ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

AMPLIFIER CIRCUIT LABORATORY SET ON ELECTRONIC CIRCUIT ANALYSIS

สราวุธ ไหลหาโจร

SARAWUT LHAIHACOR

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-ED-M-281-005

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

AMPLIFIER CIRCUIT LABORATORY SET ON ELECTRONIC CIRCUIT ANALYSIS

T105243

ศราวุธ ไหลหาโคตร

SARAWUT LHAIHACOT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105243
วัน,เดือน,ปี 17 พ.ย. 2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-ED-M-231-095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AMPLIFIER CIRCUIT LABORATORY SET ON ELECTRONIC CIRCUIT ANALYSIS

SARAWUT LHAIHACOT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009

KMITL-2009-ED-M-231-095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

Amplifier Circuit Laboratory Set on Electronic Circuit Analysis

นักศึกษา นายศราวุธ ไหลหาโคตร

รหัสประจำตัว 47065403

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.กิติพงค์ มะโน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลงชื่อ
รศ.วิสุทธิ์	สุขพรกมลพงศ์	
รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	
ผศ.กิติพงค์	มะโน	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 23 เมษายน 2552 เวลา 11.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ 23 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ. 2552**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
นักศึกษา	นายศราวุธ ไหลหาโคตร
รหัสประจำตัว	47065403
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กิติพงค์ มะโน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ใบงานจำนวน 3 ใบงาน แบบทดสอบท้ายใบงาน และแบบทดสอบรวม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพของชุดทดลอง คือ E_1/E_2

ผลการวิจัยปรากฏว่า คุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้านสื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.42 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.36)และ ด้านเนื้อหา (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34) ของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จัดอยู่ในระดับดีมาก

ส่วนประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ E_1/E_2 เท่ากับ 85.97/93.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ จึงสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนของวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ได้อย่างมีประสิทธิผลเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Amplifier Circuit Laboratory Set on Electronic Circuit Analysis
Student	Mr.Sarawut Lhaihacot
Student ID.	47065403
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Peerawut Suwanjan
Thesis Co-advisor	Assist. Prof. Kitipong Mano

ABSTRACT

This research aimed to develop as well as to find out the quality and effectiveness of Amplifier laboratory set on Electronic Circuit Analysis for diploma students in Electronics. The sample used in this research consisted of 20 first-year electronics diploma students from Kalasin Technical College during the second semester of 2008 academic year. The tools utilized in the study were the Amplifier laboratory set on Electronic Circuit Analysis, 3 worksheets, formative tests, and a summative test. The statistics was analyzed by using mean, standard deviation, and the efficiency of the laboratory set which was E_1/E_2

The results of research were that the quality of media (M = 4.42 , SD = 0.36) and content (M = 4.45, SD = 0.34) of the laboratory set on Electronic Circuit Analysis for were at the great level. Then, the effectiveness of laboratory set of E_1/E_2 was 85.97/93.35 which was higher than the criterion of 80/80 as specified

Thus, it could be used as a teaching material for Electronic Circuit Analysis course of diploma program, Kalasin Technical College efficiently according to the research hypothesis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงค์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำแนวทางรวมทั้งการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา พร้อมกันนี้ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ เพื่อมาปรับปรุง และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบรูณ์มากยิ่งขึ้น จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงอย่างสมบรูณ์ รวมถึงขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

กราบขอบพระคุณความกรุณาของ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา คุณครูอภิสมัย สุขสนิท คุณครูในดวงใจที่ได้ให้คำปรึกษาและคอยผลักดันเป็นกำลังใจมาโดยตลอด กราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนประสบการณ์ ข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร รุ่นที่ 8 ทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีให้แก่กัน

กราบขอบพระคุณ คุณแม่ทองเพ็ชร ชาวระ มารดาผู้เป็นที่รักยิ่ง รวมทั้งพี่ ๆ น้องๆ และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย ดูแลเอาใจใส่ คอยช่วยเหลือ สนับสนุน ให้กำลังใจ และส่งเสริมด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัย และตลอดจนเพื่อนๆ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

คุณค่า และประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากการทำวิทยานิพนธ์นี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยขอมอบแด่ทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง

ศราวุธ ไหลหาโคตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 7

2.2 ทฤษฎีและเนื้อหาวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 9

2.3 การวิจัยเชิงทดลอง 13

2.4 การออกแบบและสร้างชุดฝึกปฏิบัติ 14

2.5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง 16

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง 17

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 22

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 22

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 22

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล....30
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย....31

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....44
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย....44
5.2 สมมติฐานของการวิจัย....44
5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....44
5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล....45
5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล....45
5.6 สรุปผลการวิจัย....46
5.7 อภิปรายผลการวิจัย....46
5.8 ข้อเสนอแนะ....47

บรรณานุกรม....48

ภาคผนวก....50
ภาคผนวก ก....51
ภาคผนวก ข....60
ภาคผนวก ค....62
ภาคผนวก ง....74
ภาคผนวก จ....89
ภาคผนวก ฉ....106
ภาคผนวก ช....118

ประวัติผู้เขียน....151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ชนิดของวงจรขยาย.....10

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา 34

4.2 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านผลิตสื่อ 35

4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของใบงานการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา.....37

4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านผลิตสื่อ.....38

4.5 แสดงรายละเอียดคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติการทดลองของใบงานระหว่างเรียนกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์.....40

4.6 แสดงรายละเอียดคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติการทดลองของใบงานรวมของนักศึกษา จำนวน 20 คน กับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์.....41

4.7 แสดงคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 1-3 และคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการปฏิบัติการทดลองใบงานรวมของนักศึกษา จำนวน 20 คน.....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ (Common – Collector) ชนิด NPN และ PNP	10
2.2	วงจรคอมมอนเบส (Common – Base) ชนิด NPN และ PNP	11
2.3	วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ (Common – Emitter) ชนิด NPN และ PNP	12
3.1	ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย	24
3.2	ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง	26
3.3	ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนการสอนในรายวิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 3105-1003 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นการนำความรู้และทักษะจากการเรียนรู้คุณสมบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด จากคุณสมบัติของวงจรขยายที่สร้างจากอุปกรณ์ใช้งาน โดยเฉพาะที่นิยมใช้มากคือทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์และทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง จากประสบการณ์ของผู้วิจัยและการสอบถามข้อมูลจากผู้สอนในรายวิชาดังกล่าว รวมถึงการสอบถามและการสังเกตจากผู้เรียนโดยตรงพบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของวงจรขยายน้อยมาก ส่วนใหญ่ไม่ทราบการทำงานและคุณสมบัติสำคัญๆ ที่จำเป็นในการนำไปประยุกต์ใช้งานหรือนำไปใช้เชื่อมโยงความรู้ในวิชาที่เกี่ยวข้องได้ ดังนั้นจึงส่งผลต่อเนื่องในการเรียนในเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องหรือวิชาที่ต้องใช้วงจรขยายเป็นพื้นฐานส่งผลให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในความสนใจและตั้งใจในการเรียนวิชาที่เกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การเปลี่ยนแปลงพัฒนาหลักสูตร จะมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหารายวิชาไปด้วย ทำให้ใบงานการทดลองและชุดฝึกปฏิบัติที่มีอยู่ไม่ทันสมัยหรือไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาใหม่ เป็นผลให้เกิดปัญหาด้านการเรียนการสอนในการฝึกปฏิบัติตามมา ดังที่วัลลภ จันทร์ตระกูล (2530 : 25) ได้เสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อทางด้านการศึกษาเกี่ยวกับการจัดซื้อจัดหาชุดฝึกปฏิบัติมาใช้ในการเรียนการสอนไว้ว่าชุดฝึกปฏิบัติหรืออุปกรณ์ช่วยสอนจากต่างประเทศ มักจะมีราคาสูงมาก นอกจากนั้นยังอาจไม่สอดคล้องต่อการนำมาใช้งาน อันเกิดจากภาษาที่ใช้ความเหมาะสมกับหลักสูตรและวิธีการสอนเป็นต้นจึงได้เสนอแนะว่าควรมีการสนับสนุนให้ครูผู้สอนมีการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติ และอุปกรณ์ช่วยสอนขึ้นมาใช้เองในสถานศึกษา ซึ่งจะก่อประโยชน์ได้หลายประการด้วยกันคือ ประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อ สามารถพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติและใบงานการทดลองขึ้นมา ให้มีความสอดคล้องกับหลักสูตรที่ใช้ ใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย และเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาใช้เอง โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

ปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้สอนหลายต่อหลายคนหรือสถานศึกษาหลายแห่งใช้วิธีการให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติ ด้วยวิธีการประกอบวงจรลงบนบอร์ดพื้นฐาน (Base Board) ส่งผลต่อการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสอนไม่ครบถ้วนตามเนื้อหาหลักสูตรที่วางไว้ เพราะเนื้อหาวิชาที่ต้องเรียนมีมาก แต่เวลาในการเรียนมีจำกัด และในเวลาที่จำกัดนี้ เมื่อต้องมาสูญเสียให้กับการจัดเตรียมอุปกรณ์ การจัดเตรียมเครื่องมือทำให้เวลาที่เหลือสำหรับการฝึกปฏิบัติมีน้อยลงและการใช้วิธีประกอบวงจรลงบอร์ดพื้นฐานมักเกิดข้อผิดพลาดตรวจสอบได้ยาก อีกทั้งต้องใช้เครื่องมือมาประกอบเพิ่ม ทำให้เสียเวลาไปกับการปรับแต่งเครื่องมือเหล่านั้นและเสียเวลาในการจัดเก็บอีกครั้งหนึ่ง เป็นสาเหตุให้การเรียนการสอนไม่ครบถ้วนตามเนื้อหาวิชาที่หลักสูตรได้กำหนดไว้

จากความสำคัญของปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะสร้างชุดฝึกปฏิบัติในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเพื่อที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดีขึ้นมีเวลาในการฝึกปฏิบัติมากขึ้นช่วยในการจัดการด้านอาชีวศึกษาให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นและช่วยประหยัดงบประมาณ พร้อมทั้งเป็นสื่อการเรียนการสอนเพื่อศึกษาผลการเรียนของผู้เรียนและศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เนื้อหาทฤษฎีในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มความเข้าใจการทำงานและคุณสมบัติวงจรขยาย โดยออกแบบชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ประกอบด้วยใบงานการทดลอง จะช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เข้าใจในบทเรียนได้ดียิ่งขึ้นและบรรลุตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตามที่กำหนดไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับใช้ในการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีคุณภาพในระดับดี ($\overline{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

2. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับใช้ในการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวความคิดในการสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายสำหรับวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้ คือ

1.4.1 การสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของวัลลภ จันทร์ตระกูล (2530 : 25-45) มาประยุกต์เพื่อใช้ในการสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับใช้ในการเรียน วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีแนวทางในการออกแบบและการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้ในการสอน
2. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
3. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
4. เขียนแบบและสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
5. เลือกอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
6. สร้างใบงาน เป็นใบสั่งงานให้กับนักศึกษา โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
   - 6.1 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติที่ชัดเจน
   - 6.2 มีรายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปฏิบัติ
   - 6.3 มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง
   - 6.4 มีวงจรที่ใช้ในการปฏิบัติ
   - 6.5 มีข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน
   - 6.6 คำถามที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียน
7. วิเคราะห์เนื้อหาวิชาปฏิบัติ
8. ทดลองใช้
9. ปรับปรุงแก้ไข

1.4.2 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้านการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติการวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล เป็นการสร้างแบบทดสอบ โดยแบบทดสอบนั้นจะมีความสอดคล้องกับเนื้อหาในชุดฝึกปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 35 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 ปีการศึกษา 2551 ซึ่งผู้วิจัยได้โดยการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 20 คน

1.5.3 เนื้อหา เนื้อหาในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยใบงานในระหว่างเรียนที่ได้มาจากการเลือกใบงานจำนวน 3 ใบงาน เป็นใบงานระหว่างเรียน ดังต่อไปนี้

- วงจรขยายสัญญาณแบบคอลเลคตอร์ร่วม (Common – Collector Amplifiers)
- วงจรขยายสัญญาณแบบเบสร่วม (Common – Base Amplifiers)
- วงจรขยายสัญญาณแบบอีมิตเตอร์ร่วม (Common – Emitter Amplifiers)

1.5.4 ประสิทธิภาพและคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ชุดฝึกปฏิบัติที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับคุณสมบัติวงจรขยาย ซึ่งมีส่วนสำคัญสามส่วนคือ กล่องโมดูลและใบงาน

2. กล่องโมดูล ประกอบด้วย ส่วนที่ใช้ปฏิบัติเพื่อต่อวงจรและเรียนรู้คุณสมบัติวงจรตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในใบงาน

3. ใบงาน ประกอบด้วย ส่วนลำดับขั้นตอนการปฏิบัติที่ได้ออกแบบไว้สอดคล้องกับทฤษฎีเพื่อลำดับขั้นตอนการทำกิจกรรมของผู้เรียนให้ได้ความรู้ตามวัตถุประสงค์

4. ใบงานระหว่างเรียน ประกอบด้วยขั้นตอนการทดลองเพื่อหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรขยายจำนวน 3 ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ใบงานรวม เป็นขั้นตอนการนำความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวงจรขยายทั้ง 3 แบบ มาประยุกต์ใช้และคิดวิเคราะห์เพื่อหาค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรตามที่กำหนดให้

6. แบบทดสอบท้ายการทดลอง ประกอบด้วย คำถามท้ายการทดลองและการบันทึกค่าจากเครื่องมือวัดและทดสอบ

7. แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย

- ขั้นเตรียมอุปกรณ์
- ขั้นการต่อวงจร
- ขั้นตรวจสอบวงจร
- ขั้นการใช้เครื่องมือวัด
- ขั้นการบันทึกค่า

8. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย

- ทักษะการต่อวงจร
- ทักษะการปรับค่าเครื่องมือวัด
- ความถูกต้องและแม่นยำ

9. แบบการให้คะแนนทางการปฏิบัติใบงาน ประกอบด้วย แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติระหว่างการปฏิบัติใบงานของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของการปฏิบัติใบงาน

10. คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายสำหรับการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ผลการประเมินชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายสำหรับการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งแบ่งเป็นสองด้านคือ

10.1 คุณภาพด้านเนื้อหาและใบงาน ประกอบด้วย ความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องของเนื้อหา วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ลำดับขั้นตอนกิจกรรม และคำถามท้ายการทดลองของใบงาน

10.2 คุณภาพด้านการสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายสำหรับการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ความเหมาะสมของการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติฯ การวางตำแหน่ง ความสะดวกการใช้งาน ความน่าสนใจ และความปลอดภัยในการใช้งาน

11. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย คะแนนที่ได้จากแบบประเมินความสามารถทางการปฏิบัติใบงานของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายสำหรับการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติ โดยวัดจากค่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากแบบประเมินความสามารถทางการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนแต่ละใบงาน กับแบบประเมินความสามารถทางการปฏิบัติใบงานรวม ตามเกณฑ์ E_1 /E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80 ตามรายละเอียดดังนี้

E_1 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งคิดจากคะแนนของแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนแต่ละใบงานรวมกันได้คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

E_2 หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งคิดจากคะแนนของแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติใบงานรวม ได้คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

13. ผู้ทรงคุณวุฒิ ประกอบด้วย ผู้ที่มีประสบการณ์การสอนในวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือวิชาที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กัน และมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท หรือสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูล เอกสาร จากแหล่งความรู้ต่างๆ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้เรียงลำดับความสำคัญดังนี้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

2.2 ทฤษฎีและเนื้อหาวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.3 การวิจัยเชิงทดลอง

2.4 การออกแบบและสร้างชุดฝึกปฏิบัติ

2.5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

จุดประสงค์

ผู้ที่สำเร็จการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สามารถปฏิบัติงานระดับช่างเทคนิค ผู้ควบคุมงาน ผู้ช่วยวิศวกรหรือประกอบอาชีพส่วนตัว มีความรู้ ความสามารถ เจตคติและประสบการณ์ด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้มีความรู้ และทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับ ภาษา สังคม มนุษยศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ นำไปใช้ในการค้นคว้า พัฒนาตนเองและวิชาชีพ อิเล็กทรอนิกส์ให้เกิดความเจริญก้าวหน้า

2. เพื่อให้มีความรู้ และทักษะในหลักการและกระบวนการทำงานพื้นฐานของช่างเทคนิคที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการ และการวางแผนในงานอุตสาหกรรมและสามารถติดตามความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนำมาพัฒนางานอาชีพ อิเล็กทรอนิกส์ ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

3. เพื่อให้มีความคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา สร้างสรรค์ และนำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนางานอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ครอบครัว และสังคม มีคุณธรรม จริยธรรม และกิจนิสัยที่ดีในงานอาชีพ

5. เพื่อให้สามารถประกอบอาชีพในสถานประกอบการอุตสาหกรรม หรือสร้างสรรค์หรือประกอบอาชีพอิสระในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

มาตรฐานวิชาชีพ

1. สื่อสารทางเทคนิคในงานอาชีพ
2. จัดการระบบฐานข้อมูลในงานอาชีพ
3. แก้ปัญหาโดยใช้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการแก้ปัญหา
4. จัดการ ควบคุม และพัฒนาคุณภาพงาน
5. แสดงบุคลิกภาพและคุณลักษณะของช่างเทคนิค
6. ติดตั้ง ทดสอบ วิเคราะห์ อุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือวัด
7. ประกอบ ติดตั้ง ทดสอบ และบำรุงรักษา ระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่าย

2.1.1 วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Circuit Analysis)

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความเข้าใจคุณสมบัติของอุปกรณ์ในวงจรย่านความถี่ต่ำ
2. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์ในวงจรย่านความถี่ต่ำ
3. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์ในวงจรย่านความถี่ต่ำ
4. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย ตระหนักถึงคุณภาพของงานและมีจริยธรรมในงานอาชีพ

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการวิเคราะห์วงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. วิเคราะห์คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเฟต
3. วิเคราะห์วงจรแหล่งจ่ายกำลังและวงจรขยายย่านความถี่ต่ำ
4. ออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลังและวงจรขยายย่านความถี่ต่ำ
5. วัดและทดสอบวงจรด้วยเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับคุณสมบัติทางไฟฟ้า พารามิเตอร์และการใช้งานของไดโอด ทรานซิสเตอร์และเฟต การแปลความหมายจาก DATA SHEET การให้ไบแอส การวิเคราะห์ และออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลัง วงจรขยายในย่านความถี่ต่ำ สำหรับสัญญาณขนาดเล็ก วงจรขยายสัญญาณหลายภาค วงจรขยายแบบเนกาตีฟฟีดแบค และวงจรขยายกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์รายวิชานี้มีทั้งหมด 9 หน่วยการเรียนดังนี้

หน่วยที่ 1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด

หน่วยที่ 2 การใช้งานของไดโอด

หน่วยที่ 3 การออกแบบวงจรจ่ายกำลัง

หน่วยที่ 4 การไบอัสทรานซิสเตอร์ และการออกแบบ

หน่วยที่ 5 การไบอัสเฟต และการออกแบบ

หน่วยที่ 6 วงจรขยายทรานซิสเตอร์สำหรับสัญญาณขนาดเล็ก

หน่วยที่ 7 วงจรขยายเฟต สำหรับสัญญาณขนาดเล็ก

หน่วยที่ 8 วงจรขยายสัญญาณหลายภาค

หน่วยที่ 9 วงจรขยายกำลัง

ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยการเรียนที่ 6 เรื่องวงจรขยายทรานซิสเตอร์สำหรับสัญญาณขนาดเล็ก สำหรับใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ ครั้งนี้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ใบงาน ดังรายละเอียดที่แสดงในภาคผนวก จ

2.2 ทฤษฎีและเนื้อหาวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.2.1 วงจรขยายแบบต่าง ๆ โดยใช้ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ (BJT Transistor Amplifiers)

วัตถุประสงค์

ศึกษาการทำงานของวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กโดยใช้ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ ได้แก่

- วงจรขยายสัญญาณแบบคอลเลคตอร์ร่วม (Common – Collector Amplifiers)
- วงจรขยายสัญญาณแบบเบสร่วม (Common – Base Amplifiers)
- วงจรขยายสัญญาณแบบอีมิตเตอร์ร่วม (Common – Emitter Amplifiers)

ความรู้เบื้องต้น

ในวงจรขยายทรานซิสเตอร์ ด้านอินพุทของทรานซิสเตอร์ต่อเข้ากับสัญญาณขนาดเล็ก และเอาท์พุทของทรานซิสเตอร์จะต่อร่วมกับตัวความต้านทานโหลด ในกรณีที่ไมมีสัญญาณอินพุท เข้ามาสู่วงจรขยายทรานซิสเตอร์ในวงจรจะมีกระแสที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ซึ่งเป็นกระแสที่ได้จากการไบอัสของแรงดันไฟตรง แต่เมื่อมีสัญญาณอินพุทเข้ามาก็จะทำให้เกิดกระแสเอาท์พุทมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณอินพุท โดยการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาท์พุทจะมากมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวงจรขยาย และผลกระทบจากภาระงานด้านอินพุตและตัวภาระงานด้านเอาท์พุทของวงจร

ทฤษฎีและหลักการ

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์(Biopolar junction Transistor: BJT) แบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ชนิด คือชนิด NPN และ PNP ทั้งสองชนิดต่างก็มี 3 ขา คือ ขาเบส, ขาคอลเลคเตอร์ และขาอีมิตเตอร์

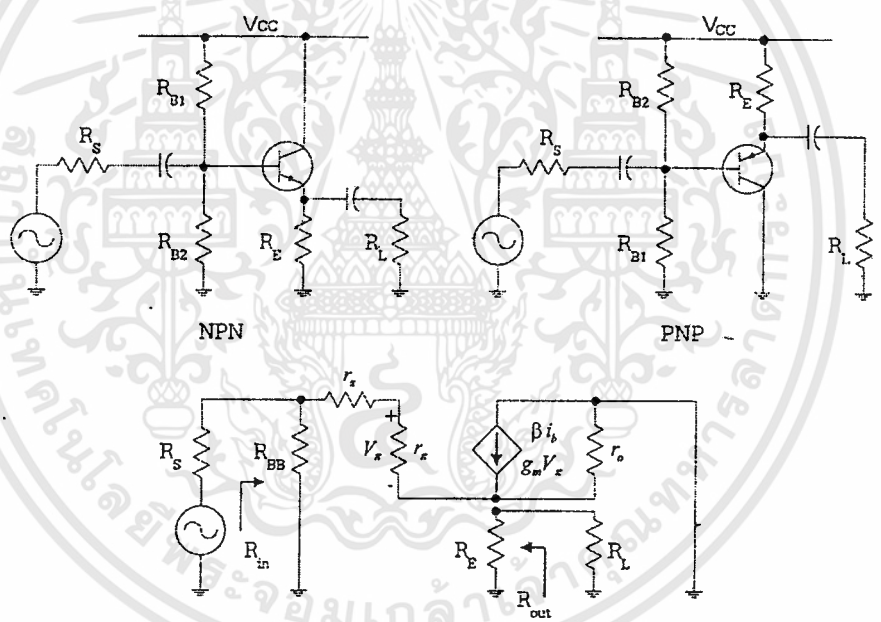
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งชนิดของวงจรขยายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์จะเรียกตามชื่อขาที่ไม่ใช่เป็นอินพุทและเอาท์พุท ซึ่งได้แก่วงจรคอมมอนเบสหรือ C-B วงจรคอมมอนอีมิตเตอร์หรือ C-E และวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์หรือ C-C

ตารางที่ 2.1 ชนิดของวงจรขยาย

ชนิดของวงจรขยาย	Input terminal	Output terminal
C-B	Emitter	Collector
C-E	Base	Collector
C-C	Base	Emitter

วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ (Common – Collector)



ภาพที่ 2.1 วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ (Common – Collector) ชนิด NPN และ PNP

$$R_{BB} = R_{B1} // R_{B2}$$

$$A_V = \frac{\beta Z_E}{r_x + r_\pi + (\beta+1)Z_E} = 1 \quad ; Z_E = R_E // R_L$$

$$R_{in} = R_{BB} // [r_x + r_\pi + (\beta+1)Z_E]$$

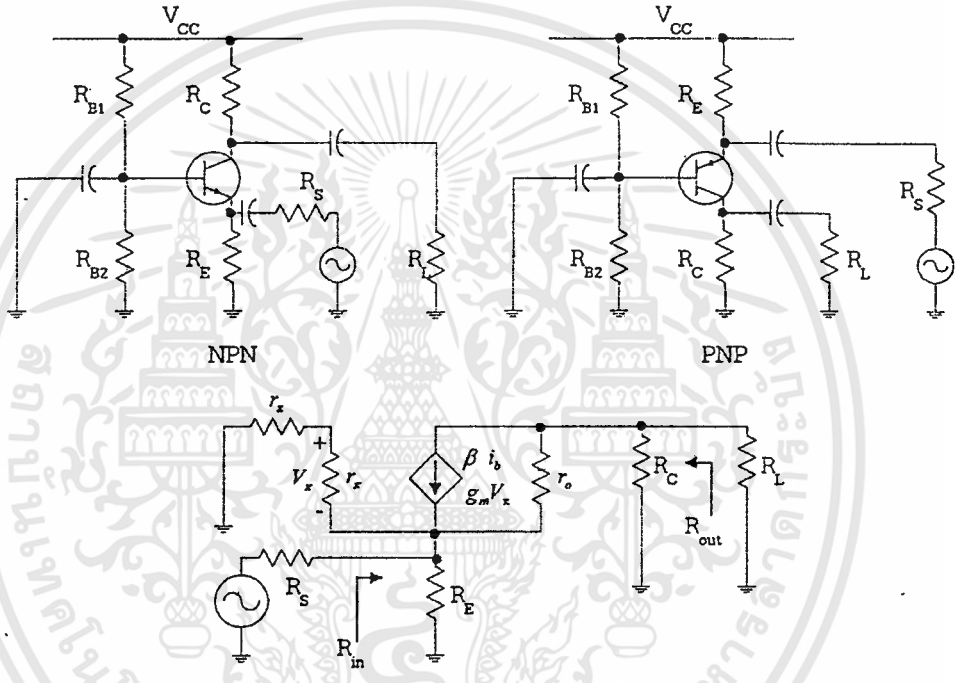
$$R_{out} = R_E // \frac{r_x + r_\pi + (R_{BB} \| R_S)}{\beta + 1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติที่สำคัญ

1. อัตราขยายแรงดันมีค่าประมาณ 1 จึงนิยมใช้เป็นวงจรบัพเฟอร์ (buffer) แรงดัน
2. ความต้านทานขาเข้ามีค่าสูง
3. ความต้านทานขาออกมีค่าต่ำ
4. สัญญาณเอาต์พุตมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต

วงจรคอมมอนเบส (Common – Base)



ภาพที่ 2.2 วงจรคอมมอนเบส (Common – Base) ชนิด NPN และ PNP

$$A_v = \frac{\beta Z_C}{r_x + r_\pi}; \quad Z_C = R_C // R_L$$

$$R_{in} = R_E \left\| \frac{r_x + r_\pi}{\beta + 1} = \frac{r_x + r_\pi}{\beta + 1} \right.$$

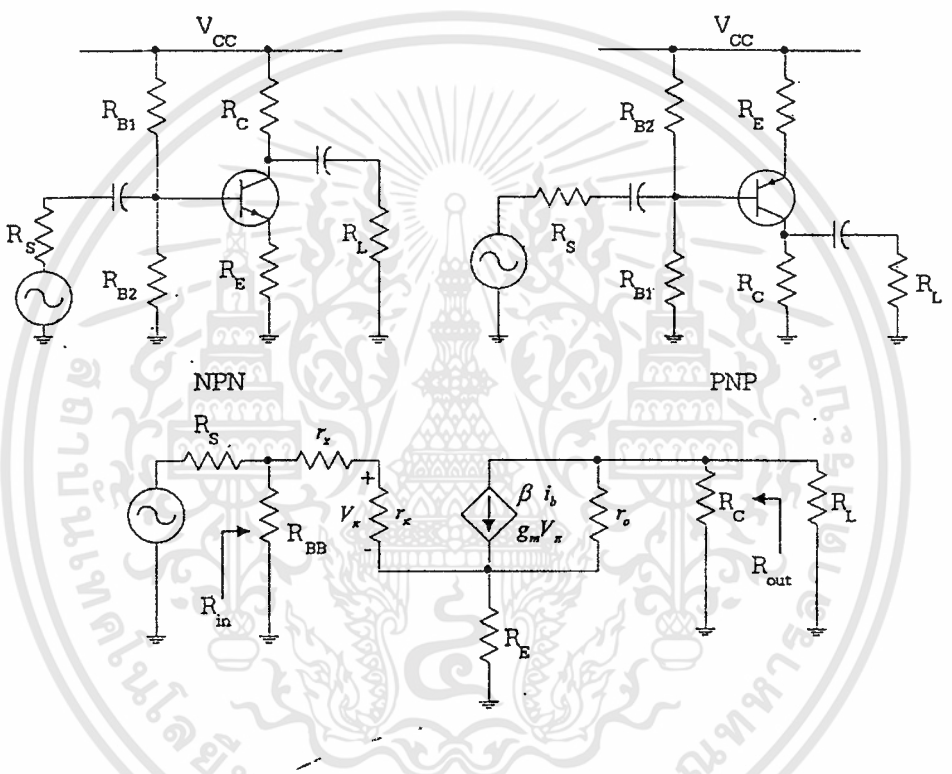
$$R_{out} = R_C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติที่สำคัญ

1. อัตราขยายกระแสมีค่าประมาณ 1 จึงนิยมใช้เป็นวงจรบัพเฟอร์กระแส
2. ความต้านทานขาเข้ามีค่าต่ำ
3. ความต้านทานขาออกมีค่าสูง
4. สัญญาณเอาต์พุตมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต

วงจรอีมิตเตอร์ (Common – Emitter)



ภาพที่ 2.3 วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ (Common – Emitter) ชนิด NPN และ PNP

$$A_v = \frac{\beta Z_C}{r_x + r_\pi + (\beta+1)R_E}; \quad Z_c = R_c // R_L$$

$$R_{in} = R_{BB} // [r_x + r_\pi + (\beta+1)R_E]$$

$$R_{out} = R_C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติที่สำคัญ

1. อัตราขยายแรงดันและมีกระแสมีค่ามากกว่า 1
2. ความต้านทานขาเข้ามีค่าไม่สูงหรือไม่ต่ำเกินไป
3. ความต้านทานขาออกมีค่าสูง
4. สัญญาณเอาต์พุตกลับเฟสกับสัญญาณอินพุต

รายละเอียดในการวิเคราะห์วงจรขยายดังแสดงในภาคผนวก ช

2.3 การวิจัยเชิงทดลอง

การสอนภาคปฏิบัติเป็นการสอนโดยการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีทดลองในสาขาต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ตรวจสอบวิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือและวัสดุในปัจจุบันการสอนแบบทดลองมิได้มีเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังมีใช้ในวิชาด้านอื่น ๆ ที่เป็นการหาข้อเท็จจริงได้ด้วยตนเอง

2.3.1 ความหมายของการสอนแบบทดลอง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2539) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบทดลองว่าเป็นการให้การศึกษาโดยให้ผู้เรียนมีโอกาสสัมผัสและได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและวัสดุจากการลงมือปกติ ประสบการณ์ที่ได้รับนั้นเริ่มจากการวางแผน การออกแบบ การต่อวงจร การใช้เครื่องมือ การทดลอง การสังเกต การบันทึกผลข้อมูลทางเทคนิค การสรุปวิเคราะห์ผล

ประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองนั้นนับว่ามีประโยชน์ที่จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ในศาสตร์อย่างแท้จริง มีความสามารถในการประยุกต์ศาสตร์เข้ากับสิ่งแวดล้อมรอบข้าง มีสติปัญญาและไหวพริบสูง นอกจากนั้นยังเป็นการพัฒนากิจนิสัยที่ดีของช่าง และเสริมสร้างทัศนคติที่ดีต่องานและต่อสังคม คุณสมบัติเหล่านี้ไม่สามารถที่จะพัฒนาได้จากแหล่งการเรียนรู้อย่างอื่น นอกจากการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ที่จะให้ประสบการณ์ทุกอย่างในที่เดียวกัน ถ้าหากได้มีการจัดการเรียนการสอนอย่างประณีตตามขั้นตอนที่เหมาะสม

ชัชวาลย์ มูลศรี (2540) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบทดลองว่า คือกระบวนการที่ผู้สอนพยายามสร้างกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้สัมผัสและได้รับประสบการณ์จากการปฏิบัติทดลอง รวมทั้งเพื่อให้ผู้เรียนแก้ปัญหา พิสูจน์ข้อเท็จจริงจากทฤษฎีที่ได้มีการค้นพบแล้ว และเกิดการเรียนรู้ เกิดประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติสามารถพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือ รวมทั้งสามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองกับงานจริงในภาคสนามได้ ทั้งนี้เนื่องจากในการเรียนรู้นี้ผู้เรียนจะทำการทดลองตามเนื้อหาทฤษฎีที่ได้เรียนมาโดยใช้วิธีการสอบสวน ค้นคว้า และปฏิบัติการทดลอง ส่วนผู้สอนจะต้องเตรียมพร้อมในเรื่องของใบประลองหรือใบทดลอง ผลการทดลอง (Lab Sheet) ซึ่งประกอบด้วย วัตถุประสงค์ รายการเครื่องมือและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ ลำดับขั้นการทดลอง ผลการทดลอง รวมทั้งคำถามปัญหาและสิ่งอื่น ๆ ที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง จากนั้นสอนจะทำการควบคุมการทดลอง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง และจะทำการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

โดยสรุป การสอนแบบทดลอง (Laboratory Instruction) คือกระบวนการที่ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักสังเกต สามารถพิสูจน์กฎเกณฑ์ข้อเท็จจริงจากทฤษฎีที่มีการค้นพบมาแล้ว รวมทั้งสามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองแก้ปัญหากับงานจริงในภาคสนามได้ ทั้งนี้โดยใช้วิธีการสอบสวนค้นคว้าและปฏิบัติการทดลองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้เกิดประสบการณ์ตรงจากปฏิบัติการทดลอง

2.3.2 ประโยชน์และความสำคัญของการสอนแบบทดลอง

ประโยชน์และความสำคัญของการสอนแบบทดลอง มีดังนี้ คือ

1. เพื่อพิสูจน์เกี่ยวกับหลักการ กฎ สูตร และคุณสมบัติของอุปกรณ์
2. เพื่อพัฒนาทักษะทางสมอง เช่น การวิเคราะห์การสอบสวน และการแก้ปัญหา
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ
4. เพื่อศึกษาเรื่องเกี่ยวข้องพฤติกรรมภายในสำคัญของอุปกรณ์เครื่องมือ
5. เพื่อเป็นการฝึกหัดการทำงานเป็นขั้นตอน
6. เพื่อให้รู้จักคุ้นเคยกับกลไกของเครื่องมือและอุปกรณ์
7. เพื่อพัฒนาความสามารถในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์
8. เพื่อพัฒนาความรอบคอบในการทำงาน
9. เพื่อเสริมสร้างจิตสำนึกในการรักษาความปลอดภัย
10. เพื่อประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองกับงานจริงในภาคสนามได้
11. เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง
12. เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความคิด หลักการ ความรู้ต่าง ๆ รวมทั้งเพื่อทำให้ผู้เรียนมองภาพรวมในเนื้อหาของวิชานั้นได้

2.4 การออกแบบและสร้างชุดฝึกปฏิบัติ

แนวทางในการออกแบบการสร้างมีลำดับขั้นตอนดังนี้ (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2530)

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน จากการตัดสินใจที่จะใช้ชุดทดลองสำหรับการใช้การสอนเรื่องใดแล้ว จะทำให้ทราบได้ว่าชุดทดลองจะนำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มใด และต้องทราบรายการวัตถุประสงค์ของเรื่องนั้น เพราะข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินงานออกแบบ เพื่อสร้างชุดทดลอง เพื่อกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเรื่อง ขั้นตอนนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้การออกแบบสร้างชุดทดลองเกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรศึกษาสภาพในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลด้ายวิชาการในเรื่องด้วย ในบางครั้ง ถ้าหากได้มีการพัฒนามาแล้วโดยผู้อื่น ควรที่จะศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ด้วย เมื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ แล้วจึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ และจะไม่ระบุรูปร่างทางเทคนิคเฉพาะเจาะจง สุดท้ายตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเรื่อง ประสงค์ของอุปกรณ์ และจะไม่ระบุรูปร่างทางเทคนิคเฉพาะเจาะจง สุดท้ายตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เรื่อง

2. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์เป้าหมายที่สำคัญ คือต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการเลือกอุปกรณ์ ได้แก่ประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น

3. การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ เป็นการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์และชิ้นส่วนแล้วนำมาร่างเป็นภาพประกอบคร่าว ๆ หรือร่างเป็นแบบง่าย ๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในขั้นตอนนี้อาจจะมีการทดลองหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบผลสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ

4. การเขียนแบบ ในกรณีที่ออกแบบสร้างเพียงชิ้นเดียวก็ไม่จำเป็น แต่หากจะทำการผลิตหรือต้องการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการดำเนินต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิตหรือการสร้าง ดังนั้น แบบงานจะต้องเป็นแบบแยกชิ้นเดี่ยวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ งานเขียนแบบจะต้องมีการกำหนดเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบนวม แบบประกอบกุล่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อยและแบบชิ้นเดียว การเขียนมีความสำคัญต่อการกำหนดราคา การวางแผนการผลิต และเก็บและแบบชิ้นเดี่ยว การเขียนแบบมีความสำคัญต่อการกำหนดราคา การวางแผนการผลิต และเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนวัสดุของหน่วยงาน

5. เตรียมเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปต้องเตรียมเอกสารประกอบหรือคู่มือ การใช้งานเพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องปลอดภัย และสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้น โดยเฉาพะกลุ่มที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนต้องมีเอกสารประกอบสำหรับใช้ในการเรียนสอน เอกสารที่ต้องจัดเตรียมอาจจะมีลักษณะที่แตกต่างตามจุดมุ่งหมายของงาน เช่น คู่มือการใช้งาน เอกสารประกอบการศึกษาทดลอง ตำรส ใบงาน แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ เป็นต้น

6. จัดทำใบงาน ใบงานเป็นใบสั่งงานให้กับนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติซึ่งจะบอกลำดับขั้นในการทดลอง และแนวทางที่ใช้ในการค้นคว้าเพิ่มเติมในการปฏิบัติการนับเป็นสื่อชนิดหนึ่ง ดังนั้นจะพบว่าใบงานมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนภาคปฏิบัติอย่างมาก และสิ่งที่จะต้องมีไว้ในใบงานมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติที่ชัดเจน

2. มีรายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปฏิบัติ

3. มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

4. มีวงจรที่ใช้ในการปฏิบัติ

5. มีข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

6. คำถามที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียน

7. วิเคราะห์เนื้อหาวิชาปฏิบัติโดยศึกษา เพื่อวางโครงร่างลำดับ ความสัมพันธ์และแบ่งระดับความยาก-ง่ายของเนื้อหาวิชา ที่ทำการออกแบบสื่อการเรียนการสอนซึ่งศึกษาจากตำรา เอกสารการสัมมนา ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

8. การทดลองใช้ การทดลองจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษา โดยผู้วิจัยเพื่อค้นหาข้อบกพร่อง ต่าง ๆ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน ความสะดวกในการลอกเลียนแบบขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

9. การปรับปรุงข้อมูล และประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น ถูกมาใช้ในการปรับปรุงชุดทดลอง และใบงานที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับ

2.5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

คุณภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมานั้น ใช้สอนได้ตามที่ต้องการหรือไม่นั้นจะต้องมีการประเมินคุณภาพสื่อ (พิสิฐ เมธาภัทร และธีระพล เมธีกุล. 2539)

2.5.1 องค์ประกอบในด้านการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)

1) ด้านวัตถุประสงค์

1. สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์

2. สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์

2) ด้านเนื้อหา

1. เนื้อหาถูกต้องไม่มีจุดผิด

2. เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้

3. เนื้อหาวิชาเรียงลำดับเป็นตรรก

3) ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในด้านการสื่อความหมาย

1. บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

2. สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอย (Abstract) ให้มีความหมายและเป้าหมาย (Concrete) มากขึ้น

3. สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี และสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4. ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอนให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมาก
5. ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีขึ้น

2.5.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน

1) ด้านผู้เรียน
   1. สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
   2. สื่อที่ใช้เหมาะสมกับการรับรู้ของผู้เรียน
2) ด้านผู้สอน
   1. สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการสอน
   2. สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน
   3. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับความพร้อมและการนำไปใช้งาน

2.5.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวกับความพร้อมและการนำไปใช้งาน

1) ด้านวัสดุอุปกรณ์
   1. ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น
   2. ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น
   3. อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบส่วนใหญ่หาได้ตามสถานศึกษาทั่วไป
2) ด้านเวลา
   1. เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
   2. เวลาที่ใช้ในการแสดงสื่อนั้นไม่มากเกินไป
3) ด้านการใช้งาน
   1. สามารถนำไปใช้ได้ง่าย และสะดวก
   2. ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน
   3. ไม่ต้องการอุปกรณ์ช่วยพิเศษอื่นๆขณะใช้งาน

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

ศ.ดร.ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (http://inno-sawake.blogspot.com/2008/07/4.html :2551) กล่าวไว้ว่า การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนชุดการสอนที่ผลิตขึ้นมาและผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพจะต้องให้ได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงจะถือได้ว่าชุดการสอนนั้นมีคุณภาพซึ่งเราสามารถกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนได้เอง เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
105243

ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อยู่ในระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจ หากชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพถึงระดับแล้วชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปเสนอผู้เรียนได้ และให้ผลคุ้มค่าแก่การลงทุนในการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง คุณภาพของชุดสื่อประสมที่สร้างขึ้นมาในชุดการสอนนั้น เอื้ออำนวยเกื้อหนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เข้าใจในเนื้อหาบทเรียนนั้นเป็นอย่างดีนั่นเองการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพสามารถกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ลักษณะ คือพฤติกรรมต่อเนื่อง(กระบวนการ)และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย(ผลลัพธ์)เราจะกำหนดให้ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเป็น E_1 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์เป็น E_2 การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือการประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยๆ หลายๆ อย่างเรียกว่ากระบวนการ (Process) ของผู้เรียนซึ่งเราสามารถสังเกตได้จากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) การปฏิบัติงานรายบุคคลอันได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้ การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือการประเมินผลผลลัพธ์ เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของผู้เรียนในเนื้อหาแต่ละหน่วย โดยพิจารณาผลการสอบหลังเรียน ประสิทธิภาพของชุดการสอนจะพิจารณาจากเกณฑ์ที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะได้กำหนดขึ้นว่า ผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระดับใด จึงจะเป็นที่ยอมรับได้ว่าอยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจ โดยจะกำหนดไว้ 2 ส่วน คือ ในส่วนของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมอื่นใดที่กำหนดไว้ในชุดการสอนของผู้เรียนทุกคน (E_1) และเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียน (E_2) นั่นคือ E_1/E_2 จะเท่ากับประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

เพื่อเป็นการรับรองว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้วิจัยจึงต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมบรรลุผลคำนึงถึงกระบวนการและผลสัมฤทธิ์ โดยกำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมีค่าเป็น E_1/E_2 ดังนี้

การคิดค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น คำนวณได้จากสูตร ต่อไปนี้

$$E_1 = \frac{\sum X/N}{A} x100$$

$$E_2 = \frac{\sum Y/N}{B} x100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E_1 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียน

E_2 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานรวม

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนของนักศึกษา

$\sum Y$ คือ คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานรวมของนักศึกษา

A คือ คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานรวม

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองต่าง ๆ ดังนี้

นายพันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลอง วิชาการออกแบบวงจรขยายเชิงเส้น ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง

การเรียนด้านวิชาชีพนั้น การฝึกปฏิบัตินับว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อทักษะที่จะเกิดขึ้น ส่วนสำคัญในการฝึกภาคปฏิบัติคือ จะต้องใช้ชุดประลองและใบประลองเข้าช่วย เพื่อช่วยให้ประสิทธิภาพในการเรียนการสอนเพิ่มขึ้น และทำให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์และหาประสิทธิภาพของชุดประลองด้วยการวิเคราะห์จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ชุดประลองวิชาการออกแบบวงจรขยายเชิงเส้นที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ในวิชาออกแบบวงจรขยายเชิงเส้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา มีเป้าหมายเพื่อช่วยลดความขาดแคลนชุดประลอง และช่วยเพิ่มทักษะการเรียนให้สูงขึ้น

การดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างชุดประลองให้ตรงตามหลักสูตร ครอบคลุมเนื้อหาจำนวน 10 เรื่อง โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในประเทศ ราคาประหยัด มีความคงทนแข็งแรง และมีคุณภาพนำเครื่องมือที่สร้างนี้ไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิภาพในการวิจัย คือหาผลสัมฤทธิ์ในการทำแบบทดสอบท้ายการทดลองและทำแบบทดสอบรวมหลังเรียนจบทุกการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาไฟฟ้า วิชาเอกเทคนิคไฟฟ้าสื่อสาร วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน จำนวน 21 คน

ผลการวิจัยในการหาประสิทธิภาพ พบว่าชุดประลองวิชาการออกแบบวงจรขยายเชิงเส้นที่สร้างขึ้น อยู่ในเกณฑ์ ร้อยละ 83.33/84.54 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข (2547 : บทคัดย่อ) ผู้วิจัยได้ทำการสร้างชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พร้อมกับใบงานจำนวน 12 ใบงาน ในการวิจัยได้เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงาน 4 ใบงาน โดยนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม จำนวน 20 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 โดยให้นักศึกษาทำการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนเป็นจำนวน 4 ใบงาน และนำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนไปใช้ในการปฏิบัติใบงานรวม ในระหว่างปฏิบัติใบงานมีการประเมินความสามารถทางการปฏิบัติโดยการสังเกตด้วยแบบวัดความสามารถทางการปฏิบัติและเมื่อปฏิบัติงานเสร็จจะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51

ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.89/81.45 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ยุทธพิชัย กล้าหาญ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่ วิชาออปแอมป์และไอซี หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546 ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.85/85.60 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ และเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

พิพัฒน์ สมใจ (2546 : 33) การทดลองการหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการออปแอมป์กับกลุ่มตัวอย่าง 20 คน เมื่อพิจารณาแล้วปรากฏว่า ผลการเรียนรู้ของนักศึกษาจากการทำแบบทดสอบ ท้ายการทดลอง และจากการทำแบบทดสอบหลังจากการทดลองครบ 6 ใบงานแล้วได้โดยคิดเป็นร้อยละ 84.17/83.27 ซึ่งสูงกว่าที่เกณฑ์กำหนด 80/80 การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์ 1 โดยชุดปฏิบัติการจะเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษามีความเข้าใจในการทดลองแต่ละในงาน และนักศึกษาก็จะเกิดการเรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเอง จึงทำให้ผลการเรียนรู้ของการทดลองครั้งนี้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ผลการวิจัยจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จำนวน 10 คน พบว่าการพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในเกณฑ์ที่ดีโดยคุณภาพของชุดการทดลองได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 และส่วนของใบงานการทดลองก็ได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นกันได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.57 ชุดการทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ได้นี้จึงเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้ค้นคว้า ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำมาสรุปเป็นแนวทางในการทำวิจัยเพื่อเป็นแบบอย่างในการสร้างชุดทดลอง ใบงาน เพื่อให้มีขีดความสามารถและมีประสิทธิภาพในระดับสูง ตอบสนองผู้เรียนได้เป็นอย่างดี สอดคล้องและตรงตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียว เรื่องการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายในการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 35 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองประกอบด้วย

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใบงานการทดลองของโมดูลบอร์ดชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย

- ใบงานที่ 1 วงจรขยายสัญญาณแบบคอลเลคตอร์ร่วม
- ใบงานที่ 2 วงจรขยายสัญญาณแบบเบสร่วม
- ใบงานที่ 3 วงจรขยายสัญญาณแบบอีมิตเตอร์ร่วม

3. แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเนื้อหาและด้านสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิให้คะแนน

4. แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง ของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

5. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในการปฏิบัติการทดลอง ของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

6. แบบการให้คะแนนของนักศึกษาที่ใช้ความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง

ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลรายละเอียดเนื้อหารายวิชา และเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

2. ออกแบบชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ กำหนดค่าอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการทดลองในแต่ละหัวข้อทำการจัดลำดับการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลขั้นต้นของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

3. เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

4. สร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

5. นำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินและนำกลับมาปรับปรุง

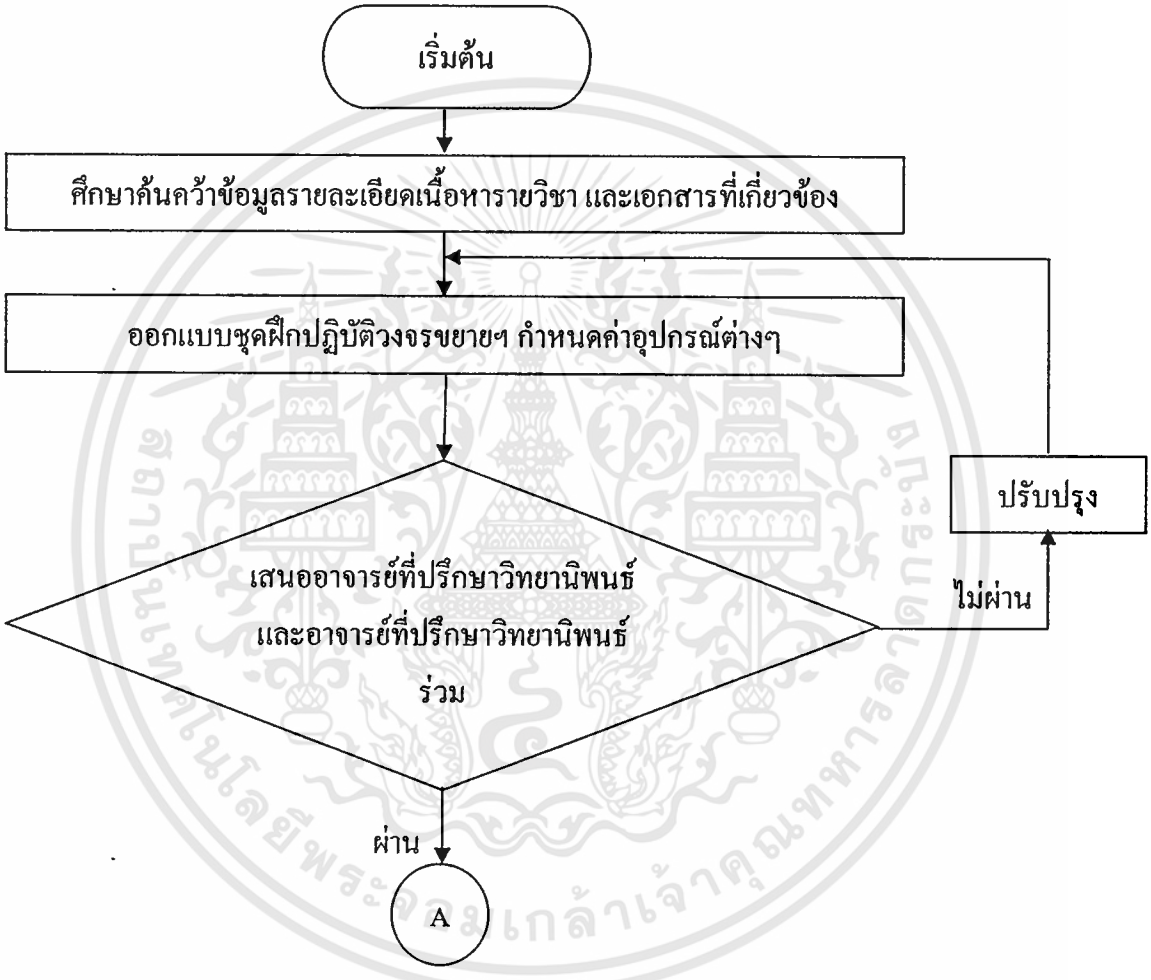
6. นำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เคยเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์มาแล้วจำนวน 3 คน

7. ปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

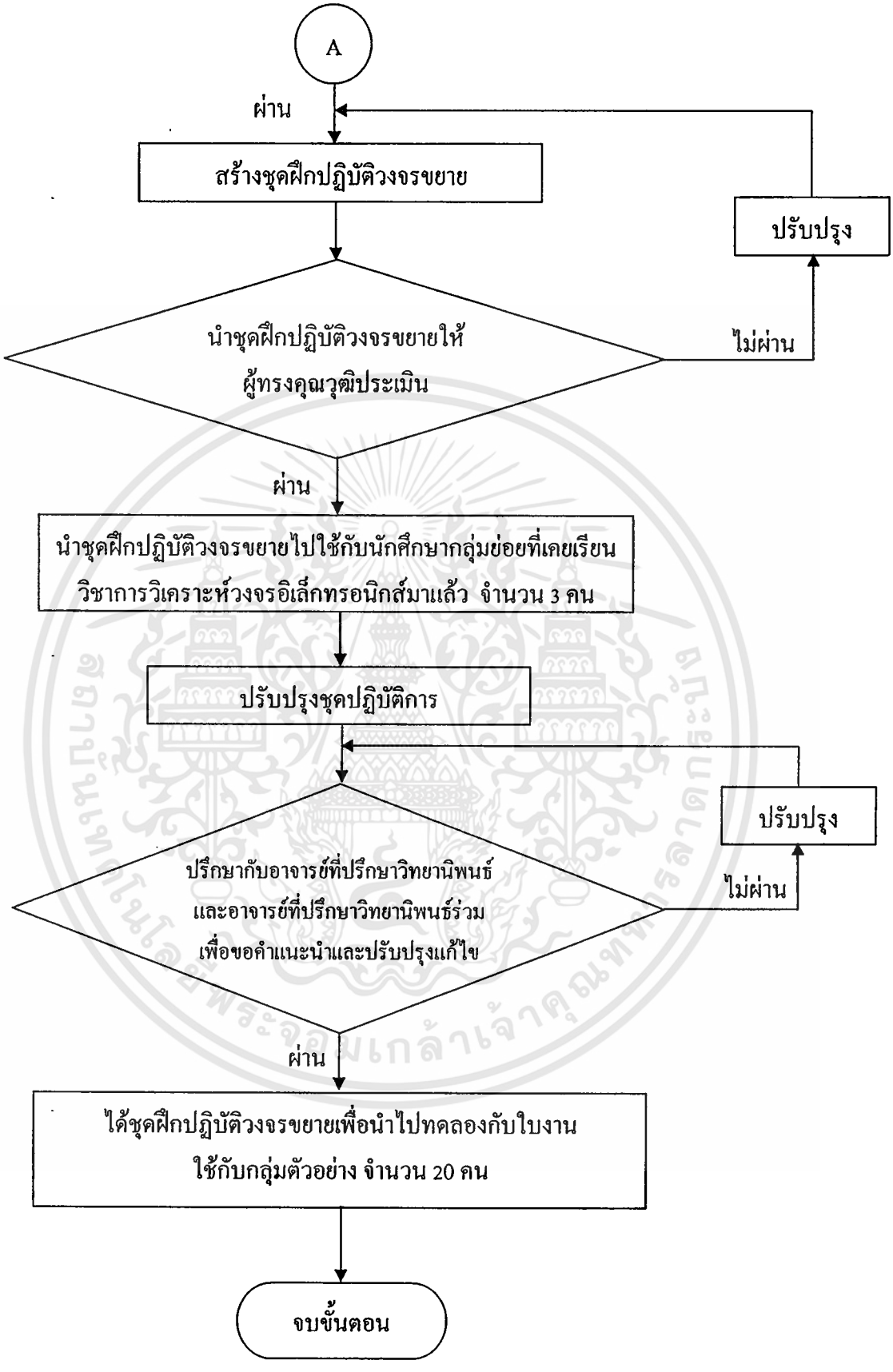
8. ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

9. ได้ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

การสร้างใบงานการทดลองผู้วิจัยได้เน้นให้ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับชุดทดลอง โดยมีรายละเอียดการสร้างขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ค้นคว้าจากเอกสารและตำรา

2. ออกแบบใบงาน ประกอบด้วย หัวข้อการทดลอง เนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปวัตถุประสงค์ของการทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ลำดับขั้นตอนการทดลอง วงจรการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง รวมทั้งคำถามท้ายการทดลอง

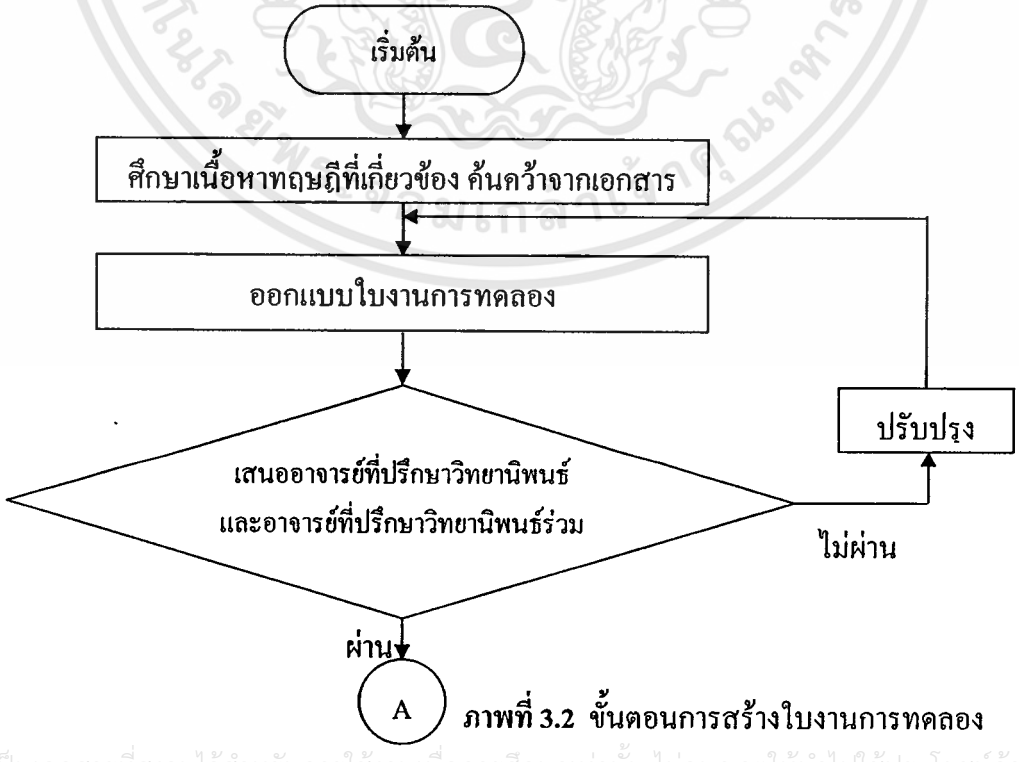
3. นำเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ เพื่อขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

4. สร้างใบงานการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

5. นำใบงานการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินและนำกลับมาปรับปรุงแก้ไข

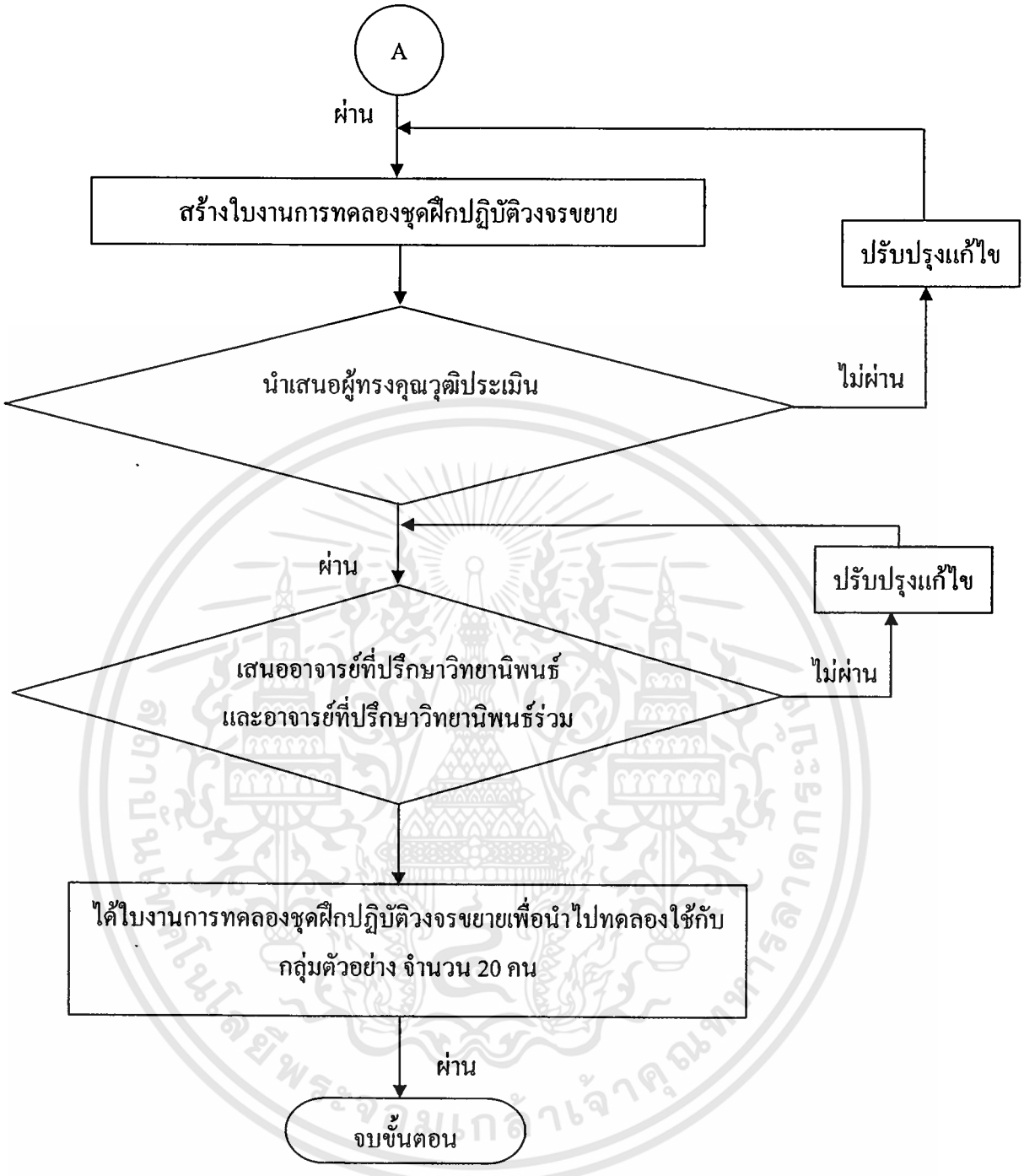
6. ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อขอคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไข

7. ได้ใบงานการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปทดลองกับใบงานใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 (ต่อ)

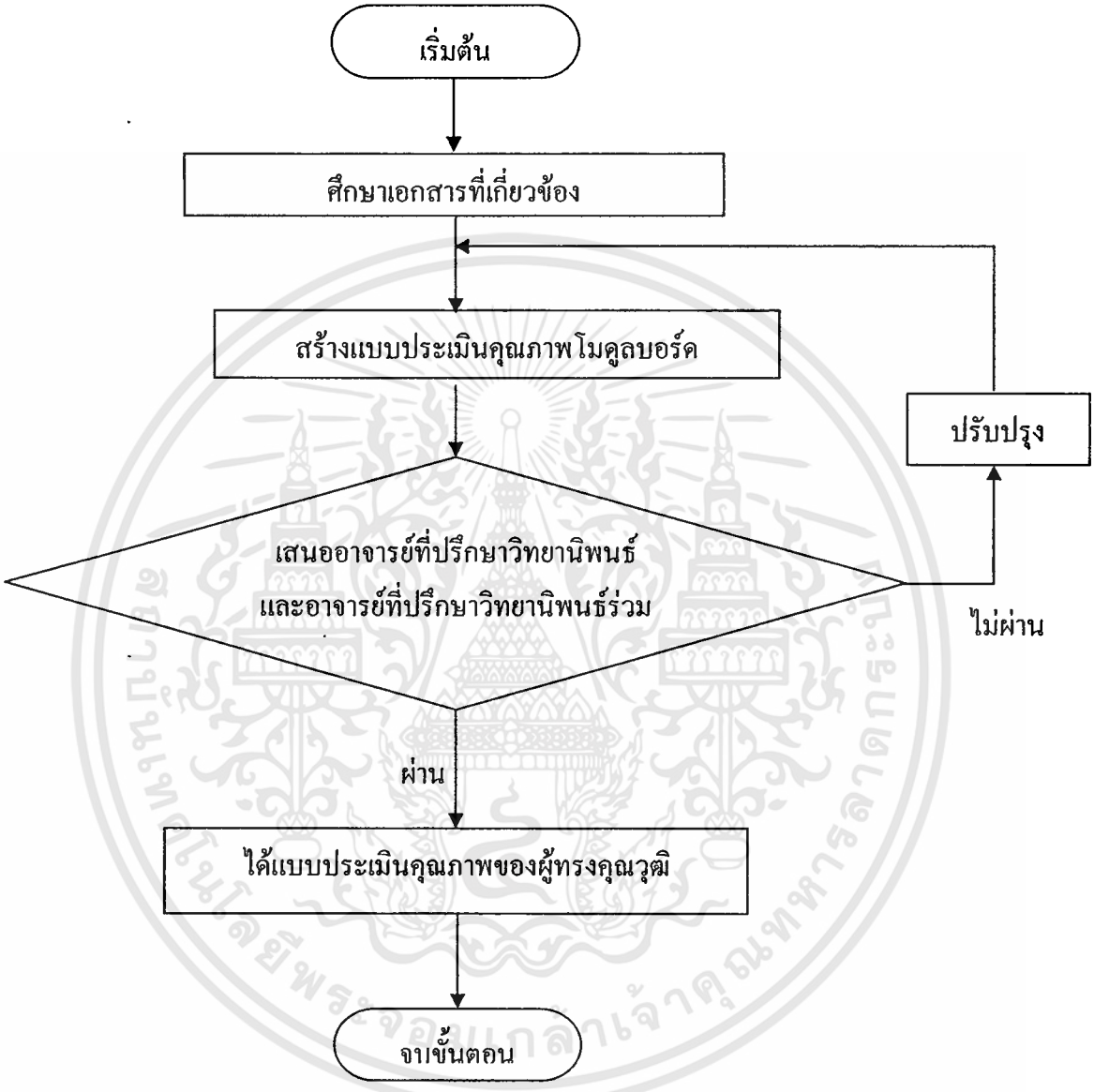
ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดต่างๆจากใบงานและชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้น
2. สร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่องจะทำการปรับปรุงแก้ไข

4. ได้แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดปฏิบัติการและเนื้อหาใบงาน



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และใบงาน จะใช้เป็นแบบประเมินมาตราส่วน (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ เห็นด้วยในระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ เห็นด้วยในระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ เห็นด้วยในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ เห็นด้วยในระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ เห็นด้วยในระดับน้อยมาก

2. เกณฑ์การประเมินระดับคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายในการวิเคราะห์ระดับคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อในทุกด้านจะใช้เกณฑ์กำหนดช่วงคะแนนเฉลี่ยไว้เพื่อให้ความสะดวกในการแปลความหมายของคะแนน ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ ระดับคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ ระดับคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ ระดับคุณภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ ระดับคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายฯ ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

การตรวจสอบคุณภาพชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คุณภาพของใบงานและคุณภาพของแบบประเมินรายการความสามารถของผู้เรียนด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิรวม 5 คน ดังนี้

1. นายเพียรศักดิ์ สายยุทธ	รองผู้อำนวยการ ฝ่ายวิชาการวิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ อ.เมือง จ. กาฬสินธุ์
2. นายสัมฤทธิ์ ภูเลี่ยมคำ	รองผู้อำนวยการ ฝ่ายวิชาการวิทยาลัยการอาชีพพยัคฆภูมิพิสัย อ.เมือง จ. มหาสารคาม
3. นายพันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์	ครูเชี่ยวชาญ ประจำสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร กรุงเทพมหาคร
4. นายทรงวุฒิ วิมลพัชร	ครูชำนาญการ ประจำแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี อ.เมือง จ. อุบลราชธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผศ.วรวิทย์ สมหา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการทดลองใช้ใบงานและชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นและการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ มีลำดับขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. บันทึกเสนอขอความอนุเคราะห์ให้งานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกหนังสือขอความร่วมมือไปยังวิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ในการนำเอาชุดปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้

2. นำใบงานและชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้น ไปดำเนินการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 20 คน โดยแนะนำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และใบงานแก่กลุ่มตัวอย่างโดยให้ทราบถึงขอบข่ายการใช้งาน หลักการในการทำงาน วิธีปฏิบัติก่อนการทดลอง และอธิบายทฤษฎีพร้อมคำแนะนำในการทดลองทุกครั้ง

3. ทดลองใบงานแต่ละใบงานจนครบ 3 ใบงาน นำคะแนนที่ได้แต่ละใบงานมาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง หลังจากเรียนจนครบทั้ง 3 ใบงานแล้ว แล้วทำแบบทดสอบรวม 1 ใบงาน นำข้อมูลที่ได้มาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง นำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาทำการวิเคราะห์ ในการประมวลผลค่าทางสถิติของแบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายมีการแปลความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปแปลความหมาย (John W.Best. 1977) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายอยู่ในระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายอยู่ในระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายอยู่ในระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือ ต้องได้คะแนนอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไป (นวลวรรณ ทิพย์สุมณฑา. 2544 : 61)

2. นำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. การหาค่าร้อยละ (Percentage) ใช้สำหรับข้อมูลพื้นฐาน (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549 : 113)

สูตร $P = \frac{f}{N} \times 100$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนคะแนนทั้งหมด

2. การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549: 113)

สูตร $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็น

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549 : 113)

สูตร $$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดเห็น

X คือ ค่าคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

4. การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. 2538 : 88-89)

สูตร $$\mathrm{IOC} = \frac{\sum \mathrm{R}}{\mathrm{N}}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum$R แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เกณฑ์การให้คะแนน

+1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่มีความเห็นว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่มีความเห็นว่าไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่มีความเห็นว่าไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

5. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพ

$$\mathrm{E}_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} x100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum$x แทน คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_2 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{B} x100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum x$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นต้องมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 โดยการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาจำนวน 20 คน นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามตารางต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การประเมินหาคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเนื้อหา โดยทำการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ในตารางที่ 4.1 และด้านสื่อในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา

ข้อที่	รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.80	0.45	ดีมาก
2	ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.20	0.45	ดี
3	ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง	5.00	0.00	ดีมาก
4	ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.40	0.55	ดี
5	คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.60	0.55	ดีมาก
6	ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงส่วนประกอบแต่ละส่วนของเนื้อหาภายในใบงาน	4.00	0.00	ดี
7	การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม	3.80	0.45	ดี
8	แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น	4.80	0.45	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ความหมาย
9	ใบงานทดลองมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์	4.40	0.55	ดี
10	ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจเหมาะสมแก่ผู้เรียน	4.00	0.00	ดี
11	ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์เรียนการสอนจริง	4.60	0.55	ดีมาก
12	ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในใบงานการทดลองได้เองโดยไม่ต้องซักถามครูผู้สอน	4.20	0.45	ดี
13	ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้งานได้จริง	5.00	0.00	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	**4.45**	**0.34**	ดีมาก

ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) = 4.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.34

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านผลิตสื่อ

ข้อที่	รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ความหมาย
1	มีการระบุชื่อของชุดฝึกปฏิบัติให้ผู้เห็นได้ชัดเจน	4.80	0.45	ดีมาก
2	ขนาดของชุดฝึกปฏิบัติที่ออกแบบมีความเหมาะสม	4.20	0.45	ดี
3	การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์บนชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
4	การออกแบบพินต่อวงจรใช้งานบนชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม	4.40	0.55	ดี
5	ปุ่มปรับค่าต่างๆในชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
6	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการใช้งาน	4.00	0.00	ดี
7	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร	3.80	0.45	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ความหมาย
8	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียนรู้	4.80	0.45	ดีมาก
9	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการเรียนรู้ได้ในอนาคต	4.40	0.55	ดี
10	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นแข็งแรงทดทาน ใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ	4.00	0.00	ดี
11	การจัดเก็บชุดฝึกปฏิบัติมีความสะดวกเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	**4.42**	**0.36**	**ดี**

ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในด้านผลิตสื่อ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) = 4.42, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.36

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การประเมินหาความสอดคล้องของใบงานการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา ในตารางที่ 4.3 และด้านสื่อ ในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของใบงานการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา

ข้อที่	รายการประเมิน	$\sum R$	IOC	ความหมาย
1	ใบงานการทดลองมีการระบุชื่อของการใบงานทดลองชัดเจน	5	1.00	สอดคล้องใช้ได้
2	ใบงานการทดลองมีการแบ่งเนื้อหาและใบงานทดลองชัดเจน	4	0.80	สอดคล้องใช้ได้
3	ใบงานการทดลองมีการแบ่งเนื้อหาในการทดลองที่เหมาะสมในแต่ละใบงาน	5	1.00	สอดคล้องใช้ได้
4	ใบงานการทดลองมีการบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ชัดเจน	5	1.00	สอดคล้องใช้ได้
5	ใบงานการทดลองมีการอธิบายขั้นตอนการทดลองกระชับชัดเจน	3	0.60	สอดคล้องใช้ได้
6	ใบงานการทดลองมีวงจรที่มีเงื่อนไขตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ครบถ้วน	4	0.80	สอดคล้องใช้ได้
7	ใบงานการทดลองมีการบันทึกผลของการทดลองที่ชัดเจนถูกต้อง	4	0.80	สอดคล้องใช้ได้
8	ใบงานการทดลองมีเนื้อหาทฤษฎีที่สอดคล้องกับหัวข้อใบงานทดลอง	5	1.00	สอดคล้องใช้ได้
9	ใบงานการทดลองมีการทดลองที่สามารถใช้เวลาในการทดลองในเวลาได้	4	0.80	สอดคล้องใช้ได้
10	ใบงานการทดลองมีการทดลองที่ครอบคลุมเนื้อหาในหัวข้อของแต่ละใบงาน	5	1.00	สอดคล้องใช้ได้
11	คำถามท้ายการทดลองมีความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ในระดับ ปวส.	3	0.60	สอดคล้องใช้ได้
ค่าเฉลี่ย		**4.27**	**0.31**	**สอดคล้อง**

ผลที่ได้จากการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างใบงานแต่ละใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา จำนวน 5 ท่านนั้น ได้ผลคือ 0.31 อยู่ในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยกว่า 0.5 สรุปได้ว่าใบงานแต่ละใบงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านผลิตสื่อ

ข้อที่	รายการประเมิน	$\sum R$	IOC	ความหมาย
1	มีการระบุชื่อของชุดฝึกปฏิบัติให้ผู้เห็นได้ชัดเจน	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
2	ขนาดของชุดฝึกปฏิบัติที่ออกแบบมีความเหมาะสม	3	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
3	การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์บนชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
4	การออกแบบพินต่อวงจรใช้งานบนชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม	3	0.60	สอดคล้อง ใช้ได้
5	ฟังก์ชั่นการทำงานในชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
6	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการใช้งาน	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
7	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
8	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียนรู้	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
9	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการเรียนรู้ได้ในอนาคต	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
10	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับใบงานการทดลอง	4	0.80	สอดคล้อง ใช้ได้
11	การจัดเก็บชุดฝึกปฏิบัติมีความสะดวกเหมาะสม	5	1.00	สอดคล้อง ใช้ได้
ค่าเฉลี่ย		**4.27**	**0.35**	**สอดคล้อง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านผลิตสื่อนั้น ได้ผลคือ 0.35 อยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.5 สรุปได้ว่าสอดคล้องระหว่างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

4.3 ผลจากแบบการวัดผลทางด้านปฏิบัติการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ ซึ่งแบ่งการวัดผลออกเป็น 3 แบบ ดังนี้ คือ

1. แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง40% จากการบันทึกผลการทดลองกับชุดทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง โดยตั้งคำถามให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2. แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติการทดลอง 40% ซึ่งเป็นแบบประเมินการวัดผลโดยการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติการทดลอง

3. แบบการให้คะแนนทางการปฏิบัติใบงาน 20% ซึ่งเป็นแบบประเมินการตรวจสอบผลจากการปฏิบัติการทดลอง

ซึ่งคะแนนรวมของแบบประเมินด้านปฏิบัติทั้ง 3 แบบได้ 100% หรือ 100 คะแนนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติการทดลองของใบงานระหว่างเรียนกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

นักศึกษาคนที่	คะแนนความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง	คะแนนพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง	คะแนนผลการปฏิบัติการทดลอง	รวม
	40%	40%	20%	100%
1	36.2	35.6	16.7	88.5
2	35.6	34.4	16	86
3	35.6	33.3	16.7	85.6
4	34.9	33.3	16	84.2
5	36.2	34.4	17.3	87.9
6	34.9	34.4	14	83.3
7	34.9	35.6	16	86.5
8	34.9	34.4	16	85.3
9	35.6	33.3	15.3	84.2
10	35.6	33.3	16.7	85.6
11	36.2	36.7	17.3	90.2
12	34.9	36.7	15.3	86.9
13	36.2	33.3	15.3	84.8
14	34.9	35.6	15.3	85.8
15	35.6	34.4	16.7	86.7
16	36.2	34.3	16	86.5
17	33.7	35.4	14.7	83.8
18	35.6	35.4	15.3	86.3
19	34.9	36.6	15.3	86.8
20	36.2	33.1	15.3	84.6
รวมเฉลี่ย	708.8	693.5	317.2	1719.5
	35.44	34.675	15.86	85.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์การปฏิบัติการทดลองของใบงานรวม ของนักศึกษา จำนวน 20 คน กับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

นักศึกษาคนที่	คะแนนความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง	คะแนนพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง	คะแนนผลการปฏิบัติการทดลอง	รวม
	40%	40%	20%	100%
1	38.1	38.9	18	95
2	36.8	36.7	18.7	92.2
3	37.5	37.8	17.3	92.6
4	37.5	37.8	18	93.3
5	37.5	37.8	18	93.3
6	36.8	37.8	17.3	91.9
7	36.8	37.8	18.7	93.3
8	37.5	37.8	16.7	92
9	37.5	36.8	17.3	91.6
10	38.1	37.8	18	93.9
11	38.1	37.8	18.7	94.6
12	38.1	37.8	18.7	94.6
13	37.5	36.7	17.3	91.5
14	38.1	37.8	17.3	93.2
15	36.5	35.6	18	90.1
16	38.1	38.9	18	95
17	37.5	37.7	18	93.2
18	38.1	38.9	18.7	95.7
19	38.1	38.9	18	95
20	38.1	38.9	18	95
รวมเฉลี่ย	752.3	756	358.7	1867
	37.615	37.8	17.935	93.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างปฏิบัติการทดลองใบงานที่ 1-3 และคะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการปฏิบัติการทดลองใบงานรวมของนักศึกษา จำนวน 20 คน

คนที่	**คะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใบงานที่ 1-3 ของนักศึกษา (เต็ม 100 คะแนน)**	**คะแนนแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการปฏิบัติการทดลอง ใบงานรวม (เต็ม 100 คะแนน)**
1	88.5	95
2	86	92.2
3	85.6	92.6
4	84.2	93.3
5	87.9	93.3
6	83.3	91.9
7	86.5	93.3
8	85.3	92
9	84.2	91.6
10	85.6	93.9
11	90.2	94.6
12	86.9	94.6
13	84.8	91.5
14	85.8	93.2
15	86.7	90.1
16	86.5	95
17	83.8	93.2
18	86.3	95.7
19	86.8	95
20	84.6	95
$\sum x = 1719.5$		$\sum y = 1867$
$E_1 = 85.97$ %		**$E_2 = 93.35$ %**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากแบบการวัดผลทางด้านปฏิบัติการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทดสอบโดยนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ลงทะเบียนเรียน ในรายวิชาวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 3105-1003 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จากประชากรทั้งหมด 35 คน เลือกสุ่มอย่างง่าย นักศึกษาจำนวน 20 คน ซึ่งได้ทำการประเมินผลการเรียนระหว่างปฏิบัติการทดลอง กับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากตารางที่ 4.5 ผลปรากฏว่า ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำคะแนนจากแบบประเมินระหว่างปฏิบัติการทดลอง 3 ใบงาน เฉลี่ยได้ 85.97 จาก 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.97 และทำคะแนนจากแบบประเมินประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการปฏิบัติการทดลองใบงาน เฉลี่ยได้ 93.35 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 93.35 ดังตารางที่ 4.6

ดังนั้น สรุปว่าชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.97/93.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติ วงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยมีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับใช้ในการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีคุณภาพ

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับใช้ในการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

5.2 สมมติฐานของการวิจัย

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับใช้ในการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีคุณภาพในระดับดีขึ้นไป

2. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับใช้ในการเรียนวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองประกอบด้วย

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์

2. ใบงานทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย 3 ใบงานวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใบงานรวมการทดลองชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทำแบบประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ กับผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน โดยปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อขอรับหนังสือ จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง เพื่อขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. หาคุณภาพของชุดฝึกชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. หาคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีค่าเฉลี่ยในการประเมินความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไปยอมรับได้ ว่ามีคุณภาพ แต่ถ้าต่ำกว่า 3.50 ต้องทำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องเพื่อให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น

4. ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินหาความสอดคล้องของใบงานการทดลองของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านเนื้อหาและด้านผลิตสื่อ

5. นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินหาคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ มาวิเคราะห์ข้อมูล

6. นำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย มาใช้กับกลุ่มตัวอย่างและทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

7. นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินแบบประเมินระหว่างปฏิบัติการทดลอง 3 ใบงาน และนำคะแนนจากแบบประเมินประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการปฏิบัติการทดลองใบงานรวม ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพ

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

5.6 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านเนื้อหา ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก โดยค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ = 4.45 , S.D. = 0.34 และทางด้านผลิตสื่อ ผู้ทรงคุณวุฒิได้ประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก โดยค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ = 4.42 , S.D. = 0.36 และใช้ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กับนักศึกษาที่สุ่มเลือกมา 20 คน จาก 35 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในภาคเรียนที่ 2/2551 ผลจากการใช้ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงซึ่งได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 แบบ และการให้คะแนนโดยผู้วิจัยในการสังเกตการทดลองของนักศึกษาและให้คะแนนตามแบบประเมิน

5.7 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีขึ้นคุณภาพในเกณฑ์ดีมาก เห็นได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านเนื้อหามีค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.45 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 เนื่องมาจาก เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ทำให้ศึกษาได้โดยไม่ผิดวัตถุประสงค์ และจากการประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ มีค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก คู่มือมีการออกแบบให้ใช้ง่าย วงจรไม่สับสน ลำดับการนำเสนอเนื้อหาเหมาะสมน่าสนใจ การนำเสนอเนื้อหาตามลำดับขั้น ตัวอักษรมีขนาดเหมะสม แสดงว่าชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปใช้ได้จริงมีคุณภาพ และจากการนำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ที่เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จากประชากรทั้งหมด 35 คน เลือกสุ่มอย่างง่ายกับนักศึกษาจำนวน 20 คน ซึ่งได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองและเก็บผลการทดลอง ของนักศึกษาจำนวน 20 คน กับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ชุด โดยนักศึกษาทำคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 85.97/93.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนของวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

5.8 ข้อเสนอแนะ

5.8.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรนำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบในการสร้างชุดฝึกปฏิบัติในรายวิชาอื่นๆ

2. ควรนำชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น นำไปเผยแพร่และทดลองใช้กับนักศึกษาของสถานศึกษาอาชีวศึกษาต่างๆ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการสร้างชุดทดลองไว้ใช้เองสำหรับ การเรียนการสอน

5.8.2 ข้อเสนอสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ควรมีการทดลองศึกษากับวงจรขยายที่ใช้ เฟต ในการทำหน้าที่ขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่. 2535. "Project :คู่มือการจัดทำ." **เอกสารประกอบการสอนวิชา Project Study.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, หน้า 2-22.

ชัชวาลย์ มูลศรี. 2540. การพัฒนาชุดประลองสำหรับการสอนภาคปฏิบัติแบบการจำลองเรื่องวงจรทรานซิสเตอร์ โดยใช้โปรแกรม PSpice Version 6.1 for Windows 3.11 = The Development of Experimental Kits for Simulation Laboratory instruction Type Entitled Transistor Circuit by Using PSpice Version 6.1 for Windows 3.11.

พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2540. "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาการออกแบบวงจรขยายเชิงเส้น ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2543. **ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พิพัฒน์ สมใจ. 2545. "การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ วิชาปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรอนุปริญญา สถาบันราชภัฏ กระทรวงศึกษาธิการ." วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิสิฐ เมธาภัทร และธีระพล เมธีกุล. 2539. **ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภัทรา นิคมานนท์. 2539. **การวัดและการประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ.** กรุงเทพฯ : อักษรบัณฑิต.

มงคล ทองสงคราม. **อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** สำนักพิมพ์ รามาการพิมพ์.

ยุทธพิชัย กล้าหาญ. 2547. "การสร้างชุดปฏิบัติการและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่." วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัลลภ จันทร์ตระกูล. "แนวทางการออกแบบอุปกรณ์ช่วยสอน ประเภทอุปกรณ์ทดลองสาธิต." วารสารอาชีวศึกษา (3 มีนาคม 2530) : 25-45.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรชัย สุขสกุลชัย. **วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์.** Engineering Electronics ศูนย์หนังสือพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข. 2547. "ชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51." วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Thomas L. Floyd. 1997. **Electronic Device** : Prentice-Hall International, Inc

John W. Best. 1970. **Research in Education.** New Jersey: Prentice Hall.

Robert M Gangne. and Leslie J Briggs. 1989. **W. Principles of Instruction Design.3nd ed.** New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่ 260 /2551
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบสำรอง ของ นายศราวุธ ไหลหาโคตร

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ของ นายศราวุธ ไหลหาโคตร รหัสประจำตัว 47065403 เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อปรึกษาและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ผศ.กิติพงค์	มะโน	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

รศ.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	ประธานกรรมการ	
รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	กรรมการ	
ผศ.กิติพงค์	มะโน	กรรมการ	
ผศ.ประเสริฐ	เคนพันค้อ	กรรมการ	
นอ.ดร.วีระชัย	เชาว์กำเนิด	กรรมการ	(กรรมการภายนอก)

3. คณะกรรมการสอบสำรอง

รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
ผศ.ดร.พรพิมล	ฉายรัศมี	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตประจำ)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 17 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2552 ให้ดำเนินการดังนี้

นายศราวุธ ไหลหาโคตร รหัสประจำตัว 47065403 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ (Amplifier Laboratory Set on Electronic Circuit Analysis, Higher Vocational Level Electronics Major)" โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1046

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

9 เมษายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายพันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายศราวุธ ไหลหาโคตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายศราวุธ ไหลหาโคตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1046

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

9 เมษายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายทรงวุฒิ วิมลพัชร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายศราวุธ ไหลหาโคตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายศราวุธ ไหลหาโคตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1046

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

9 เมษายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายสัมฤทธิ์ ภูเลี่ยมคำ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายศราวุธ ไหลหาโคตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายศราวุธ ไหลหาโคตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1046

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

9 เมษายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน นายเพียรศักดิ์ สายยุทธ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายศราวุธ ไหลหาโคตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายศราวุธ ไหลหาโคตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 1046 วันที่ 9 เมษายน 2552

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.วรวิทย์ สมหา

ด้วย นายศราวุธ ไหลหาโคตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมิน ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายศราวุธ ไหลหาโคตร มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1072

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๐ เมษายน 2552

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์
(นายสุเมธ ดาโรจน์)

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบทดสอบเพื่อการวิจัย

ด้วย นายศราวุธ ไหลหาโคตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้วเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2552 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายศราวุธ ไหลหาโคตร ทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

หัวข้อวิทยานิพนธ์เรื่อง ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การหาคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และคุณภาพของใบงานด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิรวม 5 ท่าน ดังนี้

1. นายเพียรศักดิ์ สายยุทธ	รองผู้อำนวยการ ฝ่ายวิชาการวิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ อ.เมือง จ. กาฬสินธุ์
2. นายสัมฤทธิ์ ภูเลี่ยมคำ	รองผู้อำนวยการ ฝ่ายวิชาการวิทยาลัยการอาชีพพยัคฆภูมิพิสัย อ.เมือง จ. มหาสารคาม
3. นายพันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์	ครูเชี่ยวชาญ ประจำสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร กรุงเทพมหาคร
4. นายทรงวุฒิ วิมลพัชร	ครูชำนาญการ ประจำแผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี อ.เมือง จ. อุบลราชธานี
5. ผศ.วรวิทย์ สมหา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การพิจารณาระดับความมีคุณภาพ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ด้านเนื้อหา)

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามตอนนี้มีจำนวนทั้งหมด 13 ข้อ (ขอให้ท่านตอบทุกข้อ)

2. โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับเนื้อหาของบทเรียนเกี่ยวกับการใช้ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในแต่ละรายการว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ใด แล้วโปรดทำเครื่องหมาย✓ ลงในช่องระดับหาคุณภาพทางขวามือของแบบสอบถามเพียงระดับเดียวโดยมีเกณฑ์การพิจารณาระดับความมีคุณภาพ แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

ระดับ 5 หมายความว่า มีคุณภาพดีมาก
ระดับ 4 หมายความว่า มีคุณภาพดี
ระดับ 3 หมายความว่า มีคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2 หมายความว่า มีคุณภาพพอใช้
ระดับ 1 หมายความว่า มีคุณภาพควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ด้านเนื้อหา)

เรื่อง ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

คำชี้แจง ใบงานของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้มีคุณภาพอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน คะแนนระดับความคิดเห็นคือ ดีมาก = 5 , ดี = 4 , ปานกลาง = 3 , พอใช้ = 2 , ควรปรับปรุง = 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความมีคุณภาพ				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
		5	4	3	2	1
1.	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2.	ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3.	ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคลุมสำหรับการทดลอง					
4.	ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5.	คำชี้แจงลำดับขั้นการทดลองในใบงานมีความชัดเจน					
6.	ความเหมาะสมของการเชื่อมโยงส่วนประกอบแต่ละส่วนของเนื้อหาภายในใบงาน					
7.	การป้อนกลับต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม					
8.	แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ตั้งขึ้น					
9.	ใบงานทดลองมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์					
10.	ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจเหมาะสมแก่ผู้เรียน					
11.	ใบงานสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์เรียนการสอนจริง					
12.	ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในใบงานการทดลองได้เองโดยไม่ต้องซักถามครูผู้สอน					
13.	ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้งานได้จริง					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การพิจารณาระดับความมีคุณภาพ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ด้านสื่อ)

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามตอนนี้มีจำนวนทั้งหมด 11 ข้อ (ขอให้ท่านตอบทุกข้อ)

2. โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับสื่อการสอนของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในแต่ละรายการว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ใด แล้วโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพทางขวามือของแบบสอบถามเพียงระดับเดียว โดยมีเกณฑ์การพิจารณาระดับคุณภาพแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

ระดับ 5 หมายความว่า มีคุณภาพดีมาก
ระดับ 4 หมายความว่า มีคุณภาพดี
ระดับ 3 หมายความว่า มีคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2 หมายความว่า มีคุณภาพพอใช้
ระดับ 1 หมายความว่า มีคุณภาพควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ด้านสื่อ)

คำชี้แจง

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน คะแนนระดับความคิดเห็นคือ ดีมาก = 5 , ดี = 4 , ปานกลาง = 3 , พอใช้ = 2 , ควรปรับปรุง = 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความมีคุณภาพ				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับ ปรุง
		5	4	3	2	1
1.	มีการระบุชื่อชุดฝึกปฏิบัติให้ผู้เห็นได้ชัดเจน					
2.	ขนาดของชุดฝึกปฏิบัติที่ออกแบบมีความเหมาะสม					
3.	การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์บนชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม					
4.	การออกแบบพินต่อวงจรใช้งานบนชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม					
5.	ปุ่มปรับค่าต่างในชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม					
6.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการใช้งาน					
7.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร					
8.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียนรู้					
9.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการเรียนรู้ได้ในอนาคต					
10.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นแข็งแรงทนทาน ใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ					
11.	การจัดเก็บชุดฝึกปฏิบัติมีความสะดวกเหมาะสม					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องด้านการออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย
กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านการผลิตสื่อและด้านเนื้อหา)

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามตอนนี้มีจำนวนทั้งหมด 11 ข้อ (ขอให้ท่านตอบทุกข้อ)

2. โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับสื่อการสอนของชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในแต่ละรายการว่ามีสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ใด แล้วโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสอดคล้องทางขวามือของแบบสอบถามเพียงระดับเดียว โดยมีเกณฑ์การพิจารณาระดับความสอดคล้องแบ่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้

ระดับ +1 หมายความว่า มีความเห็นว่าการออกแบบสร้างนั้นนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับ 0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าการออกแบบสร้างนั้นนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับ -1 หมายความว่า มีความเห็นว่าการออกแบบสร้างนั้นนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องด้านการออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านการผลิตสื่อ)

คำชี้แจง

การออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน คะแนนระดับความคิดเห็นคือ

ระดับ +1 หมายความว่า มีความเห็นว่าการออกแบบสร้างนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับ 0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าการออกแบบสร้างนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับ -1 หมายความว่า มีความเห็นว่าการออกแบบสร้างนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง		
		สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
		+1	0	-1
1.	มีการระบุชื่อของชุดฝึกปฏิบัติให้ผู้เห็นได้ชัดเจน			
2.	ขนาดของชุดฝึกปฏิบัติที่ออกแบบมีความเหมาะสม			
3.	การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์บนชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม			
4.	การออกแบบพินต่อวงจรการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม			
5.	ปุ่มปรับค่าต่างในชุดฝึกปฏิบัติมีความเหมาะสม			
6.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการใช้งาน			
7.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยจากไฟฟ้าลัดวงจร			
8.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียนรู้			
9.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการเรียนรู้ได้ในอนาคต			
10.	ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับใบงานการทดลอง			
11.	การจัดเก็บชุดฝึกปฏิบัติมีความสะดวกเหมาะสม			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องด้านการออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)

คำชี้แจง

การออกแบบสร้างชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน คะแนนระดับความคิดเห็นคือ

ระดับ +1 หมายความว่า มีความเห็นว่าการออกแบบสร้างนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับ 0 หมายความว่า ไม่แน่ใจว่าการออกแบบสร้างนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ระดับ -1 หมายความว่า มีความเห็นว่าการออกแบบสร้างนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความสอดคล้อง		
		สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
		+1	0	-1
1.	ใบงานการทดลองมีการระบุชื่อของการใบงานทดลองชัดเจน			
2.	ใบงานการทดลองมีการแบ่งเนื้อหาและใบงานทดลองชัดเจน			
3.	ใบงานการทดลองมีการแบ่งเนื้อหาในการทดลองที่เหมาะสมในแต่ละใบงาน			
4.	ใบงานการทดลองมีการบอกจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ชัดเจน			
5.	ใบงานการทดลองมีการอธิบายขั้นตอนการทดลองกระชับชัดเจน			
6.	ใบงานการทดลองมีวงจรที่มีเงื่อนไขตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ครบถ้วน			
7.	ใบงานการทดลองมีการบันทึกผลของการทดลองที่ชัดเจนถูกต้อง			
8.	ใบงานการทดลองมีเนื้อหาทฤษฎีที่สอดคล้องกับหัวข้อใบงานทดลอง			
9.	ใบงานการทดลองมีการทดลองที่สามารถใช้เวลาในการทดลองในเวลาได้			
10.	ใบงานการทดลองมีการทดลองที่ครอบคลุมเนื้อหาในหัวข้อของแต่ละใบงาน			
11.	คำถามท้ายการทดลองมีความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ในระดับ ปวส.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง (คนที่ 1-5)

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ผู้วิจัยมุ่งวัดผลขณะปฏิบัติการทดลองโดยพิจารณาให้น้ำหนักคะแนน แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องแบบประเมินความหมายของน้ำหนักคะแนน กำหนดดังนี้

3 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดีมาก

2 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดี

1 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง

0 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับควรปรับปรุง

ความรู้ทางการปฏิบัติ	คนที่ 1				คนที่ 2				คนที่ 3				คนที่ 4				คนที่ 5			
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 1 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 2 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 3 ทำได้ถูกต้อง																				

แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง (คนที่ 6-10)

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ผู้วิจัยมุ่งวัดผลขณะปฏิบัติการทดลองโดยพิจารณาให้น้ำหนักคะแนน แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องแบบประเมินความหมายของน้ำหนักคะแนน กำหนดดังนี้

3 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดีมาก

2 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดี

1 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง

0 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับควรปรับปรุง

ทักษะกระบวนการปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 6				คนที่ 7				คนที่ 8				คนที่ 9				คนที่ 10			
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 1 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 2 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 3 ทำได้ถูกต้อง																				

แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง (คนที่ 11-15)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ท่านพิจารณาความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ผู้วิจัยมุ่งวัดผลขณะปฏิบัติการทดลองโดยพิจารณาให้น้ำหนักคะแนน แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องแบบประเมินความหมายของน้ำหนักคะแนน กำหนดดังนี้

3 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดีมาก

2 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดี

1 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง

0 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับควรปรับปรุง

ทักษะกระบวนการปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 11				คนที่ 12				คนที่ 13				คนที่ 14				คนที่ 15			
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 1 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 2 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 3 ทำได้ถูกต้อง																				

แบบประเมินความรู้ทางการปฏิบัติการทดลอง (คนที่ 15-20)

<u>คำชี้แจง</u> ให้ท่านพิจารณาความเหมาะสมของพฤติกรรมที่ผู้วิจัยมุ่งวัดผลขณะปฏิบัติการทดลองโดยพิจารณาให้น้ำหนักคะแนน แล้วทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องแบบประเมินความหมายของน้ำหนักคะแนน กำหนดดังนี้

3 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดีมาก

2 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับดี

1 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง

0 หมายถึง มีความรู้อยู่ในระดับควรปรับปรุง

ทักษะกระบวนการปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 16				คนที่ 17				คนที่ 18				คนที่ 19				คนที่ 20			
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 1																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 1 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 2																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 2 ทำได้ถูกต้อง																				
ขั้นเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการต่อวงจรที่จะทำการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นตรวจสอบวงจรก่อนการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องในการทดลองใบงานที่ 3																				
ขั้นการบันทึกค่าทดลองในใบงานที่ 3 ทำได้ถูกต้อง																				

แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติการทดลอง

รายชื่อนักศึกษา ลำดับที่ 1-5

<u>คำชี้แจง</u> โปรดแสดงเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่านโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ความหมายของคะแนนมีดังนี้

3 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดีมาก 2 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดี

1 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลาง 0 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

พฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติ	คนที่ 1					คนที่ 2					คนที่ 3					คนที่ 4					คนที่ 5				
	3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0	
ทักษะการต่อวงจร																									
สามารถต่อวงจรขยายคอมม่อนต่างๆได้ถูกต้อง																									
ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรถูกต้องสมบูรณ์																									
ทักษะการปรับค่าเครื่องมือวัด																									
สามารถทำการปรับค่าความเที่ยงตรงของโอห์มมิเตอร์ได้																									
ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงเข้ากับวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและปรับออสซิลโลสโคบได้ถูกต้อง																									
ต่อออสซิลโลสโคบเข้ากับวงจรได้ตรงกับจุดอินพุทและเอ้าพุท																									
ความถูกต้องและแม่นยำ																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าแรงดันในวงจรได้ถูกต้อง																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่ากระแสในวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและตั้งค่าเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงได้ถูกต้อง																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณอินพุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณเอาต์พุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถคำนวณอัตราการขยายของวงจรได้																									

แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติการทดลอง

รายชื่อนักศึกษา ลำดับที่ 6-10

<u>คำชี้แจง</u> โปรดแสดงเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่านโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ความหมายของคะแนนมีดังนี้

3 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดีมาก 2 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดี

1 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลาง 0 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

พฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติ	คนที่ 6					คนที่ 7					คนที่ 8					คนที่ 9					คนที่ 10				
	3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0	
ทักษะการต่อวงจร																									
สามารถต่อวงจรขยายคอมม่อนต่างๆได้ถูกต้อง																									
ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรถูกต้องสมบูรณ์																									
ทักษะการปรับค่าเครื่องมือวัด																									
สามารถทำการปรับค่าความเที่ยงตรงของโอห์มมิเตอร์ได้																									
ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงเข้ากับวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและปรับออสซิลโลสโคบได้ถูกต้อง																									
ต่อออสซิลโลสโคบเข้ากับวงจรได้ตรงกับจุดอินพุทและเอ้าพุท																									
ความถูกต้องและแม่นยำ																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าแรงดันในวงจรได้ถูกต้อง																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่ากระแสในวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและตั้งค่าเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงได้ถูกต้อง																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณอินพุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณเอาต์พุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถคำนวณอัตราการขยายของวงจรได้																									

แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติการทดลอง

รายชื่อนักศึกษา ลำดับที่ 11-15

<u>คำชี้แจง</u> โปรดแสดงเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่านโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ความหมายของคะแนนมีดังนี้

3 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดีมาก 2 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดี

1 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลาง 0 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

พฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติ	คนที่ 11					คนที่ 12					คนที่ 13					คนที่ 14					คนที่ 15				
	3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0	
ทักษะการต่อวงจร																									
สามารถต่อวงจรขยายคอมม่อนต่างๆ ได้ถูกต้อง																									
ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรถูกต้องสมบูรณ์																									
ทักษะการปรับค่าเครื่องมือวัด																									
สามารถทำการปรับค่าความเที่ยงตรงของโอห์มมิเตอร์ได้																									
ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงเข้ากับวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและปรับออสซิลโลสโคบได้ถูกต้อง																									
ต่อออสซิลโลสโคบเข้ากับวงจรได้ตรงกับจุดอินพุทและเอ้าพุท																									
ความถูกต้องและแม่นยำ																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าแรงดันในวงจรได้ถูกต้อง																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่ากระแสในวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและตั้งค่าเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงได้ถูกต้อง																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณอินพุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณเอาต์พุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถคำนวณอัตราการขยายของวงจรได้																									

แบบประเมินการสังเกตพฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติการทดลอง

รายชื่อนักศึกษา ลำดับที่ 16-20

<u>คำชี้แจง</u> โปรดแสดงเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่านโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ความหมายของคะแนนมีดังนี้

3 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดีมาก 2 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดี

1 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลาง 0 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

พฤติกรรมของกระบวนการในขณะปฏิบัติ	คนที่ 16					คนที่ 17					คนที่ 18					คนที่ 19					คนที่ 20				
	3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0		3	2	1	0	
ทักษะการต่อวงจร																									
สามารถต่อวงจรขยายคอมม่อนต่างๆได้ถูกต้อง																									
ต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรถูกต้องสมบูรณ์																									
ทักษะการปรับค่าเครื่องมือวัด																									
สามารถทำการปรับค่าความเที่ยงตรงของโอห์มมิเตอร์ได้																									
ต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงเข้ากับวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและปรับออสซิลโลสโคบได้ถูกต้อง																									
ต่อออสซิลโลสโคบเข้ากับวงจรได้ตรงกับจุดอินพุทและเอ้าพุท																									
ความถูกต้องและแม่นยำ																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าแรงดันในวงจรได้ถูกต้อง																									
สามารถใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่ากระแสในวงจรได้ถูกต้อง																									
ตรวจสอบและตั้งค่าเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงได้ถูกต้อง																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณอินพุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถวัดและบันทึกสัญญาณเอาต์พุทจากออสซิลโลสโคบได้																									
สามารถคำนวณอัตราการขยายของวงจรได้																									

แบบการให้คะแนนของนักศึกษาที่ใช้ความรู้ทางการปฏิบัติกับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 1		รวม	คนที่ 2			คนที่ 3			คนที่ 4		
	ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด	
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 3												

สำหรับการใช้งานเพื่อ[illegible]เท่านั้น ไม่ [illegible]ให้นำไปใช้ประ[illegible]ด้านการค้า ให้ดัดแปลงเนื้อหา และ[illegible]งอิงเจ้า[illegible]สารทุกครั้งที่[illegible]ไปใช้

แบบการให้คะแนนของนักศึกษาที่ใช้ความรู้ทางการปฏิบัติกับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 5		รวม	คนที่ 6			คนที่ 7			คนที่ 8		
	ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด	
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 3												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบการให้คะแนนของนักศึกษาที่ใช้ความรู้ทางการปฏิบัติกับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 9		รวม	คนที่ 10			คนที่ 11			คนที่ 12		
	ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด	
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 3												

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบการให้คะแนนของนักศึกษาที่ใช้ความรู้ทางการปฏิบัติกับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 13		รวม	คนที่ 14			คนที่ 15			คนที่ 16		
	ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด	
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 3												

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ

แบบการให้คะแนนของนักศึกษาที่ใช้ความรู้ทางการปฏิบัติกับการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

การปฏิบัติการทดลอง	คนที่ 17		รวม	คนที่ 18			คนที่ 19			คนที่ 20		
	ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด		ถูก	ผิด	
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 1												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 2												
คำตอบของข้อที่ 1 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 2 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 3 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 4 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 5 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 6 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 7 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 8 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 9 คำถามในใบงานที่ 3												
คำตอบของข้อที่ 10 คำถามในใบงานที่ 3												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดพฤติกรรม
ในการใช้ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยายวิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ความถูกต้อง	
หัวข้อการประเมิน	**ระดับคะแนน**
1 ทำได้ถูกต้องโดยไม่มีจุดแนะนำ	3
2 ทำได้ถูกต้อง เมื่อได้รับการแนะนำ 1 จุด	2
3 ทำได้ถูกต้อง เมื่อได้รับการแนะนำ 2 จุด	1
4 ทำได้ถูกต้อง เมื่อได้รับการแนะนำมากกว่า 2 จุด	0

ขั้นตอนการปฏิบัติ	
หัวข้อการประเมิน	**ระดับคะแนน**
1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานถูกต้องโดยไม่มีจุดแนะนำ	3
2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานถูกต้อง เมื่อได้รับการแนะนำ 1 จุด	2
3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานถูกต้อง เมื่อได้รับการแนะนำ 2 จุด	1
4 ขั้นตอนการปฏิบัติงานถูกต้อง เมื่อได้รับการแนะนำมากกว่า 2 จุด	0

เวลาในการปฏิบัติ	
หัวข้อการประเมิน	**ระดับคะแนน**
1 ทำเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด	3
2 ทำเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด	2
3 ทำเสร็จช้ากว่าเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที	1
4 ทำเสร็จช้ากว่าเวลาที่กำหนดเกิน 10 นาที	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานทดลองที่ 1
วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบอีมิตเตอร์ร่วม
(Common Emitter Amplifier circuit)

จุดประสงค์ของการทดลอง

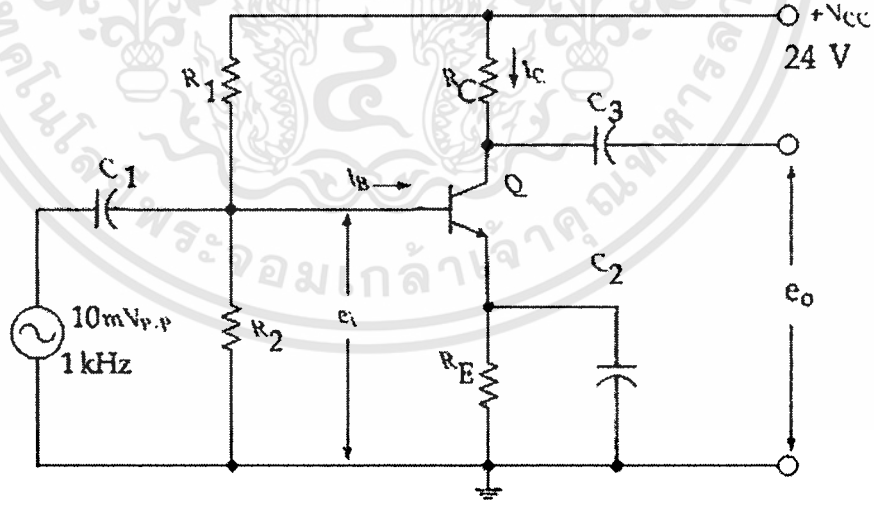
1. ต่อวงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบอีมิตเตอร์ร่วมได้
2. วัดสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขยายได้
3. คำนวณหาค่า voltage gain, current gain และ power gain ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. มัลติมิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
3. ออสซิลโลสโคป จำนวน 1 เครื่อง

ลำดับการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1.1 โดยยังไม่ป้อน AF signal generator



รูปที่ 1.1 วงจร Common emitter

2. ป้อนแรงดันให้วงจร 24 V_{dc}
3. ป้อนสัญญาณ sine wave signal generator ที่ความถี่ 1 KHz. 10 *mVp-p*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบทักษะใบงานที่ 1

1. ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว base ของ transistor Q_1

V_B = ___1.4_____ Vdc

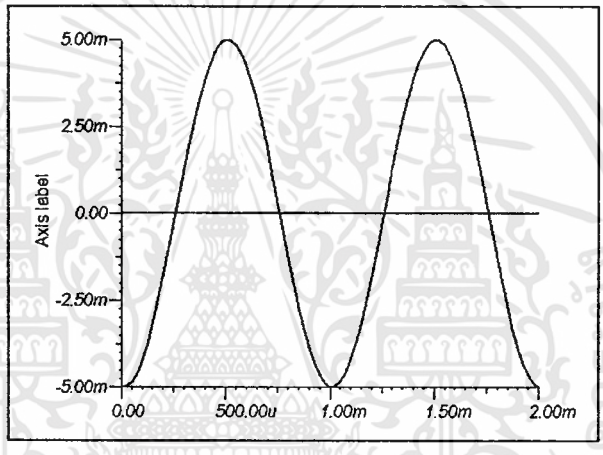
ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว collector ของ transistor Q_1

V_C = ____15____ Vdc

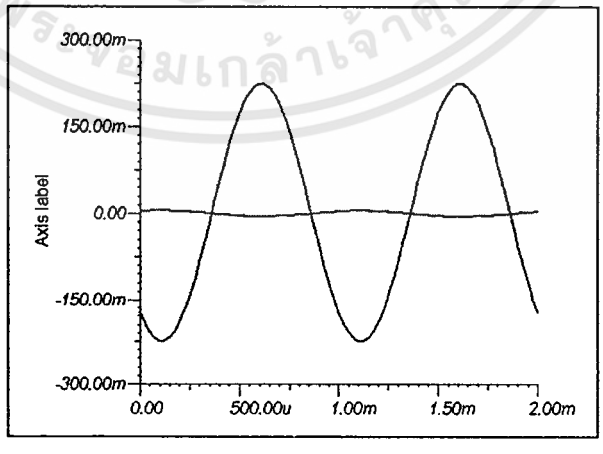
ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว emitter ของ transistor Q_1

V_E = ____0____ Vdc

2. ใช้ oscilloscope วัด wave form voltage ที่ input และ output ของวงจร บันทึกแรงดันและเขียนรูป wave form ที่ได้



input voltage e_i = _____10_____mV.p-p



output voltage e_o = ____0.45____ V.p-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เฟสสัญญาณ output และ input ที่ได้จะมีลักษณะ ***ต่างเฟส 180 องศา***

4. จงคำนวณหาค่า voltage gain ของวงจร

$$A_v = \frac{e_o}{e_i} = \underline{\quad 45 \quad} \text{ เท่า}$$

5. ปลดแหล่งจ่ายออกจากวงจร แล้วต่อ milliamp meter เพื่อวัดกระแส

6. ป้อนแรงดันให้วงจรใหม่ 24 V_{dc}

7. วัดค่ากระแส base

$$I_B = \underline{\quad 0.006 \quad} \text{ mA.}$$

8. วัดค่ากระแส collector

$$I_C = \underline{\quad 0.8 \quad} \text{ mA.}$$

9. คำนวณหาค่า current gain

$$A_i = \frac{I_C}{I_B} = \underline{\quad 113.3 \quad} \text{ เท่า}$$

10. คำนวณหาค่า power gain ของวงจร

$$A_p = \underline{\qquad\qquad} \text{ เท่า}$$

สรุปผลการทดลอง

คุณสมบัติที่สำคัญ

- อัตราขยายแรงดันและมีกระแสมีค่ามากกว่า 1
- ความต้านทานขาเข้ามีค่าไม่สูงหรือไม่ต่ำเกินไป
- ความต้านทานขาออกมีค่าสูง
- สัญญาณเอาต์พุตกลับเฟสกับสัญญาณอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานทดลองที่ 2

วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบเบสร่วม

(Common Base Amplifier circuit)

จุดประสงค์ของการทดลอง

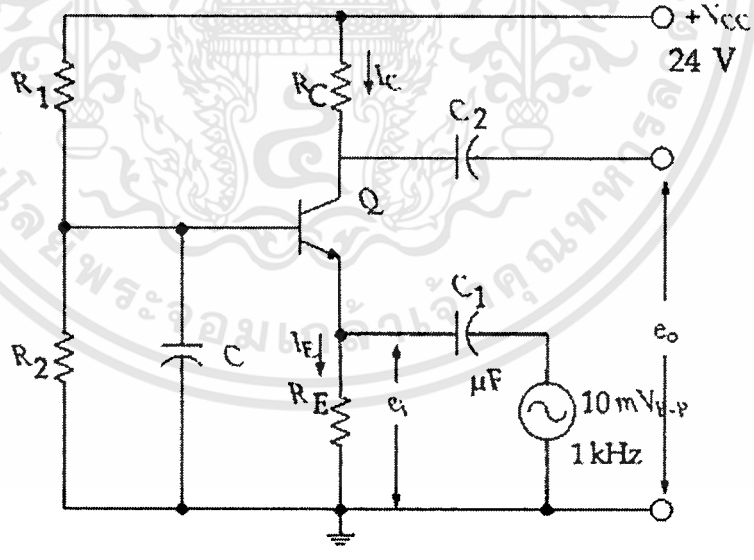
1. จำแนกการต่อวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้
2. วัดสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขยายได้
3. คำนวณหาค่า voltage gain, current gain และ power gain ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. มัลติมิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
3. ออสซิลโลสโคป จำนวน 1 เครื่อง

ลำดับการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.1 โดยยังไม่ป้อน AF signal generator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบใบงานที่ 2

1. คำนวณหาค่าแรงดันที่ขั้ว base (V_B)

$$V_B = V_{CC} \times R_2 / (R_1 + R_2) \quad =____1.5__ \text{ Volt}$$

ป้อนแรงดันให้วงจร 24 V_{dc} โดยยังไม่ป้อน AF signal generator

2. ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว base ของ transistor Q_1

V_B = _____1.25___ Vdc

V_C = ____15____ Vdc

V_E = ____0____ Vdc

ป้อนสัญญาณ sine wave signal generator ที่ความถี่ 1 *KHz*. ที่แรงดัน 10 *mVp-p*

3. ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว base ของ transistor Q_1

V_B = ____1.42____ Vdc

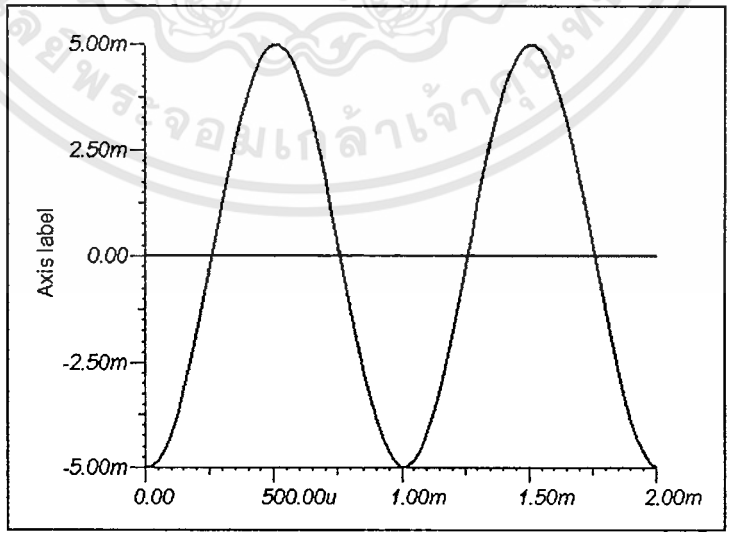
4. ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว collector ของ transistor Q_1

V_C = ____16.88____ Vdc

5. ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว emitter ของ transistor Q_1

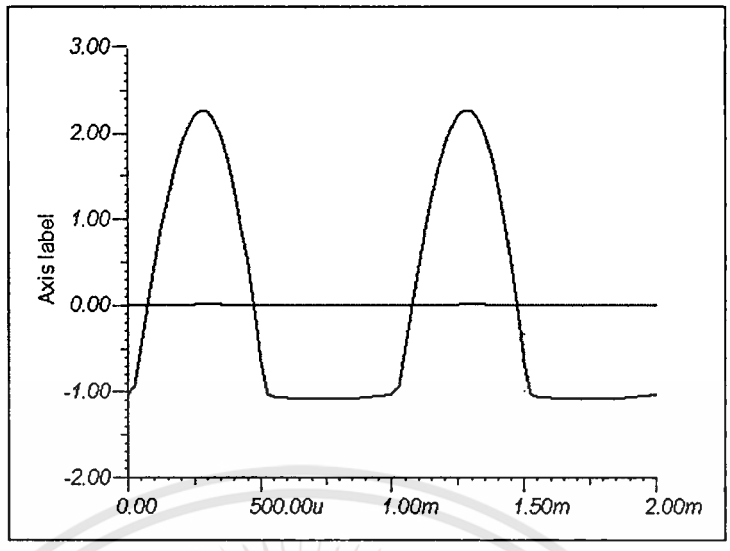
V_E = ____0.72____ Vdc

6. ใช้ oscilloscope วัด wave form voltage ที่ input และ output ของวงจร บันทึกแรงดันและเขียนรูป wave form ที่ได้



input voltage e_i = _____10_____mVp-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



output voltage e_O = ____3.2____Vp-p

7. จงคำนวณหาค่า voltage gain ของวงจร

$$A_v = \frac{e_o}{e_i} = \text{____320____ เท่า}$$

ปลดแหล่งจ่ายออกจากวงจร แล้วต่อ milliamp meter เพื่อวัดกระแส ป้อนแรงดันให้วงจรใหม่ 24 V_{dc}

8. วัดค่ากระแส base

I_C = ____0.7____ mA.

9. คำนวณหาค่า current gain

$$A_i = \frac{I_C}{I_E} = \text{____0.97____ เท่า}$$

10. คำนวณหาค่า power gain ของวงจร

A_p = _____ เท่า

สรุปผลการทดลอง

คุณสมบัติที่สำคัญ

- อัตราขยายกระแสมีค่าประมาณ 1 จึงนิยมใช้เป็นวงจรบัพเฟอร์กระแส
- ความต้านทานขาเข้ามีค่าต่ำ
- ความต้านทานขาออกมีค่าสูง
- สัญญาณเอาต์พุตมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานทดลองที่ 3

วงจรขยายทรานซิสเตอร์แบบคอลเล็กเตอร์ร่วม

(Common Collector Amplifier circuit)

จุดประสงค์ของการทดลอง

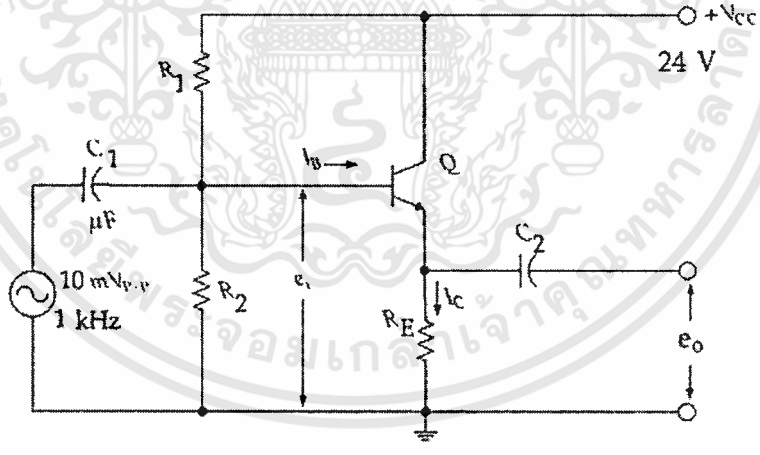
1. จำแนกการต่อวงจรขยายทรานซิสเตอร์ได้
2. วัดสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรขยายได้
3. คำนวณหาค่า voltage gain, current gain และ power gain ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. มัลติมิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
3. ออสซิลโลสโคป จำนวน 1 เครื่อง

ลำดับการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจร Common collector

2. ป้อนแรงดันให้วงจร 24 V_{dc}
3. ป้อนสัญญาณ sine wave signal generator ที่ความถี่ 1 KHz. 10 $mVp\text{-}p$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบใบงานที่ 3

1. ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว base ของ transistor Q_1

V_B = ____6____ Vdc.

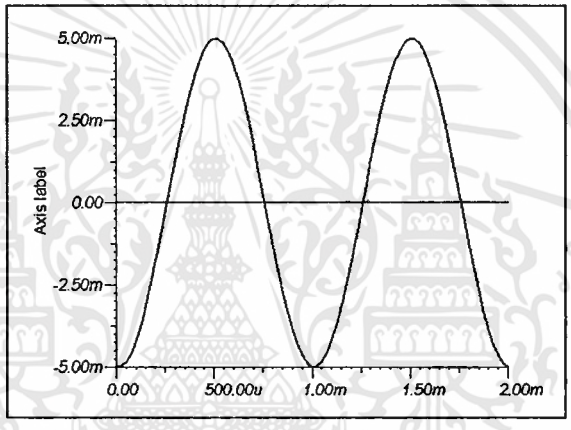
ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว collector ของ transistor Q_1

V_C = ____24____ Vdc .

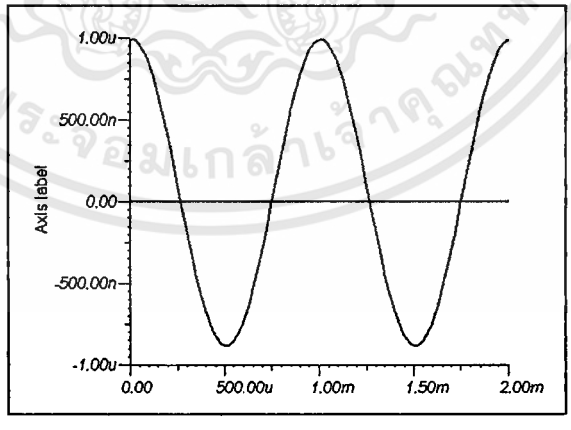
ใช้ VOM meter วัดแรงดันที่ขั้ว emitter ของ transistor Q_1

V_E = ____0____ Vdc.

2. ใช้ oscilloscope วัด wave form voltage ที่ input และ output ของวงจร บันทึกแรงดันและเขียนรูป wave form ที่ได้



input voltage e_i = _____10_____mV.p-p



output voltage e_o = ____2____mV.p-p

3. เฟสสัญญาณ output และ input ที่ได้จะมีลักษณะ ***<u>เฟสตรงกับสัญญาณอินพุต</u>***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จงคำนวณหาค่า voltage gain ของวงจร

$$A_v = \frac{e_o}{e_i} = \underline{\quad 0.2 \quad} \text{ เท่า}$$

5. ปลดแหล่งจ่ายออกจากวงจร แล้วต่อ milliamp meter เพื่อวัดกระแส

6. ป้อนแรงดันให้วงจรใหม่ 24 V_{dc}

7. วัดค่ากระแส base

$$I_B = \underline{\quad 0.075 \quad} \text{mA.}$$

8. วัดค่ากระแส emitter

$$I_E = \underline{\quad 7.5 \quad} \text{mA.}$$

9. คำนวณหาค่า current gain

$$A_i = \frac{I_E}{I_B} = \underline{\quad 100 \quad} \text{ เท่า}$$

10. คำนวณหาค่า power gain ของวงจร

$$A_p = \underline{\qquad\qquad}$$

สรุปผลการทดลอง

คุณสมบัติที่สำคัญ

- อัตราขยายแรงดันมีค่าประมาณ 1 จึงนิยมใช้เป็นวงจรบัพเฟอร์ (buffer) แรงดัน
- ความต้านทานขาเข้ามีค่าสูง
- ความต้านทานขาออกมีค่าต่ำ
- สัญญาณเอาต์พุตมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานรวมวงจรขยายแบบต่าง ๆ โดยใช้ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

(BJT Transistor Amplifiers)

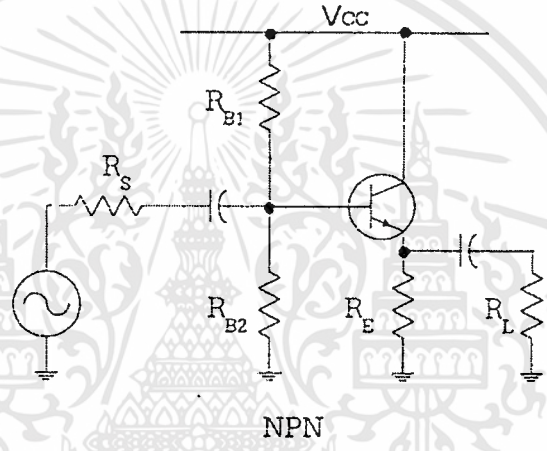
วัตถุประสงค์

ศึกษาการทำงานของวงจรขยายสัญญาณขนาดเล็กโดยใช้ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ ได้แก่

1. วงจรขยายสัญญาณแบบคอลเลคตอร์ร่วม (Common – Collector Amplifiers)
2. วงจรขยายสัญญาณแบบเบสร่วม (Common – Base Amplifiers)
3. วงจรขยายสัญญาณแบบอีมิตเตอร์ร่วม (Common – Emitter Amplifiers)

ทฤษฎีและหลักการ

1. วงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ (Common – Collector)



รูปที่ 1

คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม

1) สัญญาณออกและสัญญาณเข้าจะมีเฟสเหมือนกัน ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรจะมีค่าเป็นบวกและมีค่าประมาณ 1

2) Rc ในวงจรฝั่งคอลเลคเตอร์ ไม่มีอิทธิพลใดต่อคุณสมบัตรในการขยายของวงจร $\lfloor Av_{(Cct)} ZinZ0 \rfloor$ แต่จะมีผลต่อการตอบสนองความถี่สูง โดยทั่วไป Rc (หรือ Zc) = 0 ในวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม

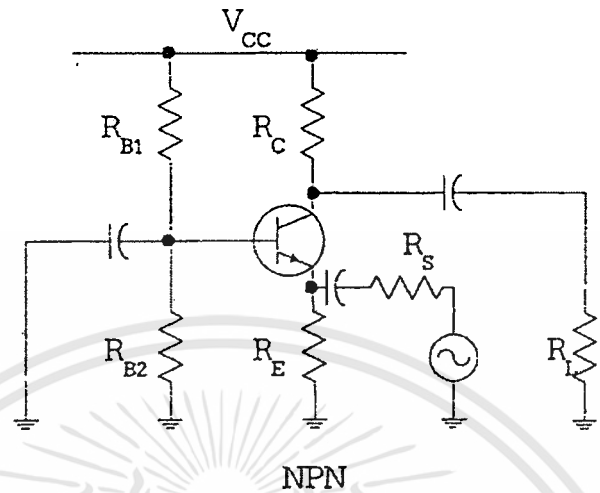
3) ความต้านทานที่ทางออกมีค่าต่ำมาก ทำให้อัตราการขยายแรงดันของวงจรมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยทั่วไปเราสามารถประมาณค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรได้ $\cong$ 1.0 และเป็นวงจรขยายเพียงชนิดเดียวที่ค่าของความต้านทานที่ทางออกเปลี่ยนตามค่าของ Rc

4) ความต้านทานที่ทางเข้ามีค่อนข้างสูง และเป็นวงจรขยายเพียงชนิดเดียวที่ Z_{in} เปลี่ยนแปลงตาม R_L

5) ถึงแม้ว่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรมีค่าน้อยกว่า 1 แต่วงจรขยายนี้มีประโยชน์มากในการใช้งานเป็น "วงจรบัฟเฟอร์" (Buffer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรคอมมอนเบส (Common – Base)



รูปที่ 2

คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขยายเบสร่วม

1) ค่าอัตราการขยายแรงดันเป็นบวก หมายถึงสัญญาณเข้าและสัญญาณออกมีเฟสเดียวกัน

2) วงจรขยายเบสร่วมอาจแบ่งได้หลายแบบ เช่นเดียวกับวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม โดยขึ้นอยู่กับ Z_B ในการใช้งานโดยทั่วไป วงจรขยายเบสร่วมจะอยู่ในรูปแบบบายพาสทั้งหมด (R_{BX}= 0) อัตราการขยายแรงดันของวงจรขยายเบสร่วมแบบบายพาสทั้งหมด จะมีค่าเท่ากับอัตราการขยายแรงดันของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมแบบบายพาสทั้งหมด (Z_E= 0)

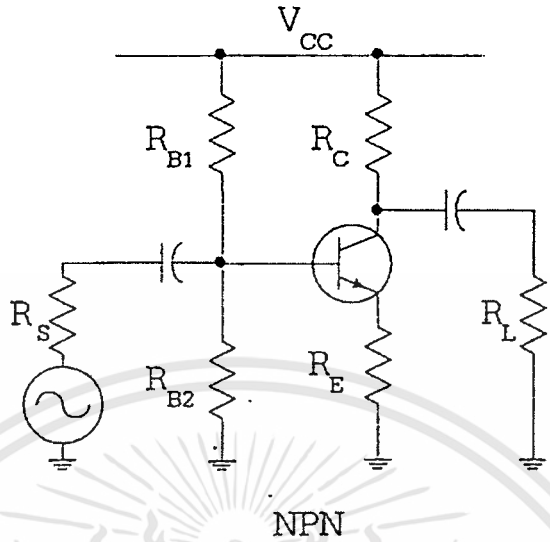
3) ความต้านทานที่ทางออกมีค่าค่อนข้างสูง และไม่ขึ้นกับ ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น (R_L ลดค่าความต้านทาน)

4) ค่าความต้านทานที่ทางเข้ามีค่าต่ำมาก และไม่ขึ้นกับ R_L

5) วงจรขยายเบสร่วม จะสามารถขยายความถี่สูงได้ดีกว่าวงจรขยายแบบอื่น จึงนิยมใช้กับวงจรขยายความถี่สูง (มากกว่า 1,000 MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรอีมิตเตอร์ (Common – Emitter)



รูปที่ 3

คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม

1) ค่าอัตราการขยายแรงดันเป็นลบ หมายถึง สัญญาณเข้าและสัญญาณออกต่างเฟสกัน 180

2) ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร จะขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ Z_E และค่าของกระแสไบอัส I_{CQ}

2.1) วงจรแบบไม่บายพาส จะมีค่าอัตราการขยายแรงดันต่ำ (มักไม่เกิน 10 เท่า) แต่จะมีค่าค่อนข้างคงที่มากจะไม่ขึ้นกับทรานซีสเตอร์ แต่จะมีค่าประมาณ (R_C// R_L) / R_E

2.2) วงจรแบบบายพาสทั้งหมด จะให้ค่าอัตราการขยายแรงดันที่สูงที่สุด (มากกว่า 10 เท่า) และเปลี่ยนแปลงตาม β และ I_{CQ} อย่างรุนแรง

3) ความต้านทานที่ทางออก มีค่าค่อนข้างสูงและไม่ขึ้นกับ R_S ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น (โหลดเพิ่มขึ้นหมายถึง R_L มีค่าลดลง)

4) ความต้านทานที่ทางเข้า มีค่าปานกลาง และไม่ขึ้นกับ R_L แต่จะมีค่าลดลงเมื่ออัตราการขยายแรงดันมีค่าเพิ่มขึ้น

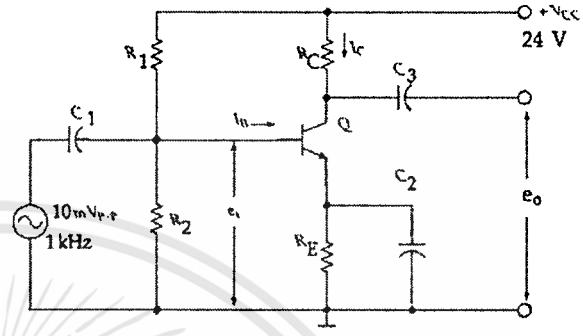
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. มัลติมิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
3. ออสซิลโลสโคป จำนวน 1 เครื่อง

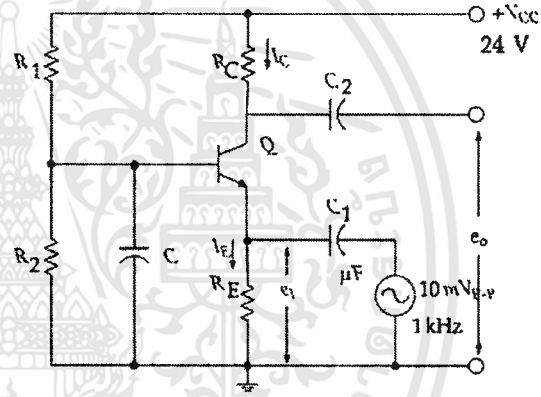
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำชี้แจง

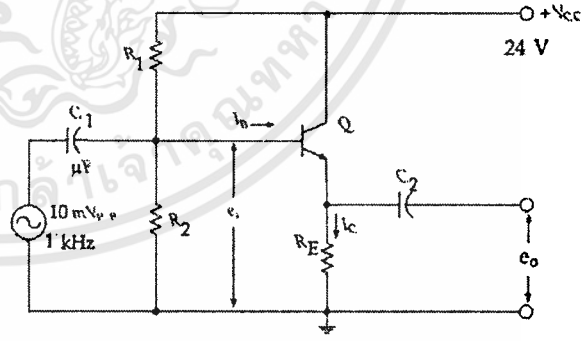
ให้ใช้วงจรขยายทั้ง 3 แบบ ตอบคำถามการทดลอง และทำการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองตามที่กำหนดให้



รูปที่ 1.1 วงจรขยาย Common emitter



รูปที่ 1.2 วงจรขยาย Common Base



รูปที่ 1.3 วงจรขยาย Common collector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามการทดลอง

1. ต้องการวงจรขยายที่ให้ Power Gain สูงๆ
   จะต้องใช้วงจรขยายชนิดใด.....

2. ให้นำวงจรที่เลือกตอบมาต่อวงจรเพื่อหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แบบไม่มี C_E

1. ต่อวงจร เริ่มต้น ยังไม่มีการต่อ C_E =100 μF เข้ากับวงจร ขณะนี้เปรียบเสมือนว่าวงจรยังไม่มีการบายพาส (bypass) เกิดขึ้นของสัญญาณ จากนั้นทำการป้อนสัญญาณ sine ความถี่ 1khz ขนาด 40 mvpp ให้กับ Vin

2. ต่อสัญญาณ V_{in} และ V_o เข้ากับ Oscilloscope กับ CH1 และ CH2 ตามลำดับ

3. อ่านค่าขนาดของสัญญาณ V_O=..... V_{pp}

4. คำนวณหาค่า Voltage gain Av ของวงจรโดย

   ดังนั้นค่า A_v วัดได้ =.....เท่า (สมการที่ 1)

5. บันทึกรูปของสัญญาณที่ V_{in} และ V_o และเปรียบเทียบเฟสกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำนวณ A_v จากทฤษฎี (กรณีไม่มีC_E)

6.1 จากรูปวงจรจะได้ $V_{bb} = 5$ V และ $R_{bb} = 50$ ซึ่งค่า V_{bb}และ R_{bb} ดังกล่าวนี้สามารถคำนวณได้จากการทดลอง เมื่อให้ $V_{BE} = 0.7$ V , $V_T = 26$ mV

6.2 หาค่า I_E จาก

6.3 หา r_e จาก

6.4 Zo = Rc = 390 Ω

6.5 Zb = $\beta(r_e + R_E)$ = ... Ω

6.6 จะได้

$$A_v = \frac{-\beta Rc}{\beta(re + RE)} = \frac{-Rc}{(r_e + RE)} = -$$ ..... เท่า (สมการที่ 2)

เปรียบเทียบค่า A_v (วัดได้) ในสมการ (1) กับค่า A_v (จากทฤษฎี) ในสมการ (2)

ตอนที่ 2 CE แบบมี C_e

1. ทำการทดสอบเหมือนหัวข้อ (1) ถึง (5) ที่ผ่านมา โดยให้ต่อ C_E =100 μF เข้าวงจร

A_v(วัดได้)= .....เท่า (สมการที่ 3)

2. คำนวณ A_v (จากทฤษฎี) (กรณีมี C_e)

2.1 ใช้ค่า r_e เหมือนเดิม ดังนั้น r_e =..... Ω

2.2 $Z_o = R_c =$ 390 Ω

2.3 Z_b = = $\beta . r_e$ =.....

2.4 จะได้

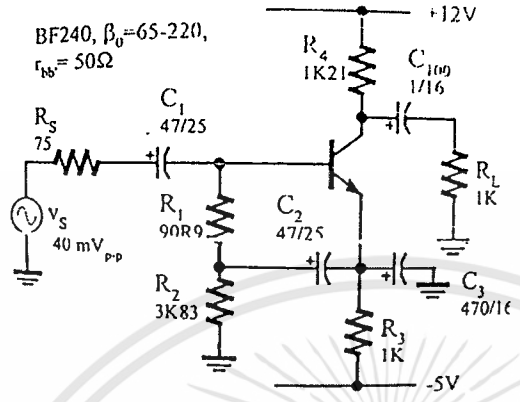
$$A_v = \frac{-Rc}{r_e} = -$$ ..... เท่า (สมการที่ 4)

เปรียบเทียบค่า A_v (วัดได้) ในสมการ (3)กับค่า A_v (จากทฤษฎี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากวงจรที่กำหนดให้จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้



I_{CQ} =

Z_{in} =

v_{in} = mVp

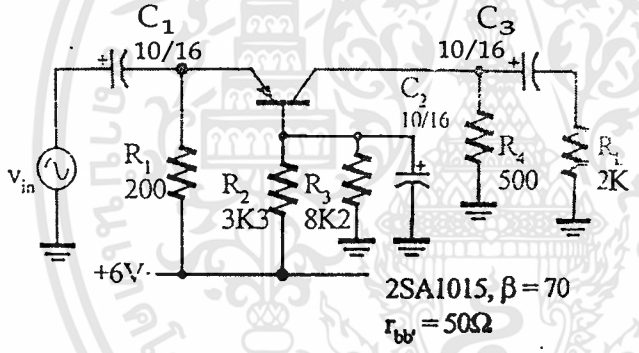
A_{vo} =

$A_v(Cct)|_{R_L=1K}$ =

$v_{R_L}|_{R_L=1K}$ = Vp

$A_p(Cct)|_{R_L=1K}$ = W/W]

2. จากวงจรที่กำหนดให้จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้



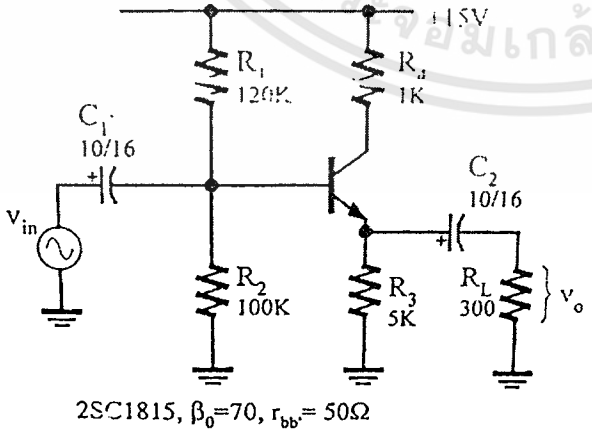
[I_{CQ} = mA

$r_{b'e}$ = Ω

Z_{in} = Ω, Z_O = Ω

A_{vL} = v/v A_{vo} = v/v]

3. จากวงจรที่กำหนดให้จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้



[I_{CQ} = mA

$r_{b'e}$ = K, Z_o = Ω

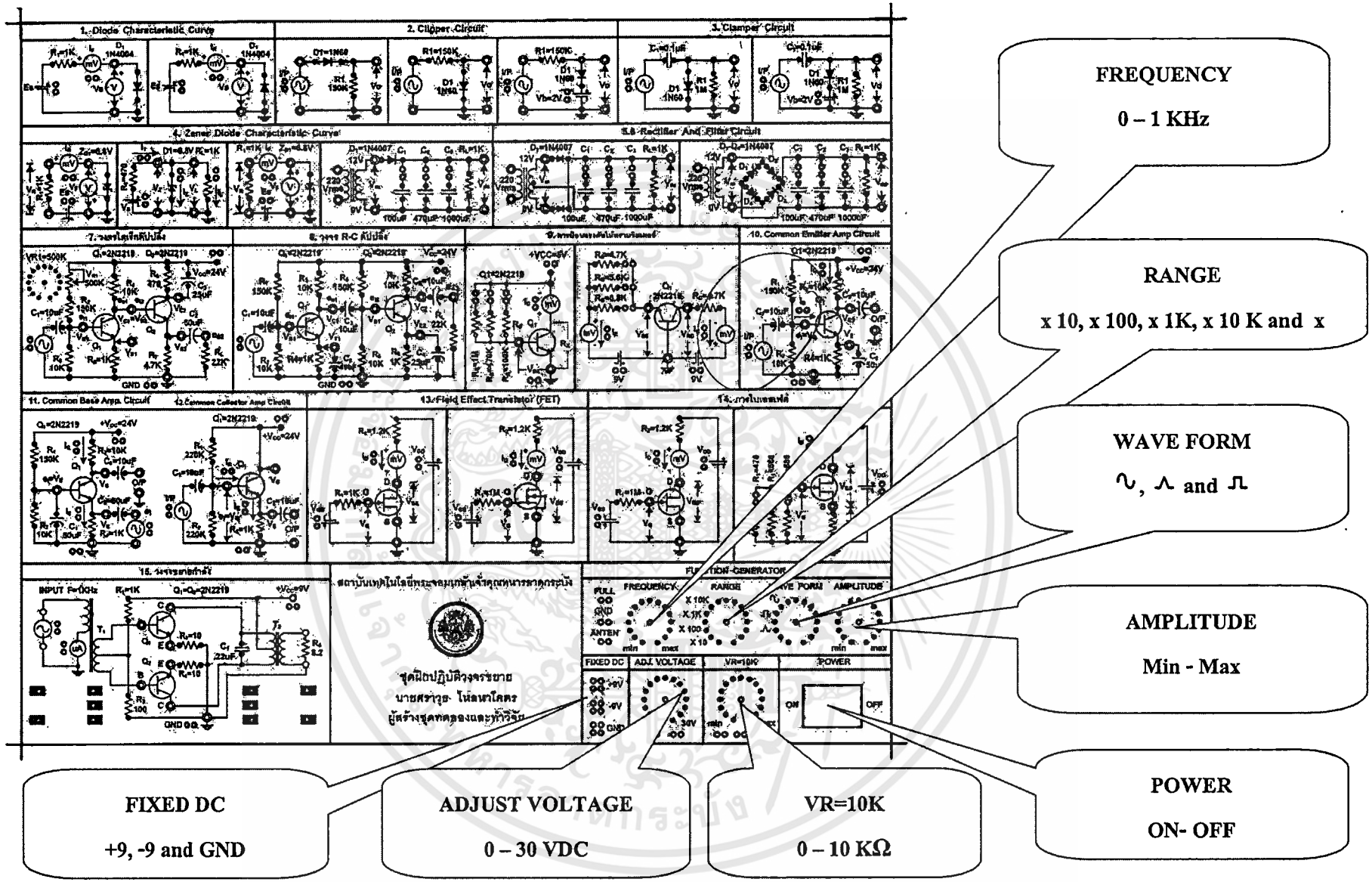
$Z_{in}|_{R_L=\infty}$ = K, $Z_{in}|_{R_L=2K}$ = K

A_{vL} = v/v A_{vo} = v/v]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรการทดลองใบงานของโมดูลบอร์ด

ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ใบงานทดลองที่ 1

Diode Characteristic Curve

ใบงานทดลองที่ 2

Clipper Circuit

ใบงานทดลองที่ 3

Clamper Circuit

ใบงานทดลองที่ 4

Zener Diode Characteristic Curve

ใบงานทดลองที่ 5,6

Rectifier And Filter Circui

ใบงานทดลองที่ 7

Direct Coupling Circuit

ใบงานทดลองที่ 10

Common Emitter

Amplifier Circuit

ใบงานทดลองที่ 8

R-C Coupling Circuit

ใบงานทดลองที่ 9

Bias Transitter

ใบงานทดลองที่ 11, 12

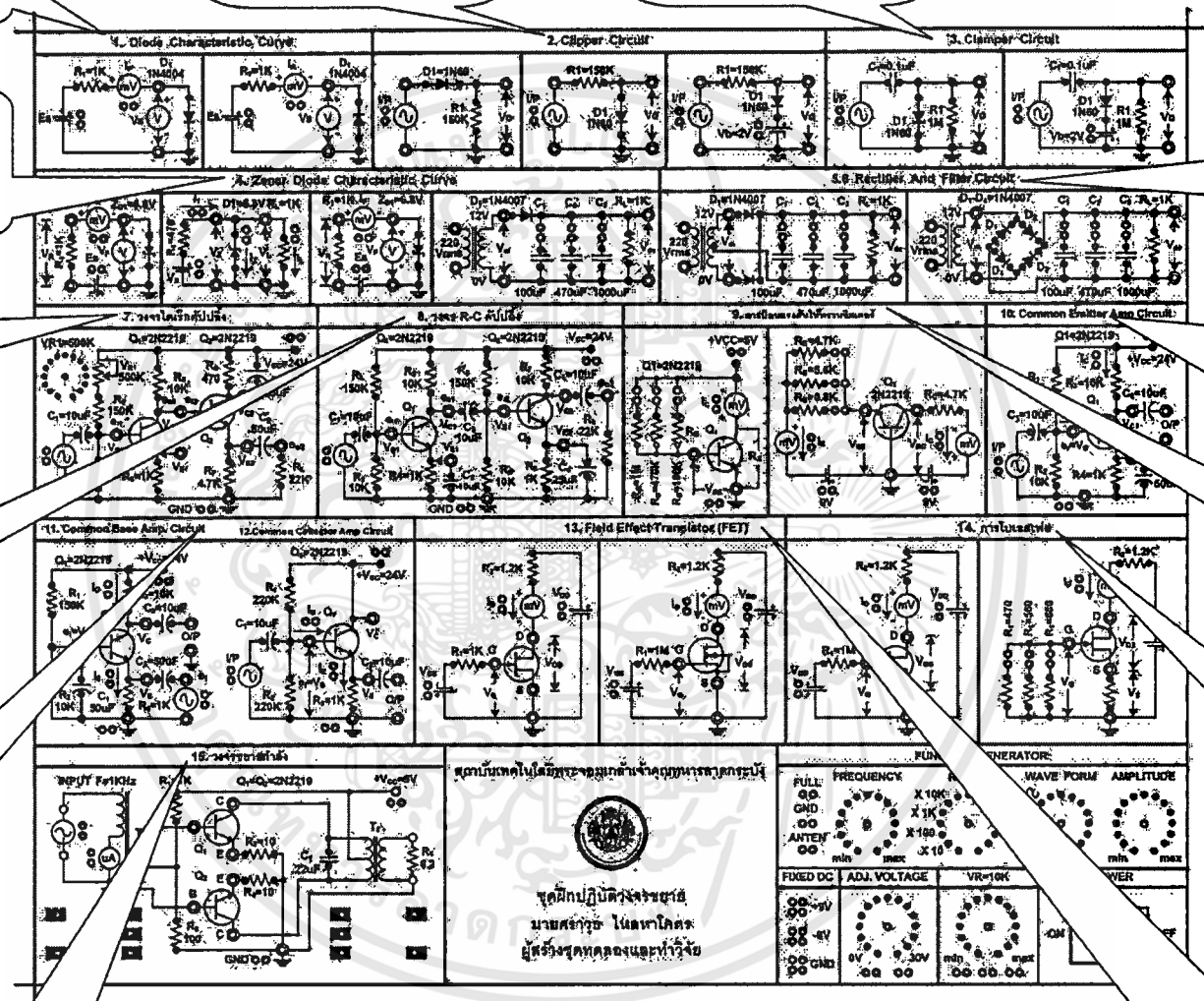
Common Base And

Common Collector

Amplifier Circuit

ใบงานทดลองที่ 14

Bias FET



ใบงานทดลองที่ 15

Power Amplifier

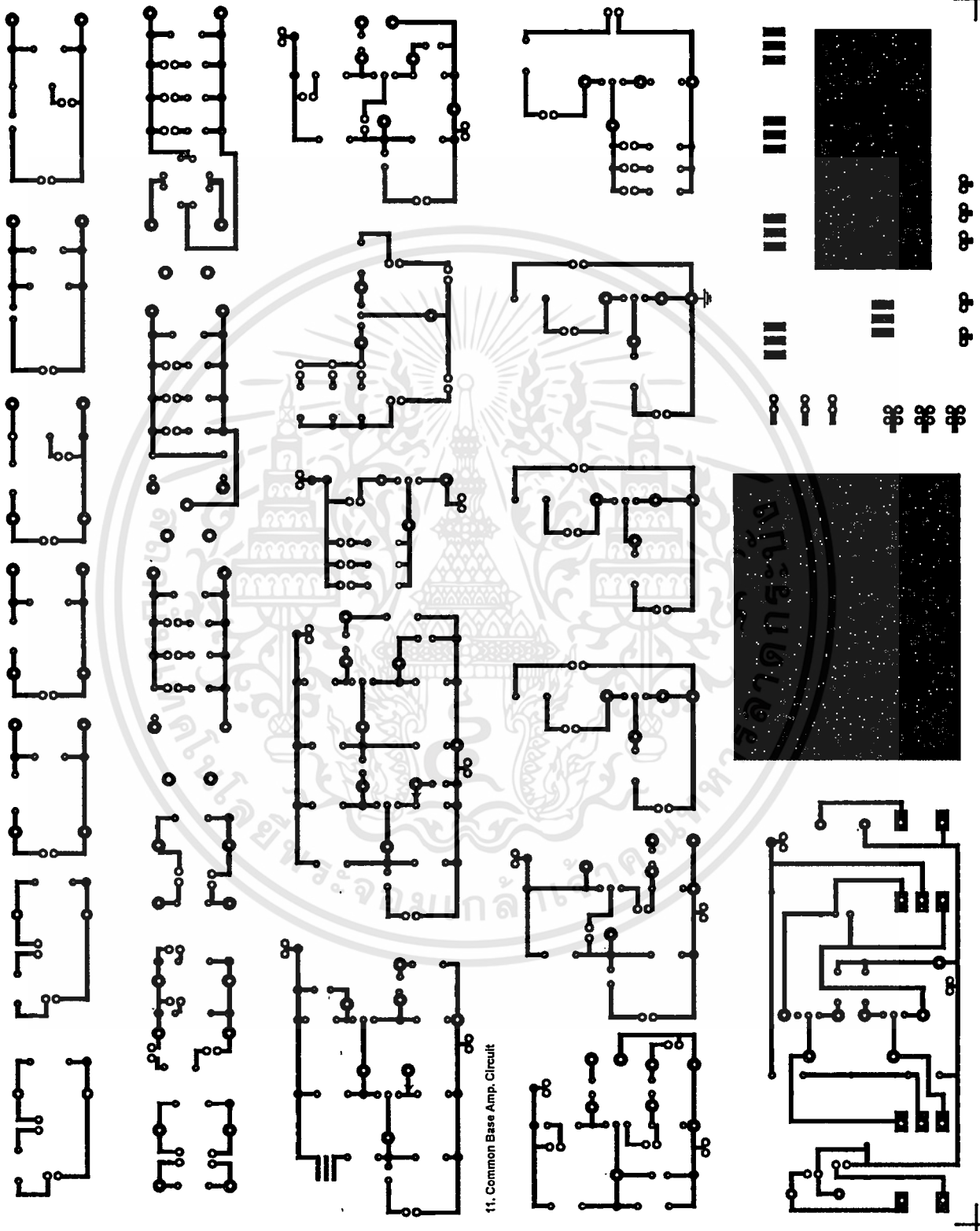
ใบงานทดลองที่ 13

Field Effect Transistor (FET)

วงจรการทดลองใบงานของโมดูลบอร์ด

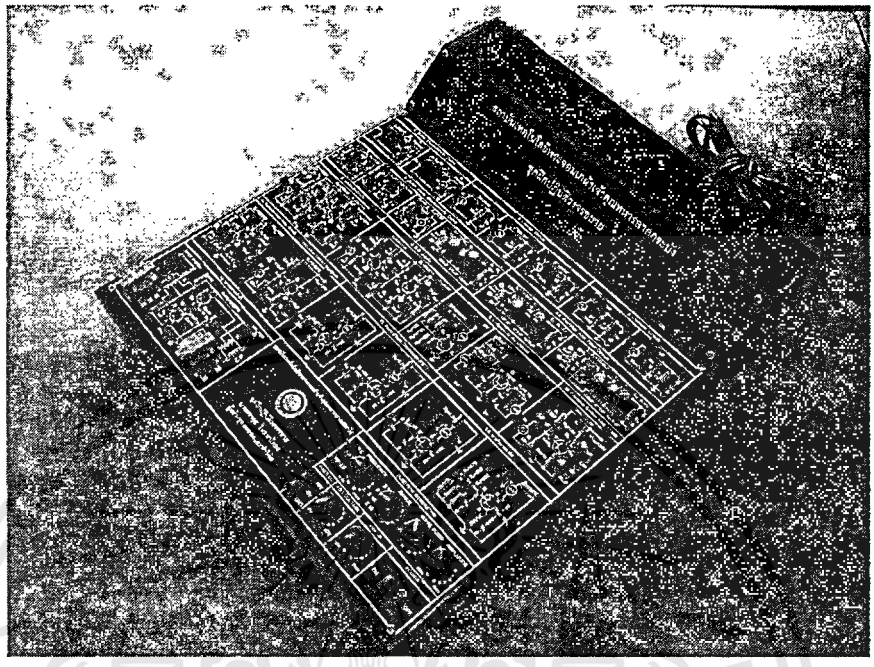
ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์



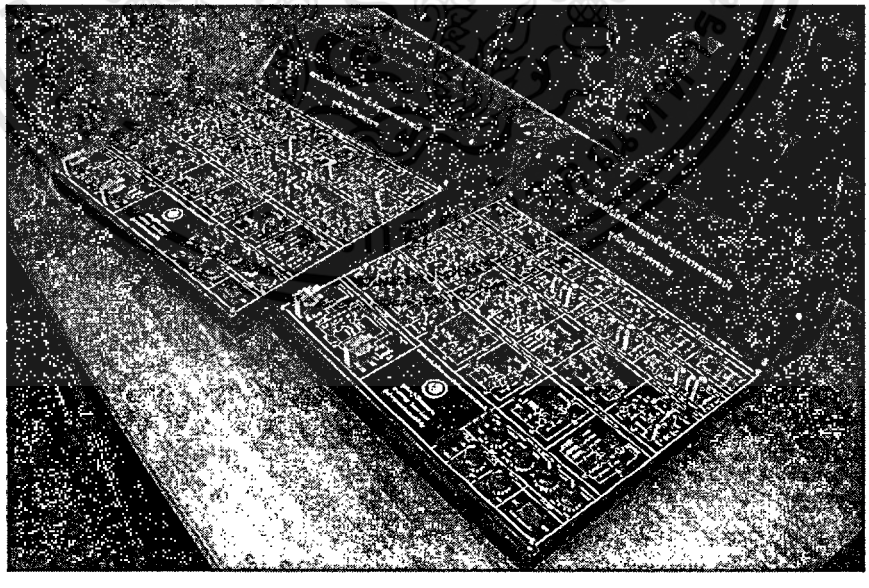
11. Common Base Amp. Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

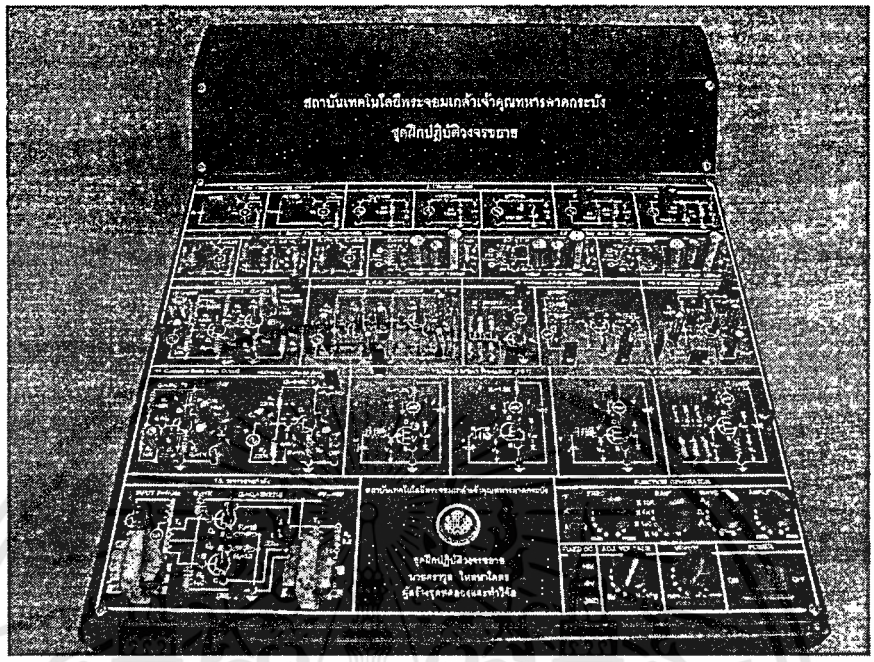


ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

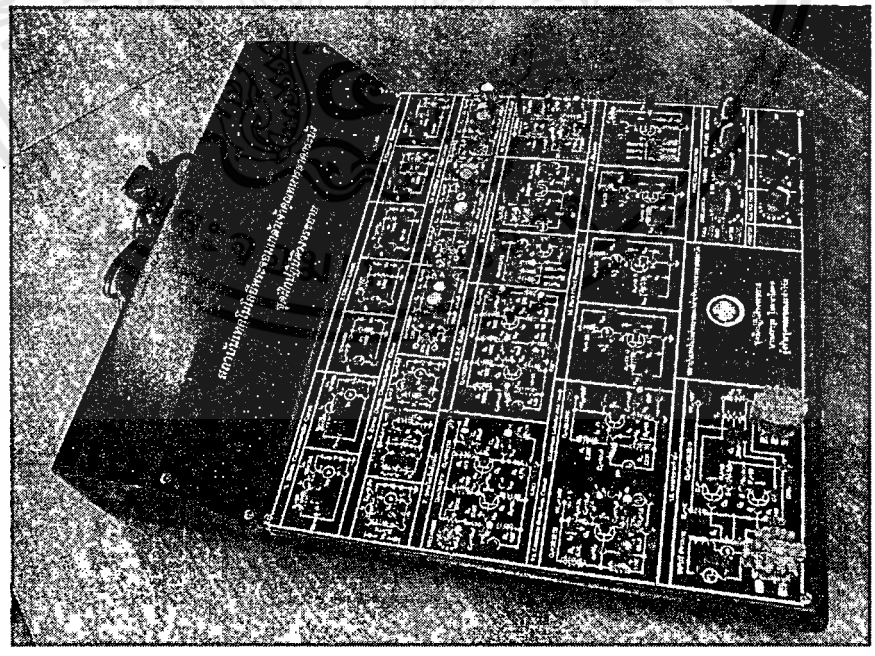


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



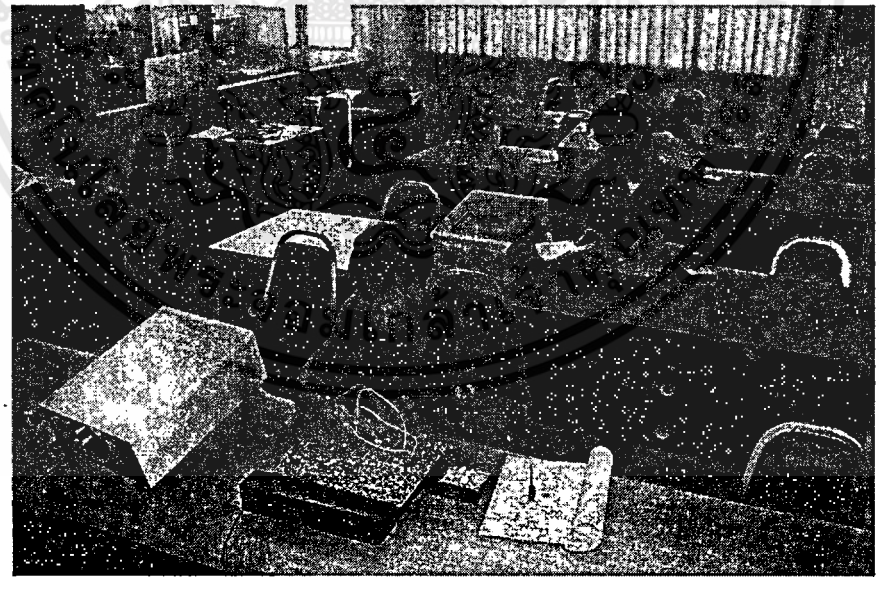
ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

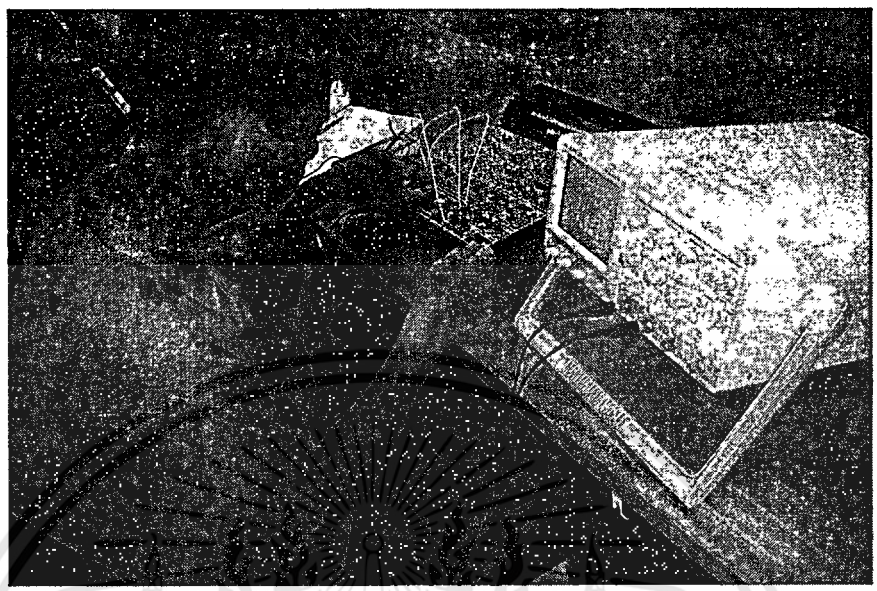


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษาทำการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์



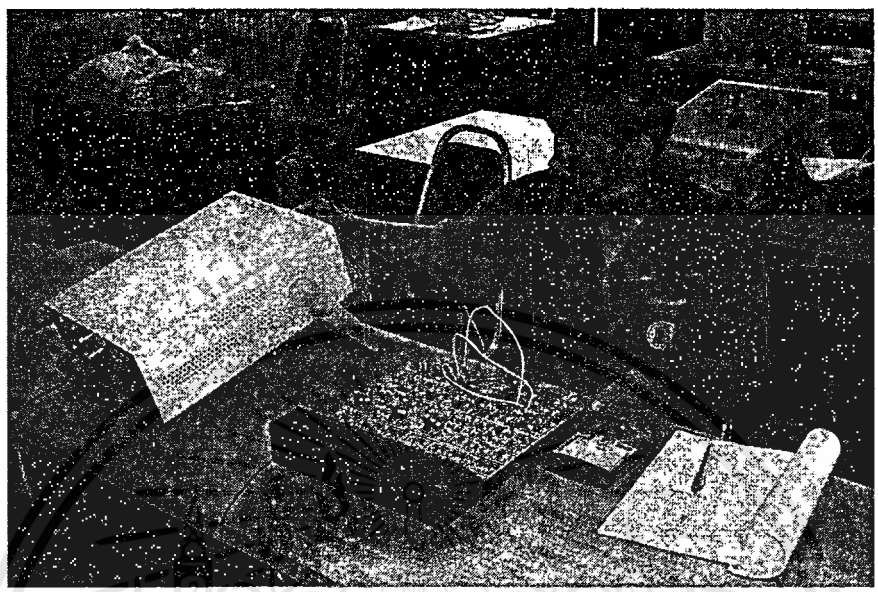
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นักศึกษาทำการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

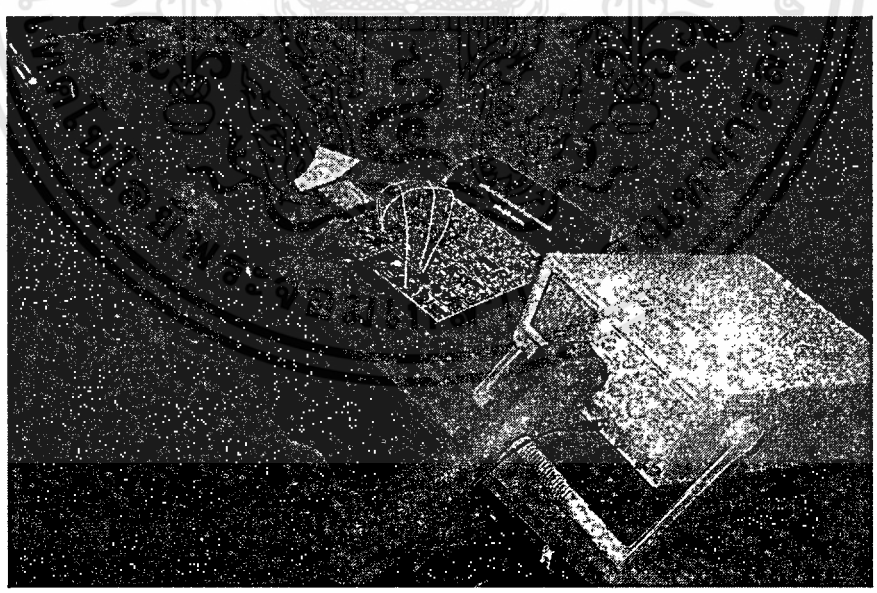
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

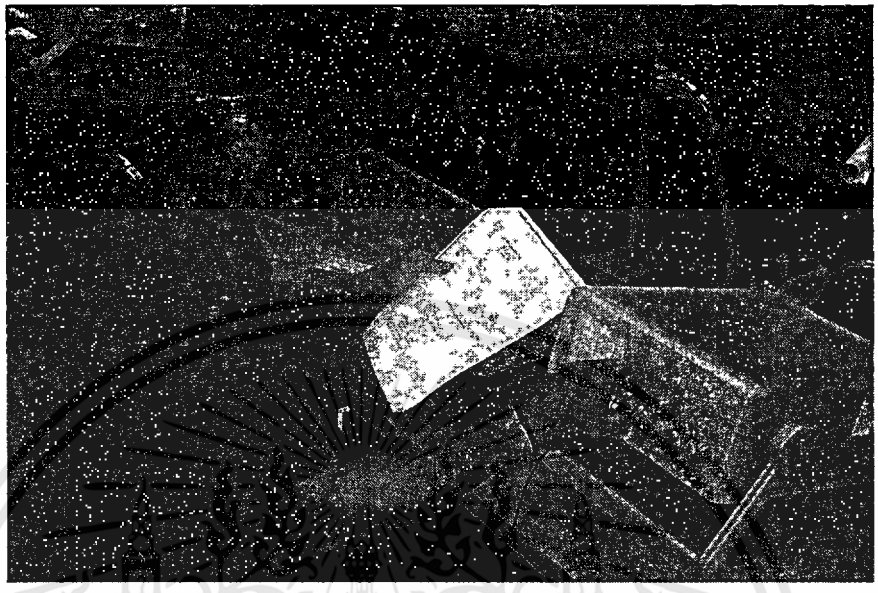


นักศึกษาทำการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์



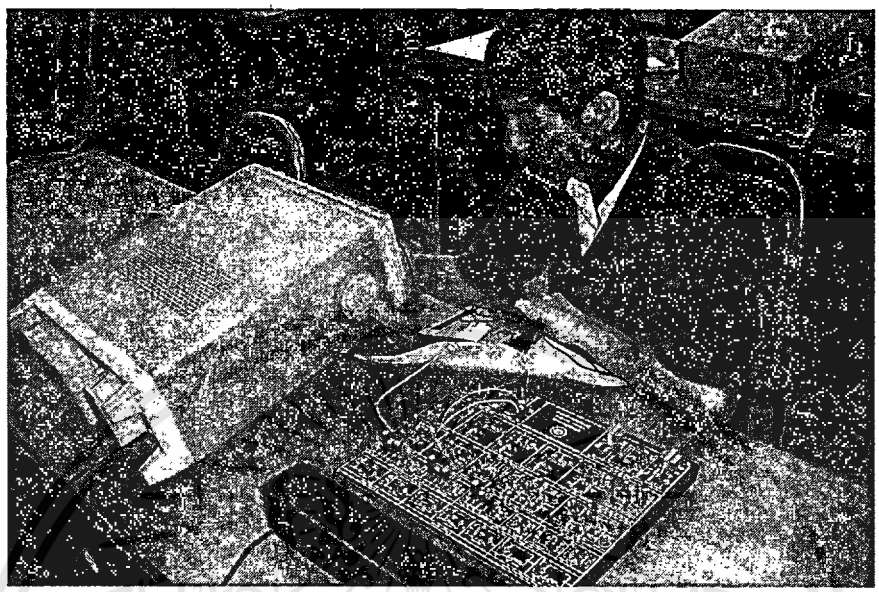
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นักศึกษาทำการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

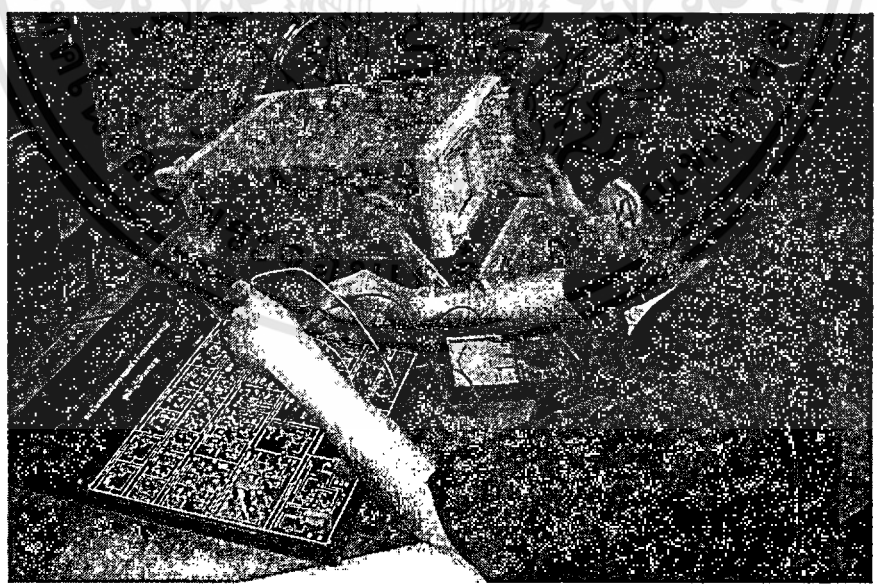
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

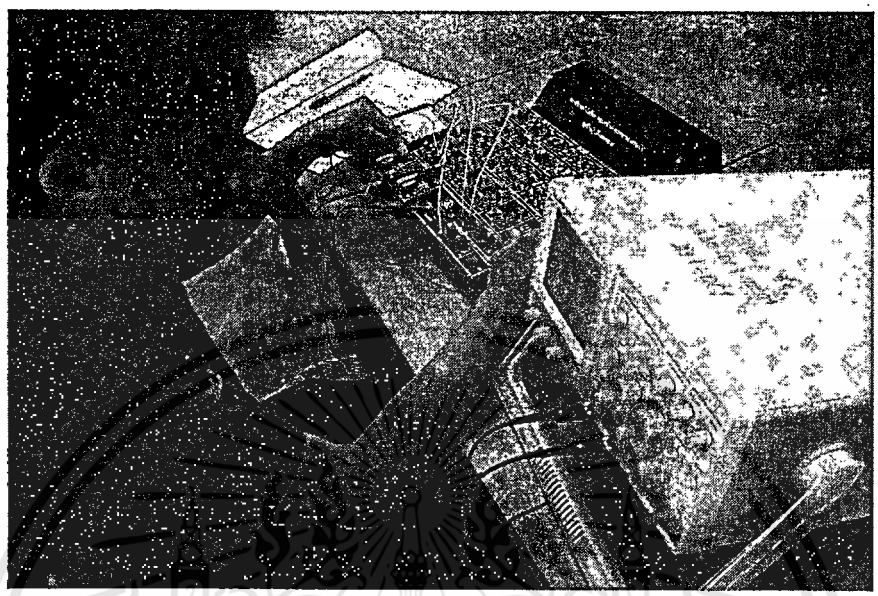


นักศึกษาทำการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นักศึกษาทำการทดลองกับชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย
วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์วงจรขยาย

ในการวิเคราะห์วงจรขยาย เราสามารถที่จะแทนตัวทรานซีสเตอร์ได้ด้วยวงจรเสมือน ซึ่งมีวิธีการพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เนื่องจากค่าของพารามิเตอร์ในวงจรเสมือนมีค่าเปลี่ยนแปลงตามไบอัสไฟตรง I_{CQ} ก่อนที่จะสามารถคำนวณวิเคราะห์วงจรขยายได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดที่จะต้องทราบค่าของกระแสไบอัสไฟตรง I_{CQ} ก่อน

2. เมื่อทราบค่ากระแสไบอัสไฟตรง I_{CQ} ก็สามารถทราบค่าพารามิเตอร์ของวงจรเสมือนได้จากค่ากระแสไบอัสไฟตางที่คำนวณได้จากข้อ 1) นำไปคำนวณหาค่าของพารามิเตอร์ของวงจรเสมือน ไบอัสไฟตรง { $r_{b'e}$ }

3. จากทฤษฎีวงจรซ้อน เราสามารถที่จะคำนวณผลตอบสนองต่อสัญญาณ (กระแสสลับ) แยกจากไฟตรงได้ {ไบอัส} เขียนวงจรของสัญญาณ (กระแสสลับ) โดยแหล่งจ่ายไฟตรงทั้งหมดจะถูกแทนด้วยการลัดวงจร (คิดผลตอบสนองต่อสัญญาณกำจัดแหล่งไฟตรง,ทฤษฎีวงจรซ้อน)

4. แทนตัวทรานซีสเตอร์ในวงจรเสมือนกระแสสลับที่ได้จากข้อ 3 ด้วยวงจรเสมือนไฮบริดพาย

5. ตัวอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เหลือ เช่นตัวเก็บประจุต่าง ๆ ให้แทนด้วยอิมพีแดนซ์ของอุปกรณ์นั้นที่ความถี่ที่วงจรนั้นใช้งาน

- ในช่วงความถี่ที่ใช้งานตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อทุกตัวมีอิมพีแดนซ์ต่ำมากจนสามารถพิจารณาได้เป็นลัดวงจร

- ตัวเก็บประจุอื่น ๆ ที่เหลือ เช่นตัวเก็บประจุบายพาส ก็จะถูกพิจารณาเป็นลัดวงจรเช่นเดียวกัน

6. คำนวณหาสิ่งที่ต้องการ เช่น อัตราการขยายแรงดันจากวงจรเสมือนที่ได้จากข้อ 5

ข้อสังเกต

1. พึงระลึกไว้เสมอว่า วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณ คือผลตอบสนองต่อสัญญาณ (กระแส) ค่าของกระแส { I_b I_C I_e ฯลฯ} หรือศักดิ์ไฟฟ้า { V_b V_{in} V_o ฯลฯ} คือส่วนของสัญญาณที่ซ้อนอยู่บนไฟตรง

เช่น กระแสเบสที่ไหลจริง I_B คือ

$$i_B = I_{BQ}\, i_b\,(t)$$

กระแสในวงจรเสมือนคือเฉพาะส่วนของ $i_b(t)$

2. จากที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1) ว่ากระแสหรือความต่างศักดิ์ใด ๆ เป็นวงจรเสมือนคือกระแสหรือความต่างศักดิ์เฉพาะส่วนที่เป็นสัญญาณ เครื่องหมายหรือทิศทางของกระหรือความต่างศักย์จึงหมายถึงมุมเฟสของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระแสหรือความต่างศักย์ใด ๆ ในวงจรเสมือนคือ ส่วนของสัญญาณ ไม่ว่าทรานซีสเตอร์จะเป็น NPN หรือ PNP ส่วนของสัญญาณจะมีเฟสเหมือนกัน วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณของทรานซีสเตอร์ NPN หรือ PNP จึงเหมือนกัน ทิศทางของแหล่งจ่ายกระแสในวงจร C-E ของวงจรเสมือนไม่ว่าของ NPN หรือ PNP จึงมีทิศทาง C ไป E เสมอ

4. เราได้ทราบแล้วว่าเฟสของสัญญาณที่คอลเลคเตอร์กับเบสต่างกัน 180 เพื่อให้ผลที่คำนวณได้จากวงจรเสมือนถูกต้อง เครื่องหมายของ I_b I_C และ I_e ในวงจรเสมือนเป็นดังรูปวงจรเสมือนไฮบริด-พาย

วงจรขยายชนิดต่างๆ

ทรานซีสเตอร์จัดไว้เป็นอุปกรณ์แบบโครงข่าย 2 พอร์ท {Two ports Network} ซึ่งตัวทรานซีสเตอร์มีขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว หนึ่งจะทำหน้าที่เป็นทางเข้า {Input port} ขั้วที่สามที่เหลือจะทำหน้าที่เป็นจุดร่วม {Common} วงจรขยายพื้นฐานที่ใช้ไบโพลาร์ทรานซีสเตอร์ จึงมีได้ 3 แบบ ซึ่งเรียกชื่อตามขั้วที่เป็นจุดร่วม

จากวงจรทางเข้าของทรานซีสเตอร์คือวงจรเบส-อีมิตเตอร์ ขั้วทำหน้าที่เป็นทางเข้าอาจเป็นได้ทั้งเบส หรืออีมิตเตอร์

ขั้วที่เป็นทางออกอาจเป็นได้ทั้งอีมิตเตอร์หรือคอลเลคเตอร์ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก

$$i_c = \beta i_b \text{ หรือ } i_e = (\beta+1)\, i_b \text{ ซึ่ง } \beta >> 1$$

จากที่กล่าวมานี้ เราจะได้ตำแหน่งของขั้วไฟฟ้าของทรานซีสเตอร์ที่จะทำหน้าที่เป็นทางเข้าทางออกและจุดร่วม ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ทางเข้า ทางออก จุดร่วม ของวงจรขยาย

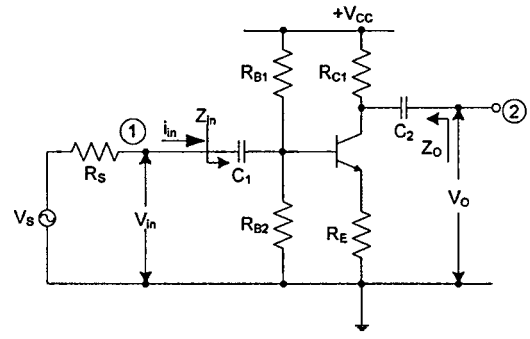
เบส	อิมิเตอร์	คอลเลคเตอร์	ชนิดของวงจรขยาย
ทางเข้า	จุดร่วม	ทางออก	วงจรขยายอิมิตเตอร์
ทางเข้า	ทางออก	จุดร่วม	วงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม
จุดร่วม	ทางเข้า	ทางออก	วงจรขยายเบสร่วม

1. วงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม

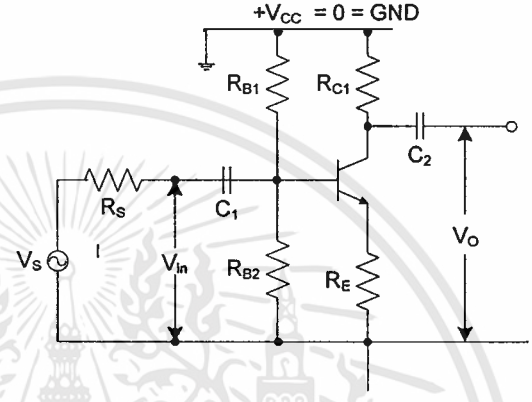
วงจรในรูป ก เป็นวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมในสภาวะที่ไม่มีโหลด ในการวิเคราะห์ผลตอบสนองต่อสัญญาณ V_S โดยนัยของทฤษฎีวงจรซ้อนเราจะได้วงจรเสมือนของสัญญาณดังรูป ข โดยการกำจัดแหล่งจ่ายไฟตรง V_{CC} $[V_{CC} = 0]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

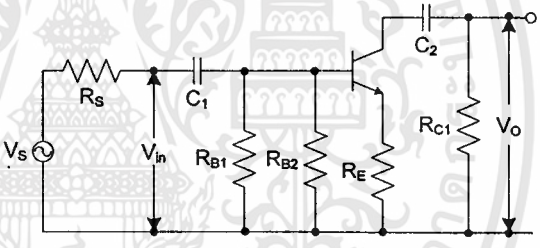
รูป ก



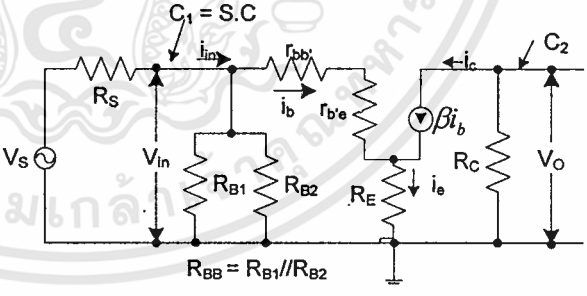
รูป ข



รูป ค



รูป ง



รูปที่ 1 วงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม

ก) วงจรขยายอีมิตเรอ์ร่วม ข,ค) จากทฤษฎีวงจรซ้อน วงจรเสมือนของสัญญาณ

ง) จากวงจรเสมือนในรูป ค แทนตัวทรานซีสเตอร์ด้วยวงจรไฮบริด-พาย และ C_1 C_2 ถูกพิจารณาเป็นวงจรลัด

เขียนวงจรใหม่เพื่อให้ดูง่ายขึ้นจะได้วงจรเสมือนเป็นดังรูป ค และจากวงจรเสมือนในรูป (ค) แทนตัวทรานซีสเตอร์ด้วยวงจรไฮบริด-พายในรูป (ง) ที่ความถี่วงจรใช้งาน อิมพีแดนซ์ของ C_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ C_2 จะมีค่าที่ต่ำมาก สามารถพิจารณาได้เป็นลัดวงจร จากที่กล่าวมานี้ จะได้วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณเป็นรูป (ง) เราจะใช้วงจรในรูป (ง) ในการคำนวณหาคุณสมบัติในการขยายสัญญาณ คุณสมบัติในการขยายสัญญาณที่เราต้องการทราบจะนิยามดังต่อไปนี้

1) อัตราการขยายสัญญาณเปิดวงจร {Open circuit voltage gain } : A_{VO}

$$\beta = \frac{Vo}{Vin} \Big|_{RL=\infty}$$

และ

$$A_{VO}\,(dB) = 20\mathrm{Log}|\,A_{VO}|$$

2) อัตราขยายแรงดันของวงจร {Circuit Voltage gain} : A_{vCct}

$$\beta = \frac{Vo}{Vin} \Big|_{RL=}$$

และ

$$A_{VO}\,(dB) = 20\mathrm{Log} \quad \Big|\frac{Vo}{Vin}\Big|_{RL=}$$

3) อัตราการขยายแรงดันของระบบ {System voltage gain} : A_{vSys}

$$A_{vS} = \frac{Vo}{Vin} \Big|_{RL=\ldots\ldots\ldots Rs=}$$

$$A_{vSys}\,(dB) = \quad |A_{vSys}|_{RL=\ldots\ldots\ldots Rs=}$$

4) ความต้านทานที่ทางออก {output Impedance} : Z_O คือเสมือนที่ทางออกของวงจร (โนด 2 ในรูปที่ ค)

คำนวณได้โดยใช้นิยาม

$$Z_o = \frac{V_0|R_L = \infty}{i_o|R = 0}$$

5) ความต้านทานที่ทางเข้า {Input Impedance} : Z_{in} คือ ความต้านทานเสมือนที่ทางเข้าของวงจร

$$Z_{in}|R_{L=\ldots\ldots\ldots} = \frac{V_{in}}{i_{in}}|R_{L=\ldots\ldots\ldots}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรขยายในรูปที่ 1 (ก) ในที่สุดจะได้วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณดังรูปที่ 1 (ง) นำไปคำนวณหาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

$$A_{vo}: V_o\big| = -i_c R_c = -\beta i_b R_c$$

$$R_L = \infty$$

$$V_{in} = \{i_b\left(r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E\right)$$

$$i_{bb} R_{BB}$$

$$A_{VO} = \frac{V_o}{V_{in}}\bigg| RL = \infty = \frac{7.14}{7.15} = \frac{-\beta R_C}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E}$$

หาค่า $Z_{in}\big|R_L = \infty$

จากรูปที่ 4 (ง).

$$i_{in} = i_{bb} + i_b$$

จัดรูปสมการของ i_{in} ให้เป็นฟังก์ชันของ i_b และจาก 1(ข) หรือจากวงจรในรูปที่ 1 (ง) ได้

$$i_{bb} = \frac{V_{in}}{R_{BB}}$$

แทนค่า V_{in} ด้วยสมการ หาค่าของ i_{bb}

$$i_{bb} = \frac{i_b\left(r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E\right)}{R_{BB}}$$

$$Z_{in}\bigg| = \frac{V_{in}}{i_{in}}\bigg| RL = \infty = \frac{7.15}{7.17}$$

$$RL = \infty$$

$$Z_{in}\bigg| = \frac{i_b\left(r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E\right)}{\dfrac{i_b\left(r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E\right)}{R_{BB}} + i_b}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{[r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E][R_{BB}]}{[r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E][R_{BB}]}$$

$$Z_{in}| = [r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E] // R_{BB}$$

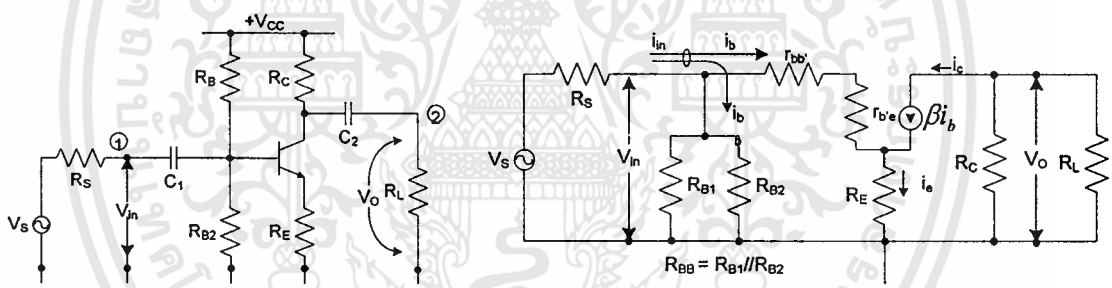
หาค่า Z_o

$$i_o\big|_{R_L=0} = -i_o = -\beta i_b$$

ค่าของ I_O จะถือว่าเป็นลบ เพราะไหลออกจาก "ผู้สังเกต" ในการพิจารณาที่ทางออกถือว่าจุดสังเกตอยู่ที่ R_L

$$Z_o = \frac{V_o\big|_{R_L=\infty}}{i_o\big|_{R_L=0}} = \frac{7.14}{7.19} = R_C$$

เมื่อต่อ R_L ให้กับวงจรจะได้วงจรและวงจรเสมือนสำหรับสัญญาณ ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรขยายในสภาวะที่มีโหลด

$$V_o = -i_o(R_C // R_L) = -\beta i_b(R_C // R_L)$$

ค่าของ V_{in} ยังคงมีค่า ซึ่งเท่ากับกรณีที่มีโหลด $[R_1]$ จะได้ค่าของอัตราการขยายแรงดันของวงจรเป็น

$$A_{vCet} = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{7.21}{7.15}$$

$$A_{vCet} = \frac{-\beta(R_C // R_L)}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของความต้านทานที่ทางเข้า : Z_{in} ยังคงมีค่าเท่ากับกรณีเมื่อวงจรไม่มีโหลด ไม่ว่า R_L จะมีค่าเท่าไร กระแส I_{in} ก็จะคงมีค่าคงที่ ค่าของ I_{in} ไม่ขึ้นกับ R_L แต่ขึ้นกับ R_{BB} R_E r_{BB} และ $r_{b'e}$ }

ค่าความต้านทานที่ทางออก: Z_O ของวงจรทุกชนิดจะไม่ขึ้นอยู่กับ R_L แต่ค่า Z_O ของวงจรขยายบางชนิดจะขึ้นอยู่กับ R_S

เครื่องหมายลบในสมการของอัตราการขยายแรงดัน หมายถึงสัญญาณออกกลับเฟสกับสัญญาณเข้า

ตัวอย่าง 1 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร ความต้านทานที่ทางเข้า และความต้านทานที่ทางออกที่ R_L = ,20K ,10K,5K,2K,500

จากวงจรขยายในรูปที่ 6 คำนวณหาค่ากระแสไบอัสซึ่งจะได้วงจรกระแสตรง

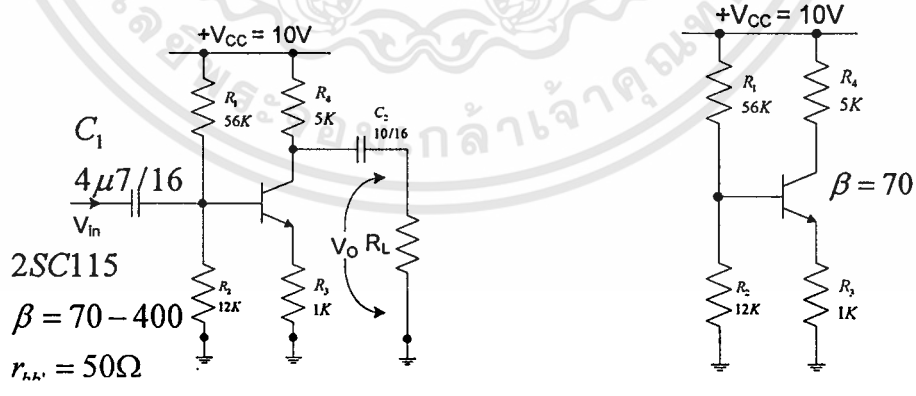
$$VV_{BB} = \frac{V_{CC}R_2}{R_1 + R_2} = 1.765V$$

$$R_{BB} = R_1 // R_2 = 9.882K\Omega$$

$$I_{CQ} = \frac{\beta(V_{BB} - 0.6)}{R_{BB} + (\beta + 1)R_3}$$

$$\frac{70(7.765 - 0.6)}{9.882\times10^3 + (71\times1000)} = 1.008mA$$

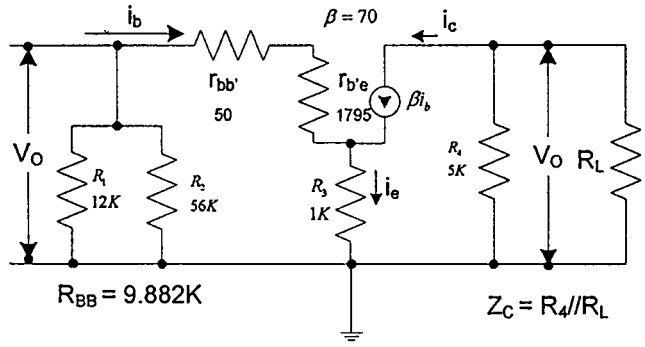
$$r_{b'e} = \frac{V_T\beta}{I_{CQ}} = \frac{25.85\times10^{-3}\times70}{1.008\times10^{-3}} = 1.795K\Omega$$



เมื่อทราบค่า I_{CQ} จะสามารถหาค่าของ $r_{b'e}$ ได้เป็น

$$A_{vccT} = \frac{-\beta(R_4 // R_L)}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta + 1)R_3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณ

ค่าความต้านทานที่ทางเข้า : Z_{in} และค่าความต้านทานที่ทางออก : Z_O ของวงจรอีมิตเตอร์ร่วมไม่ขึ้นกับค่า R_L ดังกล่าวมาแล้ว จากสมการ

$$
\begin{aligned}
Z_{in} &= R_{EE}\left[r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_3\right] \\
&= 9.882K // \left[50 + 1795 + (71 \times 1000)\right] \\
&= 9.88K // 72.85K \\
&= 8.702K
\end{aligned}
$$

$Z_O = R_4 = 5K$

ตารางที่ 2 ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรที่ R_L ต่าง ๆ

R_L	$Z_C = R_4 // R_L$	$A_{vCct}(V/V)$	$A_{vCct}[dB]$'(สมการที่ 7.10ข)
∞	5K	-4.805	13.63
20K	4K	-3.844	11.70
10K	3.33K	-3.203	10.11
5K	2.5K	-2.402	7.613
2K	1.429K	-1.3373	7.613
500	454.5	-0.4368	-7.195

* ค่าอัตราการขยายแรงดันที่มีหน่วย "เท่า" (V/V) เครื่องหมายลบ แสดงถึงการกลับเฟสของสัญญาณเข้ากับสัญญาณออก

** ค่าอัตราการขยายแรงดันที่มีหน่วย dB จะบอกเฉพาะขนาดของ A_{vCCT} โดยไม่สนใจเฟส เครื่องหมายลบ หมายถึงค่าอัตราการขยายมีค่า ต่ำกว่า 1 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม

จากตัวอย่างที่ 1 จะเห็นได้ว่า ค่าอัตราการขยายแรงดันเปิดวงจรมีค่าเพียงประมาณ 5 โดยการพิจารณา เราอาจจะเพิ่มค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรได้โดยการเพิ่มค่าของ R_C หรือลดค่าของ R_E โดยการพิจารณาอย่างถี่ถ้วน จะพบว่าการเพิ่มค่า R_C หรือการลดค่า R_E โดยตรงอาจเกิดผลเสียต่อวงจร

การเพิ่มค่า $R_C // R_L$ จะพบข้อจำกัดหลายประการ กล่าวคือ

- การเพิ่มค่า R_L โดยตรงมักจะทำได้ยาก เนื่องจาก R_L จะถูกกำหนดโดยระบบ R_L อาจหมายถึงความ ต้านทานที่ทางเข้าของวงจรภาคหลัง อาจไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงก็จะต้องออกแบบวงจรภาคนั้นใหม่

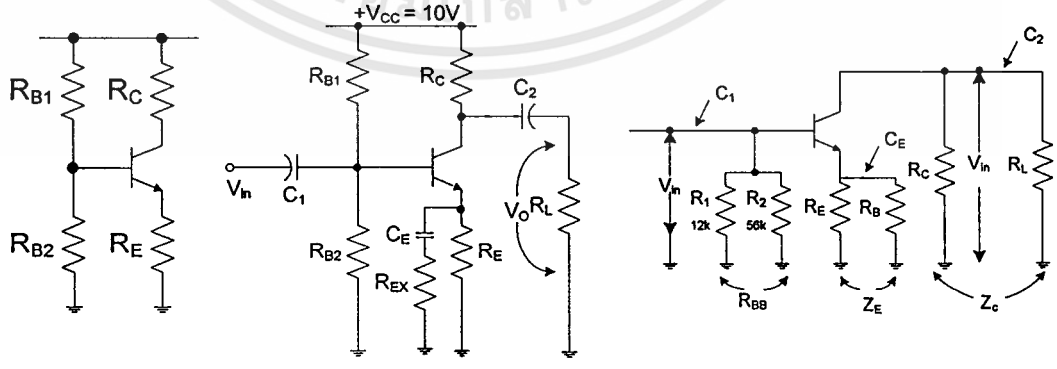
- การเพิ่มค่าของ R_C เพียงลำพัง จะมีข้อจำกัดจากขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่เลี้ยงวงจร การที่ R_C มีค่ามากเกินไป มีโอกาสที่จะทำให้ทรานซีสเตอร์เข้าสู่สภาวะอิ่มตัว เช่น ในตัวอย่าง 2.1 ค่าสูงสุดที่จะเป็นไปได้ของ $R_C + R_L E$ คือประมาณ 10 K

- ถึงแม้ว่าเราอาจเพิ่มค่า R_C ได้บ้าง แต่จากการที่ R_L มักเปลี่ยนแปลงไม่ได้ ผลสุทธิของ $R_C // R_L$ จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เช่น ถ้า $R_L = 2K$ $R_C = 5K$ $R_C // R_L = 1.43K$ ถ้าเพิ่ม R_C เป็น 7.5K $R_L = 2K$

$R_C // R_L = 1.58K$ จะเห็นว่าเพิ่มได้เล็กน้อย

- การลดค่า R_E โดยตรง ก็จะมีผลต่อกระแสไบอัสไฟตรง และเสถียรภาพของไบอัส อย่างไรก็ตาม เราสามารถที่จะลดค่าอิมพีแดนซ์ R_E ลงได้ โดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อไบอัสไฟตรงเลยเราสามารถลดอิมพีแดนซ์ R_E ได้โดย

วิธีการที่ 1 ใช้วงจรดังรูปที่ 4 โดยการนำ R_{EX} -C_E มาต่อขนานกับ R_E เดิม สำหรับไบอัสไม่ว่า C_E จะมีค่าเท่าใด อิมพีแดนซ์ต่อไฟตรงจะมีค่าเป็นอนันต์หรือเสมือนเปิดวงจรสำหรับไฟตรง กระแสไบอัสก็จะมีค่าเท่าเดิม



รูปที่ 4 การเพิ่มอัตราการขยายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการเลือกค่า C_E ที่มีค่ามากพอ อิมพีแดนซ์ของ C_E ที่ช่วงความถี่ที่ใช้งาน อาจถูกพิจารณาให้มีค่าต่ำมากเสมือนลัดวงจร จะได้วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณ อิมพีแดนซ์ที่ขาอีมิลเตอร์กับกราวน์จะมีค่าลดลงเป็น $Z_E = R_E // R_{EX}$

ค่า R_E จะถูกแทนด้วย Z_Eซึ่ง Z_Eจะมีค่าต่ำลง ทำให้ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรมีค่าสูงขึ้นC_Eทำหน้าที่เป็นทางเดินของสัญญาณให้ไหลสู่กราวน์ได้สะดวกขึ้นตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของสัญญาณลงกราวน์ถูกเรียกว่าตัวเก็บประจุบายพาส {By passed Capacitor}

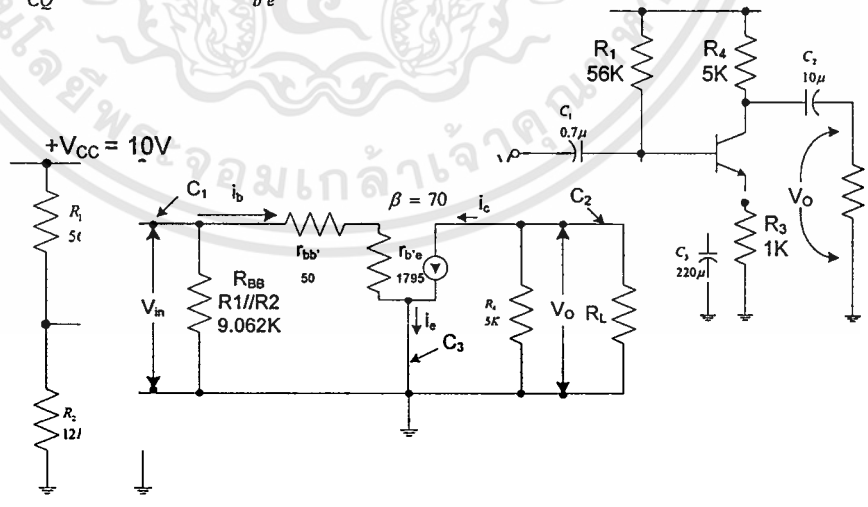
วงจรในตัวอย่างที่ 2.1 R_{EX}= วงจรลักษณะเช่นนี้จะเรียกว่าวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมแบบไม่บายพาส{Unbypassed CE Amplifier}

อัตราขยายแรงดันของวงจรจะมีค่าสูงที่สุด เมื่อ R_{EX}=0 ซึ่งจะทำให้ Z_Eมีค่าเป็น 0 อัตราการขยายแรงดันของวงจร ในกรณีนี้ก็จะมีค่าเป็นสูตร วงจรที่มีค่า R_{EX}=0 ได้ถูกเรียกว่าวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมแบบบายพาสทั้งหมด {Fully Bypassed CE Amp}และในกรณีที่ R_{EX}=0 อัตราการขยายแรงดันของวงจรจะมีค่าอยู่ระหว่างกรณี R_{EX}=0 กับ R_{EX}=0 เราเรียกว่าวงจรเช่นนี้ว่าวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมแบบบายพาสบางส่วน {Partial Bypassed CE Amp}

ตัวอย่างที่ 2 จากวงจรในรูปที่ 7.30 คำนวณหาค่าของอัตราการขยายแรงดันของวงจรความต้านทานที่ทางเข้าความต้านทานที่ทางออกที่ R_L=0 ,20K ,5K,2K.500

วงจรในรูปที่ 2.9ก คือวงจรขยายตัวอย่างที่ 2 และเพิ่ม R_{EX}=0 , C_E = C_3 =220 ....จะได้วงจรไฟตรงเหมือนกับวงจรในตัวอย่างที่ 2 ทุกประการ จะได้

$$I_{CQ} = 1.008 \text{ mA} \quad r_{b'e} = 1795\Omega$$



รูปที่ 5 ก) วงจรขยาย CE แบบบายพาสทั้งหมด

ข) วงจรไฟตรงของ (ก) (ค) วงจรเสมือนไฟสลับของ (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงความถี่ที่ใช้งานตัวเก็บประจุทุกตัว ถือว่ามีอิมพีแดนซ์ต่ำจนไม่มีผลต่อวงจร ถูกพิจารณาเป็นลัดวงจรจะได้วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณ จะได้อัตราการขยายแรงดันของวงจรเป็น

$$A_{V(CCT)} = \frac{-\beta(R_4 // R_L)}{r_{bb'} + r_{b'e}}$$

ค่าความต้านทานที่ทางเข้าของวงจรอีมิตเตอร์ร่วมจะมีค่าคงที่ไม่แปรตาม R_π ดังกล่าวมาแล้ว จะได้ค่าความต้านทานที่ทางเข้าเป็น

$$Z_{in} = R_{EE} // (r + \ ) \quad = 9.882K//1.845K = 1.555K$$

และความต้านทานที่ทางออกจะเป็น

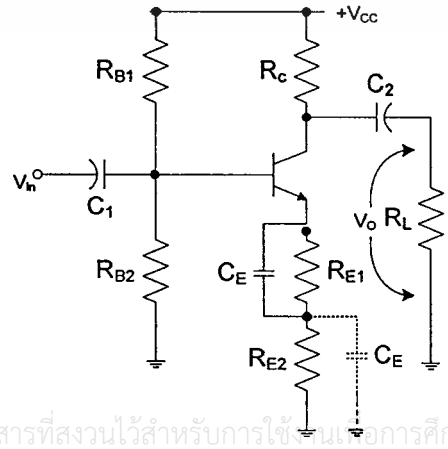
$$Z_0 = R_4 = 5K$$

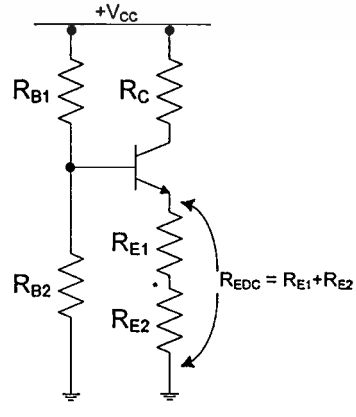
ตารางที่ 3 ค่าอัตราการขยายแรงดันที่

$R_L(\Omega)$	$R_4 // R_L(\Omega)$	$A_{V(CCT)}$ จาก 7.24 (V/V)	$A_{V(CCT)}dB$
∞	5K	-189.7	45.56
20K	4K	-151.7	43.62
5K	2.5K	-94.84	39.54
2K	1.429K	-54.19	34.68
500	454.5	-17.24	24.73

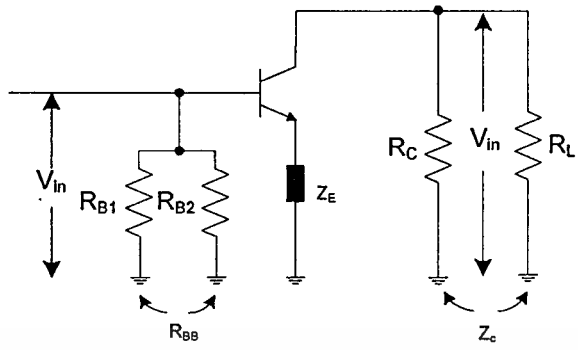
จากตางรางที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าอัตราการขยายแรงดันเปิดวงจร มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก เพิ่มจาก 4.8 เป็นประมาณ 190 เท่า

วิธีการที่ 2 โดยการแบ่ง R_E ออกเป็น R_2 ตัวต่ออนุกรมกัน $R_{E1} + R_{E2}$ เพื่อรักษาให้กระแสไปอัสไฟตรงไม่เปลี่ยนแปลง ทำได้โดยรักษาค่าของ $R_{E1} + R_{E2}$ ให้เท่ากับ R_E เดิม แล้วใช้ C_E ต่อคร่อม R_{E1} หรือ R_{E2} ในทำนองเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว โดยการเลือกค่า C_E ที่มากพอ C_E จะถูกพิจารณาเป็นลัดวงจร





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 วงจรทดลอง

เนื่องจากค่าความต้านทานทางทางเข้า ไม่ขึ้นกับ R_L ค่าความต้านทานที่ทางเข้า และทางออกของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมจะเป็น

$$Z_{in}(CE) = R_{BB} // [r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)Z_E]$$

$$Z_0(CE) = R_C$$

และค่าอัตราการขยายแรงดันจะมีค่าเท่ากับ

$$A_{vCct}[CE] = \frac{-\beta Z_C}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)Z_E}$$

โดย

R_{BB} = ความต้านทานรวมของ ไบอัสระหว่างเบสกับกราวน์ของสัญญาณ

Z_E = อิมพีแดนซ์สุทธิระหว่างอีมิตเตอร์กับกราวด์ของสัญญาณที่ความถี่พิจารณา

Z_C = อิมพีแดนซ์สุทธิระหว่างคอลเลคเตอร์กับกราวด์ของสัญญาณที่ความถี่พิจารณา

ตัวอย่างที่ 3 จากวงจรในตัวอย่างที่ 2.1 ออกแบบดัดแปลงวงจรให้มีค่าอัตราการขยายแรงดัน 25 เท่า และ 100 เท่า ที่ R_L=5Kเพื่อให้วงจรมีค่าอัตราการแรงดันเป็น เท่าจะได้

$$Z_E = \frac{\beta Z_C |A_{vCct}| (r_{bb'} + r_{b'e})}{(\beta+1)|A_{vCct}|}$$

เนื่องจากเครื่องหมายลบ หมายถึงเฟสตรงกันข้าม เราจึงต้องนำเฉพาะขนาดของ A_{vCct} มาคิด

R_C= 5K , R_L= 5K ได้ Z_C=2.5K และจะได้ค่าของ Z_E ดังนี้

$|A_{vCct}|$ =2.5; ได้ Z_E=72.6 Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$|A_{vCct}|$ =100; ได้ Z_E= -1.342 Ω

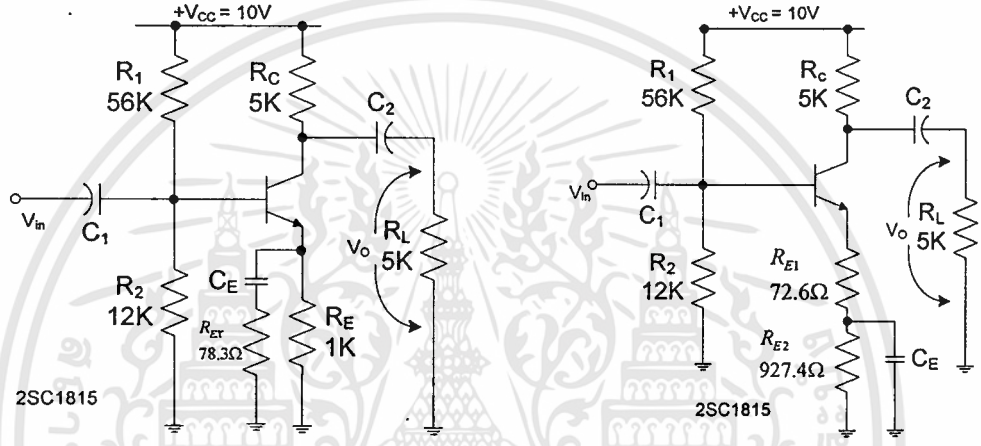
กรณี $|A_{vCct}|$ =25 เท่า Z_E=72.6 Ω อาจเป็นดังต่อไปนี้

-โดยใช้วงจรในรูปที่ 7.29

1K // R_{EX} =72.6 Ω จะได้ R_{EX} = 78.29 Ω

R_{E1}+ R_{E2}= 1K

ใช้ C_E คร่อม R_{E2} ดังนั้น R_{E1}=72.6 Ω และ R_{E2}=1000-72.6 Ω =92.7.4 Ω



รูปที่ 7 วงจรที่ดัดแปลงจากตัวอย่างที่ 1 เพื่อให้ A_{vCct} = 25

ในกรณีที่ต้องการ A_{vCct} = 100 เท่า เราคำนวณค่า Z_E ได้ 1.342 เราไม่สามารถที่จะทำให้วงจรมีค่า A_{vCct} สูงถึง 100 เท่าได้

วงจรในรูปแบบบายพาสทั้งหมด จะให้ค่าอัตราการขยายแรงดันที่สูงที่สุดที่จะทำได้ ซึ่งวงจรใน ที่ R_L =5K และ Z_E =0 ให้ค่า A_{vCct} ได้เพียง9.4.84 เท่า

ทรานซีสเตอร์ 2SC1815 มีค่า β อยู่ในช่วง 70-400 การคำนวณที่ทำไปแล้ว เราได้คำนวณทราบคุณสมบัติที่แย่ที่สุดของวงจร [Worst case] โดยใช้ค่า β ต่ำสุด ถ้าเราลองคำนวณใหม่โดยใช้ค่า β =400 คุณสมบัติของวงจร จะเป็นดังนี้

β =400 จะได้ I_{CQ}= 1.134 mA และ R_b=9.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของวงจร

คุณสมบัติ	I_{CQ} (mA)	$I_{b'e}(\Omega)$	$\lvert A_{VO} \rvert$ (V/V)	$Z_{in}(\Omega)$	$Z_O(\Omega)$
β =70	1.008	1.795K	4.805	8.702K	5K
β =400	1.134	9.12K	4.875	9.65K	5K

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของวงจร(ต่อ)

คุณสมบัติ	I_{CQ} (mA)	$I_{b'e}(\Omega)$	$\lvert A_{VO} \rvert$ (V/V)	$Z_{in}(\Omega)$	$Z_O(\Omega)$
β =70	1.008	1.795K	189.7	1.555K	5K
β =400	1.134	9.12K	218.1	4.756K	5K

จากตารางที่ 5 และ 6 พบว่า

1) กระแสไบอัสไฟตรงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากลักษณะของวงจรไบอัสเป็นวงจรที่มีคุณสมบัติที่ดีมากแบบหนึ่งค่า เพิ่ม 471.4 % แต่ค่า เพิ่มขึ้นเพียง 12.5%

2) อัตราการขยายแรงดันของวงจรแบบไม่บายพาสมีค่าค่อนข้างต่ำ แต่จากการที่เปลี่ยนแปลง 12.5% ค่าอัตราการขยายแรงดันเปลี่ยนแปลงเพียง 1.5%

3) อัตราการขยายแรงดันของวงจรแบบบายพาสทั้งหมด มีค่าสูงกว่าแต่จะเปลี่ยนตามกระแสไบอัส อย่างมากเช่นกัน ในขณะที่กระแสไบอัสเพิ่ม 12.5% ค่าอัตราการขยายแรงดันเพิ่มขึ้นถึง 14.97%

ตัวอย่าง 4 จากวงจรในตัวอย่างที่ 2.1 ถ้าสัญญาณเข้า V_{in} มีขนาด 1 V_{PP} คำนวณหาค่าของศักย์ V_B, V_C V_E V_{BE} และ V_O ในสภาวะอยู่ตัวที่ R_L=5K

ค่าศักย์ใด ๆ จะอยู่ในรูปของ $V_X = V_X + v_x(t)$

ดังนั้น

$$v_B(t) = V_B + v_b(t)$$

$$v_E(t) = V_E + v_e(t)$$

$$v_{BE}(t) = V_{BE} + v_{bc}(t) = V_B - V_E$$

$$v_C(t) = V_C + v_c(t)$$

$$v_O(t) = V_{O(DC)} + v_O(t)$$

ส่วนของกระแสตรง วงจรในตัวอย่างที่ 4 จะมีวงจรไฟตรง ซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่า I_{CQ} ได้เป็น1.008 mA [β =70]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_E = I_C \frac{(\beta+1)}{\beta} = 1.022mA$$

$$V_E = I_E R_3 = 1.022V$$

$$V_B = V_E + V_{BE} = 1.622V$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_4 = 4.96V$$

ส่วนของสัญญาณ วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณของวงจรในตัวอย่างที่ 2.1 จะได้องค์ประกอบของสัญญาณที่โนดต่าง ดังต่อไปนี้

สัญญาณเข้ามีขนาด 1 V_{PP} หรือ $V_{in}(t) = 0.5\ SIN\omega t$ ค่าสูงสุดของกระแสและศักย์ต่างจะมีค่าดังนี้

$V_b = V_{in} = 0.5\ SIN\omega t$

ในวงจร จะได้

$$i_b = \frac{V_{in}}{r_{bb'} + r_{b'e} + (p+1)\ R_E} = \frac{0.5}{50+1795+(71 \times 1000)}$$

$i_b = 6.864\ uA$

$V_e = (p+1)(p+1)\ i_b R_3\ 71 \times 6.6864 \times 10 \times 1000 = 0.4873\ (p+1)\ V_p$

$V_e = V_O = -\beta\ i_b\ (R_4 // R_L) = -70 \times 6.6864 \times 10 \times 2500 = -1.201\ V_p$

$V_{be} = V_b - V_e = 12.67\ mV_p$ หรือ

$V_{be} = i_b\ (r_{bb'} + r_{b'e}) = 6.864 \times 10 \times 50+1795 = 12.67\ mV_p$

ในที่สุดจะได้

$$V_B(t) = V_B + v_B(t) = 1.622 + 0.5\ SIN\omega t\ \ V$$

$$V_C(t) = V_C + v_C(t) = 4.96 + 1.201\ SIN\omega t\ \ V$$

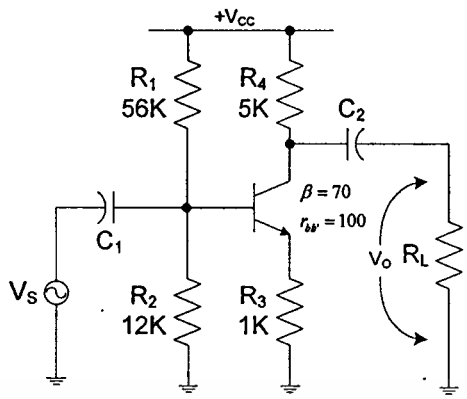
$$V_E(t) = V_E + v_e(t) = 1.022 + 0.4873\ SIN\omega t\ \ V$$

$$V_{BE}(t) = V_{BE} + v_{be}(t) = 0.6 + 0.01267\ SIN\omega t\ \ V$$

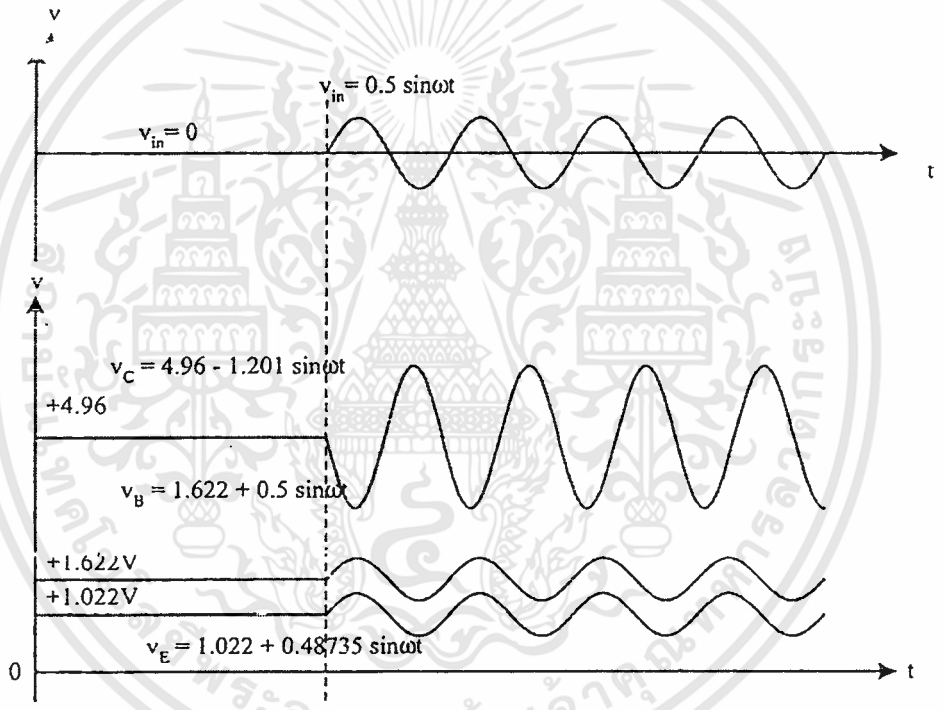
$$V_O(t) = V_{O(DC)} + v_O(t) = 1.201\ SIN\omega t\ \ V$$

ถ้าเป็นทรานซีสเตอร์ PNP จะแตกต่างกับแบบ NPN เฉพาะส่วนของไฟตรง ส่วนของสัญญาณจะเหมือนกันทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) วงจรทรานซิสเตอร์



ข) สัญญาณที่ได้

รูปที่ 8 แสดงวงจรและสัญญาณ

ก) วงจรทรานซิสเตอร์ ข) สัญญาณที่ได้

ตัวอย่างที่ 5 คำนวณหาขนาดสูงสุดของสัญญาณเข้าที่จะป้อนให้กับวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมแบบบายพาสทั้งหมด โดยที่สัญญาณออกจะต้องไม่ถูกคลิป

กระแสคอลเลคเตอร์ของทรานซีสเตอร์ในวงจรขยาย จะมีลักษณะเป็นสัญญาณขี่อยู่บนไฟตรง ซึ่งเขียนเป็นได้เป็น

$$i_C = I_{CQ} + i_C(t)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งส่วนของสัญญาณ $i_C(t)$ คือ I_{CP} SINωt

ดังนั้น

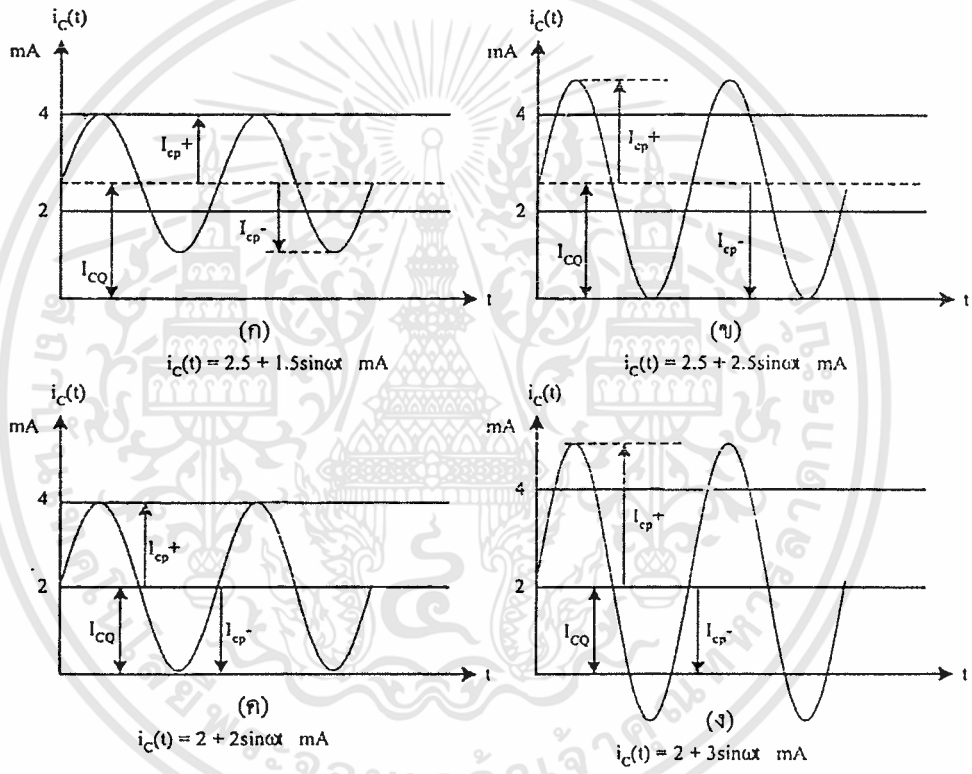
$$i_C(t) = I_{CQ} + I_{CQ} \text{ SIN}\omega t$$

ซึ่งรูปคลื่นของกระแส $i_C(t)$

$I_{CP} = I_{CQ}$ สัญญาณ $I_{CP} > I_{CP}$ จะเห็นได้ว่าสัญญาณทาง

ซีกลบจะถูกคลิป เนื่องจากค่าต่ำสุดของ $i_C(t)$ ที่จะเป็นไปได้คือ 0 (ค่าลบจะไม่เกิดขึ้นเพราะกระแส i_C จะไม่สามารถไหลกลับทิศได้) ดังนั้น

$$I_{CP(Max)} = I_{CQ}$$



รูปที่ 9 สัญญาณเอ๊าพุต

หรือ

$$\frac{I_{cp(Max)}}{\beta} = \frac{I_{CQ}}{\beta} \text{ และ } I_{bp(Max)} = I_{BQ}$$

พิจารณาวงจรเสมือนสำหรับสัญญาณของวงจรขยาย CE แบบบายพาสทั้งหมด จากวงจร

$$V_{in} = i_b\ (r_{bb'} + r_{b'e})$$

โดยทั่วไปค่า $r_{bb'} >> r_{b'e}$ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{in} = i_b \; r_{b'e}$$

หรือ

$$V_{in\,(Max)} = I_{bp(Max)} \; r_{b'e}$$

แทนค่า $I_{bp(Max)}$ จะได้

$$V_{inPK}(Max) = I_{BQ} r_{b'e} = I_{BQ} \frac{V_T}{I_{BQ}}$$

นั่นคือ

$$V_{inPK}(Max) = V_T$$

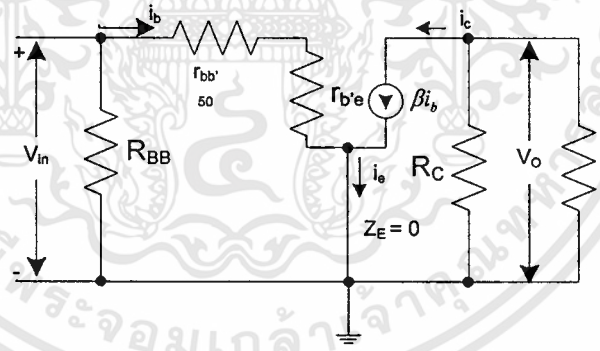
Fully BPCE

ขนาดสูงสุดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับวงจรขยาย แบบบายพาสทั้งหมด หรือที่ตกคร่อมรอยต่ออีมิตเตอร์ (B-E) มีค่าประมาณ 25 mVp หรือ 50 mVpp

ขนาดของสัญญาณที่ตกคร่อมรอยต่ออีมิตเตอร์มีค่า 12.67 mVp เพื่อมิให้สัญญาณออกมีความเพี้ยนสูง ขนาดสูงสุดของสัญญาณที่ตกคร่อมรอยต่ออีมิตเตอร์ ไม่ควรมีค่ามากกว่า

$$V_{be(Max)} \quad 12 \times \%\ THD\ mVpp$$

% THD :% ความผิดเพี้ยนทางฮาร์โมนิกส์



รูปที่ 10 วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณของวงจร CE แบบบายพาสทั้งหมด

สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม

1) ค่าอัตราการขยายแรงดันเป็นลบ หมายถึง สัญญาณเข้าและสัญญาณออกต่างเฟสกัน 180

2) ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร จะขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ Z_E และค่าของกระแสไบอัส I_{CQ}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1) วงจรแบบไม่บายพาส จะมีค่าอัตราการขยายแรงดันต่ำ (มักไม่เกิน 10 เท่า) แต่จะมีค่าค่อนข้างคงที่มาก จะไม่ขึ้นกับทรานซีสเตอร์ แต่จะมีค่าประมาณ $(R_C // R_L) / R_E$

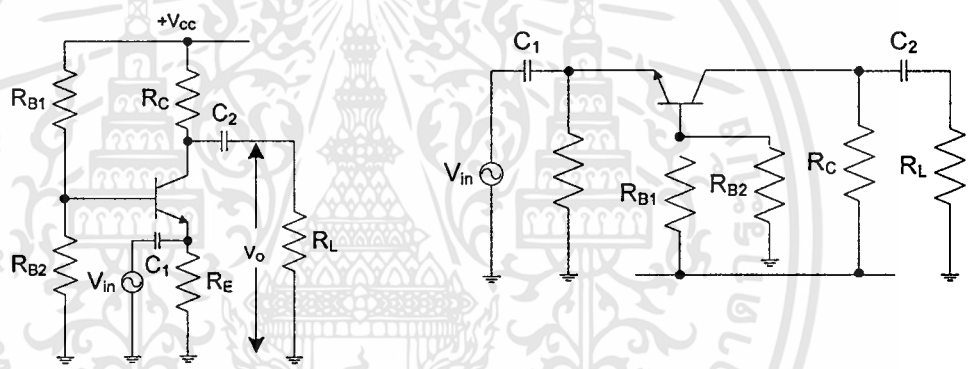
2.2) วงจรแบบบายพาสทั้งหมด จะให้ค่าอัตราการขยายแรงดันที่สูงที่สุด (มากกว่า 10 เท่า) และเปลี่ยนแปลงตาม β และ I_{CQ} อย่างรุนแรง

3) ความต้านทานที่ทางออก มีค่าค่อนข้างสูงและไม่ขึ้นกับ R_S ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น (โหลดเพิ่มขึ้นหมายถึง R_L มีค่าลดลง)

4) ความต้านทานที่ทางเข้า มีค่าปานกลาง และไม่ขึ้นกับ R_L แต่จะมีค่าลดลงเมื่ออัตราการขยายแรงดันมีค่าเพิ่มขึ้น

วงจรขยายเบสร่วม

วงจรในรูปที่ 11 เป็นลักษณะการต่อวงจรขยายแบบเบสร่วม โดยทั่วไปจะนิยมเขียนวงจรดังรูป วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณ



รูปที่ 11 วงจรขยายเบสร่วม

หาค่า A_{vCct};

$$V_o = -i_c Z_c = -\beta i_b Z_c$$

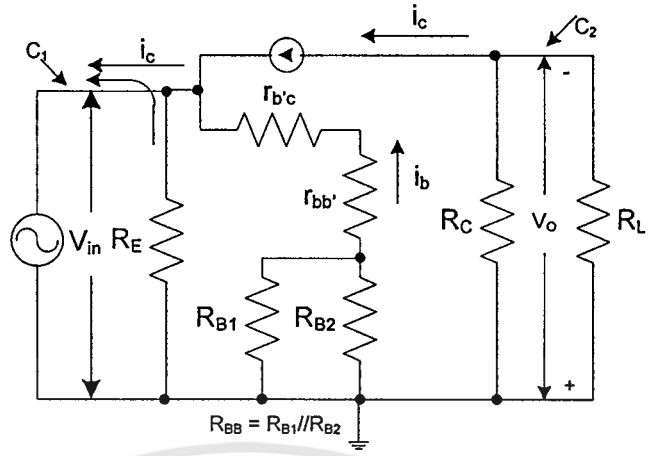
โดย

$$Z_C = R_C // R_L$$

$$V_{in} = \{-i_b(r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB})$$
$$-i_X R_E$$

$$A_{v(CCT)} = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{7.32}{7.34} = \frac{+\beta Z_C}{r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณของวงจรขยายเบสร่วม

หาค่า Z_{in}

$$i_{in} = -(i_e + i_x)$$

i_{in} ถือว่ามีค่าเป็นลบ เพราะไหลออกจาก "ผู้สังเกต" ในการพิจารณาที่ทางเข้า "ผู้สังเกต" คือทางเข้าของวงจร ในทำนองเดียวกับวงจรอีมิตเตอร์ร่วม เราสามารถจัดรูปของสมการให้อยู่ในพจน์ของ i_b ได้

$$i_{in} = \left[\frac{i_b(r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB}}{R_E} + (\beta+1)i_b\right]$$

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{i_{in}}$$

$$Z_{in} = \frac{r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB}}{\dfrac{r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB}}{R_E} + \beta + 1}$$

$$= \frac{(r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB})R_E}{r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB} + (\beta+1)R_E} \frac{\dfrac{1}{\beta+1}}{\dfrac{1}{\beta+1}}$$

$$Z_{in} = \frac{\dfrac{r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB}}{\beta+1} \times R_E}{\dfrac{r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB}}{\beta+1} \times R_E}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_{in} = \frac{r_{b'e} + r_{bb'} + R_{BB}}{\beta + 1} // R_E$$

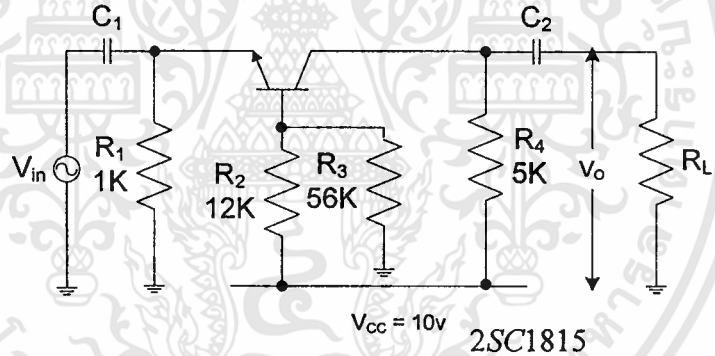
หาค่า Z_o

$$V_0\Big|_{R_L=\infty} = -i_c R_C$$

$$i_0\Big|_{R_L=\infty} = -i_c$$

$$Z_0 = \frac{V_0\Big|_{R_L=\infty}}{i_0\Big|_{R_L=\infty}} = R_C$$

ตัวอย่างที่ 6 คำนวณหาค่าของอัตราการขยายแรงดันของระบบ,ความต้านทานที่ทางเข้า ความต้านทานที่ทางออก ที่ $R_L = \infty$,20K,5K,500Ω



$2SC1815$

$\beta = 70 - 400$

$r_{bb'} = 50\Omega$

รูปที่ 13 วงจรขยายเบสร่วม

I_{CQ} = 1.008 mA, $r_{b'e}$ =1.795 K

$$Z_{in} = \frac{1795 + 50 + (12K // 56K)}{71} // 1K = 165.2 // K = 141.8\Omega$$

$Z_O = R_4$ =5K

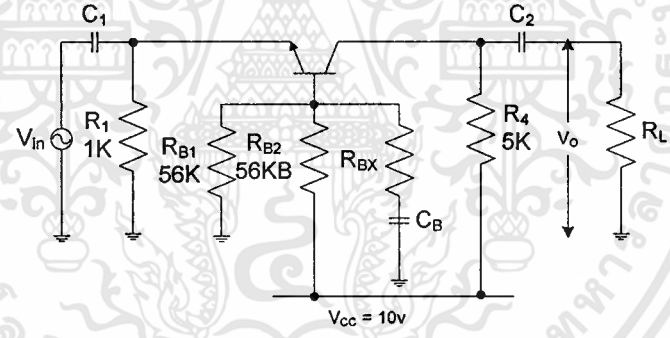
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

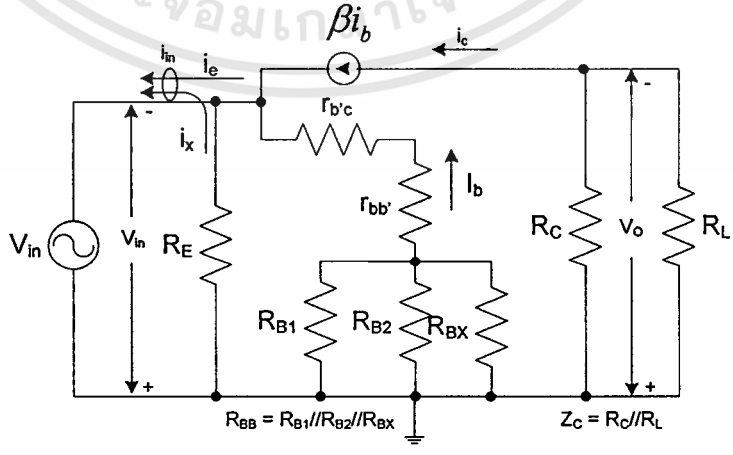
R_L (Ω)	$Z_C=R_4//R_L$(Ω)	A_{VCCT} (สมการที่ 7.35) V/V	A_{VCct} [dB]
∞	5K	+29.84	29.50
20K	4K	+23.88	27.56
5K	2.5K	+14.92	23.48
2K	1.429K	+8.527	18.62
500	454.5	+2.713	8.669

จากค่าอัตราการขยายแรงดันที่ได้ในตาราง 6 จะมีค่าไม่สูงนัก จะพบว่าเรายังสามารถเพิ่มค่าอัตราการขยายแรงดันได้อีก โดยการลดอีพีแดนซ์ของพจน์ R_{BB} ซึ่งสามารถทำได้โดยนำตัวเก็บประจุบายพาสและ มาต่อระหว่างเบสกับกราวด์ของสัญญาณ เช่นเดียวกับกรณีของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม

ตัวอย่าง 7 คำนวณหาเช่นเดียวกับตัวอย่าง 6 ที่ R_L = ∞,20K,5K,2K,500 Ω โดย R_{BX} = 500 Ω และ 0 Ω



รูปที่ 14 วงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม



รูปที่ 15 วงจรเสมือนสำหรับสัญญาณของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_{vCCT} = \frac{V_0}{V_{in}} = \frac{+\beta Z_C}{r_{b'e} + r_{bb'} + Z_B}$$

$$Z_{in} = \frac{r_{b'e} + r_{bb'} + Z_B}{\beta + 1} // R_E$$

$$Z_0 = R_C$$

โดยที่ Z_B คือ อิมพีแดนซ์รวมสุทธิระหว่างเบสกับกราวด์สัญญาณ ที่ความถี่ที่พิจารณา (วงจรขยายเบสร่วม Z_B มักถูกพิจารณาเป็นลัดวงจร)

R_{BX}= 500 Ω

Z_B= 12K//56K//500= 475.9 Ω

$$; Z_{in} = \frac{r_{b'e} + r_{bb'} + Z_B}{\beta + 1} // R_E$$

$$Z_{in} = \frac{1795 + 50 + 475.9}{71} // 1K = 32.69 // 1K$$

$$Z_0 = R_C = 5K$$

$Z_O = R_C$ = 5K

ตารางที่ 7 ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจร

R_L (Ω)	Z_C=R_4//R_L(Ω)	A_{VCCT} (7.39) V/V	A_{VCct} [dB]
∞	5K	+150.8	43.57
20K	4K	+120.6	41.63
5K	2.5K	+75.39	37.55
2K	1.429K	+43.08	32.69
500	454.5	+13.71	22.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{BX} = 0\Omega \; ; Z_B = 0$$

$$Z_{in} = \frac{1795+50}{71} // 1K = 25.99 // 1K = 25.33\Omega$$

$$Z_0 = R_C = 5K$$

ในการอธิบสยคุณสมบัติของวงจรขยายเบสร่วม สมการดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวาง

ตารางที่ 8 ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรเบสร่วมที่ R_L ต่าง ๆ โดย R_{BX} = 0

R_L (Ω)	Z_C=R_4//R_L(Ω)	A_{VCCT} (7.39) V/V	A_{VCct} [dB]
∞	5K	+189.7	45.56+
20K	4K	+151.7	43.62
5K	2.5K	+94.84	39.54
2K	1.429K	+54.19	34.68
500	454.5	+17.24	24.73

สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขยายเบสร่วม

1) ค่าอัตราการขยายแรงดันเป็นบวก หมายถึงสัญญาณเข้าและสัญญาณออกมีเฟสเดียวกัน

2) วงจรขยายเบสร่วมอาจแบ่งได้หลายแบบ เช่นเดียวกับวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม โดยขึ้นอยู่กับ Z_B ในการใช้งานโดยทั่วไป วงจรขยายเบสร่วมจะอยู่ในรูปแบบบายพาสทั้งหมด (R_{BX}= 0) อัตราการขยายแรงดันของวงจรขยายเบสร่วมแบบบายพาสทั้งหมด จะมีค่าเท่ากับอัตราการขยายแรงดันของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วมแบบบายพาสทั้งหมด(Z_E= 0)

3) ความต้านทานที่ทางออกมีค่าค่อนข้างสูง และไม่ขึ้นกับ ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น (R_L ลดค่าความต้านทาน)

4) ค่าความต้านทานที่ทางเข้ามีค่าต่ำมาก และไม่ขึ้นกับ R_L

5) วงจรขยายเบสร่วม จะสามารถขยายความถี่สูงได้ดีกว่าวงจรขยายแบบอื่น จึงนิยมใช้กับวงจรขยายความถี่สูง (มากกว่า 1000 MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีลัดในการหาค่าความต้านทานที่ทางเข้าและทางออก

การคำนวณหาค่าความต้านทานที่ทางเข้าและทางออกที่ได้ทำไปแล้ว ทำโดยคำนวณจากนิยาม ยังมีวิธีการหาค่าอิมพีแดนซ์ใด ๆ อีกวิธีหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันมากสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องแต่ใช้เวลาน้อยกว่าหรือง่ายกว่า วิธีลัดที่ใช้ในการหาค่าอิมพีแดนซ์ใด ๆ ใช้หลักการของ

$$Z_{A\to B} = \frac{V_{AB}}{i_{A\to B}}$$

มีวิธีการดังต่อไปนี้

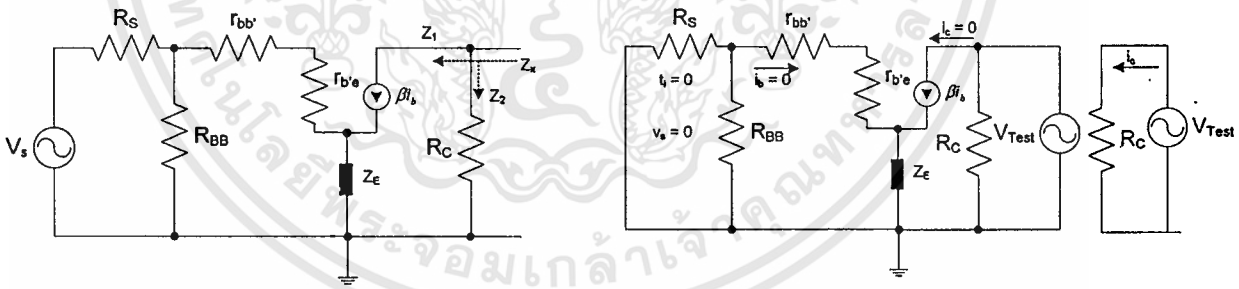
1) นำแรงดันทดสอบ V_{test} ไปตกคร่อมที่วงจรที่ต้องการหาค่าอิมพีแดนซ์

2) หาค่ากระแสที่ไหลในวงจร ซึ่งเกิดจากแรงดันทดสอบ V_{test} ในข้อ 1 เนื่องจากเรากำลังพิจารณาผลตอบสนองต่อแรงดันทดสอบ V_{test} โดยทฤษฎีวงจรซ้อน แหล่งจ่ายอิสระในวงจรจะถูกแทนที่ด้วยความต้านทานของแหล่งจ่ายนั้น (แหล่งจ่ายอิสระคือ แหล่งจ่ายสัญญาณเข้า)

3) จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ $Z = \frac{V_{test}}{i_{test}}$

อิมพีแแดนซที่มองเข้าไปที่คอลเลคเตอร์

อิมพีแดนซ์ที่มองเข้าไปที่คอลเลคเตอร์ อาจเป็นความต้านทานที่ทางออกของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม หรือเบสร่วมในรูปที่ 15 เป็นวงจรเสมือนสำหรับสัญญาณของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าอิมพีแดนซ์ที่มองเข้าไปที่คอลเลคเตอร์ Z_X คือ



รูปที่ 16 การมองเสมือนเข้าไปที่คอลเลคเตอร์

การมองอิมพีแดนซ์ที่คอลเลคเตอร์

$$Z_x = Z_1 // Z_2$$

ในการหาค่าของ Z_1 และ Z_2 ทำได้โดยนำแรงดันทดสอบ

พิจารณาค่าของ Z_1 เราคิดผลตอบสนองของ V_{test} แหล่งจ่าย V_S จะถูกพิจารณาเป็นศูนย์ ในวงจรเบส – อีมิตเตอร์จะไม่มีแหล่งจ่ายทำให้ $i_b = 0$ และ $i_C = 0$ จะได้ว่า $Z_1 = V_{test} / 0 = \infty$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาค่าของ Z_2 ก็ทำเช่นเดียวกัน กระแสที่ไหลผ่าน R_C เนื่องจาก V_{test} คือ

$$i = \frac{V_{test}}{R_C}$$

ซึ่ง $$Z_2 = V_{test} / i = R_C$$

ในที่สุดจะได้

$$Z_x = Z_1 // Z_2 = \infty // R_C = R_C$$

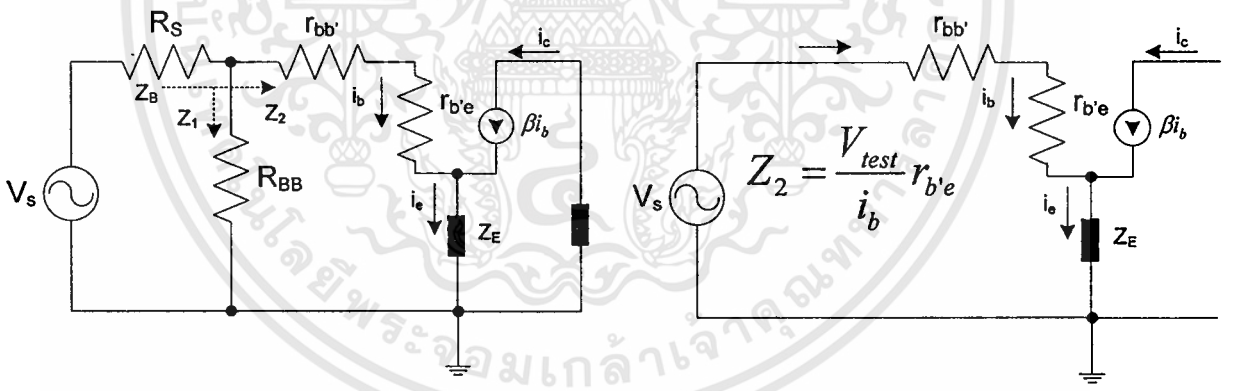
ในการมองอิมพีแดนซ์ที่คอลเลคเตอร์สามารถสรุปได้อย่างง่าย ๆ ได้ว่า อิมพีแดนซ์ที่มองเข้าไปที่คอลเลคเตอร์จะมีค่าเท่ากับความต้านทาน R_C ขนาดความต้านทานของแหล่งจ่ายกระแส βi_b ซึ่งมีค่าสูงมาก ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เท่ากับ R_C

ความต้านทานที่มองเข้าไปที่เบส

วงจรเสมือนของสัญญาณในการมองเข้าไปเบส ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าอิมพีแดนซ์ที่มองเขไปที่เบส : Z_B คือ

$$Z_B = Z_1 // Z_2$$

ค่าของ Z_1 ก็จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า มีค่าเท่ากับ



รูปที่ 17 วงจรเสมือนของสัญญาณในการมองเข้าไปที่เบส

การหาค่าอิมพีแดนซ์ หาได้โดยนำแรงดันทดสอบ จะได้

$$V_{test} = i_b \{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta + 1) Z_E\}$$

ซึ่งกระแสที่เกิดจากแรงดันทดสอบ V_{test} : i คือ

$$i = i_b$$

$$Z_2 = \frac{V_{test}}{i} = \frac{V_{test}}{i_b} = \frac{i_b(r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)Z_E)}{i_b}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_2 = r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta + 1)Z_E$$

ดังนั้น $$Z_B = Z_1 // Z_2 = R_{BB} // [r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta + 1)Z_E]$$

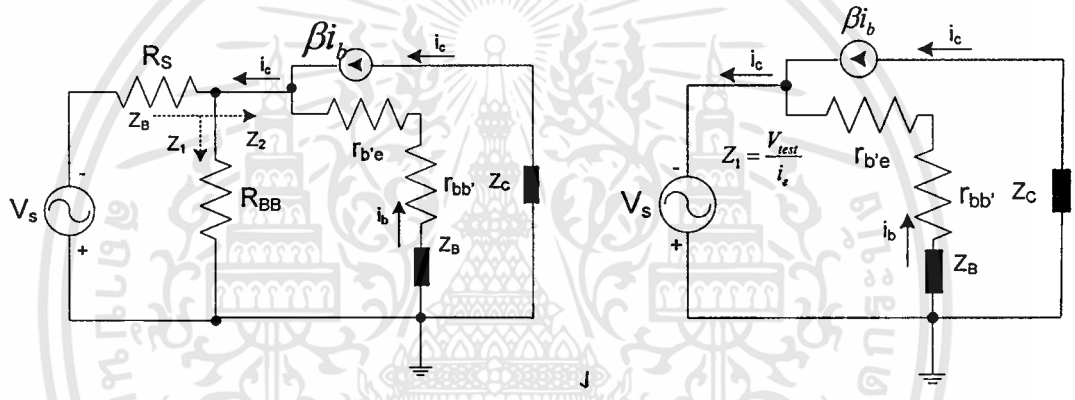
สามารถสรุปอย่างง่าย ๆ ได้ว่า อิมพีแดนซ์ที่อีมิตเตอร์กับกราวนด์ของสัญญาณ : Z_E จะมีค่าปรากฏเป็น $(\beta + 1)\, Z_E$ เมื่อมองเข้าไปที่เบส

อิมพีแดนซ์ที่มองเข้าไปที่อีมิตเตอร์

ในรูปที่ 16 Z_x คืออิมพีแดนซ์ที่มองเข้าไปที่ขาอีมิตเตอร์ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$Z_x = Z_1 // Z_2$$

ซึ่งมีค่าของ Z_2 จะมีค่าเท่ากับ R_E



กาหาค่า Z_1 ทำได้โดยนำแรงดันทดสอบ V_{test} ไปต่อ ดังในรูปที่ 17 ซึ่งจะเห็นได้ว่า

$$i = i_e = i_b + i_c$$

$$V_{test} = i_b(r_{bb'} + r_{b'e} + Z_E)$$

ซึ่ง

$$Z_1 = \frac{V_{test}}{i} = \frac{V_{test}}{i_e} \frac{i_b(r_{b'e} + r_{bb'} + Z_B)}{i_e}$$

และ $i_c = (\beta + 1)i_b$ จะได้ค่าของ Z_1 เป็น

$$Z_1 = \frac{r_{b'e} + r_{bb'} + Z_B}{\beta + 1}$$

ในที่สุด

$$Z_X = Z_1 // Z_2 = \left[\frac{r_{b'e} + r_{bb'} + Z_B}{\beta + 1}\right] // R_E$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่าเมื่อมองเข้าไปที่อีมิตเตอร์ อิมพีแดนซ์ที่มีกระแสเบสไหลจะมีค่าปรากฏลดลง $(\beta + 1)$ เท่า

วงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วมหรือวงจรขยายีมิตเตอร์ตาม

รูปที่ 18 เป็นวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม [Common Collector : CC] คอลเลคเตอร์จะเป็นกราวนด์ของสัญญาณดังในรูปที่ 18

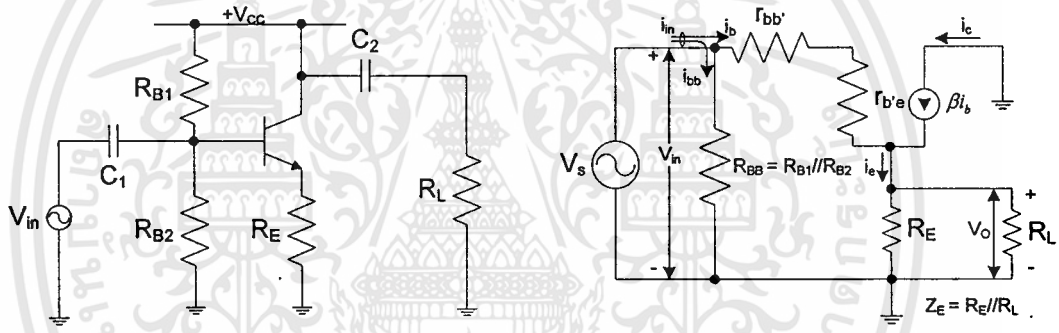
หา AvCct

$$v_O = + i_e (R_E // R_L)$$

ซึ่ง $i_e = (\beta + 1)\, i_b$ และให้ $Z_E = R_E // R_L$

จะได้ $v_O = + i_b (\beta + 1)\, Z_E$

และ $V_{in} = i_b \{ r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta + 1)\, Z_E \}$



รูปที่ 19 วงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม

ในที่สุดจะได้

$$A_{vCct}[CC] = \frac{V_0}{V_{in}} = \frac{+(\beta+1)Z_E}{r_{b'e} + r_{bb'} + (\beta+1)Z_E}$$

Z_{in}; ในการคำนวณหาความต้านทานที่ทางเข้าจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ทางด้านทางเข้าจะเหมือนกับ ดังนั้น จะได้ค่าความต้านทานที่ทางเข้าเป็น

$$Z_{in}[CC] = R_{BB} // \{ r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1) Z_E$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

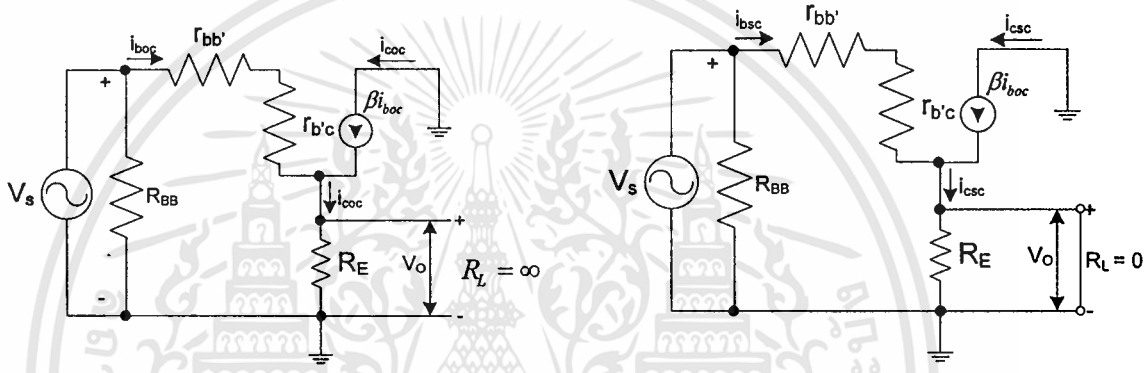
Z_O;ในการคำนวณหาความต้านทานที่ทางออกของวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม เราจะต้องหาค่าของ..... และ .... ในรูปของ V_{in} เนื่องจากค่าของกระแสเบส .... ไม่เท่ากับ.... ในกรณีของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม การเปลี่ยนแปลงค่า R_L ในวงจรของคอลเลคเตอร์ไม่ทำให้ i_b เปลี่ยนแปลง

แต่ในกรณีของวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม การที่ R_L เปลี่ยนแปลง ทำให้อิมพีแดนซ์ในวงจรเบสอีมิตเตอร์เปลี่ยนแปลง

$$V_{in} = i_b\left(r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)(R_E // R_L)\right)$$

หรือ

$$i_b = \frac{V_{in}}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)(R_E // R_L)}$$



รูปที่ 20 การหาค่าความต้านทานที่ทางออก

$$V_0\Big|_{R_L=\infty} = i_{eoc}R_E$$

$$= (\beta+1)i_{boc}R_E$$

โดยที่

$$V_{in} = i_{boc}\left(r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E\right)$$

ในที่สุดจะได้

$$V_o\Big|_{R_L=\infty} = \frac{V_{in}(\beta+1)R_E}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E}$$

$$i_0\Big|_{R_L=\infty} = i_{esc}$$

โดยที่

$$V_{in} = i_{bsc}\left(r_{bb'} + r_{b'e}\right)$$

จะได้

$$i_{bsc} = \frac{V_{in}}{r_{bb'} + r_{b'e}}$$

ในที่สุดจะได้

$$i_o\Big|_{R_L=\infty} = \frac{(\beta+1)V_{in}}{r_{bb'} + r_{b'e}}$$

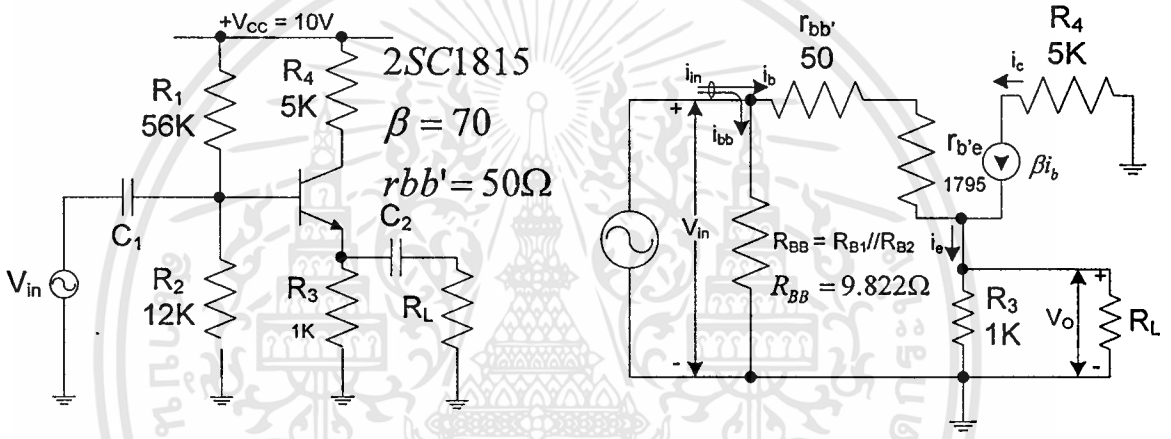
$$Z_0 = \frac{V_0\big|_{R_L=\infty}}{i_0\big|_{R_L=\infty}} = \frac{V_{in}(\beta+1)R_E}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta)R_E} \times \frac{r_{bb'} + r_{b'e}}{(\beta+1)V_{in}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_0 = \frac{[r_{bb'} + r_{b'e}]R_E}{r_{bb'} + r_{b'e} + (\beta+1)R_E} \times \frac{\frac{1}{\beta+1}}{\frac{1}{\beta+1}}$$

$$Z_0 = \frac{\frac{r_{bb'} + r_{b'e}}{\beta+1} \times R_E}{\frac{r_{bb'} + r_{b'e}}{\beta+1} + R_E} = \left[\frac{r_{bb'} + r_{b'e}}{\beta+1}\right] // R_E$$

ตัวอย่าง 7 จากวงจรในรูปที่ 20 คำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดัน ความต้านทานที่ทางเข้า และความต้านทานที่ทางออก โดย $R_L = \infty$,20K,5K,2K, และ 500 Ω



รูปที่ 21วงจรอัตราการขยายแรงดัน

ตารางที่ 9 คุณสมบัติของวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม (R_S =0)

RL $\infty(\Omega)$	∞	20K	5K	2K	500
$Z_E = R_E // R$	1K	952.4	8333.3	666.7	333.3
A_{vcct} $(A_{vcct})[dB]$	+0.9747 (-0.223)	+0.9734 (-0.234)	+0.9734 (-0.2668)	+0.9625 (-0.3322)	0.9277 (-0.6521)
Z_{in} Ω	8.702K	8.652K	8.503K	8.229K	7.123K
Z_0 Ω	25.99//1K = 25.33 Ω ค่า Z_0 ของวงจรใด ๆ ไม่ขึ้นกับค่า R_L				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่คำนวณได้จากตารางที่ 2.10 จะพบว่าค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม มีค่าต่ำกว่า 1.0 เล็กน้อย อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า อัตราการขยายแรงดันของวงจรมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในขณะที่โหลดของวงจรเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 10ในกรณีของวงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม

ชนิดของวงจรขยาย	$\lvert A_v \rvert_{R_L=\infty}$	$R_L = 5K$		$R_L = 500\,\Omega$	
		$\lvert A_v \rvert$	$\%\Delta A_v$	$\lvert A_v \rvert$	$\%\Delta A_v$
CEไม่บายพาส	4.805	2.402	-50%	0.4368	-90.91%
CEบายพาสทั้งหมด	189.7	94.94	-50%	17.24	90.91%
CBไม่บายพาส	29.84	14.92	-50%	2.713	90.91%
CBบายพาสทั้งหมด	189.7	94.94	-50%	17.24	90.91%
คอลเลคเตอร์	0.9747	0.9698	-0.5027%	0.9277	-4.822%

$$\text{โดย } \% = \Delta A_v = \frac{\lvert A_v \rvert R_L - \lvert A_v \rvert R_L = \infty}{\lvert A_v \rvert R_L = \infty} \times 100$$

แต่วงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม ค่าอัตราการขยายที่ $R_L = \infty$ คือ 0.9747 และที่ $R_L = 5\,K$ คือ 0.9698 หรือลดลงเพียง 0.5027 % จากการที่สัญญาณออก มีเฟสเหมือนกับสัญญาณเข้าและมีค่าเกือบเท่าขนาดของสัญญาณเข้า (มากกว่า 4.95) วงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วมจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าวงจรขยายอีมิตเตอร์ตามและโดยทั่วไปวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วมมักจะนิยมเรียกว่าวงจรขยายอีมิตเตอร์ตามมากกว่าในขณะที่วงจรขยายถูกโหลดอย่างมากที่ $R_L = 500\,\Omega$ จะลดลงจาค่าอัตราการขยายแรงดันเปิดวงจรเพียง 4.8 %

สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วม

1) สัญญาณออกและสัญญาณเข้าจะมีเฟสเหมือนกัน ค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรจะมีค่าเป็นบวกและมีค่าประมาณ 1

2) Rc ในวงจรฝั่งคอลเลคเตอร์ ไม่มีอิทธิพลใดต่อคุณสมบัตรในการขยายของวงจร $\lfloor Av_{(Cct)} ZinZ0 \rfloor$ แต่จะมีผลต่อการตอบสนองความถี่สูง โดยทั่วไป Rc (หรือ Zc) = 0 ในวงจรขยายเลคเตอร์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความต้านทานที่ทางออกมีค่าต่ำมาก ทำให้อัตราการขยายแรงดันของวงจรมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยทั่วไปเราสามารถประมาณค่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรได้ $\cong$ 1.0 และเป็นวงจรขยายเพียงชนิดเดียวที่ค่าของความต้านทานที่ทางออกเปลี่ยนตามค่าของ Rc

4) ความต้านทานที่ทางเข้ามีค่อนข้างสูง และเป็นวงจรขยายเพียงชนิดเดียวที่ Z_{in} เปลี่ยนแปลงตาม R_L

5) ถึงแม้ว่าอัตราการขยายแรงดันของวงจรมีค่าน้อยกว่า 1 วงจรขยายคอลเลคเตอร์ร่วมนี้มีประโยชน์มากในการใช้งานเป็น "วงจรบัฟเฟอร์" (Buffer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายศราวุธ ไหลหาโคตร
วัน เดือน ปี เกิด	27 ตุลาคม 2509
สถานที่เกิด	จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 15 ถนนสุรินทร์ ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000
สถานที่ทำงาน	สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคมและสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคกาฬสินธุ์ ถนนอรรถเปศล อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000
ตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2539 สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้