สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

THE OPERATIONAL TRANSCONDUCTANCE AMPLIFIER LABORATORY SET

T120453

สุพิศ เชื้อชัย

SUPIT CHUACHAI

วพ. ส ธ ว 2554

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน...120453...

วัน, เดือน, ปี...1 สิ.ค. 2555

ว.ท. id

b.12883922

i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2554

KMITL-2011-ED-M-231-205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE OPERATIONAL TRANSCONDUCTANCE AMPLIFIER LABORATORY SET

SUPIT CHUACHAI

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

2011

KMITL-2011-ED-M-231-205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2011

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน
ชื่อนักศึกษา	สุพิศ เชื้อชัย
รหัสประจำตัว	51063501
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. กิติพงค์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และหาคุณภาพรวมทั้งประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน โดย E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ใบงานทดลองจำนวน 8 ใบงาน แบบทดสอบระหว่างปฏิบัติใบงาน และแบบทดสอบรวม ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาในเรื่องของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้งหมด ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านชุดทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 15 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน มีคุณภาพด้านเนื้อหาจัดอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 ส่วนด้านชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 และประสิทธิภาพของชุดทดลองหรือ E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 80.87/81.83 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Operational Transconductance Amplifier Laboratory Set
Student	Mr. Supit Chuachai
Student ID.	51063501
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communication Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Kitipong Mano
Thesis Co-Advisor	Assoc.Prof. Peerawut Suwanjan

ABSTRACT

The objective of this research was to develop and to find out the quality as well as efficiency of the Operational Transconductance Amplifier laboratory set which E_1/E_2 was set at 80/80.The tools utilized for this study consisted of the Operational Transconductance Amplifier laboratory set, 8 labsheets, formative test and summative test which covered the transconductance operational amplifier theory. Moreover, these tools have been validated by the experts in content and experimental field. The research sample groups were 15 third-year students of Electronics Program, Faculty of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang during the first academic year of 2011. The research results were found that the quality of the Operational Transconductance Amplifier laboratory set on the content ($\overline{X}$ =4.47, S.D. =0.62) was at the good level while the laboratory set ($\overline{X}$ =4.53, S.D. =0.58) was at the great level. The efficiency of laboratory set or E_1/E_2 was 80.87/81.83 which was met the specified criteria or 80/80.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.กิติพงค์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ ผศ.พิชญ์สินี มะโน ผศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ และผศ.วันชัย ซันประสิทธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนแง่คิดต่างๆอันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้จนประสบผลสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว ผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง รวมถึงภรรยา ที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุน และช่วยเหลือในทุกด้านมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆจากสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร รุ่น 14 และเพื่อนๆพี่ๆที่ทำงานทุกคนที่เป็นเพื่อนคุย แลกเปลี่ยนความคิด ข้อคิดเห็น ตลอดจนคอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบใจ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายขอขอบคุณ งานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ในการอำนวยความสะดวกด้านการติดต่อสอบถามสำหรับการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สุพิศ เชื้อชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....X

สารบัญภาพ XII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย 2

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตการวิจัย 3

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 หลักสูตรวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์.....6

2.2 การสอนภาคปฏิบัติ.....7

2.3 ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน 8

2.3.1 ตัวขยายความนำถ่ายโอนชนิดไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์.....10

2.3.2 คุณสมบัติของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....16

2.3.3 วงจรอินทิเกรเตอร์.....17

2.3.4 วงจรขยายแรงดัน 18

2.3.5 วงจรกรองความถี่ 20

2.3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณ.....22

2.3.7 วงจรเลียนแบบความเหนี่ยวนำเสมือน 23

2.3.8 วงจรคูณสัญญาณ 24

2.4 หลักการออกแบบและสร้างชุดทดลอง.....26

2.5 การประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 ใบงานทดลอง.....29

2.7 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....31

2.8 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง 40

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....40

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 45

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....45

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....45

3.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ.....46

3.3.1 การสร้างใบงานทดลอง.....46

3.3.2 การสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....48

3.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....52

3.3.4 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ.....54

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....55

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....56

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 58

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....60

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านเนื้อหา.....60

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านชุดทดลอง.....61

4.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....62

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....64

5.1 สรุปผลการวิจัย.....64

5.2 อภิปรายผล.....67

5.3 ข้อเสนอแนะ.....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม.....70

ภาคผนวก 72

ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....73

ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ.....81

ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพ.....83

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....87

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....111

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างใบงานทดลองพร้อมเฉลย.....133

ภาคผนวก ช คู่มือการใช้ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....144

ประวัติผู้เขียน.....147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณสมบัติของไอซี LM13700 9
4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านชุดทดลอง.....60
4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาใบงาน.....61
4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 15 คน.....63
จ.1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดลองระหว่างเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพ ของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....112
จ.2 แสดงคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรวมหลังการเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพ ของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....113
จ.3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องโครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....114
จ.4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....114
จ.5 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน.....115
จ.6 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรอินทิเกรเตอร์.....115
จ.7 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรกรองความถี่.....116
จ.8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์.....116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

จ.9 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ.....117

จ.10 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรคูณสัญญาณ.....117

จ.11 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบรวมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ.....118

จ.12 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องโครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....120

จ.13 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....121

จ.14 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน.....121

จ.15 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรอินทิเกรเตอร์.....122

จ.16 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรกรองความถี่.....123

จ.17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์.....124

จ.18 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ.....125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

จ.19 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรดูณสัญญาณ.....126

จ.20 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 1.....127

จ.21 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 2.....127

จ.22 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 3.....128

จ.23 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 4.....128

จ.24 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 5.....129

จ.25 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 6.....129

จ.26 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 7.....130

จ.27 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 8.....130

จ.28 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวม.....132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 สัญลักษณ์ของตัวขยายความนำถ่ายโอน 10
2.2 วงจรเสมือนของตัวขยายความนำถ่ายโอน.....11
2.3 วงจรขยายความแตกต่าง.....11
2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าขาออก I_O กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้า V_{in} 13
2.5 โครงสร้างวงจรระดับทรานซิสเตอร์ของตัวขยายความนำถ่ายโอน.....13
2.6 วงจรพื้นฐานของตัวขยายความนำถ่ายโอน.....14
2.7 วงจรอินทิเกรเตอร์.....18
2.8 ไดอะแกรมคาบเวลาที่ต่างกันของวงจรอินทิเกรเตอร์.....19
2.9 วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส.....19
2.10 ไดอะแกรมคาบเวลาของวงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส.....20
2.11 วงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส.....20
2.12 ไดอะแกรมคาบเวลาของวงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส.....21
2.13 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....21
2.14 ไดอะแกรมของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....22
2.15 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน.....22
2.16 ไดอะแกรมของวงจรกรองความถี่สูงผ่าน.....23
2.17 วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์.....23
2.18 ไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์.....24
2.19 วงจรความเหนี่ยวนำเสมือน.....24
2.20 ไดอะแกรมของวงจรเรโซแนนซ์.....25
2.21 วงจรคูณสัญญาณ.....26
2.22 วงจรคูณสัญญาณโดยการแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิ.....26
2.23 ไดอะแกรมของวงจรคูณสัญญาณ.....27
3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงานทดลอง.....48
3.2 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน.....51
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....53
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานและชุดทดลอง....55
ช.1 แสดงรูปภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนและจุดต่อต่างๆ.....146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หากสืบค้นคำว่า ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทางอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันจะพบว่า มีการค้นคว้าและวิจัยอย่างต่อเนื่อง จากคุณสมบัติที่เป็นจุดเด่นของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ ที่ให้แบนด์วิดกว้างกว่าออปแอมป์ถึงสี่ดีเคด ระดับแรงดันไฟเลี้ยงต่ำ และสามารถปรับค่าความนำได้โดยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญของวงจรร่วมสมัยใหม่ อีกทั้งยังสามารถประยุกต์เป็นวงจรใช้งานทั่วไปได้หลากหลาย เช่น วงจรขยายแรงดัน วงจรคูณสัญญาณ วงจรกรองความถี่ วงจรกำเนิดสัญญาณ ซึ่งวงจรเหล่านี้ล้วนเป็นวงจรพื้นฐานสำหรับการออกแบบควบคุมการทำงานโหมดกระแสในเทคโนโลยีปัจจุบัน

อนึ่งการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้มีการบรรจุเนื้อหาตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ เข้าไว้ในหลักสูตรด้วย โดยมีการจัดการเรียนการสอนทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและเกิดทักษะในการนำไปประยุกต์ใช้งาน สำหรับการฝึกภาคปฏิบัตินั้นก็เพื่อให้ผู้เรียนได้พิสูจน์หลักการต่างๆทางทฤษฎีด้วยการทดลอง และเพื่อให้ได้รับประสบการณ์ตรงจากการค้นคว้า อีกทั้งยังเป็นการฝึกฝนให้มีความคุ้นเคยและความชำนาญในการใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ปัญหาที่พบจากการสอบถามอาจารย์ผู้สอน พบว่ายังไม่มีชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ ที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในการฝึกทดลองภาคปฏิบัติ เนื่องจากในปัจจุบันผู้เรียนจะใช้วิธีทดลองโดยการประกอบวงจรลงบอร์ดพื้นฐาน ทำให้ต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์หลายอย่าง บางครั้งการต่อวงจรมักผิดพลาดทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหาย และในการทดลองแต่ละวงจรจะต้องใช้สายเชื่อมต่อค่อนข้างมากทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นภายในวงจร ซึ่งกระทบต่อผลการทดลองที่ได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบผลกับการออกแบบและการคำนวณตามหลักการทางทฤษฎี อีกทั้งการทดลองในแต่ละใบงานทดลองจะใช้เวลามากทำให้การทดลองไม่ครอบคลุมเนื้อหาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการนำไปออกแบบเพื่อประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนตามคาบเวลาเรียนที่กำหนดได้

การเรียนการสอนในสาขาทางด้านครุศาสตร์วิศวกรรมมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้ ความสามารถทั้งทางด้านวิชาการและวิชาชีพ เพื่อให้มีคุณสมบัติสอดคล้องกับการพัฒนาอุตสาหกรรมภายในประเทศ ดังนั้นกระบวนการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาด้านวิศวกรรมต้องมีการเปลี่ยนแปลงให้ทันตามยุคสมัยเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และง่ายต่อความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน การจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีสื่อประกอบเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเรื่องที่เรียนอย่างลึกซึ้งส่งผลให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จากความสำคัญและแนวทางการแก้ไขปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเรื่อง ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนขึ้น เพื่อใช้ในการทดลองที่เน้นด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมให้กับผู้เรียนได้มีทักษะทางการปฏิบัติและมีความเข้าใจในหลักการออกแบบเพื่อการประยุกต์ใช้งาน อีกทั้งยังช่วยลดเวลาในการทดลอง ลดความผิดเพี้ยนของสัญญาณในการวัด ณ จุดต่างๆ ที่ทำการทดลองให้ได้ผลใกล้เคียงกับการออกแบบและหลักการคำนวณตามหลักการทางทฤษฎีให้มากที่สุด ในการสร้างชุดทดลองขึ้นในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงประสิทธิภาพและความสอดคล้องตามเนื้อหาหลักสูตรในสถานศึกษาเพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป $\left(\overline{X} \geq 3.5\right)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ หรือ E_1 / E_2 ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

1.4 กรอบความคิด

การสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวความคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล. (2552:24-32) มาประยุกต์ใช้ในการวิจัยเพื่อสร้างและหาคุณภาพของชุดทดลองโดยมีรายละเอียดและลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.4.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน

1.4.2 วิเคราะห์และตัดสินใจในการเลือกวัสดุชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์

1.4.3 เขียนและออกแบบวงจร

1.4.4 สร้างต้นแบบและตรวจสอบการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์

1.4.5 ใบงานทดลองเป็นใบสั่งงานให้กับนักศึกษา ซึ่งสิ่งที่ต้องมีในใบงานทดลองมีดังนี้

1.4.5.1 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติที่ชัดเจน

1.4.5.2 มีรายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปฏิบัติ

1.4.5.3 มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

1.4.5.4 มีวงจรที่ใช้ในการปฏิบัติ

1.4.5.5 มีข้อควรระวังในการปฏิบัติ

1.4.5.6 คำถามที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียน

1.4.5.7 วิเคราะห์เนื้อหาวิชาปฏิบัติ

1.4.6 ชุดทดลองถูกนำไปใช้

1.4.7 ปรับปรุงข้อมูล

1.4.8 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ในปีการศึกษา 2554 จำนวน 18 คน

1.5.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ในปีการศึกษา 2554 จำนวน 15 คน คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

1.5.2 ขอบเขตเนื้อหา

สำหรับหัวข้อตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือโอทีเอนั้น เป็นส่วนหนึ่งในวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษาสามารถคำนวณและออกแบบวงจรตามคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ ของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือโอทีเอได้ ประกอบด้วยใบงานทดลองทั้งหมด 8 ใบงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองดังนี้

ใบงานทดลองที่ 1 ประกอบด้วย วงจรภายในพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

ใบงานทดลองที่ 2 ประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐานของวงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน

ใบงานทดลองที่ 3 ประกอบด้วย วงจรขยายแรงดัน

ใบงานทดลองที่ 4 ประกอบด้วย วงจรอินทิเกรเตอร์

ใบงานทดลองที่ 5 ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่

ใบงานทดลองที่ 6 ประกอบด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

ใบงานทดลองที่ 7 ประกอบด้วย วงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ

ใบงานทดลองที่ 8 ประกอบด้วย วงจรคูณสัญญาณ

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หมายถึง ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองเรื่องตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ประกอบด้วยวงจรทดลองทั้งหมดจำนวน 8 วงจร

1.6.2 ใบงานทดลอง หมายถึง ใบกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานและสั่งงานเพื่อให้นักศึกษาปฏิบัติทดลอง และสรุปผลการทดลอง ที่ได้จากการปฏิบัติจากชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.2.1 หัวข้อใบงานทดลอง

1.6.2.2 วัตถุประสงค์ใบงานทดลอง

1.6.2.3 เนื้อหาทฤษฎี

1.6.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

1.6.2.5 ลำดับขั้นการทดลอง

1.6.2.6 แบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลอง

1.6.3 แบบทดสอบท้ายใบงาน หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง หลังจบการทดลองในแต่ละใบงานเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก

1.6.4 แบบทดสอบรวม หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง หลังสิ้นสุดการทดลองครบทั้ง 8 ใบงานแล้ว เป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก

1.6.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการปฏิบัติใบงานพร้อมทั้งทำแบบทดสอบหลังการปฏิบัติการทดลองในแต่ละใบงานและแบบทดสอบรวมหลังจากทำการทดลองครบทั้ง 8 ใบงาน

1.6.6 คุณภาพ หมายถึง คุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาใบงานทดลอง และด้านชุดทดลอง ซึ่งวัดได้จากแบบประเมินคุณภาพ โดยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ทำการประเมิน และต้องมีค่าเฉลี่ยระดับดีขึ้นไป $(\overline{X} \geq 3.5)$

1.6.7 ประสิทธิภาพของชุดทดลอง หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน โดยวัดจากค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง จากการทำการใบงานทดลองและแบบทดสอบรวมหลังสิ้นสุดการทดลองครบทั้ง 8 ใบงานแล้ว ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 (E_1 / E_2)

80 ตัวแรก (E_1) หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้จากใบงานทดลองและแบบทดสอบท้ายใบงาน คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป

80 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ที่ทำแบบทดสอบรวมคิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเพื่อสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ ผู้วิจัยได้ลำดับหัวข้อการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

2.1. การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์
2.2. การสอนภาคปฏิบัติ
2.3. ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน (โอทีเอ)
2.4. หลักการออกแบบและสร้างชุดทดลอง
2.5. การประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน
2.6. ใบงานทดลอง
2.7. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2.8. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง
2.9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 03376030 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต มีลักษณะรายวิชาดังนี้ (หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรใหม่. 2549)

2.1.1 รหัสและชื่อวิชา รหัส 03376030 วิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Laboratory)

2.1.2 สภาพรายวิชา กลุ่มวิชาชีพวิศวกรรม บังคับเรียนเฉพาะแขนงวิชา

2.1.3 วิชาบังคับก่อน วิชาการปฏิบัติการทางวิศวกรรม 2

2.1.4 จำนวนหน่วยกิต 3 (0-6), หน่วยกิต (บรรยาย-ปฏิบัติ)

2.1.5 คำอธิบายรายวิชา

การปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาลอก การออกแบบวงจรกรองแบบดิจิตอล ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ และการออกแบบวงจรรวม

สำหรับหัวข้อตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือโอทีเอ เป็นส่วนหนึ่งในวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้นักศึกษาคำนวณหาคุณสมบัติต่างๆ ของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือโอทีเอและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

2.2 การสอนภาคปฏิบัติ

การสอนแบบทดลอง (Laboratory Instruction) คือ กระบวนการที่ผู้สอนพยายามสร้างกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้สัมผัสและได้รับประสบการณ์จากการปฏิบัติทดลอง รวมทั้งเพื่อให้ผู้เรียนแก้ปัญหา พิสูจน์ข้อเท็จจริงจากทฤษฎีที่ได้มีการค้นพบแล้วและเกิดการเรียนรู้ เกิดประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติสามารถพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือ รวมทั้งสามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองกับงานจริงในภาคสนามได้ ทั้งนี้เนื่องจากในการเรียนรู้นี้ผู้เรียนจะทำการทดลองตามเนื้อหาทฤษฎีที่ได้เรียนมาโดยใช้วิธีการสอบสวนค้นคว้าและปฏิบัติการทดลอง ส่วนผู้สอนจะต้องเตรียมพร้อมในเรื่องของใบประลองหรือใบงานทดลอง ผลการทดลอง (Lab Sheet) ซึ่งประกอบด้วย วัตถุประสงค์ รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ ลำดับขั้นการทดลองผลการทดลอง รวมทั้งคำถามปัญหาและสิ่งอื่นๆที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง จากนั้นผู้สอนจะทำการควบคุมการทดลองจนกระทั้งผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง และจะทำการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันระหว่างผู้เรียนและผู้สอน (ชัชวาล มูลศรี. 2540 : 8)

โดยสรุป การสอนแบบทดลอง (Laboratory Instructions) คือ กระบวนการที่ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักสังเกต สามารถพิสูจน์กฎเกณฑ์ข้อเท็จจริงจากทฤษฎีที่มีการค้นพบมาแล้ว รวมทั้งสามารถประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองแก้ปัญหากับงานจริงในภาคสนามได้ ทั้งนี้โดยใช้วิธีการสอบสวนค้นคว้าและปฏิบัติการทดลองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ เกิดประสบการณ์ตรงจากปฏิบัติการทดลอง

2.2.1 ประโยชน์และความสำคัญของการสอนแบบทดลอง

ประโยชน์และความสำคัญของการสอนแบบทดลองมีดังนี้คือ

2.2.1.1 เพื่อพิสูจน์เกี่ยวกับหลักการ กฎ สูตร และคุณสมบัติของอุปกรณ์

2.2.1.2 เพื่อพัฒนาทักษะทางสมอง เช่น การวิเคราะห์ การสอบสวน และการแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ

2.2.1.4 เพื่อศึกษาเรื่องเกี่ยวข้องพฤติกรรมภายในที่สำคัญของอุปกรณ์เครื่องมือ

2.2.1.5 เพื่อเป็นการฝึกหัดการทำงานเป็นขั้นตอน

2.2.1.6 เพื่อให้รู้จักคุ้นเคยกับกลไกของเครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1.7 เพื่อพัฒนาความสารถในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1.8 เพื่อพัฒนาความรอบคอบในการทำงาน

2.2.1.9 เพื่อเสริมสร้างจิตสำนึกในการรักษาความปลอดภัย

2.2.1.10 เพื่อประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองกับงานจริงในภาคสนามได้

2.2.1.11 เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง

2.2.1.12 เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความคิด หลักการ ความรู้ต่างๆรวมทั้งเพื่อทำให้ผู้เรียนมองภาพรวมรวมในเนื้อหา ของวิชานั้นได้

ซึ่งประโยชน์และความสำคัญของการสอนแบบทดลองก็เพื่อพิสูจน์เกี่ยวกับหลักการกฎสูตร คุณสมบัติของอุปกรณ์ มีความคุ้นเคยกับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การทำงานเป็นขั้นตอนมีความรอบคอบและความปลอดภัยในการทำงาน และนำเอาความรู้หลักการ ประสบการณ์ตรงที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้กับงานจริงในภาคสนามได้ (ชัชวาล มูลศรี. 2540: 10-11)

2.3 ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน (โอทีเอ) (ธนันต์ ศรีสกุล. 2552: 152-176)

ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน (Operational Tran conductance Amplifier; OTA) ถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักของกลุ่มวงจรที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ซึ่งสามารถสร้างได้จากทั้งไบโพล่าร์และมอสทรานซิสเตอร์ ตัวขยายความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ จัดเป็นวงจรขยายอีกชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนผันแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าจัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์แอคทีฟที่มีการทำงานในลักษณะแรงดันไฟฟ้าควบคุมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (Voltage Controller Current Source; VCCS) อัตราการเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าเรียกว่า ค่าความนำถ่ายโอน (Transconductance) หรือ g_m โดยทั่วไป ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ จะสร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำซึ่งอยู่ในรูปแบบของวงจรรวมและมีคุณสมบัติพื้นฐานคือ มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูง ส่วนค่าความนำถ่ายโอน สามารถควบคุมได้โดยกระแสไฟฟ้าไบแอสจากภายนอก สำหรับเบอร์ ไอซี ของ

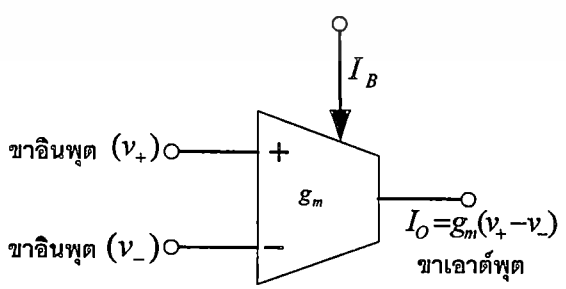
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ ที่นิยมนำใช้งานได้แก่ CA 3080 และ LM 13700 และในการวิจัยเพื่อสร้างชุดทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเอาไอซี เบอร์ LM 13700 มาใช้สำหรับการทดลอง ซึ่งผลิตโดยบริษัท National Semiconductor ภายในตัวของไอซี จะประกอบด้วย ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ จำนวน 2 ตัว เมื่อนำมาต่อใช้งานจริงจะช่วยให้ประหยัดพื้นที่ในการใช้งาน และช่วยประหยัดพลังงาน คุณสมบัติโดยรวมของของตัวไอซีสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของไอซี LM13700

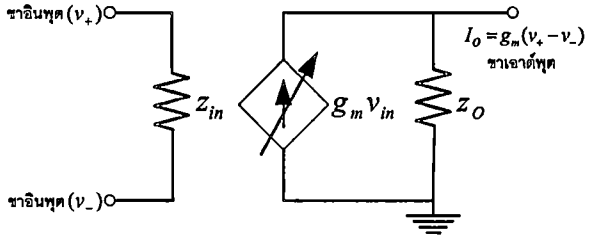
คุณสมบัติ	LM13700
แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (V)	±18
กระแสไบแอสสูงสุด (mA)	2
อัตราสลูเรต (V/μs)	50
การตอบสนองความถี่ (MHz)	2
ค่าความนำถ่ายโอน (g_m)	$\frac{I_B}{2V_T}$
อัตราการกำจัดโหมดร่วม CMRR (dB)	110
ช่วงอุณหภูมิของการทำงาน ($^{\circ}C$)	0-70
ช่วงเชิงเส้น (Linear region)	0 – 20 mV
ช่วงไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear region)	> 20 mV – 127 mV
ช่วงอิ่มตัว (Saturation region)	>127 mV – 200 mV

สัญลักษณ์และวงจรเสมือนของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.1 และ รูปที่ 2.2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ

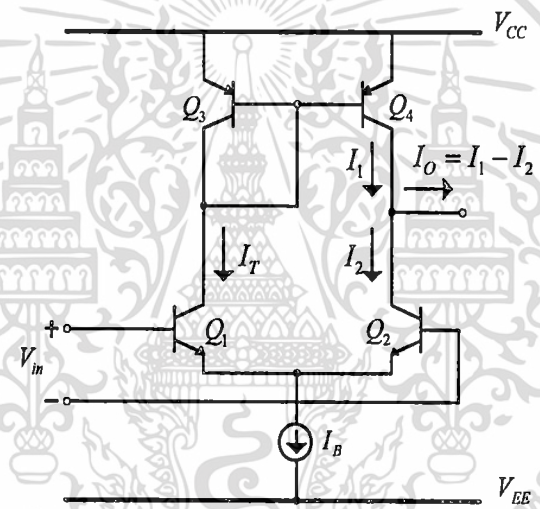
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 วงจรเสมือนของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ

2.3.1 ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนชนิดไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนแบบง่ายที่สุดนิยมใช้วงจรขยายความแตกต่าง (Differential Amplifier) ต่อร่วมกับภาระแอคทีฟ (Active load) ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ 4 ตัวและแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ 1 ตัว ดังแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงจรขยายความแตกต่าง

จากวงจรในรูปที่ 2.3 จะมีไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 เป็นวงจรขยายความแตกต่างแบบดิฟเฟอเรนเชียลซึ่งทำหน้าที่แปลงผันแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า ส่วนไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 เป็นวงจรสะท้อนกระแสไฟฟ้าซึ่งมีค่าอัตราการสะท้อนกระแสไฟฟ้าเท่ากับหนึ่ง โดยมีกระแสไฟฟ้า I_B เป็นกระแสไฟฟ้าไบแอสให้กับวงจร เมื่อป้อนสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเข้ามาที่ V_{in} จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 ขึ้นที่ Q_1 และ Q_2 ตามลำดับแล้วกระแสไฟฟ้า I_1 จะถูกสะท้อนกระแสไฟฟ้าเนื่องจากวงจรสะท้อนกระแสไฟฟ้าแบบลบของทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 ไปหักลบออกจากกระแสไฟฟ้า I_2 ที่เกิดขึ้นที่ทรานซิสเตอร์ Q_2 แล้วได้กระแสไฟฟ้าออกเป็นกระแสไฟฟ้า I_O ซึ่งมีค่าเท่ากับ $I_1 - I_2$ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_O = I_B \tanh\left(\frac{V_{in}}{2V_T}\right) \qquad (2-1)$$

V_T ประมาณ 26 mV ที่อุณหภูมิ 27 องศา

จากสมการที่ (2-1) จะสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าขาออก I_O กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้า V_{in} ได้ดังรูปที่ 2.4 จากกราฟจะพบว่าค่าความนำถ่ายโอนจะมีความสัมพันธ์อยู่ในลักษณะของฟังก์ชั่นไฮเปอร์โบลิคแทนเจนท์โดยในช่วงเชิงเส้นจะอยู่ในช่วงแคบๆแล้วเข้าสู่ช่วงอิ่มตัว เมื่อความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าอินพุตมีค่ามากกว่าประมาณ $2V_T$

จากสมการที่ (2-1) สามารถกระจายอนุกรมในเทอมของ tanh X ได้เป็น

$$\tanh X = X - \frac{1}{3}X^3 + \frac{2}{15}X^5 - .... \qquad (2-2)$$

โดยการแทนค่าสมการที่ (2-2) ในสมการที่ (2-1) จะได้

$$I_O = I_B\left(\frac{V_{in}}{2V_T}\right) - \frac{1}{3}I_B\left(\frac{V_{in}}{2V_T}\right)^3 + \frac{2}{15}I_B\left(\frac{V_{in}}{2V_T}\right)^5 - .... \qquad (2-3)$$

จากสมการที่ (2-3) ถ้า $V_{in} << 1$ ผลคือตั้งแต่เทอมที่ 2 เป็นต้นไปจะมีค่าน้อยมากๆ ดังนั้นจะได้ว่า $\tanh X \approx X$ จากสมการที่(2-3) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$I_O = \frac{I_B}{2V_T} V_{in} \qquad (2-4)$$

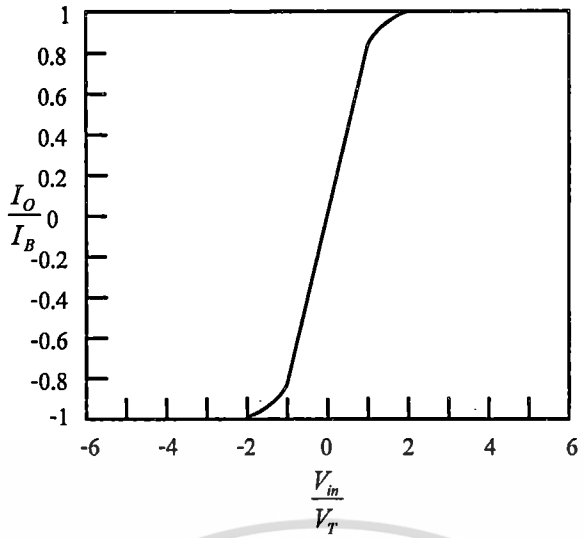
หรือ

$$I_O = g_m V_{in} \qquad (2-5)$$

เมื่อ

$$g_m = \frac{I_B}{2V_T} \qquad (2-6)$$

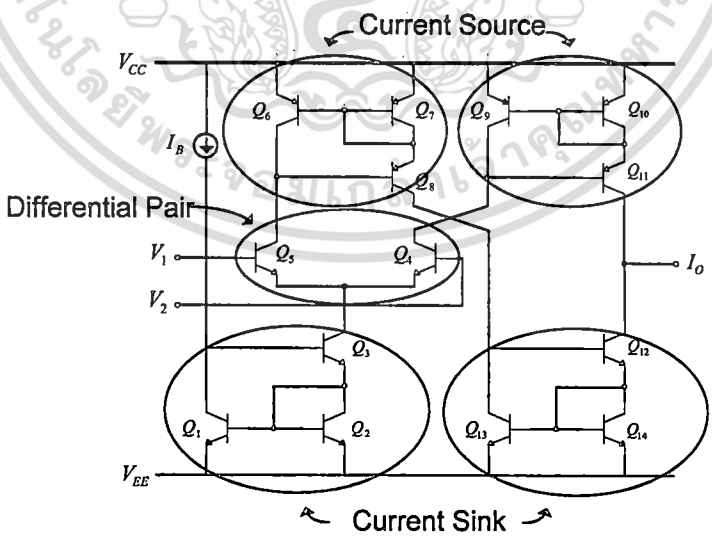
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าขาออก I_O กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาเข้า V_{in}

จากกราฟในรูปที่ 2.4 จะพบว่าค่าความนำถ่ายโอนของวงจรที่เกิดขึ้นสามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้จากค่าของกระแสไฟฟ้า I_B ซึ่งทำให้วงจรดังกล่าวสามารถที่จะควบคุมค่าความนำถ่ายโอนได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ แต่อย่างไรก็ตามค่าความนำถ่ายโอนจะแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิรอบข้าง

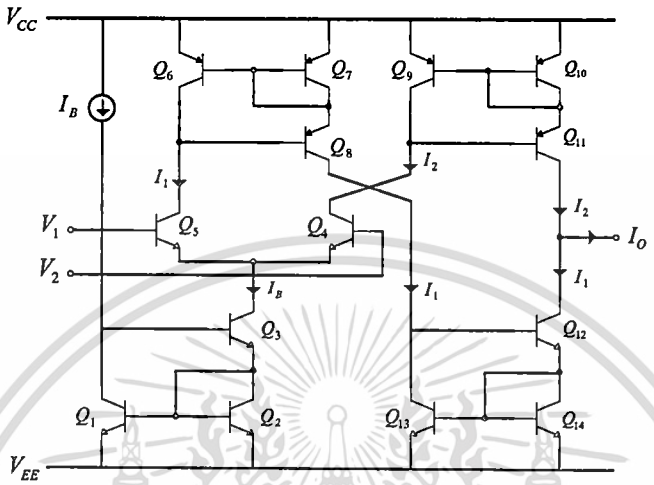
โครงสร้างวงจรระดับทรานซิสเตอร์ของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ (ไชยยันต์ ชนะพรมมาและณัฐพล ภูครองทอง: 2552, 56-65)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างวงจรระดับทรานซิสเตอร์ของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 เป็นโครงสร้างวงจรระดับทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะมีวงจร 3 ส่วนด้วยกัน คือส่วนแรกเป็นวงจรสะท้อนกระแสทำหน้าที่ในการจ่ายกระแส ส่วนที่สองคือวงจรสะท้อนกระแสทำหน้าที่รับกระแส ส่วนสุดท้ายคือวงจรผลต่างทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุต และสามารถวิเคราะห์หาค่ากระแสเอาต์พุตได้จากรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วงจรพื้นฐานของตัวขยายความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ

สำหรับการทำงานของวงจรในรูปที่ 2.6 จะกำหนดให้ค่าอัตราการขยายกระแสไฟฟ้า (β) ของทรานซิสเตอร์ทุกตัวมีค่าสูงมากๆ และกระแสไฟฟ้าเบสของทรานซิสเตอร์ทุกตัวมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับกระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์กระแสไฟฟ้า I_B เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่คือกระแสไฟฟ้าไบแอสของ OTA โดยวงจรจะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความแตกต่างพื้นฐานหรือวงจรที่ทำหน้า ที่แปลงผันแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า ส่วนทรานซิสเตอร์ Q_3 กับ Q_4 จะทำ หน้าที่เป็นวงจรสะท้อนกระแสไฟฟ้าแบบบวกซึ่งมี $V_O = V_+ - V_-$ อัตราการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าเท่ากับหนึ่งโดย จะทำการสะท้อนกระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์จาก I_{c3} ซึ่งมีค่าเท่ากับ I_B ไปยัง I_{c4} ให้มีค่าเท่ากับ I_B ด้วยและกระแสไฟฟ้า I_B นี้จะแยกไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 เป็น I_{c1} และ I_{c2} ตามลำดับมีค่าเท่ากับ $I_B/2$ โดยกระแสไฟฟ้า I_{c2} จะไหลเข้าสู่วงจรสะท้อนกระแสไฟฟ้าแบบลบที่ประกอบ ด้วยทรานซิสเตอร์ Q_8 ถึง Q_{10} ซึ่งมีอัตราการสะท้อนกระแสไฟฟ้าเป็นหนึ่งเท่า แล้วจะทำการสะท้อนกระแสไฟฟ้าจาก I_{c8} ซึ่งมีค่าเท่ากับ I_{c2} ไปยัง I_{c10} โดยกระแสไฟฟ้า I_{c10} จะมีค่าเท่ากับ I_{c2} ในส่วนกระแสไฟฟ้า I_{c1} จะไหลเข้าสู่วงจรสะท้อนกระแสไฟฟ้าแบบลบที่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q_5 ถึง Q_7 ดังนั้นกระแสไฟฟ้า $I_{c5} = I_{c1}$ จะถูกสะท้อนไปยัง I_{c7} หลังจากนั้นจะมีการสะท้อนกระแสไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง จาก $I_{c7} = I_{c11} = I_{c1}$ ไปยัง I_{c13} โดยวงจรสะท้อนกระแสไฟฟ้าแบบบวกที่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q_{11} ถึง Q_{13} โดยอัตราการสะท้อนกระแสไฟฟ้าของวงจรสะท้อนกระแสไฟฟ้าทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองมีค่าเป็นหนึ่งเท่ากระแสไฟฟ้า I_{c13} จะมีค่าเท่ากับ I_{c1} ซึ่งจากกระแสไฟฟ้าที่จุดออกของวงจรโอทีเอ กระแสไฟฟ้า I_O จะมีค่าเท่ากับผลต่างของกระแสไฟฟ้า I_{c10} กับ I_{c13} ดังนั้นจึงทำให้กระแสไฟฟ้า I_O มีค่าเท่ากับ $I_{c2}-I_{c1}$ นั่นเอง

การวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า I_O กับแรงดันไฟฟ้า V_{in} และค่าความนำถ่ายโอน g_m ของวงจรขยายความแตกต่างที่ใช้ไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์จากรูปที่ 2.6 ได้สมการดังนี้ จากสมการกระแสคอลเล็กเตอร์ของไบโพล่าร์ทรานซิสเตอร์

$$I_O = I_S \exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right) \tag{2-7}$$

ดังนั้นความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 จะได้

$$I_1 = I_S \exp\left(\frac{V_{BE1}}{V_T}\right) \tag{2-8}$$

และ

$$I_2 = I_S \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right) \tag{2-9}$$

เนื่องจาก $I_B = I_1 + I_2$ แล้วแทนค่า I_1 และ I_2 ในสมการ จะได้

$$I_B = I_S \left\{ \exp\left(\frac{V_{BE1}}{V_T}\right) + \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right) \right\} \tag{2-10}$$

หรือ

$$I_S = \frac{I_B}{\exp\left(\frac{V_{BE1}}{V_T}\right) + \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right)} \tag{2-11}$$

แทนค่าสมการที่ (2-11) ลงในสมการที่ (2-8) จะได้

$$I_1 = \frac{I_B \exp\left(\frac{V_{BE1}}{V_T}\right)}{\exp\left(\frac{V_{BE1}}{V_T}\right) + \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right)} \tag{2-12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าสมการที่ (2-11) ลงในสมการที่ (2-9) จะได้

$$I_2 = \frac{I_B \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right)}{\exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right) + \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right)} \qquad (2-13)$$

เนื่องจาก

$$I_O = I_1 - I_2 \qquad (2-14)$$

แทนค่าสมการที่ (2-12) และสมการที่ (2-13) ลงในสมการที่ (2-14) จะได้

$$I_O = \frac{\exp\left(\frac{V_{BE1}}{V_T}\right) - \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right)}{\exp\left(\frac{V_{BE1}}{V_T}\right) + \exp\left(\frac{V_{BE2}}{V_T}\right)} \qquad (2-15)$$

คูณเศษและส่วนด้วยนิพจน์ $\exp-\left[\frac{V_{BE1}+V_{BE2}}{2V_T}\right]$ ลงในสมการที่ (2-15) จะได้

$$I_O = I_B = \frac{\exp\left(\frac{V_{BE1}-V_{BE2}}{2V_T}\right) - \exp\left\{-\left(\frac{V_{BE1}-V_{BE2}}{2V_T}\right)\right\}}{\exp\left(\frac{V_{BE1}-V_{BE2}}{2V_T}\right) + \exp\left\{-\left(\frac{V_{BE1}-V_{BE2}}{2V_T}\right)\right\}} \qquad (2-16)$$

จากคุณสมบัติของฟังก์ชั่น

$$\tanh x = \frac{\exp(x) - \exp(-x)}{\exp(x) - \exp(-x)} \qquad (2-17)$$

ดังนั้น

$$I_O = I_B \tanh\left(\frac{V_{BE1}-V_{BE2}}{2V_T}\right) \qquad (2-18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก $V_{in} = V_{BE1} - V_{BE2}$ จะได้

$$I_O = I_B \tanh\left(\frac{V_{in}}{2V_T}\right) \qquad (2-19)$$

เมื่อป้อนสัญญาณขนาดเล็กเข้าไปยังวงจรและจากคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์การกระจายแบบอนุกรมในเทอมของ tanh X จะได้ค่า $\tanh X \approx X$ ดังนั้นจะทำให้ได้กระแสเอาต์พุตของวงจรดังนี้

$$I_O = \frac{I_B}{2V_T} V_{in} \qquad (2-20)$$

เมื่อ

$$g_m = \frac{I_B}{2V_T} \qquad (2-21)$$

ดังนั้นจะได้

$$I_O = g_m V_{in} \qquad (2-22)$$

2.3.2 คุณสมบัติของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ

ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ เป็นอุปกรณ์ที่แรงดันไฟฟ้าทางเข้าควบคุมกระแสไฟฟ้าทางออกในทางอุดมคติมีค่า $I_O = g_m(V_+ - V_-)$ ความต้านทานอินพุต (R_{in}) และความต้านทานเอาต์พุต (R_O) มีค่าเป็นอนันต์ โดย g_m มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกระแสไฟฟ้าไบแอส (I_B) คุณสมบัติของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ ในทางอุดมคติได้กำหนดไว้ดังนี้

R_i ความต้านทานอินพุตใกล้เคียงค่าอนันต์ $(R_i = \infty)$

R_O ความต้านทานเอาต์พุตใกล้เคียงค่าอนันต์ $(R_O = \infty)$

ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ เป็นอุปกรณ์ประเภทค่าความนำถ่ายโอนซึ่งหมายถึงแรงดันไฟฟ้าทางเข้ากำหนดกระแสไฟฟ้าทางออก ซึ่งทำให้เป็น Voltage Control Current Source: VCCS ด้วย และจากการควบคุมค่าความนำถ่ายโอนจากภายนอก กระแสไฟฟ้าทางออกจะเป็นผลจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันระหว่าง ขาของอินพุตทั้งสอง โดยแทนด้วย V_+ และ V_- ดังนั้นสมการกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตจะได้

$$I_O = g_m(V_+ - V_-) \qquad (2-23)$$

หรือ

$$I_O = g_m V_{in}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$V_{in} = V_+ - V_-$$

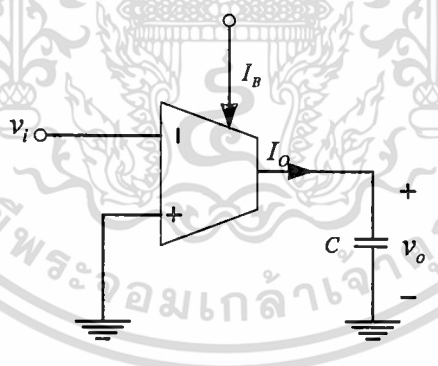
และ g_m คือคือ อัตราขยายค่าความนำถ่ายโอนของ โอทีเอ สามารถหาค่าได้จาก

$$g_m = \frac{I_B}{2V_T}$$

การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ ในแต่ละชุดของการทดลองเป็นดังนี้

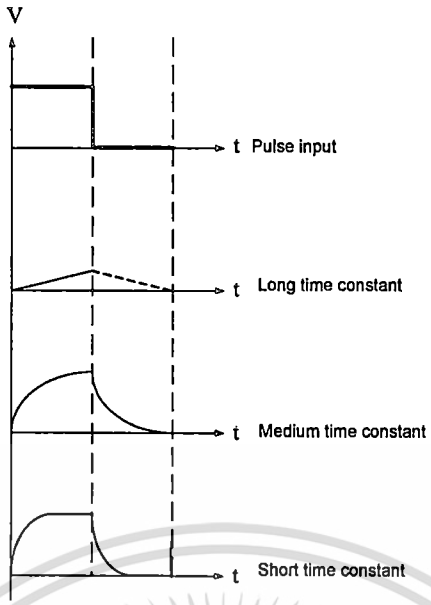
2.3.3 วงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator Circuit)

วงจรอินทริเกรเตอร์ คือวงจรที่ทำหน้าที่อินทริเกรตสัญญาณทางอินพุตดังรูปที่ 2.7 และทำหน้าที่สะสมสัญญาณที่ป้อนจากอินพุตเข้ามาภายในช่วงเวลาหนึ่งและแสดงผลของการสะสมนี้ออกทางเอาต์พุต วงจรอินทริเกรเตอร์สามารถนำไปประยุกต์เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ R_C ได้ ขนาดของแรงดันเอาต์พุต (V_O) สามารถกำหนดได้ด้วยค่าของกระแส I_B และค่าความจุของตัวเก็บประจุ C แต่ส่วนใหญ่นิยมเปลี่ยนค่าของ I_B มากกว่า ผลตอบสนองของวงจรจะแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 วงจรอินทิเกรเตอร์

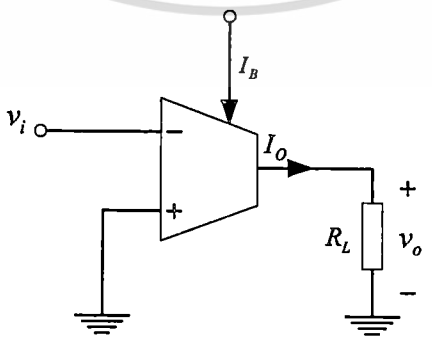
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
120453



รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมคาบเวลาที่ต่างกันของวงจรอินทิเกรเตอร์

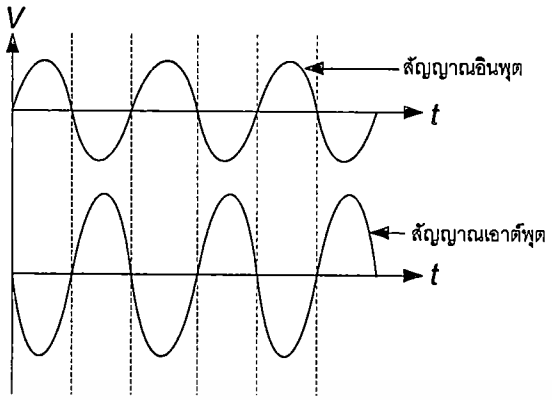
2.3.4 วงจรขยายแรงดัน (Voltage Amplifier Circuit)

2.3.4.1 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าแบบกลับเฟส ในการออกแบบวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าแบบกลับเฟสนั้น ทำได้โดยการต่อสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุตเข้าทางด้านขาลบและต่อขาบวกลงกราวน์ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตจะถูกขยายขึ้น จากคุณสมบัติพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ โดยความสัมพันธ์ของวงจรสามารถกำหนดอัตราการขยายได้ผ่านทางค่า R_L จากสมการ $V_o = -\frac{I_B R_L}{2V_T} V_i$ โดยที่สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะต่างกับสัญญาณอินพุต 180 องศา ดังรูปที่ 2.10



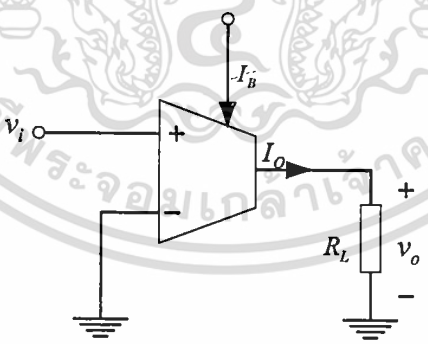
รูปที่ 2.9 วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



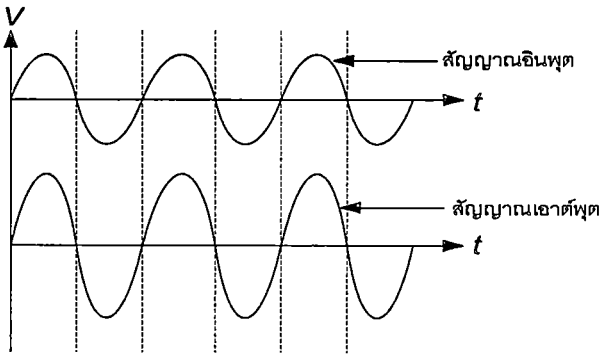
รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมคาบเวลาของวงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส

2.3.4.2 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าแบบไม่กลับเฟส ในการออกแบบวงจรขยายแรงดันไฟฟ้าแบบไม่กลับเฟสนั้น ทำได้โดยการต่อสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุตเข้าทางด้านขาบวกและต่อขาลบลงกราวน์ดังรูปที่ 2.11 สัญญาณเอาต์พุตจะถูกขยายขึ้นจากคุณสมบัติพื้นฐานของ โอทีเอ โดยความสัมพันธ์ของวงจรสามารถกำหนดอัตราการขยายได้จากสมการ $V_o = \frac{I_B R_L}{2V_T} V_i$ และสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีเฟสเหมือนกับสัญญาณทางด้านอินพุต ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 วงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

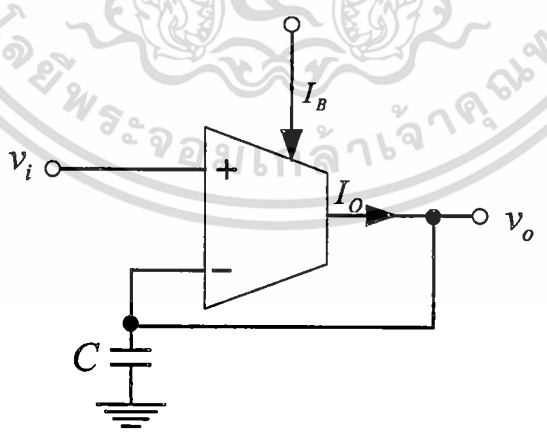


รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมคาบเวลาของวงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส

2.3.5 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit)

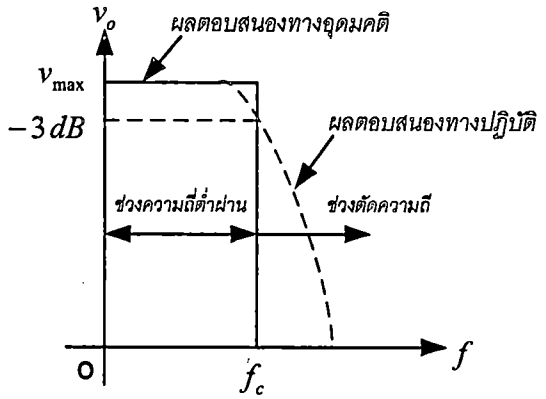
2.3.5.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)

วงจรความถี่ต่ำผ่าน คือวงจรที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้และมีการกำหนดจุดคัตออฟเพื่อให้ความถี่ต่ำผ่าน ในทางอุดมคติจะพบว่าถ้าความถี่ทางด้านอินพุทมีค่ามากกว่าความถี่คัตออฟ (Cut off frequency, f_c) วงจรจะตัดความถี่นั้นไม่ให้ออกไปที่เอาต์พุตได้เลย แต่ในทางปฏิบัติวงจรไม่สามารถตอบสนองความถี่เช่นนี้ได้โดยที่วงจรจะค่อยๆลดการตอบสนองของช่วงความถี่ที่ไม่ต้องการลงดังรูปที่ 2.14 ซึ่งจุดคัตออฟ คือ จุดที่อัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตลดลงเหลือเพียง 0.707 เท่า หรือ ประมาณ -3 dB นั่นเอง



รูปที่ 2.13 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

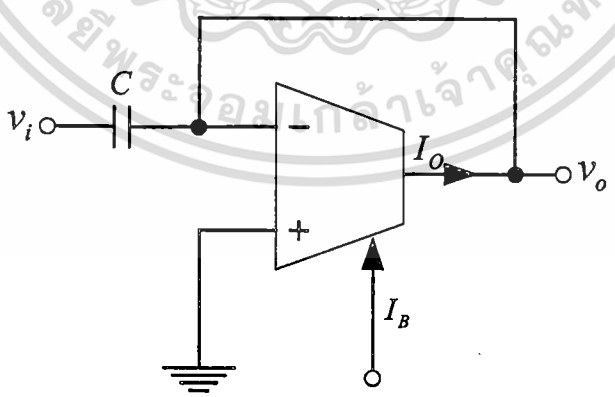


รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

จากวงจรตามรูปที่ 2.13 สามารถหาความสัมพันธ์ของค่าความถี่คัตออฟได้จากสมการ $f_c = \frac{I_B}{4\pi V_T C}$ และจากสมการพบว่าเราสามารถกำหนดค่าความถี่คัตออฟผ่านทางค่า I_B และ C ได้

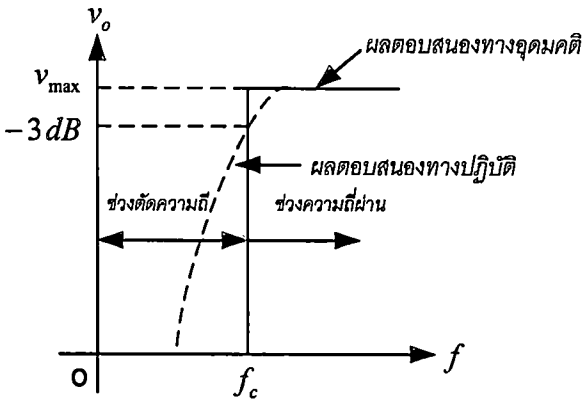
2.3.5.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter)

วงจรกรองความถี่สูงผ่าน คือวงจรที่ยอมให้ความถี่สูงผ่านได้ ซึ่งมีลักษณะการทำงานของวงจรตรงข้ามกับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน มีการกำหนดจุดคัตออฟ เพื่อให้ความถี่สูงผ่าน ซึ่งจุดคัต ออฟ คือ จุดที่อัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตลดลงเหลือเพียง 0.707 เท่า หรือ ประมาณ -3 dB ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

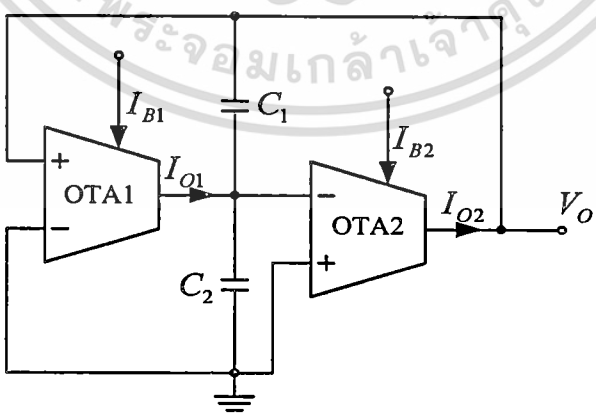


รูปที่ 2.16 ไดอะแกรมของวงจรกรองความถี่สูงผ่าน

จากวงจรตามรูปที่ 2.15 สามารถหาความสัมพันธ์ของค่าความถี่คัตออฟได้จากสมการ $f_c = \frac{I_B}{4\pi V_T C}$ และจากสมการพบว่าเราสามารถกำหนดค่าความถี่คัตออฟผ่านทางค่า I_B และ C ได้ เช่นเดียวกันกับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

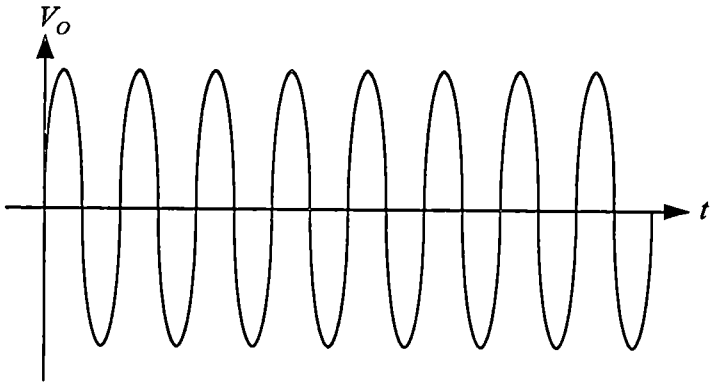
2.3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator Circuit)

วงจรกำเนิดสัญญาณ คือ เป็นวงจรกำเนิดรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังรูปที่ 2.17 โดยลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่สร้างขึ้นในการวิจัยนี้จะเป็นรูปคลื่นสัญญาณ Sinusoidal ซึ่งการสร้างสัญญาณจะเป็นการสร้างในช่วงความถี่ที่เราต้องการ และเราสามารถกำหนดความถี่ได้โดยการควบคุมกระแสของ I_B ดังสมการ $\omega_c = \frac{I_B}{2V_T\sqrt{C_1C_2}}$



รูปที่ 2.17 วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

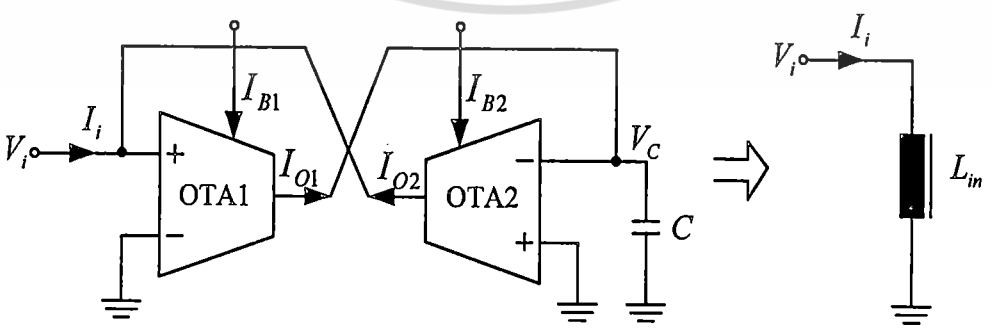


รูปที่ 2.18 ไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

จากรูปที่ 2.18 จะเห็นว่าเอาต์พุตที่ได้เป็นสัญญาณไซน์ซึ่งความถี่จะขึ้นอยู่กับการปรับกระแส I_B ของทั้งสองตัวนั่นเอง

2.3.7 วงจรเลียนแบบความเหนี่ยวนำเสมือน (Inductance Simulator Circuit)

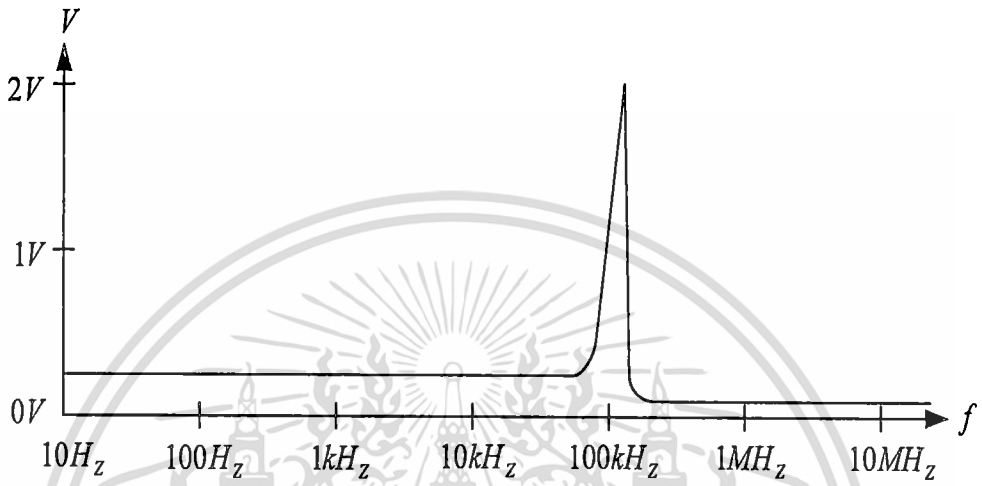
การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ขดลวดตัวนำนั้นมีความลำบากเป็นอย่างมาก เนื่องจากขดลวดตัวนำเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ต้องการพื้นที่มาก ดังนั้นการออกแบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อื่นแทน แต่ต้องให้ผลเสมือนกับขดลวดเหนี่ยวนำ และ โอทีเอ ก็เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกตัวหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ออกแบบเป็นวงจรเสมือนเหนี่ยวนำได้ จากความสัมพันธ์ของสมการ $\frac{V_i}{I_i} = \frac{C}{g_{m1}g_{m2}}s = \frac{4V_T{}^2C}{I_{B1}I_{B2}}s$ ในการออกแบบโดยใช้ โอทีเอ เราสามารถกำหนดค่าความเหนี่ยวนำผ่านทางกระแส I_{B1}, I_{B2} และค่าความจุของตัวเก็บประจุ C ได้ แต่ค่าสัญญาณที่ได้จะแปรผันตามค่าของอุณหภูมิ



รูปที่ 2.19 วงจรความเหนี่ยวนำเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความเหนี่ยวนำเสมือนของตัวขยายความนำถ่ายโอนหรือ โอทีเอ นั้นสามารถทำได้โดยนำมาต่อเป็นวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน เอาต์พุตที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความถี่เปลี่ยนไปแต่จะมีความถี่หนึ่งที่ทำให้แรงดันเอาต์พุตสูงสุดซึ่งนั่นก็คือความถี่เรโซแนนซ์ ดังรูปที่ 2.20

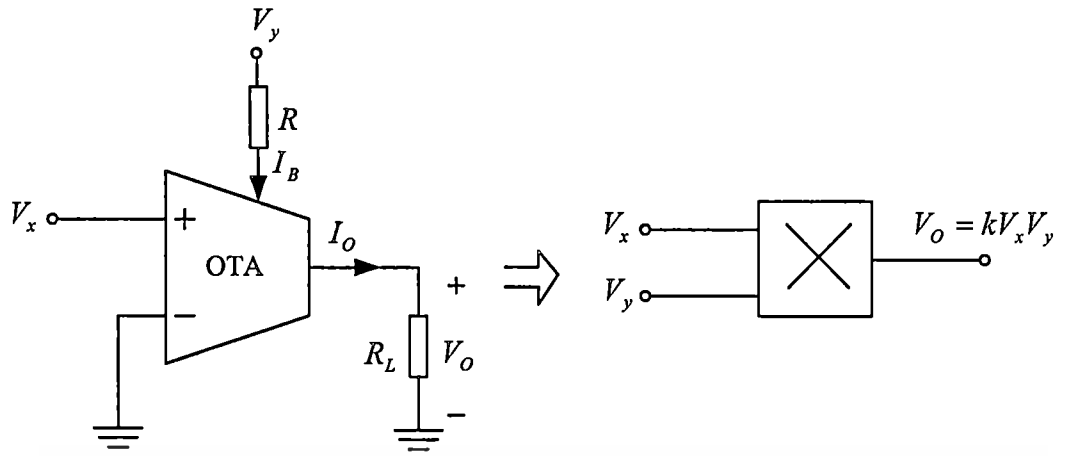


รูปที่ 2.20 ไดอะแกรมของวงจรเรโซแนนซ์

2.3.8 วงจรคูณสัญญาณ (Analog Multiplier Circuit)

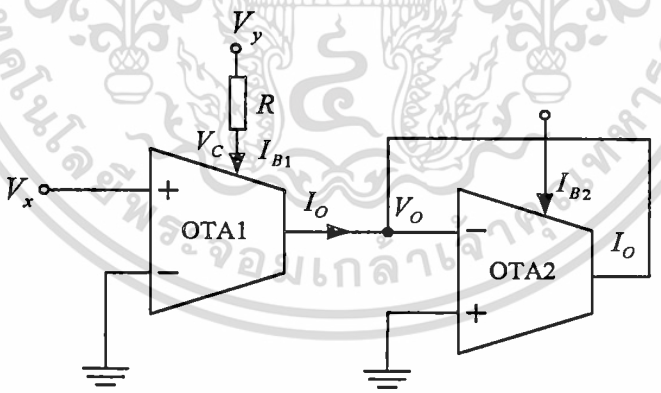
วงจรคูณสัญญาณเป็นวงจรที่ออกแบบขึ้นมาโดยการนำเอาสัญญาณอินพุตที่มีความถี่แตกต่างกันมาทำการคูณกันเพื่อให้ได้สัญญาณมอดูเลชันที่เอาต์พุตของวงจร จากความสัมพันธ์ของสมการ $V_O = \frac{R_L}{2RV_T}(V_X V_Y)$ เราสามารถควบคุมเกณฑ์ของสัญญาณได้โดยการปรับเปลี่ยนค่าของความต้านทาน R และค่าเอาต์พุตของสัญญาณมอดูเลทที่ได้จะแปรผันตามค่าอุณหภูมิ (V_T)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



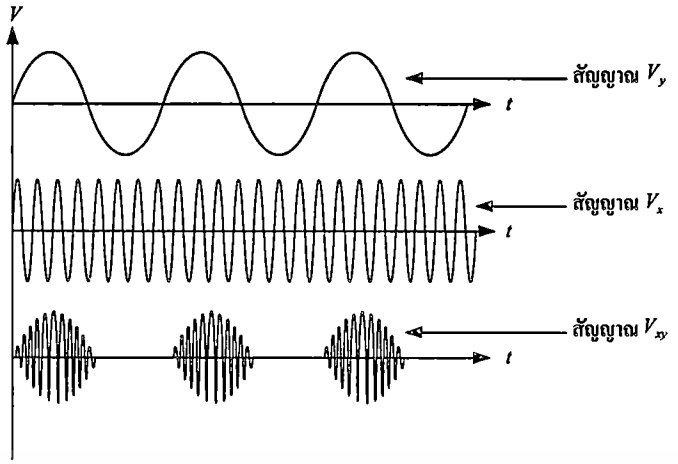
รูปที่ 2.21 วงจรคูณสัญญาณ

แนวทางในการแก้ปัญหาของอุณหภูมิของวงจรคูณสัญญาณของ โอทีเอ ทำได้โดยนำ โอทีเอ ตัวที่ 2 มาต่อแทนโหลด RL ดังรูปที่ 2.21 จากความสัมพันธ์ของสมการ $V_O = \frac{1}{I_{B2}R}(V_X V_Y)$ ซึ่งค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะ ไม่แปรผันตามอุณหภูมิและสามารถปรับเกณฑ์อัตราการขยาย ผ่านทาง I_{B2}



รูปที่ 2.22 วงจรคูณสัญญาณ โดยการแก้ปัญหาเรื่องอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 ไดอะแกรมของวงจรคูณสัญญาณ

2.4 หลักการออกแบบและสร้างชุดทดลอง

แนวทางในการออกแบบการสร้างมีลำดับขั้นตอนดังนี้ (วัลลภ จันทร์ตระกูล, 2530: 25-45)

2.4.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอนจากการตัดสินใจที่จะใช้ชุดทดลองสำหรับการใช้ในการสอนเรื่องใดแล้ว จะทำให้ทราบได้ว่าชุดทดลองนำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มใด และต้องทราบรายการวัตถุประสงค์ของเรื่องนั้น เพราะข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการนำมาดำเนินการออกแบบ เพื่อสร้างชุดทดลอง เพื่อกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเรื่อง ขั้นตอนนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนการศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างชุดทดลองเกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรศึกษาสภาพในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลด้านวิชาการในเรื่องนั้นด้วย ในบางครั้ง ถ้าหากได้มีการพัฒนามาแล้วโดยผู้อื่น ควรที่จะศึกษารายละเอียดต่างๆ ด้วย เมื่อศึกษาข้อมูลต่างๆแล้วจึงนำมาใช้เขียนวัตถุประสงค์ของอุปกรณ์ และจะไม่ระบุรูปร่างทางเทคนิคเฉพาะเจาะจง สุดท้ายตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเรื่อง

2.4.2 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ เป้าหมายที่สำคัญ คือ ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการเลือกอุปกรณ์ ได้แก่ ประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น

2.4.3 การเขียนแบบ ในกรณีที่ออกแบบสร้างเพียงชิ้นเดียวก็ไม่จำเป็น แต่หากจะทำการผลิตหรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการดำเนินการต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิตหรือการสร้าง ดังนั้นแบบงานจะต้องเป็นแบบแยกชิ้นเดี่ยวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ งานเขียนแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องมีการกำหนดเป็น 4 กลุ่ม แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อย และแบบชิ้นเดี่ยว การเขียนแบบมีความสำคัญต่อการกำหนดราคา การวางแผนการผลิตและเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนวัสดุของหน่วยงาน อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปต้องเตรียมเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งานเพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องปลอดภัย และสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้น โดยเฉพาะกลุ่มที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนต้องมีเอกสารประกอบสำหรับใช้ในการเรียนการสอน เอกสารที่ต้องจัดเตรียมอาจจะมีลักษณะที่แตกต่างกันตามจุดมุ่งหมายของงานเช่น คู่มือการใช้งาน เอกสารประกอบการศึกษา ทดลอง ตำรา ใบงาน แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ เป็นต้น

2.4.4 การสร้างต้นแบบและตรวจสอบการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์ และชิ้นส่วนแล้วนำมาร่างเป็นภาพประกอบคร่าวๆ หรือร่างเป็นแบบง่ายๆก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบในขั้นตอนนี้อาจจะมีการประลอง หรือทดลองกลไกในหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบผลสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ

2.4.5 ใบงานเป็นใบสั่งงานให้กับนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติ ซึ่งจะบอกลำดับขั้นในการทดลอง และแนวทางที่ใช้ในการค้นคว้าเพิ่มเติมในการปฏิบัติการ นับเป็นสื่อชนิดหนึ่ง ดังนั้นจะพบว่าใบงานมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนภาคปฏิบัติอย่างมาก และสิ่งที่จะต้องมีไว้ในใบงานมีดังนี้

2.4.5.1 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติที่ชัดเจน

2.4.5.2 มีรายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปฏิบัติการ

2.4.5.3 มีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

2.4.5.4 มีวงจรที่ใช้ในการปฏิบัติ

2.4.5.5 มีข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

2.4.5.6 คำถามที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียน

2.4.5.7 วิเคราะห์เนื้อหาวิชาปฏิบัติโดยศึกษา เพื่อวางโครงร่างลำดับ ความสัมพันธ์ และแบ่งระดับความยาก-ง่ายของเนื้อหาวิชา ที่จะทำการออกแบบสื่อการเรียนการสอนซึ่งศึกษาจากตำรา เอกสารการสัมนา ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

2.4.6 การทดลองจะถูกนำไปใช้เพื่อให้ผู้วิจัยได้ค้นหาข้อบกพร่องต่างๆ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน ความสะดวกในการลอกเลียนแบบขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

2.4.7 การปรับปรุงข้อมูล และประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น จะถูกนำมาในการปรับปรุงชุดทดลอง และใบงานที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับ

ชุดทดลองที่ทำให้การเรียนการสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมบรรลุวัตถุประสงค์ได้จะต้องมีประสิทธิภาพสูง กล่าวคือ ค่าที่ได้จากการทดลองต้องใกล้เคียงกับค่าจริงหรือค่าที่สามารถคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มากที่สุด การแสดงค่ารวมทั้งการทำงานควรให้ผู้เรียนสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วอย่างเป็นรูปธรรม(ยืน ภู่วรวรรณ, 2534: 3)

2.5 การประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนมีส่วนช่วยในการเรียนการสอนเกิดผลสัมฤทธิ์ได้ ดังนั้น การเลือกใช้สื่อ การเลือกสร้างสื่อที่เหมาะสม จะต้องมีการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอนที่นำมาใช้ในหัวข้อต่างๆดังนี้ (พิสิฐ เมธาภัทร และ ธีรพล เมธีกุล. 2529:171-173)

1. ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย(ด้านวิชาการ)
   - 1.1 ด้านวัตถุประสงค์
     - 1.1.1 สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์
     - 1.1.2 สื่อเหมาะสมกับระดับความยากของวัตถุประสงค์
   - 1.2 ด้านเนื้อหา
     - 1.2.1 เนื้อหาวิชาถูกต้อง ไม่มีจุดผิด
     - 1.2.2 เนื้อหาวิชาแยกแยะได้
     - 1.2.3 เนื้อหาวิชาเรียงลำดับความยากง่าย
   - 1.3 ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย
     - 1.3.1 บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
     - 1.3.2 สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาเลื่อนลอย ให้มีความหมาย และมีเป้าหมายมากขึ้น
     - 1.3.3 ลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี และสั้นลง
     - 1.3.4 ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอนช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดความขยันมากขึ้น
     - 1.3.5 ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้มากขึ้น
2. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน(Human Factor)
   - 2.1 ด้านผู้เรียน
     - 2.1.1 สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน
     - 2.1.2 สื่อที่ใช้เหมาะสมกับการรับรู้ของผู้เรียน
   - 2.2 ด้านผู้สอน
     - 2.2.1 สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการทำงาน
     - 2.2.2 สื่อที่ใช้เหมาะสมกับระดับการรับรู้ของผู้เรียน
3. องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อม และการนำไปใช้
   - 3.1 ด้านวัสดุและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น

3.1.2 ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องตลาด

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ส่วนใหญ่ หาได้ทั่วไป

3.2 ด้านเวลา

3.2.1 ใช้เวลาในการผลิตไม่มากนัก

3.2.2 ใช้เวลาในการแสดงสื่อไม่มากนัก

3.3 ด้านการใช้งาน

3.3.1 สามารถนำไปใช้ได้ง่ายและสะดวกไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน

การประเมินคุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบขึ้นเป็นแบบสอบถาม เพื่อให้ผู้คุณวุฒิพิจารณาว่าในแต่ละประเด็นมีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยได้กำหนดเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบ Likert's Scale

2.6 ใบงานทดลอง

ใบงานทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบในการลงมือปฏิบัติการทดลองของผู้เรียน ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

2.6.1 ความหมายใบงานทดลอง

ใบงานทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้เป็นคำสั่ง เป็นคำแนะนำผู้เรียนให้สามารถปฏิบัติงานการทดลอง หรือ ทำงานอื่นตามที่กำหนดให้ ขนาดของใบงานทดลองนั้น ไม่มีขอบเขตจำกัดแน่นอนอาจจะเป็นขนาดเล็กที่มีความยาวไม่ถึงหนึ่งหน้ากระดาษ หรือ อาจเป็นขนาดใหญ่ที่มีความยาวมากกว่า 10 หน้าขึ้นไปก็มี ขนาดของใบงานทดลองนั้น ขึ้นอยู่กับสาระเนื้อหาวิชาที่ใช้ทำการทดลอง พฤติกรรมที่ต้องการพัฒนาและข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องให้กับผู้เรียน โดยปกติแล้วใบงานสำหรับ Conventional Laboratory ที่ควบคุมขั้นตอนของการดำเนินงานมักจะมีรายละเอียดมากกว่าในงานประเภทอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองประเภท Project Type ที่อิสระต่อผู้ปฏิบัติในการเลือกวิธีดำเนินงาน จะมีรายละเอียดของการดำเนินงานน้อยมาก (ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่. 2537:33)

ชลัด เทพชยุตินันท์ (2531: 52) กล่าวถึงใบงานทดลองไว้ดังนี้ ใบงานทดลองใช้สำหรับเป็นใบสั่งงานในการฝึกที่เน้นทักษะทางสมอง (Intellectual skill) รวมถึงการเรียนรู้ในห้องทดลอง

2.6.2 องค์ประกอบภายในของใบงานทดลอง

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่ (2537: 35-39) ได้กล่าวไว้ว่าใบงานทดลอง ไม่ว่ารูปแบบจะเป็นอย่างไร ใบงานทดลองควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการ อันประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.1 ข้อมูลทั่วไป (Introductory Information) หมายถึง ข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบเรื่องทั่วๆไปในการปฏิบัติงานของการทดลอง แต่ละเรื่องของข้อมูลเหล่านั้นได้แก่

1.วัตถุประสงค์ของการทดลอง ควรจะครอบคลุมความสามารถตามพิสัย (Domain) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และควรจะประกอบด้วยวัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุจำเพาะที่สนับสนุน

2. ความจำเป็น และขอบเขตของการทดลอง (Needs and scope of the experiment) เป็นข้อมูลที่แสดงเหตุผล และประโยชน์ของการฝึกหัดทดลอง

3. การวางแผนงาน เป็นข้อมูลที่ๆให้แนวคิดสำหรับการดำเนินงานได้แก่ ผู้เรียน ข้อมูลเหล่านี้อาจจะเป็นเรื่องของวงจรที่ทำการทดลอง เรื่องเครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ปัญหา และอุปสรรคที่มักจะเกิดขึ้นเสมอ

2.6.2.2 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผน ดำเนินงาน และเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจ และปรับปรุงตัวเองในสิ่งที่ขาดเพื่อจะได้เตรียมตัวหาข้อมูล หรือพัฒนาความรู้ให้พร้อมก่อนที่ลงมือปฏิบัติการทดลอง ข้อมูลดังกล่าวมีดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะพิเศษของเครื่องมือ อุปกรณ์ ข้อควรระวัง หรือ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอ การให้ข้อมูลในเรื่องนี้ควรทำในกรณีที่ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุพิเศษที่นอกเหนือไปจากการใช้งานตามปกติ

2. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน (Entry Behavior) ควรระบุให้ชัดเจนว่าผู้ที่จะปฏิบัติงานที่กำหนดได้นั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถ หรือมีประสบการณ์อย่างใดมาก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตราย หรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้

3. ความรู้ในเนื้อหาวิชา ในการทดลองบางอย่างจำเป็นต้องกล่าวถึงเนื้อหาของการทดลองเพิ่มเติม เพื่อเตือนความทรงจำของผู้ปฏิบัติข้อมูลที่จะให้ในตอนนี้ไม่ใช่ข้อมูลใหม่ แต่เป็นข้อมูลที่อ้างถึงหลักการ หรือ ทฤษฎีที่ผู้ปฏิบัติงานได้ผ่านการเรียนมาแล้ว แต่ควรเป็นข้อมูลในลักษณะของการสรุปประเด็นสำคัญ และชี้ประเด็นของปัญหาทางทฤษฎีในเชิงวิเคราะห์ให้เห็นจุดสำคัญที่จะทำการทดลอง

2.6.2.3 ข้อมูลสำหรับดำเนินการ (Procedural Information) คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนที่เหมาะสม หรือตามที่กำหนดให้ในงานแต่ละเรื่องได้ ลักษณะของงานในชั้นนี้ควรเป็นขั้นของการลงมือปฏิบัติจริง ตั้งแต่การวางแผนจริงๆจากการร่างแบบของงานการกำหนดวงจร และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนกระทั่งถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติ ข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถแยกออกเป็นขั้นตอนได้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน (Manipulative Process) เป็นคำสั่งหรือคำแนะนำในการลงมือปฏิบัติจริง ประกอบด้วยข้อมูลต่อไปนี้

ก. ข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง

ข. ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือ

ค. ข้อมูลในการดำเนินการทดลอง

2. คำแนะนำในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection Process) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปรับแต่งเครื่องมืออุปกรณ์ หรือตั้งอัตราวัดเพื่อหาผลลัพธ์ ของการทดลองที่เหมาะสม ข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วย

ก. การสังเกต (Observation) เป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

ข. การรวบรวมผลลัพธ์ที่ได้ (Data Collection) หลังจากการสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองของผู้ปฏิบัติจะต้องรวบรวม และบันทึกข้อมูลที่ได้อย่างมีระบบ

2.6.2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการสรุปผลลัพธ์ และรายงาน (Conclusion and Report) ใบงานที่ดีนั้นจะให้ข้อมูลในลักษณะที่เป็นคำสั่ง หรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ที่ได้อย่างมีระบบ และสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลภายในใบงานทดลองจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติทำรายงาน และสรุปผลของการทดลองได้ ลักษณะของข้อมูลควรประกอบด้วย

1. ข้อมูลที่ช่วยในการเสนอข้อมูล (Presentation of Data)
2. ข้อมูลที่ช่วยในการแปลความหมายข้อมูล (Interpretation of Data)
3. ข้อมูลที่ช่วยในการอ้างอิงหลักการ (Reference of Data)
4. ลักษณะบางประการของการเขียนรายงาน (Laboratory Report)

2.6.2.5 ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment Information) หมายถึงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ความสามารถ และความเข้าใจ ในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงาน การตรวจสอบในเรื่องนี้อาจทำได้ทั้งทางกว้าง และความลึกของเนื้อหา ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของการทดลองแต่ละประเภท อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เป็นคำถามในใบงานทดลองนั้น อาจจะเป็นลักษณะของคำถามที่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. คำถามในเนื้อหาการทดลอง (Assessment Question)
2. คำถามสรุป (Critical Question)

2.7 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (วรรณวิภา จัตุชัย และคณะ.2551:68-80)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลการเรียนรู้ ความสามารถทางสติปัญญาทั้งหมดของผู้เรียนที่เคยเรียนมา เพื่อนำผลที่ได้รับไปสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคุณลักษณะหรือสมรรถภาพด้านพุทธพิสัยของผู้เรียน ดังนั้นการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้มีคุณภาพจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง

แบบทดสอบ (Test) หมายถึง ชุดของคำถามหรือกลุ่มของงานที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปเร้าให้ผู้เรียนแสดงการตอบสนองอย่างใดอย่างหนึ่งออกมาให้ครูสามารถวัดหรือสังเกตได้ถ้านำไปเร้าแล้วผู้เรียนไม่ตอบสนองหรือตอบออกมาแล้วแต่สังเกตไม่ได้หรือวัดไม่ได้ ก็ไม่ถือว่าเป็นแบบทดสอบ

2.7.1 การสร้างแบบทดสอบแบบอัตนัย

ลักษณะ เป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบ ตอบโดยใช้ความรู้ ภาษา สำนวนเป็นของตัวเอง ผู้ตอบต้องมีความสามารถในการสังเคราะห์ การริเริ่มสร้างสรรค์ เรียบเรียงและจัดระบบความรู้ของตัวเอง เพื่อที่จะตอบคำถามนั้นได้ดี ในแบบทดสอบแบบอัตนัยแต่ละฉบับจะมีจำนวนข้อคำถามไม่มากข้อ เป็นประเภทถามสั้นๆแต่ตอบยาว โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 อย่างคือ

1. แบบไม่จำกัดคำตอบ เป็นคำถามที่ลึก ยั่วยุให้ผู้ตอบเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ไม่จำกัดขอบเขตของสิ่งที่จะตอบ ผู้ตอบมีอิสระในการตอบ ไม่เจาะจงคำตอบถูกมากนัก แต่ต้องการดูเหตุผลและลักษณะคำตอบมากกว่า

2. แบบจำกัดคำตอบ ต้องการคำตอบเฉพาะเจาะจง วัดการจัดระเบียบของความรู้และความคิดของผู้ตอบได้เป็นอย่างดี คำตอบที่แน่นอนมีมากกว่า ทำให้ง่ายในการตรวจ

2.7.1.1 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบอัตนัยมีดังนี้

1. ถามให้ชัดเจน ระบุสิ่งที่ผู้ถามต้องการ เช่น อธิบาย แสดงเหตุผล เสนอแนวคิด เปรียบเทียบความเหมือน-ความแตกต่าง เป็นต้น

2. ถามเฉพาะประเด็นที่สำคัญและเป็นหัวใจของเรื่องนั้น

3. หลีกเลี่ยงการถามความจำโดยตรง

4. ทำเฉลยไว้ก่อนตรวจ เพื่อเป็นแนวทางในการตรวจและเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำถามด้วย

5. มีหลักการตรวจดังนี้

5.1 ตรวจทีละข้อ เพื่อเปรียบเทียบคำตอบของผู้ตอบ เมื่อตรวจครบทุกคนแล้วจึงเริ่มตรวจข้อใหม่ อย่าตรวจทีละคนจบครบทุกข้อ

5.2 กำหนดเกณฑ์และรูปแบบในการให้คะแนนให้ชัดเจน พิจารณาจุดที่จะให้คะแนน และระบุการแบ่งคะแนนในกรณีที่ตอบถูกบางส่วน

5.3 อย่าลำเอียงโดยอาศัยการรู้จักเป็นส่วนตัวหรือมีอคติ จะทำให้เสียความยุติธรรม

5.4 ไม่นำสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องมาเป็นส่วนในการให้คะแนน เช่น ลายมือ ความสะอาด ยกเว้นเป็นลักษณะวิชาและกำหนดเป็นเกณฑ์ในการให้คะแนนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 ข้อดีของแบบทดสอบแบบอัตนัย

1. สามารถวัดกระบวนการทางความคิดได้ เช่น ความสามารถในการเขียนความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การแสดงเหตุผล เป็นต้น

2. วัดความสามารถในการจัดระบบความคิด การรวบรวมความรู้ การเลือก เสนอความรู้และความคิดที่เหมาะสมของตน

3. เหมาะในการใช้วัดความสามารถด้านภาษาและการใช้ภาษา

4. สะดวก ง่ายและใช้เวลาน้อยในการออกข้อสอบ

5. ให้อิสระแก่ผู้ตอบในการตอบคำถามตามความสามารถและความคิดเห็นของตน

6. ส่งเสริมนิสัยการเรียนที่มีประสิทธิภาพ ความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์และอ้างอิง รวมทั้งการมองเห็นความสัมพันธ์ของเหตุผล

2.7.1.3 ข้อเสียของแบบทดสอบแบบอัตนัย

1. มีค่าความเชื่อมั่นต่ำเนื่องจากมีจำนวนข้อน้อย

2. มีความไม่แน่นอนในการตรวจให้คะแนน ขึ้นอยู่กับ

2.1 ผู้ตรวจ

2.2 เวลาที่ตรวจ

2.3 ลายมือของผู้ตอบ

2.4 ความลำเอียง (การชอบ – ไม่ชอบ ของผู้ตอบ)

3. มีความเที่ยงตรงต่ำเนื่องจากวัดได้ไม่ครอบคลุมหลักสูตร บางครั้งไม่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดได้ เพราะมีสิ่งอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น คำถามไม่ชัดเจน ความสามารถในการตีปัญหา เป็นต้น

2.7.2 การสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย

ลักษณะ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำตอบมาให้หรือแบบให้ตอบสั้นๆ ตามที่กำหนดให้ความจริงแล้วคำว่า “ปรนัย” หมายถึงลักษณะ 3 ประการคือ คำถามชัดเจน การให้คะแนนชัดเจนและการแปรคะแนนความหมายชัดเจน ดังนั้นเราจึงเรียกแบบทดสอบที่มีลักษณะ 3 ประการ ว่าแบบทดสอบแบบปรนัย โดยทั่วไปแบบทดสอบแบบปรนัยที่นิยมใช้มี 4 ชนิด คือ

1. แบบถูก – ผิด

2. แบบเติมคำหรือตอบสั้น

3. แบบจับคู่

4. แบบเลือกตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.1 แบบทดสอบแบบถูก – ผิด (True – False Test) ลักษณะ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดประโยคหรือข้อความสั้นๆ มาให้ แล้วให้ผู้ตอบพิจารณาว่าประโยคหรือข้อความนั้น ถูกหรือผิด จริงหรือเท็จ ใช่หรือไม่ใช่ เป็นต้น ตามหลักวิชา ทฤษฎี แนวคิด ที่เคยเรียนมา

2.7.2.1.1 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบถูก – ผิด

1. ไม่ควรยกข้อความจากตำราโดยตรงมาเป็นคำถาม เพราะเป็นการย้ำการวัดพฤติกรรมมากขึ้น
2. ควรใช้ข้อความที่ตัดสินได้เลยว่าถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ
3. ไม่ควรใช้ประโยคปฏิเสธซ้อน
4. จำนวนข้อถูกและผิดควรมีพอๆกัน
5. การถูกและผิดไม่ควรเรียงอย่างเป็นระบบ
6. ไม่ควรหักคะแนนข้อที่ผู้ตอบ ตอบผิด(คะแนนติดลบ)
7. ระวังเรื่องการใช้คำขยาย เช่น เสมอๆ อาจจะ บางที ทั้งหมด เป็นต้น
8. ประโยคหรือข้อความควรอ่านง่าย ไม่ซับซ้อน ยกเว้นต้องการวัดความสามารถด้านภาษา

2.7.2.1.2 ข้อดีของแบบทดสอบแบบถูก – ผิด

1. เหมาะในการวัดพฤติกรมพื้นฐานด้านความรู้ ความจำ
2. ง่าย ใช้เวลาน้อย
3. ตอบง่าย วิธีการตอบไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน
4. ตรวจให้คะแนนง่าย

2.7.2.1.3 ข้อเสียของแบบทดสอบแบบถูก – ผิด

1. เดาได้ง่าย
2. วัดพฤติกรรมระดับสูงไม่ได้
3. ไม่สามารถชี้จุดอ่อนของการเรียนได้อย่างแท้จริง
4. บางเรื่องไม่สามารถตัดสินได้ตามหลักวิชาว่า ถูกหรือผิด ได้อย่างสมบูรณ์

2.7.2.2 แบบทดสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น (Completion or Short – Answer Test) ลักษณะ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ไม่สมบูรณ์ กำหนดให้ผู้ตอบเติมคำ ข้อความ ประโยค ศัพท์ ฯลฯ ลงในช่องว่างให้ได้ใจความสมบูรณ์และถูกต้อง หรือเป็นประโยคคำถามแล้วให้ผู้ตอบ ตอบสั้นๆเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.2.1 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น

1. คำหรือข้อความที่เติมควรเป็นคำตอบที่เฉพาะเจาะจง ไม่ตีความหมายหลายอย่างซึ่งจะเป็นปัญหาในการตรวจให้คะแนน

2. ไม่ควรใช้ข้อความหรือประโยคจากตำราโดยตรง เพราะเป็นการถามความจำ

3. คำตอบที่ถูกต้องเป็นไปตามหลักวิชา ไม่ถามความคิดเห็นหรือความรู้สึกของผู้ตอบ

4. ช่องว่างที่เว้นให้เติมต้อง

4.1 ควรอยู่ท้ายข้อความหรือท้ายประโยค ไม่อยู่ต้นประโยค

4.2 ขนาดของช่องว่างควรเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน และเพียงพอสำหรับตอบคำถาม

4.3 แต่ละข้อควรเติมเพียงอย่างเดียว

5. สิ่งที่เติมต้องเป็นส่วนสำคัญ เป็นประเด็นหลักของข้อความ

2.7.2.2.2 ข้อดีของแบบทดสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น

1. วัดความรู้ – ความจำได้ดี

2. สร้างง่าย ใช้ได้กับทุกวิชา

3. เดาได้ยาก ผู้ตอบต้องมีความรู้จึงจะตอบได้

4. เหมาะสมกับวิชาที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง สูตร กฎ การคำนวณ เป็นต้น

5. มีจำนวนมากข้อ ทำให้วัดได้ครอบคลุมหลักสูตร

2.7.2.2.3 ข้อเสียของแบบทดสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น

1. ไม่สามารถวัดความสามารถทางสมองขั้นสูงได้

2. คำถามมักไม่ชัดเจน ทำให้สามารถตอบถูกได้มากกว่า 1 คำตอบ

3. เสียเวลาในการตรวจ และให้คะแนนไม่ชัดเจน

2.7.2.3 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching Test) ลักษณะ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยคำหรือข้อความ 2 ชุดที่มีความสัมพันธ์กัน ให้ผู้ตอบจับคู่ข้อความทางซ้ายและทางขวาที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น จับคู่ระหว่างคำศัพท์และคำแปล ชื่อบุคคลและสิ่งประดิษฐ์ เหตุการณ์และชื่อบุคคล เวลาและสถานที่ ฯลฯ

2.7.2.3.1 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบจับคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ข้อความที่เป็นตัวเลือกทางขวามือต้องมีจำนวนมากกว่าข้อความทางด้านซ้ายมือ อย่างน้อย 3 – 4 ข้อ เพื่อลดโอกาสในการเดา

2. ข้อความแต่ละด้านต้องเป็นเอกพันธ์ คืออยู่ในกลุ่มเดียวกัน หรือเรื่องเดียวกันทั้งหมด

3. ข้อความทางซ้ายมือควรมีจำนวนไม่เกิน 15 ข้อ

4. ข้อความที่ให้เลือกทางขวามือควรสั้นและได้ใจความชัดเจน

5. ระบุให้ชัดเจนว่าให้จับคู่ระหว่างสิ่งใดหรือยึดหลักอะไร มิฉะนั้นจะทำให้ผู้ตอบงงและเสียเวลา ควรระบุหัวข้อหรือชื่อเรื่องไว้บนข้อความทั้งสองด้าน

6. ระบุวิธีการตอบให้ชัดเจน เช่น ลากเส้นโยงระหว่างคู่จับคู่แบบไม่ซ้ำกัน หรือจับคู่แบบซ้ำกัน

7. ควรพิมพ์ข้อความทั้งสองด้านให้อยู่ในหน้าเดียวกันเพื่อให้ตอบได้สะดวกขึ้น

2.7.2.3.2 ข้อดีของแบบทดสอบแบบจับคู่

1. สร้างง่าย รวดเร็ว
2. ตรวจง่าย ให้คะแนนตรงกัน
3. วัดเรื่องราวที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ได้ดี
4. เหมาะในการวัดความจำ
5. ประหยัดกระดาษ
6. ใช้ได้กับนักเรียนระดับอนุบาลหรือประถม

2.7.2.3.3 ข้อเสียของแบบทดสอบแบบจับคู่

1. วัดสมรรถภาพขั้นสูงได้ยาก
2. ถ้าสร้างไม่ดี คำสั่งไม่ชัดเจน จะทำให้เสียเวลาในการตอบ
3. โอกาสในการตอบถูกแต่ละข้อไม่เท่ากัน เพราะจำนวนตัวเลือกจะน้อยลง
4. บางแบบตรวจยาก เช่น การจับคู่แบบเรียงอันดับ
5. เนื้อหาไม่เป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) วัดเรื่องเดียวกันลำบาก
6. ประสิทธิภาพน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.4 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple – choices Test) ลักษณะเป็นแบบทดสอบที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันทั้งที่เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างเองและแบบทดสอบมาตรฐาน มาประกอบด้วยกัน 2 ส่วน คือ

1. ปัญหา คำถาม หรือตอนนำ (Problem, Question or Stem)

2. ตัวเลือก หรือคำตอบ (Choices or Answers) มี 2 ประเภทคือ

2.1 ตัวถูก (Correct Answer) เป็นตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดหรือดีที่สุดสำหรับคำถาม มีเพียงคำตอบเดียว

2.2 ตัวลวง (Distracter or Foil Answer) เป็นตัวเลือกที่ผิดและลวงให้ผู้ตอบที่ไม่มีความรู้เข้าใจว่าเป็นตัวถูก ใน 1 ข้อ อาจมีตัวเลือก 3 – 6 ตัวเลือกก็ได้แล้วแต่ระดับชั้นของผู้ตอบ เช่น

- ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 2 ควรมี 3 ตัวเลือก
- ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 ควรมี 4 ตัวเลือก
- ชั้นมัธยม หรือสูงกว่า ควรมี 5 ตัวเลือก

แบบทดสอบแบบเลือกตอบมี 3 แบบ คือ

1. แบบคำถามเดี่ยว (Single Question) แต่ละข้อมีคำถามและตัวเลือกเฉพาะข้อไม่ต้องอาศัยตัวเลือกจากข้ออื่น

2. แบบตัวเลือกคงที่ (Constant Choice) กำหนดตัวเลือกใช้ชุดหนึ่ง เพื่อใช้ตอบคำถามมากกว่า 1 ข้อ ซึ่งคำถามต้องเป็นเรื่องเดียวกันหรือเกี่ยวพันเป็นลักษณะทำนองเดียวกัน

3. แบบสถานการณ์ (Situation) โดยกำหนดสถานการณ์ให้ผู้ตอบพิจารณา และตอบคำถามโดยยึดสถานการณ์นั้นเป็นหลัก แบบนี้ออกอยากกว่าแบบอื่นแต่มีคุณค่ามากกว่า

2.7.2.4.1 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1. เขียนคำถามให้เป็นประโยคคำถามที่สมบูรณ์
2. คำถามควรใช้คำพอเหมาะ ไม่ฟุ่มเฟือย
3. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ
4. เขียนคำถามให้ชัดเจนและตรงจุด
5. ถามข้อละปัญหาเดียวหรือเรื่องเดียว
6. ใช้ภาษาให้เหมาะกับวัยของผู้ตอบ
7. ข้อเดียวต้องมีข้อถูกข้อเดียว
8. ใช้ตัวถูกและผิดให้เป็นตามหลักวิชา
9. เรียงลำดับตัวเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ให้ตัวเลือกแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน

11. ระวังเรื่องเพศและพจน์ของคำถามและตัวเลือก

12. ตัวถูกและตัวลวงควรให้สั้นยาวเสมอกัน

13. อย่าแนะคำตอบซึ่งกันและกัน

14. อย่าใช้ศัพท์หรือภาษาแปลกกว่าคำอื่นๆ

15. ตัวถูกและตัวลวงอย่าเด่นชัดจนเกินไป

16. คำถามต้องเร้าให้นักเรียนได้ใช้ความคิด

17. ตัวเลือกต้องเป็นเอกพันธ์

18. หลีกเลี่ยงการถามเรื่องที่เด็กคล่องปาก เช่น คำขวัญ คำพังเพย สุภาษิต

19. ใช้ตัวเลือกปลายปิด(ถูกทุกข้อ)และตัวเลือกปลายเปิด(ผิดทุกข้อหรือไม่มีข้อใดถูก)ให้เหมาะสมกับหลักวิชา

20. ใช้ภาพประกอบคำถามเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น

21. อย่าให้ตัวถูกมีคำซ้ำหรือเสียงซ้ำกับคำถาม

22. กระจายตัวถูกให้เท่าๆกัน และอย่าเรียงเป็นระบบควรสุ่มตัวถูกให้อยู่ในตัวเลือกต่างๆกัน

2.7.2.4.2 ข้อดีของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1. วัดพฤติกรรมด้านพุทธพิสัยได้ครบทั้ง 6 ด้าน

2. มีความเที่ยงตรงสูง เพราะวัดได้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการ

3. มีโอกาสเดาได้น้อยกว่าแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดอื่นๆ

4. ใช้ทดสอบได้กับผู้ตอบทุกระดับ

5. วัดได้กับทุกวิชา

6. วิธีการตอบง่าย

7. ตรวจได้เร็วและยุติธรรม

8. สามารถวัดเพื่อวินิจฉัยหาจุดบกพร่องของผู้ตอบได้

9. จำนวนข้อมาก วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการ

10.เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน

2.7.2.4.3 ข้อเสียของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1. สร้างยาก และใช้เวลามาก เพราะมีตัวเลือกจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดคุณลักษณะบางประการได้ไม่ชัดเจน เช่น ความสามารถในการเรียบเรียงภาษาของตนเอง การให้เหตุผล การเสนอความคิดสร้างสรรค์ เพราะเป็นการตอบคำตอบที่กำหนดให้

3. ผู้ตอบเดายาก

4. วัดทักษะบางอย่างไม่ได้ เช่น การปฏิบัติ ภาษา

2.7.3 การสร้างแบบทดสอบแบบสังเกต

แบบสังเกตเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยการใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกต แล้วผู้สังเกตเป็นฝ่ายบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ อาจบันทึกได้หลายวิธี เช่น การเขียน การอัดเสียงลงในแถบบันทึกเสียง บันทึกเหตุการณ์ไว้ในวีดีโอ วิธีการสังเกตเหมาะสำหรับการศึกษาพฤติกรรมและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ประเภทของแบบสังเกต แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตเข้าไปมีส่วนร่วมอยู่ในเหตุการณ์หรือกิจกรรมนั้น ๆ การเข้าไปมีส่วนร่วมนี้อาจเป็นลักษณะมีส่วนร่วมโดยสมบูรณ์ (Completion Participant) หรือมีส่วนร่วมโดยไม่สมบูรณ์ (Incompletion Participant) แบบมีส่วนร่วมโดยสมบูรณ์ ผู้สังเกตจะเข้าไปเป็นสมาชิกคนหนึ่งของกลุ่มและเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของกลุ่ม เช่นเดียวกับผู้ถูกสังเกต การมีส่วนร่วมโดยสมบูรณ์ผู้ถูกสังเกตจะไม่รู้ตัวว่ากำลังถูกสังเกต จึงมีพฤติกรรมตามปกติ แต่แบบมีส่วนร่วมโดยไม่สมบูรณ์ ผู้สังเกตจะเข้าไปร่วมกิจกรรมบ้างตามสมควร เพื่อสร้างความสัมพันธ์กับกลุ่มถูกสังเกต ผู้ถูกสังเกตจะรู้ว่ากำลังถูกสังเกต

2. การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม (Non Participant Observation) เป็นการสังเกตที่ผู้สังเกตจะอยู่นอกวงผู้ถูกสังเกต ทำตนเป็นบุคคลภายนอก ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมกับผู้ถูกสังเกตเลย ขณะสังเกตผู้สังเกตอาจจะอยู่ในบริเวณเดียวกันหรืออยู่นอกบริเวณเหตุการณ์ที่สังเกตก็ได้ และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมนี้ก็มีทั้งแบบที่ผู้สังเกตรู้ตัวและไม่รู้ตัวว่ากำลังถูกสังเกต

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีประโยชน์มากในการวัดความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน ในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ผู้สร้างต้องรู้หลักการสร้างแบบทดสอบแต่ละประเภทและสร้างโดยยึดหลักการสร้างอย่างเคร่งครัดและต้องหมั่นฝึกทักษะในการสร้างแบบทดสอบในวิชาที่ตนรับผิดชอบ เพื่อให้สามารถสร้างแบบทดสอบได้อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพ นำไปวัดผลและประเมินผลผู้เรียนทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง อันจะทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน และการวัดผลต่อไป

2.8 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

การประเมินของชุดทดลอง จะประเมินจากผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ของกลุ่มตัวอย่าง โดยการเปรียบเทียบ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ จากการทำแบบฝึกหัด (Exercise) ระหว่างการใช้ชุดการสอนแต่ละหน่วยกับคะแนนจากการทำแบบทดสอบรวม (Post-test) หลังจากการฝึกหรือการเรียนเสร็จสิ้นลง โดยใช้สูตร E_1 / E_2 ซึ่งเป็นที่นิยมกัน และมีเกณฑ์กำหนดไม่น้อยกว่า 80/80 (วัลลภ จันทร์ตระกูล.2552:27)

สำหรับการคำนวณเพื่อประเมินค่าประสิทธิภาพของสื่อการสอนหาได้จากสูตรดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ.2533:139)

$$E_1 = \left[\frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \right] \times 100$$

$$E_2 = \left[\frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \right] \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอน

E_2 คือ ประสิทธิภาพของชุดการสอนในการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียน

EX คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการฝึกปฏิบัติระหว่างการทดลอง

EY คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

A คือ คะแนนเต็มรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติระหว่างการทดลอง

B คือ คะแนนเต็มรวมของผู้เรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างชุดทดลองเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ดังมีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปราโมทย์ วาดเขียน(2531: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้งาน OTA เพื่อนำไปใช้งานเป็นวงจรลักษณะต่างๆ ผลการวิจัยพบว่าคุณสมบัติของวงจรที่ถูกสร้างขึ้นทำงานได้อย่างมีสิทธิภาพใกล้เคียงกับผลทฤษฎีอย่างน่าพอใจ และสรุปผลการวิจัยในแต่ละบทดังนี้

บทที่ 2 เรื่องการพิจารณาคุณสมบัติของ OTA พบว่าสามารถที่จะทำงานได้เป็น VCCS ได้ดีในช่วงความถี่ต่ำ และทำงานได้เป็นเชิงเส้นในช่วงอินพุตต่ำกว่า 20 mV

บทที่ 3 เรื่องของไจเรเตอร์พบว่า วงจรที่สร้างขึ้นสามารถนำเอาไปอินเวอร์ตค่าอิมพีแดนซ์ใดๆ แล้วอิมพีแดนซ์ที่อินเวอร์ตได้สามารถที่จะปรับค่าได้ด้วยการปรับค่ากระแสไบอัสให้แก่ OTA ซึ่งผลที่ได้สามารถใช้งานได้ดี

บทที่ 4 เรื่องการสร้างวงจรเลียนแบบขดลวดเหนี่ยวนำชนิดพิเศษ ที่มีการไหลของกระแสเข้าออกที่ขั้วใดขั้วหนึ่งของขดลวดที่เลียนแบบได้ ผลที่ได้พบว่าค่าขดลวดเหนี่ยวนำที่เลียนแบบได้สามารถปรับค่าได้โดยการปรับค่ากระแสไบอัสให้แก่ OTA และการต่อใช้งาน UL แบบลอยตัวกับแหล่งกำเนิดศักดาไฟฟ้านั้นยังไม่เกิดการโหลดขึ้นอีกด้วย ซึ่งนับว่าวงจรนี้ทำงานได้ดีและมีประโยชน์มาก

บทที่ 5 เรื่องการคูณสัญญาณพบว่า จากวงจรที่สร้างขึ้นสามารถปรับค่าสัมประสิทธิ์ของการคูณได้ และยังสามารถทำการลดอิทธิพลของอุณหภูมิลงได้ ซึ่งจากผลการทดลองวงจรสามารถทำงานได้ดีเป็นที่น่าพอใจ

บทที่ 6 วงจรทวีความถี่ 3 เท่าพบว่า ในทางปฏิบัติวงจรไม่สามารถที่จะทำงานได้อย่างสมบูรณ์ เพราะปัญหาการนำกระแสเพียงทิศทางเดียวของไดโอดไบอัส OTA กระนั้นก็ตามวงที่สร้างขึ้นยังได้เปรียบวงจรชนิดอื่นที่ใช้หลักการแบบเดียวกัน โดยสามารถดัดแปลงเป็นวงจรทวีความถี่ 2 เท่าได้

บทที่ 7 เครื่องมือวัดความถี่ พบว่าวงจรที่สร้างขึ้นไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนวงจรอื่น และทำความเข้าใจหลักการได้ง่ายกว่า ผลการทดลองเห็นว่าสามารถทำงานได้จริงโดยคุณสมบัติเป็นเชิงเส้นระหว่าง f-v ด้วย ซึ่งวงจรนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปใช้งานในระบบต่างๆ

บทที่ 8 การใช้งาน OTA ร่วมกับวงจรอื่นๆ นอกจากวงจรจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่ยืดหยุ่นในการปรับค่าต่างๆได้ดี และการประยุกต์ใช้ OTA ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆส่วนใหญ่แล้วทำให้ประหยัดอุปกรณ์ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวงจรสามารถทำงานได้ดี

ยุทธพิชัย กล้าหาญ(2546: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่ วิชาออปแอมป์และไอซี หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2546 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขาวิชา ช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยที่ได้พบว่าชุดทดลองปฏิบัติการวงจรกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.85/85.60 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ผลคะแนนเฉลี่ยโดยการสังเกตระหว่างการปฏิบัติทดลองในแต่ละหัวข้อของนักศึกษาได้เท่ากับ 84.85 และประสิทธิภาพที่ได้จากนักศึกษาที่ทำคะแนนตามแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการสังเกตการณ์ปฏิบัติการทดลองขั้นสุดท้ายเท่ากับ 85.60 ซึ่งทั้งสองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผลความคิดเห็นจากแบบประเมินผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.80 อยู่ในระดับดีมาก เป็นที่ยอมรับจากผู้ทรงคุณวุฒิโดยสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุชาติ หัตถ์สุวรรณ (2547: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 สถาบันราชภัฏธนบุรี จำนวน 15 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง มีประสิทธิภาพ 83.81/82.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

ผลการวิจัยพบว่า การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง มีค่าเฉลี่ยระหว่างเรียนจากการปฏิบัติ 5 ใบงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.81 และมีประสิทธิภาพจากคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว มีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 82.34 ซึ่งค่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสองเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลการวิเคราะห์จากแบบประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหามีค่าเฉลี่ย 4.47 อยู่ในระดับคุณภาพดี และด้านชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 4.50 อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก โดยสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คมเพ็ชร หิรัญญพาณิช (2548: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP เพื่อหาคุณภาพของชุดทดลอง โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จำนวน 10 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวได้มาจากวิธีการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่านพบว่าชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 และส่วนของใบงานได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.57 ชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ได้เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 ท่านได้ผลอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.56 และจากการประเมินคุณภาพในส่วนของใบงานทดลองมีผลอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นเดียวกันโดยมีค่าเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.57 ลักษณะทางกายภาพเหมาะสมต่อการใช้งาน แข็งแรงทนทาน สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งทำให้ผู้ที่สนใจด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเกิดความสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้งาน

วีรพงษ์ พฤกษชาติ (2548: บทคัดย่อ) วัตถุประสงค์ในการทำวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของใบงานปฏิบัติ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคระยอง จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองทั้ง 12 ใบงานปฏิบัติการ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.60 และจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.36 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ดังนั้นใบงานปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรม Pspice มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองในแต่ละใบงานปฏิบัติมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 88.60 และคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการทดลองครบทุกใบงานทดลอง มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.36 ซึ่งค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองสูงกว่าเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานปฏิบัติจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านรูปแบบใบงานมีค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก ด้านเนื้อหามีค่าเฉลี่ย 4.54 อยู่มนระดับดีมากเช่นกัน ทำให้ใบงานปฏิบัติการมีคุณภาพอย่างมาก อีกทั้งทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ เกิดแรงจูงใจ มีความสนใจในการเรียน มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย จึงทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

กัญญาลักษณ์ นุชประยูร(2550: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ปีการศึกษา 2550 จำนวน 25 คน โดยทำการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.85/85.60 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้เป็นไปตามมาตรฐานการวิจัย และพบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน มีค่าประสิทธิภาพจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 82.5 และค่าประสิทธิภาพจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 80.56 ซึ่งทั้งสองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และมีระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับเฉลี่ย 3.83 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความสนใจที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนรู้เนื้อหาด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ในปีการศึกษา 2554 จำนวน 18 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักศึกษา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ในปีการศึกษา 2554 จำนวน 15 คน คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ หรือ E_1 / E_2 ของชุดทดลองที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ใบงานทดลองสำหรับให้นักศึกษาปฏิบัติการทดลอง โดยในแต่ละใบงานทดลองจะมีองค์ประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ชื่อเรื่องการทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1.3 รายการอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1.4 ทฤษฎีและคำแนะนำที่เกี่ยวข้อง

1.5 ลำดับขั้นในการทดลอง

1.6 ผลการทดลอง

1.7 คำถาม

1.8 สรุปผลการทดลอง

1.9 แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

2. ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

3.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.3.1 การสร้างใบงานทดลอง

3.3.1.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา เพื่อให้ใบงานทดลองมีความสัมพันธ์กับชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และเพื่อใช้เป็นส่วนอ้างอิงการเขียนเนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในใบงานทดลอง

3.3.1.2 การสร้างใบงานทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ชื่อเรื่องการทดลอง
2. วัตถุประสงค์ในการทดลอง
3. ทฤษฎีและคำแนะนำที่เกี่ยวข้อง
4. รายการอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้
5. ลำดับขั้นในการทดลอง
6. ผลการทดลอง
7. สรุปผลการทดลอง
8. คำถามท้ายการทดลอง

3.3.1.3 นำใบงานทดลองที่สร้างเสร็จเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ แล้วนำมาทำการปรับปรุงแก้ไข

3.3.1.4 นำใบงานทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาตรวจสอบและประเมินคุณภาพ ดังมีรายนามต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผศ.พิชญ์สินี มะโน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ผศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. ผศ.วันชัย ซันประสิทธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

โดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่านได้ตอบแบบประเมินด้านเนื้อหาของใบงานทดลองที่สร้างขึ้น ซึ่งผลการประเมินด้านเนื้อหาของใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

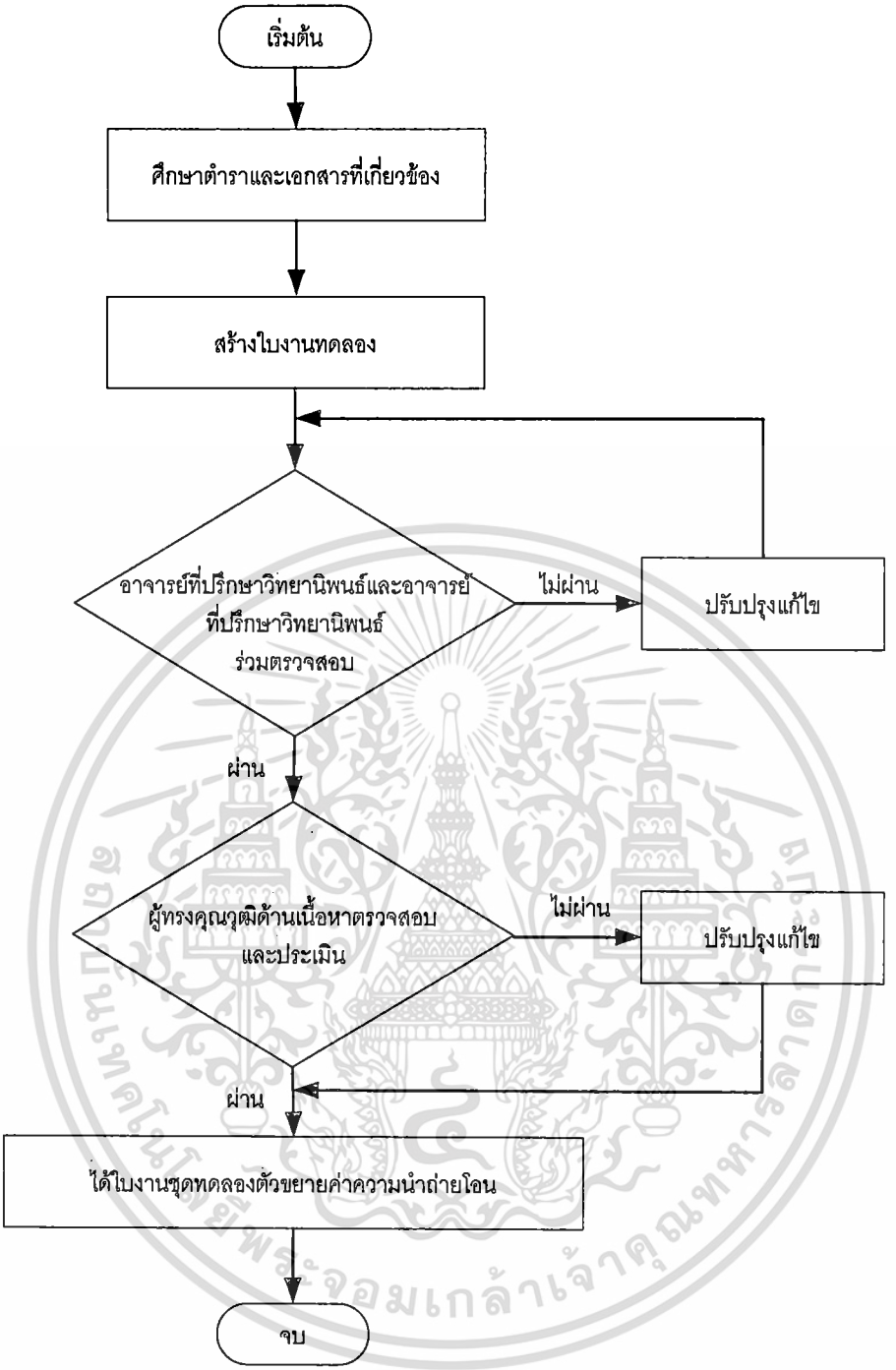
3.3.1.5 ปรับปรุงและแก้ไขเนื้อหาของใบงานทดลองตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำ ดังนี้

1. ปรับปรุงเวลาของการทดลองให้เหมาะสมตามเนื้อหาในแต่ละหน่วย
2. ปรับปรุงรูปภาพวงจรในใบงานทดลองให้สอดคล้องกับการทดลอง
3. ปรับปรุงลำดับขั้นตอนการทดลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. ปรับปรุงแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบอีกครั้ง

3.2.1.6 นำใบงานทดลองไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงานทดลอง

3.3.2 การสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

3.3.2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์และตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ โอทีเอ และสอบถามอาจารย์ผู้ที่สอนรายวิชา เพื่อกำหนดแนวทางในรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหาต่างๆของชุดทดลอง รวมถึงศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลองปฏิบัติ ค้นคว้าเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์และตำราต่างๆ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการทำงานวงจรการทดลอง และการคำนวณการออกแบบวงจร

3.3.2.2 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานของชุดทดลอง

3.3.2.3 ออกแบบและสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

3.3.2.4 นำชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ แล้วนำมาทำการปรับปรุงแก้ไข

3.3.2.5 นำชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลองตรวจสอบและประเมินคุณภาพ ดังมีรายนามต่อไปนี้

1. รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผศ.พิชญ์สินี มะโน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ผศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. ผศ.วันชัย ซันประสิทธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

โดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน ได้ตอบแบบประเมินด้านชุดทดลองที่สร้างขึ้น ซึ่งผลการประเมินด้านชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58

3.3.2.6 นำชุดทดลองไปทดลองใช้กับนักศึกษา สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรมแขนงอิเล็กทรอนิกส์ ที่ จำนวน 3 คน เป็นตัวอย่างย่อย โดยคัดเลือกจากนักศึกษาที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับเก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน และอ่อน 1 คน โดยสังเกตุพฤติกรรมดังนี้

ในระหว่างที่ทำการทดลอง ผู้วิจัยได้สังเกตุพฤติกรรมของนักศึกษาของแต่ละคน ผลปรากฏว่านักศึกษาที่มีผลการเรียนดีมีข้อซักถามเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง การเชื่อมต่อวงจรและสามารถทำการทดลองผ่านได้ในแต่ละหัวข้อ ส่วนนักศึกษาที่มีผลการเรียนระดับปานกลางและต่ำไม่เข้าใจการทดลองในบางจุด รวมถึงมีการซักถามในข้อที่สงสัยเพื่อหาสาเหตุ เช่น การเชื่อมต่อวงจร การกำหนดค่าอุปกรณ์ การปรับค่ากระแส และกำหนดย่านวัดของเครื่องมือที่ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

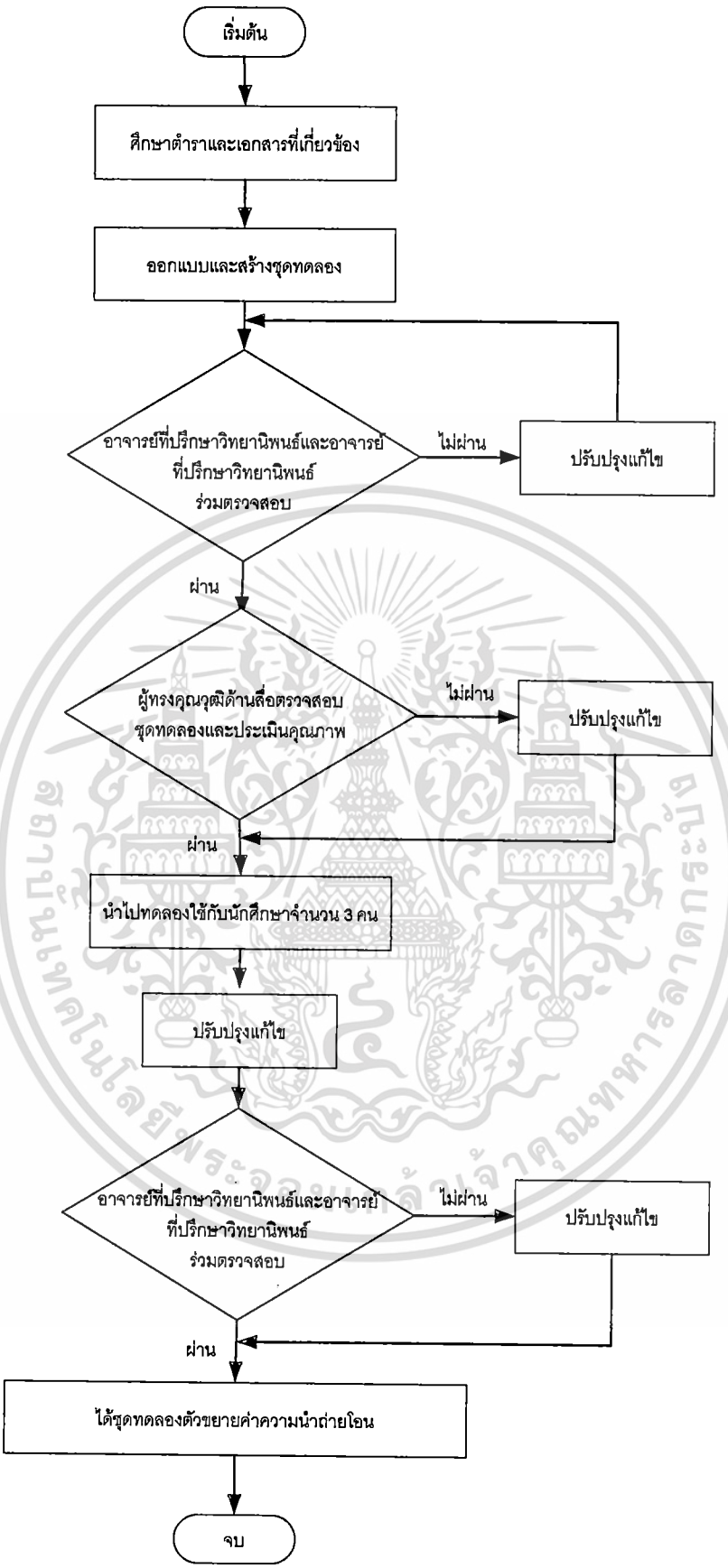
เนื่องจากขาดความรอบคอบและไม่อ่านลำดับขั้นตอนของการทดลอง ผู้วิจัยได้บันทึกพฤติกรรมต่างๆของนักศึกษาเอาไว้เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.3.2.7 นำข้อบกพร่องที่ได้มาทำการปรับปรุงแก้ไข โดยอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการกำหนดค่าอุปกรณ์ การปรับค่าต่างๆของอุปกรณ์ และวิธีการใช้เครื่องมือ แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง

3.3.2.8 นำชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

โดยนำคะแนนระหว่างการทดลองของนักศึกษาทั้งหมดรวมกับแบบฝึกหัดท้ายการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยร้อยละ คิดเป็นประสิทธิภาพ E_1 และหลังจากทดลองครบทุกใบงานแล้ว นักศึกษาจะต้องทำแบบทดสอบหลังการเรียนรวมเพื่อหาค่าเฉลี่ยร้อยละ คิดเป็นประสิทธิภาพ E_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบและวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ของรายวิชาเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

3.3.3.2 สร้างแบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน

3.3.3.3 นำแบบทดสอบที่ได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.4 นำแบบทดสอบที่แก้ไขแล้ว ให้ผู้ทรงคุณวุฒิหาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน +1 หมายถึง คำถามหรือแบบทดสอบนั้นมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามหรือแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 หมายถึง คำถามหรือแบบทดสอบนั้นไม่มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏว่า ความสอดคล้องระหว่างแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไปกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ความสอดคล้องของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 และความสอดคล้องของแบบทดสอบรวมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 0.80-1.00

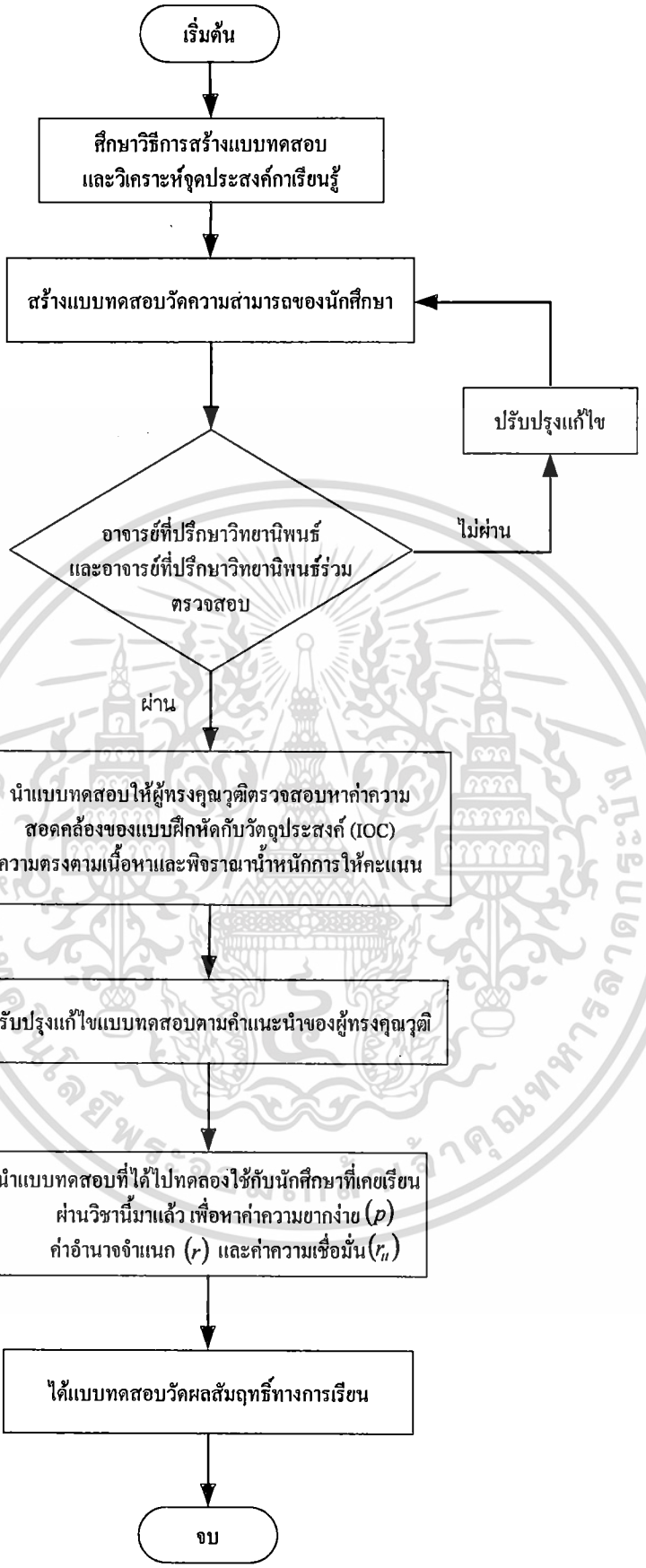
3.3.3.5 ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

1. การจัดเรียงลำดับของคำตอบ
2. แก้ไขคำผิดต่างๆ
3. ปรับปรุงแก้ไขในบางข้อที่ไม่ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3.3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 2 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 15 คน ที่เคยเรียนผ่านวิชานี้มาแล้วโดยแบบทดสอบท้ายใบงานมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 – 0.93 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.13 – 0.75 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.69 ส่วนแบบทดสอบรวมมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.13 – 0.75 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.837

3.3.3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.3.4.1 รวบรวมข้อมูลและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเป็นแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

3.3.4.2 กำหนดประเด็นในการประเมินโดยแบ่งแยกเป็นเป็น 2 ด้านดังนี้

1. ด้านเนื้อหา
2. ด้านชุดทดลอง

โดยได้กำหนดรูปแบบแบบสอบถามที่ใช้ เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาว่าในแต่ละประเด็นมีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบ Likert's Scale ไว้ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเกณฑ์การประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาประกอบด้วย

5 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับที่ดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับที่ดี

3 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

1 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

คะแนนเฉลี่ยของการประเมินคุณภาพด้านชุดทดลองสามารถนำมาแปรผลได้ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพดี

2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพดีพอใช้

1.00-1.49 หมายถึง คุณภาพต้องปรับปรุง

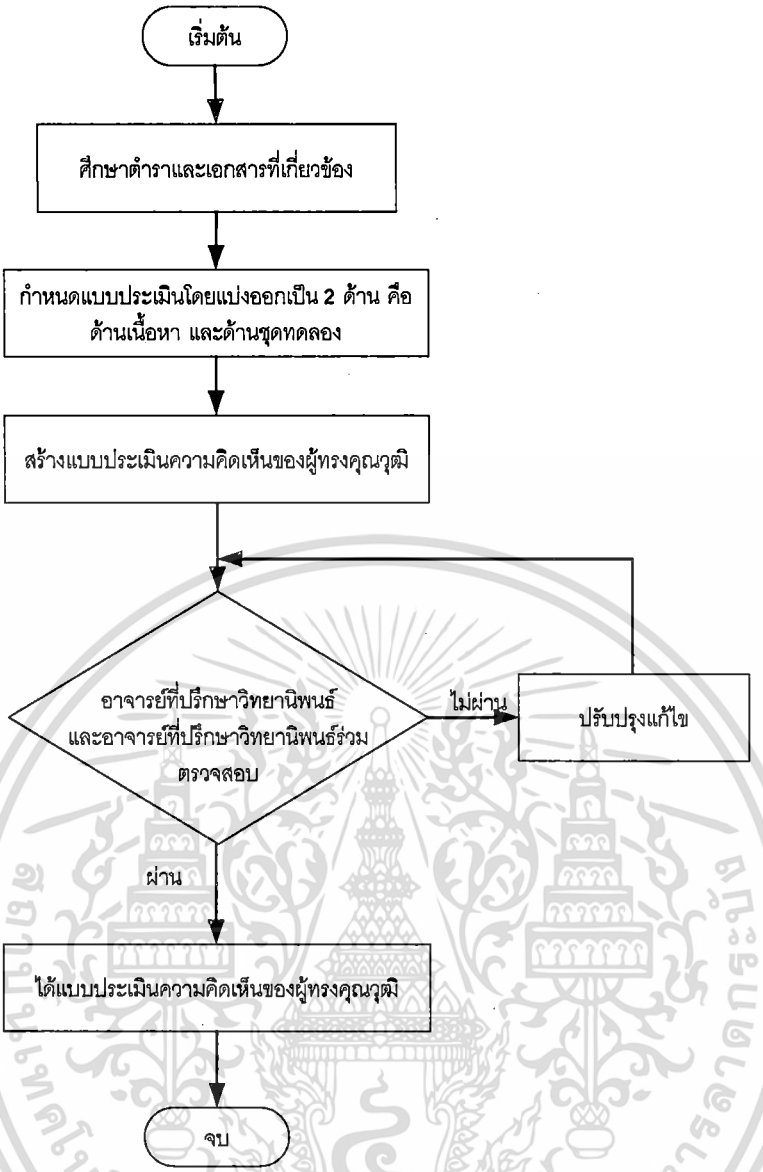
ใช้คะแนนเฉลี่ยเกณฑ์การประเมินคุณภาพตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2535:124)

3.3.4.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

3.3.4.4 นำแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่ได้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไข

3.3.4.5 นำแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่แก้ไขแล้วไปใช้เพื่อการวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนของการทดลองใช้ใบงานทดลองและชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ และลำดับขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เนื่องจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นผู้สอนในรายวิชา การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนัดหมายกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี (หลักสูตร 5 ปี) สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แนะนำชุดทดลองและใบงานทดลองแก่นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดก่อน โดยให้ทราบถึงขอบข่ายการใช้งาน หลักการในการทำงาน ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง วิธีการปฏิบัติก่อนการทดลอง และอธิบายทฤษฎีพร้อมคำแนะนำในการทดลองทุกครั้ง ก่อนลงมือทำการทดลอง

3. ทำการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล โดยการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 8 ใบงานทดลอง แบ่งการทดลองเนื้อหา ดังนี้

ใบงานทดลองที่ 1 ประกอบด้วย วงจรภายในพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

ใบงานทดลองที่ 2 ประกอบด้วย คุณสมบัติพื้นฐานของวงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน

ใบงานทดลองที่ 3 ประกอบด้วย วงจรขยายแรงดัน

ใบงานทดลองที่ 4 ประกอบด้วย วงจรอินทิเกรเตอร์

ใบงานทดลองที่ 5 ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่

ใบงานทดลองที่ 6 ประกอบด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

ใบงานทดลองที่ 7 ประกอบด้วย วงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ

ใบงานทดลองที่ 8 ประกอบด้วย วงจรคูณสัญญาณ

4. นำคะแนนของแบบทดสอบที่ได้ระหว่างการทดลองมาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และหลังจากทดลองครบทั้ง 8 ใบงานทดลองแล้ว ทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งโดยให้นักศึกษาแต่ละคนทำแบบทดสอบรวม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารวมทุกเรื่อง นำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพ หรือ E_1 / E_2 ตามเกณฑ์ 80/80

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (พูลทรัพย์นาคนาคา 2552: 269-270) ใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-Objective Congruence)

R คือ คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป เพื่อนำไปใช้งาน

3.5.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยการหาค่าความยากง่าย การหาค่าอำนาจจำแนก และการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.1 หาค่าความยากง่าย (Difficulty) (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538: 237) ดังนี้

$$p=\frac{f_H+f_L}{N_H+N_L}$$

เมื่อ p หมายถึง ระดับความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

f_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

f_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

ขอบเขตของค่า p และความหมาย

0.80 – 1.00 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

0.60 – 0.79 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.40 – 0.59 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดี)

0.20 – 0.39 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)

0.00 – 0.19 เป็นข้อสอบที่ยากมาก (ใช้ได้)

3.5.2.2 หาค่าอำนาจจำแนก (r) (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538: 237) ดังนี้

$$r=\frac{f_H-f_L}{N_H}$$

เมื่อ r หมายถึง ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

f_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

f_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง

ขอบเขตของค่า r และความหมาย

0.40 ขึ้นไป ค่าอำนาจจำแนกสูง (คุณภาพดี)

0.30 – 0.39 ค่าอำนาจจำแนกปานกลาง (คุณภาพดีพอสมควร)

0.20 – 0.29 ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ (คุณภาพพอใช้ได้)

0.00 – 0.19 ค่าอำนาจจำแนกต่ำ (คุณภาพใช้ไม่ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 หาค่าความเชื่อมั่นวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538: 142) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right\}$$

เมื่อ r_{tt} หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

K หมายถึง จำนวนข้อสอบทั้งหมด

p หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

q หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ

S^2 หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 การหาคะแนนเฉลี่ย $(\overline{X})$ (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538 : 151) ใช้สูตรดังนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum$ คือ ผลรวมของคะแนน

X คือ คะแนนแต่ละจำนวน

N คือ จำนวนข้อมูล

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนแต่ละจำนวน

การแปรความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้ (ประคอง กรรณสูตร. 2542: 74)

4.50 – 5.00	มากที่สุด
3.50 – 4.49	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด

3.6.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538: 162) ใช้สูตรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวน

$\bar{X}$ หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย

Σ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

N หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.6.3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง (ไชยยศ เรืองสุวรรณ.2533:139)

$$E_1 = \left[\frac{\frac{\Sigma X}{N}}{A}\right] \times 100$$

$$E_2 = \left[\frac{\frac{\Sigma Y}{N}}{B}\right] \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอน

E_2 คือ ประสิทธิภาพของชุดการสอนในการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียน

EX คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการฝึกปฏิบัติระหว่างการทดลอง

EY คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

A คือ คะแนนเต็มรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติระหว่างการทดลอง

B คือ คะแนนเต็มรวมของผู้เรียนจากแบบทดสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้างและหาคุณภาพ ประสิทธิภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน โดยได้นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างระดับปริญญาตรี สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อหาประสิทธิภาพหรือ E_1 / E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 โดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติ และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านชุดทดลอง

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านเนื้อหาใบงาน

4.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านชุดทดลอง

การประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านชุดทดลอง ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลอง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ขนาดความเหมาะสมของชุดทดลอง	4.60	0.55	ดีมาก
2. รูปแบบของชุดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ	4.40	0.89	ดี
3. ความเหมาะสมของการวางอุปกรณ์	4.60	0.55	ดีมาก
4. ความแข็งแรงทดทานของชุดทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
6. ความสะดวกในการดูแลรักษา	4.40	0.55	ดี
7. ความสะดวกในการเตรียมการทดลอง	4.40	0.55	ดี
8. ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.20	0.45	ดี
9. สะดวกและใช้งานง่าย	4.60	0.55	ดีมาก
10. ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานทดลอง	4.40	0.89	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
11. ความปลอดภัยขณะทำการทดลอง	4.60	0.55	ดีมาก
12. คุณค่าของชุดทดลองทางวิชาการโดยภาพรวม	4.60	0.55	ดีมาก
รวม	4.53	0.58	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน มีความคิดเห็นว่าคุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านชุดทดลองโดยภาพรวมที่สร้างขึ้น มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมเท่ากับ 0.58 ได้แก่รายการประเมินความแข็งแรงทดทานของชุดทดลอง ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ขนาดความเหมาะสมของชุดทดลอง ความเหมาะสมของการวางอุปกรณ์สะดวกและใช้งานง่าย ความปลอดภัยขณะทำการทดลอง คุณค่าของชุดทดลองทางวิชาการโดยภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนรายการประเมินที่มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ได้แก่รูปแบบของชุดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ ความสะดวกในการดูแลรักษา ความสะดวกในการเตรียมการทดลอง ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านเนื้อหาใบงาน

การประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านเนื้อหาใบงาน ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงาน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.40	0.55	ดี
2. ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	4.80	0.45	ดีมาก
3. ปริมาณเนื้อหาในแต่ละหน่วย	4.40	0.89	ดี
4. ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4.60	0.55	ดีมาก
5. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.60	0.55	ดีมาก
6. ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับผู้เรียน	4.40	0.55	ดี
7. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.60	0.55	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
8. การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
9. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4.20	0.45	ดี
10. การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสม	4.40	0.55	ดี
11. รูปภาพประกอบเนื้อหาสื่อความหมายได้ชัดเจน	4.40	0.89	ดี
12. รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม	4.00	1.00	ดี
รวม	4.47	0.62	ดี

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน มีความคิดเห็นว่าคุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านเนื้อหาใบงานโดยรวมที่สร้างขึ้น มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 ส่วนที่จัดอยู่ในระดับดีมากได้แก่ รายการประเมินความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์ การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ส่วนลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 โดยที่รายการประเมินส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ได้แก่ รายการประเมินความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ปริมาณเนื้อหาในแต่ละหน่วย ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับผู้เรียน การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสม รูปภาพประกอบเนื้อหาสื่อความหมายได้ชัดเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย และรูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 และ 4.00 ตามลำดับ

4.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

การทดลองใช้ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน โดยใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพหรือ E_1 / E_2 ของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนตามเกณฑ์ 80/80 ได้ผลตามตารางที่ 4.3 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 15 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยที่ได้	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนการปฏิบัติใบงานและแบบทดสอบท้ายใบงานระหว่างการเรียน 8 ใบงาน	15	318	257	80.87	80
คะแนนแบบทดสอบรวมหลังทำการทดลองครบ 8 ใบงานแล้ว	15	40	32.7	81.83	80

จากตารางที่ 4.3 ผลปรากฏว่า ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นนั้น เมื่อนักศึกษาได้ทำการทดลองครบในแต่ละใบงานแล้ว นักศึกษาสามารถทำคะแนนการปฏิบัติใบงานและแบบทดสอบท้ายใบงานระหว่างการเรียน ได้คะแนนเฉลี่ย 257 คะแนน จากคะแนนเต็ม 318 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.87 และทำแบบทดสอบรวมหลังทำการทดลองครบ 8 ใบงานแล้ว ได้คะแนนเฉลี่ย 32.7 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.83 ดังนั้น ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนมีประสิทธิภาพหรือ E_1/E_2 เท่ากับ 80.87/81.83 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน วิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ แขนงอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.1.1 เพื่อสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

5.1.2.1 ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป $(\overline{X} \geq 3.5)$

5.1.2.2 ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 (E_1/E_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 18 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาครุศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 15 คน คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ประกอบด้วย ชุดทดลอง ใบงานทดลอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.4.1 ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการทดลองเรื่องตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ประกอบด้วยวงจรทดลองดังนี้

5.1.4.1.1 วงจรภายในพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

5.1.4.1.2 คุณสมบัติพื้นฐานของวงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน

5.1.4.1.3 วงจรขยายแรงดัน

5.1.4.1.4 วงจรอินทิเกรเตอร์

5.1.4.1.5 วงจรกรองความถี่

5.1.4.1.6 วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

5.1.4.1.7 วงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ

5.1.4.1.8 วงจรคูณสัญญาณ

5.1.4.2 ใบงานทดลอง เป็นใบกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานและสั่งงานเพื่อให้นักศึกษาปฏิบัติทดลอง และสรุปผลการทดลอง ที่ได้จากการปฏิบัติจากชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

5.1.4.2.1 หัวข้อใบงานทดลอง

5.1.4.2.2 วัตถุประสงค์ใบงานทดลอง

5.1.4.2.3 เนื้อหาทฤษฎี

5.1.4.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

5.1.4.2.5 ลำดับขั้นการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4.2.6 แบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลอง

5.1.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบปฏิบัติระหว่างเรียนแบบอัตนัย แบบทดสอบท้ายใบงานและแบบทดสอบรวมแบบปรนัย 5 ตัวเลือก โดยมีความเที่ยงตรงทางด้านเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

5.1.4.4 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ด้านเนื้อหาและด้านชุดทดลอง

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 15 คน โดยมีการดำเนินการดังนี้

5.1.5.1 ปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ เนื่องจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์เป็นผู้สอนในรายวิชา การปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนัดหมายกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 5 ปี) แขนงอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน

5.1.5.2 แนะนำชุดทดลองและใบงานทดลองแก่นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดก่อน โดยให้ทราบถึงขอบข่ายการใช้งาน หลักการในการทำงาน ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง วิธีการปฏิบัติก่อนการทดลอง และอธิบายทฤษฎีพร้อมคำแนะนำในการทดลองทุกครั้ง ก่อนลงมือทำการทดลอง

5.1.5.3 ทำการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล โดยการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 8 ใบงานทดลอง แบ่งการทดลองเนื้อหาออก ดังนี้

ใบงานทดลองที่ 1 วงจรภายในพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน
ใบงานทดลองที่ 2 คุณสมบัติพื้นฐานของวงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน
ใบงานทดลองที่ 3 วงจรขยายแรงดัน
ใบงานทดลองที่ 4 วงจรอินทิเกรเตอร์
ใบงานทดลองที่ 5 วงจรกรองความถี่
ใบงานทดลองที่ 6 วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์
ใบงานทดลองที่ 7 วงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ
ใบงานทดลองที่ 8 วงจรคูณสัญญาณ

5.1.5.4 นำคะแนนของแบบทดสอบที่ได้ระหว่างการทดลองมาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และหลังจากทดลองครบทั้ง 8 ใบงานทดลองแล้ว ทำการทดสอบซ้ำอีกครั้งโดยให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษาแต่ละคนทำแบบทดสอบรวม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารวมทุกเรื่อง นำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพหรือ E_1 / E_2 ตามเกณฑ์ 80/80

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการทางสถิติ โดยมีประเด็นในการวิเคราะห์ดังนี้

5.1.6.1 วิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านเนื้อหา

5.1.6.2 วิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านชุดทดลอง

5.1.6.3 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยใช้เกณฑ์ 80/80

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1.7.1 ทำการวิจัยเรื่องชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน วิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ แขนงอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.1.7.2 คุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นด้านเนื้อหาที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

5.1.7.3 คุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นด้านชุดทดลองที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58

5.1.7.4 ประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1 / E_2 เท่ากับ 80.87/81.83 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นและจากการทดลองที่ได้ในครั้งนี้ มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการดังนี้

ผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับที่ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 และแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนด้านชุดทดลองจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับที่ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชาติ หัตถ์สุวรรณ (2547) ที่ทำวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี แสดงว่าชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่ได้มาของค่าดังกล่าวนั้น เนื่องมาจากใบงานมีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์ มีลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา มีความถูกต้องของเนื้อหา และมีการเรียงลำดับเนื้อหาได้เหมาะสมนั่นเอง ส่วนชุดทดลองมีขนาดเหมาะสม มีการวางอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีความสะดวกและใช้งานง่าย อีกทั้งให้คุณค่าทางวิชาการโดยภาพรวม และที่สำคัญคือ การได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมในการออกแบบและสร้างชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน จึงทำให้เครื่องมือที่ได้มีคุณภาพต่อการนำไปใช้งาน

การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน ปรากฏว่าผลจากการเรียนรู้ระหว่างการทำการทดลองกับแบบทดสอบท้ายใบงานและจากการทำแบบทดสอบรวมหลังจากทดลองครบ 8 ใบงานแล้ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.87/81.83 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุทธพิชัย กล้าหาญ (2546) ที่ทำวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่ วิชาออปแอมป์และไอซี และของ คมเพ็ชร หิรัญญพาณิช (2548) ที่ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP โดยการทดลองในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นมาใช้ในการเรียนการสอน วิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถกระตุ้นให้นักศึกษามีความสนใจในการทำการทดลองของแต่ละใบงานและนักศึกษาเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเองจากผลการทดลองที่ได้ ทำให้ผลการเรียนรู้ในครั้งนี้ได้ผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเป็นผลมาจากใบงานมีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์ มีลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา มีความถูกต้องของเนื้อหา และมีการเรียงลำดับเนื้อหาได้เหมาะสม ทำให้นักศึกษาได้มีการเรียนรู้และทำการทดลองด้วยตัวเองอย่างเป็นขั้นเป็นตอน จึงทำให้ประสิทธิภาพของผลการเรียนที่ได้รับในครั้งนี้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้นั่นเอง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1.1 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดังนั้นก่อนทำการทดลองควรมีการสาธิต อธิบายถึงวิธีการใช้งานเกี่ยวชุดทดลองและเครื่องมือต่างๆ รวมถึงข้อควรระวังต่างๆ เพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษามีความรู้ก่อนการลงมือปฏิบัติ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ ปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง และเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเองได้เร็วขึ้น

5.3.1.2 ในระหว่างการทดลอง ผู้สอนต้องดูแลผู้เรียนอย่างใกล้ชิด เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง รวมถึงการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนเพื่อให้การทดลองบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดียิ่งขึ้น

5.3.1.3 ควรทำการศึกษารูปแบบของชุดปฏิบัติการที่ได้มีการสร้างขึ้นไว้หลายๆ ตัวอย่างในด้านเชิงพานิชย์เพื่อให้ได้มาซึ่งเทคนิคและวิธีการสำหรับการนำมาสร้างชุดปฏิบัติการ

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.3.2.1 เนื่องจากวิจัยในครั้งนี้ นำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงอิเล็กทรอนิกส์ วิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพียงแขนงเดียว ดังนั้นจึงควรมีการนำชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนที่สร้างขึ้นไปทำการทดลองกับแขนงอื่นที่มีเนื้อหารายวิชาในลักษณะเดียวกันด้วย เพื่อให้การวิจัยมีขอบเขตที่กว้างยิ่งขึ้น

5.3.2.2 ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพของผู้เรียนระหว่างการใช้ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน กับผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิติพงค์ มะโน.2552. **เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชา Advance Electronics Engineering.** คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กัญญาลักษณ์ นุชประยูร.2550. "การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง วงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน ระดับปริญญาตรี" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

คมเพ็ชร หิรัญญพาณิช.2548. "การพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชลัด เทพชยุตินันท์.2531. **เอกสารประกอบการสอนเรื่อง การจัดหลักสูตรและการประเมินผลการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิทยาศาสตร์ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู่.2537. **คู่มือการสอนปฏิบัติการทดลอง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม** : สำนักงานคณะกรรมการศึกษาเอกชน.

ชัชวาล มูลศรี.2540. "การพัฒนาชุดประลองสำหรับการสอนภาคปฏิบัติแบบจำลองเรื่องวงจรทรานซิสเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Pspice Version 6.1 for Windows 3.11." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ.2533. **เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ไชยยันต์ ชนะพรมมา และณัฐพล ภูครองทอง.2552. **นิตยสาร What Thai Electronic?.** ฉบับเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม : What Group.

ธนันต์ ศรีสกุล.2552. **พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ : วิตตี้กรุ๊ป.

ประคอง กรรณสูตร.2542. **สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราโมทย์ วาดเขียน.2531. "การประยุกต์ใช้งาน OTA เพื่อนำไปใช้งานเป็นวงจรลักษณะต่างๆ" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2535. **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา : มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ ประสานมิตร.

พูลทรัพย์ นาคนาคา.2552. **เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาการวิจัยทางการศึกษา.** คณะครุศาสตร์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

พิสิฐ เมธาภัทร และธีรพล เมธีกุล.2539. **ยุทธวิธีการสอนวิชาเทคนิค.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ยุทธพิชัย กล้าหาญ.2546. "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่ วิชาออปแอมป์และไอซี หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2546" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ยืน ภู่วรรณ.2534. **หลักการและแนวทางการจัดหาครุภัณฑ์ทางการศึกษาในสาขางานวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538. **วิธีวิจัยการศึกษา.**คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณวิภา จัตุชัย, อารมณ์ อุตภาพ, จรูญ เฉลิมทอง, สุกฤษฎิ์ วงแวงน้อย และจิราพร รอดพ่วง.2552. **เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาการวัดผลและประเมินผลทางการศึกษา.**คณะครุศาสตร์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

วัลลภ จันทร์ตระกูล.2552. การออกแบบสร้างและประเมินประสิทธิภาพชุดการสอน : ทำอย่างไรให้เป็นตรรกะ (Logic). **วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา.** 21 (71), 24-32.

วีรพงษ์ พฤกษชาติ.2548. "การปฏิบัติการ วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยโปรแกรมพีสไปซ์" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุชาติ หัตถ์สุวรรณ.2547. "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

R. L. Geiger and E. and Sánchez-Sinencio.1985, **"Active Filter Design Using Operational Transconductance Amplifiers: A Tutorial"** IEEE Circuits and Devices Magazine.

Marston, R.M.1993. **Op-amp circuits manual: including OTA circuits.**Oxford: Butterworth-Heinemann.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย

ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพ

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างใบงานทดลองพร้อมเฉลย

ภาคผนวก ช คู่มือการใช้ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่ 531 / 2554
เรื่อง แต่งตั้งกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ตามที่ นายสุพิศ เชื้อชัย รหัสประจำตัว 51063501 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง " ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน (The Operational Transconductance Amplifier) โดยมี รศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม โดยความเห็นชอบของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอแต่งตั้งกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดังกล่าวตามรายนาม ดังนี้

1. รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	ประธานกรรมการ	
2. รศ.กิติพงค์	มะโน	กรรมการ	
3. รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	กรรมการ	
4. ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	กรรมการ	
5. รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	กรรมการ	(กรรมการภายนอก)

กรรมการสอบสำรอง

1. นอ.ดร.วีระชัย	เชาว์กำเนิด	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
2. ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตประจำ)

ทั้งนี้ให้ดำเนินการจัดสอบในวันที่ 20 ตุลาคม 2554 เวลา 11.00 น. เป็นต้นไป ณ ห้องสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2554

(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2033 วันที่ 6 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์

ด้วย นายสุพิศ เชื้อชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน" โดยมี รศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุพิศ เชื้อชัย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพของใบงานประกอบชุดทดลอง และแบบประเมินความสอดคล้องฯ เพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ พิมดี)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิจัยและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2033 วันที่ 6 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.พิชญ์สินี มะโน

ด้วย นายสุพิศ เชื้อชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน" โดยมี รศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุพิศ เชื้อชัย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพของใบงานประกอบชุดทดลอง และแบบประเมินความสอดคล้องฯ เพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ พิมดี)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิจัยและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2033 วันที่ 6 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน ดร.สมชาย หมื่นสายาติ

ด้วย นายสุพิศ เชื้อชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน" โดยมี รศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุพิศ เชื้อชัย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพของใบงานประกอบชุดทดลอง และแบบประเมินความสอดคล้องฯ เพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ พิมดี)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิจัยและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2033 วันที่ 6 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

ด้วย นายสุพิศ เชื้อชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน" โดยมี รศ.กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุพิศ เชื้อชัย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพของใบงานประกอบชุดทดลอง และแบบประเมินความสอดคล้องฯ เพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ พิมดี)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิจัยและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 2033

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

6 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการฯ เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.วันชัย ซันประสิทธิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพของชุดปฏิบัติการเพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินคุณภาพของใบงานประกอบชุดปฏิบัติการเพื่อการวิจัย
3. แบบประเมินความสอดคล้องฯ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายสุพิศ เชื้อชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน" โดยมี รศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจและประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการฯนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุพิศ เชื้อชัย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินคุณภาพของชุดปฏิบัติการ แบบประเมินคุณภาพของใบงานประกอบชุดปฏิบัติการ และแบบประเมินความสอดคล้องฯ เพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพฑูรย์ พิมดี)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิจัยและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร.089-797-9495

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน....ส่วนบริหารงานทั่วไป คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม โทร.3720

ที่ ศธ ..0524.04 (1.9)/.๐๗๑๑.....**วันที่**....11..ตุลาคม..2554.....

เรื่อง รับรองผลการพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เรียน นายสุพิศ เชื้อชัย

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ เรื่อง **"ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน"** เพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมนั้น ทางกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิได้ พิจารณาแล้วว่าบทความของท่านสามารถตีพิมพ์ในวารสารดังกล่าวได้ ในปีที่ 11 ฉบับที่ 1 ตุลาคม 2554 – มกราคม 2555

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ)

บรรณาธิการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
   รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผศ.พิชญ์สินี มะโน
   ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบัน
   เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ผศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์
   ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. ผศ.วันชัย ซันประสิทธ์
   ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี
   อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนโดยผู้ทรงคุณวุฒินี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ซึ่งจะใช้เป็นชุดปฏิบัติการและอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาการปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 03376030 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นาย สุพิศ เชื้อชัย

ผู้วิจัย

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. อ่านคำแนะนำในการตอบแบบประเมินอย่างละเอียด
2. ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียว ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยได้มีการกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง ระดับคุณภาพดี
ระดับ 3 หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับ 1 หมายถึง ระดับคุณภาพต้องปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์					
3	ปริมาณเนื้อหาในแต่ละหน่วย					
4	ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา					
5	ความถูกต้องของเนื้อหา					
6	ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับผู้เรียน					
7	ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
8	การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม					
9	ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย					
10	การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสม					
11	รูปภาพประกอบเนื้อหาสื่อความหมายได้ชัดเจน					
12	รูปภาพประกอบมีขนาดเหมาะสม					

ข้อที่	รายการประเมินด้านแบบฝึกหัด	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	แบบทดสอบคลอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
3	ข้อความกระชับเหมาะสม					
4	ภาษาที่ใช้เข้าใจง่าย					
5	จำนวนข้อเหมาะสมกับวัตถุประสงค์					
6	คำถามและตัวเลือกมีเป้าหมายชัดเจน					
7	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม					
8	คำถามมีความกระชับเหมาะสม					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่	รายการประเมินด้านชุดทดลองปฏิบัติการ	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	ขนาดความเหมาะสมของชุดทดลอง					
2	รูปแบบของชุดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ					
3	ความเหมาะสมของการวางอุปกรณ์					
4	ความแข็งแรงทดทานของชุดทดลอง					
5	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดทดลอง					
6	ความสะดวกในการดูแลรักษา					
7	ความสะดวกในการเตรียมการทดลอง					
8	ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
9	สะดวกและใช้งานง่าย					
10	ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานทดลอง					
11	ความปลอดภัยขณะทำการทดลอง					
12	คุณค่าของชุดทดลองทางวิชาการโดยภาพรวม					

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ข้อมูล

ลงชื่อ.....

(.....)

(ผู้ประเมิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

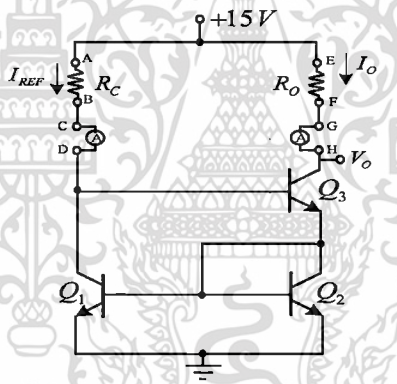
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ชุดทดลองปฏิบัติการวงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน 1 เครื่อง
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง
3. ออสซิโลสโคป 1 เครื่อง
4. ตัวต้านทาน (ตามที่ระบุในใบงาน)

<u>ลำดับขั้นการทดลอง</u>

1. ทดลองตามวงจรดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 วงจรแหล่งจ่ายกระแสอย่างง่าย

1.1 ต่อค่าความต้านทาน R_O คร่อมจุด E, F ตามค่าในตารางที่ 1.1 แล้วทำการวัดและบันทึกผลการทดลอง เมื่อกำหนดให้ R_C มีค่าเท่ากับ 30 kΩ (ต่อค่าความต้านทาน 30 kΩ คร่อมจุด A, B)

ตารางที่ 1.1

R_O	5 kΩ	15 kΩ	50 kΩ	100 kΩ	500 kΩ
I_{REF} (วัดที่จุด C, D)					
I_O (วัดที่จุด G, H)					
V_O (วัดที่จุด V_O)					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

1.2 จากผลการทดลองค่าความต้านทานที่ทำให้เกิดผลการเปลี่ยนแปลงในการสะท้อนกระแสมีค่าอยู่ในช่วงใด

.....

.....

.....

1.3 ค่า Minimum Output Voltage ที่ทำให้เกิดการสะท้อนกระแสจากผลการทดลองมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

1.4 เปลี่ยนค่า R_C ที่จุด A, B ตามค่าในตารางที่ 1.2 วัดผลเพื่อเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวณ เมื่อกำหนดค่า R_O เท่ากับ 15 kΩ

ตารางที่ 1.2

R_C	5 kΩ	15 kΩ	20 kΩ	30 kΩ	50 kΩ
I_{REF} จากการวัด (วัดที่จุด C, D)					
I_{REF} จากการคำนวณ					

1.5 สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติของวงจรสะท้อนกระแสที่ได้จากผลการทดลองในข้อ 1.1 และข้อ 1.4

.....

.....

.....

.....

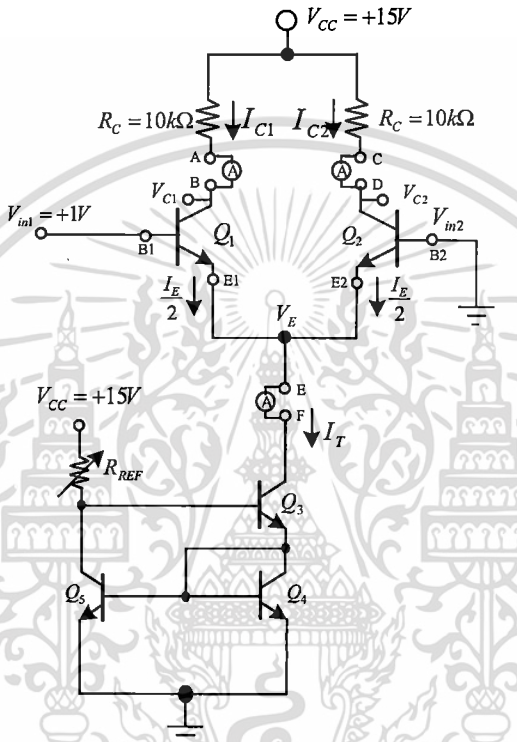
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

2. ทดลองตามวงจรดังรูปที่ 1.11 เพื่อวิเคราะห์การทำงานของวงจรขยายคู่ผลต่างกับสัญญาณอินพุตขนาดใหญ่



รูปที่ 1.11 วงจรขยายคู่ผลต่างกับสัญญาณอินพุตขนาดใหญ่

2.1 ป้อนสัญญาณไฟตรง +1 V เข้าที่จุด v_{in1} ของขาเบส Q_1 และ ต่อจุด v_{in2} ของขาเบส Q_2 ลงกราวน์

2.2 ปรับค่า R_{REF} ให้ค่ากระแส I_T (วัดที่จุด E, F) ให้มีค่าเท่ากับ 1 mA

2.3 วัดค่าและบันทึกผลลงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3

I_T (วัด E,F)	I_{C1} (วัด A,B)	I_{C2} (วัด C,D)	V_{C1}	V_{C2}	V_E (วัด E, กราวน์)	V_{BE1} (วัด B1,E1)	V_{BE2} (วัด B2,E2)

2.4 คำนวณหาค่า I_E, I_{C1}, I_{C2}, V_{C1} และ V_{C2}

.....

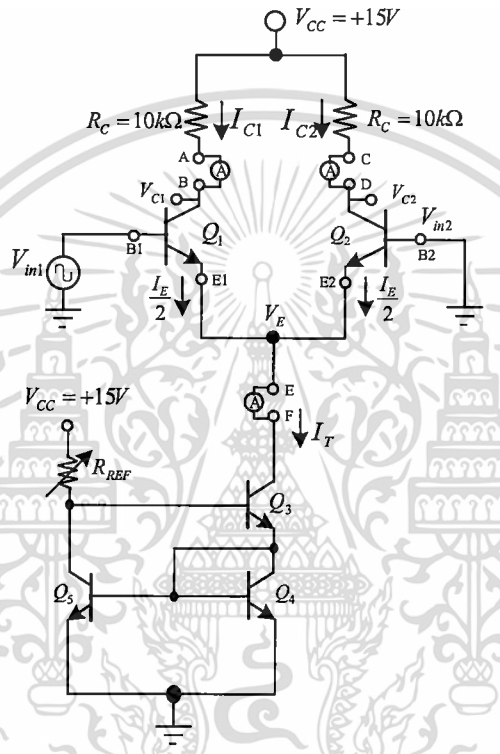
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

3. ทดลองตามวงจรดังรูปที่ 1.12 เพื่อวิเคราะห์การทำงานของวงจรขยายคู่ผลต่างกับสัญญาณอินพุตขนาดเล็ก

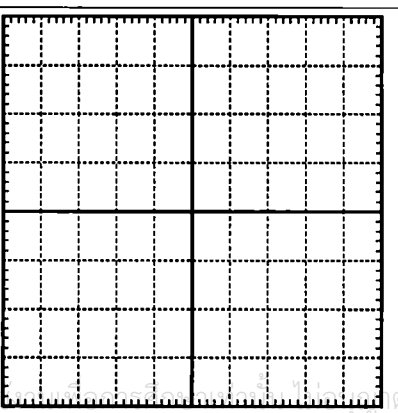


รูปที่ 1.12 วงจรขยายคู่ผลต่างกับสัญญาณอินพุตขนาดเล็ก

3.1 ปรับค่า R_{REF} ให้ค่ากระแส I_T (วัดที่จุด E, F) มีค่าเท่ากับ 1 mA

3.2 ป้อนสัญญาณไซน์และความถี่ที่จุด v_{in1} ตามค่าในตารางที่ 1.4 เข้ากับขาเบสของ Q_1 และต่อจุด v_{in2} ของขาเบส Q_2 ลงกราวน์แล้วใช้ออสซิโลสโคปวัดค่า v_{in1} เทียบกับ V_{c1} และ V_{c2}

ตารางที่ 1.4

Amplitude = 100 mV_{p-p} *Frequency =1 kH_Z* (วัดค่า v_{in1} เทียบกับ V_{c1})		CH1 Volt/Div = ... Time/Div = ... CH2 Volt/Div = ... Time/Div = ...

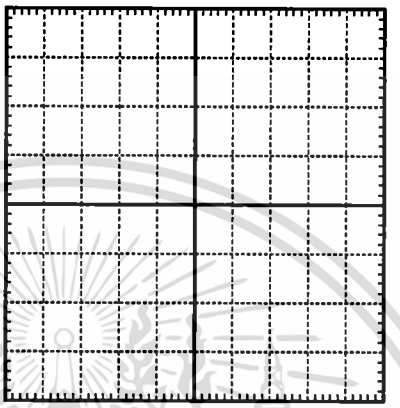
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

Amplitude = 100 mV_{p-p}

Frequency =1 kH_Z

(วัดค่า v_{in1} เทียบกับ V_{c2})



CH1

Volt/Div = ...

Time/Div = ...

CH2

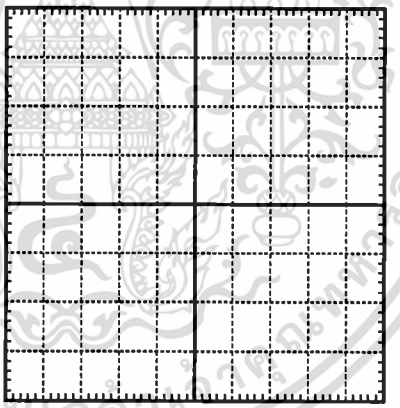
Volt/Div = ...

Time/Div = ...

Amplitude = 200 mV_{p-p}

Frequency =1 kH_Z

(วัดค่า v_{in1} เทียบกับ V_{c1})



CH1

Volt/Div = ...

Time/Div = ...

CH2

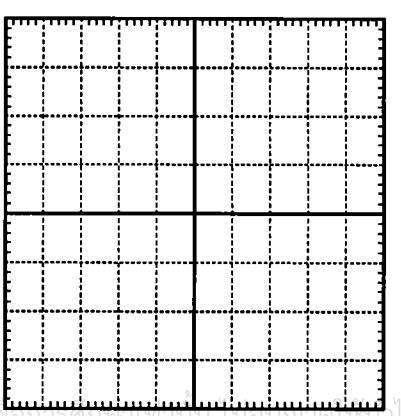
Volt/Div = ...

Time/Div = ...

Amplitude = 200 mV_{p-p}

Frequency =1 kH_Z

(วัดค่า v_{in1} เทียบกับ V_{c2})



CH1

Volt/Div = ...

Time/Div = ...

CH2

Volt/Div = ...

Time/Div = ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

3.3 วัดค่าและบันทึกผลลงในตารางที่ 1.5 เมื่อป้อนสัญญาณขนาดเล็กที่มี *Amplitude* เท่ากับ $100\ mV_{P\text{-}P}$ ความถี่ 1 kH_Z ให้กับวงจรที่จุด v_{in1}

ตารางที่ 1.5

I_T (วัด E,F)	I_{C1} (วัด A,B)	I_{C2} (วัด C,D)	V_{C1}	V_{C2}	V_E (วัด E, กราวน์)	V_{BE1} (วัด B1,E1)	V_{BE2} (วัด B2,E2)

3.4 คำนวณหาค่ากระแสและแรงดันของสัญญาณ I_E, I_{c1}, I_{c2}, V_{c1}, V_{c2} และ อัตราขยาย A_d เมื่อป้อนสัญญาณขนาดเล็ก *Amplitude* เท่ากับ $100\ mV_{P\text{-}P}$ ความถี่ 1 kH_Z โดยกำหนดให้กระแสรวมของวงจรมีค่าเท่ากับ 1 *mA*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

3.5 สรุปผลการทดลองของวงจรขยายคู่ผลต่างกับสัญญาณอินพุตขนาดเล็ก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

<u>แบบฝึกหัด</u>

<u>คำชี้แจง</u> : ข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ ให้เลือกข้อที่ถูกที่สุด และให้ใช้เวลาในการทำ 20 นาที

1. ภายในอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือโอทีเอ ประกอบด้วยวงจรกี่วงจร

   ก. 1 วงจร ข. 2 วงจร

   ค. 3 วงจร ง. 4 วงจร จ. 5 วงจร

2. วงจรสะท้อนกระแสแบบ Current Source ทำหน้าที่อะไรในตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

   ก. ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแส

   ข. ทำหน้าที่เป็นแหล่งรับกระแส

   ค. ทำหน้าที่ขยายกระแส

   ง. ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสและรับกระแส

   จ. ทำหน้าที่เป็นเปรียบเทียบและขยายกระแส

3. วงจรสะท้อนกระแสแบบ Current Sink ทำหน้าที่อะไรในตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

   ก. ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแส

   ข. ทำหน้าที่เป็นแหล่งรับกระแส

   ค. ทำหน้าที่ขยายกระแส

   ง. ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสและรับกระแส

   จ. ทำหน้าที่เป็นเปรียบเทียบและขยายกระแส

4. วงจรขยายคู่ผลต่างมีหน้าที่อย่างไร

   ก. ขยายผลต่างทางอินพุตและกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป

   ข. ขยายผลต่างทางเอาต์พุตและกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป

   ค.ขยายแหล่งจ่ายกระแสและรับกระแส

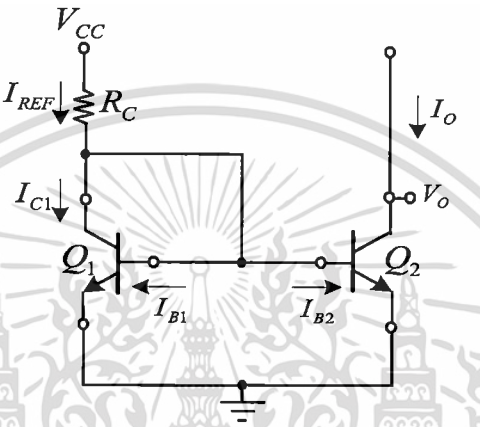
   ง. ขยายสัญญาณขาออกขอวงจร

   จ. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

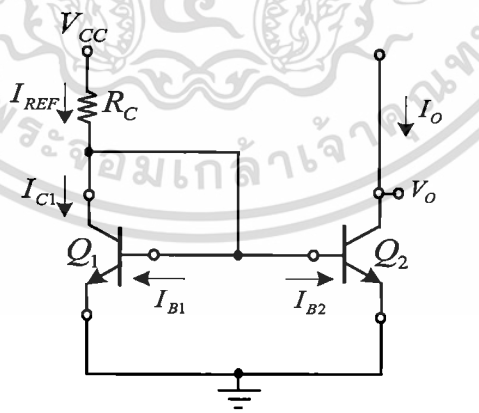
5. จากวงจรสะท้อนกระแสดังรูปที่ 1.13 จงคำนวณหาค่ากระแสเอาต์พุต เมื่อกำหนดให้ V_{CC}= 5 V, R = 20 kΩ และ Q_2 ทำงานในโหมดแอคทีฟ



รูปที่ 1.13

ก. 200 uA ข. 210 uA ค. 215 uA ง. 250 uA จ. 300 uA

6. จากวงจรสะท้อนกระแสดังรูปที่ 1.14 จงหาค่าความต้านทานที่ทำให้เกิดการสะท้อนกระแสเมื่อกำหนดให้ V_{CC}= 15 V และ I_{REF} = 1 mA



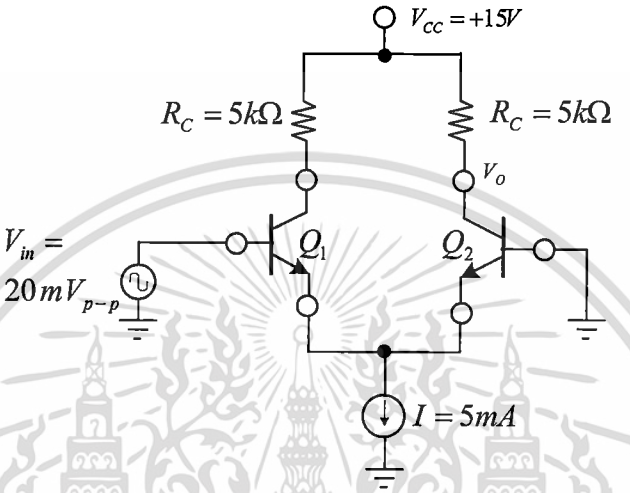
รูปที่ 1.14

ก.10 kΩ ข. 14 kΩ ค. 15 kΩ ง. 20 kΩ จ. 25 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน		
การทดลองที่ 1	เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน	2:00 ชั่วโมง

จงใช้วงจรขยายผลต่างดังรูปที่ 1.15 ตอบคำถามในข้อ 7 -10



รูปที่ 1.15

7. ให้คำนวณหาค่ากระแส I_E ว่ามีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 5 mA ข. 4 mA

ค. 3.5 mA ง. 3 mA จ. 2.5 mA

8. ให้คำนวณหากระแส I_c ว่ามีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 5 mA ข. 4 mA

ค. 3.5 mA ง. 3 mA จ. 2.5 mA

9. ให้คำนวณหาค่าความนำถ่ายโอนว่ามีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 192.308 mA/V ข. 134.615 mA/V

ค. 115.385 mA/V ง. 96.154 mA/V จ. 48.077 mA/V

10. ให้คำนวณหาค่าอัตราขยายสัญญาณ A_d ว่ามีค่าเท่ากับเท่าไหร่

ก. -673 ข. -592

ค. -480 ง. -240 จ. -161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ

ชื่อ.....รหัสนักศึกษา.....ใบงานทดลองที่...1...

นักศึกษาระดับ ปริญญาตรี สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<u>คำชี้แจง</u> ให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตุของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะที่ต้องการวัด	น้ำหนักคะแนน	คะแนน		
		2	1	0
1. การปฏิบัติ				
1.1 จ่ายสัญญาณอินพุต	2	.....	.....	.....
1.2 เลือกค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	.....	.....	.....
1.3 ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	.....	.....	.....
1.4 ใช้เครื่องมือในการวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	.....	.....	.....
1.5 ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	.....	.....	.....
1.6 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	.....	.....	.....
รวมคะแนน	12			
2. ผลงาน				
2.1 ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.2 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.3 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	.....	.....	.....
2.4 ตอบคำถามในข้อ 1.2 และ ข้อ 1.3 ได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.5 ค่ากระแสที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.6 ค่าแรงดันที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.7 ค่าอัตราขยายที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.8 รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
2.9 สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	.....	.....	.....
รวมคะแนน	30			
คะแนนรวมทั้งการปฏิบัติงานและผลงาน	42			
คะแนนรวมทั้งหมด	42			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

1. การปฏิบัติงานของใบงานทดลองที่ 1

1.1 จ่ายสัญญาณอินพุต

2 คะแนน เมื่อ จ่ายสัญญาณอินพุตได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ จ่ายสัญญาณอินพุตได้ไม่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อ ไม่มีการจ่ายสัญญาณอินพุต

1.2 เลือกค่าอุปกรณ์ในวงจร

2 คะแนน เมื่อ เลือกค่าอุปกรณ์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เลือกค่าอุปกรณ์ผิดไม่เกิน 2 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ เลือกค่าอุปกรณ์ผิดเกิน 2 ครั้ง

1.3 ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ

2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดค่ากระแสได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดค่ากระแสผิดไม่เกิน 2 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดค่ากระแสผิดเกิน 2 ครั้ง

1.4 ใช้เครื่องมือในการวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ

2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดค่าแรงดันได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดค่าแรงดันผิดไม่เกิน 2 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดค่าแรงดันผิดเกิน 2 ครั้ง

1.5 ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ

2 คะแนน เมื่อ ใช้สายสัญญาณวัดสัญญาณได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ใช้สายสัญญาณวัดสัญญาณผิดไม่เกิน 2 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ใช้สายสัญญาณวัดสัญญาณไม่ได้

1.6 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด หรือภายในเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกิน 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลงานของใบงานทดลองที่ 1

2.1 ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ป้อนค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ป้อนค่าสัญญาณอินพุตผิดไม่เกิน 2 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ป้อนค่าสัญญาณอินพุตผิดเกิน 2 ครั้ง

2.2 ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสที่วัดได้ผิดเกิน 2 จุด

2.3 ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันที่วัดได้ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันที่วัดได้ผิดเกิน 2 จุด

2.4 ตอบคำถามในข้อ 1.2 และ ข้อ 1.3 ได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ตอบคำถามได้ถูกต้องทั้ง 2 ข้อ

1 คะแนน เมื่อ ตอบคำถามได้ถูกต้องทั้ง 1 ข้อ

0 คะแนน เมื่อ ตอบคำถามไม่ได้

2.5 ค่ากระแสที่คำนวณได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสที่คำนวณได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสที่คำนวณได้ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ค่ากระแสที่คำนวณได้ผิดเกิน 2 จุด

2.6 ค่าแรงดันที่คำนวณได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันที่คำนวณได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันที่คำนวณได้ผิดไม่เกิน 2 จุด

0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันที่คำนวณได้ผิดเกิน 2 จุด

2.7 ค่าอัตราขยายที่คำนวณได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ ค่าอัตราขยายที่คำนวณได้ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อ ค่าอัตราขยายที่คำนวณได้ผิด

2.8 รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ ผิดไม่เกิน 2 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ วัดรูปสัญญาณเอาต์พุตไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองได้ใกล้เคียง

0 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวม

<u>คำสั่ง</u> ให้ตอบคำถามทั้งหมด 40 ข้อ ภายในเวลา 80 นาที โดยเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว กาลงในกระดาษคำตอบ

1. โครงสร้างภายในของตัวอุปกรณ์ขยายค่าความนำถ่ายโอน ประกอบด้วยวงจรอะไรบ้าง

ก. วงจรสะท้อนกระแส, วงจรขยายผลต่างขนาดเล็ก

ข. วงจรสะท้อนกระแส, วงจรขยายผลต่างขนาดเล็ก และวงจรขยายผลต่างใหญ่

ค. วงจรสะท้อนกระแสแบบจ่ายกระแส และ วงจรสะท้อนกระแสแบบรับกระแส

ง. วงจรสะท้อนกระแสแบบจ่ายกระแส, วงจรสะท้อนกระแสแบบรับกระแส และ วงจรขยายผลต่าง

จ. วงจรสะท้อนกระแส กับ วงจรขยายผลต่าง

2. วงจรภายในของตัวอุปกรณ์ขยายค่าความนำถ่ายโอน ทำหน้าที่อะไรบ้าง

ก. ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแส และขยายผลต่างทางอินพุต

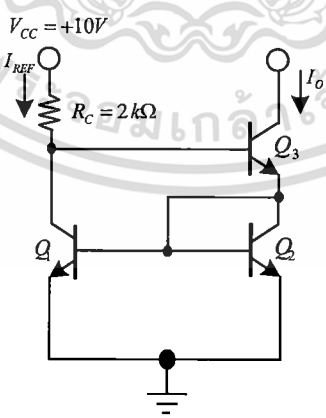
ข. ทำหน้าที่เป็นแหล่งรับกระแส, ขยายผลต่างขนาดเล็กและขยายผลต่างขนาดใหญ่ทางอินพุต

ค. ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแส, รับกระแส และขยายผลต่างขนาดเล็กทางอินพุต

ง. ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสและรับกระแส

จ. ทำหน้าที่เป็นเปรียบเทียบและขยายกระแส

3. จงหาค่ากระแสสะท้อนจากวงจรสะท้อนกระแส ดังรูปที่ 1

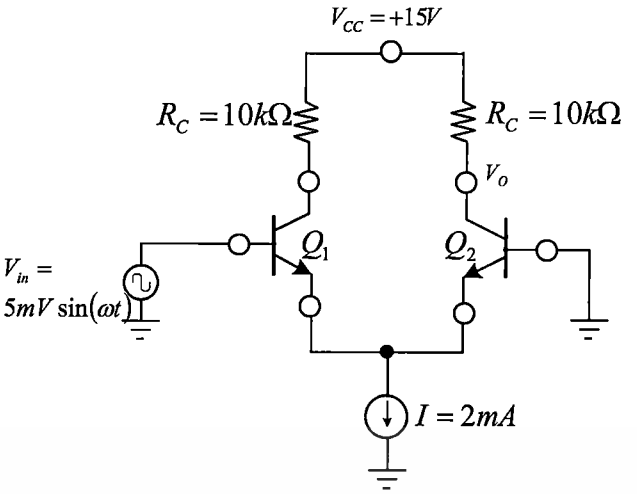


รูปที่ 1

ก. 4.6 mA ข. 4.3 mA ค. 4.6 uA ง. 4.3 uA

จ. 4.0 uA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2

จากวงจรขยายผลต่างดังรูปที่ 2 จงตอบคำถามในข้อที่ 4 และข้อที่ 5

4. ค่ากระแส I_{C1} และแรงดัน V_{C1} มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 0.5 mA, 10 V ข. 1 mA, 5 V ค. 1.5 mA, 0 V

ง. 2 mA, -5 V จ. 2.5 mA, -1 V

5. ค่ากระแส i_{c1} และแรงดัน v_{c1} มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 96 uA, 961 mV ข. 192 uA, -1.9 mV ค. 96 uA, -961 mV

ง. 192 uA, -1.9 V จ. 192 uA, 1.9 V

6. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์ขยายค่าความนำถ่ายโอน

ก. ความต้านทานอินพุตและเอาต์พุตใกล้เคียงค่าอนันต์

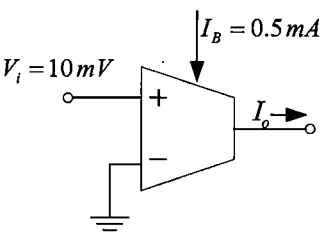
ข. ความต้านทานอินพุตใกล้เคียงค่าอนันต์

ค. ความต้านทานเอาต์พุตค่าเป็นศูนย์

ง. ความต้านทานเอาต์พุตใกล้เคียงค่าอนันต์

จ. ความต้านทานอินพุตมีค่าเป็นศูนย์

จงใช้วงจรดังรูปที่ 3 ตอบคำถามในข้อที่ 7 และข้อที่ 8



รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ค่าความนำถ่ายโอน (g_m) ของวงจรมีค่าเท่าใด

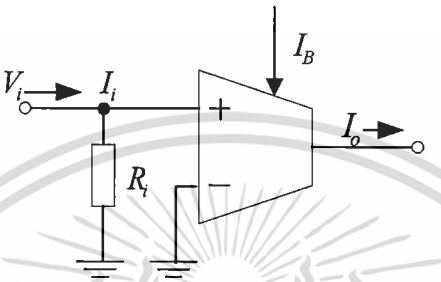
ก. 96 mA/V ข. 19.23 mA/V ค. 9.6 mA/V

ง. 1.92 mA/V จ. 0.96 A/V

8. กระแสเอาต์พุต (I_O) ของวงจรมีค่าเท่าใด

ก. 96 mA ข. 192 mA ค. 192 uA

ง. 96 uA จ. 1.92 uA



รูปที่ 4

จงใช้วงจรดังรูปที่ 4 ตอบคำถามในข้อที่ 9 และข้อที่ 10 เมื่อกำหนดให้ $V_i = 5mV$ และ $R = 1k\Omega$

9. ถ้าต้องการออกแบบให้มีค่าอัตราขยายกระแสทางด้านเอาต์พุตเท่ากับ 2 เท่า จะต้องจ่ายค่ากระแสไบแอสให้กับวงจรเท่าใด

ก. 104 uA ข. 5 uA ค. 2.7 uA

ง. 2.7 mA จ. 104 mA

10. ค่ากระแสเอาต์พุตที่ได้มีค่าเท่าใด

ก. 2 uA ข. 5 uA ค. 10 uA

ง. 15 uA จ. 20 uA

11. ถ้าต้องการออกแบบวงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส โดยป้อนสัญญาณอินพุตให้กับวงจร 20 mV จ่ายค่ากระแสไบแอสให้กับวงจรเท่ากับ 0.5 mA และต่อโหลดค่าความต้านทานเท่ากับ 100โอห์ม จงหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าเท่าใด

ก. 19 mV ข. -19 mV ค. 38 mV

ง. 192 uV จ.-192 uV

12. จากคำถามในข้อที่ 11 ค่าความนำถ่ายโอน (g_m) มีค่าเป็นเท่าใด

ก. 19.2 mA/V ข. - 19.2 mA/V ค. - 9.6 mA/V

ง. 9.6 mA/V จ. 96 mA/V

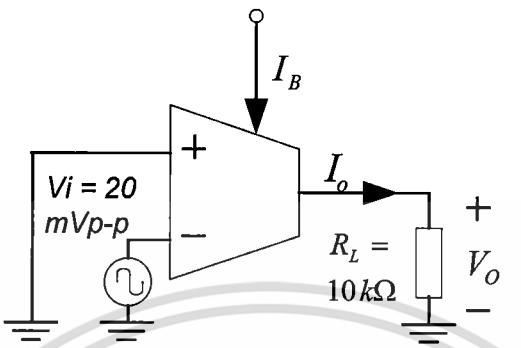
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. จากคำถามในข้อที่ 11 ค่าอัตราขยายสัญญาณ (A_v) มีค่าเป็นเท่าใด

ก. -9.6 เท่า ข. -9 เท่า ค. -1.9 เท่า

ง. -1 เท่า จ. - 0.9 เท่า

จงใช้วงจรดังรูปที่ 5 ตอบคำถามในข้อที่ 14 และข้อที่ 15



รูปที่ 5

14. ถ้าวงจรมีอัตราขยายสัญญาณ 5 เท่า ค่ากระแสไบแอสจะมีค่าเป็นเท่าใด

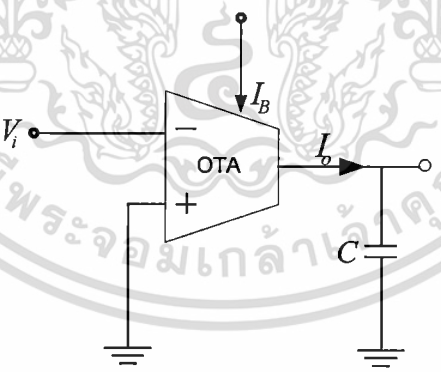
ก. 26 uA ข. 13 uA ค. 2.6 uA

ง. -13 uA จ. -2.6 uA

15. ค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรมีค่าเป็นเท่าใด

ก. 100 mV ข. 50 mV ค. 10 mV

ง.- 10 mV จ. -100 mV



รูปที่ 6

จงใช้วงจรดังรูปที่ 6 ตอบคำถามในข้อที่ 16 ถึงข้อที่ 20 เมื่อกำหนดให้ $I_B = 20uA, C = 1nF$ และ $V_i = 100mV$

16. ค่าความนำถ่ายโอน (g_m) ของวงจรมีค่าเป็นเท่าใด

ก. 3.84 uA/V ข. 38.4 uA/V ค. 384 uA/V

ง. 38.4 mA/V จ. 384 mA/V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. ถ้าวงจรเริ่มต้นการทำงานตั้งแต่ -1 *uSec* ถึง 1 *uSec* ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าเป็นเท่าใด

ก. 0 V ข. -3.8 mV ค. -7.6 mV

ง. -38 mV จ. -76 mV

18. จากวงจรถ้าเปลี่ยนกระแสไบแอสจากเดิมเป็น 200 *uA* โดยมีช่วงเริ่มต้นการทำงานเท่าเดิมตามข้อที่ 17 ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าเป็นเท่าใด

ก. 0 V ข. -0.76 V ค. -1.5 V

ง. -7 V จ. -7.6 V

19. จากวงจรถ้าเปลี่ยนค่าของตัวเก็บประจุจากเดิมเป็น 10 *nF* โดยที่ค่ากระแสไบแอสและช่วงเริ่มต้นการทำงานเท่าเดิมตามข้อที่ 18 ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าเป็นเท่าใด

ก. 0 V ข. -0.076 V ค. -0.15 V

ง. -0.7 V จ. -0.76 V

20. จากคำตอบที่ได้ในข้อที่ 18 และข้อที่ 19 นักศึกษาคิดว่าการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทั้งสองมีผลต่อการออกแบบวงจรอย่างไร

ก. จากการออกแบบวงจรเราสามารถควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดยผ่านค่ากระแสไบแอส

ข. จากการออกแบบวงจรเราสามารถควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดยผ่านค่าเก็บประจุ

ค. จากการออกแบบวงจรเราสามารถควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดยผ่านค่าตัวแปรทั้งสอง

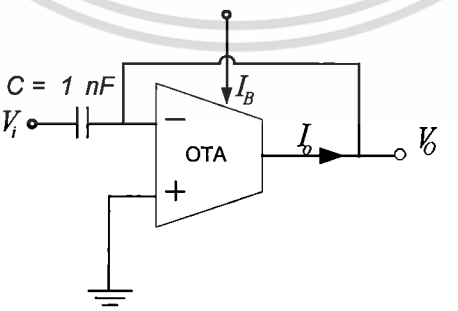
ง. จากการออกแบบวงจรเราสามารถควบคุมค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดยผ่านค่ากระแสเอาต์พุต

จ. ถูกทุกข้อ

21. ต้องการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยกำหนดให้กระแสไบแอสมีค่าเท่ากับ 10 *uA* และตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ 1 *nF* ความถี่คัตออฟของวงจรจะมีค่าเป็นเท่าใด

ก. 30 H_z ข. 61 H_z ค. 6.1 kH_z

ง. 30 kH_z จ. 61 kH_z



รูปที่ 7

จากวงจรกรองความถี่สูงผ่านดังรูปที่ 7 ถ้าต้องการออกแบบวงจรให้มีค่าความถี่คัตออฟเท่ากับ 100 kH_z จงตอบคำถามในข้อที่ 22 ถึงข้อที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. ค่ากระแสไบแอส (I_B) ที่จ่ายให้กับวงจรจะมีค่าเป็นเท่าใด

ก. 32 uA ข. 16 uA ค. 3.2 uA

ง. 1.6 uA จ. 3.2 mA

23. ค่าความนำถ่ายโอน (g_m) ของวงจรมีค่าเท่าใด

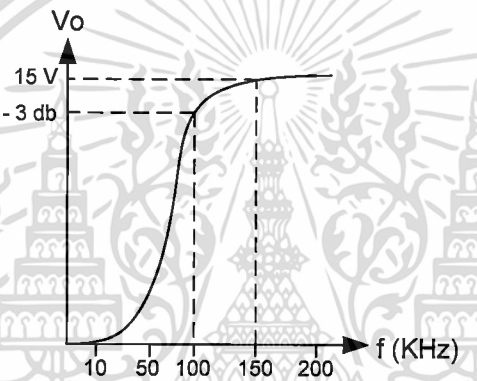
ก. 61 mA/V ข. 30 uA/V ค. 61 uA/V

ง. 307 uA/V จ. 615 uA/V

24. ค่าความถี่ ω_C ของวงจรมีค่าเท่าใด

ก. 61 H_z ข. 30 kH_z ค. 61 kH_z

ง. 307 kH_z จ. 615 kH_z



รูปที่ 8

25. จากผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่สูงผ่านดังรูปที่ 8 ที่ความถี่ 100 kH_z แรงแรงดันมีค่าเท่าใด

ก. 5 V ข. 10 V ค. 15 V

ง. 20 V จ. 25 V

26. จากคุณสมบัติของวงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่ถูกสร้างขึ้น ค่าความถี่ที่ได้สามารถกำหนดผ่านตัวแปรใดได้บ้าง

ก. ค่ากระแสไบแอสและค่าตัวเก็บประจุ

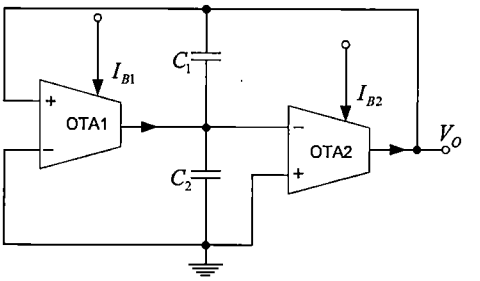
ข. เฉพาะค่ากระแสไบแอส

ค. เฉพาะค่าตัวเก็บประจุตัวใดตัวหนึ่ง

ง. เฉพาะค่าตัวเก็บประจุทั้งสองตัว

จ. ไม่สามารถควบคุมผ่านตัวแปรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9

จงใช้วงจรดังรูปที่ 9 ตอบคำถามในข้อที่ 27 และข้อที่ 28 เมื่อกำหนดให้ $I_{B1} = 100uA, I_{B2} = 98uA$ และ $C_1 = C_2 = 2nF$ ให้

27. ค่าความถี่ (f_O) ของวงจรที่ถูกออกแบบมามีค่าเป็นเท่าใด

ก. 14 H_Z ข. 14 kH_Z ค. 151 kH_Z

ง. 153 kH_Z จ. 159 kH_Z

28. ค่าความถี่ (ω_O) ของวงจรที่ถูกออกแบบมามีค่าเป็นเท่าใด

ก. 14 H_Z ข. 94 H_Z ค. 942 kH_Z

ง. 951 kH_Z จ. 1.9 MH_Z

29. ต้องการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ให้มีความถี่เท่ากับ 500 kH_Z โดยมีการจ่ายกระแสไบแอสทั้งสองให้กับวงจรเท่ากับ 1 mA จะต้องนำตัวเก็บประจุ C_1, C_2 ค่าเท่าใดมาต่อเข้ากับวงจรเพื่อให้ได้ค่าความถี่ตามที่ต้องการ

ก. 6 nF ข. 6.12 nF ค. 78 nF

ง. 6.12 uF จ. 78 uF

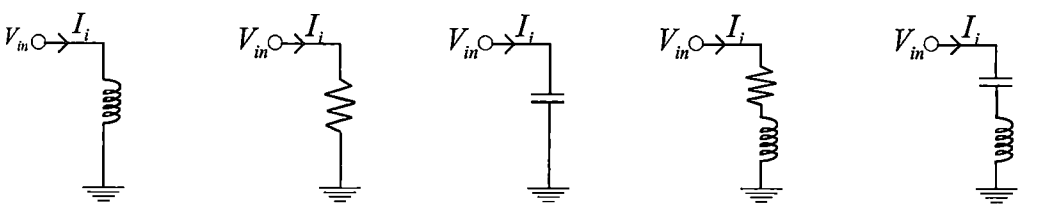
30. ต้องการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ให้มีความถี่เท่ากับ 2 MH_Z โดยให้ตัวเก็บประจุมีค่า $C_1 = 1nF$ และ $C_2 = 10nF$ จะต้องจ่ายค่ากระแส I_{B1}, I_{B2} เท่าใดจึงจะได้ค่าความถี่ตามที่ต้องการ

ก. 0.5 mA ข. 1 mA ค. 2 mA

ง. 1.5 uA จ. 2 uA

31. วงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำเสมือนที่ถูกออกแบบขึ้น เพื่อใช้แทนอุปกรณ์ตามสัญลักษณ์ในข้อใด

ก. ข. ค. ง. จ.

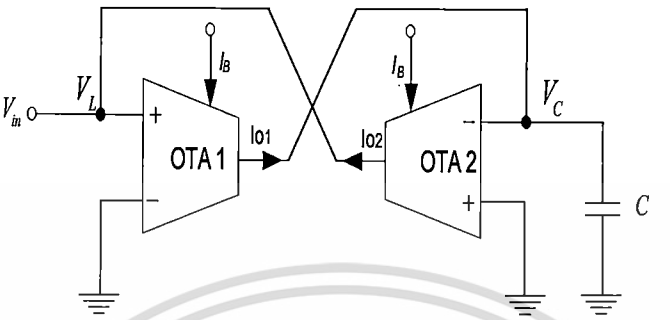


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32. ค่าความเหนี่ยวนำสำหรับการออกแบบวงจรสามารถกำหนดผ่านตัวแปรใดได้บ้าง

ก. กระแส I_{B1} และค่า C_1 ข. กระแส I_{B1} และ I_{B2} ค. ค่า C

ง. กระแส I_{B1}, I_{B2} และค่า C จ. กระแส I_{B1}, I_{B2} และค่า C_1, C_2



รูปที่ 10

จงใช้วงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำเสมือนดังรูปที่ 10 ตอบคำถามในข้อที่ 33 ถึงข้อที่ 35

33. จงหาค่าเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำเสมือน เมื่อกำหนดให้ $g_{m1} = 0.019, g_{m2} = 0.038$ และ $C = 100uF$

ก. 138 uH ข. 138 mH ค. 13.8 mH

ง. 1.38 mH จ. 138 H

34. ถ้าต้องการออกแบบวงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำเสมือนให้มีค่าความเหนี่ยวนำ $L_{eq} = 10mH$ เมื่อกำหนดให้มีค่ากระแสไบแอส $I_{B1} = I_{B2} = 200uA$ จะต้องใช้ตัวเก็บประจุ C ค่าเท่าใด

ก. 3.8 nF ข. 147 nF ค. 736 nF

ง. 14 uF จ. 19 uF

35. ถ้าต้องการออกแบบวงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำเสมือนให้มีค่าความเหนี่ยวนำ $L_{eq} = 50mH$ โดยที่กำหนดให้ตัวเก็บประจุ $C = 22uF$ จะต้องใช้ กระแสไบแอส I_{B1}, I_{B2} ค่าเท่าใดร

ก. 1 mA ข. 1.5 mA ค. 2 mA

ง. 1 uA จ. 2 uA

36. จากคุณสมบัติของวงจรคูณสัญญาณ ค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้สามารถกำหนดผ่านตัวแปรใดได้บ้าง

ก. ค่าความต้านทาน R ค. ค่าความต้านทานทั้งสองตัว

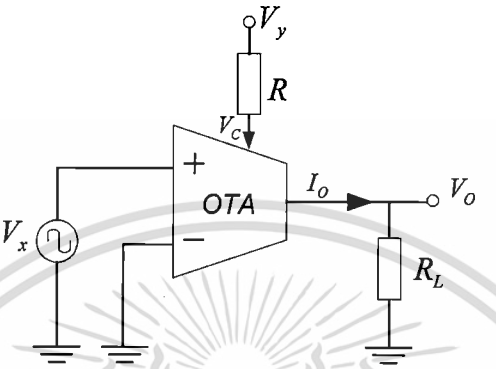
ข. ค่าความต้านทาน R_L ง. ค่าแรงดัน V_T จ. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37. อัตราขยายสัญญาณเอาต์พุตมีค่าตามสมการในข้อใด

ก. $\frac{R_L}{2RV_T}$ ข. $\frac{K}{2RV_T}$

ค. $\frac{R_L}{2V_T}$ ง. $\frac{K}{2V_T}$ จ. ข้อ ก. และ ง. ถูก



รูปที่ 11

จงใช้วงจรดังรูปที่ 11 ตอบคำถามในข้อที่ 38 ถึงข้อที่ 40 เมื่อกำหนดให้

$V_x = 10mV\left(f = 10kH_Z\right), V_y = 1V\left(f = 1kH_Z\right), R = 15k\Omega$ และ $R_L = 10k\Omega$

38. วงจรคูณสัญญาณตามรูปมีอัตราขยายสัญญาณเท่าใด

ก. 1.2 ข. 2.5 ค. 12.8

ง. 25 จ. 128

39. แรงดันเอาต์พุตของวงจรคูณสัญญาณที่ได้มีค่าเท่าใด

ก. 1.2 V ข. 2.5 V ค. 12.8 mV

ง. 128 mV จ. 256 mV

40. ถ้าต้องการออกแบบวงจรคูณสัญญาณให้มีอัตราขยายแรงดันทางด้านเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 15 V จะต้องใช้ความต้านทาน R และ R_L ค่าเท่าใด

ก. $R = 1k\Omega, R_L = 78k\Omega$ ข. $R = 390k\Omega, R_L = 5k\Omega$ ค. $R = 5k\Omega, R_L = 390k\Omega$

ง. ข้อ ก. และ ข้อ ข. ถูก จ. ข้อ ก. และ ข้อ ค. ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 แสดงคะแนนที่ได้จากการทดลองระหว่างเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

คนที่	ใบงานทดลองที่ (คะแนนเต็ม)							
	1 (52)	2 (34)	3 (40)	4 (36)	5 (40)	6 (38)	7 (40)	8 (38)
1	49	30	37	33	36	33	39	34
2	46	28	34	30	35	30	35	33
3	41	23	32	30	32	30	31	32
4	50	32	39	35	39	34	39	35
5	41	27	33	30	33	31	31	32
6	39	28	33	28	31	32	31	30
7	36	25	30	23	28	30	27	28
8	42	29	32	30	34	28	37	33
9	34	26	31	24	28	30	28	28
10	41	28	33	30	32	31	33	29
11	40	27	31	29	32	28	31	30
12	39	28	31	28	33	31	31	30
13	41	25	33	29	31	30	34	31
14	39	26	31	28	31	32	32	31
15	40	27	31	28	32	30	31	29
รวม	618	409	491	435	487	460	490	465
เฉลี่ย	41.20	27.27	32.73	29.00	32.47	30.67	32.67	31.00
เฉลี่ยร้อยละ	79.23	80.20	81.83	80.56	81.17	80.70	81.67	81.58
เฉลี่ยทั้งหมด	E_1= 80.87							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 แสดงคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรวมหลังการเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

คนที่	คะแนนสอบหลังการทดลอง 40 คะแนน
1	38
2	36
3	33
4	38
5	34
6	30
7	29
8	36
9	29
10	31
11	31
12	32
13	33
14	30
15	31
รวม	491
เฉลี่ย	32.7
เฉลี่ยร้อยละ	81.83
เฉลี่ยทั้งหมด	E_2= 81.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องโครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ.4 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	-1	1	1	3	0.6
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.5 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	0	1	1	4	0.8
7	1	1	0	1	1	4	0.8
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ.6 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรอินทิเกรเตอร์

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.7 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรกรองความถี่

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	-1	1	1	1	3	0.6
8	1	-1	1	1	1	3	0.6
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	-1	1	1	1	3	0.6

ตารางที่ จ.8 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	0	1	1	4	0.8
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.9 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	-1	1	1	3	0.6
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	-1	1	1	3	0.6
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	0	1	1	4	0.8
7	1	1	-1	1	1	3	0.6
8	1	1	-1	1	1	3	0.6
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ.10 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรคูณสัญญาณ

แบบทดสอบ (ข้อที่)	ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	-1	1	1	3	0.6
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.11 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบรวมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบทดสอบ		ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
ใบงาน	ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1	5	1
	2	1	1	1	1	1	5	1
	3	1	1	0	1	1	4	0.8
	4	1	1	0	1	1	4	0.8
	5	1	1	0	1	1	4	0.8
2	6	1	1	1	1	1	5	1
	7	1	1	1	1	1	5	1
	8	1	1	1	1	1	5	1
	9	1	1	1	1	1	5	1
	10	1	1	1	1	1	5	1
3	11	1	1	1	1	1	5	1
	12	1	1	1	1	1	5	1
	13	1	1	1	1	1	5	1
	14	1	1	1	1	1	5	1
	15	1	1	1	1	1	5	1
4	16	1	1	1	1	1	5	1
	17	1	1	1	1	1	5	1
	18	1	1	1	1	1	5	1
	19	1	1	1	1	1	5	1
	20	1	1	1	1	1	5	1
5	21	1	1	1	1	1	5	1
	22	1	1	1	1	1	5	1
	23	1	1	1	1	1	5	1
	24	1	1	1	1	1	5	1
	25	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.11 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบรวมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิ (ต่อ)

แบบทดสอบ		ผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
ใบงาน	ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
6	26	1	1	1	1	1	5	1
	27	1	1	1	1	1	5	1
	28	1	1	1	1	1	5	1
	29	1	1	1	1	1	5	1
	30	1	1	1	1	1	5	1
7	31	1	1	1	1	1	5	1
	32	1	1	1	1	1	5	1
	33	1	1	1	1	1	5	1
	34	1	1	1	1	1	5	1
	35	1	1	1	1	1	5	1
8	36	1	1	1	1	1	5	1
	37	1	1	1	1	1	5	1
	38	1	1	1	1	1	5	1
	39	1	1	1	1	1	5	1
	40	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.12 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ แบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่อง โครงสร้างวงจรภายในของอุปกรณ์ตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. จ่ายสัญญาณอินพุต	2	1	1	1	1	1	5	1
2 . เลือกค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้เครื่องมือในการวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5. ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	1	1	1	5	1
7. ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
8. ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9. ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10. ค่ากระแสที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
11. ค่าแรงดันที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
12. ค่าอัตราขยายที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
13. รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
14. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.13 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	0	1	1	1	4	0.8
2. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
3. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
4. ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
5. ค่ากระแสที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
6. ค่าอัตราขยายที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
7. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ จ.14 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. จ่ายสัญญาณอินพุต	2	1	1	1	1	1	5	1
2. เลือกและกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	0	1	1	1	4	0.8
3. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้เครื่องมือในการวัดค่าแรงดันจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5. ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	1	1	0	1	1	4	0.8
6. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
7. ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
8. ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9. ค่าแรงดันที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
10. ค่าอัตราขยายที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
11. รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.15 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรอินทิเกรเตอร์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. จ่ายสัญญาณอินพุต	2	1	1	0	1	1	4	0.8
2. เลือกและกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
6. ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
7. ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
8. ค่าแรงดันที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
9. คาบเวลาที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10. รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
11. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.16 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรกรองความถี่

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. จ่ายสัญญาณอินพุต	2	1	1	1	1	1	5	1
2. เลือกและกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
6. ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
7. ค่าความถี่คัตออฟที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8. ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9. ค่าแรงดันที่จุดตัดความถี่คัตออฟที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
10. กราฟแสดงผลตอบสนองความถี่ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
11. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. เลือกและกำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
2. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
3. ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
4. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
5. ค่ากระแสที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
6. ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
7. ค่ากำเนิดความถี่ที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
8. ค่ากำเนิดความถี่ที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9. รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10. คำนวณหาค่าอุปกรณ์ได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
11. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.18 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรเลียนแบบค่าความเหนี่ยวนำ

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. จ่ายสัญญาณอินพุต	2	1	1	1	1	1	5	1
2. กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	1	1	1	1	5	1
3. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
6. ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
7. ค่ากระแสที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
8. ค่าความเหนี่ยวนำเสมือนที่คำนวณได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
9. กราฟความถี่เรโซแนนซ์ที่ได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
10. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.19 แสดงค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาและน้ำหนักคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแบบสังเกตพฤติกรรมทั่วไป เรื่องการประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนในการออกแบบวงจรคูณสัญญาณ

พฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5		
1. จ่ายสัญญาณอินพุต	2	1	1	1	1	1	5	1
2. กำหนดค่าอุปกรณ์ในวงจร	2	1	0	1	1	1	4	0.8
3. ใช้เครื่องมือในการวัดค่ากระแสจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
4. ใช้เครื่องมือในการวัดค่าความต้านทานจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
5. ใช้สายสัญญาณวัดรูปสัญญาณจุดต่างๆ	2	1	1	1	1	1	5	1
6. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
7. ค่าสัญญาณอินพุตถูกต้อง	2	1	1	0	1	1	4	0.8
8. ค่าแรงดันที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
9. ค่าความต้านทานที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
10. คำนวณค่าแรงดันได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1
11. รูปสัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้ถูกต้อง	2	1	1	1	1	1	5	1
12. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง	4	1	1	1	1	1	5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.20 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 1

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
2	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
3	8	2	0.67	0.75	0.33	0.22
4	5	4	0.60	0.13	0.40	0.24
5	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
6	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
7	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
8	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
9	5	4	0.60	0.13	0.40	0.24
10	5	2	0.47	0.38	0.53	0.25

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.629

ตารางที่ จ.21 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 2

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	7	3	0.67	0.50	0.33	0.22
2	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
3	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
4	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
5	4	2	0.40	0.25	0.60	0.24
6	6	2	0.53	0.50	0.47	0.25
7	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
8	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
9	7	3	0.67	0.50	0.33	0.22
10	5	1	0.40	0.50	0.60	0.24

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.662

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.22 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 3

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
2	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
3	6	1	0.47	0.63	0.53	0.25
4	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
5	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
6	6	4	0.67	0.25	0.33	0.22
7	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
8	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
9	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
10	6	1	0.47	0.63	0.53	0.25

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.720

ตารางที่ จ.23 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 4

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
2	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
3	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
4	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
5	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
6	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
7	6	3	0.60	0.38	0.40	0.24
8	6	2	0.53	0.50	0.47	0.25
9	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
10	4	3	0.47	0.13	0.53	0.25

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.24 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 5

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
2	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
3	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
4	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
5	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
6	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
7	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
8	7	3	0.67	0.50	0.33	0.22
9	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
10	5	3	0.53	0.25	0.47	0.25

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 5 มีค่าเท่ากับ 0.765

ตารางที่ จ.25 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 6

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
2	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
3	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
4	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
5	7	2	0.60	0.63	0.40	0.24
6	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
7	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
8	4	2	0.40	0.25	0.60	0.24
9	5	2	0.47	0.38	0.53	0.25
10	4	2	0.40	0.25	0.60	0.24

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.26 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 7

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	6	5	0.73	0.13	0.27	0.20
2	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
3	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
4	8	2	0.67	0.75	0.33	0.22
5	5	4	0.60	0.13	0.40	0.24
6	6	1	0.47	0.63	0.53	0.25
7	5	3	0.53	0.25	0.47	0.25
8	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
9	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
10	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 7 มีค่าเท่ากับ 0.711

ตารางที่ จ.27 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 8

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
2	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
3	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
4	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
5	6	1	0.47	0.63	0.53	0.25
6	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
7	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
8	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
9	8	3	0.73	0.63	0.27	0.20
10	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12

ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัดท้ายใบงานทดลองที่ 8 มีค่าเท่ากับ 0.735

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.28 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวม

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
2	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
3	6	5	0.73	0.13	0.27	0.20
4	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
5	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
6	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
7	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
8	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
9	7	3	0.67	0.50	0.33	0.22
10	8	2	0.67	0.75	0.33	0.22
11	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
12	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
13	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
14	7	4	0.73	0.38	0.27	0.20
15	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
16	8	4	0.80	0.50	0.20	0.16
17	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
18	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
19	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
20	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
21	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
22	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
23	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
24	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
25	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
26	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
27	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.28 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวม (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
28	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12
29	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
30	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
31	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
32	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
33	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
34	8	5	0.87	0.38	0.13	0.12
35	7	5	0.80	0.25	0.20	0.16
36	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
37	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
38	8	7	1.00	0.13	0.00	0.00
39	8	6	0.93	0.25	0.07	0.06
40	7	6	0.87	0.13	0.13	0.12

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวม มีค่าเท่ากับ 0.837

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

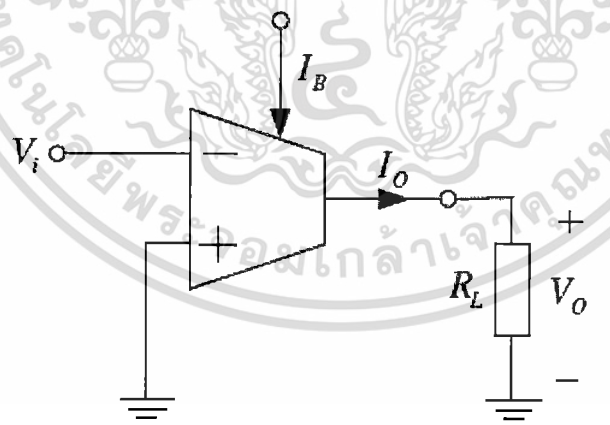
หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>

1. นักศึกษาสามารถหาคุณสมบัติพื้นฐานวงจรขยายแรงดันทั้งแบบกลับเฟสและแบบไม่กลับเฟสของวงจรโอทีเอได้
2. นักศึกษาสามารถออกแบบวงจรขยายแรงดันทั้งแบบกลับเฟสและแบบไม่กลับเฟสโดยใช้วงจรโอทีเอได้
3. นักศึกษาสามารถวัดค่ากระแสและแรงดันที่จุดต่างๆในวงจรได้
4. นักศึกษาสามารถคำนวณหากระแสและแรงดันที่จุดต่างๆได้

<u>ทฤษฎี</u>

วงจรขยายแรงดัน (Voltage Amplifier Circuits) ในการออกแบบวงจรขยายแรงดันโดยใช้วงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน หรือ วงจรโอทีเอนั้น สามารถออกแบบวงจรได้ทั้งแบบกลับเฟสและไม่กลับเฟสโดยอาศัยคุณสมบัติพื้นฐานในการคำนวณ ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของสมการดังนี้



รูปที่ 3.1 วงจรขยายแรงดัน

จากวงจรดังรูปที่ 3.1 สามารถเขียนสมการหาความสัมพันธ์ทางด้านเอาต์พุตได้ดังนี้

$$V_O = I_O R_L$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

เนื่องจากกระแส I_O จะแปรผันตามค่าความนำถ่ายโอนและแรงดันอินพุต ซึ่งจะได้ว่า

$$I_O = g_m(V_{i(+)} - V_{i(-)})$$

เมื่อแรงดันอินพุตมีค่าเท่ากับ

$V_{i(+)} = 0$ และ $V_{i(-)} = V_i$ จะได้ $I_o = -g_m V_i$

และค่าความนำถ่ายโอนภายในของโอทีเอมีค่าเท่ากับ

$$g_m = \frac{I_B}{2V_T}$$

โดยที่ V_T มีค่าเท่ากับ kT/q เมื่อ k คือค่าคงที่ของ Boltzmann = $1.38 \times 10^{-23}\ J/°K$ และ q คือค่าประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน 1 ตัว มีค่าเท่ากับ $1.6 \times 10^{-19}\ C$ และ T คือค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน จะเห็นว่า V_T มีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ซึ่งที่อุณหภูมิ $27\ °C$ จะได้ค่า V_T ประมาณ $26\ mV$ เมื่อแทนค่าความนำถ่ายโอน g_m ลงในสมการกระแสเอาต์พุตจะทำให้ได้ค่าความสัมพันธ์ของแรงดันทางด้านเอาต์พุตดังนี้

$$I_o = -\frac{I_B}{2V_T}V_i$$

ดังนั้น

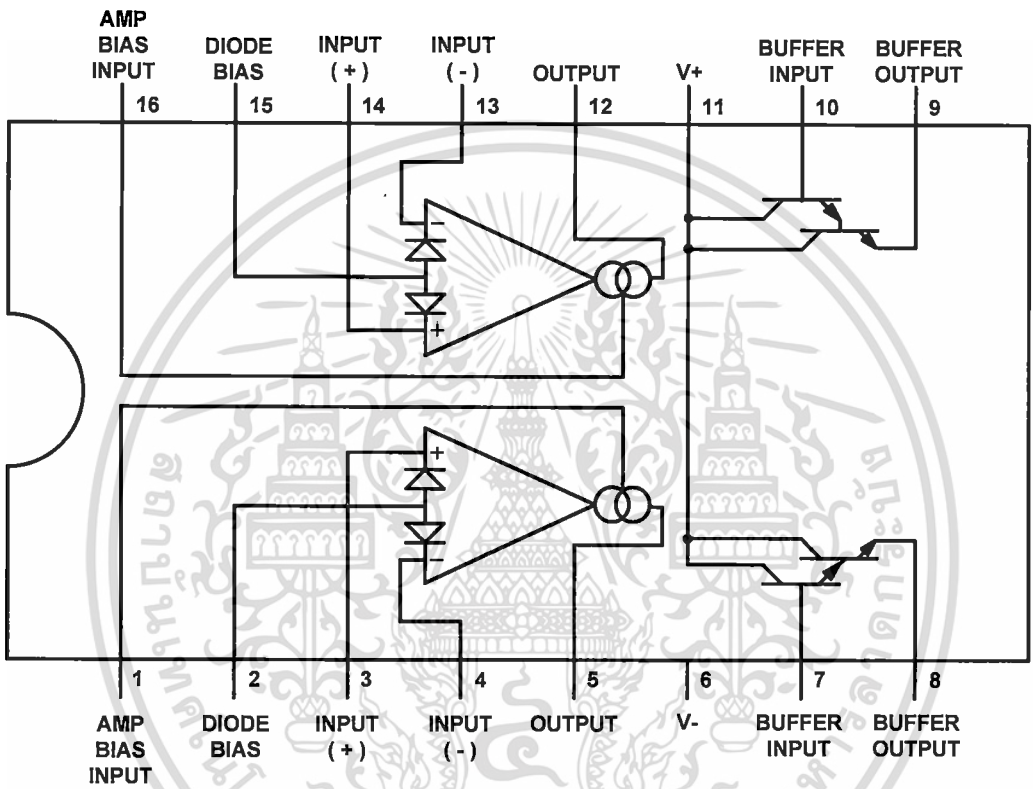
$$V_o = -\frac{I_B R_L}{2V_T}V_i$$

จากความสัมพันธ์ของสมการจะพบว่าค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้มีค่าติดลบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกลับเฟสของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตนั้นเอง และเกณฑ์อัตราการขยายสัญญาณสามารถควบคุมได้ทางกระแส I_B และค่าความต้านทาน R_L ซึ่งเอาต์พุตที่ได้นี้ยังแปรผันตามค่าอุณหภูมิในการทดลองอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

รูปที่ 3.2 เป็นโครงสร้างภายในของไอซี LM 13700 แบบ Dual



รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในของไอซี LM 13700

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

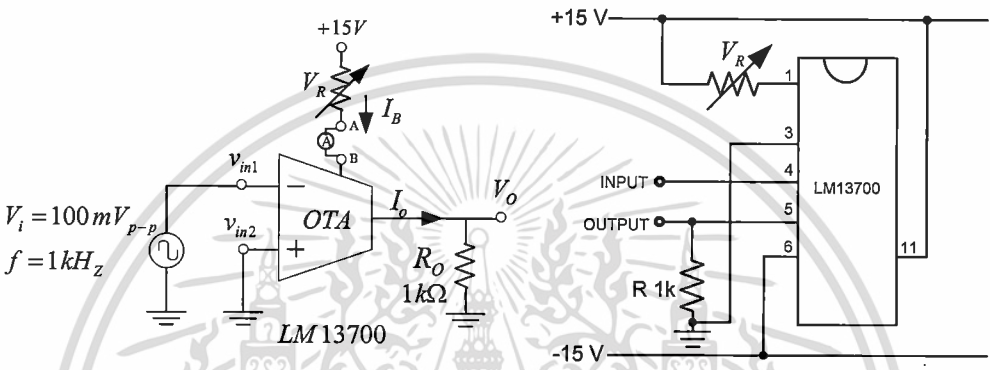
1. ชุดทดลองปฏิบัติการวงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน 1 เครื่อง
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง
3. ออสซิโลสโคป 1 เครื่อง
4. เครื่องกำเนิดสัญญาณ 1 เครื่อง
5. ตัวต้านทาน (ตามที่ระบุในใบงาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ทดลองวงจรดังรูปที่ 3.3



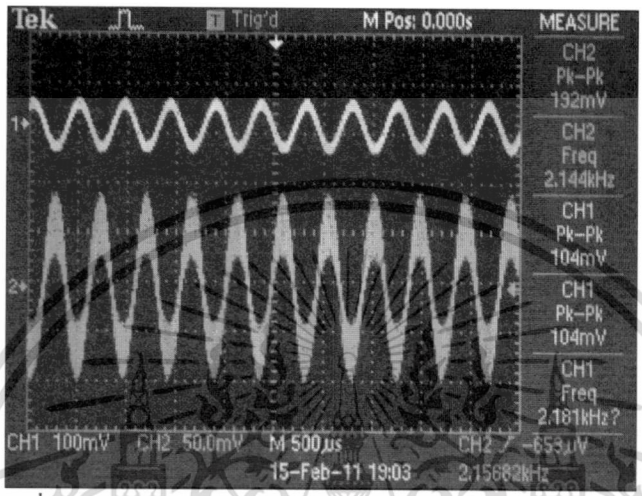
รูปที่ 3.3 วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟสและลักษณะการต่อใช้งาน

1.1 ป้อนสัญญาณไซน์เข้าที่จุด v_{in1} โดยทำการปรับค่า V_i ให้มีค่าเท่ากับ 100 $mVp\text{-}p$ ความถี่ 1 kH_Z แล้วต่อ v_{in2} เข้ากับกราวน์

1.2 ปรับค่าความต้านทาน V_R ให้ค่ากระแส $I_B = 100\,uA$ โดยวัดที่จุด A, B แล้วใช้ออสซิโลสโคปวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่าง v_{in1} กับ V_O แล้วบันทึกภาพทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง



รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับแรงดันขยายเอาต์พุต

1.3 คำนวณหาค่าอัตราขยายแรงดันของวงจรมีค่าเท่ากับ.....-1.9.....เท่า

โดยค่าอัตราการขยายแรงดัน (Av) หาได้จากสมการ $V_o = -\frac{I_B R_L}{2V_T} V_i$

1.4 ปรับความต้านทาน V_R เพื่อเปลี่ยนค่ากระแส I_B ตามตารางที่ 1 จากนั้นใช้ออสซิโลสโคปวัดค่าสัญญาณ V_O ทำการคำนวณหาค่า V_O และค่าเกณฑ์อัตราขยายแรงดันเพื่อบันทึกผล

ตารางที่ 3.1 แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ

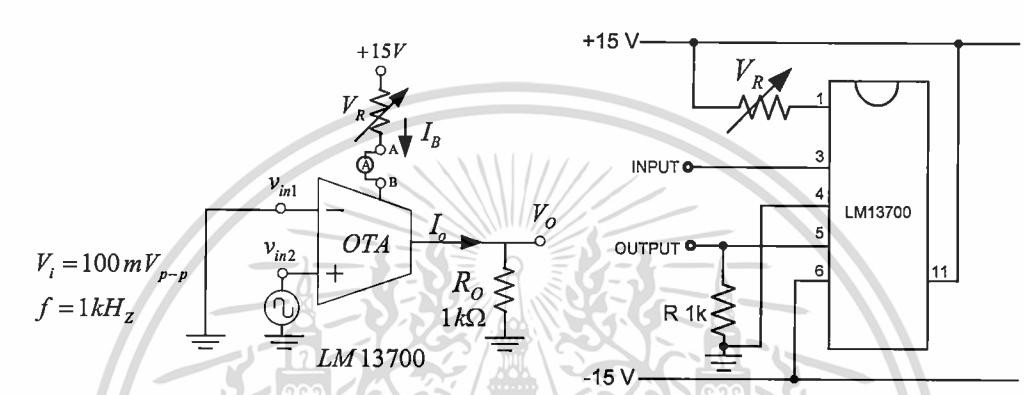
I_B (uA)	*100*	*200*	*300*	*400*	*500*	*1000*
ค่าแรงดันเอาต์พุตที่วัดได้ V_O $(mVp\text{-}p)$	198	324	440	568	688	1420
ค่าแรงดันเอาต์พุตที่คำนวณได้ V_O $(mVp\text{-}p)$	-192	-384	-576	-769	-961	-1920
ค่าอัตราการขยาย (เท่า)	-1.9	-3.8	-5.7	-7.6	-9.6	-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

ลำดับขั้นการทดลอง

2. ทดลองวงจรดังรูปที่ 3.5



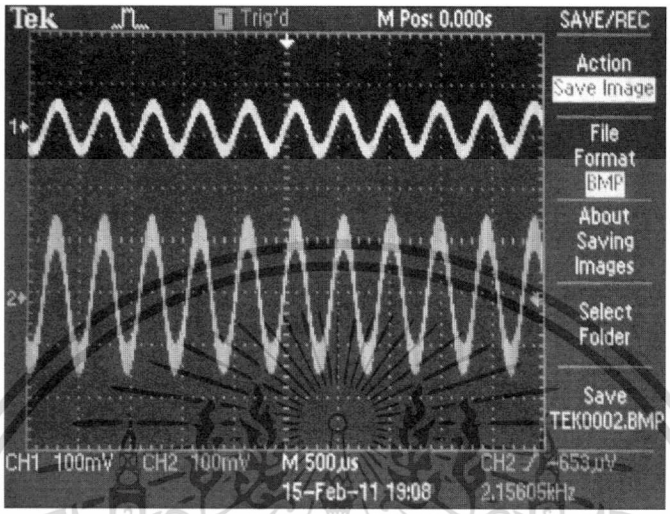
รูปที่ 3.5 วงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟสและลักษณะการต่อใช้งาน

2.1 ป้อนสัญญาณไซน์เข้าที่จุด v_{in2} โดยทำการปรับค่า V_i ให้มีค่าเท่ากับ 100 $mVp\text{-}p$ ความถี่ 1 kH_Z แล้วต่อ v_{in1} เข้ากับกราวน์

2.2 ปรับค่าความต้านทาน V_R ให้ค่ากระแส $I_B = 200\,uA$ โดยวัดที่จุด A, B แล้วใช้ออสซิโลสโคปวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่าง v_{in2} กับ V_O แล้วบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง



รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับแรงดันขยายเอาต์พุต

2.3 คำนวณหาค่าอัตราขยายแรงดันของวงจรมีค่าเท่ากับ.....3.8.....เท่า

โดยค่าอัตราการขยายแรงดัน (Av) หาได้จากสมการ $V_o = -\frac{I_B R_L}{2V_T} V_i$

3. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่ากระแสที่เพิ่มมากขึ้นตามหลักการทางทฤษฎี แต่เมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่ได้พบว่ามีค่าต่างกันเล็กน้อย อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากค่าความผิดพลาดของตัวอุปกรณ์รวมถึงอุณหภูมิของห้องในระหว่างการทดลองที่ไม่ตรงกับค่าทางอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

<u>แบบฝึกหัด</u>

<u>คำชี้แจง</u> : ข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ ให้เลือกข้อที่ถูกที่สุด และให้ใช้เวลาในการทำ 20 นาที

1. จากคุณสมบัติของวงจรขยายแรงดัน อัตราขยายสัญญาณทางเอาต์พุตสามารถควบคุมผ่านตัวแปรใดบ้าง

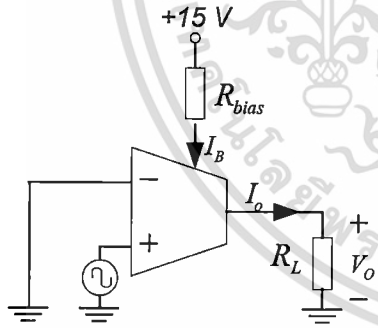
ก. กระแส I_B ข. ความต้านทาน R_L

ค. อุณหภูมิ V_T ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข้อ ข. (จ.) ถูกทุกข้อ

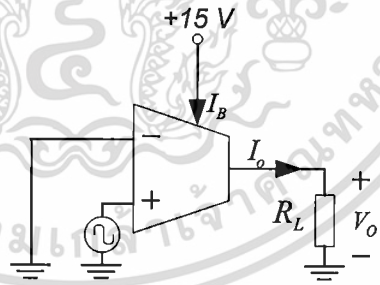
ถ้าต้องการออกแบบวงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส ให้มีอัตราขยายสัญญาณทางเอาต์พุตเท่ากับ 20 เท่า โดยกำหนดให้ $V_i = 20\ mV$ ความถี่ 1 kH_z โหลดความต้านทานเท่ากับ 5 กิโลโอห์ม ทดลองที่อุณหภูมิห้อง 27 °C จงตอบคำถามในข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 6

2. จากข้อมูลที่กำหนดให้ จะใช้วงจรรูปใดในการออกแบบ

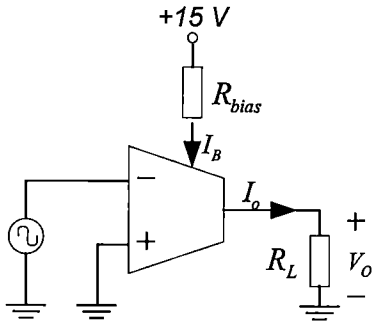
ก.



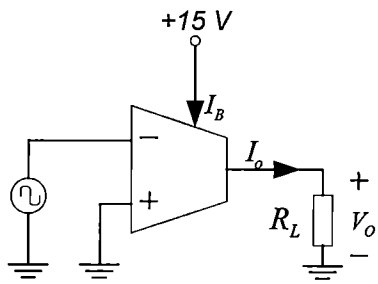
ข.



(ค.)



ง.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	
จุต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน รขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างใบงานทดลองพร้อมเฉลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

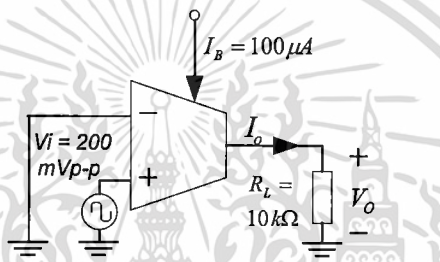
หน่วยที่ 3 การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน		
การทดลองที่ 3	เรื่อง การประยุกต์ใช้งานตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน ในการออกแบบวงจรขยายแรงดัน	1:20 ชั่วโมง

8. จากคำถามในข้อที่ 6 ค่าความนำถ่ายโอน (g_m) ของวงจรมีค่าเท่าใด

ก. 3.8 ข. 1.9

ค. 0.002 ง. 0.003 (จ.) 0.004

จงใช้วงจรดังรูปที่ 3.7 ตอบคำถามในข้อ 9 และข้อ 10



รูปที่ 3.7

9. ค่าแรงดันเอาต์พุต (V_O) ของวงจร ณ. อุณหภูมิห้อง มีค่าเท่าใด

ก. -1.9 V (ข.) - 3.8 V

ค. 1.9 V ง. 3.8 V จ. 19 V

10. อัตราการขยายสัญญาณ (A_v) ของวงจร ณ. อุณหภูมิห้อง มีค่าเท่าใด

(ก.) - 19 เท่า ข. 9 เท่า

ค. 9.5 เท่า ง. 10 เท่า จ. 19 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

คู่มือการใช้ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ประกอบการทดลองมีดังนี้

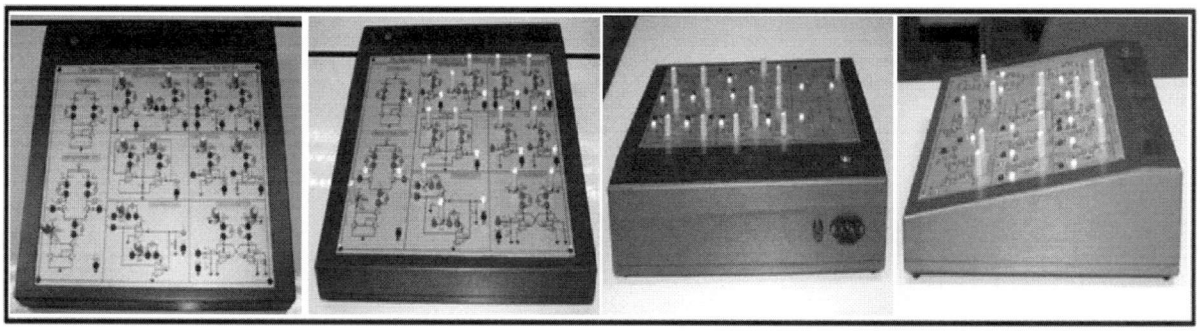
1. ชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอน
2. ใบงานทดลอง 8 ใบงาน
3. แบบทดสอบท้ายใบงานทดลอง
4. แบบทดสอบรวมหลังจากปฏิบัติการทดลองครบทั้ง 8 ใบงานแล้ว
5. Function Generator พร้อมสายสัญญาณ
6. ออสซิลโลสโคป พร้อมสายสัญญาณ
7. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง

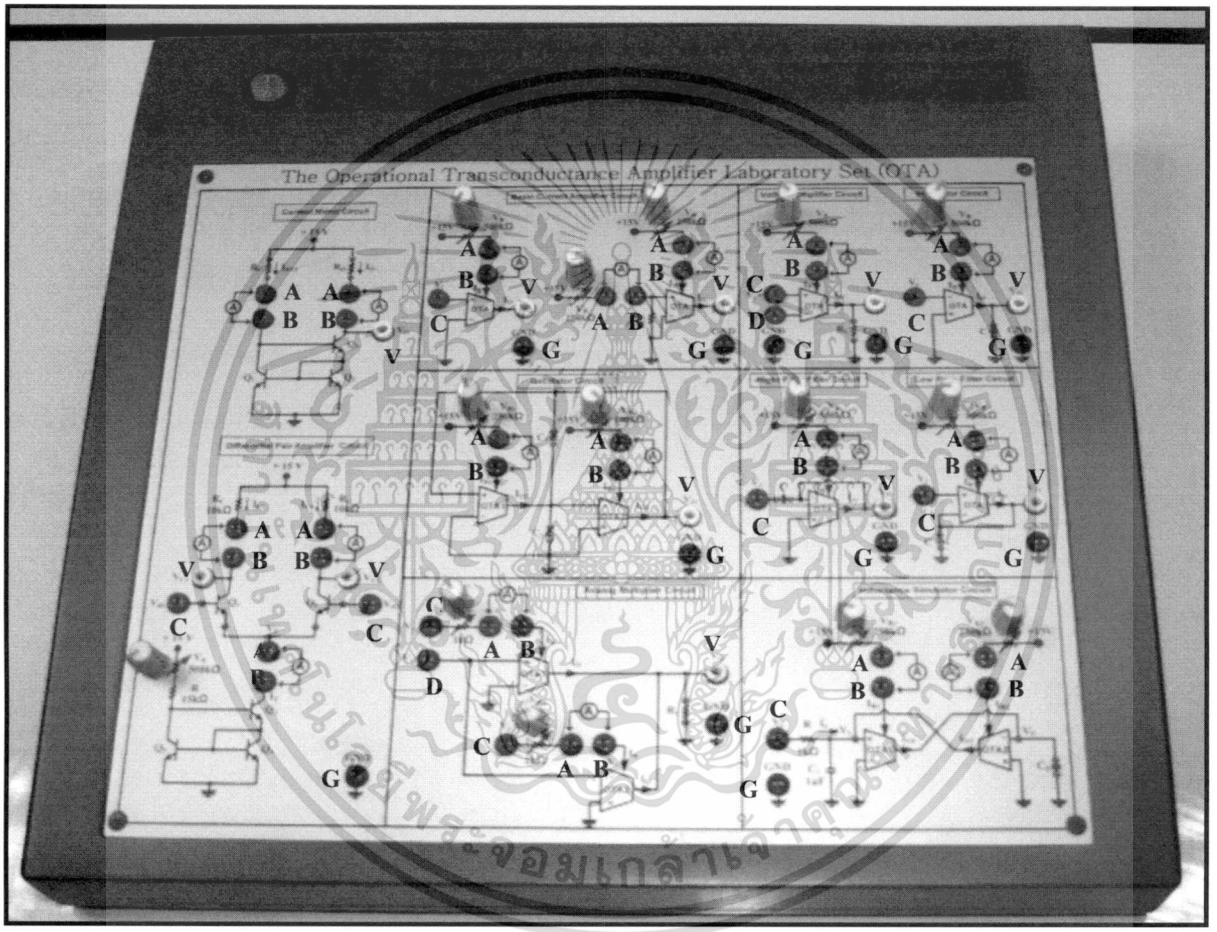
1. ให้นักศึกษาเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ตามใบงานทดลอง
2. ผู้สอนอธิบายถึงรายละเอียดต่างๆบนแผงชุดทดลอง และวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการทดลอง รวมถึงวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆประกอบการทดลอง
3. ให้นักศึกษาปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองตามใบงาน และวัดค่าต่างๆ เพื่อบันทึกผลที่ได้ลงในใบงานทดลอง
4. เมื่อปฏิบัติการทดลองครบในแต่ละใบงาน ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบท้ายใบงานในแต่ละใบงานทั้ง 8 ใบงาน
5. เมื่อนักศึกษาทุกคนปฏิบัติการทดลองครบทั้ง 8 ใบงานแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบรวมพร้อมกันทั้งหมดอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.1 แสดงรูปภาพชุดทดลองตัวขยายค่าความนำถ่ายโอนและจุดต่อต่างๆ



(ก) ด้านบน (ข) ด้านหน้า (ค) ด้านหลัง (ง) ด้านข้าง



<u>รายละเอียดของจุดต่อต่างๆบนแผงชุดทดลอง</u>

- จุด A และจุด B บนแผงชุดทดลองเป็นจุดที่ใช้เชื่อมต่อกับดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เพื่อใช้สำหรับการวัดค่ากระแสที่จ่ายให้กับวงจรทดลอง โดยมีการระบุวิธีการเชื่อมต่อ และการวัดไว้ในใบงานทดลองด้วย
- จุด C และจุด D บนแผงชุดทดลองจะเป็นจุดที่ใช้สำหรับรับสัญญาณอินพุต ที่จ่ายให้กับวงจรทดลอง โดยสัญญาณอินพุตจะระบุไว้ในใบงานทดลอง
- จุด V บนแผงชุดทดลองจะเป็นจุดที่ใช้สำหรับวัดสัญญาณเอาต์พุตของแต่ละวงจร
- จุด G บนแผงชุดทดลองจะเป็นจุดเชื่อมต่อกับกราวน์ของวงจร โดยทุดจุบนแผงชุดทดลองจะเชื่อมต่อถึงกันทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายสุพิศ เชื้อชัย
วัน-เดือน-ปีเกิด	29 มกราคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 2222/66 ซอยมณฑาทิพย์ 1/4 ถนนเทพารักษ์ ตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ
สถานที่ทำงาน	บริษัทมอลลิเก้ เฮลท์แคร์ (ประเทศไทย) 160 หมู่ 17 นิคมอุตสาหกรรม บางพลี อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ
ตำแหน่ง	วิศวกร ระดับ 1
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2544 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาช่างโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคราชสิทธาราม ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศบ.) สาขาวิชาวิศวกรรมระบบวัดคุม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้