่อเนื้อหาและใบงานเข้าในโปรแกรม Lab Soft	22
3.3 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรการทดลอง	26
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	28
4.1 กล่าวนำ	28
4.2 การทดลองการทำงานของแผงวงจรการทดลอง	28
4.2.1 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	28
4.2.2 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7B_TH	32
4.2.3 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	34
4.2.4 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7D_TH	38
4.3 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ	42
4.3.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ	42
4.3.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิ	43
บทที่ 5 บทสรุป	44
5.1 สรุป	44
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	45
5.3 แนวทางการพัฒนา	45
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	49
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	53
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	58
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	66
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	63
ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรม	89
ภาคผนวก ช หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ	104
ภาคผนวก ซ ใบงาน	112
ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างแบบประเมิน	187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ประวัติผู้แต่ง	191

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ	42
4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ	43
ค.1 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7A_TH	59
ค.2 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7B_TH	60
ค.3 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7C_TH	61
ค.4 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7D_TH	62
จ.1 รายละเอียดของตำแหน่งขาพอร์ตอนุกรม *(RS232)*	67
ช.1.1 ขั้นตอนการต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	113
ช.1.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B	114
ช.1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source	114
ช.1.4 การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานป้อนกลับ	115
ช.1.5 การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานทางด้านอินพุต	115
ช.2.1 ขั้นตอนการต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	117
ช.2.2 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator	118
ช.2.3 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope	118
ช.2.4 บันทึกค่าการปรับย่านวัดของออสซิลโลสโคป	119
ช.3.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	121
ช.3.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B	122
ช.3.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source	122
ช.3.4 การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานป้อนกลับ	123
ช.4.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	125
ช.4.2 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator	126
ช..4.3 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope	126
ช.4.4 บันทึกค่าการปรับย่านวัดของ Oscilloscope	127
ช.5.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ	129
ช.5.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ช.5.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source	130
ช.6.1 การต่อบอร์ดทดลองเปรียบเทียบแรงดัน	133
ช.6.1 (ต่อ) การต่อบอร์ดทดลองเปรียบเทียบแรงดัน	134
ช.6.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B	134
ช.6.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source	134
ช.6.4 การปลดจุดต่อเชื่อมของวงจรทดลอง	135
ช.6.5 ขั้นตอนการใช้งาน *Function Generator*	135
ช.6.6 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope	135
ช.6.7 บันทึกค่าการปรับย่านวัดของ Oscilloscope	136
ช.7.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบกลับเฟส	140
ช.7.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B	140
ช.7.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source	140
ช.7.4 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator	141
ช.7.5 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope	141
ช.7.6 บันทึกการปรับย่านใช้งานของออสซิลโลสโคป	142
ช.7.7 การเปลี่ยนจุดต่อวงจร	143
ช.7.8 การปรับย่านการใช้งานของ Oscilloscope	143
ช.8.1 ขั้นตอนการต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส	146
ช.8.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B	146
ช.8.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source	146
ช.8.4 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator	147
ช.8.5 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope	147
ช.8.6 บันทึกการปรับย่านใช้งานของ Oscilloscope	148
ช.8.7 การเปลี่ยนจุดต่อบนบอร์ดทดลอง	148
ช.8.8 บันทึกการปรับย่านใช้งานของ Oscilloscope	149
ช.9.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	151
ช.9.2 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร	152
ช.10.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ซ.10.2 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร	155
ซ.11.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	158
ซ.11.3 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ	158
ซ.11.4 บันทึกค่าความถี่ f1	158
ซ.11.5 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	159
ซ.11.6 การคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร	160
ซ.11.7 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ	160
ซ.11.8 บันทึกค่าความถี่ f1	160
ซ.12.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	163
ซ.12.2 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร	163
ซ.12.3 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ	163
ซ.12.4 บันทึกค่าความถี่ f1	163
ซ.12.5 บันทึกค่าความถี่อินพุต	164
ซ.12.6 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	165
ซ.12.7 การคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร	165
ซ.12.8 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ	165
ซ.12.9 บันทึกค่าความถี่ f1	166
ซ.12.10 บันทึกค่าความถี่อินพุต	166
ซ.13.1 บันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต	168
ซ.14.1 บันทึกค่าและแรงดันตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1	172
ซ.14.2 บันทึกค่าและแรงดันเอาต์พุต	173
ซ.14.3 บันทึกค่าและแรงดันตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1	174
ซ.14.4 บันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต	175
ซ.15.1 บันทึกค่าเอาต์พุต	177
ซ.15.2 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ	178
ซ.15.3 บันทึกค่าเอาต์พุต	179
ซ.15.4 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ	179
ซ.16.1 บันทึกค่าเอาต์พุต	183

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ซ.16.2 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ	183
ซ.16.3 บันทึกค่าเอาต์พุต	184
ซ.16.4 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ	184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของโครงสร้างต้นไม้	6
2.2 ตัวอย่างการซ้อนทับ	7
2.3 ตัวอย่างการใช้แอ็ตทริบิวต์ภายใต้เครื่องหมายอัญประกาศ	7
2.4 ตัวอย่างเนื้อหาในอีลิเมนต์	8
2.5 การเขียนเนื้อหาในอีลิเมนต์ด้วย XML	9
2.6 อีลิเมนต์ 1 คู่แท็ก	10
2.7 ตัวอย่างการตั้งชื่อ	10
2.8 การเก็บข้อมูลอยู่ระหว่างอิลิเมนต์	12
2.9 ตัวอย่างการกำหนดแอตทริบิวต์ที่ขัดกับประโยชน์	12
2.10 การแสดงผลลัพธ์โดยการใช้ CSS	13
2.10 (ต่อ) การแสดงผลลัพธ์โดยการใช้ CSS	14
2.11 การเพิ่มบรรทัดเข้าไปในไฟล์ test.xml เพื่อให้นำเอาไฟล์ test.css มาเป็นส่วนแสดงผล	15
2.12 ตัวอย่างการแสดงผลของ XML	15
2.13 การแสดงผลด้วย HTML	16
2.14 ภาพหน้าจอเมื่อใช้ IE 6.0 เรียกไฟล์ test.xml ขึ้นมา	17
2.15 ชุดทดลอง Unitrain	18
2.16 แอนะลอกอิน ทั้งชุด A และ B	18
2.17 แอนะลอกเอาต์	19
2.18 ชุดรีเลย์	19
2.19 แหล่งจ่ายไฟคงที่	19
2.20 แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้	20
3.1 โปรแกรม Lab Soft	22
3.2 ผังการทำงานภายใน Lab Soft	23
3.3 หัวข้อใหญ่บนหน้าต่างโปรแกรม Lab Soft	23
3.4 หัวข้อย่อยบนหน้าต่างโปรแกรม Lab Soft	24
3.5 การเพิ่มหัวข้อใหญ่ใน Lab Soft	25
3.6 การแก้ไขค่า default.css ด้วย Notepad	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 การต่อวงจรขยายแบบกลับเฟส	28
4.2 สัญญาณผลการทดสอบวงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	29
4.3 การต่อวงจรขยายไม่แบบกลับเฟส	30
4.4 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	31
4.5 การต่อวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน	32
4.6 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน	33
4.7 การต่อวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์	33
4.8 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์	34
4.9 การต่อวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส	34
4.10 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส	35
4.11 การต่อวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส	35
4.12 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส	36
4.13 การต่อวงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส	36
4.14 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส	37
4.15 การต่อวงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	38
4.16 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	39
4.17 การต่อวงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์	39
4.18 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์	40
4.19 วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์	40
4.20 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์	41
ก.1 ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง	49
ก.2 การต่อสาย USB เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์	49
ก.3 การต่อสาย USB และการต่อสายแหล่งจ่ายให้กับชุดควบคุม	50
ก.4 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	50
ก.5 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7B_TH	51
ก.6 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103 7C_TH	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.7 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7D_TH	52
ข.1 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7A_TH	54
ข.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7A_TH	54
ข.3 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7B_TH	55
ข.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7B_TH	55
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7C_TH	56
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7C_TH	56
ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7D_TH	57
ข.8 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7D_TH	57
จ.1 ส่วนควบคุม	65
จ.2 จุดเชื่อมต่อต่างๆ	66
จ.3 ตัวควบคุมสำหรับผู้ทดลอง	67
จ.4 จุดเชื่อมต่อหัว E11	69
จ.5 จุดเชื่อมต่อหัว E11	69
จ.6 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	70
จ.7 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7B_TH	71
จ.8 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	72
จ.9 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7D_TH	73
จ.10 การต่อสาย USB เข้ากับชุดฝึก	74
จ.11 การต่อแหล่งจ่ายให้กับชุดฝึก	74
จ.12 การต่อสายจากแหล่งจ่ายเข้ากับชุดควบคุม	75
จ.13 การนำการ์ดเสียบลงตัวควบคุมสำหรับผู้ทดลอง	75
จ.14 หน้าต่างโปรแกรม Labsoft	76
จ.15 หน้าต่างให้กรอกชื่อและรหัสของโปรแกรม Labsoft	76
จ.16 ปรากฏหน้าต่าง Interface	77
จ.17 การเลือกพอร์ตเชื่อมต่อ	77
จ.18 เข้าสู่การทดลอง Op-amp circuits training set virtual instruments	78
จ.19 เริ่มต้นใช้งานชุดฝึก	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.20 เมนูย่อยของชุดฝึก	79
จ.21 การเลือกเมนูแนะนำ	79
จ.22 เมนูย่อยของแนะนำ	79
จ.23 การ์ดชุดฝึกและรายละเอียดของการ์ด	80
จ.24 การเลือกเนื้อหาของออปแอมป์	80
จ.25 เมนูย่อยของเนื้อหาของออปแอมป์	81
จ.26 ตัวอย่างของเนื้อหาของออปแอมป์	82
จ.27 การเลือกการทดลองออปแอมป์	82
จ.28 เมนูย่อยของการทดลองวงจรออปแอมป์	83
จ.29 การเลือกหัวข้อการทดลอง	83
จ.30 เมนูย่อยของใบงานวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	84
จ.31 ตัวอย่างใบงาน	85
จ.32 เมนูบาร์ของ Instruments	85
จ.33 การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จาก Instruments	86
จ.34 รายการอุปกรณ์ของ Measuring Devices ทั้งหมด	86
จ.35 รายการอุปกรณ์ของ Power Supply ทั้งหมด	86
จ.36 รายการอุปกรณ์ของ Voltage Sources ทั้งหมด	87
จ.37 การจัดเก็บชุดฝึกไว้ในกล่อง	87
จ.38 การจัดวางชุดฝึก	88
ช.1 วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	113
ช.2.1 วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	117
ช.2.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va	119
ช.3 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	121
ช.4.1 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	125
ช.4.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va	127
ช.5 วงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ	129
ช.6.1 การต่อบอร์ดทดลองเปรียบเทียบแรงดัน	133
ช.6.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ช.7.1 วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบกลับเฟส	139
ช.7.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va	142
ช.7.3 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va	143
ช.8.1 วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส	145
ช.8.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va	148
ช.8.3 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va	149
ช.9.1 วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส	151
ช.9.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	151
ช.10.1 วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส	154
ช.10.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	154
ช.11.1 วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส	157
ช.11.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	157
ช.11.2 วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส	159
ช.11.3 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	159
ช.12.1 วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส	162
ช.12.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	162
ช.12.3 วงจรออปแอมป์คาปาซิสเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส	164
ช.12.4 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต	165
ช.13.1 วงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน	168
ช.14.1 วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	171
ช.14.2 กราฟผลแรงดันตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1	172
ช.14.3 กราฟผลแรงดันตกเอาต์พุต	172
ช.14.3 วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	173
ช.14.4 กราฟผลแรงดันตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1	174
ช.14.5 กราฟผลแรงดันตกเอาต์พุต	174
ช.15.1 วงจรขยายออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์	177
ช.15.2 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต	177
ช.15.2 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ	178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ช.15.3 วงจรขยายออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์	178
ช.15.4 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต	179
ช.15.5 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ	179
ช.16.1 วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์	182
ช.16.2 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต	182
ช.16.3 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ	183
ช.16.4 วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์	183
ช.16.5 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต	184
ช.16.6 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ	184
ฌ.1 ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ	187
ฌ.1 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ	188
ฌ.2 ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา	189
ฌ.2 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา	190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในการทดลองวงจรออปแอมป์ (Operational-amp) อุปกรณ์การทดลองมีไม่เพียงพอแก่จำนวนนักศึกษาทำให้สูญเสียเวลาการเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองรวมถึงการจัดเตรียมเอกสารและใบงานทดลองแต่ละครั้งอาจารย์ผู้สอนจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบการเรียนโดยละเอียด ก่อให้เกิดความล่าช้าทั้งนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนและในการบันทึกผลในแต่ครั้งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจัดเตรียมเอกสารประกอบการทดลองและเอกสารบันทึกผลการทดลอง ซึ่งในชุดทดลองฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงนี้สามารถจัดเตรียมเอกสารประกอบการทดลองและเอกสารบันทึกผลการทดลองได้ในคอมพิวเตอร์

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน

คณะผู้จัดทำได้สร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือเสมือนจริงขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษาและผู้สนใจได้ศึกษาการทำงานของวงจรออปแอมป์ ได้แก่ วงจรขยายผลต่าง (Different Amplifie), วงจรขยายรวมสัญญาณ (Summer Amplifie), วงจรกลับเฟส (Inverting Amplifier), วงจรขยายไม่กลับเฟส (Non inverting Amplifier), วงจรจุดชนวนชมิตต์ (Schmit triger) วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิง วงจรออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิง วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์ และวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ รวม 16 ใบงาน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นใบงานการทดลองวงจรออปแอมป์แบบต่างๆ และแผงวงจรออปแอมป์สำหรับใช้ร่วมกับโปรแกรม Lab Soft ซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและนำวงจรออปแอมป์ไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน

เมื่อผ่านการเรียนและทำการทดลองตามแบบฝึกหัดในโครงงานนี้แล้ว ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับวงจรออปแอมป์แบบต่างๆ จนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้ โดยชุดทดลองนี้จะผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในระดับผลการประเมิน ดีขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

1. ทดลองการทำงานของวงจรออปแอมป์โดยแบ่งเป็น วงจรขยายผลต่าง วงจรขยายรวมสัญญาณ วงจรขยายกลับเฟส วงจรขยายไม่กลับเฟส วงจรจุดชนวนชมิตต์ วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิง วงจรออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิง วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรออปแอมป์โฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์ และวงจรออปแอมป์เวน บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ รวม 16 ใบงาน

2. แสดงผลการทดลองได้ทั้งแบบเป็นตัวเลขและกราฟ

3. จัดเก็บใบงานการทดลองในแฟ้มข้อมูลแยกเป็นรายกลุ่มได้

4. สามารถเพิ่มใบงานที่ใช้ในการทดลองกับวงจรแผงทดลองของออปแอมป์ได้

1.5 ขั้นตอนของการทำงาน

โครงงานนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานในระยะแรกเริ่มจากการศึกษารวบรวมข้อมูลสำหรับชุดทดลองฝึกออปแอมป์ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์และศึกษาข้อมูลความสัมพันธ์ในการทำงานระหว่างโปรแกรมและตัวชุดฝึก เมื่อศึกษารวบรวมข้อมูลกับการเตรียมอุปกรณ์เรียบร้อยก็จัดทำการออกแบบใบงานการทดลองและวงจรของออปแอมป์ หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบโครงงานเพื่อปรับปรุงและแก้ไขทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อให้ได้ตามขีดความสามารถที่ต้องการ โดยขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นระยะๆ เมื่อทำโครงงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินก่อน

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงานโดยประกอบด้วยชุดทดลองและ XML

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน ใบงานการทดลองและแผงวงจรทดลอง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง โดยแสดงผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านสื่อของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนาโครงงาน

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน
ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรม
ภาคผนวก ช หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ
ภาคผนวก ซ ใบงาน
ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างแบบประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงานโดยประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นของ XML (Extensible Markup Language) และการหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

2.2 XML เบื้องต้น

XML นั้นยอมาจาก Extensible Markup Language สำหรับ XML นี้ก็เป็นภาษาประเภท Markup คล้ายกับ HTML แล้วก็คล้ายกับภาษา SGML (Standard Generalized Markup Language) ซึ่งเป็นภาษาที่เป็นต้นกำเนิดของภาษา HTML มากกว่า เนื่องจาก SGML สามารถนิยามภาษาอื่นได้ เช่นเดียวกับ XML ที่สามารถนิยามภาษาอื่นได้เช่นกันตัวอย่างของภาษาหนึ่งที่เริ่มนิยามเพรี่หลายกันแล้วมีต้นกำเนิดมาจาก XML ก็คือ WML (Wireless Markup Language) ที่ใช้ในการแสดงข้อความบนโทรศัพท์มือถือระบบแว็พ (WAP – Wireless Application Protocol) นั่นเอง

2.2.1 ความเป็นมาของ XML

ในความเป็นจริงแล้วเรื่องการวางมาตรฐานของการทำเอกสารนั้นเป็นเรื่องที่มีการคิดค้นและพัฒนากันมานานแล้ว โดยองค์กร W3C (World Wide Web Consortium) ซึ่งเป็นองค์กรมีสมาชิกเป็นคนในแวดวงไอทีและบริษัทไอทีชั้นนำหลายแห่ง W3C ได้เริ่มต้นการวางมาตรฐานของเอกสารด้วย SGML (Standard generalized Merkup Language) โดยมี SGML Working Group เป็นผู้รับผิดชอบ ซึ่งได้รวมเอามาตรฐานของเอกสารอยู่หลายอย่างนอกเหนือไปจากเอกสารบนเว็บ

SGML นั้นได้รับการยอมรับว่าเป็นภาษาในการสร้างเอกสารต่างๆ ได้อย่างดีเยี่ยม จึงมีการนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมหลายๆ ประเภท อาทิ อุตสาหกรรมการบิน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าภาษา SGML จะได้รับการยอมรับว่าเป็นภาษาที่ดี แต่คนที่จะใช้งานได้นั้นจำเป็นจะต้องมีการศึกษาภาษา SGML อย่างลึกซึ้งจึงจะสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ประกอบกับรายละเอียดของภาษา SGML มีอยู่มากมายและขอบเขตการใช้งานก็ค่อนข้างกว้าง ทำให้คนที่จะนำ SGML มาใช้จะต้องเสียเวลาในการศึกษานานพอสมควร ผลลัพธ์ที่ตามมาก็คือ แม้ว่า SGML จะดีสักเพียงใดแต่ก็เข้าถึงได้ยาก

ในที่สุดเมื่อได้เล็งเห็นถึงภาษา HTML และในส่วนตัวของ SGML นั้นก็มีความซับซ้อนเกินกว่าที่จะนำมาใช้งานได้ในระยะเวลาอันสั้น จึงได้มีการสร้างซับเซ็ตของ SGML ขึ้นมาในปี 1996 โดยมุ่งเน้นไปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอพพลิเคชันบนเว็บซึ่งก็คือ XML นั่นเอง โดยมี XML Working Group เป็นผู้ดูแลรับผิดชอบการพัฒนา ซึ่งมีจอน โบแสค (Jon Bosak) แห่งซันไมโครซิสเต็มส์เป็นประธาน และเมื่อในเดือนกุมภาพันธ์ปี 1998 XML ก็ได้กลายมาเป็นมาตรฐานที่ W3C ประกาศออกมาอย่างเต็มตัว ปัจจุบัน XML อยู่ในเวอร์ชันที่ 1.0 เอดิชันที่ 2 ผู้ที่สนใจประวัตินอกเหนือจากนี้สามารถเข้าไปอ่านได้โดยตรงที่เว็บไซต์ของ W3C คือ http://www.w3.org/XML/

2.2.2 กฎเกณฑ์และการใช้ XML

เอกสาร XML ก่อนที่จะนำไปใช้ได้นั้นจำเป็นต้องผ่านกระบวนการที่เรียกว่า "Parsing" ก่อนโดยกระบวนการพาร์สซิง (Parsing) หรือการพาร์ส (Parse) เอกสารนั้นก็คือการที่ทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจถึงโครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆ ของเอกสาร และส่วนที่รับผิดชอบในการพาร์สเอกสารเราจะเรียกว่า "พาร์สเซอร์" (Parser)

เอกสาร XML นั้นเป็นการประกอบกันขึ้นของหน่วยต่างๆ ที่เรียกว่า "เอนทิตี้" (entities) ซึ่งจะเก็บข้อมูลอยู่ 2 ประเภทเท่านั้นคือ Parsed data และ unparsed data ซึ่ง Parsed data ก็คือข้อมูลที่จะถูกพาร์สเซอร์ทำการวิเคราะห์โครงสร้าง

สำหรับผู้ที่เคยเขียนโค้ดภาษา HTML มาก่อนจะรู้ดีว่าในเอกสาร HTML นั้นแทบไม่มีกฎเกณฑ์อะไรบังคับมากนัก เพียงแค่เอกสารเปล่าๆ แล้วจัดเซฟ (save) ให้มีส่วนขยายของไฟล์เป็น .html ก็จะถือว่าเอกสารนั้นเป็นไฟล์ HTML แล้ว แต่สำหรับ XML จะทำเช่นนั้นไม่ได้ ข้อกำหนดแรกของการเป็นเอกสาร XML ก็คือที่หัวของเอกสารจะต้องมีการระบุว่าเอกสารนั้นๆ เป็นเอกสาร XML โดยมีรูปแบบการกำหนดเบื้องต้นดังนี้

```
<?xml version="1.0"?>
```

ตัวอย่างข้างต้นเป็นการกำหนดส่วนหัวของเอกสาร XML แบบที่เป็นพื้นฐานที่สุด ซึ่งเราจะต้องใช้รูปแบบดังกล่าวอย่างเคร่งครัด ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของตัวอักษรก็ต้องเป็นตัวพิมพ์เล็ก ค่าของแอตทริบิวต์คือ 1.0 ก็ต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมายคำพูด หรือแม้แต่ช่องว่างต่างๆ ก็ห้ามผิดเพี้ยนยกตัวอย่างเช่น

```
<? xml version="1.0"?>
```

ตัวอย่างข้างต้นพาร์สเซอร์จะถือว่าเป็นเอกสาร XML ที่ไม่ถูกต้องเพราะมีช่องว่างระหว่าง? และ XML กล่าวคือจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนด XML อย่างเคร่งครัดตั้งแต่บรรทัดแรกจนถึงบรรทัดสุดท้ายของเอกสาร ไม่เช่นนั้นจะถือวาเอกสาร XML ที่มีความผิดพลาดซึ่งอาจไม่สามารถนำไปประมวลผลได้ เช่น เว็บบราวเซอร์จะไม่ยอมให้นำเอกสารดังกล่าวไปแสดงผลเว็บบราวเซอร์ เป็นต้น

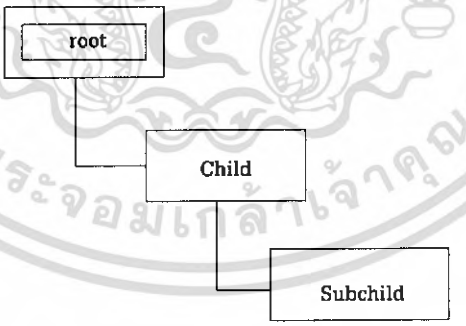
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XML จะมีลักษณะของการจัดการข้อมูลด้วยการใช้อีลิเมนต์ (element) กำกับในลักษณะเดียวกันกับที่ใช้ในภาษา HTML โดยใช้แท็ก (tag) ในการตั้งชื่อให้อีลิเมนต์ต่างๆ นั่นคือจะมีแท็กเปิดและแท็กปิดครอบข้อมูลที่ต้องการเอาไว้ โดยที่แท็กนอกสุดจะเป็นรากของเอกสาร (root element) แท็กตัวถัดมาจะเป็นลูก (child) ของราก ซึ่งแท็กอื่นๆ ก็จะใช้หลักการเช่นเดียวกันคือสามารถแตกเป็นแท็กลูกเพิ่มได้เรื่อยไม่มีขีดจำกัด แต่ประเด็นที่สำคัญคือแท็กทั้งหมดจะต้องมีการจัดโครงสร้างซ้อนทับ (nesting) ให้ถูกต้องตามกฎเกณฑ์ที่ XML ตั้งเอาไว้ สำหรับเรื่องของกฎการซ้อนทับและกฎเกณฑ์อื่นๆ นั้นจะได้มาชี้แจงเป็นข้อๆ ในลำดับต่อไป ก่อนอื่นลองพิจารณาตัวอย่างโครงสร้างง่ายๆ ของการใช้อีลิเมนต์ดังต่อไปนี้

```
<root>
    <child>
        <subchild>...</subchild>
    <child>
<root>
```

จากตัวอย่างข้างต้น (ขอละเว้นไม่กำหนดในส่วนหัวของเอกสาร) จะมีทั้งหมด 3 อีลิเมนต์คือ root, child, และ subchild โดยที่ root คืออีลิเมนต์ที่เป็นอีลิเมนต์ที่อยู่นอกสุดหรือรากของเอกสาร มีอีลิเมนต์ child เป็นลูก และในขณะเดียวกัน child ก็มีอีลิเมนต์ subchild เป็นลูกอีกที

มองในอีกแง่มุมหนึ่งลักษณะโครงสร้างของตัวอย่างข้างต้น อาจมองในลักษณะของโครงสร้างต้นไม้หรือทรี (tree) นั่นคืออาจมองในอีกลักษณะหนึ่งดังนี้



รูปที่ 2.1 ลักษณะของโครงสร้างต้นไม้

ถ้าพิจารณาถึงกฎเกณฑ์ของ XML อาจแบ่งไวยากรณ์หรือกฎเกณฑ์หลักๆ ของ XML ได้ 5 ข้อคือ

1. แท็กต่างๆ จะต้องจัดวางในโครงสร้างซ้อนทับ (Nesting) ที่ถูกต้อง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการซ้อนทับที่ไม่ถูกต้อง

```
<TAG1>
    <TAG2>
        message
    <TAG1>
</TAG2>
```

ตัวอย่างการซ้อนทับที่ถูกต้อง

```
<TAG1>◄
    <TAG2> ◄
        message
    <TAG2> ◄
</TAG1>◄
```

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการซ้อนทับ

ตัวอย่างในกรอบซ้ายเป็นตัวอย่างของการใช้กฎการซ้อนทับอย่างไม่ถูกต้อง ส่วนตัวอย่างในกรอบขวานั้นเป็นการใช้การซ้อนทับอย่างถูกต้อง กล่าวคือลำดับของการซ้อนทับที่ถูกต้องนั้นแท็กเปิดที่อยู่เป็นลำดับแรกจะต้องใช้แท็กปิดเป็นลำดับสุดท้าย ในตัวอย่างข้างต้น <TAG1> เป็นแท็กเปิดที่อยู่เป็นลำดับแรกจึงต้องใช้ <TAG1> เป็นแท็กปิดลำดับสุดท้าย ซึ่งลักษณะของการใช้กฎการซ้อนทับของแท็กนั้นจะเหมือนกับเวลาที่ใช้เครื่องหมายวงเล็บปีกกา { และ } ในตอนเขียนโปรแกรม วงเล็บปีกกาเปิดก็เทียบได้กับแท็กเปิด ส่วนวงเล็บปีกกาปิดก็เทียบได้กับแท็กปิด ซึ่งในการเขียนโปรแกรมวงเล็บปีกกาเปิดและปิดดังกล่าวจะต้องมีการจัดเรียงลำดับเป็นคู่ๆ อย่างถูกต้องตามลำดับ

2. แอ็ตทริบิวต์ต่างๆ จะต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมายอัญประกาศ (เครื่องหมายคำพูด หรือ Double o Quote) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง XML ที่ไม่ถูกต้อง

```
<?xml version="1.0"?>
    <memo date=09/14/00>
        <to>Fakey</to>
        <from>Vilar</from>
        <body>call me back</body>
    </memo>
</TAG2>
```

ตัวอย่าง XML ที่ถูกต้อง

```
<?xml version="1.0"?>
    <memo date="09/14/00">
        <to>Fakey</to>
        <from>Vilar</from>
        <body>call me back</body>
    </memo>
</TAG2>
```

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการใช้แอ็ตทริบิวต์ภายใต้เครื่องหมายอัญประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างข้างต้น ตัวอย่างในกรอบซ้ายเป็นตัวอยางที่ผิดเนื่องจากค่าของ date ไม่ได้มีการครอบไว้ด้วยเครื่องหมายคำพูด ส่วนตัวอย่างในกรอบขวานั้นเป็นกำหนดค่าของแอตทริบิวต์ได้ อย่างถูกต้อง เนื่องจากค่าของแอตทริบิวต์ทุกตัวมีการครอบด้วยเครื่องหมายคำพูด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับภาษา HTML แล้ว HTML จะยอมให้ใส่ค่าของแอต ทริบิวต์อย่างลอยๆ โดยไม่มีเครื่องหมายคำพูดครอบได้

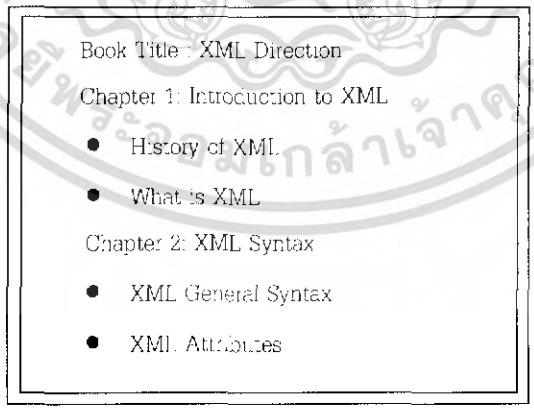
3. XML เป็น Case-Sensitive Language นั่นคือถือว่าอักษรตัวพิมพ์เล็กและพิมพ์ใหญ่มีความแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น Soon จะถือว่าเป็นคนละตัวกับ Soon เป็นต้น ซึ่งคนที่คุ้นเคยกับการเขียน HTML จะต้องระมัดระวังกฎเกณฑ์ข้อนี้ให้มาก เพราะสำหรับภาษา HTML แล้วจะมองอักษรตัวเล็กและตัวใหญ่ไม่แตกต่างกันเลย (Non Case-Sensitive Language) แต่กับภาษา XML แล้วจะถือว่าทำผิดกฎและไม่ยอมให้นำเอกสารดังกล่าวมาแสดงผลได้

4. ช่องว่างในเอกสาร XML ไม่ว่าจะเป็นการเว้นวรรคหรือการกดแท็บ (Tab) เราจะเรียกช่องว่างเหล่านี้รวมๆ กันว่า "White Space" ซึ่งเอกสาร XML จะต่างกับเอกสาร HTML ตรงที่ HTML ไม่ว่าเราจะเว้นช่องวางยาวแค่ไหน HTML ก็จะมองเป็นแค่ 1 ช่องว่างเท่านั้น ส่วนเอกสาร XML เราสามารถที่จะรักษาขนาดของช่องว่างเหล่านั้นเอาไว้ได้ เช่น "Louis Koo" จะมีความหมายต่างกับ "Louis Koo" เป็นต้น

5. การตั้งชื่อให้อีลิเมนต์ต้องเป็นไปตามกฎดังนี้

- ชื่อสามารถประกอบไปด้วยอักขระ ตัวเลข และอักขระพิเศษอื่นๆ ได้
- ชื่อต้องไม่ขึ้นต้นด้วยตัวเลขหรือเครื่องหมาย "_" (underscore)
- ชื่อต้องไม่ขึ้นต้นด้วยอักษร x,m และ l เรียงติดต่อกัน ไม่ว่าจะเป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็กก็ตาม เช่น XML, Xml, xMl เป็นต้น
- ชื่อจะต้องไม่มีการเว้นช่องว่าง

นอกจากนี้เนื้อหา (Content) ในอีลิเมนต์ยังสามารถเป็นได้หลายรูปแบบ ลองพิจารณาจากตัวอย่างข้างล่างนี้



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างเนื้อหาในอิลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแบบการแสดงผลข้างต้นสามารถเขียนด้วย XML ได้ดังนี้

```
<book>
<title>XML Direction</title>
<product id="252" media="paperback"></product>
<chapter>Introduction to XML
        <chapter_sub>History of XML</chapter_sub>
        <chapter_sub>What is XML</chapter_sub>
</chapter>
<chapter>XML Syntax
        <chapter_sub>XML General Syntax</chapter_sub>
        <chapter_sub>XML Attributes</chapter_sub>
</chapter>
</book>
```

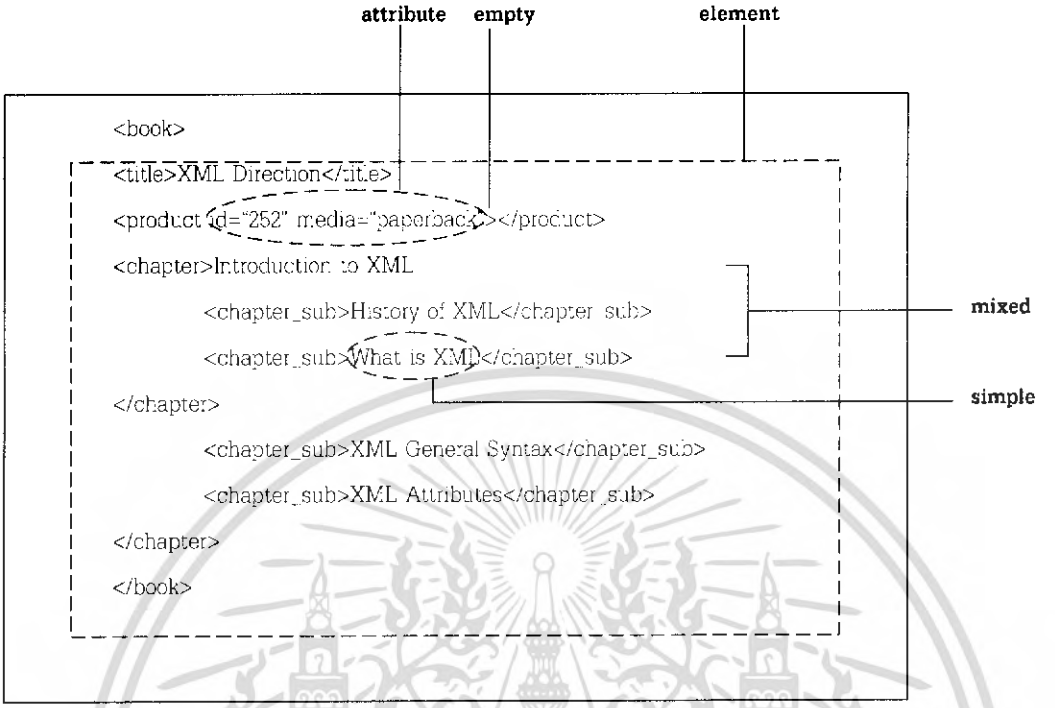
รูปที่ 2.5 การเขียนเนื้อหาในอีลิเมนต์ด้วย XML

จากตัวอย่างข้างต้น (ขอละเว้นไม่ประกาศส่วนหัวของเอกสารเพื่อให้อ่านโค้ดง่ายขึ้น) ในส่วนของโค้ด XML นั้นจะเห็นว่าเนื้อหาที่อยู่ภายในอีลิเมนต์ 1 คู่แท็กนั้นสามารถมีรูปแบบได้ 5 แบบ ได้แก่

1. Simple
2. Empty
3. Mixed
4. Attribute
5. Element

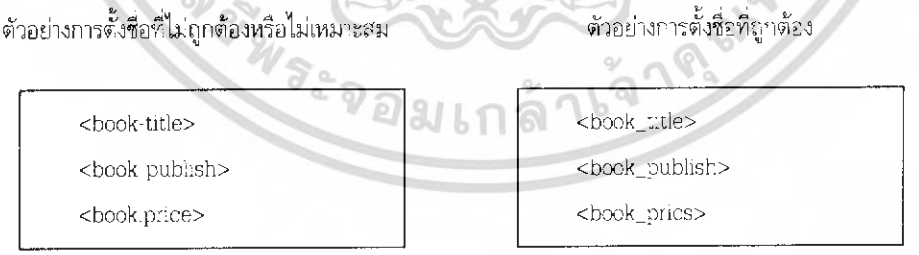
เนื้อหาที่เป็น Simple นั้นได้แก่อักขระทั่วไป ดังเช่นในแท็กของ chapter_sub ส่วนในแท็ก Chapter จะเป็นเนื้อหาแบบ Mixed เพราะมีทั้งที่เป็นอักขระธรรมดาและมีแท็กหรืออีลิเมนต์อื่นแทรกอยู่ ในส่วนของ Product ก็จะมีเนื้อหาเป็น Empty เพราะไม่มีอะไรแทรกอยู่ระหว่างแท็ก และในขณะเดียวกันก็มีเนื้อหาที่แอตทริบิวต์แทรกอยู่ในแท็กซึ่งก็คือ id="252" media="paperback" และในแท็ก book ก็มีเนื้อหาเป็นอีลิเมนต์เนื่องจากภายในแท็กได้บรรจุอีลิเมนต์ต่างๆ เอาไว้ ซึ่งจากตัวอย่างข้างต้นสามารถสรุปเป็นภาพได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 อีลิเมนต์ 1 คู่แท็ก

สำหรับการตั้งชื่อให้อิลิเมนต์ XML นั้นไม่มีคำสงวน (ยกเว้นคำว่า XML) แต่การตั้งชื่อควรให้สื่อความหมาย และควรหลีกเลี่ยงการใช้ - และ . ในการตั้งชื่อ เพราะถึงแม้ว่าไม่ผิดกฎแต่อาจทำให้ซอฟต์แวร์ที่อ่าน XML เข้าใจผิดคิดว่าชื่อที่อยู่หลังเครื่องหมายทั้งสองดังกล่าวนั้นเป็นคนละส่วนกับชื่อที่อยู่หน้าเครื่องหมายได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการตั้งชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างข้างต้น ตัวอย่างในกรอบซ้ายเป็นตัวอยางการตั้งชื่อให้แก่อีลิเมนต์ที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสม กล่าวคือ <book publish> นั้นมีการใช้ช่องว่างในการตั้งชื่อซึ่งผิดกฎเกณฑ์ของการตั้งชื่ออีลิเมนต์ ส่วน <book-title> และ <book.price> นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ได้ขัดกับกฎการตั้งชื่อของ XML แต่ก็เป็นการตั้งชื่อที่ไม่เหมาะสมนัก ในการทำงานบางอย่าง เช่น การนำข้อมูลไปแสดงบนเว็บบราวเซอร์อาจจะไม่มีปัญหา แต่อาจเกิดปัญหากับแอพพลิเคชันที่เรียกไฟล์ดังกล่าวไปใช้งานได้ เช่น โปรแกรมอาจจะเข้าใจว่า - และ . เป็นเครื่องหมายหรือเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ผิดพลาดไปหรือเราอาจจะต้องเสียเวลาเพิ่มเติมในการตรวจสอบชื่อของอีลิเมนต์ เป็นต้น

2.2.2.1 แท็กและอีลิเมนต์

นิยามสั้นๆ ของอีลิเมนต์ คือ Conceptual object กล่าวคือพยายามที่จะมองอีลิเมนต์เป็นอ็อปเจ็กต์ซึ่งมีข้อมูลและ / หรืออีลิเมนต์อื่นๆ บรรจุอยู่ภายในอีลิเมนต์นั้น ส่วนแท็กก็คือสิ่งที่ใช้อธิบายอีลิเมนต์ พิจารณาจากรูปข้างล่างนี้

จากรูปเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นว่า ห่อพัสดุก็เปรียบได้กับอีลิเมนต์ที่บรรจุบางสิ่งบางอย่างอยู่ภายในห่อพัสดุนั้น ส่วนป้ายของห่อพัสดุก็คือแท็กนั่นเอง เมื่อเปรียบเทียบกับเอกสาร XML แล้วของที่อยู่ในห่อพัสดุก็คือเนื้อหา (Content) ของอีลิเมนต์ ส่วนแท็กก็เป็นเสมือนตัวแทนของห่อพัสดุเพื่อให้สามารถแยกแยะได้ว่าห่อพัสดุแต่ละห่อมีความแตกต่างกันอย่างไร โดยภายในแท็กจะบรรจุรายละเอียดต่างๆ เอาไว้ดังนี้

- Element-type name เพื่อไว้กำกับว่าอีลิเมนต์นั้นมีชื่อเรียกว่าอะไร เช่น <book>...</book> เป็นอีลิเมนต์ที่ใช้แท็กชื่อ book เป็นตัวกำกับเอาไว้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับหนังสือต่างๆ เป็นต้น

- Unique identifier เป็นส่วนที่ทำให้อีลิเมนต์นั้นมีความเป็นหนึ่งเดียว ไม่ซ้ำกับอีลิเมนต์อื่นใด เช่น <book id="123"> กับ <book id="456"> เป็นอีลิเมนต์ที่ใช้แท็กชื่อ book เหมือนกันและใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับหนังสือเหมือนกัน แต่มี id เอาไว้เป็นตัวแยกแยะความแตกต่างว่าข้อมูลที่อยู่ภายในอีลิเมนต์ทั้งสองนั้นเป็นคนละข้อมูลกัน

- คุณสมบัติอื่นๆ (Other Properties) เป็นส่วนเพิ่มเติมที่เอาไว้บอกคุณลักษณะอื่นๆ ของอีลิเมนต์

โดยความหมายที่แท้จริงแล้ว "อีลิเมนต์" กับ "แท็ก" ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติเพื่อความสะดวกแล้วก็อนุโลมให้ใช้คำเรียกแท็กและอีลิเมนต์ทดแทนกันได้ แต่สิ่งสำคัญก็คือเราต้องเข้าใจพื้นฐานของคำศัพท์ทั้งสองคำนี้ว่าเป็นคนละอย่างกัน

2.2.3 ระบุคุณสมบัติให้อีลิเมนต์ด้วยแอตทริบิวต์

XML Attribute จะเป็นการระบุคุณสมบัติบางประการให้แก่อีลิเมนต์ซึ่งไม่ใช่ส่วนของข้อมูลจริงๆ ยกตัวอย่างเช่น

```
<picture type="jpg">Kitty.jpg</picture>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีลิเมนต์ที่ชื่อ Picture มีแอตทริบิวต์ที่ชื่อ type ซึ่งไม่มีส่วนใดๆ กับข้อมูลจริงๆ แต่อาจมีส่วนสำคัญในการให้ซอฟต์แวร์อื่นๆ สามารถจัดการกับข้อมูลดังกล่าวได้ถูกต้อง อย่างเช่นในตัวอย่างข้างต้น อีลิเมนต์ picture เก็บข้อมูลของชื่อไฟล์รูปภาพเอาไว้ ซึ่งโดยทั่วไปรูปแบบของไฟล์รูปภาพจะมีอยู่หลายอย่าง อาทิ JPEG, BMP, GIF เป็นต้น ด้วยเหตุนี้การกำหนดแอตทริบิวต์เพิ่มเติมให้แก่อีลิเมนต์ Picture ว่าข้อมูลที่เก็บเป็นไฟล์รูปภาพแบบไหน จะทำให้โปรแกรมที่มาประมวลผลข้อมูลดังกล่าวสามารถทำงานได้รวดเร็วและมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

ในส่วนของข้อมูลนั้นเราอาจเก็บอยู่ระหว่างอีลิเมนต์ หรืออาจกำหนดให้เป็นแอตทริบิวต์ก็ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
<employee id="535">
    <name>Vilar Le</name>
    <age>25</age>
</employee>
```

```
<employee>
    <id>535</id>
    <name>Vilar Le</name>
    <age>25</age>
</employee>
```

รูปที่ 2.8 การเก็บข้อมูลอยู่ระหว่างอีลิเมนต์

จริงๆ แล้วไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวว่าเมื่อไรควรให้ข้อมูลเป็นแอตทริบิวต์หรือว่าจะให้แทรกระหว่างอีลิเมนต์ แต่แนะนำว่าหากเป็นเนื้อของข้อมูลจริงๆ ก็ควรให้เป็นส่วนของเนื้อหาแทรกอยู่ระหว่างอีลิเมนต์ จะเหมาะสมกว่าการกำหนดให้เป็นแอตทริบิวต์ ทั้งนี้เพื่อให้เอกสารสื่อความหมายอย่างตรงไปตรงมาว่าอะไรคือข้อมูล อะไรคือการบ่งบอกถึงคุณสมบัติของอีลิเมนต์ ทั้งนี้จะทำให้ง่ายยิ่งขึ้นเมื่อนำเอกสารดังกล่าวไปประมวลผลต่อไป

ถึงแม้ว่า XML จะไม่ได้มีข้อกำหนดตายตัวว่าอะไรควรหรือไม่ควรเป็นแอตทริบิวต์ แต่ในตัวอย่างข้างล่างนี้คงเป็นการกำหนดแอตทริบิวต์ที่ไม่ฉลาดนักและดูจะขัดกับประโยชน์ของวิธีการของ XML ด้วย

```
<employee id="535" name="Vilar Le" age="25" job="System
Programmer" workplace="KCS" hobbies="drawing"
favor_star="Jodhi May" favor_singer="Samm: Cheng"
</employee>
```

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการกำหนดแอตทริบิวต์ที่ขัดกับประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างข้างต้นเป็นการนำเอาข้อมูลทั้งหมดไปแทรกเป็นแอตทริบิวต์ของอีลิเมนต์ Employee ซึ่งถ้าเขียนโปรแกรมเพื่อดึงเอาข้อมูลจากตัวอย่างข้างต้นไปประมวลผลจะทำได้ค่อนข้างลำบากโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีการแทรกข้อมูลจริงๆ ปนเปกับค่าของแอตทริบิวต์ การเขียนโปรแกรมเพื่อดึงเอาเอกสารดังกล่าวมาประมวลผลจะมีความสับสนและอาจจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ผิดพลาดได้ง่าย

ประการสุดท้ายที่สำคัญอย่างยิ่งก็คือ ค่าของแอตทริบิวต์จะต้องอยู่ภายในเครื่องหมายคำพูดจะอยู่ลอยๆ เหมือนในภาษา HTML ไม่ได้ มิเช่นนั้นจะถือว่าเอกสารมีข้อผิดพลาด (Error) และไม่สามารถนำไปแสดงผลได้เลย

2.2.4 การนำเอกสาร XML มาแสดงผล

XML นั้นเป็นเพียงส่วนที่จัดการกับข้อมูล ดังนั้นจึงไม่สามารถแสดงผลได้ต้องอาศัยภาษาหรือวิธีการอื่นๆ มาช่วยดึงข้อมูลใน XML เพื่อไปแสดงตามที่เราต้องการ ในการนำเอาข้อมูลจากเอกสาร XML มาแสดงผลนั้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการนำเอกสาร XML มาแสดงผลบนเว็บบราวเซอร์เท่านั้น โดยจะไม่ครอบคลุมถึงการแสดงผลแบบอื่น วิธีการที่ง่ายที่สุดของการนำเอกสาร XML มาแสดงบนบราวเซอร์ คือการเขียนโค้ด CSS, HTML หรือ XSL ไปดึงข้อมูลมาจากเอกสาร XML จากนั้นก็จัดหน้าจอตามที่เราต้องการ ซึ่งในที่นี้เราจะทดสอบตัวอย่างทั้งหมดด้วยการใช้บราวเซอร์ไมโครซอฟต์อินเทอร์เน็ตเอ็กซ์พอเรอร์ เวอร์ชัน 5.0 ขึ้นไปเพราะเป็นบราวเซอร์ที่สนับสนุนการใช้งานเอกสาร XML และยังมีพาสเซอร์ (Parser) อยู่ในตัวด้วย นั่นคือถ้าเราเขียนโค้ดการแสดงผลและเขียนเอกสาร XML ได้อย่างถูกต้องแล้วเราก็ใช้บราวเซอร์เรียกเอกสารนั้นขึ้นมาแสดงผลได้เลย

การนำเอกสาร XML มาแสดงผลบนเว็บบราวเซอร์ โดยใช้ 2 วิธีด้วยกันคือ

1. CSS (Cascade Stylesheet)
2. HTML (Hypertext Markup Language)

2.2.4.1 การแสดงผลด้วย XML

การใช้ CSS (Cascade Stylesheet) เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำเอกสาร XML มาแสดงผลลัพธ์ได้ สมมุติว่าเราสร้างไฟล์ที่ชื่อ test.css ไว้เพื่อนำมาเป็นส่วนแสดงผลของไฟล์ test.xml โดยมีรายละเอียดของโค้ดดังนี้

```
IT_TEAM
{
Background-color:#ffffff;
```

รูปที่ 2.10 การแสดงผลลัพธ์โดยการใช้ CSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Width: 100%;
}
MEMBER
{
display: block;
margin-bottom: 30pt;
margin-left: 0;
}
ID
{
Color: #FF0000;
Font-size: 20pt;
}
NAME
{
color: #0000FF;
font-size: 20pt;
}
AGE,SEX,POSITION
{
display: block;
color: #000000;
margin-left: 20pt;
}
```

รูปที่ 2.10 (ต่อ) การแสดงผลลัพธ์โดยการใช้ CSS

CSS ที่ยกตัวอย่างมานี้ก็เป็นตัวอย่างง่ายๆ ในการจัดวางตำแหน่งข้อมูลและการใช้สีกับข้อมูลแต่ละอย่าง ในที่นี้จะขอไม่อธิบายรายละเอียดของโค้ดที่เป็น CSS โดยจะขอตั้งสมมุติว่าทุกคนในที่นี้เข้าใจ CSS ดีพอสมควร ซึ่งโดยตัวโค้ดเองแล้วก็จะเห็นว่าอ่านเข้าใจได้ง่าย แม้คนที่ไม่เคยรู้เรื่อง CSS มาก่อน ก็น่าจะทำความเข้าใจได้ไม่ยาก ดังนั้นขอละเว้นที่จะพูดเรื่อง CSS ไว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

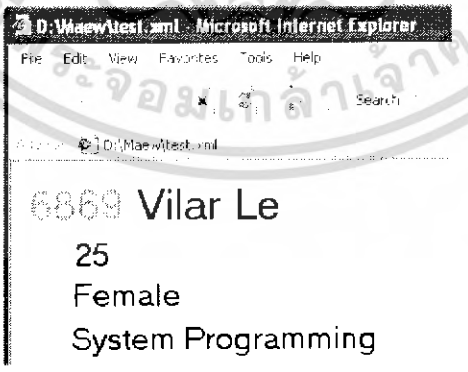
สรุปสั้นๆ ก็คือโค้ด CSS ข้างต้นเป็นการกำหนดว่าในแต่ละอีลิเมนต์จะมีการนำเสนอทางบราวเซอร์อย่างไร เช่น จะใช้ฟอนต์อะไรขนาดเท่าไรและสีอะไร เป็นต้น จากนั้นให้ไปเพิ่มโค้ดในบรรทัดที่ 2 ในเอกสาร tese.xml เดิมที่เราทำไว้แล้ว โดยเขียนโค้ดเพิ่มดังนี้

```
<?xml version="1.0"?>
<?xml-stylesheet type="text/css" href="test.css"?>
<IT_TEAM>
    <MEMBER>
        <ID>6869</ID>
        <NAME>Vilar Le</NAME>
        <AGE>25</AGE>
        <SEX>Female</SEX>
        <POSITION>System Programming</POSITION>
    </MEMBER>
</IT_TEAM>
```

เพิ่มบรรทัดนี้เข้าไปในไฟล์ test.xml เพื่อให้นำเอาไฟล์ test.css มาเป็นส่วนแสดงผล

รูปที่ 2.11 การเพิ่มบรรทัดเข้าไปในไฟล์ test.xml เพื่อให้นำเอาไฟล์ test.css มาเป็นส่วนแสดงผล

จากโค้ดเป็นการบอกว่าเอกสารดังกล่าวจะแสดงผลด้วยไฟล์ประเภท text/css โดยใช้ไฟล์ test.css เป็นส่วนแสดงผล ซึ่งเมื่อใช้อินเตอร์เน็ตเอ็กซ์พอเรอร์ เรียกไฟล์ test.xml ขึ้นมาอีกครั้งก็จะได้หน้าจอดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการแสดงผลของ XML

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ CSS มาเป็นส่วนแสดงผลให้แก่เอกสาร XML นั้นทำได้ง่ายและตรงไปตรงมา เหมาะสำหรับการนำเสนอในลักษณะง่ายๆ เช่น การจัดการเรื่องขนาดและสีของข้อมูล เป็นต้น

แม้ว่าสามารถใช้ CSS มาแสดงผลเอกสาร XML ได้แต่ก็ไม่ใช่วิธีที่แนะนำให้ใช้เนื่องจาก CSS นั้นเป็นวิธีการที่ผูกติดมากับ HTML ซึ่งมีความสามารถอยู่จำกัด แสดงผลที่มีลักษณะซับซ้อนไม่ได้ เช่น ไม่สามารถเรียงลำดับข้อมูลได้ เป็นต้น CSS จึงไม่ใช่มาตรฐานของการแสดงผลเอกสารบนเว็บใหม่ๆ อย่างแน่นอน อาจกระยุกต์ใช้ CSS ได้กับบางงาน แต่สำหรับการแสดงผลของเอกสาร XML ในบางงานอาจต้องอาศัยวิธีการอื่นๆ ที่เหมาะสมกว่า

2.2.4.2 การแสดงผลด้วย HTML

แม้ว่า XML จะเข้ามาเป็นมาตรฐานใหม่ แต่ภาษา HTML ก็ยังไม่ไปไหนสามารถใช้ HTML ดึงข้อมูลจากเอกสาร XML มาแสดงผลได้เช่นเดียวกัน สมมุติว่าใช้ไฟล์ข้อมูลเดิมจากหัวข้อที่แล้ว (test.xml) แล้วเขียน test.html โดยมีโค้ดดังนี้

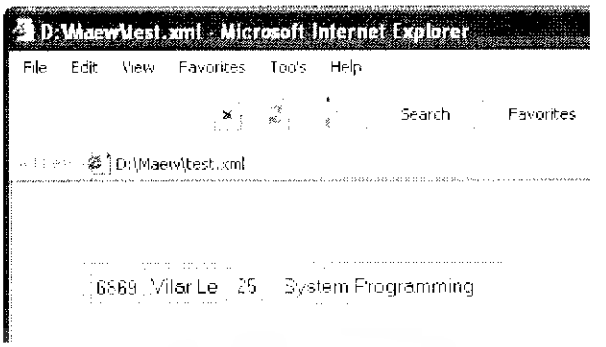
```
<html>
<body>
<xml id="IT" src="test.xml"></xml>
<table border="1" datasrc="#IT">
<tr>
<td><span datafld="ID"></span></td>
<td><span datafld="NAME"></span></td>
<td><span datafld="AGE"></span></td>
<td><span datafld="POSITION"></span></td>
</tr>
</table>
</body>
</html>
```

บอกว่าไฟล์ test.html นี้เป็นส่วนแสดงผลสำหรับไฟล์ XML ที่ชื่อ test.xml

รูปที่ 2.13 การแสดงผลด้วย HTML

จากนั้นเราใช้อินเทอร์เน็ตเอ็กซ์พอเรอร์เรียกไฟล์ test.xml ขึ้นมา จะได้หน้าจอดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ภาพหน้าจอเมื่อใช้ IE 6.0 เรียกไฟล์ test.xml ขึ้นมา

ตัวอย่าง HTML ที่ยกมานี้เป็นการดึงข้อมูลอย่างง่ายๆ มาแสดงในรูปแบบตารางโดยระบุว่าจะเรียกดึงข้อมูลจากเอกสาร XML ไฟล์ไหน ด้วยการกำหนดบรรทัดที่ 3 (จากตัวอย่าง) ว่า

```
<xml id="test.xml"></xml>
```

นั่นก็คือให้ไปเรียกไฟล์ test.xml ขึ้นมาแสดงผล ซึ่งจะเห็นว่าการแสดงผลด้วย CSS กับการแสดงผลด้วย HTML ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อย นั่นคือ ถ้าเป็นการแสดงผลด้วย CSS เราจะสร้างไฟล์ที่มีนามสกุล .CSS แล้วกำหนดในไฟล์ XML ของให้เรียกมาใช้งานให้บราวเซอร์เปิดไฟล์ที่เป็น .XML แต่ถ้าเป็นการแสดงผลด้วย HTML จะกำหนดการเชื่อมโยงกับเอกสาร XML ไว้ในไฟล์ HTML เลย และบราวเซอร์เปิดไฟล์ที่เป็น .html ขึ้นมา

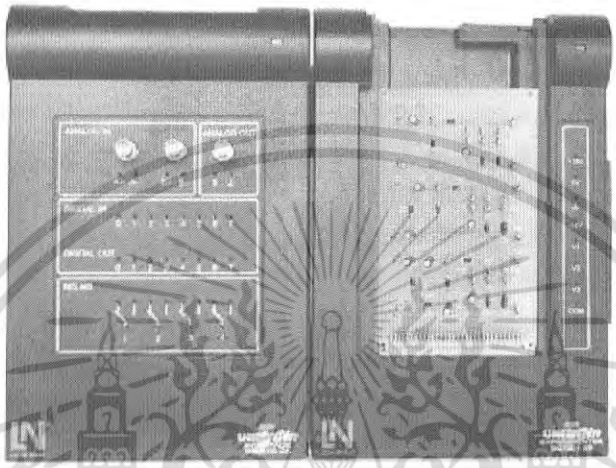
จะเห็นว่ายังคงสามารถใช้ HTML และ CSS มาเป็นส่วนแสดงผลให้กับเอกสาร XML ได้โดยง่าย ซึ่งทั้ง 2 วิธีจะเหมาะกับเอกสาร XML ที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก ทั้งนี้เนื่องจาก HTML และ CSS ไม่ใช่ส่วนแสดงผลที่ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อ XML โดยเฉพาะ การที่จะนำมาใช้กับเอกสาร XML จึงมีขอบจำกัดอยู่ การแสดงผลแบบตรงไปตรงมา เช่น การนำข้อมูลขึ้นมาแสดงและมีการจัดการเรื่องสีเรื่องฟอนต์ อาจจะใช้ HTML และ CSS จัดการได้ แต่ถ้าต้องการความสามารถที่มากกว่านั้น เช่น การจัดเรียงข้อมูล การเลือกแสดงข้อมูลตามเงื่อนไขบางอย่าง คงต้องใช้วิธีที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อันได้แก่การใช้ XSL เข้ามาเป็นส่วนแสดงผลให้แก่เอกสาร XML นั่นเอง

75139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ชุดทดลอง

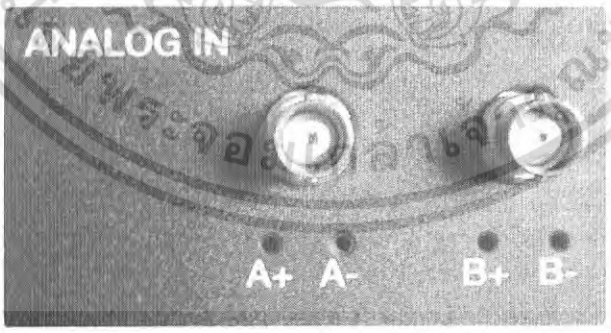
ชุดทดลอง Unitrain เป็นชุดทดลองที่ใช้ร่วมกับโปรแกรม Lab soft โดยมีจุดใช้งานหลักทั้งหมด 4 จุด



รูปที่ 2.15 ชุดทดลอง Unitrain

2.3.1 แอนะลอกอิน

เป็นจุดที่รับสัญญาณอินพุตแอนะลอกจากวงจรใช้วัดสัญญาณต่างๆ มี 2 ชุด คือชุด A และชุดB ทั้งชุด A และ B ประกอบด้วยเครื่องมือวัดเช่น สโคป โวลต์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์

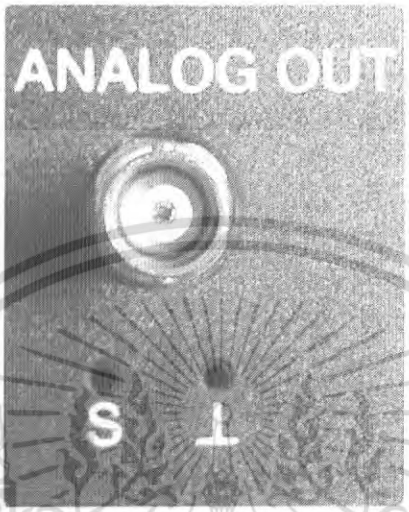


รูปที่ 2.16 แอนะลอกอิน ทั้งชุด A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แอนะลอกเอาต์

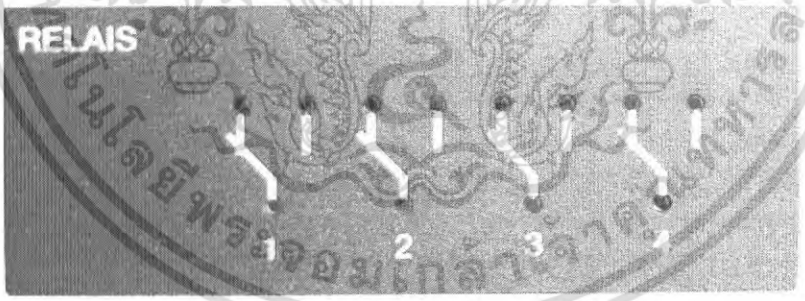
เป็นจุดที่จ่ายสัญญาณและแรงดันให้กับบอร์ดทดลอง ประกอบด้วย ฟังก์ชั่นเจนเนอร์-เรเตอร์ แหล่งจ่ายตรงชนิดปรับค่าได้



รูปที่ 2.17 แอนะลอกเอาต์

2.3.3 รีเลย์

ประกอบด้วยรีเลย์ทั้งหมด4 ชุดใช้สำหรับตัดต่อวงจร



รูปที่ 2.18 ชุดรีเลย์

2.3.4 แหล่งจ่ายไฟ

ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟทั้งหมด 2 ชุดที่สามารถจ่ายได้ทั้งไฟกระแสตรงและกระแสสลับ

1. แหล่งจ่ายไฟคงที่เป็นแหล่งจ่ายไฟคงที่มี 5 โวลต์ 15 โวลต์และ 15 โวลต์ ใช้ร่วมกับกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 แหล่งจ่ายไฟคงที่

2. แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้สามารถจ่ายได้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับมี v1, v2, v3 ใช้รวมกับกราวด์

รูปที่ 2.20 แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบและการสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ได้แบ่งออกเป็นส่วนของเนื้อหา ใบงาน และส่วนของชุดทดลอง ในส่วนของเนื้อหาและใบงานจะเขียนด้วยภาษา HTML และนำไปแสดงผลบนโปรแกรม Lab Soft ซึ่งส่วนของเนื้อหานั้นจะมีข้อมูลเกี่ยวกับการแนะนำใบงาน การ์ดที่ใช้ในการทดลองจะแบ่งเป็น 4 การ์ด คือ

1. การ์ด SO4103-7A_TH ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ใช้ในการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ประกอบด้วยวงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ และวงจรขยายผลรวม
2. การ์ด SO4103-7B_TH ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ใช้ในการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรสมิททริกเกอร์แบบกลับเฟสและวงจรสมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส
3. การ์ด SO4103-7C_TH ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ใช้ในการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ประกอบด้วยวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส วงจรออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส และวงจรออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส
4. การ์ด SO4103-7C_TH ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ใช้ในการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ประกอบด้วยวงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรออปแอมป์โฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์ และวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์

3.2 การออกแบบใบงานออปแอมป์ชนิดต่างๆ

การออกแบบใบงานได้คำนึงถึงคุณสมบัติของออปแอมป์ชนิดต่างๆ และคำนึงถึงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ผู้เรียนควรจะได้รับจากใบงาน และความสะดวกในการใช้ใบงานในการทดลองดังนี้

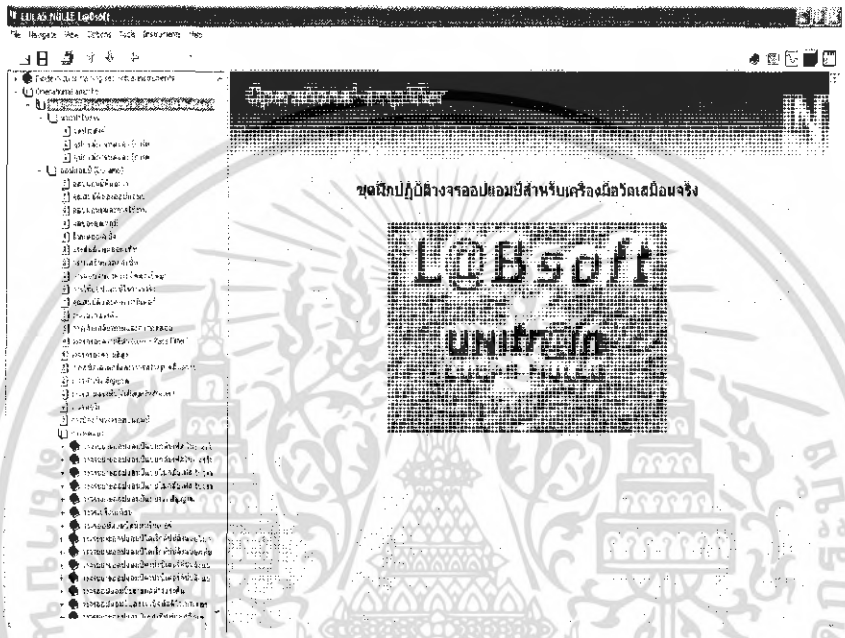
1. สามารถเก็บข้อมูลจากการทดลองใบงานในรูปแบบของ User ได้
2. สามารถแก้ไขใบงานในส่วนของเนื้อหาได้
3. ใบงานจะอยู่ในโปรแกรม Lab Soft ทำให้สะดวกเวลาทดลองใบงานและการบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในใบงานได้ออกแบบให้คล้ายกับใบงานการทดลองทั่วๆ ไปและยังมีภาพแสดงการต่อวงจรในใบงาน ทำให้เข้าใจการต่อวงจรและลำดับการทดลองวงจรมากขึ้น

3.2.1 การสร้างเนื้อหาและใบงานในโปรแกรม Lab Soft

การสร้างเนื้อหาและใบงานในโปรแกรม Lab Soft จะสร้างโดยใช้ภาษา HTML ซึ่งใบงานจะแสดงผลเป็นแบบเดียวกับ Internet Explorer แต่จะไปแสดงผลในโปรแกรม Lab Soft ดังรูปที่ 3.1

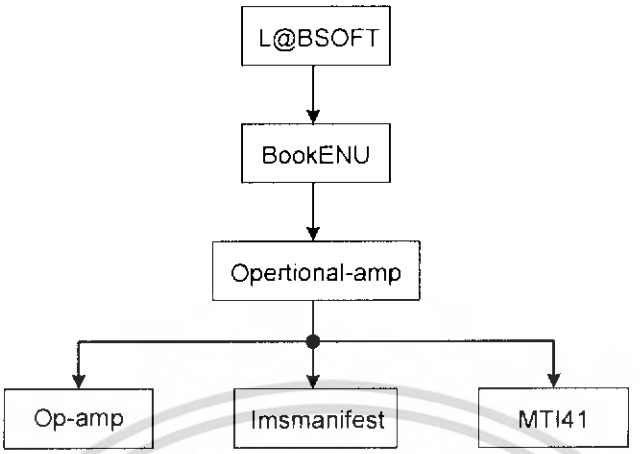


รูปที่ 3.1 โปรแกรม Lab Soft

3.2.2 การเชื่อมต่อเนื้อหาและใบงานเข้าในโปรแกรม Lab Soft

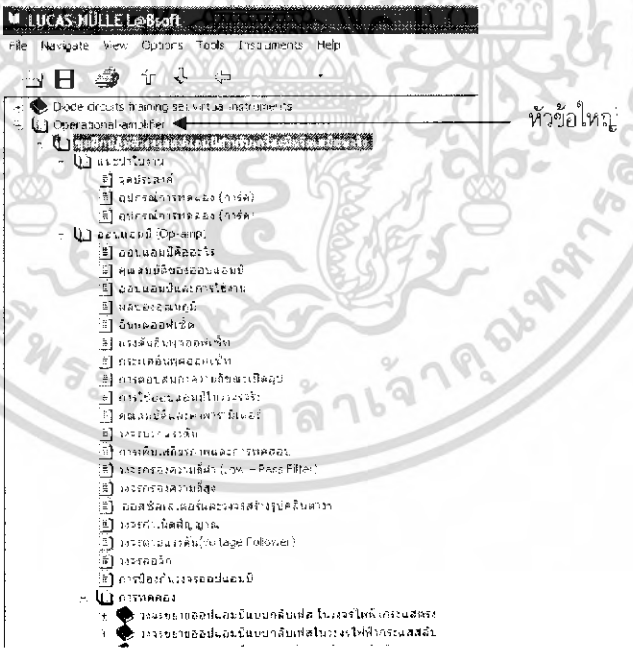
การเชื่อมต่อจุดต่างๆ ของใบงานเข้ากับโปรแกรม Lab Soft นั้นจะใช้ภาษา XML ในการเชื่อมต่อ เพราะ XML มีมาตรฐานมากกว่าเมื่อเทียบกับ HTML ตรงที่ Code ที่ใช้ในการเขียนมีข้อกำหนดต่างกัน คือ XML จะต้องเขียนตามข้อกำหนดที่วางไว้ทุกอย่างแต่ HTML สามารถยกเว้นได้ ดังนั้นเพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจึงใช้ XML ในการเชื่อมต่อ และการเชื่อมต่อภายใน Lab Soft จะมีการเชื่อมต่ออยู่หลายจุดแต่ละจุดก็จะมีหน้าที่ต่างกันดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ผังการทำงานภายใน Lab Soft

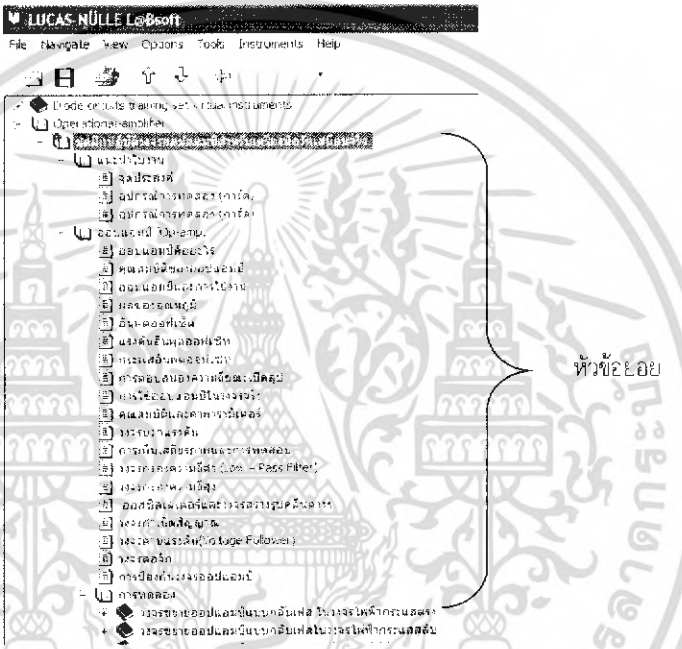
1. L@BSOFT ใช้เก็บข้อมูลทั้งหมดที่มีภายในโปรแกรม Lab Soft และใน L@BSOFT นี้จะมีการเชื่อมส่วนหลักๆ คือ หัวข้อใหญ่ที่แสดงบนหน้าต่างโปรแกรม Lab Soft ส่วนหัวข้อย่อยจะมีการเชื่อมต่อในส่วนของ OP-amp



รูปที่ 3.3 หัวข้อใหญ่บนหน้าต่างโปรแกรม Lab Soft

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. BooksENU ใช้การเก็บข้อมูลทั้งหมดของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง
3. Opertional-amp ใช้เก็บข้อมูลส่วนของเนื้อหาและใบงานการทดลองวงจรออปแอมป์รวมทั้งข้อมูล html ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเนื้อหาและใบงานเข้าไปยังโปรแกรม Lab Soft
4. Op-amp ใช้เก็บข้อมูลของใบงานที่ใช้สำหรับการทดลองทั้งหมด
5. Imsmanifest เป็นไฟล์ html ซึ่งมีหน้าที่ในการเชื่อมต่อเนื้อหาและใบงานที่เป็นหัวข้อย่อยที่โชว์บนหน้าต่างโปรแกรม Lab Soft



รูปที่ 3.4 หัวข้อย่อยบนหน้าต่างโปรแกรม Lab Soft

6. MTI41 ใช้เก็บข้อมูลของเนื้อหาที่ใช้สำหรับศึกษาควบคู่ไปกับการทดลองใบงาน

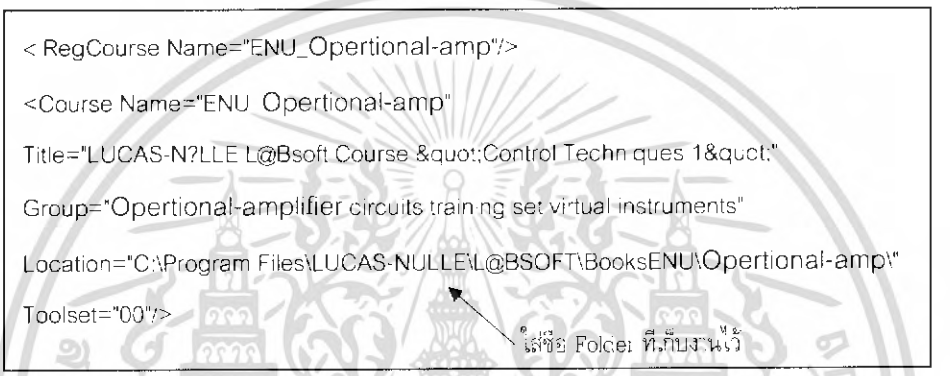
นอกจากนี้แล้วยังมี XML อีกหนึ่งส่วนที่มีหน้าที่ในการควบคุมการแสดงข้อความต่างๆ บนหน้า Internet Explorer คือ ไฟล์ XML ที่เป็น .css จะกำหนดการแสดงผลของตัวอักษรขนาดของตัวอักษรสีของตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การสร้างหัวข้อใหญ่เข้าในโปรแกรม Lab Soft

การสร้างหัวข้อใหญ่เข้าในโปรแกรม Lab Soft ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ไปที่ Driver C:\Program Files\LUCAS-NULLE\L@BSOFT เลือก LabSoft.config การเข้า LabSoft.config ให้คลิกขวาเลือก Notepad ซึ่งเป็นโปรแกรมช่วยในการแก้ไข
2. เขียน <RegCourse Name="... ....."/> ต่อจากของเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยในช่องว่างให้ใส่ Folder งานใหม่ที่สร้างไว้ใน L@BSOFT
3. เขียน Course ตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การเพิ่มหัวข้อใหญ่ใน Lab Soft

3.2.1.2 การสร้างหัวข้อย่อยเข้าในโปรแกรม Lab Soft

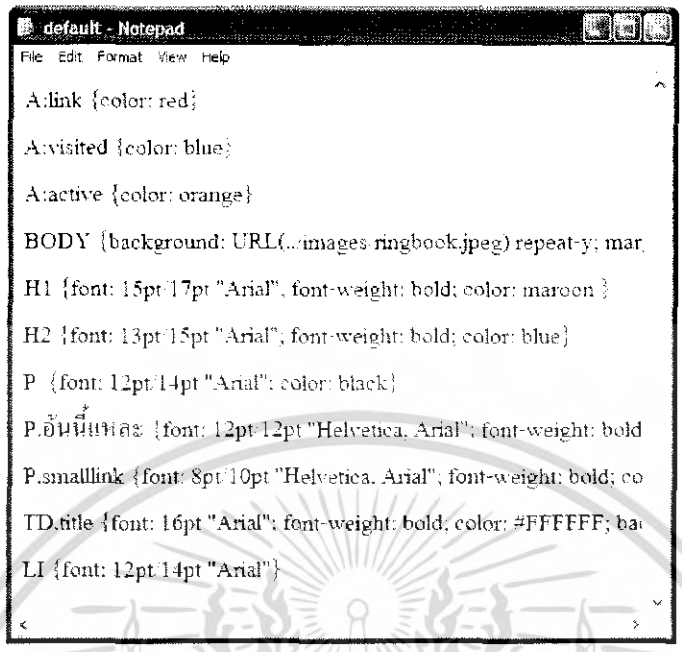
เมื่อเข้าไปในโปรแกรม L@BSOFT จากนั้นให้เข้าไปที่ Op-amp เลือก imsmanifest.xml โดยคลิกขวาเลือก Notepad ในส่วนนี้จะเป็นการสร้างหัวข้อย่อยดังแสดงในรูปที่ 3.4

วิธีการเพิ่มเติมหัวข้อย่อย คือ ให้พิมพ์ identifier ด้านบนของ Code โปรแกรม เพื่อสร้างชื่อให้กับหัวข้อย่อยที่ปรากฏบนโปรแกรม และพิมพ์ identifier ด้านล่างของ Code โปรแกรม เพื่อ Link หน้า HTML ที่จะปรากฏเมื่อคลิกเลือกหัวข้อย่อยนั้น

3.2.1.3 การแสดงผลของ Font ขนาดของ Font สีของ Font ในโปรแกรม Lab Soft

ในการแสดงผลของ Font ขนาดของ Font สีของ Font นั้นไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าต่างๆ ลงในหน้า HTML ที่เราสร้างใบงาน เพราะค่าต่างๆ จะถูกกำหนดไว้ .CSS ซึ่งจะอยู่ใน Folder ของใบงานที่ชื่อ Op-amp ในการแก้ไขค่าต่างๆ ก็ให้เข้าไปใน Op-amp แล้วเลือก default.css โดยคลิกขวาเลือก Notepad ก็สามารถแก้ไขค่าต่างๆ ของ Font ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การแก้ไขค่า default.css ด้วย Notepad

3.3 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรการทดลอง

การออกแบบและการสร้างแผงวงจรการทดลองที่ใช้งานบนโปรแกรม Lab Soft นั้นได้คำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน คือ

1. เพื่อให้แผงวงจรการทดลองสามารถติดต่อสื่อสารระหว่าง ชุดปฏิบัติการ Lab Soft และคอมพิวเตอร์ได้
2. เพื่อให้สามารถวัดค่าแรงดัน กระแส และสัญญาณต่างๆ ของวงจรที่อยู่ในแผงวงจรการทดลอง โดยจะใช้อุปกรณ์ในโปรแกรม Lab Soft วัดค่าต่างๆ ที่ต้องการ ซึ่งผลที่ได้จากการวัดนั้นจะถูกส่งผ่านข้อมูลทางชุดปฏิบัติการ Lab Soft เข้าไปยังโปรแกรม ทำให้ทราบค่าต่างๆ ที่ต้องการ
3. เพื่อให้แผงวงจรการทดลองสามารถทดลองวงจรได้ตามใบงานที่ออกแบบไว้

การออกแบบต้องกำหนดขีดความสามารถของแผงวงจรการทดลองให้เหมาะสมกับโครงงานนี้โดย

1. การติดต่อระหว่างชุดปฏิบัติการ Lab Soft กับคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อโดยการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมหรือพอร์ต USB จากคอมพิวเตอร์
2. การเก็บผลการทดลองในใบงานสามารถเก็บผลการทดลองได้โดยไม่ต้องกดปุ่มบันทึก โปรแกรมก็สามารถเก็บผลการทดลองได้ ซึ่งการเก็บผลการทดลองจะเริ่มเก็บผลตั้งแต่การเข้าสู่หน้าโปรแกรม เพราะในการเข้าสู่โปรแกรมแต่ละครั้งจะต้องพิมพ์ชื่อถึงจะเข้าโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ โดยชื่อที่เราพิมพ์เข้าไปในโปรแกรมนั้นจะทำการเก็บข้อมูลไว้เป็น User และยังสามารถใส่รหัสผ่านในการเข้าไปใช้งาน ซึ่งการเข้าโปรแกรมครั้งต่อไปเพื่อจะดูงานที่ทำไว้หรือต้องการจะทดลองวงจรต่อก็สามารถทำต่อได้เลย

3. ในแผงวงจรการทดลองจะมีอุปกรณ์ที่สามารถทดลองได้ตามใบงานที่กำหนดไว้ โดยจะเตรียมอุปกรณ์ไว้และให้ผู้ทดลองได้ต่อวงจรเอง แต่จะกำหนดอุปกรณ์ในการต่อวงจรแต่ละวงจรให้
4. การจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้กับหม้อแปลง ควรใช้แรงดันที่มาจาก V1 เพราะสามารถขับหม้อแปลง และให้แรงดันที่เหมาะสมได้
5. ตัวความต้านทานและคาปาซิสเตอร์ในแผงวงจรการทดลองจะมีหลายตัว เพราะ ในใบงานจะใช้อุปกรณ์ในการทดลองต่างกัน และถ้าผู้ทดลองไม่ต้องการต่อวงจรตามใบงานที่กำหนดก็สามารถออกแบบวงจรในการทดลองเองได้โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ในส่วนของแผงวงจรการทดลองและใบงานการทดลองในโปรแกรม Lab Soft

4.2 การทดลองการทำงานของแผงวงจรการทดลอง

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงประกอบด้วย วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์ วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคับปลิง วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คับปลิง วงจรออปแอมป์ยายผลต่างแรงดัน วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์ และวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ แผงวงจรการทดลองจะใช้พอร์ตอนุกรมหรือพอร์ต USB ในการเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม Lab Soft ผลที่ได้จากการทดลองสามารถบันทึกผลเก็บไว้ได้ในรูปแบบของ multi User สามารถแสดงผลการทดลองได้ทั้งที่เป็นตัวเลขและกราฟได้

4.2.1 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7A_TH

4.4.1.1. วงจรขยายแบบกลับเฟส

รูปที่ 4.1 การต่อวงจรขยายแบบกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบวงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

1.1 ปรับย่านวัดของ Voltmeter A

1.2 ปรับย่านวัดของ Voltmeter B

1.3 เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่าย DC Source เปิดสวิตช์เพิ่มแอมปลิจูดจนกระทั่ง Voltmeter อิ่มตัว

1.4 ทำการวัดหาค่าแรงดันเอาท์พุต Voltmeter A แล้วบันทึกผล

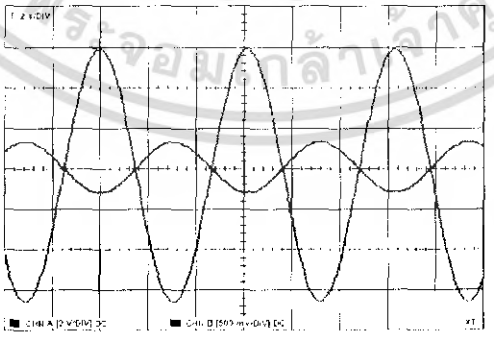
1.5 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบกลับเฟสด้านเอาต์พุตในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณ ผู้ทำการทดลองสามารถคำนวณหา ค่าเกณฑ์การขยายของ วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสได้จาก สูตรที่จะใช้ในที่กำหนดให้ตามโจทย์ ผู้ทำการทดลองสามารถจะทำการเปลี่ยนแปลง ค่าแรงดันทางด้านอินพุต ค่าความต้านทานป้อนกลับของอินพุตเพื่อจะหาค่าของแรงดันทางด้านเอาต์พุตของวงจรได้

2. การทดสอบวงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

2.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

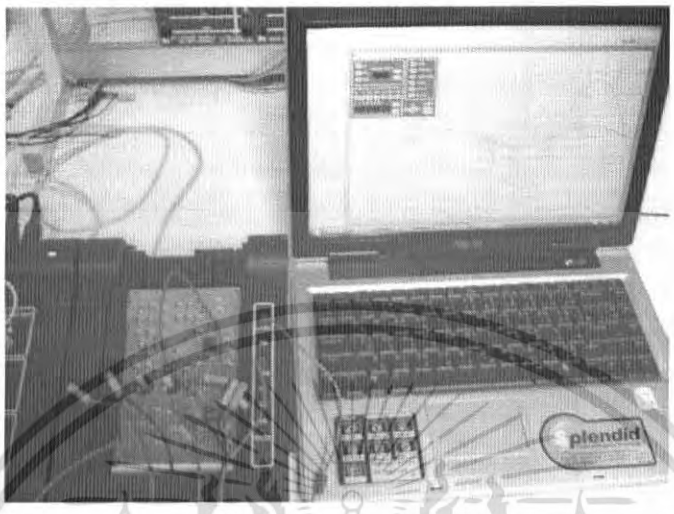
2.3 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ ระหว่างค่าแรงดันทางด้านเอาท์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับการทดลองวงจรนี้จะทำให้ผู้ที่ทำการทดลองเห็นถึงความสัมพันธ์ของเกณฑ์การขยายของวงจรกับค่าของความถี่ทางด้านอินพุตของวงจรได้



รูปที่ 4.2 สัญญาณผลการทดสอบวงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 4.3 การต่อวงจรขยายไม่แบบกลับเฟส

1. การทดสอบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
   1.1 ปรับย่านวัดของ Voltmeter A
   1.2 ปรับย่านวัดของ Voltmeter B
   1.3 เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่าย DC Source เปิดสวิตช์เพิ่มแอมปลิจูดจนกระทั่ง Voltmeter อิ่มตัว
   1.4 ทำการวัดหาค่าแรงดันเอาต์พุต Voltmeter A แล้วบันทึกผล
   1.5 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสด้านเอาต์พุตในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

การทดลองปฏิบัติวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนี้ จะเป็นการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงดันทางด้านเอาท์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณ ผู้ทำการทดลองสามารถคำนวณหาค่าเกณฑ์การขยาย ของวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสได้จาก สูตรที่จะใช้ในที่กำหนดให้ตามโจทย์ ผู้ทำการทดลองสามารถจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันทางด้านอิน ค่าความต้านทานป้อนกลับของอินพุต เพื่อจะหาค่าของแรงดันทางด้านเอาต์พุตของวงจรได้

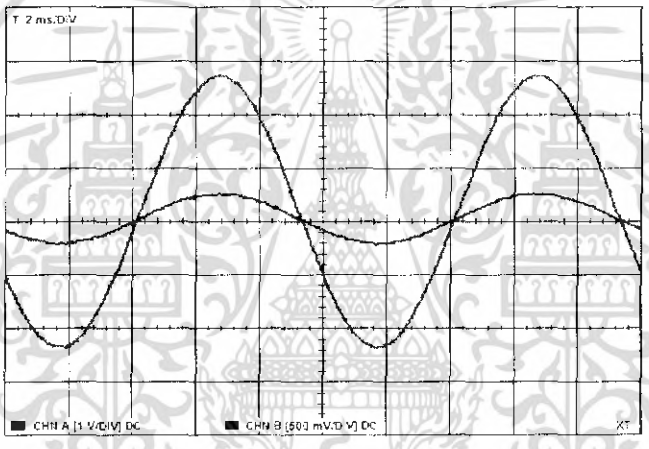
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

2.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

2.3 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับการทดลองปฏิบัติวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนี้ จะเป็นการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ ระหว่างค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสสัญญาณในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับการทดลองวงจรนี้จะทำให้ผู้ทำการทดลองเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง เกณฑ์การขยายของวงจรกับค่าของความถี่ทางด้านอินพุตของวงจรได้



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

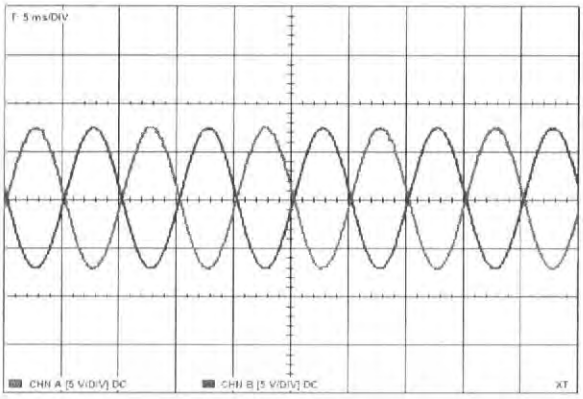
4.2.2 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7B_TH

4.2.2.1 วงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน

รูปที่ 4.5 การต่อวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน

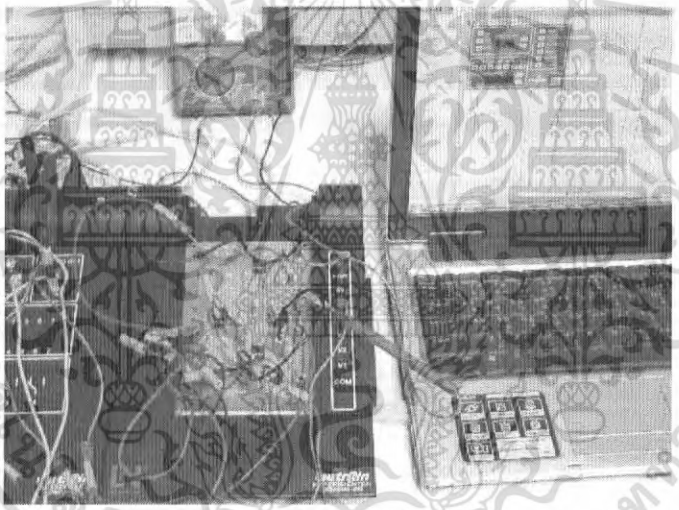
1. การทดสอบวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน
   1.1 ปรับย่านวัดของ Voltmeter A
   1.2 ปรับย่านวัดของ Voltmeter B
   1.3 เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่าย DC Source เปิดสวิตช์เพิ่มแอมปลิจูดจนกระทั่ง Voltmeter อิ่มตัว
   1.4 ทำการวัดหาค่าแรงดันเอาต์พุต Voltmeter A แล้วบันทึกผล
   1.5 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform
   1.6 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม
   1.7 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดันด้านเอาต์พุตเป็นการทดลองปฏิบัติให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางเอาท์พุตและค่าทางอินพุตของวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งในใบงานการทดลองนี้จะเป็นการพิสูจน์ให้เห็นถึงหลักการของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน

4.2.2.2. วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์



รูปที่ 4.7 การต่อวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์

1. การทดสอบวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน

   1.1 ปรับย่านวัดของ Voltmeter A

   1.2 ปรับย่านวัดของ Voltmeter B

   1.3 เพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่าย DC Source เปิดสวิตช์เพิ่มแอมปลิจูดจนกระทั่ง Voltmeter อิ่มตัว

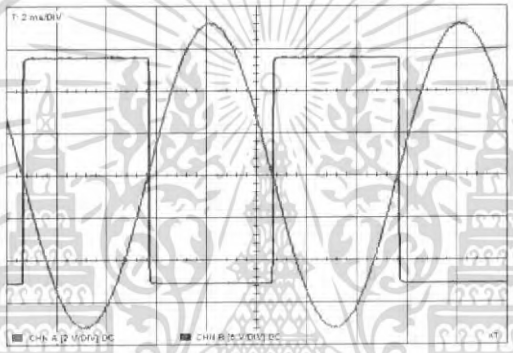
   1.4 ทำการวัดหาค่าแรงดันเอาต์พุต Voltmeter A แล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

1.6 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

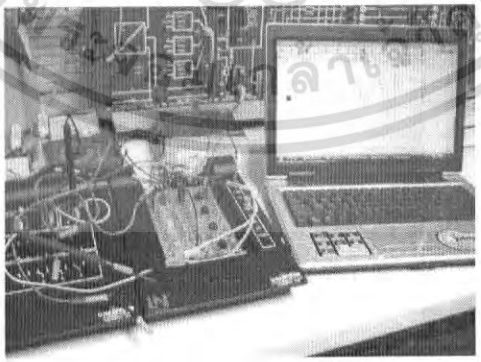
1.7 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์การทดลองต่อไปนี้จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงการรวมสัญญาณของวงจรออปแอมป์โดยวงจรออปแอมป์แบบรวมสัญญาณนี้จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสยกเว้นวงจรออปแอมป์แบบรวมวงจรสัญญาณจะมีอินพุตที่มากกว่าวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสโดยการต่อผ่านตัวต้านทานค่าต่างๆ และชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับการแปรผันของค่าแรงดันทางด้านอินพุตด้วย



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์

4.2.3 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7C_TH

4.2.3.1. วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 4.9 การต่อวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

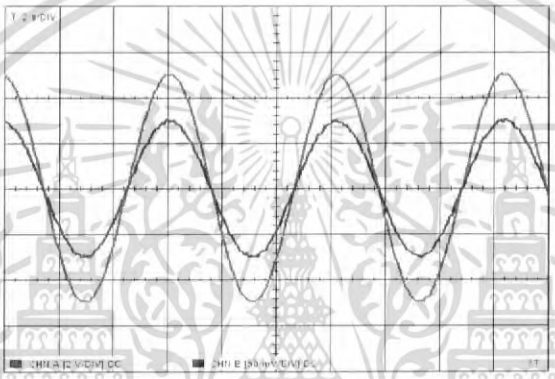
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

1.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

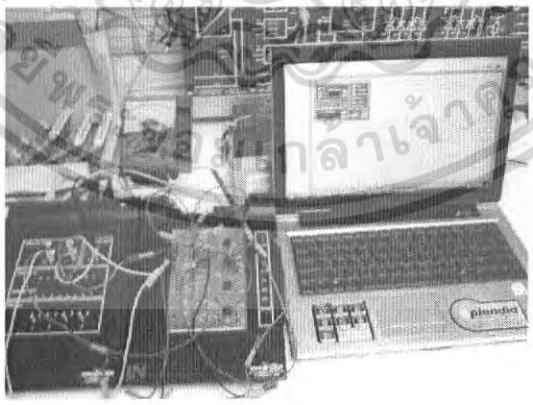
1.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

1.3 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสมีค่ากระแส I_2 จะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่ากระแสอินพุตไบแอส (I_B) มากๆ ในทางปฏิบัติ สำหรับออปแอมป์ชนิดทรานซิสเตอร์อินพุต เช่น 741 สำหรับออปแอมป์ชนิดเฟตอินพุต เช่น LF 353



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

4.2.3.2. วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส



รูปที่ 4.11 การต่อวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส

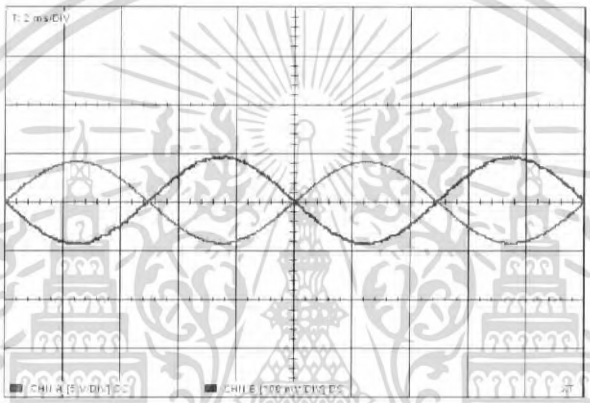
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

1.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

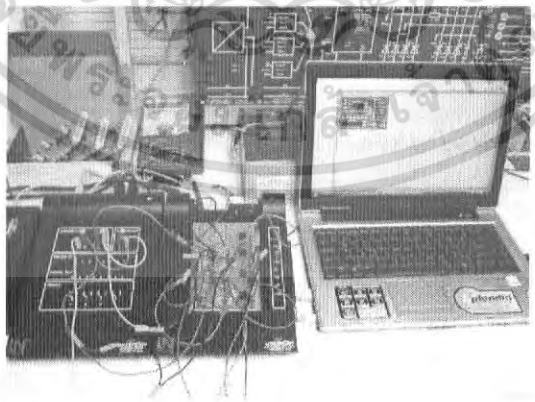
1.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

1.3 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟสวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสมีค่ากระแส I_2 จะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่ากระแสอินพุตไบแอส (I_B) มากๆ ในทางปฏิบัติสำหรับออปแอมป์ชนิดทรานซิสเตอร์อินพุต เช่น 741 สำหรับออปแอมป์ชนิดเฟตอินพุต เช่น LF 353



รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส

4.2.3.3. วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 4.13 การต่อวงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

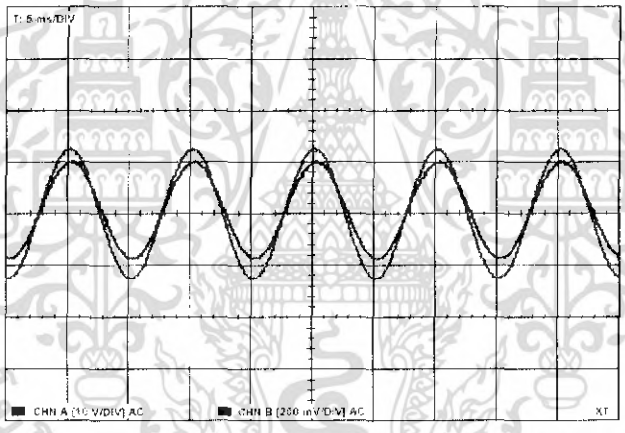
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบวงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

1.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

1.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

1.3 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์บางวงจรต้องการเฉพาะสัญญาณเอซีจะใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส ค่ากระแส I_2 จะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่าค่ากระแสอินพุตไบแอส (I_B) มากๆ ในทางปฏิบัติ สำหรับออปแอมป์ชนิดทรานซิสเตอร์อินพุต เช่น 741 สำหรับออปแอมป์ชนิดเฟตอินพุต เช่น LF 353 ในส่วนของวงจรเอซี. อินพุตของวงจรขยายจะถูกต่อผ่านคะปาซิเตอร์อินพุต ดังนั้น อินพุตบวกของออปแอมป์จะต้องต่อลงกราวน์ผ่านตัวต้านทานตัวหนึ่งเพื่อให้เป็นทางผ่านของกระแสอินพุตไบแอสของออปแอมป์

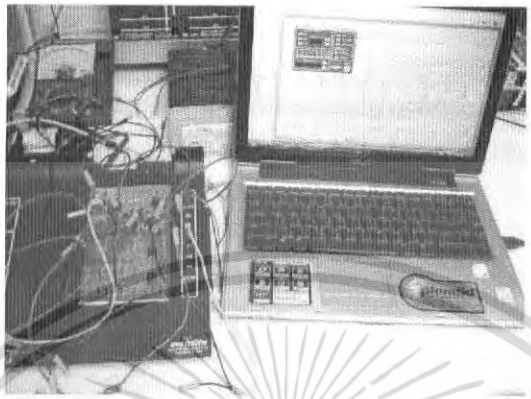


รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบวงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดสอบการ์ดทดลอง SO4103-7D_TH

4.2.4.1 วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์



รูปที่ 4.15 การต่อวงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

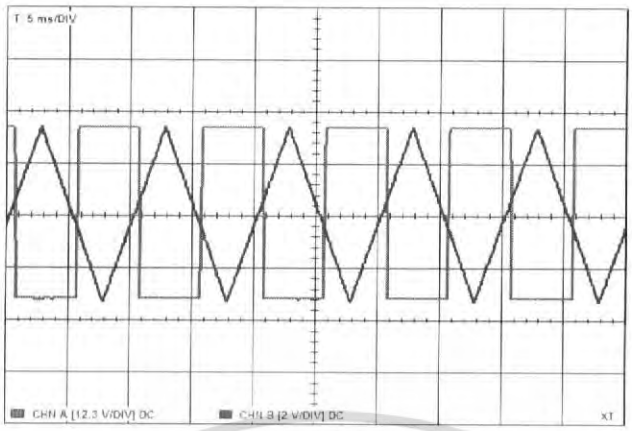
1. การทดสอบวงจรขยายออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

1.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1.1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

1.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

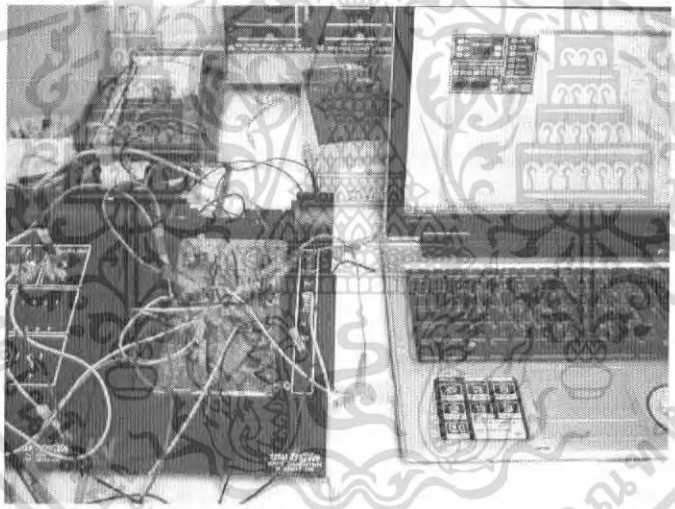
1.3 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์วงจรมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ได้หลายลักษณะ เช่น เป็นวงจรกำเนิดความถี่คลื่นสี่เหลี่ยมเป็นวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น การทำงานของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ มีทั้งแบบทำงานได้ด้วยตัวเองและแบบต้องมีสัญญาณกระตุ้นเพื่อควบคุมการทำงาน วงจรมัลติไวเบรเตอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์และไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรมัลติไวเบเตอร์แต่ละแบบมีวงจรและการทำงานแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์แฮสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

4.2.4.2 วงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 4.17 การต่อวงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์

1. การทดสอบวงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์

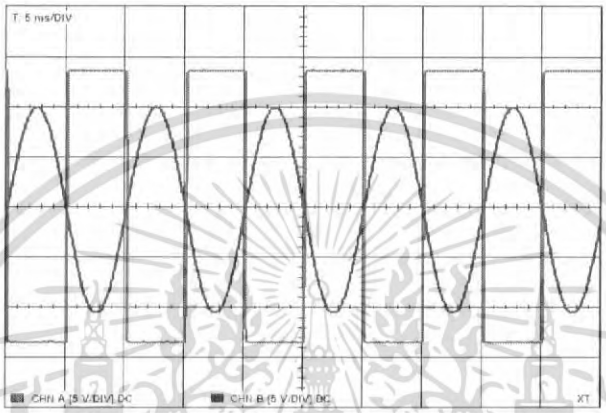
   1.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

   1.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

   1.3 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอออสซิลเลเตอร์แบบเลื่อนเฟสมีลักษณะตามชื่อคือใช้วงจรข่ายป้อนกลับเลื่อนเฟสเพื่อทำให้เกิดการเลื่อน 180 องศา ที่

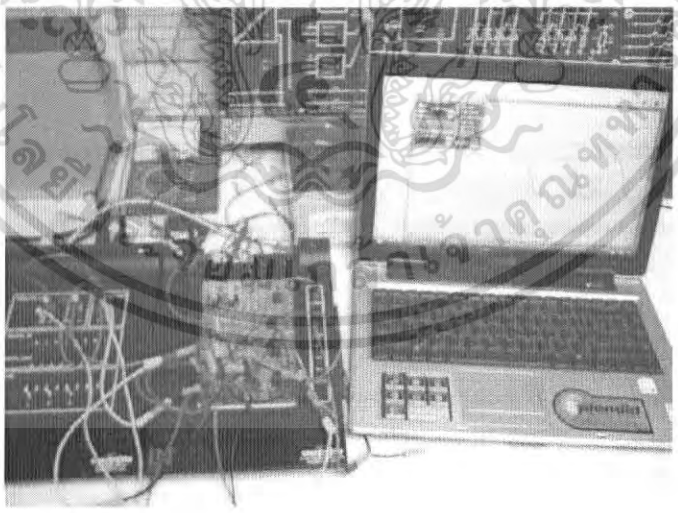
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเห็นในการใช้งานในลักษณะที่มีความถี่คงที่ ความต่างเฟสในวงจร R_C ทำหน้าที่เป็นรีแอกแตนซ์ความจุ X_C และความต้านทาน R ของวงจรข่าย ความต้านทานไม่ได้เปลี่ยนไปตามความถี่ ดังนั้นตัวเก็บประจุจึงเป็นอุปกรณ์ไวความถี่การเลือกส่วนประกอบอย่างรอบคอบจะควบคุมปริมาณการเลื่อนเฟสตัดผ่านกลุ่ม R_C ฉะนั้นจึงเป็นการลดการเลื่อนเฟสตัดผ่านแต่ละวงจร



รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์

4.2.4.3 วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 4.19 วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์

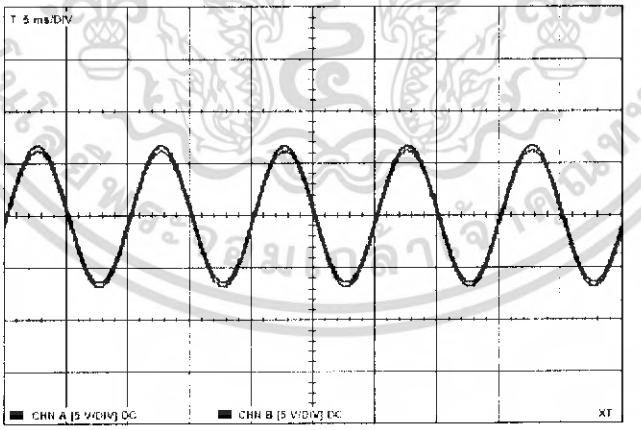
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบวงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์

1.1 ปรับค่า Function Generator ที่ Amplitude 1:1, Frequency 100 Hz เปลี่ยนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็น Sine Waveform

1.2 ปรับค่า Oscilloscope ที่ Time, Chanel A, Chanel B ให้มีค่าที่เหมาะสม

1.3 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์วงจรเช่นนี้ ขั้วอินพุตทั้งสองของออปแอมป์ถูกป้อนกลับด้วยสัญญาณจากเอาต์พุต โดยมีตัวต้านทานคอยทำหน้าที่ป้อนกลับแบบบวกให้แก่ขั้วอินพุตบวกและป้อนสัญญาณเอาต์พุตกลับแบบลบให้แก่ขั้วอินพุตลบและในการป้อนกลับรวมนั้น การป้อนกลับชนิดบวกต้องมีค่าสูงกว่าเพื่อทำให้วงจรออสซิลเลทได้ (มิเช่นนั้น ถ้าการป้อนกลับแบบลบมีค่าสูงกว่าสัญญาณที่เอาต์พุตถูกลดลงจนหมดไปในที่สุด) ดังนั้นจึงต้องมีตัวต้านทานเป็นตัวควบคุมไม่ให้การป้อนกลับแบบลบมีค่าสูงเกินไปและยังทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดการเริ่มการทำงานของวงจรอีกด้วย นอกจากนี้วงจรภาคที่ป้อนสัญญาณกลับชนิดบวกยังสามารถบังคับวงจรให้หยุดทำงานได้เมื่อความถี่ที่เอาต์พุต มีค่าต่างจากที่ได้กำหนดเอาไว้โดยมีหลักในการป้องกันดังนี้ เมื่อความถี่ที่เอาต์พุตมีค่าสูงขึ้น ริแอ็คแตนซ์ของตัวเก็บประจุ จะลดลงทำให้สัญญาณเอาต์พุตบวกมีขนาดลดลง นั่นคือ ค่าของการป้อนกลับแบบบวกจะน้อยกว่าการป้อนกลับชนิดลบ ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าต่ำลงหรือในกรณีที่ความถี่ของเอาต์พุตมีค่าลดลง รีแอ็คแตนซ์ของ ตัวเก็บประจุอีกตัวก็จะ เพิ่มขึ้นทำให้แรงดันตกคร่อมขั้วอินพุตบวกเทียบกับกราวด์มีค่าลดลง (ตามกฎของการแบ่งแรงดัน)



รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

4.3.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการที่ประเมิน	ระดับความเหมาะสม			$\bar{x}$
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับใบงาน	4	3	5	4
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับใบงาน	4	4	5	4.33
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4	4	4	4
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	3	5	4
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	5	4	5	4.66
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่องโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	5	5	4	4.66
7. กระบวนการในใบงานการทดลองกระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4	4	5	4.33
8. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประลงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	3	3	4	3.33
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	3	3	5	3.66
10. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	3	4	5	4
เฉลี่ยรวม	39	37	47	4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการที่ประเมิน	ระดับความเหมาะสม			$\bar{x}$
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1. ชุดทดลองมีความสะดวกในการจัดการสอน	5	5	5	5
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4	5	5	4.66
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	5	5	5	5
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการใช้งาน	4	5	5	4.66
5. ชุดทดลองนี้มีความเหมาะสมกับใบงาน	4	5	5	4.66
6. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้	4	4	5	4.33
7. ชุดทดลองนี้มีความจูงใจและน่าสนใจเหมาะสมกับการเรียนรู้	5	5	5	5
8. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4	5	5	4.66
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจหลักการทำงานของออปแอมป์ชนิดต่างๆ	4	5	5	4.66
10. ชุดทดลองนี้สามารถแบ่งเบาภาระของอาจารย์ผู้สอน	5	5	5	5
เฉลี่ยรวม	44	49	50	4.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ได้ถูกออกแบบลักษณะการนำเสนอเนื้อหาและใบงานที่เป็นภาษาไทย โดยชุดฝึกปฏิบัตินี้ประกอบด้วย ชุดฝึก เนื้อหา ใบงาน และการ์ดการทดลอง โดยการ์ดที่ใช้ในประกอบการทดลองมีด้วยกัน 4 การ์ด ซึ่งมีเลขเรียกชื่อดังนี้ 1. การ์ด SO4103-7A_TH, 2. การ์ด SO4103-7B_TH 3. การ์ด SO4103-7C_TH 4. การ์ด SO4103-7D_TH เพื่อใช้งานร่วมกับโปรแกรม *Lab Soft*

ในการทดลองจะแบ่งการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงเป็นหัวข้อการทดลองจากใบงานการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์ วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคับปลิงแบบไม่กลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคับปลิงแบบกลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คับปลิงแบบไม่กลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คับปลิงแบบไม่กลับเฟส วงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์ และวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งรวบรวมเป็นใบงานการทดลองทั้งหมด 16 ใบงาน จากขีดความสามารถของโครงงานที่ได้กำหนดเอาไว้เพียง 8 ใบงาน

ในตัวโปรแกรมจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. รายละเอียดการ์ดชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงและการใช้งานเบื้องต้น
2. ทฤษฎีและเนื้อหาคุณสมบัติของออปแอมป์แบบต่างๆ
3. ใบงานการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง

การนำเสนอทฤษฎีและเนื้อหานั้นจะมีความน่าสนใจเป็นพิเศษในรูปลักษณ์สื่อการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมแฟลช (Flash) เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างงานมัลติมีเดียที่นิยมมากที่สุดในโปรแกรมหนึ่งในปัจจุบัน ซึ่งสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวหรืออนิเมชั่น (Animation) รวมทั้งสามารถสร้างตัวควบคุมที่ใช้แอคชั่นสคริพ (*Action Script*) ในการควบคุมการทำงานของภาพเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดี ซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะควบคุมการทำงานของภาพเคลื่อนไหวได้ด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการทดลองใช้งานชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงนั้น สามารถแสดงผลการทดลองได้ทั้งที่เป็นตัวเลข กราฟ สามารถเก็บผลการทดลองของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม ซึ่งผู้สอนสามารถตรวจสอบและประเมินผลการทดลองได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ อีกทั้งสามารถที่จะเรียกดูผลของข้อมูลย้อนหลังที่ได้บันทึกการทดลองไว้และยังสามารถทำการพิมพ์เอกสารออกมาศึกษาเพิ่มเติมได้อีกด้วย

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง เหมาะสำหรับผู้ที่เรียนในสาขาวิชาชีพ คณะไฟฟ้าอุตสาหกรรม แผนกช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และผู้ที่สนใจ เป็นชุดฝึกปฏิบัติที่สามารถเสริมสร้างทักษะที่ดีในการฝึกปฏิบัติได้ในระดับหนึ่งอีกด้วย

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นในการทำงานหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การใช้งานโปรแกรมแฟลช สร้างตัวควบคุมที่ใช้แอคชั่นสคริพ
   วิธีการแก้ไข ทำการศึกษาข้อมูลการสร้างตัวควบคุมที่ใช้แอคชั่นสคริพ จากหนังสือโปรแกรมแฟลชและอินเทอร์เน็ต
2. รูปแบบการนำเสนอเนื้อหาและใบงานไม่ตรงกับกลุ่มที่ทำการชุดฝึกปฏิบัติวงจรทรานซิสเตอร์และไดโอด
   วิธีการแก้ไข เรียกสมาชิกกลุ่มต่างๆ มาพูดคุยหามาตรฐานรูปแบบของเนื้อหาและใบงาน
3. การกำหนดขนาดขาลายอุปกรณ์ ในการสร้างแผนวงจรพิมพ์ ค่อนข้างไม่ได้ขนาดจริง
   วิธีการแก้ไข เลือกซื้อตัวอุปกรณ์มาวัดขนาดและทำการสร้างขาของตัวอุปกรณ์ขึ้นมาใช้งานเอง
4. โปรแกรม Labsoft ไม่รองรับการนำภาพเคลื่อนไหวหรืออนิเมชั่น
   วิธีการแก้ไข นำซอสโค้ด (Source Code) ของอาจารย์ที่ปรึกษามาศึกษา และทำการแก้ไขคำสั่งให้รองรับภาพเคลื่อนไหวหรืออนิเมชั่น

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. สามารถนำชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงไปใช้งานร่วมกับชุดการทดลองและแผงทดลองอื่นๆ ได้
2. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงสามารถเสริมใบงานที่เป็นการทดลองที่ไม่ถูกต้อง เพื่อให้นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ และรู้จักการแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การนำเสนอทฤษฎีและเนื้อหาสามารถเพิ่มขีดความน่าสนใจแก่ผู้เรียน โดยใช้โปรแกรมแฟลช ที่ใช้สร้างงานมัลติมีเดีย ซึ่งสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวหรืออนิเมชั่น รวมทั้งสามารถสร้างตัวควบคุมที่ใช้แอคชั่นสคริปได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัมพล ทองเรือง. 2544. **การใช้งานโปรแกรม PSpice A/D วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.

บัณฑิต จามรภูมิ. 2544. **การใช้งาน Protel 99.** พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่ : บัณฑิตเพรส.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ และคณะ. 2548. **วงจรพัลส์และดิจิตอล.** นนทบุรี : เจริญรุ่งเรืองการพิมพ์.

พิสมัย สุภัทรานนท์. 2545. **ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซีสำหรับช่างเทคนิค.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

มนตรี พรหมเพ็ชร. 2524. **ใบงานความรู้ออปแอมป์. กรุงเทพฯ** : กรมอาชีวศึกษา

มนตรี พรหมเพ็ชร. 2542. **ใบงานออปแอมป์และการออกแบบใช้งาน. กรุงเทพ ฯ** : ม.ป.ท

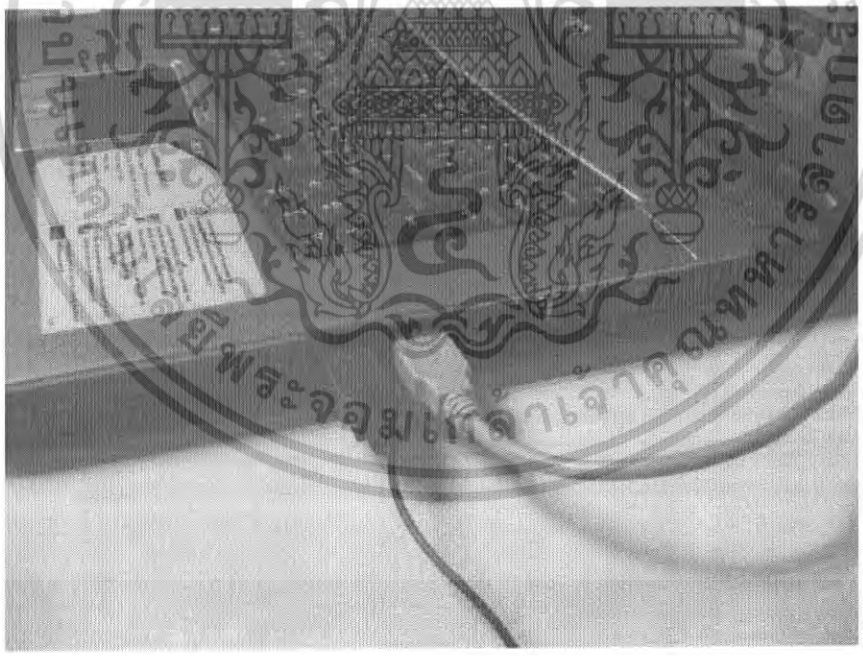
วิโรจน์ อัศวรังสี และคณะ. 2544. **XML Extensible Markup Language.** กรุงเทพฯ : เอ. อาร์. อินเฟอร์เมชั่น แอนด์ พับลิเคชั่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

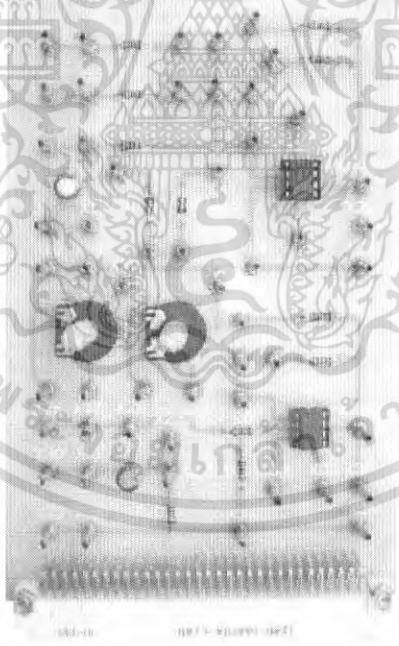
รูปที่ ก.1 ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง



รูปที่ ก.2 การต่อสาย USB เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์

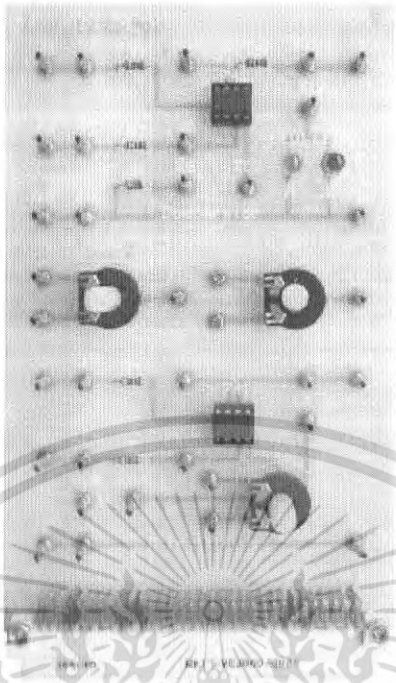
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 การต่อสาย USB และการต่อสายแหล่งจ่ายให้กับชุดควบคุม

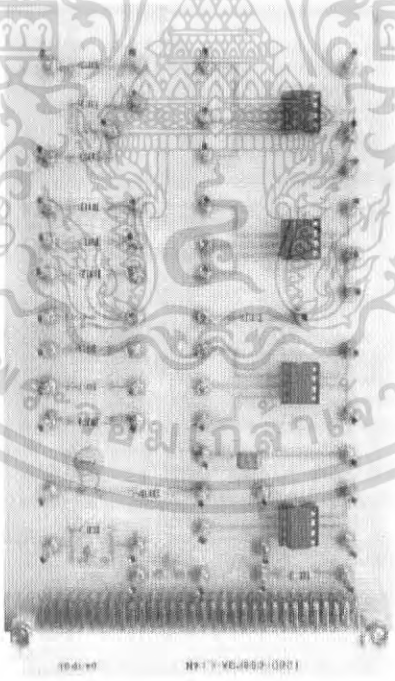


รูปที่ ก.4 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7A_TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

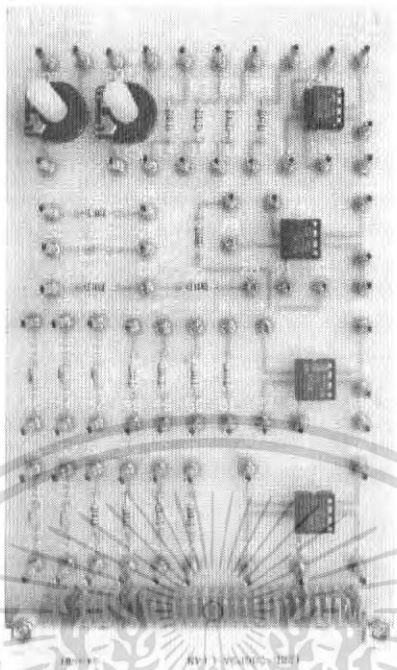


รูปที่ ก.5 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7B_TH



รูปที่ ก.6 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7C_TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7D_TH

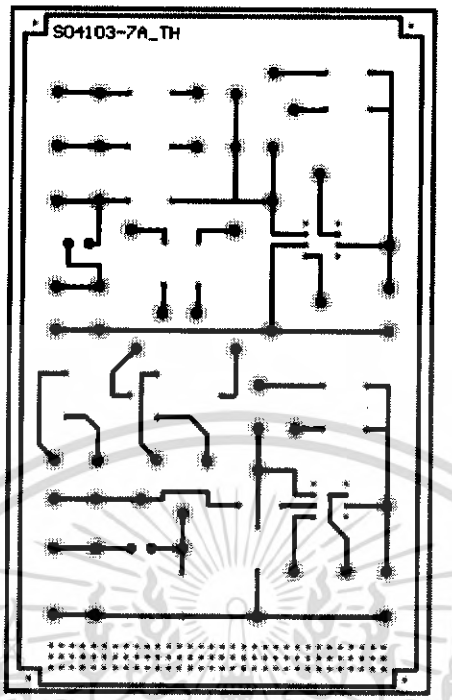
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

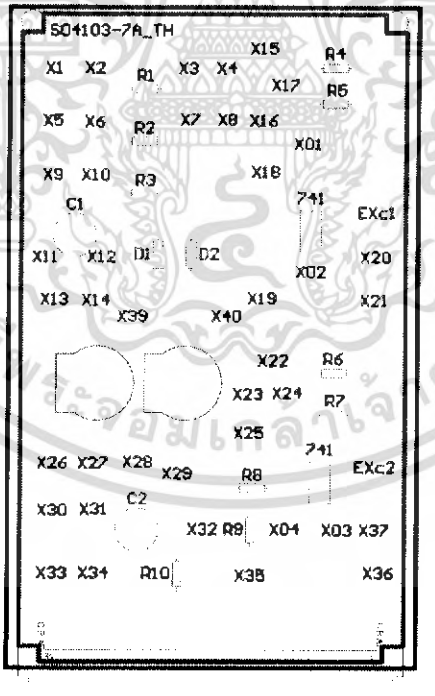
ภาคผนวก ข

วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

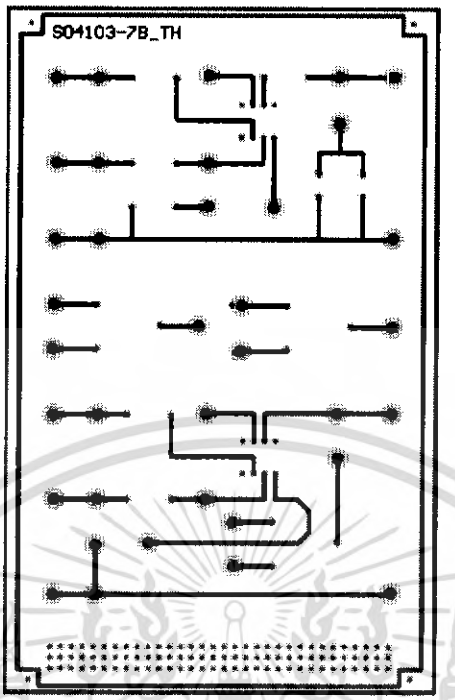


รูปที่ ข.1 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7A_TH

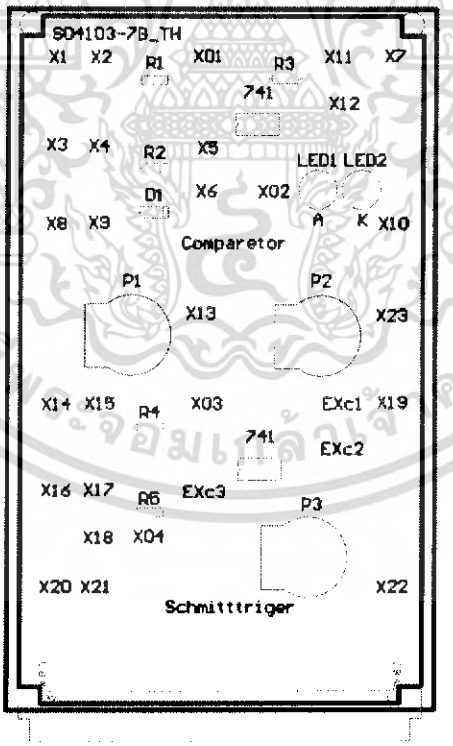


รูปที่ ข.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7A_TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

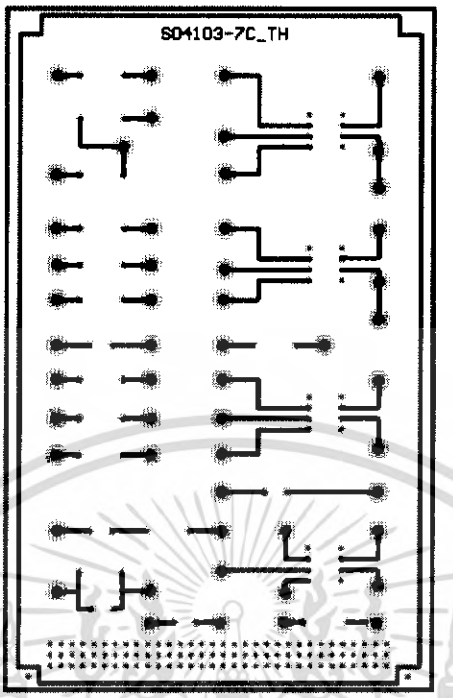


รูปที่ ข.3 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7B_TH

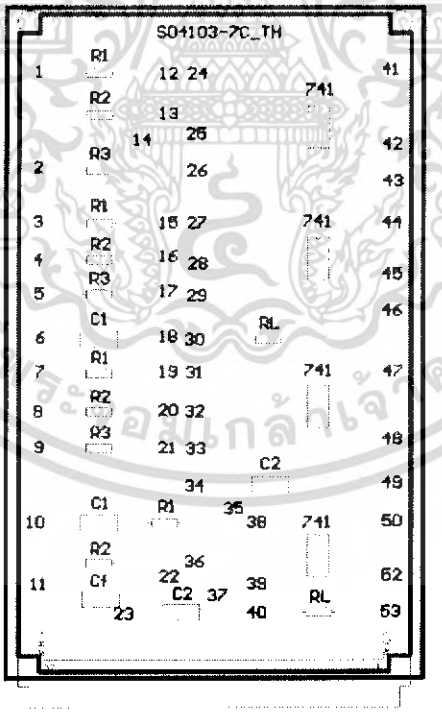


รูปที่ ข.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7B_TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

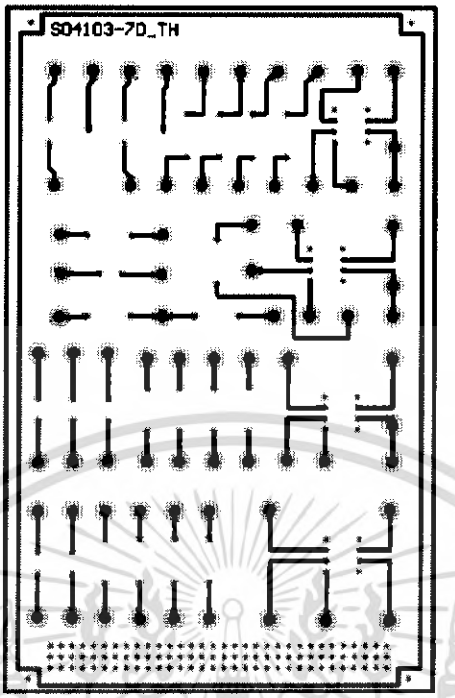


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7C_TH

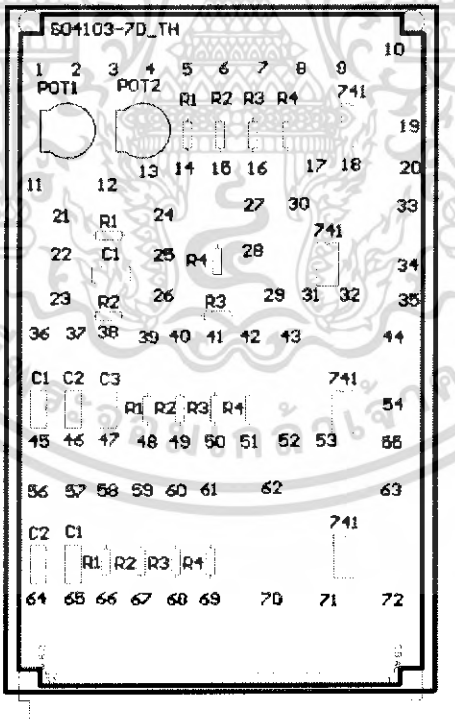


รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7C_TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7D_TH



รูปที่ ข.8 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์การ์ด SO4103-7D_TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7A_TH

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 µF 50 V	1 ตัว
C2	10 µF 50 V	1 ตัว
สารกึ่งตัวนำ		
Z1,Z2	1N4744A	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	2 kΩ 1/2W 1%	1 ตัว
R3,R6,R8,R9,R10	100 kΩ 1/2W 1%	4 ตัว
R2	20 Ω 1/2W 1%	1 ตัว
R4	200 kΩ 1/2W 1%	1 ตัว
R5	9 kΩ 1/2W 1%	1 ตัว
R7	100 kΩ 1/2W 1%	1 ตัว
ออปแอมป์		
741	LM 741	2 ตัว
โพเทนทิโอมิเตอร์	10 kΩ	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1	Connecter 64 pin	1 ตัว
จุดเสียบสายนำสัญญาณเครื่องโทรทัศน์		36 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7B_TH

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
สารกึ่งตัวนำ		
Z1	1N4733A	1 ตัว
ออปแอมป์		
741	LM 741	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1,R2,R4,R5	7 kΩ 1/2 W 1%	4 ตัว
R3	5 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
LED1	LED GREEN	1 ตัว
LED2	LED RED	1 ตัว
P1,P2,P3	10 kΩ	3 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1	Connecter 64 pin	1 ตัว
จุดเสียบสายนำสัญญาณเครื่องโทรทัศน์		22 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7C_TH

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R1	120 kΩ 1/2 W 1%.	1 ตัว
R1, R3	1 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R1, R3	270 Ω 1/2 W 1%	2 ตัว
R2	18 kΩ 1/2 W 1%	2 ตัว
R2	47 kΩ 1/2 W 1%	2 ตัว
RL	2.2 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
RL	250 Ω 1/2 W 1%	1 ตัว
ออปแอมป์	LM 741	4 ตัว
741		
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1	Connecter 64 pin	1 ตัว
จุดเสียบสายนำสัญญาณเครื่องโทรทัศน์		56 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของ SO4103-7D TH

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C1,C2	0.1 µF 100V , 0 1 µF 100V	1 ตัว
C1	2200pF 100V	1 ตัว
C2	2200pF 100V	1 ตัว
C3	2200pF 100V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1,R2,R3,R4	1.8 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R1	68 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R1	8.2 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R1	1 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R2	270 Ω 1/2 W 1%	2 ตัว
R2	1.8 kΩ 1/2 W 1%	2 ตัว
R3	10 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R3	8.2 Ω 1/2 W 1%	1 ตัว
R3	2 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R4	8.2 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
R4	1 kΩ 1/2 W 1%	1 ตัว
ออปแอมป์	LM 741	4 ตัว
741		
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1	Connecter 64 pin	1 ตัว
จุดเสียบสายนำสัญญาณเครื่องโทรทัศน์		56 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TAIWAN OASIS LED DATA SHEET

PART NO. : TOL-50aHRaTEa

DESCRIPTION

SOURCE MATERIAL	GaP
COLOR	Red
LENS	Red Transparent

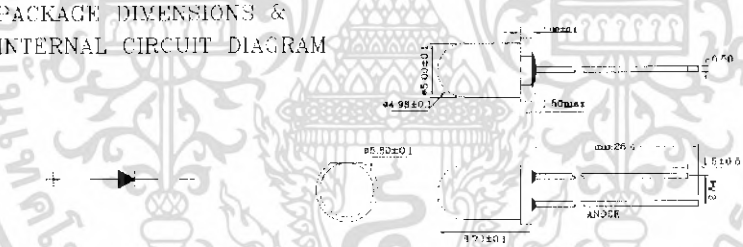
ABSOLUTE MAXIMUM RATING (Ta=25°C)

PULSE CURRENT (1/10 DUTY CYCLE, 0.1mS PULSE WIDTH)	100mA
REVERSE VOLTAGE	5.0V
CONTINUOUS FORWARD CURRENT	25mA
RECOMMEND OPERATING CURRENT	15mA
OPERATING TEMPERATURE	-25°C TO 85°C
STORAGE TEMPERATURE	-30°C TO 100°C
LEAD SOLDERING TEMPERATURE	260°C FOR 3 SECONDS (2mm from body)

CHARACTERISTICS (Ta=25°C)

PARAMETER	CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS
POWER DISSIPATION		Pd			75	mW
PEAK EMISSION WAVELENGTH	If=20mA	λP		700		nm
SPECTRUM HALF WIDTH	If=20mA	Δλ		100		nm
FORWARD VOLTAGE	If=20mA	VF		2.25	2.50	V
REVERSE CURRENT	VR=5V	IR			10	μA
LUMINOUS INTENSITY	If=20mA	Iv	15	30		mcd
FULL VIEWING ANGLE	If=20mA	$2\theta_{1/2}$		15		deg.

PACKAGE DIMENSIONS & INTERNAL CIRCUIT DIAGRAM



DATE	01/12/'00	SCALE	2:1	TOLERANCE	±0.25 ANGLE ±1°	DRAWN	李明堂	CHECKED	
UNIT	M/M	SHEET NO.	1/1	DRAWING NO.	T-50aHRaTEa-A	CUSTOMER		APPROVED	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0W Zener Diode

COMCHIP

1N4728A thru 1N4764A

Nominal Zener Voltage: 3.3 to 100V
Power Dissipation: 1.0W

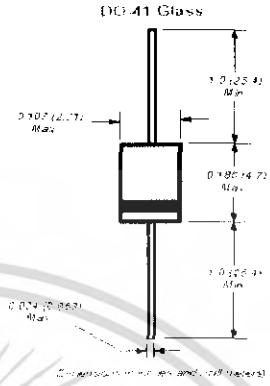
Features

- 1.0 Watt Power Dissipation
- 3.3V - 100V Nominal Zener Voltage
- Standard Vz Tolerance: ±5%

Mechanical Data

- Case: DO-41, Glass
- Terminals: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Approx. Weight: 0.34 grams

DO-41 Glass



Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Zener Current (see Table page 2)	I_Z	See Table	mA
Power Dissipation Derate Above 50°C (Note 1)	P_D	1.0 6.67	W mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient Air	$R_{\theta JA}$	175	°C/W
Forward Voltage @ I_F = 200 mA	V_F	1.2	V
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +200	°C

Note: 1. Valid provided that leads are kept at T_L = 50°C with lead length = 9.5mm (3/8") from case.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0W Zener Diode

COMCHIP

Electrical Characteristics

Type Number	Nominal Zener Voltage (Note 2)	Test Current	Maximum Zener Impedance (Note 3)			Maximum Reverse Leakage Current		Max Surge Current @8ms	Temperature Coefficient @ I_{ZT}
	V_Z @ I_{ZT}	I_{ZT}	Z_{ZT} @ I_{ZT}	Z_{ZK} @ I_{ZK}	I_{ZK}	I_R	@ V_R	I_{ZSM}	
	(V)	(mA)	(Ω)	(Ω)	(mA)	(μA)	(V)	(mA)	%/°C
1N4728A	3.3	76	10	400	1.0	100	1.0	1380	-0.070 to -0.065
1N4729A	3.6	69	10	400	1.0	100	1.0	1260	-0.065 to -0.060
1N4730A	3.9	64	9.0	400	1.0	50	1.0	1150	-0.060 to -0.055
1N4731A	4.3	58	9.0	400	1.0	10	1.0	1070	-0.055 to -0.045
1N4732A	4.7	53	8.0	500	1.0	10	1.0	970	-0.050 to +0.045
1N4733A	5.1	49	7.0	550	1.0	10	1.0	890	-0.030 to +0.040
1N4734A	5.6	45	5.0	600	1.0	10	2.0	810	-0.020 to +0.045
1N4735A	6.2	41	2.0	700	1.0	10	3.0	730	+0.030 to +0.055
1N4736A	6.8	37	3.5	700	1.0	10	4.0	660	+0.035 to +0.060
1N4737A	7.5	34	4.0	700	0.5	10	5.0	605	+0.035 to +0.065
1N4738A	8.2	31	4.5	700	0.5	10	6.0	550	+0.040 to +0.075
1N4739A	9.1	28	5.0	700	0.5	10	7.0	500	+0.045 to +0.075
1N4740A	10	25	7.0	700	0.25	10	8.0	454	+0.050 to +0.080
1N4741A	11	23	8.0	700	0.25	5.0	8.4	414	+0.045 to +0.080
1N4742A	12	21	9.0	700	0.25	5.0	9.1	380	+0.045 to +0.085
1N4743A	13	19	10	700	0.25	5.0	9.9	344	+0.045 to +0.085
1N4744A	15	17	14	700	0.25	5.0	11.4	304	+0.050 to +0.090
1N4745A	16	15.5	16	700	0.25	5.0	12.2	285	+0.050 to +0.090
1N4746A	18	14	20	750	0.25	5.0	13.7	250	+0.050 to +0.090
1N4747A	20	12.5	22	750	0.25	5.0	15.2	225	+0.050 to +0.090
1N4748A	22	11.5	23	750	0.25	5.0	16.7	205	+0.055 to +0.095
1N4749A	24	10.5	25	750	0.25	5.0	18.2	190	+0.055 to +0.095
1N4750A	27	9.5	35	750	0.25	5.0	20.6	170	+0.060 to +0.095
1N4751A	30	8.5	40	1000	0.25	5.0	22.8	150	+0.060 to +0.095
1N4752A	33	7.5	45	1000	0.25	5.0	25.1	135	+0.060 to +0.095
1N4753A	36	7.0	50	1000	0.25	5.0	27.4	124	+0.060 to +0.095
1N4754A	39	6.5	60	1000	0.25	5.0	29.7	115	+0.060 to +0.095
1N4755A	43	6.0	70	1500	0.25	5.0	32.7	110	+0.060 to +0.095
1N4756A	47	5.5	80	1500	0.25	5.0	35.8	95	+0.060 to +0.095
1N4757A	51	5.0	95	1500	0.25	5.0	38.8	90	+0.065 to +0.095
1N4758A	56	4.5	110	2000	0.25	5.0	42.6	80	+0.070 to +0.095
1N4759A	62	4.0	125	2000	0.25	5.0	47.1	70	+0.070 to +0.095
1N4760A	68	3.7	150	2000	0.25	5.0	51.7	65	+0.075 to +0.095
1N4761A	75	3.3	175	2000	0.25	5.0	56.0	60	+0.075 to +0.095
1N4762A	82	3.0	200	3000	0.25	5.0	62.2	55	—
1N4763A	91	2.8	250	4000	0.25	5.0	69.2	50	—
1N4764A	100	2.5	350	4000	0.25	5.0	76.0	45	—

Notes: 2. Measured under thermal equilibrium and dc test conditions.
3. The Zener impedance is derived from the 60 cycle ac voltage which results when an ac current having an rms value equal to 10% of the Zener current (I_{ZT} or I_{ZK}) is superimposed on I_{ZT} or I_{ZK}. Zener impedance is measured at two points to ensure a sharp knee on the breakdown curve and to eliminate unstable units.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ratings and Characteristic Curves (TA = 25°C unless otherwise noted)

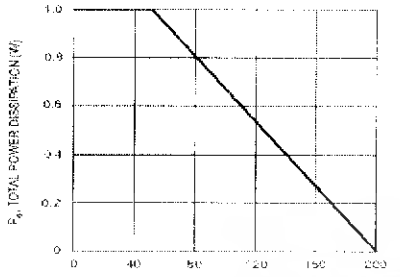


Fig.1 Power Dissipation vs Ambient Temperature

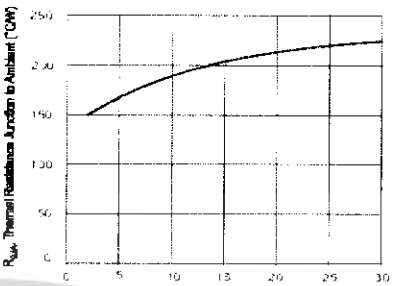


Fig. 2 Typical Thermal Resistance vs. Lead Length

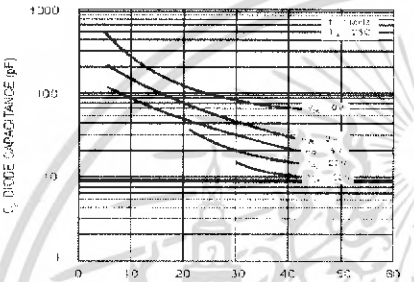


Fig.3 Junction Capacitance vs Zener Voltage

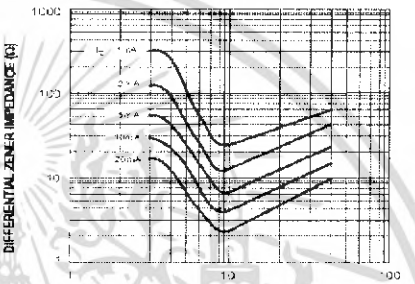


Fig. 4 Typical Zener Impedance vs. Zener Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

www.fairchildsemi.com

LM741

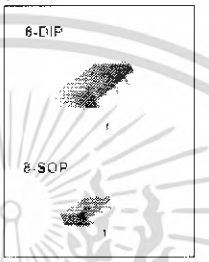
Single Operational Amplifier

Features

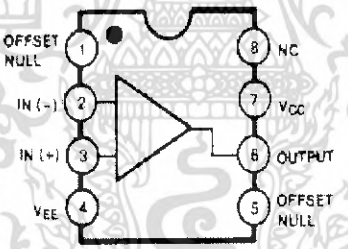
- Short circuit protection
- Excellent temperature stability
- Internal frequency compensation
- High Input voltage range
- Null of offset

Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers. It is intended for a wide range of analog applications. The high gain and wide range of operating voltage provide superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications.



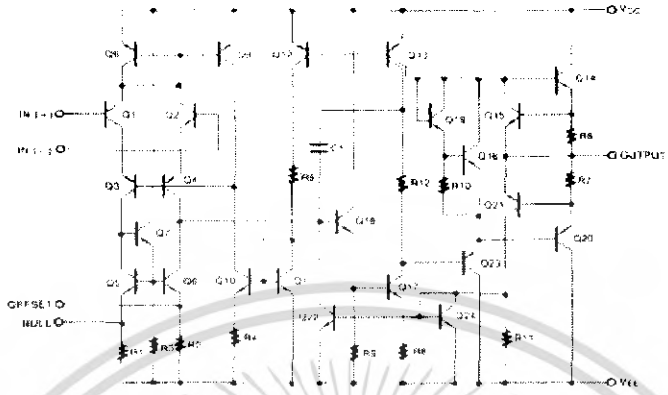
Internal Block Diagram



©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings (T_A = 25°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V_{CC}	±18	V
Differential input Voltage	V_{IDIFF}	30	V
Input Voltage	V_I	±15	V
Output Short Circuit Duration	-	Indefinite	-
Power Dissipation	P_D	500	mW
Operating Temperature Range LM741C LM741I	T_{OPR}	 0 ~ +70 -40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 15V, V_{EE} = - 15V, T_A = 25°C unless otherwise specified)

Parameter		Symbol	Conditions		LM741C/LM741I			Unit
					Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage		V_{IO}	$R_S \leq 10K\Omega$		-	2.0	6.0	mV
			$R_S \leq 50\Omega$		-	-	-	
Input Offset Voltage Adjustment Range		$V_{IO(R)}$	V_{CC} = ±20V		-	±15	-	mV
Input Offset Current		I_{IO}	-		-	20	200	nA
Input Bias Current		I_{BIAS}	-		-	80	500	nA
Input Resistance (Note1)		R_I	V_{CC} =±20V		0.3	2.0	-	MΩ
Input Voltage Range		$V_{I(R)}$	-		±12	±13	-	V
Large Signal Voltage Gain		G_V	$R_L \geq 2K\Omega$	V_{CC} =±20V, $V_{O(P-P)}$ =±15V	-	-	-	V/mV
				V_{CC} =±15V, $V_{O(P-P)}$ =±10V	20	200	-	
Output Short Circuit Current		I_{SC}	-		-	25	-	mA
Output Voltage Swing		$V_{O(P-P)}$	V_{CC} = ±20V	$R_L \geq 10K\Omega$	-	-	-	V
				$R_L \geq 2K\Omega$	-	-	-	
			V_{CC} = ±15V	$R_L \geq 10K\Omega$	±12	±14	-	
				$R_L \geq 2K\Omega$	±10	±13	-	
Common Mode Rejection Ratio		CMRR	$R_S \leq 10K\Omega$, V_{CM} = ±12V		70	90	-	dB
			$R_S \leq 50\Omega$, V_{CM} = ±12V		-	-	-	
Power Supply Rejection Ratio		PSRR	V_{CC} = ±15V to V_{CC} = ±15V $R_S \leq 50\Omega$		-	-	-	dB
			V_{CC} = ±15V to V_{CC} = ±15V $R_S \leq 10K\Omega$		77	96	-	
Transient Response	Rise Time	T_R	Unity Gain		-	0.3	-	μs
	Overshoot	OS			-	10	-	%
Bandwidth		BW	-		-	-	-	MHz
Slew Rate		SR	Unity Gain		-	0.5	-	V/μs
Supply Current		I_{CC}	R_L=∞Ω		-	1.5	2.8	mA
Power Consumption		P_C	V_{CC} = ±20V		-	-	-	mW
			V_{CC} = ±15V		-	50	85	

*Note:
1. Guaranteed by design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

(-0°C ≤TA≤70°C V_{CC} = ±15V, unless otherwise specified)
The following specification apply over the range of 0°C ≤ TA ≤ +70°C for the LM741C, and the -40°C ≤ TA ≤ +85°C for the LM741I

Parameter	Symbol	Conditions		LM741C/LM741I			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	R_S≤50Ω		-	-	-	mV
		R_S≤10KΩ		-	-	7.5	
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-		-	-		uV/°C
Input Offset Current	I_{IO}	-		-	-	300	nA
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-		-	-		nA/°C
Input Bias Current	I_{B1}, I_{B2}	-		-	-	0.8	uA
Input Resistance (Note1)	Ri	V_{CC} = ±20V		-	-	-	MΩ
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	-		±12	±13	-	V
Output Voltage Swing	$V_{O(P-P)}$	V_{CC} =±20V	R_S≥10KΩ	-	-	-	V
			R_S≥2KΩ	-	-	-	
		V_{CC} =±15V	R_S≥10KΩ	±12	±13	-	
			R_S≥2KΩ	±10	±13	-	
Output Short Circuit Current	I_{SC}	-		10	-	40	mA
Common Mode Rejection Ratio	CMRR	R_S≤10KΩ, V_{CM} = ±12V		70	90	-	dB
		R_S≤50Ω, V_{CM} = ±12V		-	-	-	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	V_{CC} = ±20V to ±5V	R_S≤50Ω	-	-	-	dB
			R_S≤10KΩ	77	96	-	
Large Signal Voltage Gain	G_V	R_S≥2KΩ	V_{CC} = ±20V $V_{O(P-P)}$ = ±15V	-	-	-	V/mV
			V_{CC} = ±15V $V_{O(P-P)}$ = ±10V	16	-	-	
			V_{CC} = ±15V $V_{O(P-P)}$ = ±2V	-	-	-	

Note :
1. Guaranteed by design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

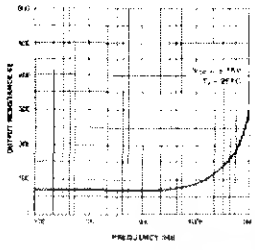


Figure 1. Output Resistance vs Frequency

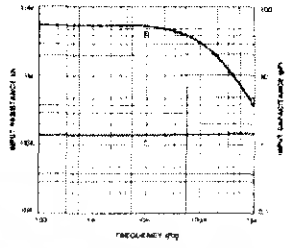


Figure 2. Input Resistance and Input Capacitance vs Frequency

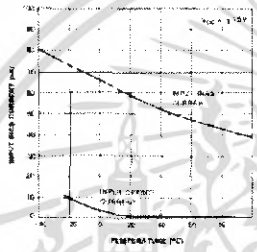


Figure 3. Input Bias Current vs Ambient Temperature

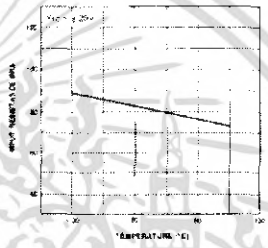


Figure 4. Power Consumption vs Ambient Temperature

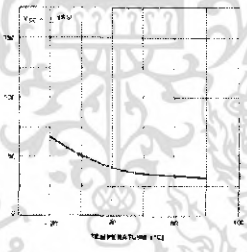


Figure 5. Input Offset Current vs Ambient Temperature

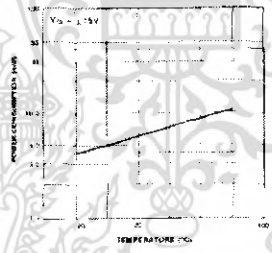


Figure 6. Input Resistance vs Ambient Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (continued)

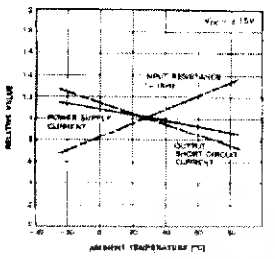


Figure 7. Normalized DC Parameters vs Ambient Temperature

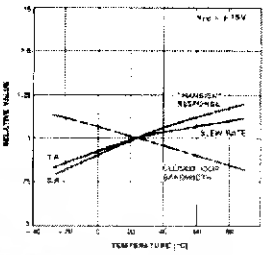


Figure 8. Frequency Characteristics vs Ambient Temperature

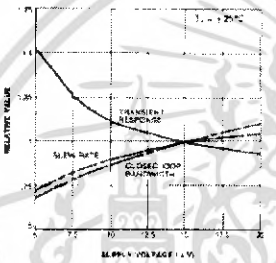


Figure 9. Frequency Characteristics vs Supply Voltage

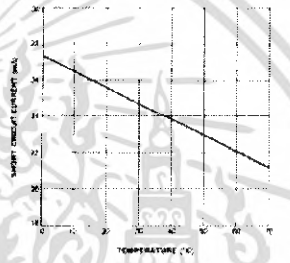


Figure 10. Output Short Circuit Current vs Ambient Temperature

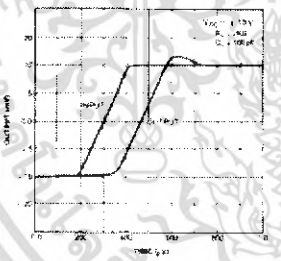


Figure 11. Transient Response

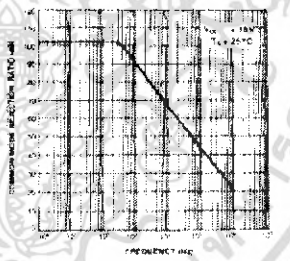


Figure 12. Common-Mode Rejection Ratio vs Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (continued)

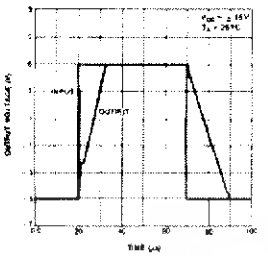


Figure 13. Voltage Follower Large Signal Pulse Response

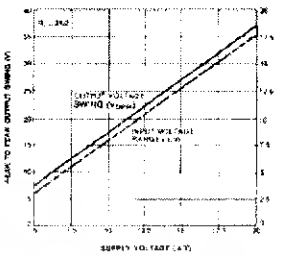


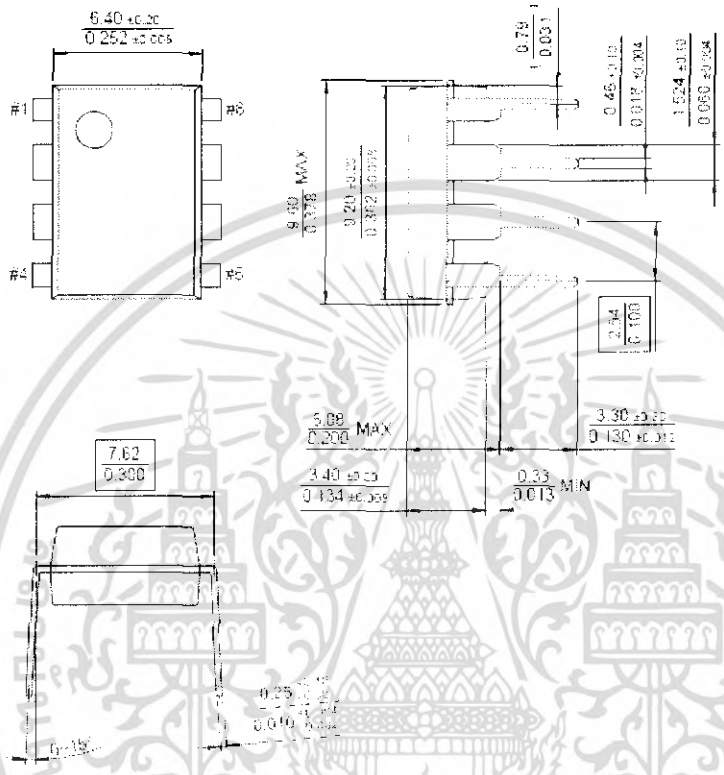
Figure 14. Output Swing and Input Range vs. Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions

Package

8-DIP

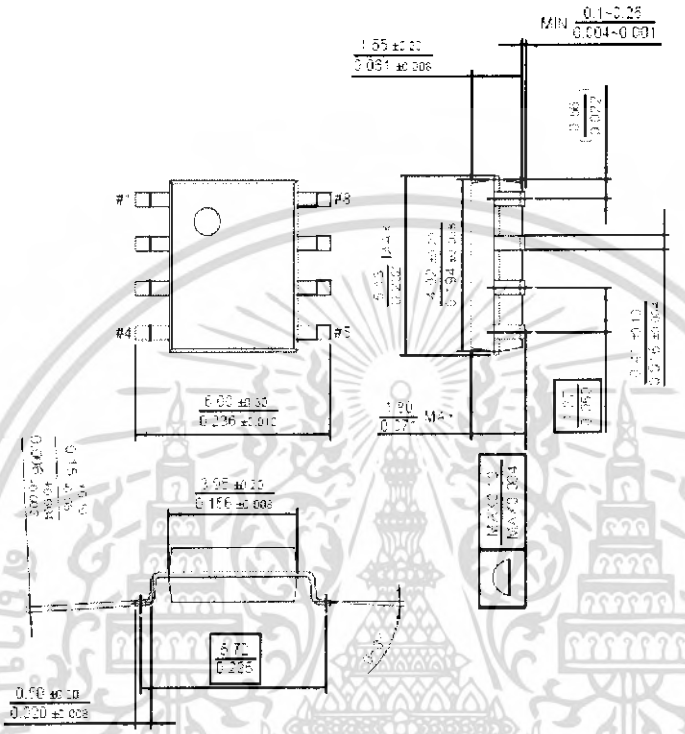


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions (Continued)

Package

8-SOP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM741CN	8-DIP	0 ~ + 70° C
LM741CM	8-SOP	
LM741IN	8-DIP	-40 ~ + 85° C

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVED THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN. NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.

2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้
ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

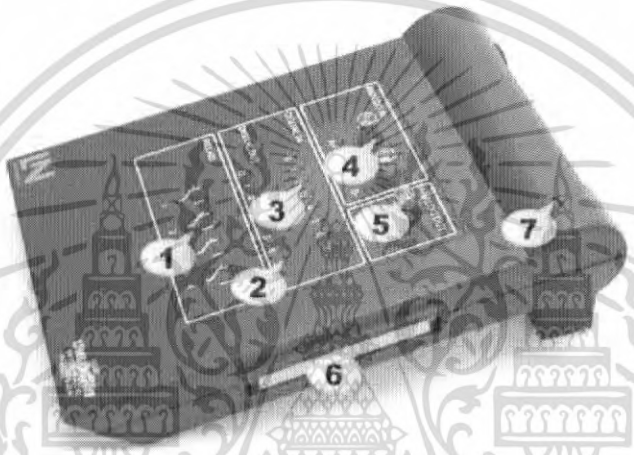
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ควรศึกษาทำความเข้าใจการใช้งานเบื้องต้นจากคู่มือให้เข้าใจก่อน เพื่อที่จะได้ลงมือปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเป็นการป้องกันการเสียหายของชุดฝึก

2. ส่วนประกอบของชุดฝึก

2.1 ส่วนควบคุมและการเชื่อมต่อสำหรับทำการทดลอง



รูปที่ จ.1 ส่วนควบคุม

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. ชุดรีเลย์ (Relay Field)

สำหรับการทดลองที่ต้องการใช้สวิตช์ควบคุม ประกอบด้วยรีเลย์ทั้งหมด 8 ตัว ซึ่ง 4 ตัวแรกจะต่อเข้าร่องเสียบสายขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับการต่อวงจร

2. ดิจิตอลเอาต์พุต D0 ถึง D7 (Digital Outputs D0 to D7)

ดิจิตอลเอาต์พุตประกอบด้วย 16 ชุด โดย 8 ชุดแรกจะต่อเข้าร่องเสียบสายขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับการต่อวงจร ส่วนกราวด์ของดิจิตอลเอาต์พุตจะถูกต่อเข้ากับชุดทดลองเรียบร้อยแล้ว

3. ดิจิตอลอินพุต (Digital inputs D0 to D7)

ดิจิตอลอินพุตประกอบด้วย 16 ชุด โดย 8 ชุดแรกจะต่อเข้ากับร่องเสียบสายขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับการต่อวงจร ส่วนกราวด์ของดิจิตอลอินพุตจะถูกต่อเข้ากับชุดทดลองเรียบร้อยแล้ว

4. แอนะลอกอินพุต (Analog inputs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนะลอกอินพุต A และ B สามารถต่อด้วยหัว BNC หรือสามารถเลือกต่อจากจุด A+ และ A- หรือ B+ และ B- ด้วยร่องเสียบสายขนาด 2 มิลลิเมตร ถูกใช้ให้เป็นส่วนที่ใช้วัดสัญญาณหรือแรงดัน

5. แอนะลอกเอาต์พุต (Analog Outputs)

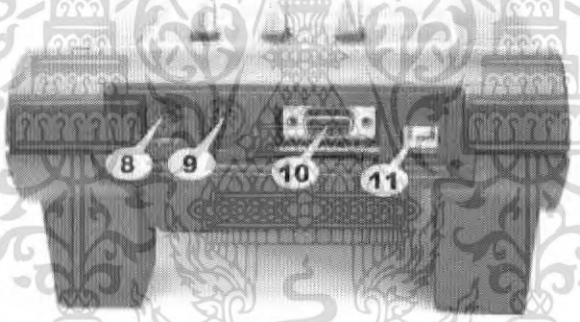
โดยทั่วไปสิ่งที่นำออกมาจากแอนะลอกเอาต์พุตจะมีความเร็วสูง สามารถต่อได้จากหัว BNC หรือต่อจากจุด S และ GND ด้วยร่องเสียบขนาด 2 มิลลิเมตร ถูกใช้ให้เป็นตัวเครื่องกำเนิดสัญญาณจากฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์

6. พอร์ตเชื่อมต่อ 96 ขา (96 PIN VG terminal)

เป็นพอร์ตที่เชื่อมต่อระหว่างบอร์ดควบคุมกับบอร์ดสำหรับผู้ทดลอง ซึ่งรายละเอียดของขาสามารถดูเพิ่มในหัวข้อรายละเอียดของ Pin configuration of VG terminal

7. ไฟแสดงสถานะ (Status display)

เป็นหลอดแอลอีดี จะติดสว่างเมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟหลักเข้ากับชุดฝึก



รูปที่ จ.2 จุดเชื่อมต่อต่างๆ

จากรูปที่ จ.2 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

8. จุดเชื่อมต่อแหล่งจ่าย (Connecting the add-on power supply unit)

เป็นจุดต่อแหล่งจ่ายไฟหมายเลข SO4203-2D ซึ่งเป็นจุดแหล่งจ่ายแรงดันที่ให้กับ V1, V2, และ V3 เท่านั้น

9. จุดเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟหลัก (Connecting the main power supply unit)

เป็นจุดต่อแหล่งจ่ายไฟหลักหมายเลข SO4203-2A เป็นจุดจ่ายแรงดันให้กับส่วนควบคุมของชุดฝึก

10. จุดเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม (RS232)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการปฏิบัติงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ คุณต้องเชื่อมต่อจุดนี้เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์แต่อย่างไรก็ตามแนะนำให้ใช้พอร์ต USB เนื่องจากมีความเร็วสูงกว่าในการส่งถ่ายข้อมูล

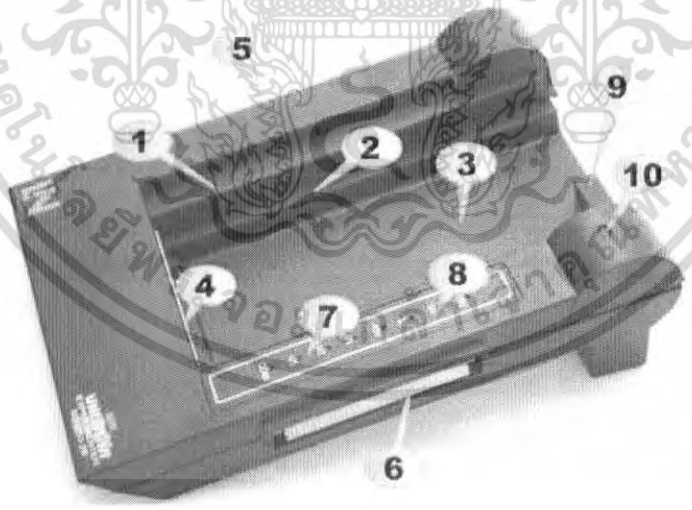
ตารางที่ จ.1 รายละเอียดของตำแหน่งขาพอร์ตอนุกรม (RS232)

ตำแหน่งของขา	รายละเอียด
2	RxD
3	TxD
5	GND

11. จุดเชื่อมต่อพอร์ตยูเอสบี (USB)

สำหรับการปฏิบัติงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ คุณต้องเชื่อมต่อจุดนี้เข้ากับพอร์ต USB ของเครื่องคอมพิวเตอร์

2.2 ตัวควบคุมสำหรับผู้ทดลองและการเชื่อมต่อ (Experimenter' control elements and connections)



รูปที่ จ.3 ตัวควบคุมสำหรับผู้ทดลอง

จากรูปที่ จ.3 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จุดวางการ์ดทดลอง (Breadboard seating)

เป็นช่องว่างสำหรับวางการ์ดทดลองของชุดทดลอง

2. ที่บรรจุการ์ดทดลอง (Guide for *UniTr@in*-I experiment cards)

ใช้สำหรับยึดการ์ดทดลองให้แน่นจนรู้สึกว่าต่อกันได้สนิทและพร้อมสำหรับการทดลองใบงาน

3. จุดวาง (Recess)

เป็นพื้นที่สำหรับใช้วางมัลติมิเตอร์ (ในชุดฝึกปฏิบัตินี้เราไม่ได้ใช้มัลติมิเตอร์จากภายนอก)

4. พอร์ตเชื่อมต่อ 96 ขา (96-pin VG terminal)

เป็นจุดที่ใช้ต่อการ์ดทดลองเข้ากับชุดฝึก

5. พอร์ตเชื่อมต่อ 96 ขา (96-pin VG terminal)

เป็นพอร์ตที่เชื่อมต่อระหว่างบอร์ดควบคุมกับบอร์ดสำหรับผู้ทดลองและใช้สำหรับการเชื่อมต่อการทำงานแบบชุดทดลองต่อชุดทดลองในรูปแบบอนุกรม

6. พอร์ตเชื่อมต่อ 96 ขา (96-pin VG terminal)

สำหรับการเชื่อมต่อการทำงานแบบชุดทดลองต่อชุดทดลองเพิ่มในรูปแบบอนุกรม

7. แรงดันเอาต์พุต (Voltage outputs)

แรงดันเอาต์พุตปรับค่าได้ ประกอบด้วย 3 จุดคือ V1, V2, และ V3 จะมีจุดการาวด์ต่อร่วมกัน ถูกใช้ให้เป็นแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) อธิ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC Power Supply แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 3-Phase Power Supply และแหล่งจ่ายไฟสามเฟส Advanced 3-Phase Supply

8. แหล่งจ่ายแรงดันคงที่ (Fixed-voltage outputs)

เป็นแหล่งจ่ายไฟที่ถูกกำหนด ได้แก่ +15V, +5V และ -15V

9. ส่วนติดต่ออินฟราเรด (Infrared interface)

10. ไฟแสดงสถานะ (Status display)

เป็นหลอดแอลอีดี จะติดสว่างเมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟหลักเข้ากับชุดฝึก

11. จุดเชื่อมต่อสำหรับแหล่งจ่ายแรงดันมาตรฐาน (Connection for standard power supply unit)

ตัวควบคุมสำหรับผู้ทดลองสามารถปฏิบัติงานได้โดยไม่ต้องต่อแหล่งจ่ายไฟจากส่วนควบคุม ซึ่งถ้าหากจะต่อแหล่งจ่ายแรงดันมาตรฐาน จะต้องต่อเข้ากับหัวต่อ E11 ที่ด้านข้าง หลังจากนั้นแรงดันคงที่ +15, +5, GND,-15 จะถูกต่อใช้งานทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.4 จุดเชื่อมต่อหัว E11

2.3 แหล่งจ่ายไฟให้กับ (Interface' control elements and connections)

รูปที่ จ.5 จุดเชื่อมต่อหัว E11

1. SO4203-2A Interface

เป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันที่ป้อนให้กับส่วนควบคุมของชุดฝึก ต่อเข้ากับจุดเชื่อมต่อแหล่งจ่ายหลักที่กล่าวมาข้างต้น

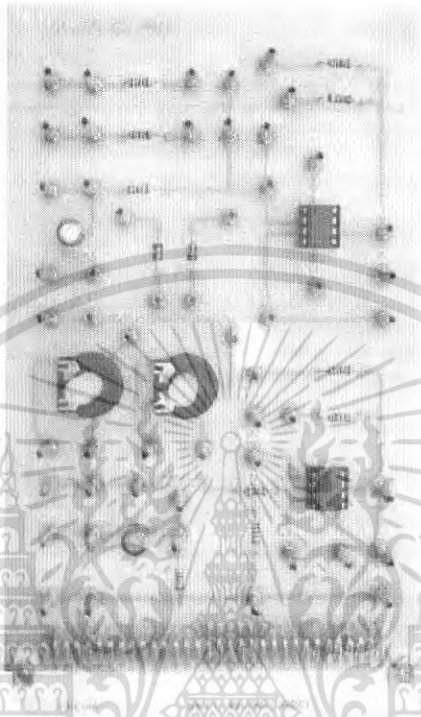
2. SO4203-2D Experimenter

เป็นแหล่งจ่ายไฟแรงดันที่ป้อนให้กับ V1, V2, และ V3 เท่านั้น ต่อเข้ากับจุดเชื่อมต่อแหล่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การ์ดสำหรับการทดลอง

3.1 การ์ด SO4103-7A_TH



รูปที่ จ.6 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7A_TH

SO4103-7A_TH เป็นการ์ดทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งใช้ประกอบการทดลอง จากหัวข้อใบงานการทดลองวงจรดังต่อไปนี้ วงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายแบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ และวงจรขยายผลรวม

ความสามารถในการใช้งานและควบคุม

สามารถใช้งานร่วมกับ 'Interface' control elements and connections

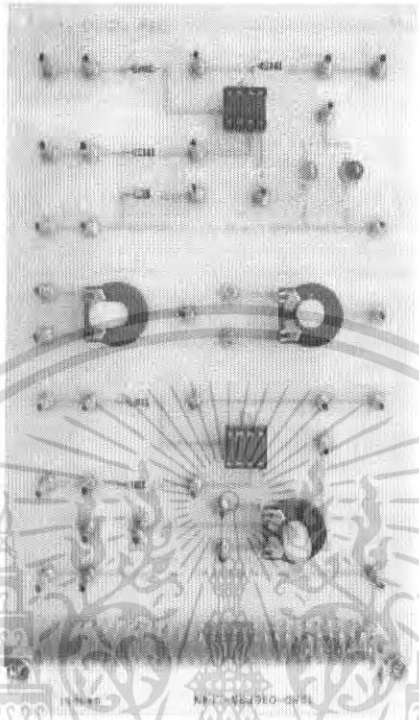
สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัด Measuring Devices ดังนี้ Voltmeter A, Voltmeter B

สามารถใช้งานร่วมกับแหล่งจ่ายไฟแรงดัน +15V, +5V และ -15V จาก breadboard (SO4203-2C).

สามารถใช้งานร่วมกับ Voltage Sources ดังนี้ Function Generator และ DC Source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การ์ดสำหรับการทดลอง SO4103-7B_TH



รูปที่ จ.7 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7B_TH

SO4103-7B_TH ใช้ในการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งใช้ประกอบการทดลอง จากหัวข้อใบงานการทดลองวงจรดังต่อไปนี้ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรสมิททริกเกอร์แบบกลับเฟสและวงจรสมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส

ความสามารถในการใช้งานและควบคุม

สามารถใช้งานร่วมกับ 'Interface' control elements and connections

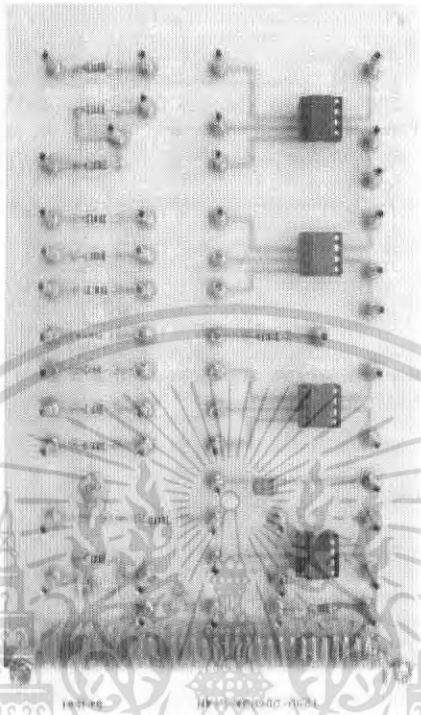
สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัด Measuring Devices ดังนี้ Voltmeter A, Voltmeter B

สามารถใช้งานร่วมกับแหล่งจ่ายไฟแรงดัน +15V, +5V และ -15V จาก breadboard (SO4203-2C).

สามารถใช้งานร่วมกับ Voltage Sources ดังนี้ Function Generator และ DC Source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การ์ดสำหรับการทดลอง SO4103-7C_TH



รูปที่ จ.8 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7C_TH

SO4103-7C_TH ใช้ในการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งใช้ประกอบการทดลอง จากหัวข้อใบงานการทดลองวงจรดังต่อไปนี้ วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส วงจรออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส และวงจรออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส

ความสามารถในการใช้งานและควบคุม

สามารถใช้งานร่วมกับ 'Interface' control elements and connections

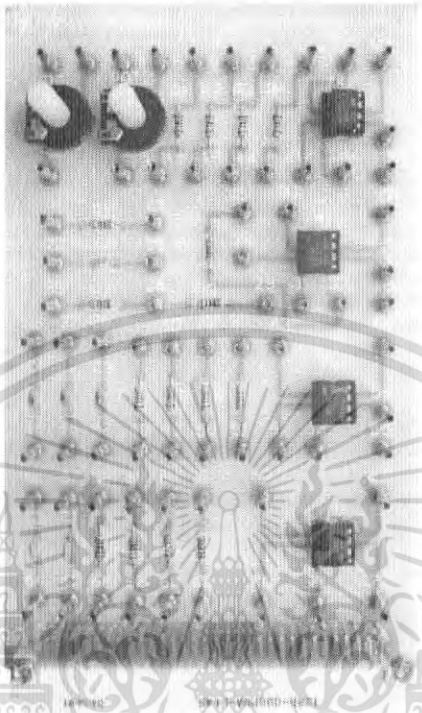
สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัด Measuring Devices ดังนี้ Voltmeter A, Voltmeter B

สามารถใช้งานร่วมกับแหล่งจ่ายไฟแรงดัน +15V, +5V และ -15V จาก breadboard (SO4203-2C).

สามารถใช้งานร่วมกับ Voltage Sources ดังนี้ Function Generator และ DC Source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การ์ดสำหรับการทดลอง SO4103-7D_TH



รูปที่ จ.9 ลักษณะการ์ดทดลอง SO4103-7D_TH

SO4103-7C_TH ใช้ในการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งใช้ประกอบการทดลอง จากหัวข้อใบงานการทดลองวงจรดังต่อไปนี้ วงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์ และวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์

ความสามารถในการใช้งานและควบคุม

สามารถใช้งานร่วมกับ 'Interface' control elements and connections

สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัด Measuring Devices ดังนี้ Voltmeter A, Voltmeter B

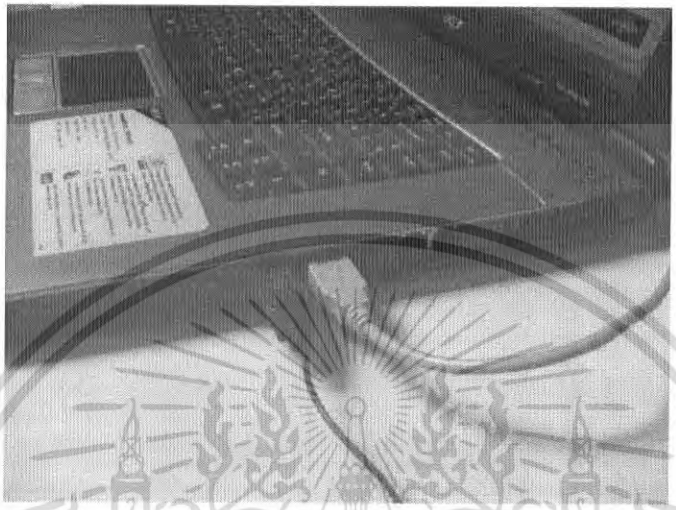
สามารถใช้งานร่วมกับแหล่งจ่ายไฟแรงดัน +15V, +5V และ -15V จาก breadboard (SO4203-2C).

สามารถใช้งานร่วมกับ Voltage Sources ดังนี้ Function Generator และ DC Source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

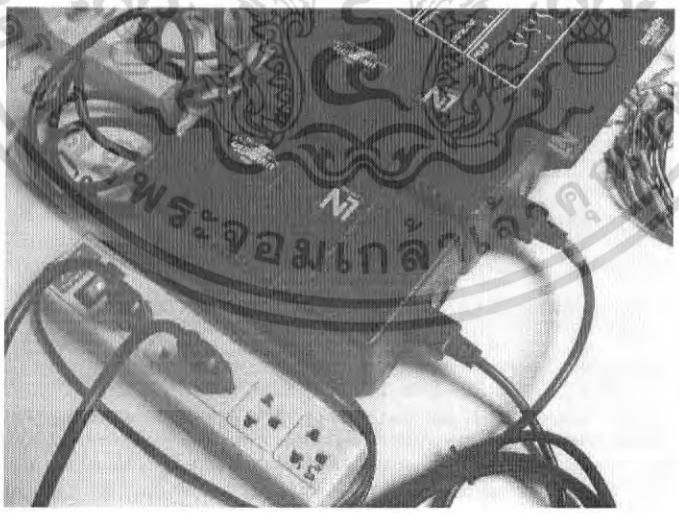
4. การติดตั้งและใช้งาน

1. ประกอบชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงที่จุดเชื่อมต่อ connecting the USB โดยผ่านสายสัญญาณ USB เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์



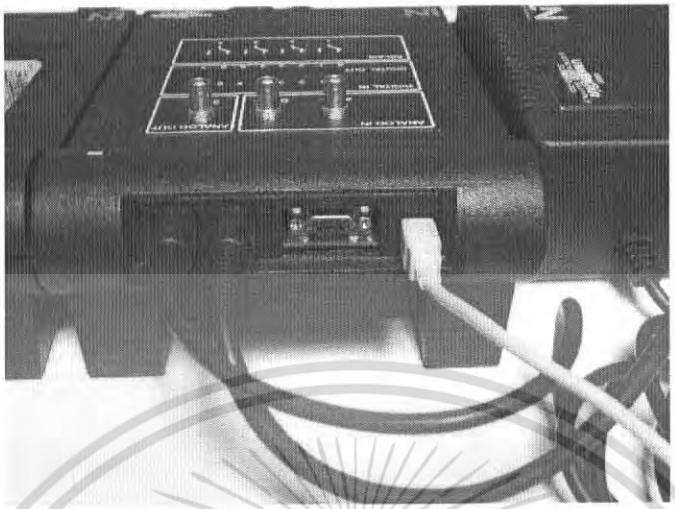
รูปที่ จ.10 การต่อสาย USB เข้ากับชุดฝึก

2. ประกอบ Connecting the main power supply unit โดยเลือกใช้ power supply unit รุ่น (SO4203-2A), (SO4203-2D) และต่อไฟ 220VAC 50Hz



รูปที่ จ.11 การต่อแหล่งจ่ายให้กับชุดฝึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.12 การต่อสายจากแหล่งจ่ายเข้ากับชุดควบคุม

3. นำการ์ดการทดลอง เสียบเข้ากับบอร์ด Breadboard (SO4203-2C)

รูปที่ จ.13 การนำการ์ดเสียบลงตัวควบคุมสำหรับผู้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เปิดโปรแกรม Labsoft.EXE

รูปที่ จ.14 หน้าต่างโปรแกรม Labsoft

5. ทำการต่อวงจรตามใบงาน
6. กำหนดค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ตามใบงาน
7. ทำการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Labsoft
8. ทำการวัดสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต พร้อมบันทึกผลการทดลอง

5. การใช้งานโปรแกรม L@Bsoft เพื่อทดลองใบงาน

1. เลือก Start – All Program - UniTr@in - L@Bsoft จะปรากฏหน้าต่าง LUCASS-NULLE L@Bsoft จะปรากฏหน้าต่างให้กรอกชื่อนักศึกษา หรือกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน พร้อมด้วย Password ดังรูปที่ จ.15

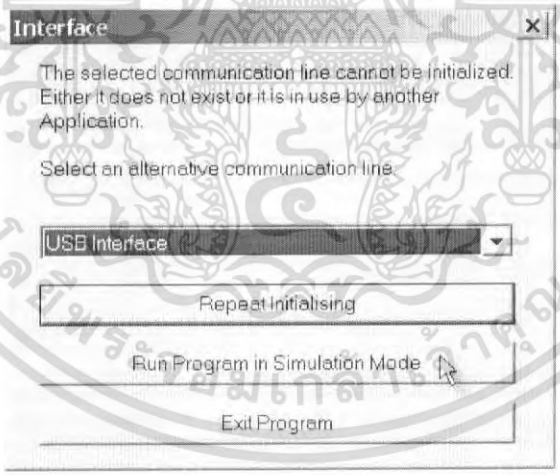
รูปที่ จ.15 หน้าต่างให้กรอกชื่อและรหัสของโปรแกรม Labsoft

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อกรอกชื่อนักศึกษาหรือกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน พร้อมด้วย Password เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Ok จะปรากฏหน้าต่าง Interface ดังรูปที่ จ.16

รูปที่ จ.16 ปรากฏหน้าต่าง Interface

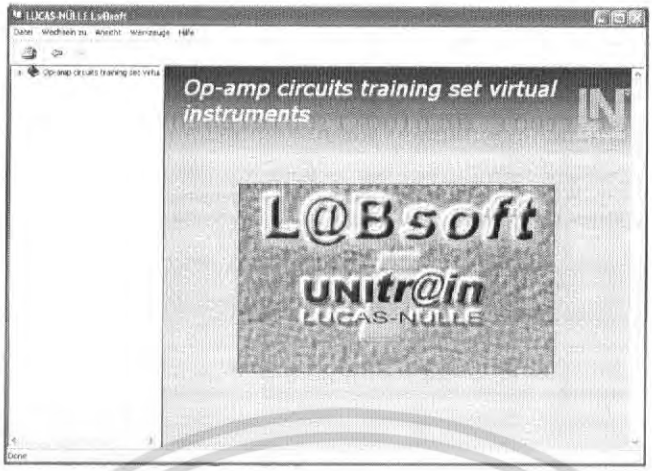
3. ให้เลือกจุดเชื่อมต่อแบบ USB Interface ดังรูปที่ จ.17



รูปที่ จ.17 การเลือกพอร์ตเชื่อมต่อ

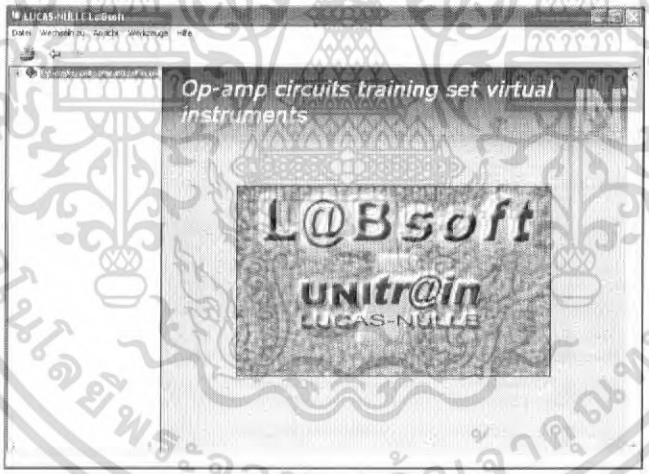
4. จากนั้นให้กดปุ่ม Run Program in Simulation Mode จะเข้าสู่การทดลอง Op-amp circuits training set virtual instruments ดังรูปที่ จ.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.18 เข้าสู่การทดลอง Op-amp circuits training set virtual instruments

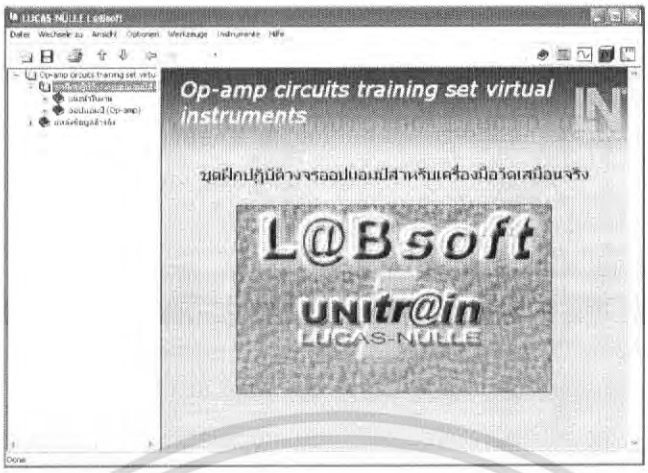
5. เลื่อนเมาส์คลิกที่เครื่องหมายบวกหน้ารูปหนังสือ Op-amp circuits training set virtual instruments ดังรูปที่ จ.19



รูปที่ จ.19 เริ่มต้นใช้งานชุดฝึก

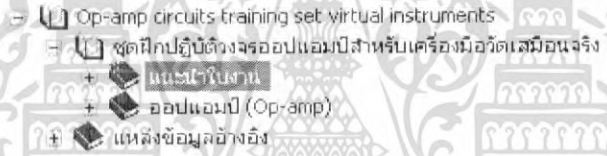
6. จะปรากฏหน้าต่างเมนูย่อยของชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งในเมนูย่อยจะประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 แนะนำใบงาน, ส่วนที่ 2 ออปแอมป์ ดังแสดงในรูปที่ จ.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



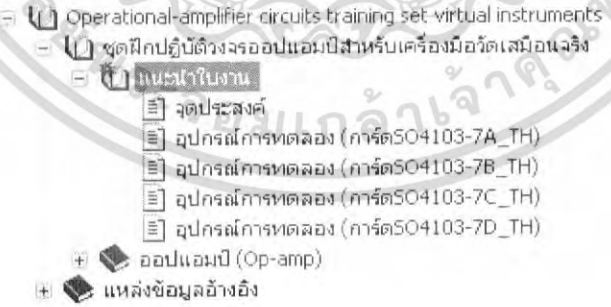
รูปที่ จ.20 เมนูย่อยของชุดฝึก

7. เลื่อนเมาส์คลิกที่เครื่องหมายบวกหน้ารูปหนังสือของเมนูแนะนำ ดังรูปที่ จ.21



รูปที่ จ.21 การเลือกเมนูแนะนำ

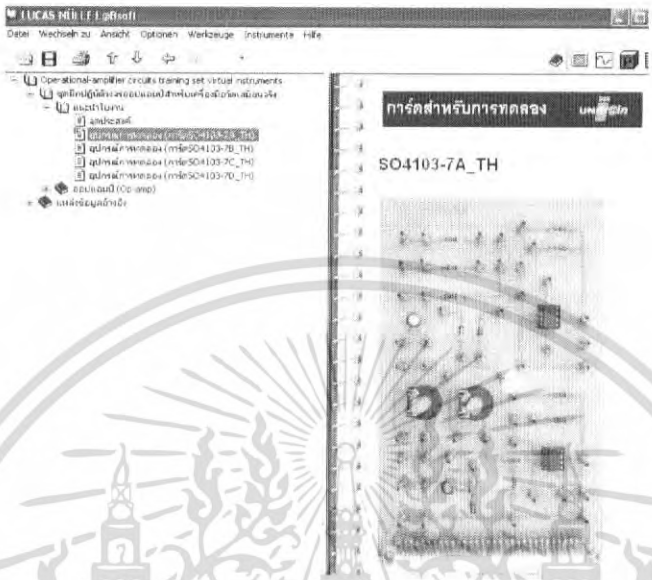
8. จะปรากฏหน้าต่างเมนูย่อยของแนะนำ ดังรูปที่ จ.22



รูปที่ จ.22 เมนูย่อยของแนะนำ

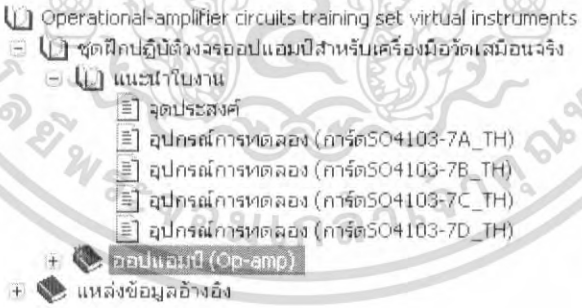
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ให้ลองเลื่อนเมาส์คลิกเลือกเมนู อุปกรณ์การทดลอง (การ์ด SO4103-7A_TH) จะปรากฏการ์ดชุดฝึกและรายละเอียดของการ์ด ดังรูปที่ จ.23



รูปที่ จ.23 การ์ดชุดฝึกและรายละเอียดของการ์ด

10. เมื่ออ่านคำแนะนำทั้งหมดแล้ว ให้ทำการศึกษาเนื้อหาออปแอมป์โดยเลื่อนเมาส์ไปที่เครื่องหมายบวกหน้ารูปหนังสือของออปแอมป์ในที่จะข้อศึกษาเนื้อหาของออปแอมป์เท่านั้น ดังรูปที่ จ.24

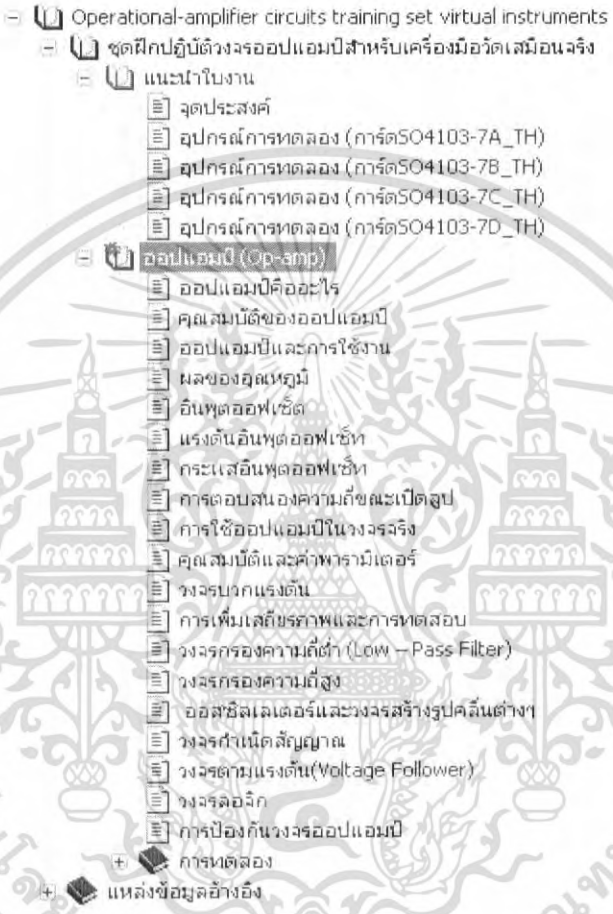


รูปที่ จ.24 การเลือกเนื้อหาของออปแอมป์

11. จากนั้นให้คลิกเครื่องหมายบวกหน้ารูปหนังสือของออปแอมป์ จะปรากฏเมนูย่อยของเนื้อหา ซึ่งประกอบด้วย ออปแอมป์คืออะไร ,คุณสมบัติของออปแอมป์,ออปแอมป์และการใช้งาน ,ผลของอุณหภูมิ, อินพุตออฟเซ็ต ,แรงดันอินพุตออฟเซ็ท ,กระแสอินพุตออฟเซ็ท ,การตอบสนองความถี่ขณะเปิดลูป,การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

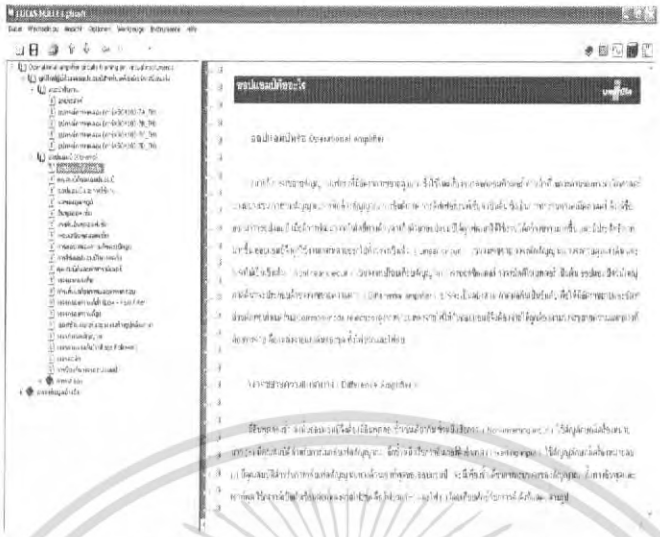
ออปแอมป์ในวงจรจริง ,คุณสมบัติและค่าพารามิเตอร์ ,วงจรบวกแรงดัน ,การเพิ่มเสถียรภาพและการทดลอง, วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low – Pass Filter) ,วงจรกรองความถี่สูง,ออสซิลเลเตอร์และวงจรสร้างรูปคลื่นต่างๆ, วงจรกำเนิดสัญญาณ, วงจรตามแรงดัน (Voltage Follower), วงจรลอจิก ,การป้องกันออปแอมป์ ดังรูปที่ จ. 25



รูปที่ จ.25 เมนูย่อยของเนื้อหาของออปแอมป์

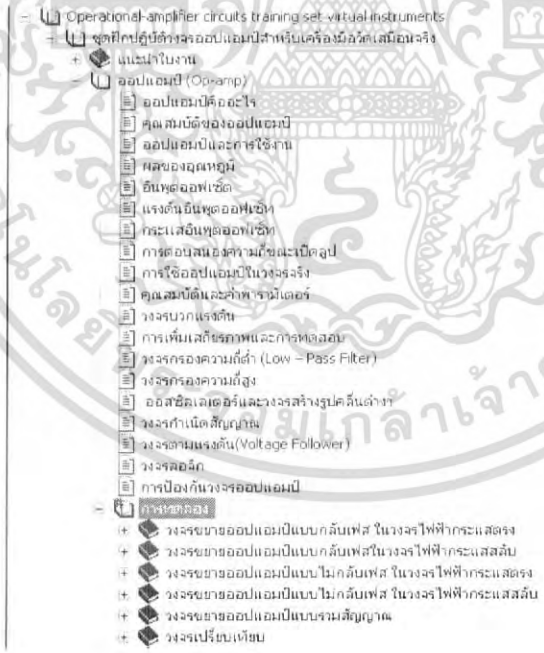
12. ให้ลองคลิกเนื้อหาจะปรากฏเนื้อหาของออปแอมป์ ดังรูปที่ จ.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.26 ตัวอย่างของเนื้อหาของออปแอมป์

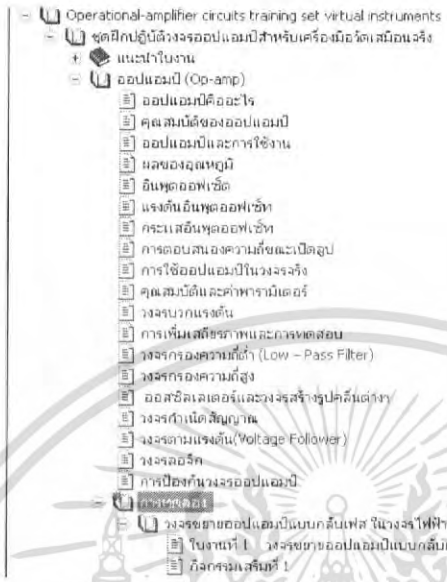
13. เมื่อศึกษาเนื้อหาออปแอมป์เบื้องต้นแล้วให้ทดลองปฏิบัติชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงโดยการเลื่อนเมาส์ไปที่เครื่องหมายบวกรูปหน้าหนังสือการทดลอง ดังรูปที่ จ.27



รูปที่ จ.27 การเลือกการทดลองออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. จะปรากฏเมนูย่อยของการทดลองจัดเป็นหัวข้อของวงจรการทดลอง ดังรูปที่ จ.28



รูปที่ จ.28 เมนูย่อยของการทดลองวงจรออปแอมป์

15. เลื่อนเมาส์ไปที่หน้ารูปหนังสือวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงดังรูปที่ จ.29

รูปที่ จ.29 การเลือกหัวข้อการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. ให้ลองคลิกการทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงจะปรากฏเมนูย่อยของการทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยเรียงลำดับการทดลองจากใบงานที่ 1 ถึง 18 ดังรูปที่ จ.30

รูปที่ จ.30 เมนูย่อยของใบงานวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

17. ให้ลองคลิกใบงานที่ 1 จะปรากฏใบงานที่ 1 เรื่องวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงดังรูปที่ จ.31

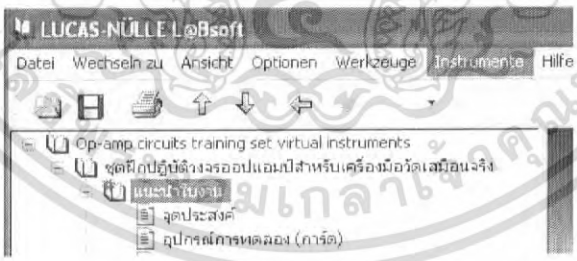
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.31 ตัวอย่างใบงาน

20. ให้ทำการทดลองตามลำดับขั้นตอนการทดลอง จนเสร็จสิ้น

ในส่วนการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์

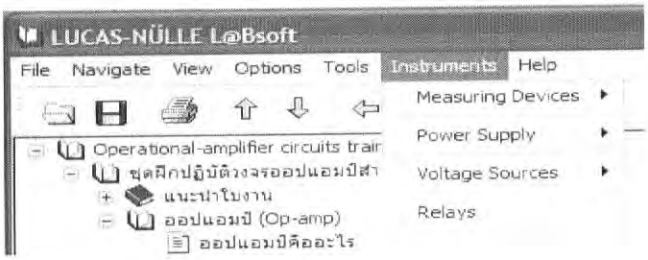
21. ที่เมนูบาร์เลื่อนเมาส์คลิก Instruments ดังรูปที่ จ.32



รูปที่ จ.32 เมนูบาร์ของ Instruments

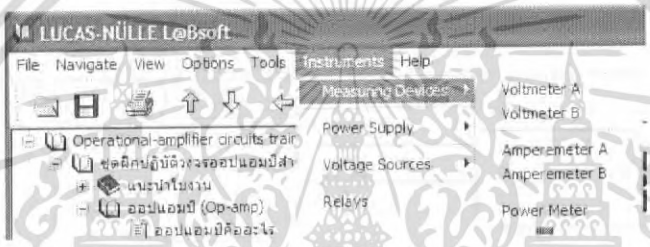
22. จะปรากฏเมนูย่อยของ Instruments ซึ่งประกอบด้วย Measuring Devices, Power Supply, Voltage Sources และ Relay ดังรูปที่ จ.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



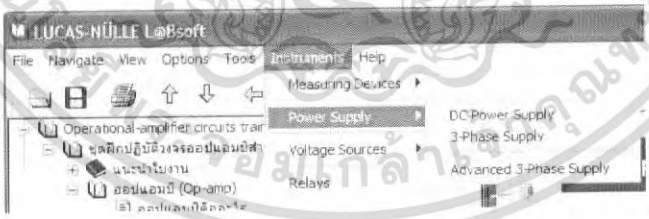
รูปที่ จ.33 การเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จาก Instruments

23. ให้คลิกเมนู Measuring Devices จะปรากฏเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ซึ่งในชุดฝึกนี้จะใช้ Voltmeter A และ Voltmeter B เท่านั้น ดังรูปที่ จ.34



รูปที่ จ.34 รายการอุปกรณ์ของ Measuring Devices ทั้งหมด

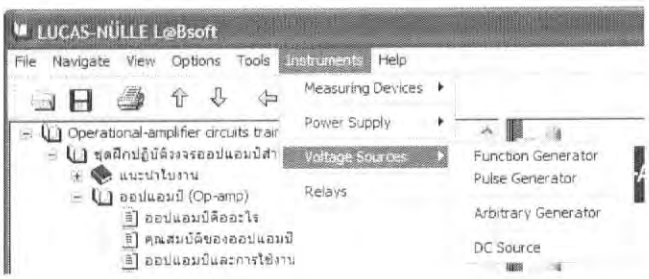
24. ทดลองคลิกเมนู Power Supply จะปรากฏแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงและกระแสสลับ ดังรูปที่ จ.35



รูปที่ จ.35 รายการอุปกรณ์ของ Power Supply ทั้งหมด

25. ทดลองคลิกเมนู Voltage Sources จะปรากฏเครื่องกำเนิดสัญญาณต่าง ในชุดฝึกนี้จะใช้ Function Generator และ DC Source เท่านั้น ดังรูปที่ จ.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

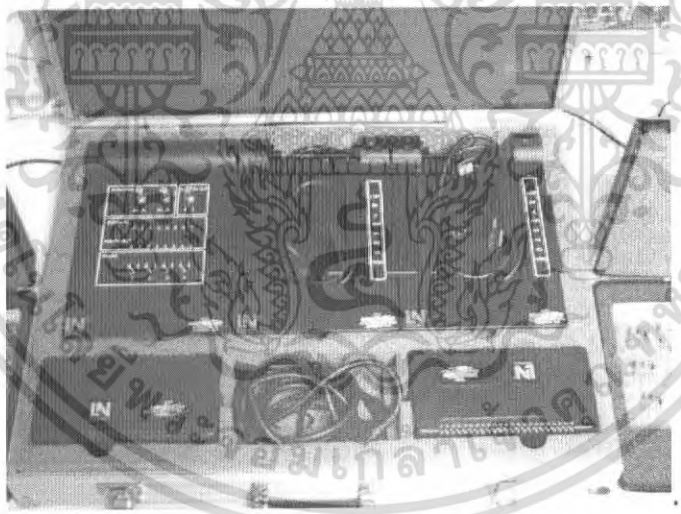


รูปที่ จ.36 รายการอุปกรณ์ของ Voltage Sources ทั้งหมด

6. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

6.1 การดูแลรักษา

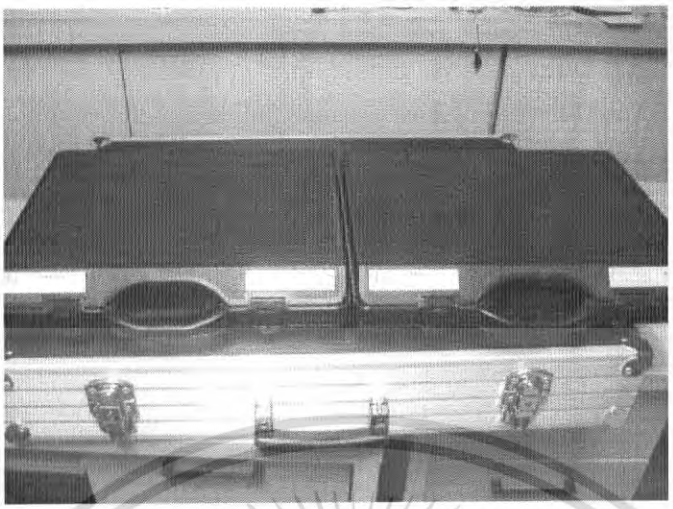
1. เช็ดทำความสะอาดตัวชุดฝึกด้วยผ้านุ่ม อย่าใช้สารใดๆ ที่เป็นตัวทำลายเพราะจะทำให้ชุดเป็นรอยเสียหาย
2. ควรมีการบำรุงรักษาสภาพของชุดฝึกเป็นระยะๆ เพื่อให้มีการใช้งานชุดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ควรจัดเก็บชุดฝึกไว้ในกล่องให้เรียบร้อย ดังรูปที่ จ.37 และ จ.38



รูปที่ จ.37 การจัดเก็บชุดฝึกไว้ในกล่อง

4. ปิดฝากล่องให้มิดชิดและจัดวางชุดฝึกให้เรียบร้อยอย่าปล่อยให้ขว้างทางเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.38 การจัดวางชุดฝึก

6.2 ข้อควรระวัง

1. ควรศึกษาคู่มือการใช้งานของชุดฝึกก่อนการใช้งาน
2. ควรวางตัวชุดฝึกไว้บนโต๊ะการทดลอง
3. ควรวางตัวชุดฝึกใกล้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อสะดวกในการทดลอง
4. การเคลื่อนย้ายชุดฝึกควรมีความระมัดระวัง อย่าให้มีการกระแทกเพื่อป้องกันความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
รหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในการติดต่อชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

```
<? Xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<Config Version="100" UserPath="C:\Program Files\LUCAS-NULLE\L@BSOFT\Users\"
BooksPath="C:\Program Files\LUCAS-NULLE\L@BSOFT\"
Firmware="225">
<Groups>
<Group Name='ALL"
Description="Vordefinierte Gruppe f?r nicht registrierte Benutzer"
TestMode="0">
<RegCourses>
<RegCourse Name"ENU_Operational-amp"/>
</RegCourses>
<RegTests/>
</Group>
</Groups>
<Users></Users>
<Courses>
<Course Name="ENU_Operational-amp'
Title="LUCAS-N?LLE L@Bsoft Course &amp;quot;Control Techniques 1&amp;quot;"
Group="Operational-amplifier circuits training set virtual
instruments"Location="C:\Program Files\LUCAS-NULLE\L@BSOFT\BooksENU\Operational-
amp\" Toolset="00"/>
</Courses>
</Config>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสต้นฉบับของโปรแกรม Imsmanifest

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<manifest identifier="MANIFEST1">
<organizations>
<organization identifier="TOC1">
<title>ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง(Op-amp circuits training
set virtual instruments)t</title>
<item identifier="S">
<title>ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="S00" identifierref="Si00">
<title>แนะนำใบงาน</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="S01" identifierref="Si01">
<title>จุดประสงค์</title>
</item>
<item identifier="S02" identifierref="Si02">
<title>อุปกรณ์การทดลอง (การ์ด)</title>
</item>
<item identifier="S03" identifierref="Si03">
<title>อุปกรณ์การทดลอง (การ์ด)</title>
</item>
</item>
<item identifier="S4">
<title>ออปแอมป์ (Op-amp)</title>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="DO00" identifierref="D00">
<title>ออปแอมป์คืออะไร</title>
</item>
<item identifier="DO01" identifierref="D01">
<title>คุณสมบัติของออปแอมป์</title>
</item>
<item identifier="DO02" identifierref="D02-2">
<title>ออปแอมป์และการใช้งาน </title>
</item>
<item identifier="DO03" identifierref="D03">
<title>ผลของอุณหภูมิ</title>
</item>
<item identifier="DO04" identifierref="D04">
<title>อินพุตออฟเซ็ต</title>
</item>
<item identifier="DO05" identifierref="D05">
<title>แรงดันอินพุตออฟเซ็ท</title>
</item>
<item identifier="DO07" identifierref="D07">
<title>กระแสอินพุตออฟเซ็ท</title>
</item>
<item identifier="DO08" identifierref="D08">
<title>การตอบสนองความถี่ขณะเปิดลูป</title>
</item>
<item identifier="DO09" identifierref="D09">
<title>การใช้ออปแอมป์ในวงจรจริง</title>
</item>
<item identifier="DO010" identifierref="D010">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<title>คุณสมบัติและค่าพารามิเตอร์</title>
</item>
<item identifier="DO010-001" identifierref="D010-001">
<title>วงจรบวกแรงดัน</title>
</item>
<item identifier="DO010-01" identifierref="D010-01">
<title>การเพิ่มเสถียรภาพและการทดสอบ</title>
</item>
<item identifier="DO010-1" identifierref="D010-1">
<title>วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low - Pass Filter)</title>
</item>
<item identifier="DO010-2" identifierref="D010-2">
<title>วงจรกรองความถี่สูง</title>
</item>
<item identifier="DO010-4" identifierref="D010-4">
<title>  ออสซิลเลเตอร์และวงจรสร้างรูปคลื่นต่างๆ</title>
</item>
<item identifier="DO013" identifierref="D013">
<title>วงจรกำเนิดสัญญาณ</title>
</item>
<item identifier="DO01211" identifierref="D01211">
<title>วงจรตามแรงดัน(Voltage Follower)</title>
</item>
<item identifier="DO013-5" identifierref="D013-5">
<title>วงจรลอจิก</title>
</item>
<item identifier="DO014" identifierref="D014">
<title>การป้องกันวงจรออปแอมป์</title>
</item>
<item identifier="DO06" identifierref="">
<title>การทดลอง</title>
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="OP07">
<title>วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟส ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="Exercises01">
<title>ใบงานที่ 1    วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟส ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง</title>
</item>
<item identifier="D02" identifierref="TEST1">
<title>กิจกรรมเสริมที่ 1</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP02">
<title>วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D03" identifierref="TEST02">
<title>ใบงานที่ 2    วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ</title>
</item>
<item identifier="D04" identifierref="TEST4">
<title>กิจกรรมเสริมที่ 2</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP03">
<title>วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST03">
<title>ใบงานที่3 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง</title>
</item>
<item identifier="D02" identifierref="TEST5">
<title>กิจกรรมเสริมที่ 3</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP04">
<title>วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ</title>
<metadata>
<toolset id="70" />
</metadata>
<item identifier="DR01" identifierref="TEST04">
<title>ใบงานที่4 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ </title>
</item>
<item identifier="DR02" identifierref="TEST6">
<title>กิจกรรมเสริมที่ 4</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP5">
<title>วงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST05">
<title>ใบงานที่5 วงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ</title>
</item>
<item identifier="D02" identifierref="TEST9">
<title>กิจกรรมเสริมที่ 5</title>
</item>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
</item>
<item identifier="OP06">
<title>วงจรเปรียบเทียบ</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST06">
<title>ใบงานที่6  วงจรเปรียบเทียบ</title>
</item>
<item identifier="D02" identifierref="TEST12">
<title>กิจกรรมเสริมที่ 6 </title>
</item>
</item>
<item identifier="OP07">
<title>วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST07">
<title>ใบงานที่7  วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบกลับเฟส</title>
</item>
<item identifier="D01" identifierref="TEST08">
<title>ใบงานที่8  วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส </title>
</item>
<item identifier="D02" identifierref="TEST14">
<title> กิจกรรมเสริมที่ 7</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP09">
<title>วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส</title>
<metadata>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST009">
<title>ใบงานที่9  วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP010">
<title>วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST010">
<title>ใบงานที่10  วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP011">
<title>วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST011">
<title>ใบงานที่11  วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP012">
<title>วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST012">
<title>ใบงานที่12  วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส</title>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
</item>
</item>
<item identifier="OP013">
<title>วงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST013">
<title>ใบงานที่13  วงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP014">
<title>วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST014">
<title>ใบงานที่14  วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP015">
<title>วงจรขยายออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST015">
<title>ใบงานที่15  วงจรขยายออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์</title>
</item>
</item>
<item identifier="OP016">
<title>วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์</title>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="D01" identifierref="TEST016">
<title>ใบงานที่16  วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์</title>
</item>
</item>
<item identifier="S2" identifierref="">
<title>แบบทดสอบท้ายบท</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="S3" identifierref="">
<title></title>
</item>
</item>
</item>
</item>
</item>
<item identifier="S2" identifierref="">
<title>แหล่งข้อมูลอ้างอิง</title>
<metadata>
<toolset id="50" />
</metadata>
<item identifier="S3" identifierref="">
<title></title>
</item>
</item>
</organization>
</organizations>
<resources>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
"แนะนำ"
<resource identifier="Si00" href="Op-amp\Si00.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="Si01" href="Op-amp\Purpos.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="Si02" href='Op-amp\schmitttriger Board.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="Si03" href="Op-amp\Board detail.htm" type="webcontent" />
"เนื้อหา"
<resource identifier="D00" href="Op-amp\What is OpAmp.htm" type="webcontent"
/>
<resource identifier="D01" href="Op-amp\Properties OpAmp.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="D03" href="Op-amp\Temp.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="D04" href="Op-amp\Input Set.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="D02-2" href="Op-amp\Use OpAmp.html" type="webcontent" />
<resource identifier="D05" href="Op-amp\Input Of Set Voitage.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="D06" href='Op-amp\.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="D07" href="Op-amp\Input Of Set Current.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="D08" href="Op-amp\Frequency Open Loop.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="D09" href="Op-amp\Use OpAmp True.htm" type="webcontent"
/>
<resource identifier="D010" href="Op-amp\Parameter.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="D010-001" href="Op-amp\Add Circuit.htm" type="webcontent"
/>
<resource identifier="D010-01" href="Op-amp\Test.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="D010-1" href="Op-amp\Low Pass Filter.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="D010-2" href="Op-amp\Hight Pass Filter.htm"
type="webcontent" />
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<resource identifier="D010-4" href="Op-amp\Oscilator.htm" type="webcontent" />
<resource identifier="D013" href="Op-amp\Signal Circuit.htm" type="webcontent"
/>
<resource identifier="D01211" href="Op-amp\Voltage Follower.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="D013-5" href="Op-amp\Logic Circuit.htm" type="webcontent"
/>
<resource identifier="D014" href="Op-amp\Protect Circuit.htm" type="webcontent"
/>
"ใบงานออปแอมป์"
<resource identifier="Exercises01" href="Op-amp\Fault simulate0.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="TEST1" href="Op-amp\กิจกรรมเสริมที่ 1.html"
type="webcontent" />
"TEST02"
<resource identifier="TEST02" href="Op-amp\Fault simulate00.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="TEST4" href="Op-amp\กิจกรรมเสริมที่ 2.html"
type="webcontent" />
"TEST03"
<resource identifier="TEST03" href="Op-amp\Inverting_DC.htm" type="webcontent"
/>
<resource identifier="TEST5" href="Op-amp\กิจกรรมเสริมที่ 3.html"
type="webcontent" />
"TEST04"
<resource identifier="TEST04" href="Op-amp\Inverting_AC.htm" type="webcontent"
/>
<resource identifier="TEST6" href="Op-amp\กิจกรรมเสริมที่ 4.html"
type="webcontent"/>
"TEST05"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<resource identifier="TEST05" href="Op-amp\Fault simulate99.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="TEST9" href="Op-amp\กิจกรรมเสริมที่ 5.html"
type="webcontent"/>
"TEST06"
<resource identifier="TEST06" href="Op-amp\วงจรเปรียบเทียบ.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="TEST12" href="Op-amp\กิจกรรมเสริมที่ 6.htm"
type="webcontent"/>
"TEST07"
<resource identifier="TEST07" href="Op-amp\schmitttriger01.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="TEST08" href="Op-amp\schmitttriger02.htm"
type="webcontent" />
<resource identifier="TEST14" href="Op-amp\กิจกรรมเสริมที่ 7.htm"
type="webcontent"/>
"TEST009"
<resource identifier="TEST009" href="Op-amp\Di-cup-no-ass.htm"
type="webcontent" />
"TEST010"
<resource identifier="TEST010" href="Op-amp\Di-cup-in-ass.htm"
type="webcontent" />
"TEST011"
<resource identifier="TEST011" href="Op-amp\Op-Cap-Coup-NoInv-Amp-ass.htm"
type="webcontent" />
"TEST012"
<resource identifier="TEST012" href="Op-amp\Op-Cap-Coup-Inv-Amp-ass.htm"
type="webcontent" />
"TEST013"
<resource identifier="TEST013" href="Op-amp\Op-dif-amp-ass.htm"
type="webcontent" />
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
"TEST014"
<resource identifier="TEST014" href="Op-amp\Op-S-Mul-ass.htm"
type="webcontent" />
"TEST015"
<resource identifier="TEST015" href="Op-amp\Op-Ph-Sh-Os-ass.htm"
type="webcontent" />
"TEST016"
<resource identifier="TEST016" href="Op-amp\Op-Wien-Os-ass.htm"
type="webcontent" />
</resources>
</manifest>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม โทร. 3703, 6076

ที่ ศธ 0524.04(5)/ [illegible] **วันที่** 11 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาสื่อการเรียนการสอน

เรียน อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

ด้วยภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงงานการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอนของนักศึกษาเป็นอย่างยิ่ง จึงมีความประสงค์จะเรียนเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาสื่อการเรียนการสอน ในหัวข้อโครงงาน "ชุดฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรมแอนดรอยด์สำหรับเครื่องมือโลหะแผ่นจริง" ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม โดยมีนักศึกษาดำเนินการจัดทำดังนี้

1. นายพงศ์ศักดิ์ ศรีอนันต์ รหัสประจำตัว 48035610
2. นายโยธิน โยยบุญหัน รหัสประจำตัว 48035618
3. นายกฤษณะ แก้วสุขผ่อง รหัสประจำตัว 48035625

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหากท่านเป็นผู้มีเกียรติจะได้รับความร่วมมือจากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์สุรศิทธ์ ราศรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม โทร. 3703, 6076

ที่ ศธ 0524.04(5)/ .. **วันที่** 11 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาสื่อการเรียนการสอน

เรียน อาจารย์ปิยะ สุวรรณวุฒิพันธ์

ด้วยภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มจธ. พิจารณาเล็งเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำโครงงานการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอนของนักศึกษาในภาคต้น จึงมีความประสงค์ที่จะขอเชิญท่านเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาสื่อการเรียนการสอน ในหัวข้อโครงงาน "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง" ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม โดยมีนักศึกษาดำเนินการจัดทำดังนี้

1. นายณัฐกิตติ์ ศรีคงเก้า รหัสประจำตัว 48035610
2. นายโยธิน ไชยบุญทัน รหัสประจำตัว 48035618
3. นายกฤษณะ แก้วสุรพ่วง รหัสประจำตัว 48035625

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์ ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม โทร. 3703, 6076

ที่ ศธ 0524.04(5)/ ..... **วันที่** 11 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาเพื่อการเรียนการสอน

เรียน อาจารย์สุรชัย พิมพ์ศาสตร์

ด้วยภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานการสร้างชุดปฏิบัติการเพื่อการสอนของนักศึกษาเป็นอย่างยิ่ง จึงมีความประสงค์เรียนเชิญท่านเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาสื่อการเรียนการสอน ในหัวข้อโครงงาน "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรอะนาลอกสำหรับเครื่องมือวัดและอุตสาหกรรม" ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม โดยมีนักศึกษาดำเนินการจัดทำดังนี้

1. นายณัชศัลย์ ศรีกนกเก่า รหัสประจำตัว 48035610
2. นายไพรัช ไชยบุญทัน รหัสประจำตัว 48035618
3. นายชาญณรงค์ แก้วสุวรรณ์ รหัสประจำตัว 48035625

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์สุรสีห์ ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม โทร. 3703, 6076

ที่ ศธ 0524.04(5)/ ..1 **วันที่** 11 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน

เรียน อาจารย์สมเกียรติ ตันติวงศ์วานิช

ด้วยภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอนของนักศึกษาเป็นอย่างยิ่ง จึงมีความประสงค์เรียนเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน ในหัวข้อโครงงานเรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติงานจรลอย่างแผงโซล่าเซลล์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง" ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางอุตสาหกรรม โดยมีนักศึกษาดำเนินการจัดทำดังนี้

1. นายนลกิกดิ์ ศรีคงแก้ว รหัสประจำตัว 48035610
2. นายไชยินทร์ ไชยบุญหนัน รหัสประจำตัว 48035618
3. นายกฤษณะ แก้วสมพ่วง รหัสประจำตัว 48035625

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์สุรชัย ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม โทร. 3703, 6076

ที่ ศธ 0524.04(5)/ [illegible] **วันที่** 11 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน

เรียน อาจารย์วัชรินทร์ คงพิบูลย์

ด้วยภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ลจล. พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอนของนักศึกษาเป็นอย่างยิ่ง จึงมีความประสงค์เรียนเชิญท่านเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน ในหัวข้อโครงงานเรื่อง "[illegible]" ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม โดยมีนักศึกษาดำเนินการจัดทำดังนี้

1.	นายเอกชัยกิ์	ศรีองแก้ว	รหัสประจำตัว 48035610
2.	นายโยธิน	ไชยบุญพิน	รหัสประจำตัว 48035618
3.	นายกฤษณะ	แก้วสุขอ่อง	รหัสประจำตัว 48035625

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์สุรชิต ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม โทร. 3703, 6076

ที่ ศธ 0524.04(5)/ [illegible] **วันที่** 11 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน

เรียน อาจารย์แสงยุทัย มอโท

ด้วยภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ศธอ. พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานการสร้างอุปกรณ์ฝึกการสอนของนักศึกษาเป็นอย่างยิ่ง จึงมีความประสงค์เรียนเชิญเป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน ในหัวข้อโครงงานเรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติงานออกแบบใช้สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง" ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม โดยมีนักศึกษาดำเนินการจัดทำดังนี้

1.	นายเดชศักดิ์	ศรีคงเดช	รหัสประจำตัว 48035610
2.	นายไกรินทร์	โชยบุญนำ	รหัสประจำตัว 48035618
3.	นายสกฤษณะ	แจ้งบุญปลง	รหัสประจำตัว 48035625

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์สุรสิทธ์ ราตรี)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ
ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Voltmeter ในโปรแกรม Labsoft วัดแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตรได้
7. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connections breadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. แหล่งจ่าย DC Source ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
6. Voltmeter A ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Voltmeter B ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
8. Function Generator ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
9. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
10. การ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	จำนวน 1 บอร์ด
11. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

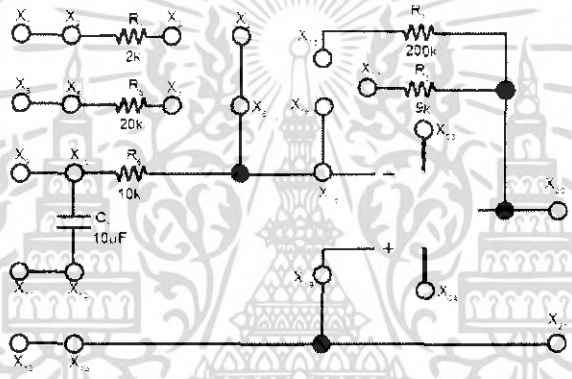
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีเบื้องต้น

การทดลองปฏิบัติวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนี้ จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบกลับเฟส สัญญาณ ผู้ทำการทดลองสามารถคำนวณหาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสได้จากสูตรที่จะใช้ในที่กำหนดให้ตามโจทย์ ผู้ทำการทดลองสามารถจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตของวงจรได้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงตามตารางที่ ช.1.1



รูปที่ ช.1 วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ ช.1.1 ขั้นตอนการต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	Interface S กับ Terminal X9
2	Interface GND กับ Terminal X13
3	Interface S กับ B+
4	Interface GND กับ B-
5	Interface A+ กับ Terminal X20
6	Interface A- กับ Terminal X21
7	Terminal X16 กับTerminal X17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการปฏิบัติตามขั้นตอนในการทดลองชุดฝึกออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงตามที่กำหนด

2.1 Voltmeter A(VA) ตั้งที่ย่าน 10V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.1.2

2.2 Voltmeter B (VE1) ตั้งที่ย่าน 2V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.1.2

2.3 แหล่งจ่าย DC source เปิดสวิตช์แล้วเพิ่มแรงดันจนกระทั่ง Voltmeter B(VE1) = 0.5V โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.1.3

ตารางที่ ช.1.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B

ลำดับ	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Measuring Devices
3	เลือก Voltmeter A หรือ B

ตารางที่ ช.1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source

ลำดับ	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก DC source

3. ทำการวัดหาค่าแรงดันเอาต์พุตแล้วบันทึกผล = ...V

4. หาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตร Gain = VA / VE = ...

5. เปลี่ยนค่าแรงดันอินพุต VE เป็น 1V วัดหาค่าแรงดันเอาท์พุตแล้วบันทึกผล = ...V

6. หาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตร Gain = VA / VE = ...

7. เปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ 4 และคำตอบที่ 6 เกณฑ์ของวงจรมีลักษณะอย่างไรบ้างหากแรงดันอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง

.....

.....

8. ปลดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเปลี่ยนค่าตัวต้านทานป้อนกลับจาก R8 = 49.9k ไปที่ R7 = 200k โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.1.4 การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานป้อนกลับ

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	ปลดสายต่อวงจรระหว่างจุด Terminal X16 กับ Terminal X17
2	จุดต่อเชื่อมใหม่ Terminal X16 กับ Terminal X15

9. เปลี่ยนค่าแรงดันอินพุต VE = 0.5V แล้ววัดค่าแรงดันเอาต์พุต = ...V

10. หาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตร Gain = VA / VE = ...

11. เปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ 6 และคำตอบที่ 10 เกณฑ์ของวงจรและค่าความต้านทานป้อนกลับมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

12. ปลดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง เปลี่ยนค่าตัวต้านทานทางด้านอินพุตจาก R6 = 10k ไปที่ R5 = 20k โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.1.5

ตารางที่ ซ.1.5 การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานทางด้านอินพุต

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	Interface S กับ Terminal X5
2	Terminal X7 กับ Terminal X8

13. เปลี่ยนค่าแรงดันอินพุต VE = 0.5V แล้ววัดค่าแรงดันเอาท์พุต = ...V

14. หาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตร Gain = VA / VE = ...

15. เปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ 6 และคำตอบที่ 8 เกณฑ์ของวงจรและค่าความต้านทานป้อนกลับมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

16. การประเมินผล จงอธิบายถึงที่มาของคำตอบ พร้อมทั้งบอกสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางอินพุตกับค่าความต้านทานป้อนกลับและจงบอกสูตรการหาค่าเกณฑ์การขยายของวงจร

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

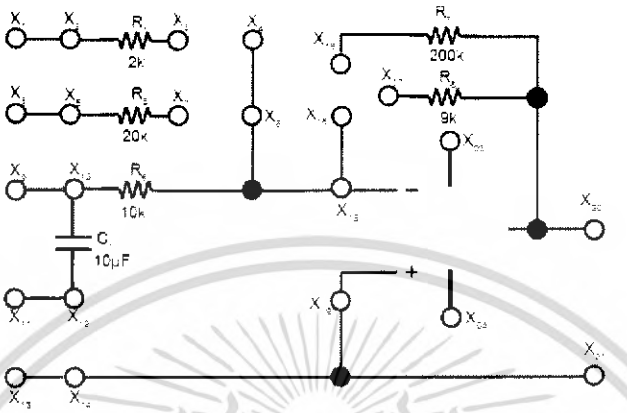
ทฤษฎีเบื้องต้น

การทดลองปฏิบัติวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนี้ จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ ระหว่างค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การทดลองวงจรนี้จะทำให้ผู้ที่ทำการทดลองเห็นถึงความสัมพันธ์ของเกณฑ์การขยายของวงจรกับค่าของความถี่ทางด้านอินพุตของวงจรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับตามตารางที่ ช.2.1



รูปที่ ช.2.1 วงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ ช.2.1 ขั้นตอนการต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	Interface S กับ Terminal X9
2	Interface GND กับ Terminal X13
3	Interface S กับ B+
4	Interface GND กับ B-
5	Interface A+ กับ Terminal X20
6	Interface A- กับ Terminal X21
7	Terminal X16 Terminal X17

2. ทำการปฏิบัติตามขั้นตอนในการทดลองชุดฝึกออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงตามที่กำหนด

2.1 Function generator ตั้งแอมป์ปิจูด = 100% ความถี่ 100 Hz แบบ Sine Waveform โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.2.2

2.2 Oscilloscope โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.2.2 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก Function Generator

ตารางที่ ซ.2.3 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	Channel A (Va) ปรับตั้งย่าน 2V / DivCoupling DC
2	Channel B (Ve) ปรับตั้งย่าน 50mV / DivCoupling DC
3	โหมด XT เวลา 2ms

2.3 ที่ทูลบาร์เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ปุ่ม Oscilloscope เพื่อเข้าสู่หน้าต่าง Oscilloscope เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ปุ่ม Start/Stop measurement เพื่อแสดงสัญญาณที่ต้องการวัด

2.4 เมื่อได้รูปคลื่นที่ต้องการแล้วกดรูป ปุ่ม Start/Stop measurement อีกครั้งเพื่อทำการหยุดสัญญาณเลื่อนเมาส์ไปที่หน้าจอ Oscilloscope จากนั้นคลิกปุ่มขวาบนหน้าจอ Oscilloscope จะปรากฏคำสั่งให้ Copy ให้ทำการ Copy รูปคลื่นที่วัดได้จากหน้าจอ Oscilloscope

2.5 ที่ทูลบาร์อีกครั้ง เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ปุ่ม Course Page เพื่อออกจากหน้าต่าง Oscilloscope จากนั้นให้บันทึกรูปคลื่นทั้งสองลงในรูปที่ ซ.2.2 โดยคลิกปุ่มขวาที่กราฟที่ จะปรากฏคำสั่งให้ Paste

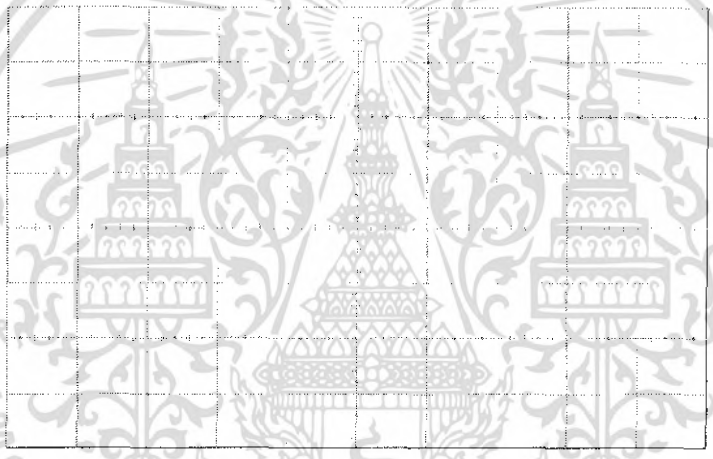
3. วัดแรงดันอินพุต Va และแรงดันเอาท์พุต Ve ด้วย Oscilloscope แล้วทำการบันทึกรูปคลื่นจาก Oscilloscope ลงในตารางพร้อมทั้งบันทึกค่าการปรับย่านวัดของ Oscilloscope ลงในช่องว่างตารางที่ ซ.2.4

รูปที่ ซ.2.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.2.4 บันทึกค่าการปรับย่านวัดของ Oscilloscope

TIME/Div	.....
CHN1/Div	.....
CHN2/Div	.....
Ve	.....VP-P
fe	.....Hz
Va	.....VP-P
Coupling	.....



รูปที่ ซ.2.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

4. การประเมินผล จงอธิบายถึงลักษณะของกราฟด้านบนว่าเพราะเหตุใด ความถี่สามารถทำให้กราฟของเอาต์พุตมีลักษณะที่บิดเบี้ยวผิดส่วนจากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดลองของวงจรนี้กับวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ?

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Voltmeter ในโปรแกรม Labsoft วัดแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตรได้
7. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connections breadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. แหล่งจ่าย DC Source ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
6. Voltmeter A ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Voltmeter B ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
8. Function Generator ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
9. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
10. การ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	จำนวน 1 บอร์ด
11. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

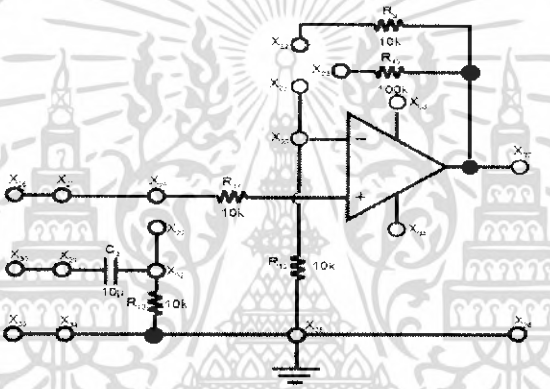
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีเบื้องต้น

การทดลองปฏิบัติวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนี้ จะเป็นการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณ ผู้ทำการทดลองสามารถคำนวณหาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสได้จากสูตรที่จะใช้ในที่กำหนดให้ตามโจทย์ ผู้ทำการทดลองสามารถจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันด้านอินพุตค่าความต้านทานป้อนกลับของอินพุต เพื่อจะหาค่าของแรงดันทางด้านเอาต์พุตของวงจรได้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงตามตารางที่ ช.3.1



รูปที่ ช.3 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ ช.3.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ลำดับที่	ขั้นตอน
1.1	Interface s กับ Terminal X26
1.2	Interface GND กับ Terminal X33
1.3	Interface s กับ B+
1.4	Interface GND กับ B-
1.5	Interface A+ กับ Terminal X37
1.6	Interface A- กับ Terminal X36
1.7	Terminal X23 กับ Terminal X24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการปฏิบัติตามขั้นตอนในการทดลองชุดฝึกออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงตามที่กำหนด

2.1 Voltmeter A (VA) ตั้งที่ย่าน 10V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.3.2

2.2 Voltmeter B (VE1) ตั้งที่ย่าน 2V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.3.2

2.3 แหล่งจ่าย DC source เปิดสวิตช์แล้วเพิ่มแรงดันจนกระทั่ง Voltmeter B (VE1) = 0.5V โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.3.3

ตารางที่ ซ.3.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Measuring Devices
3	เลือก Voltmeter A หรือ B

ตารางที่ ซ.3.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก DC source

3. ทำการวัดหาค่าแรงดันเอาต์พุตแล้วบันทึกผลในช่องคำตอบทางขวามือ = ...V

4. หาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตร Gain = VA / VE = ...

5. เปลี่ยนค่าแรงดันอินพุต VE เป็น 1V วัดหาค่าแรงดันเอาท์พุตแล้วบันทึกผล = ...V

6. หาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตร Gain = VA / VE = ...

7. เปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ 4 และคำตอบที่ 6 เกณฑ์ของวงจรมีลักษณะอย่างไรบ้าง หากแรงดันอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง

.....

.....

8. ปลดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง เปลี่ยนค่าตัวต้านทานป้อนกลับจาก R10 = 100k ไปที่ R9 = 10k ตามจุดในตารางที่ ซ.3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.3.4 การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานป้อนกลับ

จาก	เป็น
Terminal X23 กับ Terminal X24	Terminal X23 กับ Terminal X22

9. เปลี่ยนค่าแรงดันอินพุต VE = 0.5V แล้ววัดค่าแรงดันเอาต์พุต = ...V

10. หาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตร Gain = VA / VE = ...

11. การประเมินผล เปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ 6 และ คำตอบที่ 10 เกณฑ์ของวงจรและค่าความต้านทานป้อนกลับ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. *Interface' control elements and connections*	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

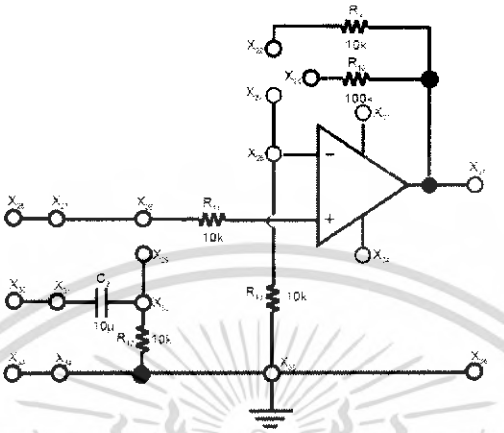
ทฤษฎีเบื้องต้น

การทดลองปฏิบัติวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนี้ จะเป็นการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ ระหว่างค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตและแรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสสัญญาณในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การทดลองวงจรนี้จะทำให้ผู้ทำการทดลองเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การขยายของวงจรกับค่าของความถี่ทางด้านอินพุตของวงจรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับตามตารางที่ ช.4.1



รูปที่ ช.4.1 วงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ ช.4.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	Interface S กับ Terminal X26
2	Interface GND กับ Terminal X33
3	Interface S กับ B+
4	Interface GND กับInterface B-
5	Interface A+ กับ Terminal X37
6	Interface A- กับ Terminal X36
7	Terminal X23 กับ Terminal X22

2. เตรียมอุปกรณ์จากเมนูของชุดฝึกปฏิบัติเสมือนจริงดังนี้

2.1 อุปกรณ์กำเนินสัญญาณ Function generator ตั้งแอมป์ปิจูด = 25% ความถี่ 100 Hz แบบ Sine Waveform โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.4.2

2.2 Oscilloscope โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.4.2 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator

ลำดับ	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก Function Generator

ตารางที่ ซ.4.3 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope

ลำดับ	ขั้นตอน
1	Channel A(Va) ตั้งย่าน 2V / DivCoupling DC
2	Channel B(Ve) ตั้งย่าน 1V / DivCoupling DC

2.3 ใช้โหมด XT เวลา 2ms

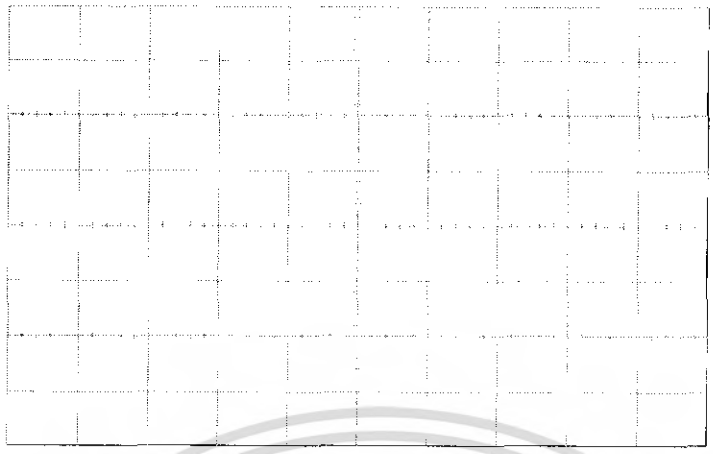
2.4 ที่ทูลบาร์เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ปุ่ม Oscilloscope เพื่อเข้าสู่หน้าต่าง Oscilloscope เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ปุ่ม Start/Stop measurement เพื่อแสดงสัญญาณที่ต้องการวัด

2.5 เมื่อได้รูปคลื่นที่ต้องการแล้วกดรูป ปุ่ม Start/Stop measurement อีกครั้งเพื่อทำการหยุดสัญญาณ เลื่อนเมาส์ไปที่หน้าจอ Oscilloscope จากนั้นคลิกปุ่มขวาบนหน้าจอ Oscilloscope จะปรากฏคำสั่งให้ Copy ให้ทำการ Copy รูปคลื่นที่วัดได้จากหน้าจอ Oscilloscope

2.6 ที่ทูลบาร์อีกครั้ง เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ปุ่ม Course Page เพื่อออกจากหน้าต่าง Oscilloscope จากนั้นให้บันทึกรูปคลื่นทั้งสองลงในรูปที่ ซ.4.2 โดยคลิกปุ่มขวาที่กราฟที่จะปรากฏคำสั่งให้ Paste

3. วัดแรงดันอินพุต Va และแรงดันเอาต์พุต Ve ด้วย Oscilloscope แล้วทำการบันทึกรูปคลื่นจาก Oscilloscope ลงในตาราง พร้อมทั้งบันทึกค่าการปรับย่านวัดของ Oscilloscope ลงในตารางที่ ซ.4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช.4.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

ตารางที่ ช.4.4 บันทึกค่าการปรับย่านวัดของ Oscilloscope

TIME/Div	.....
CHN1/Div	.....
CHN2/Div	.....
Ve	.....VP-P
fe	.....Hz
Va	.....VP-P
Coupling	.....

4. การประเมินผล จงอธิบายถึงลักษณะของกราฟด้านบนว่าเพราะเหตุใด ความถี่สามารถทำให้กราฟของเอาต์พุตมีลักษณะที่บิดเบี้ยวผิดส่วน จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดลองของวงจรนี้กับวงจรขยายออปแอมป์แบบไม่กลับเฟสใน วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ?

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5

วงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Voltmeter ในโปรแกรม Labsoft วัดแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าเกณฑ์การขยายของวงจรตามสูตรได้
7. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connections breadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. แหล่งจ่าย DC Source ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
6. Voltmeter A ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Voltmeter B ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
8. Function Generator ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
9. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
10. การ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	จำนวน 1 บอร์ด
11. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

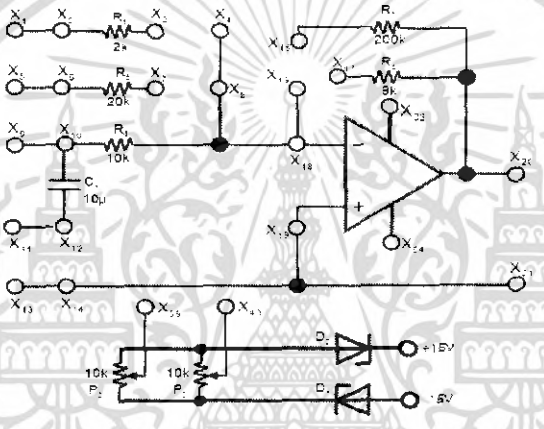
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีเบื้องต้น

การทดลองต่อไปนี้จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงการรวมสัญญาณของวงจรออปแอมป์โดยวงจรออปแอมป์แบบรวมสัญญาณนี้จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสยกเว้นวงจรออปแอมป์แบบรวมสัญญาณจะมีอินพุตที่เยอะกว่าวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟสโดยการต่อผ่านตัวต้านทานค่าต่างๆและวงจรชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับการแปรผันของค่าแรงดันทางด้านอินพุตด้วย

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณตามตารางที่ ช.5.1



รูปที่ ช.5 วงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ

ตารางที่ ช.5.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์แบบรวมสัญญาณ

ลำดับ	ขั้นตอน
1	Interface B+ กับ Terminal X9
2	Interface B-กับ Terminal X13
3	Interface A+ กับ Terminal X20
4	Interface A- กับ Terminal X21
5	Terminal X10 กับ Terminal X40
6	Terminal X3 กับ Terminal X4
7	Terminal X7 กับ Terminal X8
8	Terminal X8 กับ Terminal X17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการปฏิบัติตามขั้นตอนในการทดลองชุดฝึกอปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงตามที่กำหนด

2.1 Voltmeter A (VA) ตั้งที่ย่าน 10V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.5.2

2.2 Voltmeter B (VE1) ตั้งที่ยาน 2V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.5.2

2.3 แหล่งจ่าย DC source เปิดสวิตช์แล้วเพิ่มแรงดันจนกระทั่ง Voltmeter B (VE1) = 0.5V โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.5.3

ตารางที่ ช.5.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Measuring Devices
3	เลือก Voltmeter A หรือ B

ตารางที่ ช.5.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก DC source

2.4 แล้วทำการปรับมิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตาราง หมุนโพเทนทิโอมิเตอร์ P3 ไปที่ตำแหน่งขวาสุด

3. ใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ P1 ปรับค่าแรงดันอินพุต VE1 ไปที่ -1.0V แล้วทำการวัดค่าแรงดันเอาต์พุต

4. ป้อนไฟจากแหล่งจ่ายแรงดันที่สองตามจุดต่อไปนี้ Interface B+ กับ Terminal X5 และ Terminal X6 กับ Terminal X39

5. ใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ P2 ปรับค่าแรงดันอินพุต VE2 ไปที่ +1.0V แล้วทำการวัดค่าแรงดันเอาต์พุต VA = ...V

6. ป้อนไฟจากแหล่งจ่ายแรงดันที่สามตามจุดต่อไปนี้ Interface B+ กับ Terminal X2 และ Terminal X1 กับ Terminal X38

7. ใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ P1ปรับค่าแรงดันอินพุต VE1 ไปที่ -1.0V แล้วทำการวัดค่าแรงดันเอาต์พุต VA= V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ป้อนไฟจากแหล่งจ่ายแรงดันทั้งสามให้กับวงจรพร้อมกันตามจุดต่อไปนี้ Terminal X10กับ Terminal X40 และ Terminal X6 กับ Terminal X39

9. วัดค่าแรงดันเอาต์พุต = ...V

10. เปรียบเทียบคำตอบที่ 4 กับคำตอบที่ 1,2,3 จากนั้นจงอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างคำตอบทั้งสี่ข้อ

11. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากข้อที่ 10 กับการเปลี่ยนแปลงแรงดันทางด้านอินพุต VE1 ถึง VE3

12. การประเมินผลทำการเปรียบเทียบหลักการของวงจรออปแอมป์แบบรวมสัญญาณกับผลที่ได้จากการทดลองว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และค่า VA ที่ได้จากการทดลองมีความสัมพันธ์กับค่าทางด้านอินพุต VE1 ถึง VE3 อย่างไรจงอธิบาย

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Voltmeter ในโปรแกรม Labsoft วัดแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าเกณฑ์การระบายของวงจรตามสูตรได้
7. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connections breadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. แหล่งจ่าย DC Source ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
6. Voltmeter A ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Voltmeter B ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
8. Function Generator ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
9. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
10. การ์ดทดลอง SO4103-7B_TH	จำนวน 1 บอร์ด
11. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

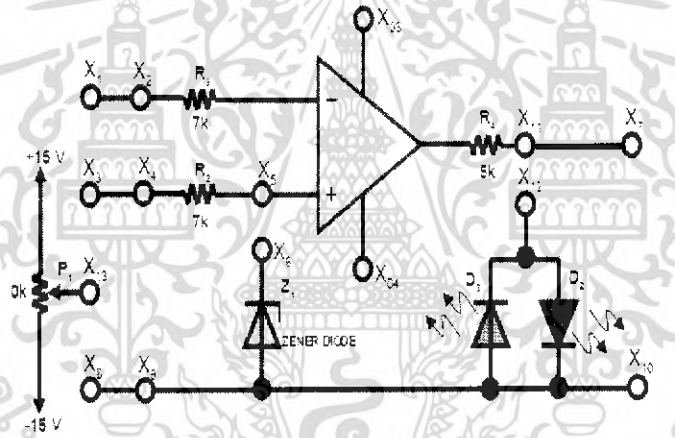
ทฤษฎีเบื้องต้น

วงจรเปรียบเทียบแรงดันเป็นวงจรประเมินสัญญาณสองตัวขึ้นไปแล้วระบุว่าสัญญาณเหล่านั้นแมตช์กันในทางใดทางหนึ่งหรือไม่อาจใช้วงจรเปรียบเทียบเพื่อทดสอบแอมพลิจูด ความถี่ เฟส แรงดัน กระแส ประเภทของรูปคลื่นหรือค่าตัวเลขอาจใช้เปรียบเทียบตัวเลขมีเอาต์พุตสามตัวคือ มากกว่า (>) เท่ากับ (<) และน้อยกว่า (=) วงจรเปรียบเทียบเฟสหรอความถี่อาจมีแรงดันเอาต์พุตที่เปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอยู่กับว่าปริมาณนำหน้าหรือล้าหลัง มากขึ้นหรือน้อยลง

คุณสมบัติของวงจรเปรียบเทียบมีความคล้ายกันหลายประการระหว่างส่วนที่เป็นออปแอมป์และส่วนที่เป็นวงจรขยายของวงจรเปรียบเทียบ วงจรเปรียบเทียบเป็นลิเนียร์ไอซี แต่ไม่จัดว่าเป็นออปแอมป์ ถึงแม้วงจรเปรียบเทียบจะไม่ใช่ออปแอมป์ก็ตาม แต่ก็ใช้ออปแอมป์เสริมหน้าที่วงจรเปรียบเทียบได้เมื่อมีความถี่ต่ำ

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.ต่อบอร์ดทดลองวงจรเปรียบเทียบแรงดันตามในตารางที่ ซ.6.1



รูปที่ ซ.6.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

ตารางที่ ซ.6.1 การต่อบอร์ดทดลองเปรียบเทียบแรงดัน

ลำดับ	ขั้นตอน
1.1	Interface B+ กับTerminal X9
1.2	Interface B-กับTerminal X13
1.3	Interface A+กับTerminal X20
1.4	Interface A-กับTerminal X21
1.5	Terminal X10กับTerminal X40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.6.1 (ต่อ) การต่อบอร์ดทดลองเปรียบเทียบแรงดัน

ลำดับ	ขั้นตอน
1.6	Terminal X3กับTerminal X4
1.7	Terminal X7กับTerminal X8
1.8	Terminal X8กับTerminal X17

2. ทำการปฏิบัติตามขั้นตอนในการทดลองชุดฝึกออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงตามที่กำหนด

2.1 Voltmeter A (VA) ตั้งที่ย่าน 10V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.6.2

2.2 Voltmeter B (VE1) ตั้งที่ย่าน 2V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.6.2

2.3 แหล่งจ่าย DC source เปิดสวิตช์แล้วเพิ่มแรงดันจนกระทั่ง Voltmeter B (VE1) = 0.5V โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.6.3

ตารางที่ ซ.6.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Measuring Devices
3	เลือก Voltmeter A หรือ B

ตารางที่ ซ.6.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก DC source

2.4 แล้วทำการปรับมิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ในตาราง หมุน โพเทนทิโอมิเตอร์ P1 ไปที่ตำแหน่งขวาสุด

3. เพิ่มค่าแรงดันเอาท์พุตของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจนกว่า LED สีแดงดับแล้ว LED สีเขียวติด จากนั้น ลดค่าแรงดันเอาท์พุตจนกระทั่ง LED สีแดงติด

4. วัดค่าแรงดันอินพุตด้วย Voltmeter B ที่ตั้งย่าน 10V DC วัดแรงดันอินพุต = ...V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อธิบายคำตอบที่ 1 แรงดันอ้างอิงใดที่ใช้ป้อนเป็นอินพุตให้กับขา Non - inverting หากจำเป็นต้องสัญญาณที่ตำแหน่ง (Terminal X5) ส่วนใดของวงจรที่ใช้เป็นตัวกำหนดค่าแรงดันของวงจร

6. ทำการปลดจุดต่อเชื่อมของวงจรทดลองในตารางที่ ซ.6.4

ตารางที่ ซ.6.4 การปลดจุดต่อเชื่อมของวงจรทดลอง

ลำดับ	ขั้นตอน
1	Terminal X5 สู่จุด Terminal X6
2	Terminal X11 สู่จุด Terminal X12

7. เตรียมอุปกรณ์จากเมนูของชุดฝึกปฏิบัติเสมือนจริงดังนี้

7.1 อุปกรณ์กำเนินสัญญาณ Function generator ตั้งะเอมป์ปิจูด = 100% ความถี่ 100 Hz แบบ Triangular Waveforem โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.6.5

ตารางที่ ซ.6.5 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator

ลำดับ	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก Function Generator

ตารางที่ ซ.6.6 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope

ลำดับ	ขั้นตอน
1	Channel A(Va) ตั้งย่าน 5V / DivCoupling DC
2	Channel B(Ve) ตั้งย่าน 5V / DivCoupling DC

7.3 โหมด XT เวลา 2ms

7.4 ที่ทูลบาร์เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ▣ ปุ่มOscilloscope เพื่อเข้าสู่หน้าต่าง Oscilloscope เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ปุ่ม Start/Stop measurement เพื่อแสดงสัญญาณที่ต้องการวัด

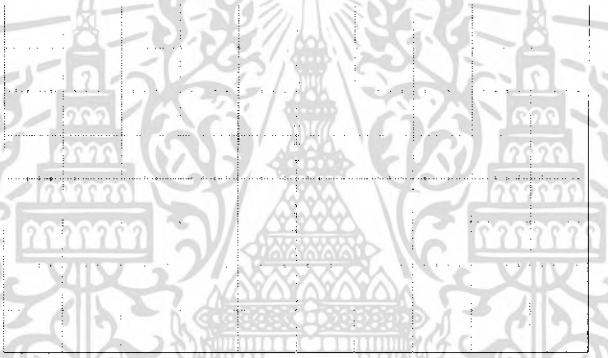
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 เมื่อได้รูปคลื่นที่ต้องการแล้วกดรูป ▸ ปุ่ม Start/Stop measurement อีกครั้งเพื่อทำการหยุดสัญญาณ เลื่อนเมาส์ไปที่หน้าจอ Oscilloscope จากนั้นคลิกปุ่มขวาบนหน้าจอ Oscilloscope จะปรากฏคำสั่งให้ Copy ให้ทำการ Copy รูปคลื่นที่วัดได้จากหน้าจอ Oscilloscope

7.6 ที่ทูลบาร์อีกครั้ง เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ● ปุ่ม Course Page เพื่อออกจากหน้าต่าง Oscilloscope จากนั้นให้บันทึกรูปคลื่นทั้งสองลงในรูปที่ ช.6.2 โดยคลิกปุ่มขวาที่รูปที่ 1 จะปรากฏคำสั่งให้ Paste

8. ทำการปรับโพเทนทิโอมิเตอร์ P1 เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันอ้างอิงแล้วสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงจาก Oscilloscope จากนั้นใช้ โพเทนทิโอมิเตอร์ P1 ปรับค่าแรงดันอ้างอิงเพื่อป้อนไฟ +5V ให้กับวงจร

9. ใช้ Oscilloscope วัดแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va และรูปคลื่นการแสดง ผลจาก Oscilloscope ลงในตารางกราฟพร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดการปรับย่านการใช้งานของ Oscilloscope ในตารางที่ ช.6.7



รูปที่ ช.6.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

ตารางที่ ช.6.7 บันทึกค่าการปรับย่านวัดของ Oscilloscope

TIME/Div	.....
CHN1/Div	.....
CHN2/Div	.....
Ve	.....VP-P
fe	.....Hz
Va	.....VP-P
Coupling	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การประเมินผล จงอธิบายถึงที่มาของคำตอบและหลักการของวงจรเปรียบเทียบ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 7
วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบกลับเฟส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรสมิททริกเกอร์แบบกลับเฟสได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรสมิททริกเกอร์แบบกลับเฟสได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Voltmeter ในโปรแกรม Labsoft วัดแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรสมิททริกเกอร์แบบกลับเฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connections breadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. แหล่งจ่าย DC Source ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
6. Voltmeter A ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Voltmeter B ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
8. Function Generator ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
9. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
10. การ์ดทดลอง SO4103-7B_TH	จำนวน 1 บอร์ด
11. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

สมิททริกเกอร์หรืออาจเรียกว่าตัวเปรียบเทียบใหม่เป็นวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์อีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้งานทำงานด้วยระดับแรงดันอินพุต 2 ค่า ช่วยในการควบคุมการเปลี่ยนสภาวะเถียรภาพของวงจรการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรใช้ความแตกต่างของระดับแรงดันไฟตรง 2 ระดับ สามารถนำไปใช้เป็นตัวตรวจจับระดับแรงดันใช้เป็นตัวสร้างพัลส์สี่เหลี่ยมจากสัญญาณอินพุตคลื่นต่างๆ ระดับแรงดันไฟตรงที่ควบคุมให้วงจรสมิททริกเกอร์ได้แก่ศักย์จุดชนวนด้านสูง (UTP) เป็นศักย์ควบคุมให้วงจรชมิตทริกเกอร์ทำงานและศักย์จุดชนวนด้านต่ำ (LTP) เป็นศักย์ควบคุมให้วงจรสมิททริกเกอร์หยุดทำงาน

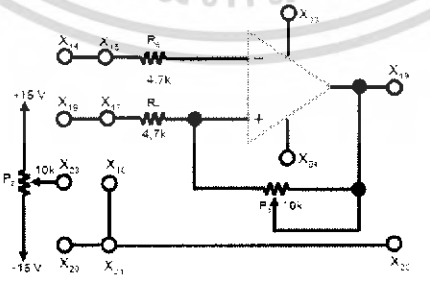
วงจรสมิททริกเกอร์ที่สร้างมาใช้งาน สามารถสร้างวงจรด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิด เช่น ทรานซิสเตอร์และออปแอมป์ เป็นต้น วงจรถูกสร้างขึ้นมาแตกต่างกัน แต่มีหลักการทำงานของวงจรเหมือนกัน ทำงานโดยอาศัยจุดทำงานที่ศักย์จุดชนวนด้านสูง (UTP) และศักย์จุดชนวนด้านต่ำ (LTP) เหมือนกัน วงจรใช้ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวจะทำงานสลับกันตัวหนึ่งคัตออฟ อีกตัวหนึ่งทำงานถึงจุดอิ่มตัว สลับไปสลับมาตามสภาวะของสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาส่วนวงจรใช้ออปแอมป์การทำงานของวงจรต้องมีวงจรป้อนกลับแบบบวกโดยป้อนสัญญาณเข้าขานอนอินเวอร์ติง อัตราขยายของวงจรถูกกำหนดค่าด้วยความต้านทานต่อเป็นวงจรป้อนกลับ

ฮิสเตอริซิสที่เกิดขึ้นในวงจรสมิททริกเกอร์ หมายถึง การทำให้เกิดการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนสภาวะการทำงานของวงจร ค่าเวลาล้าหลังนี้เกิดจากการป้อนกระแสที่ไหลผ่านจากเอาต์พุตกลับมาอินพุตใหม่เป็นแรงดันอินพุตที่ LTP มีค่าแรงดันต่ำกว่าการเปลี่ยนสภาวะในครั้งแรกที่ UTP การเปลี่ยนสภาวะที่เกิดการหน่วงเวลานี้อยู่ในช่วง UTP และ LTP

วงจรกลับสัญญาณคือวงจรที่ทำหน้าที่กลับสัญญาณที่ส่งออกเอาต์พุตให้มีสัญญาณตรงข้ามกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาเสมอ เช่นสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาเป็นบวก สัญญาณผ่านวงจรกลับสัญญาณออกเอาต์พุตเป็นลบ หรือถ้าสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาเป็นลบ สัญญาณผ่านวงจรกลับสัญญาณออกเอาต์พุตเป็นบวก เป็นต้น วงจรกลับสัญญาณสามารถสร้างขึ้นได้จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เช่น ทรานซิสเตอร์เฟตและไอซีออปแอมป์ เป็นต้น

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบกลับเฟสตามในตารางที่ ซ.7.1



รูปที่ ซ.7.1 วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.7.1 การต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบกลับเฟส

ลำดับ	ขั้นตอน
1.1	Interface S กับ Terminal X14
1.2	Interface GND กับ Terminal X20
1.3	Interface S กับ Interface A+
1.4	Interface GND กับ Interface A-
1.5	Interface B+ กับ Terminal X19
1.6	Interface B- กับ Terminal X22
1.7	Terminal X17 กับ Terminal X18

2. ทำการปฏิบัติตามขั้นตอนในการทดลองชุดฝึกออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงตามที่กำหนด

2.1 Voltmeter A (VA) ตั้งที่ย่าน 10V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.7.2

2.2 Voltmeter B (VE1) ตั้งที่ย่าน 20V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.7.2

2.3 แหล่งจ่าย DC source เปิดสวิตช์แล้วเพิ่มแรงดันจนกระทั่ง Voltmeter B (VE1) = 10V โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.7.3

ตารางที่ ซ.7.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Measuring Devices
3	เลือก Voltmeter A หรือ B

ตารางที่ ซ.7.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก DC source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หมุนโพเทนทิโอมิเตอร์ P2 ไปที่ตำแหน่งขวาสุด จากนั้นค่อยๆลดค่าแรงดันอินพุต จากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจนกระทั่งแรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นบวก

4. วัดค่าแรงดันอินพุตด้วย Voltmeter A แล้วบันทึกผล = ...V

5. ค่อยๆเพิ่มแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจนกระทั่งแรงดันเอาท์พุตมีค่าเป็นลบ

6. วัดค่าแรงดันอินพุตด้วย Voltmeter A แล้วบันทึกผล = ...V

7. จงอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างคำตอบข้อที่ 4 และ 6

.....

.....

8. ปลดแหล่งจ่ายไฟจากชุดฝึกเสมือนจริง จัดเตรียมอุปกรณ์จากเมนูของชุดฝึกปฏิบัติเสมือนจริงดังนี้

8.1 Function generator ตั้งแอมป์ปิจูด = 80% ความถี่ 100 Hz แบบ Sine Waveform โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.7.5

8.2 Oscilloscope โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.7.5

ตารางที่ ช.7.4 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator

ลำดับ	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก Function Generator

ตารางที่ ช.7.5 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope

ลำดับ	ขั้นตอน
1	Channel A(Va) ตั้งย่าน 5V / DivCoupling DC
2	Channel B(Ve) ตั้งย่าน 5V / DivCoupling DC
3	โหมด X/Y เวลา 2ms trigger B Triangular Waveform

8.3 ที่ทูลบาร์ เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ▣ ปุ่ม Oscilloscope เพื่อเข้าสู่หน้าต่าง Oscilloscope เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ▸ ปุ่ม Start/Stop measurement เพื่อแสดงสัญญาณที่ต้องการวัด

8.4 เมื่อได้รูปคลื่นที่ต้องการแล้วกดรูป ▸ ปุ่ม Start/Stop measurement อีกครั้งเพื่อทำการหยุดสัญญาณเลื่อนเมาส์ไปที่หน้าจอ Oscilloscope จากนั้นคลิกปุ่มขวาบนหน้าจอ Oscilloscope จะปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งให้ Copy ให้ทำการ Copy รูปคลื่นที่วัดได้จากหน้าจอ Oscilloscope

8.5 ที่ทูลบาร์อีกครั้งเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ● ปุ่ม Course Page เพื่อออกจากหน้าต่าง Oscilloscope จากนั้นให้บันทึกรูปคลื่นทั้งสองลงในรูปที่ ช.7.2 โดยคลิกปุ่มขวาที่กราฟที่ 1 จะปรากฏคำสั่งให้ Paste

9. ทดสอบปรับค่าโพเทนทิโอมิเตอร์ P2 แล้วสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่ Oscilloscope จากนั้นปรับแรงดันไฟสำหรับทริกเกอร์เป็น + 6V โดยโพเทนทิโอมิเตอร์ P2

10. ใช้ Oscilloscope วัดแรงดันอินพุต VE และแรงดันเอาต์พุต VA และรูปคลื่นการแสดงผลจาก Oscilloscope ลงในกราฟพร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดการปรับย่านการใช้งานของ Oscilloscope ในตารางที่ ช.7.6

ตารางที่ ช.7.6 บันทึกการปรับย่านใช้งานของ Oscilloscope

Time/Div	CHNA/Div	CHNB/Div
.....	.....	.....

รูปที่ ช.7.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

11. จงอธิบายถึงที่มาของคำตอบ และอธิบายหน้าที่การทำงานของโพเทนทิโอมิเตอร์ P2

.....

.....

12. Voltmeter B ตั้งที่ย่าน 20 V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ช.7.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.7.7 การเปลี่ยนจุดต่อวงจร

ลำดับ	ขั้นตอน
1	ปลดสายต่อวงจรระหว่างจุด Terminal X17 กับ Terminal X18
2	จุดต่อเชื่อมใหม่ Terminal X16 กับ Terminal X23

13 ทำการปรับโพเทนทิโอมิเตอร์ P2 เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันอ้างอิง แล้วสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงจาก Oscilloscope จากนั้นใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ P3 ปรับค่าแรงดันอ้างอิงสำหรับทริกเกอร์เป็น + 8V

14. ใช้ Oscilloscope วัดแรงดันอินพุต VE และแรงดันเอาต์พุต VA และรูปคลื่นการแสดงผลจาก Oscilloscope ลงในกราฟพร้อมทั้งบันทึกรายการปรับย่านการใช้งานของ Oscilloscope ในตารางที่ ซ.7.8

ตารางที่ ซ.7.8 การปรับย่านการใช้งานของ Oscilloscope

Time/Div	CHNA/Div	CHNB/Div
.....	.....	.....

รูปที่ ซ.7.3 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

15. จงอธิบายถึงที่มาของคำตอบ และอธิบายหน้าที่การทำงานของโพเทนทิโอมิเตอร์ P3

.....

.....

16. การประเมินผล จงอธิบายถึงที่มาของคำตอบ และอธิบายหน้าที่การทำงานของวงจรเราสามารถนำวงจรนี้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ?

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 8
วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรสมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟสได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรสมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟสได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Voltmeter ในโปรแกรม Labsoft วัดแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตของวงจรได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรสมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connections breadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. แหล่งจ่าย DC Source ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
6. Voltmeter A ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Voltmeter B ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
8. Function Generator ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
9. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
10. การ์ดทดลอง SO4103-7B_TH	จำนวน 1 บอร์ด
11. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

สมิททริกเกอร์ หรืออาจเรียกว่าตัวเปรียบเทียบใหม่เป็นวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์อีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้งานทำงานด้วยระดับแรงดันอินพุต 2 ค่า ช่วยในการควบคุมการเปลี่ยนสภาวะเถียรภาพของวงจรการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรใช้ความแตกต่างของระดับแรงดันไฟตรง 2 ระดับ สามารถนำไปใช้เป็นตัวตรวจจับระดับแรงดันใช้เป็นตัวสร้างพัลส์สี่เหลี่ยมจากสัญญาณอินพุตคลื่นต่างๆระดับแรงดันไฟตรงที่ควบคุมให้วงจรสมิททริกเกอร์ได้แก่ศักย์จุดชนวนด้านสูง (UTP) เป็นศักย์ควบคุมให้วงจรชมิตทริกเกอร์ทำงานและศักย์จุดชนวนด้านต่ำ (LTP) เป็นศักย์ควบคุมให้วงจรสมิททริกเกอร์หยุดทำงาน

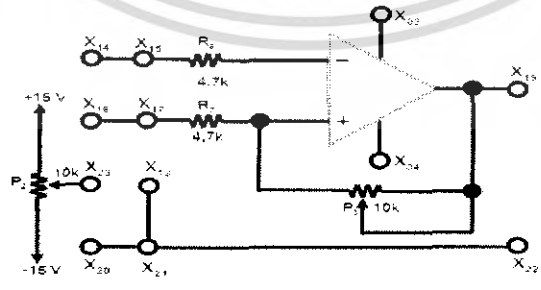
วงจรสมิททริกเกอร์ที่สร้างมาใช้งาน สามารถสร้างวงจรด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิด เช่น ทรานซิสเตอร์ และออปแอมป์ เป็นต้น วงจรถูกสร้างขึ้นมาแตกต่างกัน แต่มีหลักการทำงานของวงจรเหมือนกันทำงานโดยอาศัยจุดทำงานที่ศักย์จุดชนวนด้านสูง (UTP) และศักย์จุดชนวนด้านต่ำ (LTP) เหมือนกัน วงจรใช้ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวจะทำงานสลับกันตัวหนึ่งคัตออฟ อีกตัวหนึ่งทำงานถึงจุดอิ่มตัว สลับไปสลับมาตามสภาวะของสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาส่วนวงจรใช้ออปแอมป์การทำงานของวงจรต้องมีวงจรป้อนกลับแบบบวกโดยป้อนสัญญาณเข้าขานอนอินเวอร์ติงอัตราขยายของวงจรถูกกำหนดค่าด้วยความต้านทานต่อเป็นวงจรป้อนกลับ

ฮิสเตอรีซิสที่เกิดขึ้นในวงจรสมิททริกเกอร์ หมายถึง การทำให้เกิดการหน่วงเวลาในการเปลี่ยนสภาวะการทำงานของวงจร ค่าเวลาล้าหลังนี้เกิดจากการป้อนกระแสที่ไหลผ่านจากเอาต์พุตกลับมาอินพุตใหม่เป็นแรงดันอินพุตที่ LTP มีค่าแรงดันต่ำกว่าการเปลี่ยนสภาวะในครั้งแรกที่ UTP การเปลี่ยนสภาวะที่เกิดการหน่วงเวลานี้อยู่ในช่วง UTP และ LTP

วงจรกลับสัญญาณคือวงจรที่ทำหน้าที่กลับสัญญาณที่ส่งออกเอาต์พุตให้มีสัญญาณตรงข้ามกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาเสมอ เช่นสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาเป็นบวก สัญญาณผ่านวงจรกลับสัญญาณออกเอาต์พุตเป็นลบ หรือถ้าสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาเป็นลบ สัญญาณผ่านวงจรกลับสัญญาณออกเอาต์พุตเป็นบวก เป็นต้น วงจรกลับสัญญาณสามารถสร้างขึ้นได้จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เช่น ทรานซิสเตอร์เฟตและไอซีออปแอมป์ เป็นต้น

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟสตามในตารางที่ ช.8.1



รูปที่ ช.8.1 วงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.8.1 ขั้นตอนการต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์สมิททริกเกอร์แบบไม่กลับเฟส

ลำดับ	ขั้นตอน
1	Interface S กับ Terminal X16
2	Interface GND กับ Terminal X20
3	Interface S กับ Interface A+
4	Interface GND กับ Interface A-
5	Interface B+ กับ Terminal X19
6	Interface B- กับ Interface GND
7	Terminal X14 กับ Terminal X20

2. ทำการปฏิบัติตามขั้นตอนในการทดลองชุดผึกออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริงตามที่กำหนด

2.1 Voltmeter A (VA) ตั้งที่ย่าน 10V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.8.2

2.2 Voltmeter B (VE1) ตั้งที่ย่าน 20V DC โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.8.2

2.3 แหล่งจ่าย DC source เปิดสวิตช์แล้วเพิ่มแรงดันจนกระทั่ง Voltmeter B (VE1) = 10V โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.8.3

ตารางที่ ซ.8.2 ขั้นตอนการใช้งาน Voltmeter A หรือ B

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Measuring Devices
3	เลือก Voltmeter A หรือ B

ตารางที่ ซ.8.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง DC source

ลำดับที่	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก DC source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับโพเทนทิโอมิเตอร์ P2 ไปที่ตำแหน่งขวาสุดจากนั้นค่อยๆ ลดค่าแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจนกระทั่งแรงดันเอาท์พุตมีค่าเป็นลบ

4. วัดค่าแรงดันอินพุตด้วย Voltmeter A แล้วบันทึกผล = ...V

5. ค่อยๆเพิ่มแรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจนกระทั่งแรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นบวก

6. วัดค่าแรงดันอินพุตด้วย Voltmeter A แล้วบันทึกผล = ...V

7. จงอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างคำตอบข้อที่ 4 และ 6

.....

.....

8. ปลดแหล่งจ่ายไฟจากชุดฝึกเสมือนจริงจัดเตรียมอุปกรณ์จากเมนูของชุดฝึกปฏิบัติเสมือนจริงดังนี้

8.1 Function generator ตั้งแอมป์ปิจูด = 80% ความถี่ 100 Hz แบบ Sine Waveform โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.8.5

8.2 Oscilloscope โดยปฏิบัติตามขั้นตอนในตารางที่ ซ.8.5

ตารางที่ ซ.8.4 ขั้นตอนการใช้งาน Function Generator

ลำดับ	ขั้นตอน
1	โดยเลือกที่เมนู Instruments
2	เลือก Voltage Sources
3	เลือก Function Generator

ตารางที่ ซ.8.5 ขั้นตอนการใช้งาน Oscilloscope

ลำดับ	ขั้นตอน
1	Channel A(Va) ตั้งย่าน 2V / DivCoupling DC
2	Channel B(Ve) ตั้งย่าน 5V / DivCoupling DC
3	โหมด X/Y เวลา 10ms trigger B Triangular Waveform

8.3 ที่ทูลบาร์ เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ▣ ปุ่ม Oscilloscope เพื่อเข้าสู่หน้าต่าง Oscilloscope เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ▸ ปุ่ม Start/Stop measurement เพื่อแสดงสัญญาณที่ต้องการวัด

8.4 เมื่อได้รูปคลื่นที่ต้องการแล้วกดรูป ▸ ปุ่ม Start/Stop measurement อีกครั้งเพื่อทำการหยุดสัญญาณเลื่อนเมาส์ไปที่หน้าจอ Oscilloscope จากนั้นคลิกปุ่มขวาบนหน้าจอ Oscilloscope จะปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งให้ Copy ให้ทำการ Copy รูปคลื่นที่วัดได้จากหน้าจอ Oscilloscope

8.5 ที่ทูลบาร์อีกครั้งเลื่อนเมาส์ไปคลิกที่รูป ◆ ปุ่ม Course Page เพื่อออกจากหน้าต่าง Oscilloscope จากนั้นให้บันทึกรูปคลื่นทั้งสองลงในรูปที่ ช.8.2 โดยคลิกปุ่มขวาที่กราฟจะปรากฏคำสั่งให้ Paste

9. ทดสอบปรับค่าโพเทนทิโอมิเตอร์ P2 แล้วสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่ Oscilloscope จากนั้นปรับแรงดันไฟสำหรับทริกเกอร์เป็น + 6V โดยโพเทนทิโอมิเตอร์ P2

10. ใช้ Oscilloscope วัดแรงดันอินพุต VE และแรงดันเอาต์พุต VA และรูปคลื่นการแสดงผลจาก Oscilloscope ลงในกราฟพร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดการปรับย่านการใช้งานของ Oscilloscope ในตารางที่ ช.8.6

ตารางที่ ช.8.6 บันทึกการปรับย่านใช้งานของ Oscilloscope

Time/Div	CHNA/Div	CHNB/Div
.....	.....	.....

รูปที่ ช.8.2 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

11. จงอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างวงจรสมิตทริกเกอร์ (Schmitt triger) แบบกลับเฟสและแบบไม่กลับเฟส

12. ปรับโพเทนทิโอมิเตอร์ P3 ไปที่ตำแหน่งขวาสุดจากนั้นทำการต่อวงจรตามขั้นตอนในตารางที่ ช.8.7

ตารางที่ ช.8.7 การเปลี่ยนจุดต่อบนบอร์ดทดลอง

ลำดับ	ขั้นตอน
1	ปลดสายต่อวงจรระหว่างจุด Terminal X14 กับ Terminal X20
2	จุดต่อเชื่อมใหม่ Terminal X14 กับ Terminal X23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ทำการปรับโพเทนทิโอมิเตอร์ P2 เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันอ้างอิง แล้วสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงจาก Oscilloscope จากนั้นใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ P2 ปรับค่าแรงดันอ้างอิงสำหรับทริกเกอร์ให้อิ่มตัวที่ + 4 V

14. ใช้ Oscilloscope วัดแรงดันเอาต์พุต VA ที่ใช้สำหรับการป้อนกลับของแรงดันอินพุต VE จากนั้นทำการบันทึกรูปคลื่นลงในรูปที่ 1 บันทึกกราฟพร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดการปรับย่านการใช้งานของ Oscilloscope ในตารางที่ ช.8.8

ตารางที่ ช.8.8 บันทึกการปรับย่านใช้งานของ Oscilloscope

Time/Div	CHNA/Div	CHNB/Div
.....	.....	.....

รูปที่ ช.8.3 กราฟแรงดันอินพุต Ve และแรงดันเอาต์พุต Va

15. การประเมินผล จงอธิบายถึงที่มาของคำตอบและอธิบายหน้าที่การทำงานของวงจรเราสามารถนำวงจรนี้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ?

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 9
วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7A_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

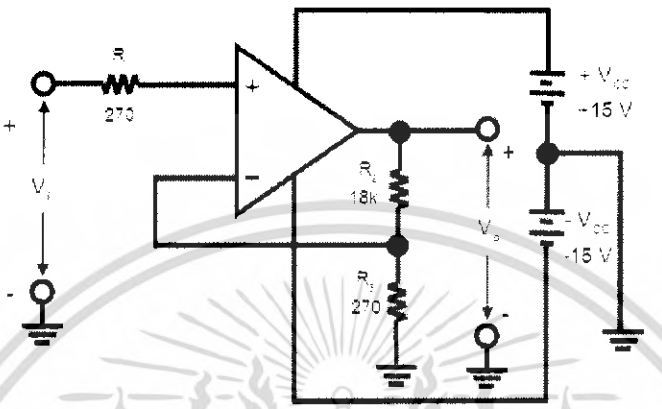
วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสมีค่ากระแส I_z จะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่ากระแสอินพุตไบแอส (I_B) มากๆ ในทางปฏิบัติ สำหรับออปแอมป์ชนิดทรานซิสเตอร์อินพุต เช่น 741 สำหรับออปแอมป์ชนิดเฟตอินพุต เช่น LF 353

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

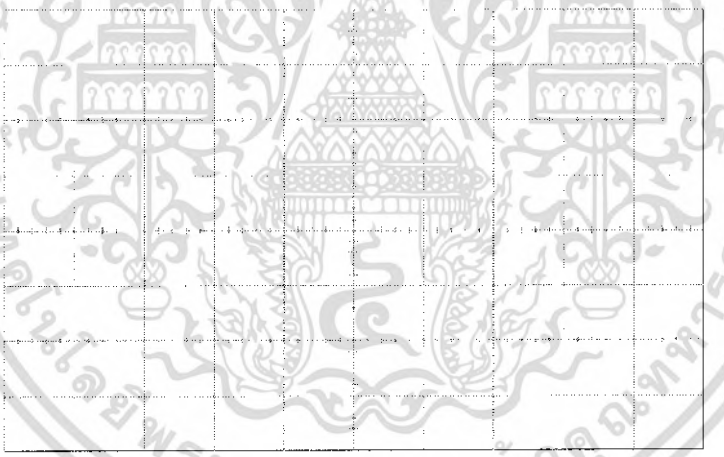
1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสตามรูปที่ ช.9.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ป้อนแรงดันอินพุตขนาด 15 mVp-p ไซน์เวฟ ความถี่ 1 kHz ให้กับวงจรใช้ Oscilloscope วัดสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร โดยให้ CH1.เป็นอินพุตและ CH2.เป็นเอาต์พุต บันทึกผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตลงในตารางที่ ซ.9.1



รูปที่ ซ.9.1 วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ ซ.9.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

ตารางที่ ซ.9.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

VI	.....VP-P
VO	.....VP-P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากค่าแรงดันที่วัดได้ จงคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรโดยใช้สูตรอัตราการขยายแรงดัน และตอบในตารางที่ ช.9.2

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \qquad \text{(ช.9.1)}$$

ตารางที่ ช.9.2 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

AV	.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 10
วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟสได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟสได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรได้
6. เพื่อให้นักศึกษาลามารถสรุปผลการทดลองวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. *Experimenter' control elements and connectionsbreadboard* (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

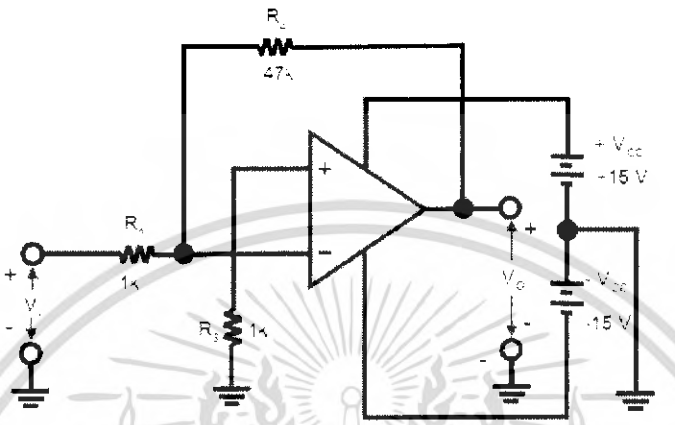
วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟสมีค่ากระแส I_z จะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่ากระแสอินพุตไบแอส (I_B) มากๆ ในทางปฏิบัติ สำหรับออปแอมป์ชนิดทรานซิสเตอร์อินพุต เช่น 741 สำหรับออปแอมป์ชนิดเฟตอินพุต เช่น LF 353

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

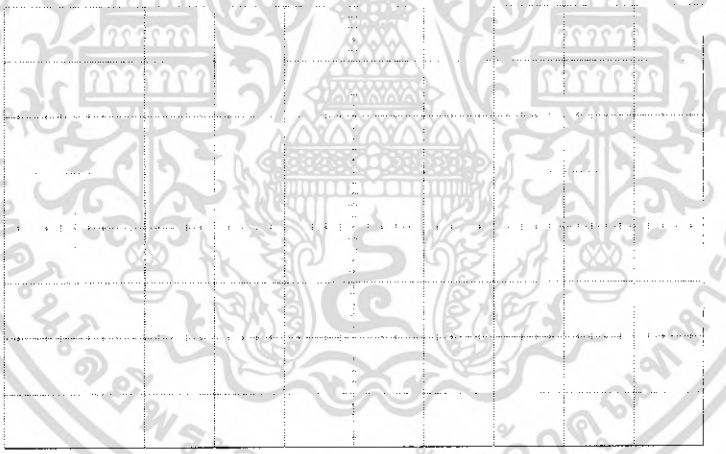
1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟสตามรูปที่ ซ.10.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ป้อนแรงดันอินพุตขนาด 15 mVp-p ไซน์เวฟ ความถี่ 1 kHz ให้กับวงจรใช้ Oscilloscope วัดสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร โดยให้ CH1.เป็นอินพุตและ CH2.เป็นเอาต์พุต บันทึกผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตลงในตารางที่ ช.10.1



รูปที่ ช.10.1 วงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบกลับเฟส



รูปที่ ช.10.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

ตารางที่ ช.10.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

VI	.....VP-P
VO	.....VP-P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากค่าแรงดันที่วัดได้ จงคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรโดยใช้สูตรอัตราการขยายแรงดันและตอบในตารางที่ ซ.10.2

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \qquad \text{(ซ.10.1)}$$

ตารางที่ ซ.10.2 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

AV	.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 11
วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟสได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟสได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันและค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟของวงจรได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

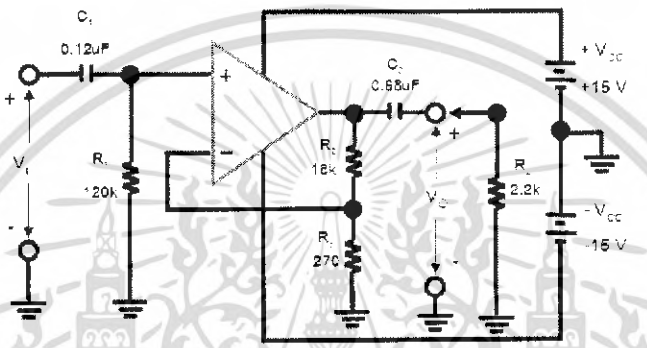
วงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์บางวงจร ต้องการเฉพาะสัญญาณ AC จะใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกับวงจรขยายออปแอมป์ไดเร็กคัปปลิงแบบไม่กลับเฟส ค่ากระแส I_2 จะต้องเลือกให้มีค่ามากกว่าค่ากระแสอินพุตไบแอส (I_B) มากๆ ในทางปฏิบัติ สำหรับออปแอมป์ชนิดทรานซิสเตอร์อินพุต เช่น 741 สำหรับออปแอมป์ชนิดเฟตอินพุต เช่น LF 353

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของวงจรเอซี. อินพุตของวงจรขยายจะถูกต่อผ่านคะปาซิเตอร์อินพุต ดังนั้น อินพุตบวกของออปแอมป์จะต้องต่อลงกราวน์ผ่านตัวต้านทานตัวหนึ่ง เพื่อให้เป็นทางผ่านของกระแสอินพุตไปแอสของออปแอมป์

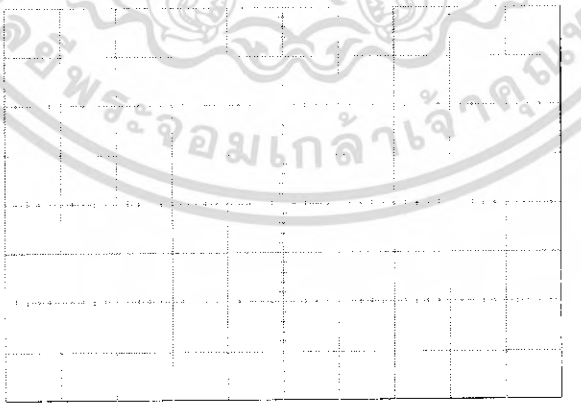
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์คาปาซิสเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟสตามรูปที่ ซ.11.1



รูปที่ ซ.11.1 วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

2. ป้อนแรงดันอินพุตขนาด 15 mVp-p ไซน์เวฟ ความถี่ 1 kHz ให้กับวงจรใช้ Oscilloscope วัดสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร โดยให้ CH1 เป็นอินพุตและ CH2.เป็นเอาต์พุต บันทึกรูปกราฟลงในรูปที่ ซ. 11.2 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตลงในตารางที่ ซ.11.1



รูปที่ ซ.11.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.11.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

VI	.....VP-P
VO	.....VP-P

3. จากค่าแรงดันที่วัดได้ จงคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรโดยใช้สูตรอัตราการขยายแรงดันและตอบในตารางที่ 10.2

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \qquad \text{(ซ.11.1)}$$

ตารางที่ ซ.11.2 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

AV	.....

4. คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ (Half Power point) โดยใช้ค่า VO(HPP) ที่กำหนดให้ใน

ตารางที่ ซ.11.3 การคำนวณหาคาแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ

VO(HPP)	0.707 VO
แรงดันที่จุดคัตออฟ (Half Power Point)	.....VP-P

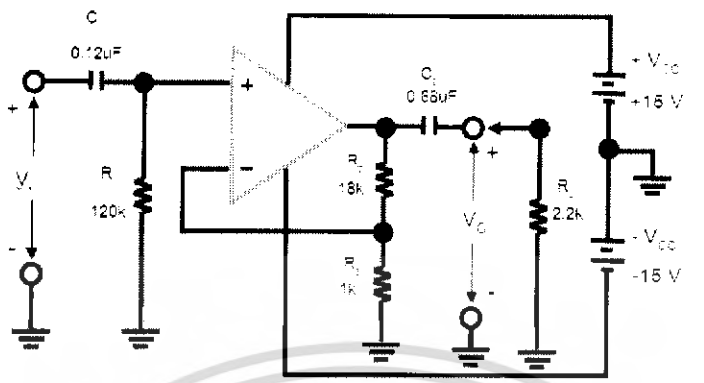
5. รักษาขนาดของแรงดันอินพุตให้คงที่ค่อยๆ ลดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณจนกระทั่งถึงค่าความถี่ที่ให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับค่าแรงดันเอาต์พุตที่คำนวณได้ในลำดับขั้นตอนการทดลองข้อ 4 และบันทึกค่าความถี่ f1 ในตารางที่ ซ.11.4

ตารางที่ ซ.11.4 บันทึกค่าความถี่ f1

บันทึกค่าความถี่อินพุต f1	.....Hz

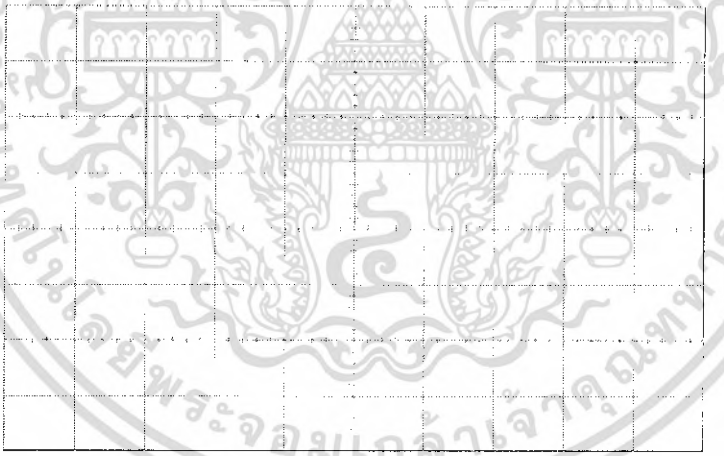
6. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์คาปาซิสเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟสตามรูปที่ ซ.11.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ซ.11.2 วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบไม่กลับเฟส

7. ป้อนแรงดันอินพุตขนาด 15 mVp-p ไซน์เวฟ ความถี่ 1 kHz ให้กับวงจรใช้ Oscilloscope วัดสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร โดยให้ CH1 เป็นอินพุตและ CH2 เป็นเอาต์พุต บันทึกรูปกราฟลงในรูปที่ ซ. 11.2 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตลงในตารางที่ ซ.11.1



รูปที่ ซ.11.3 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

ตารางที่ ซ.11.5 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

VI	.....VP-P
VO	.....VP-P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. จากค่าแรงดันที่วัดได้ จงคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรโดยใช้สูตรอัตราการขยายแรงดัน และตอบในตารางที่ ช.11.6

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

ตารางที่ ช.11.6 การคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

AV	.....

9. คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ (Half Power point) โดยใช้ค่า VO (HPP) ที่กำหนดให้ในตารางที่ ช.11.7

ตารางที่ ช.11.7 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ

VO(HPP)	**0.707 VO**
แรงดันที่จุดคัตออฟ (Half Power Point)	.....VP-P

10. รักษาขนาดของแรงดันอินพุตให้คงที่ค่อยๆ ลดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณจนกระทั่งถึงค่าความถี่ที่ให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับค่าแรงดันเอาต์พุตที่คำนวณได้ในลำดับขั้นตอนการทดลองข้อ 12 และบันทึกค่าความถี่ f1 .ในตารางที่ ช.11.8

ตารางที่ ช.11.8 บันทึกค่าความถี่ f1

บันทึกค่าความถี่อินพุต f1	:	.....Hz

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 12
วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟสได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟสได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันและค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟของวงจรได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟสได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

วงจรขยายออปแอมป์คะปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟสมีค่ากระแส I_1 จะต้องเลือกให้มีค่ามากว่าค่ากระแสอินพุตไบแอส (I_B) มากๆ ในทางปฏิบัติ สำหรับออปแอมป์ชนิดทรานซิสเตอร์อินพุต เช่น 741

เนื่องจากวงจรอินพุตมีคะปาซิเตอร์กั้นแรงดันดีซี. จึงไม่จำเป็นต้องมีตัวต้านทานเพื่อเป็นทางผ่านของกระแสอินพุต ไบแอสที่ขั้วอินพุตบวกของออปแอมป์เหมือนกับวงจรขยายแบบไดเร็กคัปปลิง

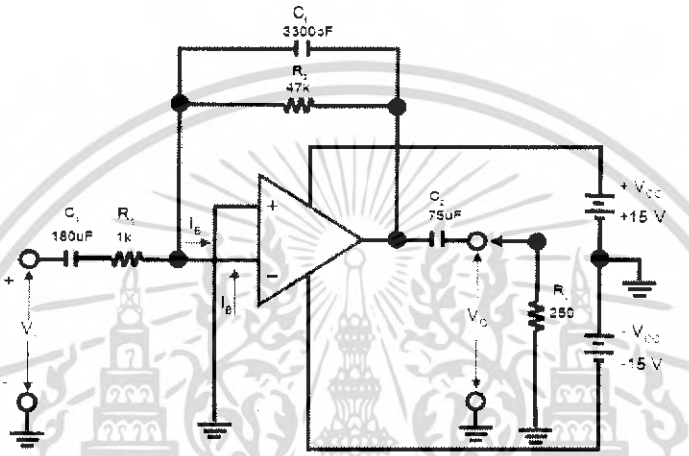
สำหรับวงจรขยายแบบคะปาซิเตอร์คัปปลิง บางครั้งอาจต้องการจำกัดค่าความถี่ ด้านความถี่สูง (f_2) เพื่อป้องกันการการรบกวนจากสัญญาณความถี่สูง ในวงจรขยายออปแอมป์ สามารถทำได้โดยการต่อคะปาซิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์คร่อมตัวต้านทานฟีดแบค (R_2) คือ คะปาซิเตอร์ C_1 จะเลือกใช้ค่าความจุที่มีคะปาซิตีฟรีแอกแตนซ์ (XC_1) เท่ากับค่าความต้านทาน R_2 ที่ค่าความถี่ F_2

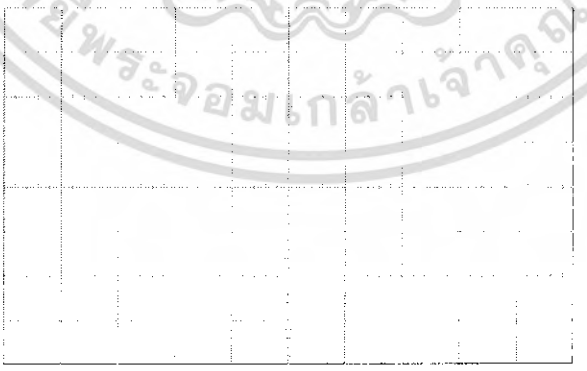
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์คาปาซิสเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟสตามรูปที่ ช.12.1



รูปที่ ช.12.1 วงจรขยายออปแอมป์คาปาซิเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส

2. ป้อนแรงดันอินพุตขนาด 15 mVp-p ไซน์เวฟ ความถี่ 1 kHz ให้กับวงจรใช้ออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร โดยให้ CH1 เป็นอินพุตและ CH2 เป็นเอาต์พุต บันทึกรูปกราฟลงในรูปที่ ช.12.2 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตลงในตารางที่ ช.12.1



รูปที่ ช.12.2 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.12.1 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

VI	.....VP-P
VO	.....VP-P

3. จากค่าแรงดันที่วัดได้ จงคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรโดยใช้สูตรอัตราการขยายแรงดัน และตอบในตารางที่ ช.12.2

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

ตารางที่ ช.12.2 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

AV	.....

4. คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ (Half Power point) โดยใช้ค่า VO(HPP) ที่กำหนดให้ใน

ตารางที่ ช.12.3 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ

VO(HPP)	0.707 VO
แรงดันที่จุดคัตออฟ (Half Power Point)	.....VP-P

5. รักษาขนาดของแรงดันอินพุตให้คงที่ค่อยๆ ลดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณจนกระทั่งถึงค่าความถี่ที่ให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับค่าแรงดันเอาต์พุตที่คำนวณได้ในลำดับขั้นตอนการทดลองข้อ 4 และบันทึกค่าความถี่ f1 .ในตารางที่ ช.12.4

ตารางที่ ช.12.4 บันทึกค่าความถี่ f1

บันทึกค่าความถี่อินพุต f1	.....Hz

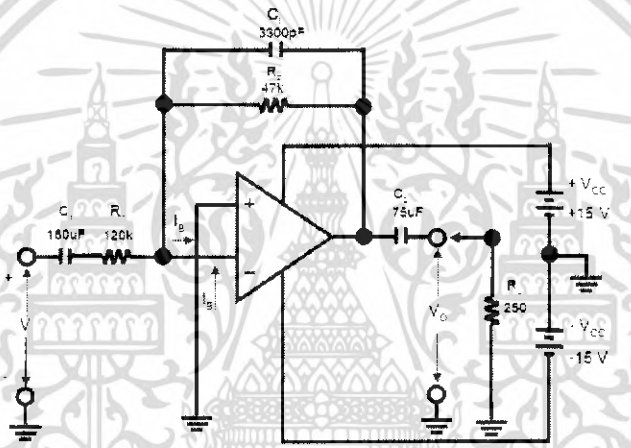
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. รักษาขนาดของแรงดันอินพุตให้คงที่ ค่อยๆ ลดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณจนกระทั่งถึงค่าความถี่ที่ให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับค่าแรงดันเอาพุตที่คำนวณได้ในลำดับขั้นตอนการทดลองข้อ 4 และบันทึกค่าความถี่ f2 .ในตารางที่ ซ.12.5

ตารางที่ ซ.12.5 บันทึกค่าความถี่อินพุต

บันทึกค่าความถี่อินพุต f2	.....Hz

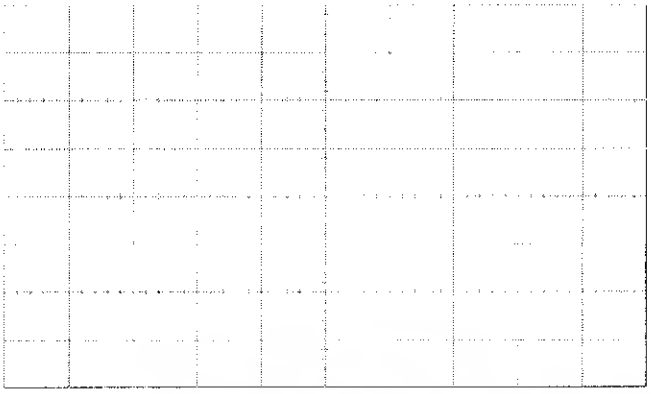
7. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์คาป่าซิสเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส



รูปที่ ซ.12.3 วงจรออปแอมป์คาป่าซิสเตอร์คัปปลิงแบบกลับเฟส

8. ป้อนแรงดันอินพุตขนาด 15 mVp-p ไซน์เวฟ ความถี่ 1 kHz ให้กับวงจรใช้ออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจร โดยให้ CH1.เป็นอินพุตและ CH2.เป็นเอาต์พุต บันทึกรูปกราฟลงในรูปที่ ซ. 12.3 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตลงในตารางที่ ซ.12.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ซ.12.4 กราฟแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

ตารางที่ ซ.12.6 ผลแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุต

VI	.....VP-P
VO	.....VP-P

9. จากค่าแรงดันที่วัดได้ จงคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรโดยใช้สูตรอัตราการขยายแรงดัน และตอบในตารางที่ ซ.12.7

$$A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

ตารางที่ ซ.12.7 การคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

AV	.....

10. คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ (Half Power point) โดยใช้ค่า VO (HPP) ที่กำหนดให้ใน ตารางที่ ซ.11.8

ตารางที่ ซ.12.8 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จุดคัตออฟ

VO(HPP)	**0.707 VO**
แรงดันที่จุดคัตออฟ (Half Power Point)	.....VP-P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. รักษาระดับของแรงดันอินพุตให้คงที่ค่อยๆ ลดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณจนกระทั่งถึงค่าความถี่ที่ให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับค่าแรงดันเอาต์พุตที่คำนวณได้จากข้อ 5 และบันทึกค่าความถี่ f1. ในตารางที่ ซ.12.9

ตารางที่ ซ.12.9 บันทึกค่าความถี่ f1

บันทึกค่าความถี่อินพุต f1	.....Hz

12. รักษาระดับของแรงดันอินพุตให้คงที่ค่อยๆ ลดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณจนกระทั่งถึงค่าความถี่ที่ให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับค่าแรงดันเอาต์พุตที่คำนวณได้ในข้อ 5 และบันทึกค่าความถี่ f 2. ในตารางที่ ซ.12.10

ตารางที่ ซ.12.10บันทึกค่าความถี่อินพุต

บันทึกค่าความถี่อินพุต f2	.....Hz

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 13

วงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดันได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดันได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันเอาต์พุตของวงจรได้
6. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดันได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

การออกแบบวงจรขยายผลต่างหรือวงจรลบแอนะลอกยูนิตี้เกนทำได้ง่ายมาก ในวงจรขยายผลต่างให้พิจารณาค่าอัตราขยายที่ต้องการใช้ในวงจร จากนั้นจึงเลือกค่าตัวต้านทานมาตรฐานของ R_1 และ R_2 ให้เท่ากัน คูณค่าเหล่านั้นแล้วคูณด้วยอัตราขยายที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้ได้ค่า R_3 และ R_f ส่วนวงจรลบแอนะลอกยูนิตี้เกนใช้การปรับตั้งค่าความต้านทานทั้งหมดให้เท่านั้น

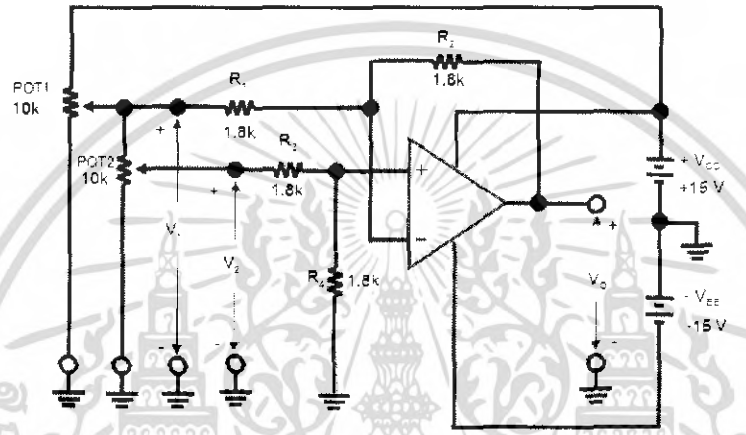
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดันตามรูปที่ ช.13.1

2. วัดและบันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต Oscilloscope ดีซี. อินพุต ที่ค่าแรงดัน V1 และ V2 ตามกำหนดให้ในตารางที่ ช.13.1 ช่อง VO (การวัด)

3. จากค่าแรงดันอินพุต V1 และ V2 ที่กำหนดให้ในตารางที่ ช.13.1 จงคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่จะได้จากวงจรขยายผลรวม บันทึกผลในตารางที่ 9-1 ช่อง VO (คำนวน)



รูปที่ ช.13.1 วงจรออปแอมป์ขยายผลต่างแรงดัน

ตารางที่ ช.13.1 บันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต

V1	V2	VO(วัด)	VO(คำนวณ)
0.0	0.0		
0.2	0.6		
0.4	0.8		
0.8	0.6		
0.6	1.0		
1.0	0.5		
0.3	0.8		
0.5	1.0		
0.7	1.0		
1.0	0.4		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 14
วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์แสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรออปแอมป์แสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรออปแอมป์แสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

วงจรมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ได้หลายลักษณะ เช่น เป็นวงจรกำเนิดความถี่คลื่นสี่เหลี่ยมเป็นวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น การทำงานของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ มีทั้งแบบทำงานได้ด้วยตัวเองและแบบต้องมีสัญญาณกระตุ้นเพื่อควบคุมการทำงาน วงจรมัลติไวเบรเตอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์และไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรมัลติไวเบเตอร์แต่ละแบบมีวงจรและการทำงานแตกต่างกัน

อะสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์สามารถสร้างวงจรได้จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เช่น ทรานซิสเตอร์ ไอซีออปแอมป์ และไอซี 555 เป็นต้น อะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า ฟรีรัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

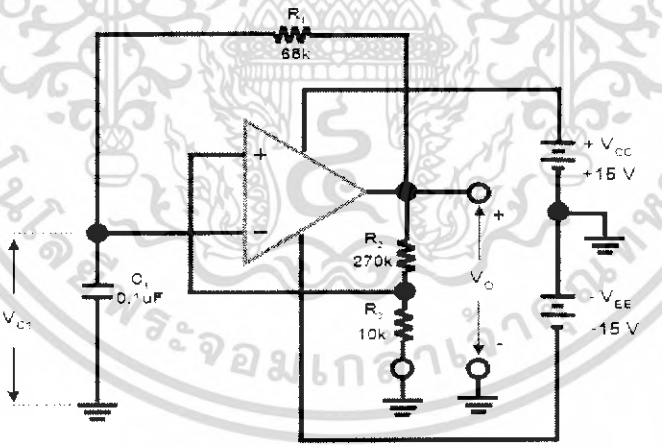
นิงมัลติไวเบเตอร์ เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสภาวะกึ่งเสถียรภาพ 2 สภาวะ มีตัว RC เป็นวงจรกำหนดเวลาคงที่ในการเปลี่ยนสภาวะการทำงานโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณพัลส์จากภายนอกมาควบคุมการทำงานสามารถให้กำเนิดความถี่สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมขึ้นมาได้

โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์ สามารถสร้างวงจรได้จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิ เช่นเดียวกัน โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า วันชอตมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสภาวะเสถียรภาพส่วนหนึ่งและมีสภาวะกึ่งเสถียรภาพอีกส่วนหนึ่ง วงจรในลภาวะปกติอยู่ที่สภาวะเสถียรภาพจนกว่ามีสัญญาณมากระตุ้นวงจรจะกลับไปอยู่ที่สภาวะกึ่งเสถียรภาพเวลาที่อยู่ในสภาวะกึ่งเสถียรภาพขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ของ RC ที่นำมาประกอบในวงจร เมื่อหมดเวลาคงที่ของ RC ที่นำมาประกอบในวงจรเมื่อหมดเวลาคงที่ของ RC วงจรจะกลับไปอยู่ในสภาวะเถียรภาพคงเดิม

ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่าฟลิบฟลอป เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสภาวะเสถียรภาพของวงจร 2 สภาวะส่วนหนึ่งของวงจรอยู่ในสภาวะทำงานอีกส่วนหนึ่งของวงจรอยู่ในสภาวะไม่ทำงานในการเปลี่ยนสภาวะการทำงานของวงจรแต่ละครั้งต้องใช้สัญญาณกระตุ้นมาควบคุมการเปลี่ยนแปลงทุกครั้ง

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

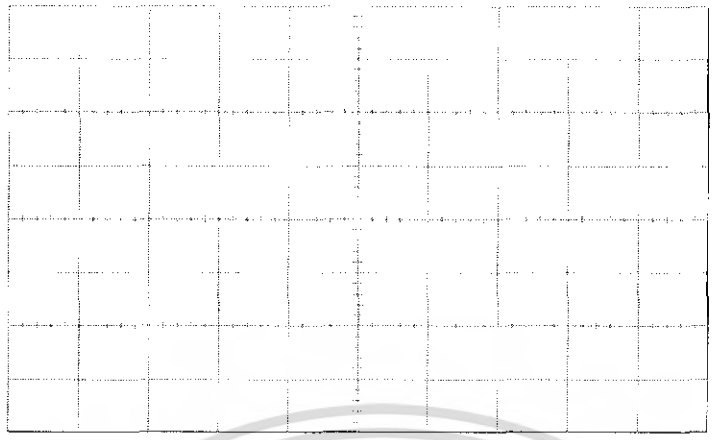
1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์แสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตามรูปที่ ช.14.1



รูปที่ ช.14.1 วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

2. ใช้ Oscilloscope วัดและบันทึกรูปสัญญาณที่ตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1 (VC1) รูปที่ ช.14.2 ตารางที่ ช. 14.1และขั้วเอาต์พุต (VO) รูปที่ ช.14.3 ตารางที่ 14.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช.14.2 กราฟผลแรงดันตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1

ตารางที่ ช.14.1 บันทึกค่าและแรงดันตกครอมคะปาซิเตอร์ C1

VC1	.....VP-P
UPT (Upper Trigger point)	V
LTP (Lower Trigger point)	V
T	.....S
t	.....S
f = 1/T	.....Hz

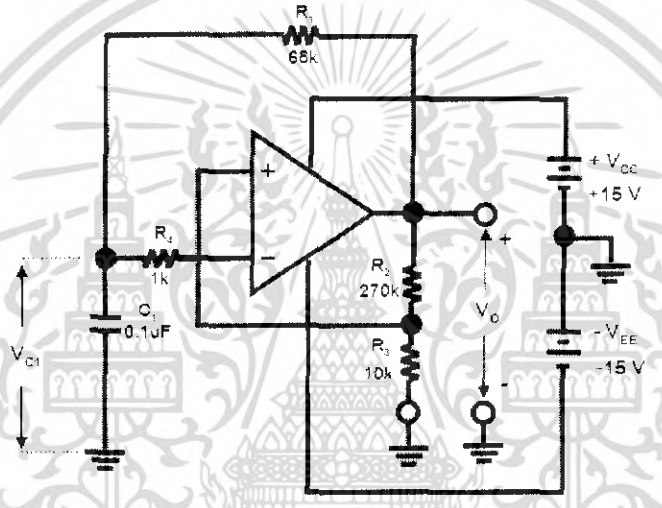
รูปที่ ช.14.3 กราฟผลแรงดันตกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.14.2 บันทึกค่าและแรงดันเอาต์พุต

VC1	.....VP-P
T	.....S
t	.....S
f = 1/T	.....Hz

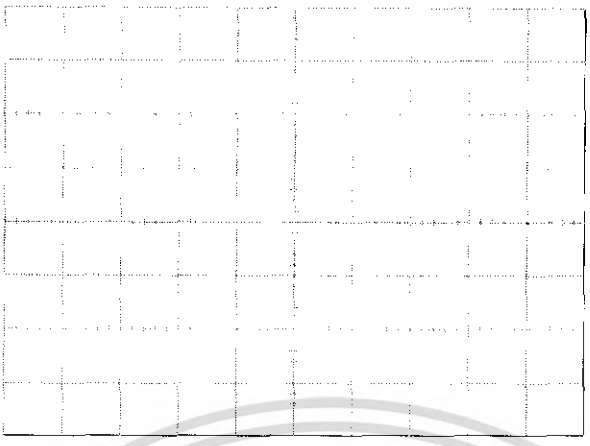
3. ต่อวงจรทดลองวงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ตามรูปที่ ซ.14.3



รูปที่ ซ.14.3 วงจรออปแอมป์แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

5. ใช้ Oscilloscope วัดและบันทึกรูปสัญญาณที่ตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1 (VC1) และขั้วเอาต์พุต (VO) แล้วบันทึกผลการวัดในตารางที่ ซ.14.3 และ ตารางที่ ซ.14.4

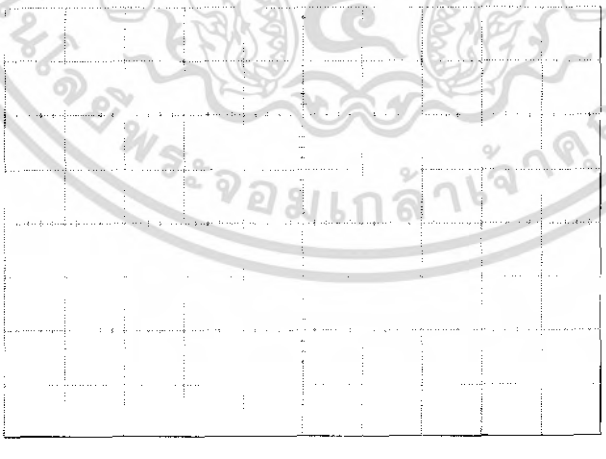
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ซ.14.4 กราฟผลแรงดันตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1

ตารางที่ ซ.14.3 บันทึกค่าและแรงดันตกคร่อมคะปาซิเตอร์ C1

VC1	.....VP-P
UPT (Upper Trigger point)	V
LTP (Lower Trigger point)	V
T	.....S
t	.....S
f = 1/T	.....Hz



รูปที่ ซ.14.5 กราฟผลแรงดันตกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.14.4 บันทึกค่าแรงดันเอาต์พุต

VC1	.....VP-P
T	.....S
t	.....S
f = 1/T	.....Hz

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 15

วงจรขยายออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์เฟส-ออสซิลเลเตอร์ได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรออปแอมป์เฟส-ออสซิลเลเตอร์ได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรออปแอมป์เฟส-ออสซิลเลเตอร์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

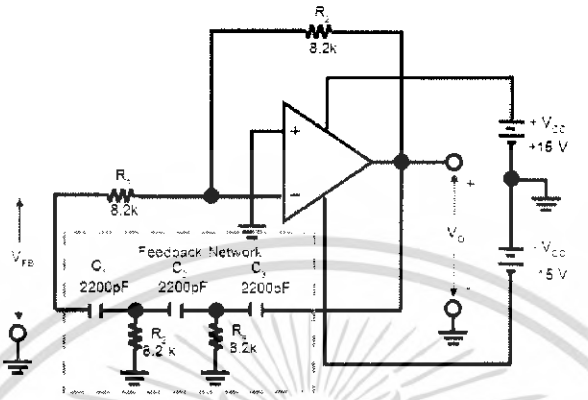
ออสซิลเลเตอร์แบบเลื่อนเฟส มีลักษณะตามชื่อคือใช้วงจรข่ายป้อนกลับเลื่อนเฟสเพื่อทำให้เกิดการเลื่อน 180 องศา ที่จำเห็นในการใช้งานในลักษณะที่มีความถี่คงที่

ความต่างเฟสในวงจร R_C ทำหน้าที่เป็นรีแอกแตนซ์ความจุ X_C และความต้านทาน R ของวงจรข่าย ความต้านทานไม่ได้เปลี่ยนไปตามความถี่ ดังนั้นตัวเก็บประจุจึงเป็นอุปกรณ์ไวความถี่ การเลือกส่วนประกอบอย่างรอบคอบจะควบคุมปริมาณการเลื่อนเฟสตัดผ่านกลุ่ม R_C ฉะนั้นจึงเป็นการลดการเลื่อนเฟสตัดผ่านแต่ละวงจร ตามปกติจะใช้ R_C สามกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

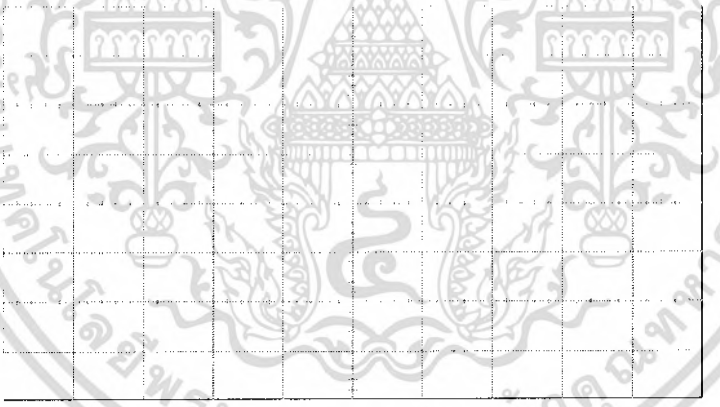
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์เฟส-ออสซิลเลเตอร์ตามรูปที่ ช.15.



รูปที่ ช.15.1 วงจรขยายออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์

2. ใช้ Oscilloscope วัดและบันทึกรูปสัญญาณที่ขั้วเอาต์พุต (VO) และแรงดันป้อนกลับ (VFB)

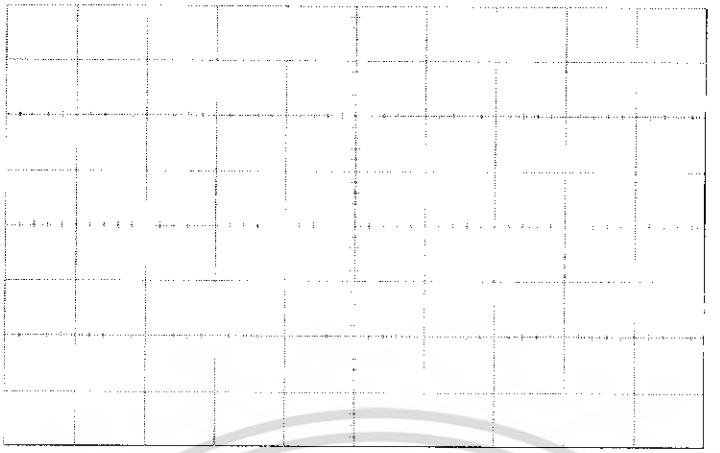


รูปที่ ช.15.2 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต

ตารางที่ ช.15.1 บันทึกค่าเอาต์พุต

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

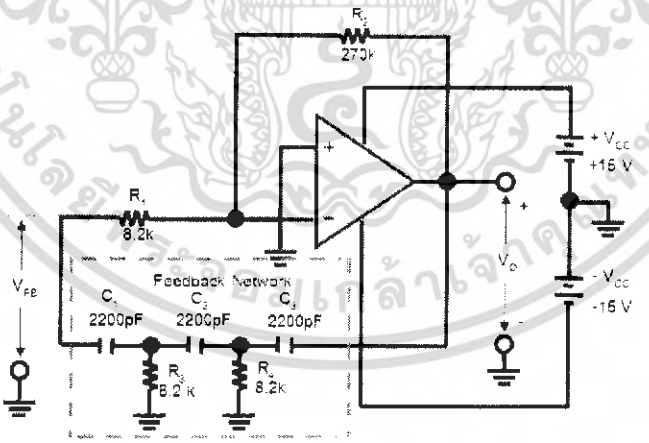


รูปที่ ช.15.2 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ

ตารางที่ ช.15.2 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....

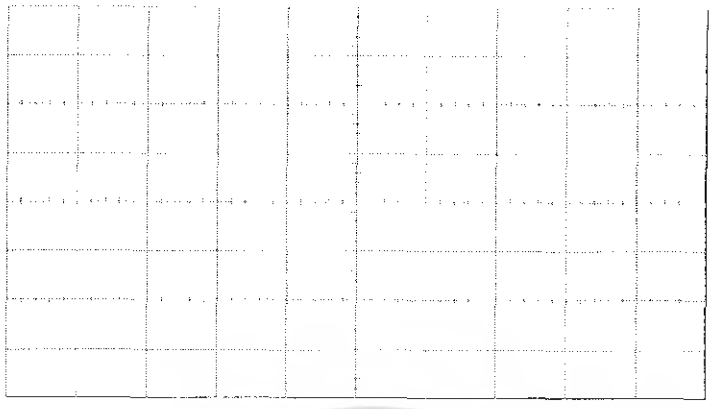
3. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์เฟส-ออสซิลเลเตอร์ตามรูปที่ ช.15.3



รูปที่ ช.15.3 วงจรขยายออปแอมป์เฟส-ชิฟท์ออสซิลเลเตอร์

5. ใช้ Oscilloscope วัดและบันทึกรูปสัญญาณที่ขั้วเอาต์พุต (VO) และแรงดันป้อนกลับ (VFB)

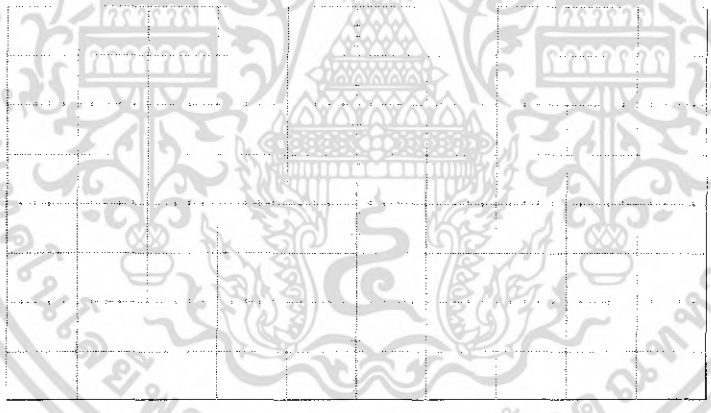
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ซ.15.4 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต

ตารางที่ ซ.15.3 บันทึกค่าเอาต์พุต

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....



รูปที่ ซ.15.5 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ

ตารางที่ ซ.15.4 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 16
วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ได้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายการทำงานของวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ได้
3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Function Generator ในโปรแกรม Labsoft ในการป้อนสัญญาณอินพุตได้
4. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้ Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft ในการวัดค่าแรงดันด้านอินพุตและเอาต์พุตได้
5. เพื่อให้นักศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Interface' control elements and connections	จำนวน 1 เครื่อง
2. Experimenter' control elements and connectionsbreadboard (SO4203-2C)	จำนวน 1 เครื่อง
3. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2A Interface	จำนวน 1 เครื่อง
4. แหล่งจ่ายไฟ SO4203-2B Experimenter	จำนวน 1 เครื่อง
5. การ์ดทดลอง SO4103-7C_TH	จำนวน 1 บอร์ด
6. Oscilloscope ในโปรแกรม Labsoft	จำนวน 1 ชุด
7. Function Generator ในโปรแกรม Labsof	จำนวน 1 ชุด
8. สายไฟต่อวงจร	จำนวน 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

ออสซิลเล้ตอร์วีนบริดจ์เหมือนกับออสซิลเลเตอร์เลื่อนเฟส คือใช้วงจรข่าย RC แต่ออสซิลเลเตอร์วีนบริดจ์จะใช้วงจรข่าย RC เป็นส่วนหนึ่งของวงจรบริดจ์ที่ทำการป้อนกลับคืนกำลังและเสื่อมกำลัง วงจรข่ายเลื่อกความถี่ที่เกิดการป้อนกลับแต่ไม่ได้เลื่อนเฟสของสัญญาณป้อนกลับ

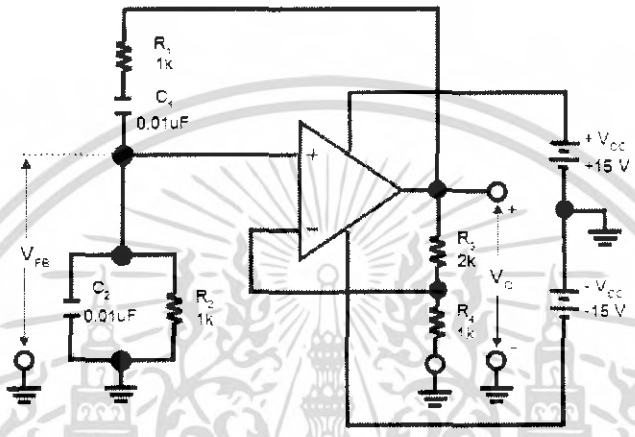
ใช้สัญญาณป้อนหลับกับอินพุตทั้งคู่ของออปแอมป์ วงจรข่ายเลือกความถี่บางครั้งเรียกว่า วงจรนำหน้า-ล้าหลัง ประกอบดด้วย C1-R1 และ C2-R2 และจ่ายการป้นกลับแบบคืนกำลังไปที่ขั้วอินพุตไม่กลับเฟส การป้อนกลับแบบเสื่อมกำลังเกิดผ่าน R3 และ R4 และใช้กับขั้วอินพุตกลับเฟส R4 ถูกทำให้เปลี่อนไปเพื่อให้การป้อนกลับลบลดลงเพราะการป้อนกลับบวกจะต้องมากกว่าการป้อนกลับเพื่อให้วงจรคงสภาพการออ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สซิลเลต การจัด R4 แบบนี้จะทำให้วงจรเริ่มออสซิลเลต เพื่อให้ทำงานได้ดี อัตราส่วนของ R4 กับ R3 จะต้องเท่ากับ 2:1

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์ตามรูปที่ ซ.16.1



รูปที่ ซ.16.1 วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์

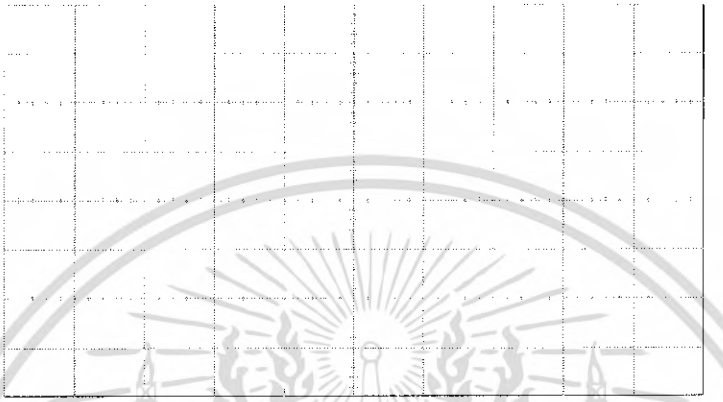
2. ใช้ Oscilloscope วัดและบันทึกรูปสัญญาณที่ขั้วเอาต์พุต (VO) และแรงดันป้อนกลับ (VFB)

รูปที่ ซ.16.2 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.16.1 บันทึกค่าเอาต์พุต

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....

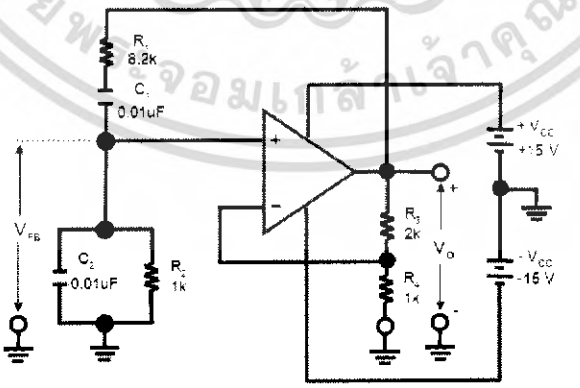


รูปที่ ช.16.3 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ

ตารางที่ ช.16.2 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....

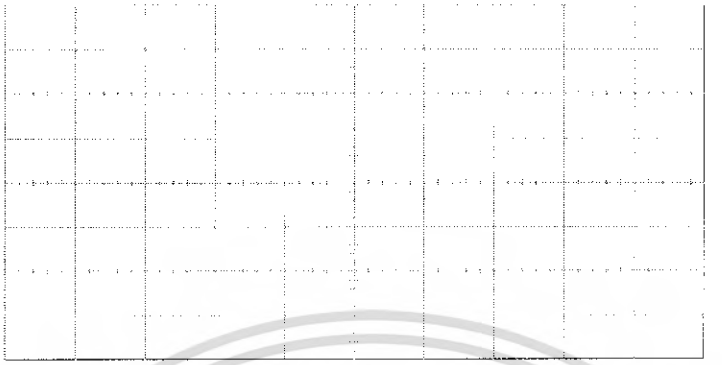
3. ต่อบอร์ดทดลองวงจรออปแอมป์ เวน-บริดจ์ ออสซิลเลเตอร์ ตามที่รูปที่ ช.16.4



รูปที่ ช.16.4 วงจรออปแอมป์เวน-บริดจ์ออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

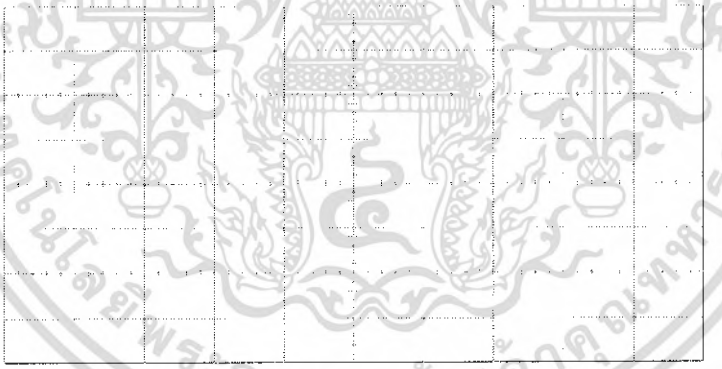
4. ใช้ Oscilloscope วัดและบันทึกรูปสัญญาณที่ขั้วเอาต์พุต (VO) และแรงดันป้อนกับ (VFB)



รูปที่ ซ.16.5 กราฟผลแรงดันเอาต์พุต

ตารางที่ ซ.16.3 บันทึกค่าเอาต์พุต

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....



รูปที่ ซ.16.6 กราฟผลแรงดันป้อนกลับ

ตารางที่ ซ.16.4 บันทึกค่าแรงดันป้อนกลับ

Vo(p-p)	T(s)	f = 1/T
.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

ตัวอย่างแบบประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินเพื่อหาคุณภาพชุดทดลอง

หัวข้อเรื่อง ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

กรุณาใส่เครื่องหมายถูกลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับค่าความคิดเห็น					ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม
	5	4	3	2	1	
1. ชุดทดลองมีความสะดวกในการจัดการสอน						
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน						
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน						
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการใช้งาน						
5. ชุดทดลองนี้มีความเหมาะสมกับใบงาน						
6. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้						
7. ชุดทดลองนี้มีความจูงใจและน่าสนใจเหมาะสมกับการเรียนรู้						
8.การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆบนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม						
9.ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจหลักการทำงานของออปแอมป์ชนิดต่างๆ						
10.ชุดทดลองนี้สามารถแบ่งเบาภาระของอาจารย์ผู้สอน						
เฉลี่ยรวม						

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

รูปที่ ญ.1 ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

1 หมายถึง มีคุณภาพควรปรับปรุง

รูปที่ ญ.1 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินเพื่อหาคุณภาพใบงาน

หัวข้อเรื่อง ชุดฝึกปฏิบัติวงจรออปแอมป์สำหรับเครื่องมือวัดเสมือนจริง

กรุณาใส่เครื่องหมายถูกลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับค่าความคิดเห็น					ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม
	5	4	3	2	1	
1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับใบงาน						
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับใบงาน						
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง						
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม						
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย						
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่องโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก						
7. กระบวนการในใบงานการทดลองกระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง						
8. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น						
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้						
10. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง						
เฉลี่ยรวม						

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

รูปที่ ญ.2 ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

1 หมายถึง มีคุณภาพควรปรับปรุง

รูปที่ ญ.2 (ต่อ) ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายกฤษณะ แก้วสุขผ่อง

วัน เดือน ปีเกิด 1 มีนาคม 2528

ภูมิลำเนา 87 หมู่ 8 ตำบลท่าข้าม อำเภอหาดใหญ่
จังหวัดสงขลา 90110

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนดรุณศึกษา

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนวมินทราชูทิศทักษิณ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพหลวงประธานราษฎร์นิกร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่

ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์ ทำดีได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายเลอศักดิ์ ศรีดงแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 24 กุมภาพันธ์ 2526

ภูมิลำเนา 183 หมู่ 5 ตำบลคีรีวง อำเภอปลายพระยา
จังหวัดกระบี่ 81160

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านอ่าวลึกเหนือ

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอ่าวลึกประชาสรรค์

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคกระบี่

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคกระบี่

ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์ ใจไม่แพ้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายโยธิน ไชยบุญทัน

วัน เดือน ปีเกิด 21 พฤศจิกายน 2527

ภูมิลำเนา 352 หมู่1 บ้านโคกสำราญ ตำบลโคกสำราญ อำเภอเลิงนกทา
จังหวัดยโสธร 35120

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเลิงนกทา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
ปริญญาตรี	สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ความสนใจพิเศษ -

คติพจน์ เลือกที่จะเกิดไม่ได้แต่เลือกที่จะเป็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้