การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่งหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF THE EXPERIMENTAL SET FOR THE PULSE AND SWITCHING CIRCUIT DESIGN FOR BACHELOR OF SCIENCE OF THE RAJABHAT INSTITUTE DHONBURI

นายชูชาติ หัตถ์สุวรรณ

SUCHART HUTSUWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

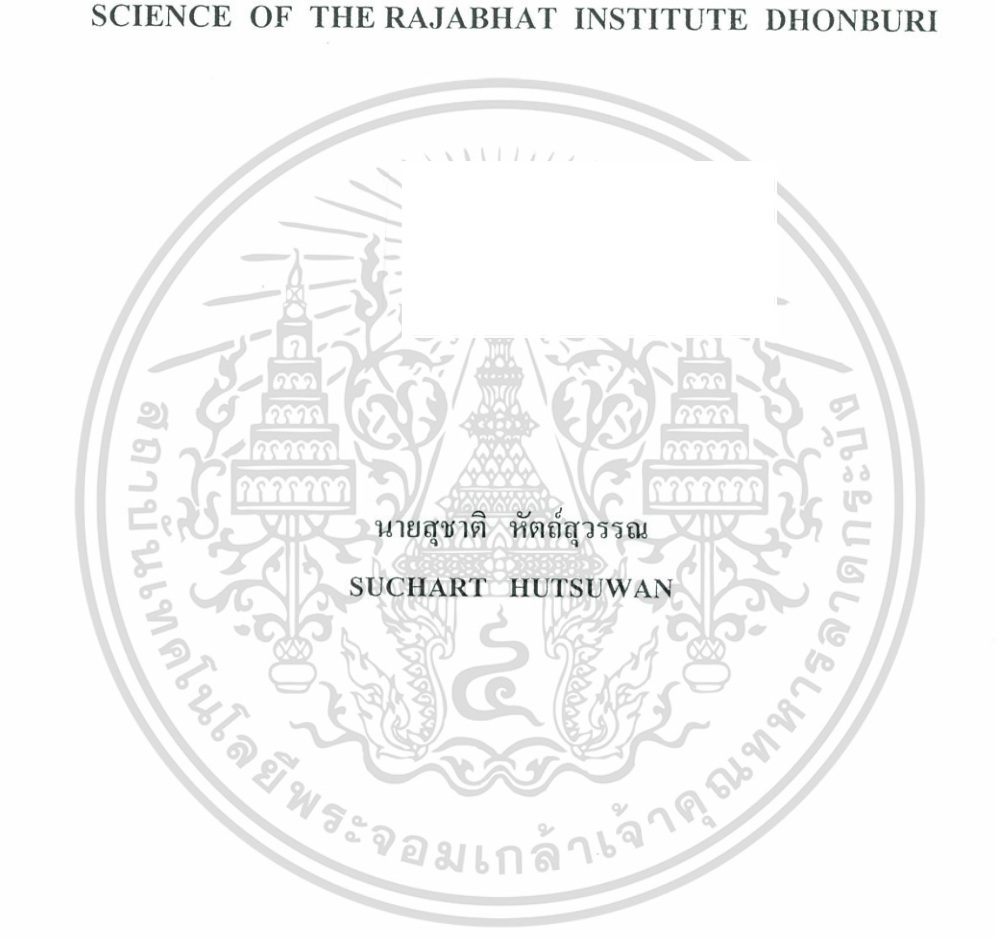
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9680-67-7

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF THE EXPERIMENTAL SET FOR THE PULSE AND SWITCHING CIRCUIT DESIGN FOR BACHELOR OF SCIENCE OF THE RAJABHAT INSTITUTE DHONBURI



นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ

SUCHART HUTSUWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2547

ISBN 974-9680-67-7

ับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตใ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF THE EXPERIMENTAL SET FOR THE PULSE AND SWITCHING CIRCUIT DESIGN FOR BACHELOR OF SCIENCE OF RAJABHAT INSTITUTE DHONBURI

SUCHART HUTSUWAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTRIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

ISBN 974-9680-67-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี
ชื่อนักศึกษา	สุชาติ หัตถ์สุวรรณ
รหัสประจำตัว	43064609
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.กิติพงศ์ มะโน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง พร้อมใบงาน จำนวน 13 ใบงาน ในการวิจัยได้เลือกใบงาน 5 ใบงาน และแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติ 5 ใบงานแล้ว โดยนำชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่งที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) สถาบันราชภัฏธนบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 15 คน ระหว่างการทดลองให้นักศึกษาปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียน และนำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติมาทำแบบทดสอบใบงานรวม นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง

ผลการวิจัยปรากฏว่า การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพ 83.81/82.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Construction and Evaluation of the Experimental Set for The Pulse and Switching Circuit Desing for Bachelor of Science of The Rajabhat Institute Dhonburi
Student ID	Mr. Suchart Hutsuwan
Degree	Master of Science in Industrial Education
Programme	Electrical Communication Engineering
Year	2004
Thesis Advisor	Assistant Professor Wisuit Atiporntum
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Kitipong Mano

ABSTRACT

The purposes of this research were to construc and to find the efficiency of the experiment set for pulse and switching circuit design for Bachelor of Science of Rajabhat Institute Dhonburi.

The research was conducted by the researcher to construc the experiment set for pulse and switching circuit design subject with 13 jobsheets to cover the course outline. The researcher selected five content jobsheets and practical jobsheet for final examination after completion of the five content jobsheets. Fifteen students of the Industrial Electrical Technology Program Bachelor of Science of Rajabhat Institute Dhonburi in the second semester of acadmic year 2003. During the experiment, the students were asked to complete the five jobsheets and the practical jobsheet as the final examination. The experimental data were analyzed in term of descriptive and inferential statistics to find the efficiency of the experiment set for pulse and switching circuit design.

The result of this research showed that the efficiency of the experiment set for pulse and switching circuit design was 83.81/82.34 which was higher than the setting criteria 80/80.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.กิติพงค์ มะโน อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา รศ.ดร. พงศ์ หรดาล และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้ คือ ผศ.สืบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์ ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์วิชิต ดาราบท รศ.สมยศ จุณณะปิยะ อาจารย์สุนทร เกตุสุขาวดี อาจารย์วรวิทย์ สมหา ที่ได้กรุณาสละเวลาในการประเมินคุณภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนให้ข้อคิดต่างๆอันก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง ญาติพี่-น้อง ที่ได้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนผลงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบใจนักศึกษาระดับปริญญาตรีโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) ที่ได้ให้ความร่วมมือ เสียสละเวลา และกำลังความคิดในการร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลือด้านการติดต่อสอบถาม และแบบฟอร์มเอกสารต่างๆ

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุชาติ หัตถ์สุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 สมมติฐานในการวิจัย..... 3

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....4

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 วิธีสอนภาคปฏิบัติ.....6

2.2 การวิเคราะห์หลักสูตร.....15

2.3 เครื่องมือในการวิจัย.....17

2.4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง.....19

2.5 การประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน.....21

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง.....22

2.7 วงจรพัลส์และสวิตชิ่ง..... 24

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....45

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....47

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....47

3.2 การเตรียมการวิจัย.....47

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ.....49

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....57

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....58

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....60

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านใบงาน.....60

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านชุดทดลอง.....61

4.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง.....62

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....64

5.1 สรุปผลการวิจัย.....64

5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....67

5.3 ข้อเสนอแนะ.....68

บรรณานุกรม.....69

ภาคผนวก.....71

ภาคผนวก ก คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการควบคุม และกรรมการพิจารณาหัวข้อ และเค้าโครงวิทยานิพนธ์.....73

ผลการพิจารณาหัวข้อ และเค้าโครงวิทยานิพนธ์.....74

หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย.....75

หนังสือขอความร่วมมือให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย..... 77

ภาคผนวก ข รูปภาพของชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง.....78

ตัวอย่างใบงาน..... 88

ตัวอย่างแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม.....118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน……..126
ตารางค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงาน……...129
ตารางค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลอง....129
ตารางคะแนนของการปฏิบัติใบงาน 5 ใบงาน ระหว่างการเรียน และคะแนน
แบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม หลังปฏิบัติใบงานครบ 5 ใบงานแล้ว……130
ภาคผนวก ง แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับความสอดคล้อง
ระหว่างการปฏิบัติในใบงานกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม……....132
แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบงาน…….... ..156
แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลอง……...159

ประวัติผู้เขียน……..162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงาน.....60

4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลอง.....61

4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 คุณลักษณะของรูปคลื่นพัลส์ในอุดมคติ..... 24

2.2 รูปคลื่นของพัลส์..... 25

2.3 วงจร RC ดิฟเฟอเรนติเอเตอร์..... 27

2.4 รูปคลื่นของแรงดันด้านออกกรณีที่แรงดันด้านเข้าเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม..... 28

2.5 วงจร RC อินทิเกรเตอร์..... 28

2.6 รูปคลื่นด้านออกของวงจร RC อินทิเกรเตอร์..... 29

2.7 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบแบบอนุกรม..... 30

2.8 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านบวกแบบอนุกรม..... 30

2.9 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นไดโอดขนานด้านลบ..... 31

2.10 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นไดโอดขนานด้านบวก..... 31

2.11 วงจรคริปเปอร์แบบขนานไดโอดที่มีไบแอสโดยใช้แหล่งจ่ายไฟตรงภายนอก..... 32

2.12 วงจรคริปเปอร์แบบขนานไดโอดที่มีไบแอสโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด..... 32

2.13 วงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบลบ..... 33

2.14 วงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบบวก..... 33

2.15 วงจรทรานซิสเตอร์ต่อแบบอิมิเตอร์ร่วม..... 34

2.16 วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติขณะที่ไม่ทำงาน..... 35

2.17 วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติขณะที่ทำงาน..... 35

2.18 วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรงมีสัญญาณอินพุตเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม..... 36

2.19 วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรงมีสัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์..... 36

2.20 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555..... 38

2.21 ทิศทางของกระแส Charge และDischarge ของคาปาซิเตอร์..... 38

2.22 โครงสร้างภายในของไอ.ซี. เบอร์ 555..... 40

2.23 ลักษณะภายนอกของไอ.ซี. เบอร์ 555 แบบต่างๆ..... 41

2.24 วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555..... 41

2.25 รูปคลื่นสัญญาณทางด้านเอาต์พุต..... 42

2.26 วงจรรวมเบอร์ 555..... 43

2.27 ขาใช้งานวงจรรวมเบอร์ 555..... 44

2.28 วงจรจุดชนวนของชมิตต์ที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555..... 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งที่แสดง และบ่งบอกถึงความเจริญของสังคม และประเทศชาติ ประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ประชากรในประเทศส่วนใหญ่มักประกอบอาชีพทางด้านอุตสาหกรรม โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการผลิตสินค้า เครื่องอุปโภคบริโภค และอื่นๆตลอดจนทางด้านเกษตรกรรมก็นำเทคโนโลยีมาช่วยในการเพิ่มผลผลิตเพื่อให้ทันกับความต้องการของประชากรของโลก

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของชาติให้เจริญก้าวหน้านั้น ประการหนึ่งขึ้นอยู่กับการพัฒนาอุตสาหกรรมภายในประเทศ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ที่เป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุคลากรที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณภาพและประสิทธิภาพของการผลิต เทคโนโลยีที่ทันสมัยต้องควบคู่กับคนที่รอบรู้ เพื่อให้สามารถตามทันเทคโนโลยี การศึกษาเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการศึกษาในด้านอาชีวศึกษาถือเป็นส่วนที่สำคัญมาก เพราะเป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้านวิชาชีพและเทคโนโลยีโดยตรงจากการศึกษาในปัจจุบันเน้นคนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ หรือเป็นจุดมุ่งหมายหลักของการพัฒนา โดยมุ่งให้คนทุกคนมีการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพทุกๆ ด้าน ทั้งด้านสติปัญญา ร่างกายและจิตใจซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการสร้างพลังครอบครัว ชุมชน และสังคม ที่จะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศ การศึกษานับเป็นรากฐานที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการสร้างสรรค์ความเจริญก้าวหน้าและแก้ไขปัญหาต่างๆ ในสังคมได้

ในปัจจุบันการแข่งขันทางด้านธุรกิจนับวันจะมีความรุนแรงมากขึ้น อุตสาหกรรมในการผลิตสินค้าเพื่อจำหน่ายจะต้องได้ทั้งคุณภาพ ความสวยงาม ความทนทาน ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยผลิตสินค้า การที่จะใช้เทคโนโลยีได้ต้องมีความรู้ความสามารถ การศึกษาเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากที่จะตอบสนองสิ่งเหล่านี้ได้ การศึกษาด้านอาชีวศึกษา เป็นการศึกษาที่จะนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้จึงจำเป็นจะต้องมีการพัฒนาการเรียนการสอนทางด้านอาชีวศึกษาให้เจริญก้าวหน้าตาม ซึ่งถือได้ว่าเป็นการพัฒนาคน และเป็นการพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมกับประเทศอื่นๆ

จากแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559) ตอนหนึ่งกล่าวไว้ว่า “แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นยุทธศาสตร์ระยะยาว 15 ปี ที่มีความสำคัญยิ่ง เนื่องจากเป็นการนำสาระของการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ และนโยบายของรัฐบาลสู่การปฏิบัติ และเป็นกรอบแนวทางในการจัดทำแผนพัฒนาการศึกษาพื้นฐานแผนพัฒนาการอาชีวศึกษา แผนพัฒนาการอุดม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษา และแผนพัฒนาด้านศาสนา ศิลปะ และวัฒนธรรม ในระดับเขตพื้นที่การศึกษา องค์กรปกครองท้องถิ่น และสถานศึกษา เพื่อนำไปสู่การดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เสร็จสมบูรณ์ทั้งกระบวนการเพื่อการปฏิรูปการศึกษา การดำเนินการด้านศาสนา ศิลปะ และวัฒนธรรมในช่วงระยะเวลา 15 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 จนถึงปี พ.ศ. 2559 ที่สอดคล้องต่อเนื่องกันทั้งประเทศ

แผนการศึกษาแห่งชาติได้นำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นปรัชญาพื้นฐานในการกำหนดแผน โดยมีการศาสนา ศิลปะ วัฒนธรรม และธรรมชาติ บูรณาการเชื่อมโยงเป็นกระบวนโดยรวมที่คนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนา ซึ่งจะเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน มีดุลยภาพทั้งด้าน เศรษฐกิจ สังคม การเมือง และสิ่งแวดล้อม และมุ่งไปสู่การอยู่ดีมีสุขของคนไทยทั้งปวง"

การฝึกภาคปฏิบัติเป็นการสอนอีกรูปแบบหนึ่ง ที่เน้นการเรียนการสอนเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาทฤษฎีที่เรียนมา โดยที่ผู้เรียนจะได้พิสูจน์หลักการทางทฤษฎีด้วยการทดลองจริง ช่วยให้เกิดประสบการณ์ตรง เกิดทักษะ และสามารถพิสูจน์หาข้อเท็จจริงได้ การปฏิบัติจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการเรียนการสอนด้านอาชีวศึกษา ในทุกสาขาวิชาชีพ (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. 2541 : 2)

การพัฒนาที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การพัฒนาการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติ ดังที่ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 :107) ได้เสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อทางด้านการศึกษาเกี่ยวกับการจัดซื้อจัดหาชุดทดลองมาใช้ในการเรียนการสอนไว้ว่า ชุดทดลองหรืออุปกรณ์ช่วยสอนจากต่างประเทศ มักมีราคาสูง นอกจากนั้นยังอาจไม่สอดคล้องต่อการนำมาใช้งาน อันเนื่องมาจากภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมกับหลักสูตร และวิธีการสอน เป็นต้น จึงได้เสนอแนะว่าควรมีการสนับสนุนให้ครูผู้สอนมีการพัฒนาชุดทดลองและอุปกรณ์ช่วยสอนขึ้นมาใช้เองในสถานศึกษา ซึ่งจะก่อประโยชน์ได้หลายประการด้วยกัน คือ เป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อ ชุดทดลองสามารถพัฒนาชุดทดลองและอุปกรณ์ช่วยสอนขึ้นมาให้มีความสอดคล้องกับหลักสูตรที่ใช้ ให้มีภาษาที่เข้าใจ ง่ายและเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาใช้เอง โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

ในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม(เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) สถาบันราชภัฏธนบุรี ได้กำหนดให้นักศึกษาเรียน วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง โดยวิชานี้จำเป็นที่จะต้องใช้สื่อการเรียนการสอน เช่น ใบงาน ชุดทดลอง มาประกอบการเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้พิสูจน์หลักการต่างๆทางทฤษฎีด้วยการทดลอง และได้รับประสบการณ์ตรงในการค้นคว้าหาข้อเท็จจริงจากการลงมือปฏิบัติ นอกจากนี้ยังมุ่งให้ผู้เรียนได้คุ้นเคยกับเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม แต่การจัดหาชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพต่อการเรียนการสอนในปัจจุบันนั้นได้ประสบปัญหาที่สำคัญ คือ ชุดทดลองมีราคาแพง และไม่สอดคล้องกับหลักสูตรที่ใช้ทำการสอน อีกทั้งทางโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มีโครงการที่จะจัดตั้งเป็นคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมขึ้นมาใหม่จึงจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะต้องมีอุปกรณ์ใช้สำหรับการเรียนการสอนในวิชาที่มีการปฏิบัติ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมทางโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรมจึงสนับสนุนให้อาจารย์สร้างสื่อการเรียนการสอนขึ้นมาใช้

และจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสอนในวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง พบปัญหาที่สำคัญ คือไม่มีชุดทดลอง เวลาสอนในภาคปฏิบัตินั้นจะใช้วิธีทดลองด้วยการประกอบวงจรลงบนบอร์ดพื้นฐาน จะต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ ทำการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านต่างๆ ของวงจร ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละใบงาน ทำให้ต้องใช้เวลาในการทดลองมาก เนื่องจากการต่อวงจรมักผิดพลาดได้ง่าย มีการวัดค่าต่างๆ ผิดตำแหน่งและตรวจสอบค่อนข้างยาก บางครั้งทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหาย อีกทั้งวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง เป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญที่ใช้สำหรับการศึกษาในรายวิชาต่างๆ อีกต่อไป ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะสร้างชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง มีความแข็งแรง ใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน สะดวกในการทดลอง ช่วยประหยัดงบประมาณ และเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

1.3 สมมติฐานในการวิจัย

ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การสอนแบบปฏิบัติเป็นการศึกษาหาความรู้ด้วยวิธีการทดลองในสาขาต่างๆ โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ตรวจสอบวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือ และวัสดุมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาข้อเท็จจริงด้วยตนเอง ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางนี้เป็นกรอบแนวความคิดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัลลภ จันทร์ตระกูล. (2543 : 110-128) มาใช้ในขั้นตอนที่ 1,2 ,3 และ 4 และขั้นตอนที่ 5 ของ อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์. (2530 : 80-84) มาใช้ในการสร้างชุดทดลอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการกำหนดเนื้อหา และวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบ และสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนของอุปกรณ์

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี(ต่อเนื่อง2 ปีหลัง ชั้นปีที่1) หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) สถาบันราชภัฏธนบุรี จำนวน 15 คน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น

1.5.2 เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการทดลอง

ประกอบด้วยใบงาน 13 ใบงาน คือวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ วงจรอินทิเกรเตอร์ วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดอนุกรม วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานมีไบแอส วงจรแคลมป์ด้านบวก วงจรแคลมป์ด้านลบ วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ วงจรกลับสัญญาณ วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย วงจรจุดชนวนสัญญาณของชมิตต์ นำใบงานมาจัดแบ่งกลุ่มเนื้อหาของใบงานออกเป็น 5 กลุ่ม แล้วทำการสุ่มการทดลองในแต่ละกลุ่มใบงานให้นักศึกษาทดลอง โดย

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ วงจรอินทิเกรเตอร์

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดอนุกรม วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน แบบมีไบแอส

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย วงจรแคลมป์ด้านบวก วงจรแคลมป์ด้านลบ

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ วงจรกลับสัญญาณ

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย วงจรกำเนิดสัญญาณของชมิตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 เวลา และสถานที่

โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏธนบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดทดลอง หมายถึง ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

2. ใบงาน หมายถึง ใบสั่งงานที่ให้นักศึกษาปฏิบัติการทดลอง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. แบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ประสิทธิภาพของชุดทดลอง หมายถึง ประสิทธิภาพของชุดทดลองที่วัดจากค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด จากการปฏิบัติการทดลองในใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียนและแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม หลังปฏิบัติการทดลองครบ 5 ใบงานแล้ว

5. เกณฑ์กำหนด 80/80 หมายถึง

80 ตัวแรก คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด ที่ทำการทดสอบทางปฏิบัติถูก คิดเป็นร้อยละ 80 จากการปฏิบัติการทดลอง 5 ใบงานระหว่างการเรียน

80 ตัวหลัง คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด ที่ทำการทดสอบถูก คิดเป็นร้อยละ 80 จากแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงาน

6. ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 2 ปี ด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาตรี หรือสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเพื่อสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี ผู้วิจัยได้ลำดับหัวข้อการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

2.1 วิธีการสอนภาคปฏิบัติ

2.2 การวิเคราะห์หลักสูตร

2.3 เครื่องมือในการวิจัย

2.4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

2.5 การประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

2.7 วงจรพัลส์และสวิตชิ่ง

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีการสอนภาคปฏิบัติ

การสอนในโรงฝึกงาน (workshop teaching) มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเสริมสร้างทักษะในการทำงานโดยตรง ซึ่งจะทำให้เข้าใจว่าวิธีสอนที่ใช้อยู่มีเพียงวิธีสอนแบบปฏิบัติงานวิธีเดียว แต่เมื่อแจกแจงให้ละเอียดแล้ว พบว่ามีแบบแผนการสอนหลายรูปแบบรวมทั้งเทคนิค และการใช้สื่อต่างๆ ประกอบอีกมาก ดังนั้นก่อนจะลงมือสอนในโรงฝึกงานควรจะทำความเข้าใจ และเลือกรูปแบบการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหา และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ด้วย (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล.2541:39)

2.1.1 รูปแบบจัดการสอนภาคปฏิบัติ

การจัดรูปแบบวิธีสอนภาคปฏิบัติสามารถจัดแบ่งออกเป็น 8 วิธีการสอน ดังนี้

1. วิธีสอนแบบควบคุมทุกขั้นตอน

การสอนภาคปฏิบัติในโรงฝึกงานภายใต้การควบคุมทุกขั้นตอนคือ การสอนโดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานโดยตรง โดยต้องทำงานเป็นขั้นๆ ตามที่ผู้สอนกำหนดให้ภายใต้การดูแล และให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

การให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือทำงานในโรงงานภายใต้สภาพที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม การกระทำ การเคลื่อนไหว และทักษะ เป็นต้น การเรียนแบบนี้มีสำคัญต่อการสอนภาคปฏิบัติในโรงฝึกงานอย่างมาก ซึ่งมีลักษณะการใช้งานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สอนสิ่งที่จะต้องกระทำด้วยมือ เพื่อให้เกิดทักษะ
2. สอนควบคุม และการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ
3. สอนทักษะในการทำงานร่วมกัน
4. สอนขั้นตอนในการรักษาความปลอดภัย

ข้อดี ของวิธีสอนแบบควบคุมทุกขั้นตอน

1. เพิ่มพูนความเข้าใจ และการเรียนรู้ เพราะเป็นการนำทฤษฎีมาปฏิบัติทำให้เกิดความสนใจและตั้งใจเรียนดี

2. ติดตามผลการเรียนได้ คือ ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้าของการเรียนของผู้เรียนได้ทุกขณะและสามารถแก้ไขข้อบกพร่องนั้น

3. ลดความเสียหาย เพราะนักเรียนจะต้องดำเนินการฝึก ตามที่ผู้สอนกำหนดไว้ด้วยความระมัดระวัง

4. ส่งเสริมความปลอดภัยในโรงงาน เพราะการควบคุมการฝึกจากผู้สอนอย่างใกล้ชิดและถูกต้องทำให้การปฏิบัติงานของผู้เรียนเป็นไปอย่างถูกต้อง และปลอดภัยซึ่งสามารถป้องกันอุบัติเหตุได้

ข้อเสีย ของวิธีสอนแบบควบคุมทุกขั้นตอน

1. ต้องใช้เครื่องจักร เครื่องมือมาก เพราะจะต้องให้นักเรียนทุกคนให้มีโอกาสในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์เท่ากัน

2. ต้องใช้เวลามาก เพราะจะต้องจัดตั้งเครื่องมือ ช่วงเวลาทำงานของเครื่องมือ เช่น การฝึกกลึง เป็นต้น

3. ต้องใช้ผู้สอนหลายคน เพราะในการควบคุมการปฏิบัตินั้น ผู้สอนคนหนึ่งๆ ไม่สามารถจะดูแลได้หลายกลุ่มเนื่องจากต้องคอยดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา เพื่อลดความเสียหายและต้องติดตามความก้าวหน้าของนักเรียนด้วย

2. วิธีสอนแบบสาธิตก่อนปฏิบัติ

การสอนสาธิตการทำงานก่อนการปฏิบัติ เป็นการสาธิตขบวนการทำงานให้ผู้เรียนได้เข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้ แล้วจึงให้ลงมือปฏิบัติต่อไป

ในการสาธิตนั้น ผู้สอนจะต้องทำการศึกษาคู่มือครูให้เข้าใจ และต้องศึกษาเอกสารเนื้อหาด้วยในกรณีที่ผู้สอนไม่มีความมั่นใจเนื้อหาที่จะทำการฝึกนี้ให้กับผู้เรียนก่อนทำการสาธิต และผู้เรียนก็สามารถที่จะกระทำการทบทวนหรือศึกษาเพิ่มเติมจากที่เรียนมาแล้ว เพื่อให้แม่นยำในเนื้อหายิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลในการทำงานต่อผู้ที่ทำการฝึกให้มีการทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ข้อดี ของวิธีสอนแบบสาธิตก่อนปฏิบัติ

1. ผู้เรียนสามารถเห็นจริงในงานที่จะทำการฝึกว่ามีขั้นตอนในการทำงานอย่างไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานที่ไม่สามารถทำให้เข้าใจด้วยวิธีการอื่นๆ ซึ่งไม่สามารถทำให้เข้าใจได้

3. สามารถใช้ฝึกทักษะเบื้องต้นได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ

4. ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากได้เห็นจริง จึงทำให้ไม่เสียเวลาในการบรรยายมากมายให้ผู้เรียนเข้าใจ

ข้อเสีย ของวิธีสอนแบบสาธิตก่อนปฏิบัติ

1. ใช้เวลาในการสอนมาก

2. ไม่สามารถสอนให้กับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ๆ ได้

3. ในการควบคุมผู้เรียนในระหว่างการสาธิตทำได้ลำบาก ทำให้ผู้เรียนขาดความสนใจได้

4. ในบางครั้งอาจจะไม่เหมาะกับทักษะที่จะทำการสอนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ได้

3. วิธีสอนแบบบรรยายก่อนปฏิบัติ

การสอนบรรยายย่อก่อนการปฏิบัติ เป็นการสอนโดยการอธิบายทฤษฎี หลักการและวิธีการที่เกี่ยวกับงานที่จะปฏิบัติให้ฟังพอสังเขปแล้วจึงให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้

1. คู่มือครู : ผู้สอนควรจะศึกษาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ก่อนการสอนเสร็จแล้วจึงค่อยศึกษาเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน

2. คู่มือผู้เรียน : ผู้สอนอาจจะมอบคู่มือผู้เรียนให้แก่นักศึกษาก่อน หรือหลังการบรรยายก็ได้ แต่ถ้าจะให้ได้ผลดีจริงๆ ควรจะมอบคู่มือผู้เรียนหลังจากบรรยายเสร็จแล้ว ทั้งนี้ก็เพื่อให้ผู้เรียนมีความตั้งใจฟังกับการบรรยายมากขึ้น

3. ควรจะมอบเอกสารเนื้อหาให้พร้อมๆ กับคู่มือผู้เรียนให้กับผู้เรียน แต่ถ้าจะให้ได้ผลดีควรจะมอบให้ไปอ่านมาก่อน 1 สัปดาห์

4. แบบฟอร์มการตรวจสอบ และประเมินผล : จะเป็นแบบฟอร์มสำหรับผู้สอนที่จะใช้ในการตรวจสอบและประเมินผล ผู้สอนควรทำความเข้าใจวิธีการใช้แบบฟอร์มนี้ก่อนที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบและประเมินผล

ข้อดี ของวิธีสอนแบบบรรยายก่อนปฏิบัติ

1. ประหยัดเวลา เพราะสามารถบรรยายเนื้อหาได้มากกว่าวิธีอื่นในระยะเวลาที่เท่ากัน

2. มีความเหมาะสมสำหรับกลุ่มผู้เรียนทุกขนาด

3. ไม่จำกัดสถานที่ คืออาจจะนอก shop หรือใน shop ก็ได้

4. มีความคล่องตัวในการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงเนื้อหา และชิ้นงานได้ง่าย

5. มีความคล่องตัวในการเน้นจุดสำคัญของเนื้อเรื่องได้ทุกขณะ โดยที่ผู้สอนสามารถชี้แนะข้อความที่สำคัญๆ ได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน

การสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน เป็นการสอนให้ปฏิบัติโดยตรง มักจะใช้กับผู้เรียนที่มีประสบการณ์เรียนปฏิบัติมาแล้ว และเป็นการเรียนที่ต่อเนื่องจากการเรียนที่ผ่านมาแล้ว ในการเรียนแบบนี้ผู้ควบคุมหรือผู้สอนจะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับคู่มือครูให้เข้าใจว่าสิ่งต่างๆ ที่กำหนดลงไปนั้นมีความเหมาะกับทักษะหรือผลงานของนักเรียนหรือไม่ (ความยากง่ายที่จะฝึก) เพราะสิ่งเหล่านี้คู่มือจะเป็นผู้กำหนด

การใช้คู่มือผู้เรียน คู่มือนี้ (ใบงาน) ให้นักเรียนดูขั้นตอนการปฏิบัติ และอุปกรณ์ที่ใช้อย่างละเอียดพร้อมทั้งลักษณะของชิ้นงานที่จะปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน

การใช้เอกสารเนื้อหา เป็นสิ่งเพิ่มเติมให้ผู้เรียนทบทวนสิ่งที่เรียนมาแล้วให้แม่นยำ ซึ่งจะมีผลต่อการปฏิบัติด้วย และครูผู้สอนก็ควรจะศึกษาคู่มือผู้สอนให้ละเอียดเช่นกัน

ข้อดี ของวิธีสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน

1. นักศึกษาเรียนได้เร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับความสามารถของนักเรียน

2. เป็นการสร้างความมั่นใจให้ผู้เรียน เพราะผู้เรียนสามารถมองของจริงและปฏิบัติงานจริงรู้แน่ชัดว่าจะทำอย่างไรจึงจะรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

3. เพิ่มความสนใจให้กับผู้เรียน เพราะเป็นการนำเอาทฤษฎีที่เรียนมาใช้ในการปฏิบัติงาน

4. ครูผู้สอนสามารถติดตามผู้เรียนได้ทุกระยะในเวลาปฏิบัติงาน(นักเรียนประมาณ15 คน)

5. ช่วยลดความเสียหาย เพราะว่านักเรียนได้ฝึกขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงาน

6. ผู้สอนใช้เวลาสอนน้อยลง เพียงแต่ให้คำปรึกษาในขณะนักเรียนไม่เข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติงานนั้น

ข้อเสีย ของวิธีสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน

1. ต้องใช้เครื่องมือเป็นจำนวนมาก (เท่ากับจำนวนที่เรียน)

2. ต้องใช้พื้นที่มาก เพราะต้องติดตั้งเครื่องมือจำนวนมาก

3. นักเรียนที่เกิดความชำนาญแล้ว จะข้ามขั้นตอนและไม่ทำตามขั้นตอนตามใบงาน แต่งานก็ออกมาเช่นกัน

4. ทำให้นักเรียนขาดความคิดริเริ่มในขณะปฏิบัติงาน เพราะว่าขั้นตอนต่างๆ ของการปฏิบัติงานได้กำหนดมาให้แล้ว

5. จะทำให้ผู้เรียนแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานนั้นไม่ค่อยถูกต้อง ถ้าหากไม่มีความชำนาญ

5. วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม

การสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม เป็นการติดตามผลจากผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงข้อเสียของทักษะที่ฝึก รวมทั้งการวิจารณ์เสนอแนะในแนวทางการประยุกต์ต่อไปด้วย การสอนแบบนี้ควรมีการเตรียมการอย่างดี โดยศึกษาจากเอกสารประกอบการสอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การใช้คู่มือผู้สอน

1.1 ผู้สอนต้องทำการศึกษาขั้นตอนการสอนในเอกสารเสียก่อนที่จะทำการสอน

1.2 ผู้สอนต้องตรวจสอบทักษะต่างๆ ในเอกสารว่าทุกทักษะที่ระบุไว้มีทักษะอะไรบ้างที่สอนมาแล้ว และทักษะใหม่ที่ไม่เคยสอน

1.3 ถ้าทักษะที่ระบุไว้เคยสอนมาหมดแล้ว ก็ทำการสอนทักษะนี้ได้

1.4 ถ้าทักษะที่ระบุไว้ไม่เคยสอนมาก่อนก็ให้ระงับการสอนนี้ไว้ก่อน ให้ทำการสอนทักษะที่ระบุไว้ให้หมดเสียก่อนแล้วจึงทำการสอนทักษะนี้

1.5 ผู้สอนต้องตรวจดูว่าเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในเอกสารทางมีพร้อมหรือไม่ ถ้าไม่มีก็ทำการจัดหาให้พร้อม

1.6 ทำการมอบหมายงานให้นักเรียน

2. การใช้เอกสารนักเรียน

2.1 นักเรียนต้องทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานในเอกสาร

2.2 นักเรียนต้องทำการศึกษาดูว่าที่เรามีอยู่ตรงกับที่ระบุในเอกสารหรือไม่

2.3 นักเรียนต้องทำการศึกษาดูว่า สิ่งใดหรือความรู้ใดที่เราต้องทบทวนหรือค้นคว้าเพิ่มเติมก็ทำการทบทวนและค้นคว้าเพิ่มเติมอีก

2.4 เมื่อนักเรียนเข้าใจแล้ว ก็ลงมือปฏิบัติงาน

ข้อดี ของวิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม

1. เป็นพื้นฐานในการให้นักเรียนทำงานโดยโครงงาน
2. ทำให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงานมากขึ้น
3. ทำให้นักเรียนมีความกล้าในการแสดงออกในการอภิปราย
4. ทำให้นักเรียนมีความสามารถปฏิบัติงานควบคู่กับการใช้ทฤษฎีผสมผสานกันไป
5. ทำให้นักเรียนทำงานเป็นระบบ และรับผิดชอบต่อการค้นคว้าหาความรู้มากยิ่งขึ้น
6. ทำให้นักเรียนสามารถทบทวนความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ

ข้อเสีย ของวิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม

1. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนมีน้อย
2. เป็นผลเสียกับนักเรียนที่ไม่ค่อยกล้าแสดงออกทางคำพูด
3. ยากต่อการให้คะแนนของผู้สอน
4. เกิดความลำเอียงในการให้คะแนนของผู้สอน
5. ผู้สอนไม่สามารถตรวจสอบทุกขั้นตอนได้ ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติงาน

6. วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน

การสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน เป็นการติดตามผลการปฏิบัติในรูปแบบของลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณ์อักษรซึ่งสามารถเก็บไว้อ้างอิงต่อไปในภาพหลังได้ ในการใช้การสอนแบบนี้จะต้องใช้เอกสารประสานกันดังนี้

1. ผู้สอนจะแจกเอกสารสำหรับผู้เรียน และเอกสารเนื้อหาให้ผู้เรียนก่อน โดยอาจจะแจกล่วงหน้า2-3วัน เพื่อให้นักเรียนได้ทราบถึงแนวทางปฏิบัติ และสามารถหาความรู้ด้านเนื้อหาเพิ่มเติม

2. เมื่อถึงเวลาปฏิบัติงาน ผู้สอนจะใช้เอกสารของผู้สอนในการที่จะบรรยายเน้น หรือบอกกฎเกณฑ์ต่างๆ ในการปฏิบัติงาน และการวัดผล

3. ผู้เรียนจะปฏิบัติตามเอกสารของผู้เรียน และจากการแนะนำของผู้สอน การส่งรายงานการปฏิบัติงานนั้นจะส่งตามที่ผู้สอนกำหนด

4. ผู้สอนจะใช้แบบฟอร์มการประเมินผลในการประเมินรายงานของผู้เรียน

ข้อดี ของวิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน

1. สามารถครอบคลุมเนื้อหาได้มาก โดยอาจจะมอบหมายให้อ่านเพิ่มเติมในสิ่งที่ผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองได้

2. ลดเวลาในห้องเรียน โดยการมอบหมายงานที่ถูกต้องและรัดกุม ทำให้ผู้สอนในสิ่งที่จำที่จำเป็นเพิ่มเติมเท่านั้น

3. เพิ่มพูนการเรียนรู้ เพราะผู้เรียนจะต้องทำการค้นคว้าและฝึกฝนด้วยตนเอง

4. เป็นการสนองความตั้งใจและสนใจของแต่ละบุคคล

ข้อเสีย ของวิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน

1. ต้องมีการวางแผนล่วงหน้าไว้อย่างดีเพราะถ้าผู้เรียนขาดความสนใจแล้วทุกอย่างจะล้มเหลว

2. การวัดผลมีปัญหามาก เพราะการทำงานของผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน

3. รักษามาตรฐานการเรียนยากเพราะทุกอย่างขึ้นกับความสามารถของแต่ละบุคคล เช่น ความเอาใจใส่ ความสามารถในการวิเคราะห์ ฯลฯ

7. วิธีสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูป

การสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูปเป็นการติดตามผลการปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งนับวันจะมีจำนวนมากขึ้น การสอนแบบนี้ เอกสารต่างๆที่ใช้จะมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ควรจะดำเนินการดังนี้

คู่มือผู้เรียน (รวมเอกสารเนื้อหา)

ให้ผู้เรียนไปอ่านบทเรียนสำเร็จรูป (อยู่ในคู่มือ) นี้มาก่อน แล้วถ้ามีปัญหาอะไรสงสัยให้ไปถามอาจารย์ผู้สอน เมื่อเข้าใจดีแล้วก็ให้ปฏิบัติตามข้อควรปฏิบัติก่อนใช้บทเรียนซึ่งอยู่ภายในคู่มืออย่างเคร่งครัด โดยให้ปฏิบัติตามบทเรียนที่ได้วางไว้ เมื่อมีความมั่นใจว่าสามารถปฏิบัติการใช้เครื่องได้ถูกต้องแล้วก็ให้ไปบอกอาจารย์ผู้สอนแล้ว ปฏิบัติการใช้เครื่องให้ผู้สอนดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือผู้สอน

ให้ผู้สอนอ่านและทำความเข้าใจในคู่มือ ตลอดจนให้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้วางไว้ในคู่มือและเมื่อนักเรียนมีความมั่นใจที่จะทดสอบปฏิบัติการใช้เครื่องให้ดู ผู้สอนจะใช้แบบฟอร์มการประเมินผลเพื่อพิจารณาว่านักเรียนผู้นั้นสามารถผ่านได้หรือไม่แบบฟอร์มการประเมินผล

ให้ผู้สอนอ่านและทำความเข้าใจกับจุดหลักใหญ่ที่จะวัดทักษะในเรื่องปฏิบัติการใช้เครื่องและทำความเข้าใจกับแบบประเมินผลผู้เรียน โดยดูได้จากแบบขยายความประเมินผล และให้ใช้แบบประเมินผลเพื่อพิจารณาความสามารถผู้เรียนโดยให้กากบาทในช่องเกรดที่ให้ ที่มีตั้งแต่เลข 0-5 ให้ผู้ประเมินผลพิจารณาว่าสมควรให้ในระดับไหนแล้วนำไปคูณกับน้ำหนักที่ให้ไว้ก็จะเป็นคะแนนที่ได้แล้ว ทำการรวบรวมคะแนนที่ได้ทั้งหมดโดยจะถือที่ 50 คะแนนขึ้นไปเป็นเกณฑ์ตัดสินให้ผ่านการทดสอบ

ข้อดี ของวิธีสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูป

1. สามารถให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามบทเรียนได้ทุกเวลา
2. สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้เรียนก่อนที่จะได้ลงมือปฏิบัติจริง ๆ
3. เหมาะสมกับกรณีที่มีนักเรียนลงปฏิบัติงานที่มีจำนวนมาก

ข้อเสีย ของวิธีสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูป

1. หากผู้เรียนไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในบทเรียนอาจเกิดความเสียหายแก่เครื่องจักรและคนได้
2. ไม่ได้อยู่ในการควบคุมดูแลของผู้สอนในขณะที่ลงมือปฏิบัติตามบทเรียน
3. ต้องอาศัยการตัดสินใจ ในบางครั้งขณะปฏิบัติตามบทเรียน

8. วิธีสอนแบบปฏิบัติตามโครงงาน

การสอนแบบปฏิบัติในรูปของโครงงาน ใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องนักเรียนขาดความสามารถในการสร้างสรรค์ ขาดความสามารถในแจกแจงปัญหาและรู้คุณค่าในการแก้ปัญหาหลายๆ ด้าน ขาดทักษะในการติดต่อประสานงานและขาดความร่วมมือไม่ยอมรับฟังความเห็นผู้อื่น ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอให้ใช้วิธีการสอนแบบ project method เพื่อแก้ปัญหาการจัดการสอนแบบ project method จะเป็นการสอนแบบ independent study ซึ่งเป็นการศึกษาด้วยตนเองรับผิดชอบการเรียนของตนเอง จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนแบบนี้ก็เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นสามารถใช้ความคิดริเริ่มของตนเอง แต่อย่างไรก็ดีผู้เรียนมักจะเข้าใจจุดมุ่งหมายผิด กล่าวคือ สนใจผลที่ได้มากกว่าขบวนการแก้ปัญหาและสนใจคะแนนมากกว่าความรู้

การเรียนแบบ project method ผู้สอนจะมีหน้าที่คอยกระตุ้นให้ผู้เรียนรับผิดชอบงานด้วยตนเอง มีความเชื่อมั่นรู้จักรับผิดชอบในหมู่คณะ ไม่ใช่ครอบงำความคิดทั้งหมดผู้สอนจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้จัดคิดและเป็นตัวของตัวเอง สำหรับด้านการประเมินผลจะดูจากความสามารถในการทำงานและการที่นักเรียนมีส่วนร่วมโครงการนั้น ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ครูผู้สอนต้องทำความเข้าใจเอกสารคู่มือครูก่อน เมื่อทำการสอนต้องพยายามดำเนินตามการแผนการสอน

2. เมื่อการสอนในสัปดาห์ที่ 1 ต้องทำการแจกเอกสารคู่มือนักเรียนให้กับนักศึกษาทุกๆ ครั้งๆ ละ 1 ชุด ทำการแจกในเวลาที่ได้กำหนดไว้แล้วในคู่มือครู

3. ทำการแจกเอกสารเนื้อหาให้นักเรียนไปทำการค้นคว้าเพิ่มเติม กำหนดเวลาที่มีไว้แล้วในคู่มือครูคือในท้ายชั่วโมงที่ทำการมอบหมายงานแก่นักเรียนในสัปดาห์แรก

4. เอกสารทุกชิ้นที่แจกนักเรียนไปจะต้องทำการเก็บคืนให้ครบเมื่อจบการเรียนการสอนในโครงงานนี้ คือ ในสัปดาห์ที่ 7

5. แบบฟอร์มประเมินผลจะเริ่มใช้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เมื่อนักศึกษาเริ่มลงมือปฏิบัติงานโดยใช้ในส่วนประเมินผลการทำงานของนักเรียน โดยทำการประเมินผลนักเรียน แต่ละคนโดยใช้คนละ 1 แบบฟอร์มทำการประเมินไปเรื่อยๆจนนักเรียน ปฏิบัติงานเสร็จเรียบร้อยในสัปดาห์ที่ 6

6. หลังจากนักเรียนส่งมอบชิ้นงาน และรายงานหมดแล้วให้ไปใช้แบบฟอร์มประเมินผลชิ้นงาน และรายงานของ นักเรียนแต่ละคน

ข้อดี ของวิธีสอนแบบปฏิบัติตามโครงงาน

1. การสอนแบบปฏิบัติตามโครงงาน สามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ตามหลักการเรียนรู้ psychomotor ของ boom ได้ถึงระดับ 4 คือ การกระทำงานจนเกิดเป็นความเคยชินหรือทักษะ (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. 2541 : 46)

2. เนื่องจากการปฏิบัติงานตามโครงงานนี้ นักศึกษาต้องปฏิบัติเองรวมถึงการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเอง ทำให้นักเรียนสามารถจะเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง นักเรียนเองทำให้เกิดความภูมิใจในการเรียนรู้นั้นๆ ทำให้เกิดกำลังใจในการที่จะปฏิบัติงานต่างๆ ต่อไป ซึ่งเป็นการเสริมแรงจูงใจอย่างหนึ่ง

3. ผลงานที่ออกมานั้น เป็นผลงานที่เกิดจากความสามารถของนักเรียนเองตั้งแต่ต้นจนกระทั่งได้ชิ้นงานสำเร็จมา ดังนั้นนักเรียนจะทำให้เกิดความเข้าใจในขบวนการต่างๆ ได้อย่างถ่องแท้ และทำให้สามารถจดจำนำไปปฏิบัติได้เอง

4. การสอนแบบปฏิบัติตามโครงงานนี้สามารถใช้กับนักเรียนทั้งกลุ่มใหญ่หรือรายบุคคลได้โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาในการที่จะต้องเปลี่ยนวิธีการสอนใหม่ เนื่องจากสามารถใช้วิธีการสอนแบบเดิมได้ทั้งกลุ่มใหญ่หรือรายบุคคล รวมทั้งการวัดและประเมินผลใช้ได้เหมือนเดิม

ข้อเสีย ของวิธีสอนแบบปฏิบัติตามโครงงาน

1. การเรียนรู้กระทำโทษนักเรียนเอง อาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ว่าครูผู้สอนนั้นไม่มีบทบาท และไม่เอาใจใส่ในการให้ความรู้แก่นักเรียน ทำให้เกิดความคิดที่เป็นอคติต่อครูผู้สอน ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเรียนการสอนแบบนี้อาจจะประสบความล้มเหลวได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ความร่วมมือในการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในการสอนแบบปฏิบัติตามโครงงานนี้ เป็นการสอนแบบให้นักเรียนปฏิบัติงานเองโดยตลอด ซึ่งถ้าครูผู้สอนควบคุมดูแลไม่ทั่วถึงก็อาจทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่ได้ลงมือปฏิบัติเอง แต่กลับไปให้ผู้อื่นปฏิบัติหรือทำให้เป็นผลเสียกับนักเรียนผู้นั้นไม่ได้รับความรู้จากการเรียน

3. การวัดผลประเมินผลงานของนักเรียน จะพิจารณาจากชิ้นงานและรายงาน ซึ่งโดยปกติแล้วการที่มอบหมายงานให้นักเรียนแต่ละคนทำนั้นจะมีความอิสระมากพอสมควร ในการที่ นักศึกษาจะเลือกทำงานตามแบบที่นักเรียนต้องการ ซึ่งจะทำให้ยากแก่การวัดผล ดังนั้นจะต้องมีขอบเขตและขีดจำกัดต่างๆ ซึ่งจะทำให้งานของนักเรียนมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ทำให้การวัดผลง่ายยิ่งขึ้น

4. การประเมินผลทำได้ยาก ซึ่งโดยปกติเกณฑ์การวัดมักจะมีหัวข้อที่กว้างเกินไป และจะไม่เจาะจง ซึ่งถ้าการเรียนการสอนเป็นแบบรายบุคคล มักจะหามาตรฐานการประเมินผลได้ยาก

ข้อควรระวังในการสอนแบบปฏิบัติตามโครงงาน

1. การลงมือปฏิบัติงานของนักเรียน ในการใช้เครื่องจักร ครูผู้สอนต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการฝึกปฏิบัติงานให้เหมาะสมกับจำนวนนักศึกษา และเครื่องจักร กล่าวคือถ้าเครื่องจักรที่ใช้มีไม่เพียงพอแก่จำนวนนักเรียนแล้ว กำหนดเวลาในการปฏิบัติต้องสอดคล้องกันด้วย คือ นักเรียนคนสุดท้ายจะต้องลงมือปฏิบัติเสร็จในสัปดาห์ก่อนสัปดาห์สุดท้าย เพื่อให้เหลือเวลาในการเขียนรายงานต่างๆ ได้

2. ก่อนลงมือสอนหรือมอบหมายงานต่างๆ ครูผู้สอนควรทำการตรวจเช็คอุปกรณ์ต่างๆ และเครื่องจักรให้อยู่ในที่พร้อมจะปฏิบัติงานได้

3. ครูผู้สอนต้องคอยหมั่นดูแลนักเรียนของตนเองอย่างใกล้ชิด รวมทั้งให้คำชี้แนะต่างๆ เพื่อไม่ให้นักเรียนคิดว่าขาดความสนใจจากครูผู้สอน

4. ในระหว่างเวลาที่มีการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรจะอยู่ดูแลนักศึกษาให้สามารถปฏิบัติงานด้วยความเรียบร้อยและทำการสอดส่องประเมินผลนักเรียน แต่ละคนไปในตัว เพื่อป้องกันนักเรียนไม่ได้ปฏิบัติงานด้วยตนเองแต่ให้ผู้อื่นทำให้แทน(ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. 2541 : 39-48)

สำหรับการประเมินผลการเรียนของนักศึกษาในสายอาชีวศึกษานั้นจะมีรายวิชาที่เป็นภาคปฏิบัติ เพื่อให้นักศึกษามีทักษะในวิชาที่มีการปฏิบัติ ดังนั้นการประเมินผลการเรียนเป็นรายวิชาให้มีการวัดผล หรือผลตามสภาพจริงระหว่างการเรียน และเมื่อสิ้นสุดการเรียน ทั้งภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ และงานที่มอบหมายให้นักศึกษาทำให้ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาที่เรียน โดยใช้วิธีวัดผล วิธีหนึ่งวิธีใด หรือหลายๆวิธีผสมกัน อัตราส่วนของการวัดผลหรือประเมินผลระหว่างเรียนและเมื่อสิ้นภาคเรียนหรือเมื่อสิ้นสุดการเรียน ให้ประเมินความรู้ทางทฤษฎีคิดเป็นร้อยละ 30 และประเมินความรู้ทางปฏิบัติงานคิดเป็นร้อยละ 70 (คู่มืองานทะเบียนกรมอาชีวศึกษา :168)

การศึกษาเรื่องการเรียนรู้และการจำการลืม มีการทดลองเกี่ยวกับส่วนของร่างกายที่ทำหน้าที่ด้านความจำดังกล่าว เป็นการศึกษาทางสรีระ แต่ในสภาพการเรียนการสอนจริงๆ ในห้องเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือในชีวิตประจำวัน มีปัญหาที่ศึกษากันคือ การเรียนอ่าน การเขียน เรียนการควบคุมอารมณ์ หรือเรียนวิธีการคิดแต่ละอย่างนั้น บุคคลเรียนได้อย่างไร เรียนแล้วเอาออกมาใช้ได้อย่างไร ทำอย่างไรจึงจะทำให้สิ่งที่เรียนได้ดี ปัญหาเหล่านี้เป็นที่มาให้มีการวิจัยค้นคว้าในระดับพฤติกรรม คือ ในสภาพการเรียนรู้จริงๆ ที่ไม่ใช่ทางสรีระ

นักจิตวิทยาที่ศึกษาเกี่ยวกับการจำและการลืมเป็นคนแรก ได้แก่ เอบบิงเฮาส์ ชาวเยอรมัน เขากล่าวว่า ความจำของเราไม่คงที่ เขาได้ทดลองโดยให้ผู้ถูกทดลองจำคำที่ไม่มีความหมาย พบว่า เวลาผ่านไป 20 นาที จำได้ 58% ผ่านไป 1 ชั่วโมง ความจำเหลือ 42% ผ่านไป 9 ชั่วโมง เหลือ 35% ผ่านไป 2 วัน เหลือ 30% และผ่านไป 31 วัน ความจำเหลือเพียง 20% ซึ่งกล่าวสรุปได้ว่า เวลาที่เนิ่นนานออกไปมีผลต่อการจำของบุคคล คือ ยิ่งระยะเวลามากขึ้นความจำจะเหลือน้อยลง แต่อัตราส่วนระหว่างความจำและเวลามิได้แปรผันเป็นสัดส่วนที่คงที่ตายตัว

นักจิตวิทยาต่อๆมาศึกษาเรื่องการจำ และการลืมอีกมาก พบคล้ายแอบบิงเฮาส์ แต่เพิ่มเติมบางส่วน เช่น พบว่าอัตราการลืมขึ้นกับลักษณะวิชาที่เรียน บางวิชาลืมเร็ว บางวิชาลืมช้า และศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของตัวรบกวนความจำที่เนื่องมาจารการเรียนรู้ เช่น พบว่าวิชาที่เรียนก่อนรบกวนความจำวิชาที่เรียนทีหลัง และวิชาที่เรียนทีหลังก็รบกวนความจำวิชาที่เรียนไปก่อนหน้านี้ (ปราณี รามสูต. 2531: 227-228)

2.2 การวิเคราะห์หลักสูตร

หลักสูตรเป็นการจัดประสบการณ์ และเนื้อหาวิชาให้แก่ผู้เรียน เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนให้เป็นไปตามที่ต้องการ หลักสูตรของวิชาหนึ่งๆ มิใช่สิ่งตีพิมพ์ที่ทำไว้เป็นเล่มเท่านั้น การวิเคราะห์หลักสูตรเป็นสิ่งจำเป็นที่เป็นประโยชน์หลายประการ โดยเฉพาะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่จำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องใช้ผลการวิเคราะห์หลักสูตรเป็นแนวทางวางแผนการสอนและการสอบให้ได้ถูกต้อง ตามความต้องการของหลักสูตร (วิรัติ อัศวานุวัตร. 2531 : 49) จากที่กล่าวมา การวิเคราะห์หลักสูตรจึงเป็นแนวทางเพื่อพิจารณาว่าหลักสูตรที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอะไรที่ดีอยู่แล้ว และน่าจะปรับปรุงส่วนใดให้ดีขึ้น ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

การวิเคราะห์หลักสูตรเป็นขบวนการที่จะช่วยให้ ผู้ที่ทำการสอนทราบว่าในรายวิชานั้นๆ มีจุดประสงค์ที่จะต้องสอนให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมอะไร มีเนื้อหาอะไรบ้าง และจะออกข้อสอบอย่างไร จึงจะสอดคล้องกับการสอน และสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของหลักสูตร (นิภา เมธาวีชัย. 2536 : 50)

นิภา เมธาวีชัย (2536 : 50) กล่าวว่า หลักสูตร หมายถึง กิจกรรม และประสบการณ์ทั้งหมด ที่จัดให้กับผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยสิ่งสำคัญ 3 ประการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. กิจกรรมด้านการสอน
3. งานประเมินผล

โดยงานทั้ง 3 ส่วนนี้ต้องมีความสอดคล้องซึ่งกัน และปฏิบัติไปในแนวทางอันเดียวกัน นั่นคือ เมื่อกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้เกิดแก่นักเรียนอย่างไร ต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมนั้น การวัดผลและประเมินผล ก็จะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้วย

วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง รหัสวิชา 5574703 หลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543

คำอธิบายรายวิชา หน่วยกิต 3(2-2)

สัญญลักษณ์แบบต่างๆ ตลอดจนวงจรแปลงรูปสัญญาณต่างๆ หลักการอิเล็กทรอนิกส์สวิตชิ่ง หลักการเวฟฟอร์ม เยนเนอร์เรเตอร์ ทริกเกอริ่ง และซิงโครไนซิ่ง ศึกษาหลักการทำงานของวงจรพัลส์แบบต่างๆ

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง จากการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ให้เกิดความสอดคล้องและเหมาะสมกับผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วย 1.การกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 2.กิจกรรมด้านการสอน 3. การประเมินผล (นิภา เมธาวิชัย. 2536 : 50) สามารถแบ่งใบงานออกเป็น 13 ใบงานดังนี้

ใบงานที่ 1 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์
ใบงานที่ 2 วงจรอินทิเกรเตอร์
ใบงานที่ 3 วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดอนุกรม
ใบงานที่ 4 วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน
ใบงานที่ 5 วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานแบบมีไบแอส
ใบงานที่ 6 วงจรแคลมป์ด้านบวก
ใบงานที่ 7 วงจรแคลมป์ด้านลบ
ใบงานที่ 8 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์
ใบงานที่ 9 วงจรกลับสัญญาณ
ใบงานที่ 10 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์
ใบงานที่ 11 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์
ใบงานที่ 12 วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย
ใบงานที่ 13 วงจรกำเนิดสัญญาณของชมิตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องมือในการวิจัย

การทำวิจัยแต่ละเรื่องผู้วิจัยมักสร้างเครื่องมือด้วยตนเอง หรือสร้างโดยอาศัยแนวความคิดของผู้ที่เคยทำมาแล้ว อาจเป็นแบบสอบถาม แบบสังเกตุ หรือแบบสัมภาษณ์ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเครื่องมือให้ดีขึ้น ก่อนที่จะนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริงโดยการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้จริง เพื่อที่จะนำข้อบกพร่องที่พบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ลักษณะของเครื่องมือที่ดีมีดังนี้ (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 141-159)

2.3.1 ความตรง (validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือที่สามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้แบ่งออกเป็น

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่วัดได้ตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด หรือวัดได้ตรงตามเนื้อเรื่องทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยพิจารณาจากข้อสอบต่างๆ ในแบบทดสอบว่ามีความตรงตามเนื้อเรื่องมากน้อยเพียงใด การพิจารณาความตรง จากการตรวจสอบข้อสอบทั้งหลายที่มีอยู่ในแบบทดสอบว่า สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และแนวการสอนหากน้อยเพียงใด การตรวจสอบความตรงตามเนื้อเรื่องทำได้ 2 แบบคือ ใช้ตารางวิเคราะห์เนื้อหาวิชาและพฤติกรรมประกอบ หรือให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนเป็นผู้พิจารณาข้อความ หรือคำถามในแบบทดสอบว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

2. ความตรงตามโครงสร้าง (construct validity) เครื่องมือที่ใช้วัดความตรงตามโครงสร้างนั้นผู้สร้างจะต้องทราบอย่างแน่ชัดเสียก่อนว่ากรอบโครงสร้างของงานวิจัยเป็นอย่างไร แล้วก็วิเคราะห์ว่าตรงตามกรอบโครงสร้างหรือไม่ การหาความตรงตามโครงสร้างต้องมีการวิเคราะห์หาเหตุผลเกี่ยวกับกิจกรรมหรืองาน และกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างที่กำลังวัดอยู่ และอธิบายได้ว่าเรื่องที่กำลังวัดนั้นมีความหมายอย่างไร ดังนั้น ความตรงตามโครงสร้างจึงมีความสำคัญระหว่างทฤษฎีกับการวัดโครงสร้างที่ก่อให้เกิดทฤษฎี นั่นคือ ความตรงตามโครงสร้างจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับพฤติกรรมจริงที่แสดงออก

3. ความตรงตามสภาพที่เป็นจริง (concurrent validity) เป็นความตรงที่เครื่องมือสามารถวัดได้โดยตรงตามความเป็นจริงของสิ่งที่วัด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น การวัดเจตคติของครูที่มีต่อผู้บริหารโรงเรียน เป็นต้น ถ้าผลการวัดมีความตรงตามสภาพที่เป็นจริง ก็หมายความว่าผลสรุปที่ได้ต้องตรงกับสภาพที่เป็นจริง ดังเช่น นักเรียนคนหนึ่งสอบวิชาคณิตศาสตร์ในหัวข้อที่เกี่ยวกับการบวก การลบเลข ปรากฏผลว่านักเรียนทำข้อสอบได้คะแนนดี แต่ในชีวิตประจำวันที่เป็นจริง เด็กคนนี้มีปัญหาเกี่ยวกับการทอนเงินเมื่อไปซื้อของ นั่นแสดงให้เห็นว่า ผลที่นักเรียนทำคะแนนได้ดีแต่ไม่สามารถนำทักษะมาใช้ในชีวิตจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความตรงตามคำทำนาย ความตรงที่เครื่องมือวัดได้ในปัจจุบัน แต่ตรงตามสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาใดวิชาหนึ่งหรือหลายๆวิชาไปใช้เป็นพื้นฐานในการทำนายพฤติกรรมหรือลักษณะอื่นๆเป็นต้น ได้แก่ นำคะแนนสอบของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 1 ทำนายผลการเรียนที่คาดว่าจะเรียนสำเร็จในชั้นประถมปีที่ 4 กล่าวคือ นำคะแนนของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 1 เมื่อ 4 ปีที่แล้ว มาคิดคำนวณ แล้วสรุปผลออกมาว่า นักเรียนทำคะแนนสอบเข้าชั้นประถมปีที่ 1 เกินกว่าร้อยละ 60 นักเรียนผู้นั้นมีโอกาสที่จะเรียนชั้นประถมปีที่ 4 สำเร็จ อย่างไรก็ตาม เครื่องมือที่สร้างขึ้นควรใช้ภาษาที่ง่าย และสื่อความหมายได้อย่างตรงไปตรงมา การเขียนควรครอบคลุมเนื้อหาหรือข้อมูลที่ต้องการ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านภาษาไทยหรือผู้ที่มีความรู้เฉพาะ ช่วยตรวจสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

2.3.2 ความเชื่อมั่นหรือความเที่ยง (reliability) ความเชื่อมั่นหรือความเที่ยง หมายถึง ความคงเส้นคงวาของการทดสอบ การสังเกตุ หรือการสัมภาษณ์ ที่ได้จากการใช้เครื่องมือวิจัยนั้น ซึ่งผู้สนใจอาจหาได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมกันทั่วไปมี 5 วิธี คือ

1. แบบสอบซ้ำ
2. แบบแบ่งครึ่ง
3. แบบการหาความคงที่ภายใน (Kuder – Richardson Formula 20)
4. แบบการหาความคงที่ภายใน (Kuder – Richardson Formula 21)
5. แบบการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่า โดยวิธีการของ Cronbach

2.3.3 ความเป็นปรนัย (objectivity)

ความเป็นปรนัย หมายถึง การวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามสภาพที่เป็นจริง ไม่ว่าใครตรวจก็ได้คะแนนเท่ากัน เช่น กรณีที่เป็นการทดสอบ จำเป็นต้องเป็นข้อสอบที่มีคำถามชัดเจนรัดกุม มีการตรวจให้คะแนนและแปลความหมายคะแนนพฤติกรรมได้ โดยไม่คำนึงถึงว่าใครเป็นผู้วัด หรือตรวจให้คะแนนกี่ครั้ง ก็ได้ผลถูกต้องตรงกัน หรือไม่ใครเป็นผู้ถูกวัดก็ได้ผลตามความสามารถของบุคคลนั้นๆ

2.3.4 อำนาจจำแนก

เป็นเครื่องมือที่สามารถชี้ให้เห็นลักษณะความแตกต่างหรือความเหมือนกันของตัวแปร หรือสิ่งที่วัดมาได้ตามลักษณะที่ต้องการวัด และเป็นไปตามสภาพความเป็นจริง ถือว่าเครื่องมือนั้นมีอำนาจจำแนก หรือลักษณะของเครื่องมือสามารถแบ่งแยกการวัดได้อย่างถี่ถ้วนชัดเจน เช่น ถ้าข้อสอบข้อใดไม่มีอำนาจจำแนก แสดงว่าผู้ทำข้อสอบข้อนั้นผิดหมดทุกคน หรือถูกหมดทุกคน ซึ่งหมายความว่าข้อสอบข้อนั้นไม่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนไม่เก่งได้ตามสภาพที่ควรจะเป็น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ประสิทธิภาพ

เครื่องมือวัดใดๆ ที่จะนำไปใช้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสิ่งที่มีก่อนอยู่แล้ว อาจเป็นเครื่องมือชนิดเดียวกัน แต่ได้ผลที่ดีกว่าที่มีอยู่แล้ว เครื่องมือที่นำไปใช้ก็มีประสิทธิภาพสูงกว่า หรือเรียกว่ามีประสิทธิภาพดีที่สุด เช่น มีเครื่องมือ 2 ชนิด คือ A กับ B เครื่องมือทั้งสองวัดตัวแปรอย่างเดียวกัน และได้ผลออกมาอย่างเดียวกัน แต่เครื่องมือ A ใช้เวลาในการสร้างน้อยกว่า ใช้ได้สะดวกกว่า และนำไปปฏิบัติได้คล่องแคล่วรวดเร็วกว่า และเครื่องมือ A ยังใช้ได้ผลดีกว่าเครื่องมือ B นั่นแสดงให้เห็นว่า เครื่องมือ A มีประสิทธิภาพดีกว่า

2.4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 110-128) ได้เสนอแนวทางในการสร้างชุดทดลอง และอุปกรณ์ช่วยสอนเป็นลำดับขั้นไว้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน

จากการตัดสินใจในการที่จะใช้ชุดทดลองสำหรับการสอนในหัวข้อเรื่องใด หรือเนื้อหาเรื่องใดแล้ว จะทำให้ทราบว่าชุดทดลองจะนำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มใดแล้วก็ควรจะทราบ วัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้นด้วย ข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการดำเนินงานพัฒนาออกแบบสร้างชุดทดลอง โดยกำหนดจุดประสงค์ของอุปกรณ์ เพื่อกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ให้สอดคล้องวัตถุประสงค์ของบทเรียน ในขั้นตอนนี้อาจกล่าวได้ว่า เป็นขั้นตอนที่จะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้การออกแบบชุดทดลองเกิดความเป็นจริงสำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรศึกษาสภาพในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลด้านวิชาการในเรื่องนั้นๆ หรือถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนามาแล้วโดยผู้อื่น ก็ควรที่จะศึกษารายละเอียดด้วย เมื่อศึกษารายละเอียดต่างๆ แล้วจึงนำมาเขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ ในลักษณะคำบรรยายแต่ไม่ระบุรูปร่างทางเทคนิคเฉพาะเจาะจงข้อมูลต่างๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขต คุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้าง อาจกำหนดเป็นข้อๆ ได้ และตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลครอบคลุมตามเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์

คำบรรยายลักษณะของอุปกรณ์ ที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนที่ 1 จะนำมาดำเนินการในขั้นตอนที่ 2 โดยวิเคราะห์คำบรรยายเพื่อหาคำพื้นฐาน (Basic Term) จากคำพื้นฐาน ทำให้ทราบหน้าที่ (Term Element) ของอุปกรณ์ อย่างไรก็ตามเฉพาะคำพื้นฐานอาจไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะอุปกรณ์ จึงต้องมาวิเคราะห์ค่าประกอบสัมพันธ์ (Relation Term) ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่า ในขั้นตอนที่ 2 นี้ จะทำให้ได้หน้าที่ของอุปกรณ์ และสามารถกำหนดตัวรายการอุปกรณ์หน้าที่เป็นกลางทั่วไป โดยไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่าต้องใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์แบบใด รูปร่างแบบใด.

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่ทำให้อุปกรณ์นั้นทำงานได้ตามหน้าที่

ในขั้นตอนนี้ เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์นั้นทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ในรูปของวัสดุ พลังงาน และสัญญาณ วิทยาการที่สำคัญเกี่ยวข้องในขั้นนี้ คือ วิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ด้านกลไก เคมี ไฟฟ้า แสงเสียง และความร้อน เป็นต้น สิ่งที่กำหนดอาจจะเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบอุปกรณ์ จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับเป็นทางเลือกต่างๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือก คือ การศึกษาพิจารณาในลักษณะรูปทรงต่างๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้นๆ อาจต้องมีการระดมสมองร่วมกับนักศึกษา รวมทั้งข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่แม้กระทั่งผลงานผู้อื่น ชิ้นส่วนที่คิดค้นขึ้น ควรจะต้องพิจารณาเงื่อนไขบางประการ เช่นการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จ ความยากง่ายในการผลิต และค่าใช้จ่าย เป็นต้น นอกจากนั้นควรใช้ชิ้นส่วนประกอบบางชิ้นทำหน้าที่ได้หลายหน้าที่ สิ่งสำคัญในจุดนี้ คือ พยายามใช้ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์บางอย่างที่มีอยู่แล้วให้มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนของอุปกรณ์

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายที่สำคัญ คือ ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกหลายๆ ทาง โดยการวิเคราะห์ และตัดสินใจเลือก ซึ่งอาจจะมีวิธีการแตกต่างกันไป การตัดสินใจเลือกมีสิ่งสำคัญ คือ แนวทางในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่เรื่องของขนาดรูปร่าง ประสิทธิภาพในการทำงาน การบำรุงรักษา คว่มคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนน้ำหนักของเกณฑ์จะแตกต่างไปตามความสำคัญ หรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น เน้นหนักทางด้านเทคนิค หรือทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น การตัดสินใจจะต้องมีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ ในการตัดสินใจเลือกจึงควรประกอบด้วยบุคคลหลายฝ่าย เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบต่างๆ จำนวนมาก อาจต้องตัดสินใจเลือกส่วนประกอบแต่ละชิ้น ขั้นตอนนี้ต้องนำมาวิเคราะห์ความเข้ากันได้ หรือการประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้เลือกมาแล้ว จึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบแต่ละชุด

ขั้นตอนที่ 5 การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ

จากผลการตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบ ในขั้นตอนที่ 4 จะต้องนำมาสเก็ตเป็นภาพประกอบคร่าวๆ หรือสเก็ตเป็นแบบง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็ตต้นแบบ บางครั้งขั้นตอนนี้อาจจะต้องทำการทดลอง หรือทดสอบกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่างเพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานได้ตามต้องการ

ขั้นตอนที่ 6 การเขียนแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ออกแบบสร้างเพียงชิ้นเดียว งานเขียนแบบก็ไม่จำเป็น แต่ถ้าหากจะทำการผลิตหรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินการต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง แบบงานจะเป็นข้อมูลในการดำเนินการผลิต ดังนั้น แบบงานจะต้องมีแบบชิ้นแยกแบบชิ้นเดียว ที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่ทำการผลิตได้ งานเขียนแบบจะต้องกำหนดเลขหมายแบบ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อย และแบบชิ้นเดียว ระบบการเขียนแบบมีความสำคัญต่อการกำหนดราคา การวางแผนการผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วน และวัสดุของหน่วยงาน

ขั้นตอนที่ 7 การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปควรจะต้องเตรียมเอกสารประกอบในการทดลอง เช่น ตำรา ใบงาน แบบทดสอบ เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ทำการทดลองใช้งานได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์ชิ้นนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนจะต้องเตรียม เอกสารประกอบสำหรับใช้ในการเรียนการสอนด้วย

2.5 การประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนมีส่วนช่วยในการเรียนการสอนเกิดผลสัมฤทธิ์ได้ ดังนั้น การเลือกใช้สื่อ การเลือกสร้างสื่อที่เหมาะสม จะต้องมีการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอนที่นำมาใช้ในหัวข้อต่างๆ ดังนี้ (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 เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด
     - 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอนช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดความขยันมาก

1.3.5 ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีมากขึ้น

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

3.1.1 ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น

3.1.2 ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ส่วนใหญ่ หาได้ตามสถานศึกษาทั่วไป

3.2 ด้านเวลา

3.2.1 ใช้เวลาในการผลิตไม่มากนัก

3.2.2 ใช้เวลาในการแสดงสื่อไม่มากเกินไป

3.3 ด้านการใช้งาน

3.3.1 สามารถนำไปใช้ได้ง่าย และสะดวก

3.3.2 ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์. (2530 : 80-84) กล่าวไว้ว่า ในกรณีที่ได้ชุดทดลองที่สมบูรณ์แล้ว ก่อนนำชุดทดลองไปใช้กับผู้เรียน ควรนำชุดทดลองไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน แล้วอาจต้องปรับปรุงแก้ไขจนเป็นที่พอใจแล้วนำไปทดลอง โดยหากลุ่มตัวอย่างเล็กๆ ประมาณ 2-3 คนก่อน เพื่อจะได้ตรวจสอบในด้านการใช้ถ้อยคำสำนวน หรือคำสั่งว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขใหม่ หลังจากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กลับกลุ่มตัวอย่างประมาณ 10 คน เพื่อหาประสิทธิภาพตามกระบวนการหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้สูตรดังนี้ (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 295)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการปฏิบัติระหว่างการทดลอง

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการปฏิบัติในแบบทดสอบรวม

ΣX คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติระหว่างการทดลอง

ΣY คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการปฏิบัติในแบบทดสอบรวม

A คือ คะแนนเต็มของผู้เรียนจากการปฏิบัติระหว่างการทดลอง

B คือ คะแนนเต็มของผู้เรียนจากการปฏิบัติในแบบทดสอบรวม

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

การกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง การกำหนดเกณฑ์ E_1 / E_2 ให้มีค่าใดนั้นผู้สร้างชุดทดลองเป็นผู้พิจารณาตั้งเกณฑ์เอง โดยยึดเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดเกณฑ์มาตรฐานดังนี้

1. เนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ ความจำ ควรตั้งเกณฑ์ให้สูงไว้ คือ 80/80,85/85 และ 90/90

2. เนื้อหาวิชาที่เป็นทักษะหรือเจตคติ ควรตั้งเกณฑ์ต่ำลงมาเล็กน้อย คือ 70/70, 75/75 แต่ผู้สร้างชุดทดลองอาจตั้งเกณฑ์สูงกว่านี้ก็ได้

การยอมรับประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

1. สูงกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1 / E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพชุดทดลองได้ 95/95

2. เท่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1 / E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้พอดี เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพชุดทดลองได้ 90/90

3. ต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1 / E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพชุดทดลองได้ 80/80

ในกรณีที่การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองแล้วผลออกมาต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพชุดทดลองได้ 80/80 ซึ่งเราสามารถยอมรับได้ว่าเป็นนวัตกรรมที่ได้มาตรฐานเนื่องจากประสิทธิภาพที่คำนวณได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน ± 2.5 %

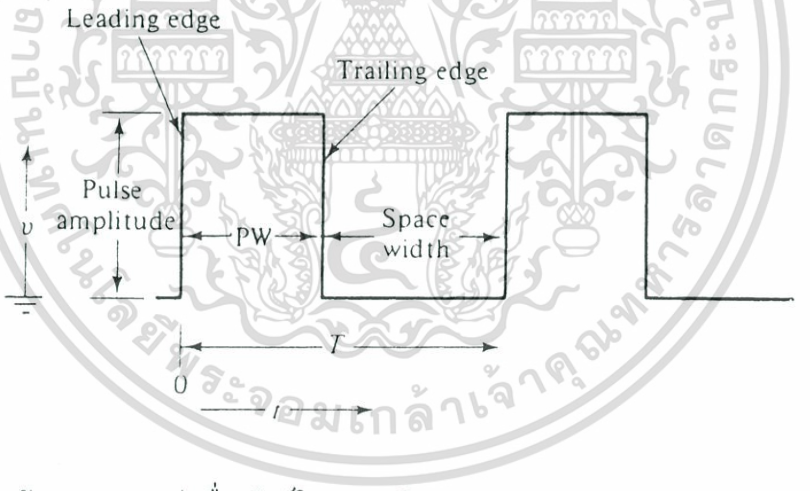
2.7 วงจรพัลส์และสวิตชิ่ง

2.7.1 คุณลักษณะของรูปคลื่นพัลส์

รูปคลื่นพัลส์ในอุดมคติ (Ideal Pulse Waveform) คือรูปคลื่นของพัลส์ที่พิจารณาโดยไม่คิดช่วงเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในสัญญาณพัลส์มีการเปลี่ยนแปลงจากระดับแรงดันต่ำไปสู่ระดับแรงดันสูง หรือจากระดับแรงดันสูงไปสู่ระดับแรงดันต่ำ ลักษณะของรูปคลื่นพัลส์ในอุดมคติแสดงในภาพที่ 2.1

ขนาดของพัลส์ (Pulse Amplitude) คือค่าที่วัดจากระดับแรงดันศูนย์โวลต์ไปถึงค่าสูงสุด (Peak value) ของพัลส์

ขอบหน้าของพัลส์ (Leading edge or rising edge or positive-going edge) คือขั้นของสัญญาณที่เปลี่ยนค่าจากระดับแรงดันต่ำไปสู่ขนาดแรงดันสูงสุด พิจารณาจากที่เวลา t=0



ภาพที่ 2.1 คุณลักษณะของรูปคลื่นพัลส์ในอุดมคติ

ขอบหลังของพัลส์ (Trailing edge or falling edge or negative-going edge) คือขั้นของสัญญาณที่เปลี่ยนค่าจากระดับแรงดันสูงสุดของพัลส์ไปสู่ระดับต่ำสุดของพัลส์

คาบเวลาของพัลส์ (time period) ใช้ตัวย่อว่า (T) คือ ระยะเวลาที่วัดจากขอบหน้าของพัลส์ที่เวลา t=0 จนถึงขอบหน้าของพัลส์รูปคลื่นต่อไป

ถ้าคาบเวลาของพัลส์มีค่า T=1 วินาที (Sec)

ความถี่ของพัลส์ (Pulse Repetition Frequency or PRF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ = 1 พัลส์ต่อวินาที (Pulse Per Sec or PPS)

หรือ PRF = 1/T PPS (2.1)

ความกว้างของพัลส์ (Pulse Width or PW) คือช่วงเวลาที่วัดจากขอบหน้าของพัลส์จนถึงของหลังของพัลส์

ช่องว่างของพัลส์ (Space width or SW) คือช่วงเวลาที่วัดจากขอบหลังของพัลส์รูปคลื่นแรกจนถึงขอบหน้าพัลส์รูปคลื่นถัดไป

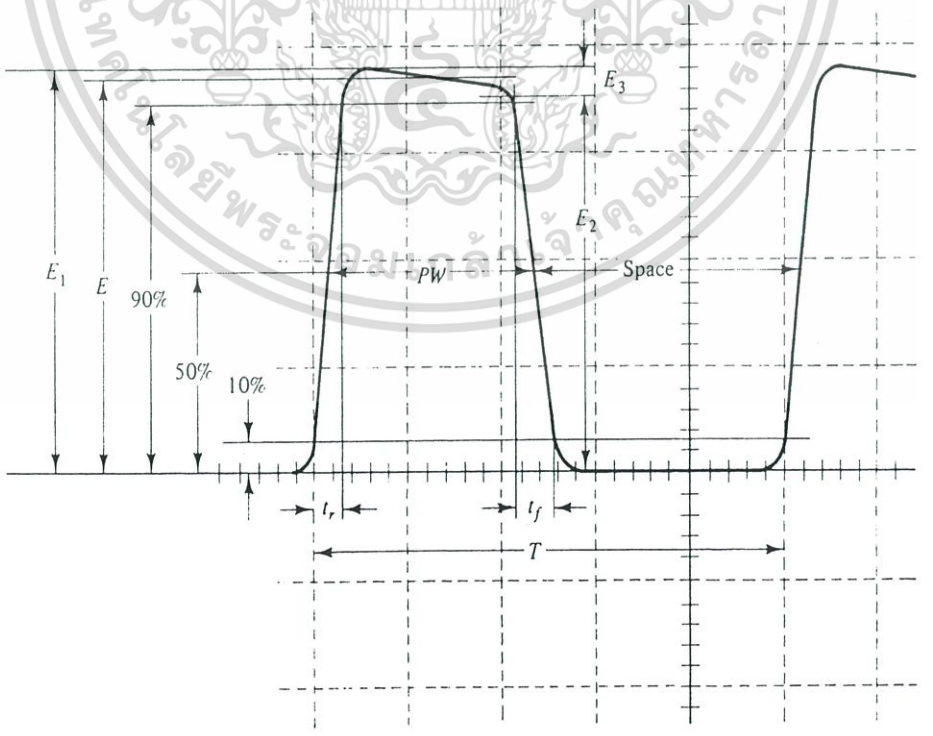
อัตราส่วนของพัลส์ (M/S Ratio) คืออัตราส่วนระหว่างความกว้างของพัลส์ PW กับช่องว่างระหว่างพัลส์

$$\text{M/S Ratio} = PW/SW \quad (2.2)$$

ดิวตี้ไซเกิล (Duty cycle) คือร้อยละของอัตราส่วนระหว่างความกว้างของพัลส์(PW) กับคาบเวลาของพัลส์ (T)

$$\text{Duty cycle} = \frac{PW}{T} \times 100\% \quad (2.3)$$

เวลาไต่ขึ้น,เวลาตก และทิลท์ (Rise Time,Fall Fime and Tilt) พัลส์ในภาพที่ 2.2 เป็นพัลส์ในอุดมคติที่มีความสมบูรณ์ เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีขอบ และมุมตรงตามสเกล แต่ในทางปฏิบัติสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะดังภาพที่ 2.2 ซึ่งจะทำให้มองเห็นความเปลี่ยนแปลงของระดับของสัญญาณ (Amplitude) และช่วงเวลาต่างๆ ว่าไม่ราบเรียบสมบูรณ์เหมือนกับสัญญาณพัลซ์ในอุดมคติ



ภาพที่ 2.2 รูปคลื่นของพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาไต่ขึ้น (Rise Time or t_r) หมายถึงระยะเวลาที่สัญญาณพัลส์ขอบหน้า (Leading edge) เปลี่ยนแปลงจากขนาดของสัญญาณที่ 10% ไปจนถึงขนาดสัญญาณ 90% ของขนาดสูงสุดจาก ภาพที่ 2.2 t = 90% ของ E_1

เวลาตก (Fall time or t_f) หมายถึงระยะเวลาที่สัญญาณพัลส์ขอบหลัง (Trailing edge) ตกจากระดับของสัญญาณที่ 90% ลงไปจนถึง 10% ของขนาดสูงสุดของขอบหลังของพัลส์ จากภาพ ที่ 2.2 $t_f = 90\%$ ของ E_2

ความกว้างของพัลส์ (PW) ต้องวัดมาจากค่าเฉลี่ยของความกว้างทั้งหมด เนื่องจากถ้าวัด PW ที่จุดสูงสุด และถ้าวัด PW ที่จุดต่ำสุดของพัลส์ จะได้ค่าไม่เท่ากัน จึงต้องใช้ค่าเฉลี่ย คือวัด PW ที่ 50% ของขนาดสูงสุดของแรงดันเฉลี่ย (E) ในกรณีของช่องว่างของพัลส์ (SW) ก็เช่นเดียวกันคือ วัดที่จุด 50% ของแรงดันเฉลี่ย (E) ดังนั้นคาบเวลาของสัญญาณ (T) จะเท่ากับ PW+SW

ค่าขนาดแรงดันเฉลี่ยของพัลส์ (Aberage Pulse Amplitude) คือค่าเฉลี่ยที่คำนวณ จากค่า ขนาดสูงสุดของพัลส์ขอบหน้า (E_1) และค่าขนาดสูงสุดของพัลส์ขอบหลัง(E_2) ดังสมการ

$$E = \frac{E_1 + E_2}{2} \tag{2.4}$$

ทิลท์ (Tilt) หรือ ความเอียงของทิลท์ (Slope Tilt) หมายถึงความลาดเอียง บริเวณระดับ ของสัญญาณสูงสุดของขอบหน้าของพัลส์มาจนถึงขอบหลังของพัลส์ อาจเกิดขึ้นได้ทั้งด้านบวกและ ด้านลบของสัญญาณ ตัวอย่างในภาพที่ 2.2 เกิดเฉพาะด้านบวกเท่านั้น ค่าของทิลท์บางครั้งเรียกชื่อ ว่า Factional tilt มีค่าเท่ากับระดับความแตกต่างของขนาดสูงสุดขอบขอบหน้าพัลส์ กับขนาดสูงสุด ของขอบหลังพัลส์ เทียบกับอัตราส่วนของขนาดของพัลส์เฉลี่ยดังสมการ

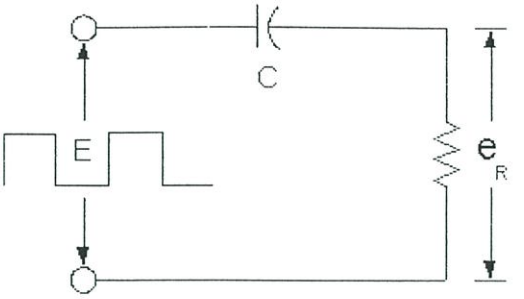
$$\text{Tilt} = \frac{E_2 - E_1}{E} \times 100\% \tag{2.5}$$
$$= \frac{E_3}{E} \times 100\%$$

2.7.2 วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ (Differentiator Circuis)

วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ คือวงจร RC ที่นำเอาสัญญาณด้านออกมาจากแรงดันตกคร่อม R (e_R) ซึ่งต่างจากวงจรอินทิเกรเตอร์ (ที่นำสัญญาณด้านออกจากแรงดันตกคร่อม C (e_C) โดยที่ความ สัมพันธ์ระหว่าง RC และความกว้างพัลส์ ยังคงมี 3 ลักษณะคล้ายกับวงจรอินทิเกรเตอร์ ลักษณะขอ งวงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์และรูปคลื่นของแรงดัน C_R ดังแสดงในภาพที่ 2.3

วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลายาว (Long Time Constant in RC Differentiator) คือวงจรที่มีค่า RC มากกว่าหรือเท่ากับ 10 เท่าของความกว้างของพัลส์ (RC = 10 PW) ดังรูปคลื่นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3วงจร RC ดิฟเฟอเรนติเอเตอร์

แสดงในภาพที่ 2.5 (ก) ระดับของแรงดันเอาต์พุต (e_R) จะเกิดความลาดชันขึ้นมีพื้นที่บางส่วนหายไป นั่นคือส่วนที่เป็นแรงดันตกคร่อม C ในสภาวะที่ C เก็บประจุเพราะว่า $e_R = E - e_C$

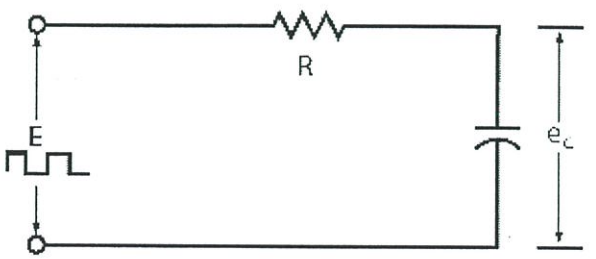
วงจรดิฟเฟอเรนดิเอเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาปานกลาง (Medium Time Constant in RC Differentiator) คือวงจรที่มีค่า RC = PW ลักษณะของสัญญาณด้านออกจะเกิดความลาดเอียง (Tilt) เป็นความชันที่มีค่าสูงมากขึ้น เพราะเมื่อค่าคงตัวเวลาลดลง แรงดันที่ C เก็บประจุได้จะมีค่ามากขึ้น ทำให้ e_R มีค่าลดลง ความโค้งของสัญญาณเกิดจากค่าของแรงดัน E ลบกับค่าของแรงดันในการเก็บประจุ (e_C) นั่นเอง แสดงดังภาพที่ 2.5(ข)

วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาสั้น (Short Time Constant in RC Differentiator) คือวงจรที่มีค่า RC น้อยกว้างค่าความกว้างพัลส์มากประมาณ 10 เท่าหรือน้อยกว่า RC เท่ากับ 1/10 PW รูปคลื่นที่เกิดขึ้นจะเป็นลักษณะพัลส์ที่มีขอบมุมคมมาก แสดงในภาพที่ 2.5(ค)

2.7.3 วงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator Circuits)

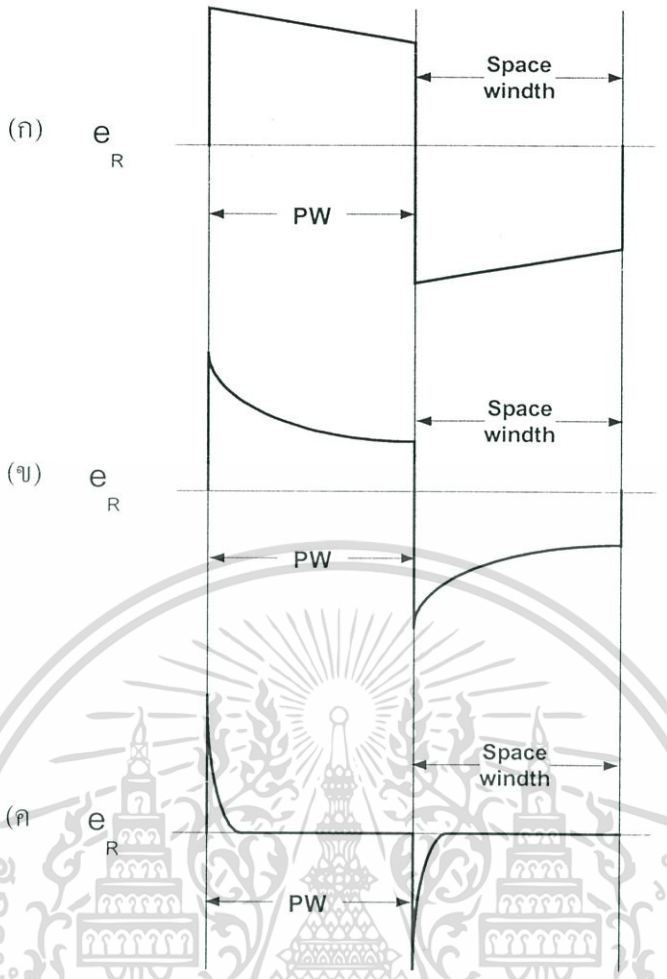
วงจรอินทิเกรเตอร์ เป็นการใช้วงจร RC ให้ทำหน้าที่อินทิเกรตสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยม โดยนำความสัมพันธ์ ระหว่างค่าของ RC และ PW เป็นตัวกำหนดรูปร่างของรูปคลื่นอินทิเกรเตอร์ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ 3 กรณี ดังแสดงในภาพที่ 2.4

วงจรอินทิเกรเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาสั้น (Short Time Constant in RC Integrator Circuits) คือวงจร RC ที่มีค่าของ RC น้อยกว่าค่า PW โดยปกติอยู่ระหว่าง RC = PW/10 รูปคลื่นด้านออกที่ได้จะแสดงในภาพที่ 2.6(ก) ขนาดสูงสุดของแรงดันด้านออกจะมีค่าประมาณ 99.3% ของ E เพราะว่าค่าคงตัวเวลาสั้นทำให้การเก็บและคายประจุของ C ใช้เวลาน้อย รูปคลื่นมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปคลื่น



ภาพที่ 2.4 วงจร RC อินทิเกรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

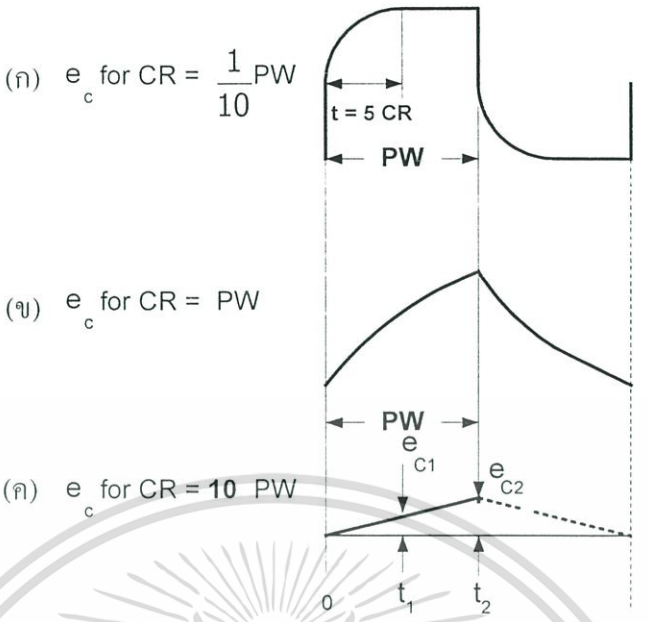


ภาพที่ 2.5 รูปคลื่นของแรงดันด้านออกกรณีที่แรงดันด้านเข้าเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม
(ก) วงจร RC ดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลายาว
(ข) วงจร RC ดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาปานกลาง
(ค) วงจร RC ดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาสั้น

วงจรอินทิเกรเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาปานกลาง (Medium Time Constant in RC Integrator Circuits) คือวงจร RC ที่มีค่าของ RC เท่ากับค่าของ PW รูปคลื่นที่ได้จะเป็นรูปคลื่นอินทิเกรเตอร์ชัดเจน ดังภาพที่ 2.6(ข) ดังนั้นค่า RC = PW ค่าแรงดันสูงสุดจะไม่เกิน 63.2% ของ E รูปคลื่นด้านออกเริ่มมีรูปร่างคล้ายรูปสามเหลี่ยม (Triangular Shape)

วงจรอินทิเกรเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลายาว (Long Time Constant in RC Integrator Circuits) คือวงจร RC ที่มีค่าคงตัวมากกว่าค่า PW โดยปกติกำหนดให้มากกว่า 10 เท่า คือ RC เท่ากับ 10 PW รูปคลื่นด้านออกจะเป็นรูปคลื่นสามเหลี่ยม แต่ขนาดของแรงดันจะมีค่าต่ำกว่าค่าของ E มาก ดังแสดงในภาพที่ 2.6(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 รูปคลื่นด้านออกของวงจร RC อินทิเกรเตอร์

(ก) ค่าคงตัวเวลาสั้น (Short Time Constant)

(ข) ค่าคงตัวเวลาปานกลาง(Medium Time Constant)

(ค) ค่าคงตัวเวลายาว (Long Time Constant)

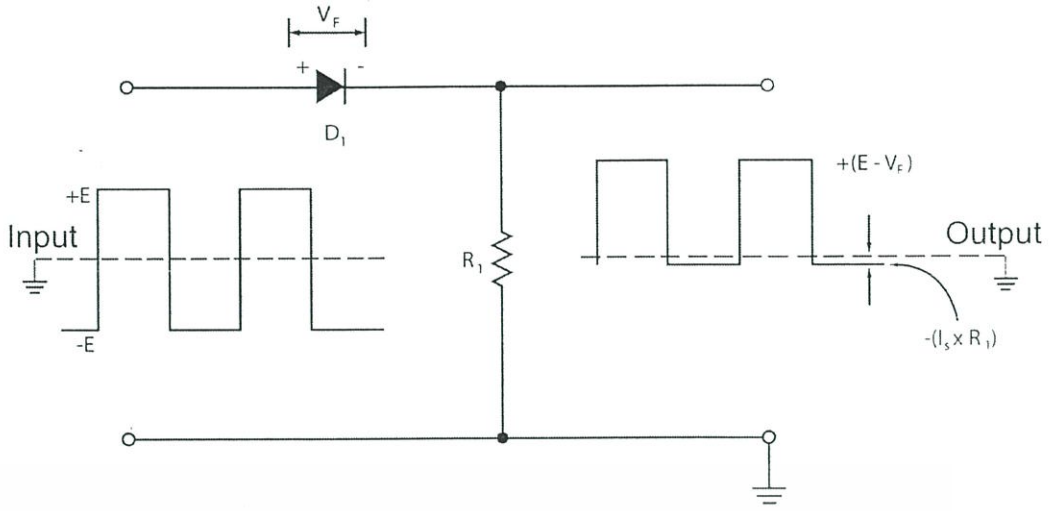
2.7.4 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดอนุกรม (Diode Series Clipper Circuits)

วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดอนุกรม วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบอนุกรม คือ วงจรที่ต่อไอโอดอนุกรมกับสัญญาด้านเข้า (ไดโอด คือสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการคริปเปอร์รูปคลื่น) แบ่งตามลักษณะการต่อได้ 2 แบบ คือ

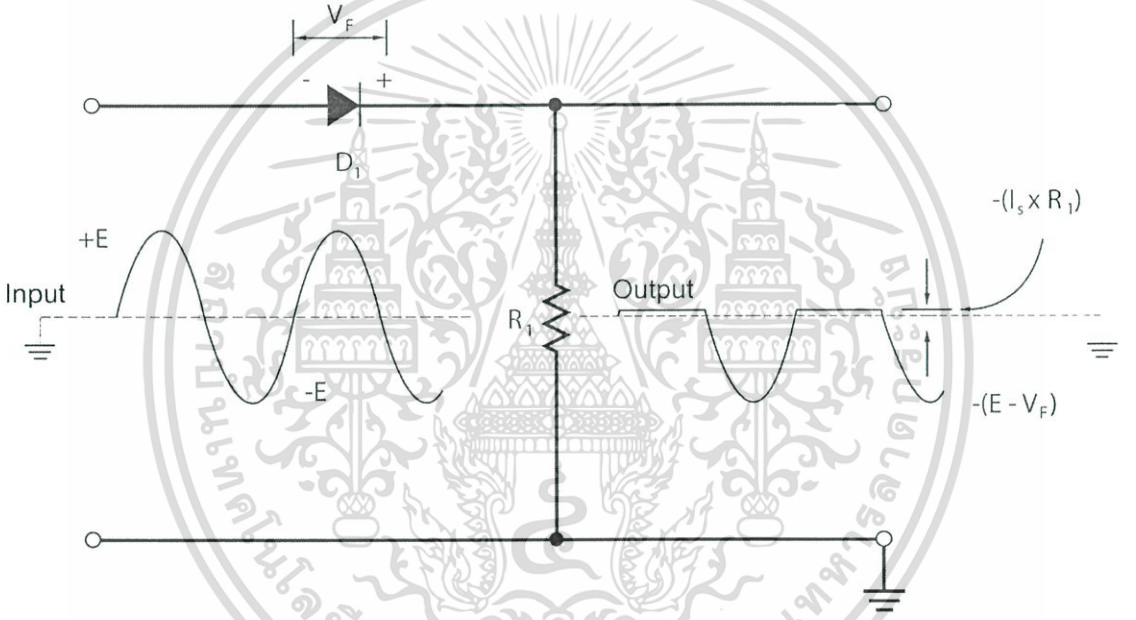
วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบแบบอนุกรม (Negative Series Clipper) เป็นวงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบของด้านเข้าออกไป โดยการต่อแอโนดของไดโอด D_1 เข้ากับด้านเข้า โดยด้านเข้ามีขนาดแรงดัน E ขนาดแรงดันด้านออกทางด้านบวกมีค่าเท่ากับ + $(E-V_F)$ และขนาดแรงดันด้านออกทางด้านลบมีค่าเท่ากับ – $(I_S \times R_1)$ เมื่อ IS คือค่ากระแสรั่วไหลเมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับ

วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านบวกแบบอนุกรม (Positive Series Clipper) ดังแสดงในภาพที่ 2.8 โดยต่อไดโอดอนุกรมให้ขั้วแคโทดต่อเข้ากับสัญญาณด้านเข้า กำหนดให้สัญญาณด้านเข้าเป็นไซน์มีขนาดแรงดันเท่ากับ E เมื่อวัดรูปคลื่นด้านออกที่ตกคร่อม R_1 จะได้ว่าขนาดสัญญาณด้านออกด้านบวกมีค่าเท่ากับ + $(I_S \times R_1)$ และขนาดสัญญาณด้านออกทางด้นลบเท่ากับ - $(E-V_F)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบแบบอนุกรม



ภาพที่ 2.8 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านบวกแบบอนุกรม

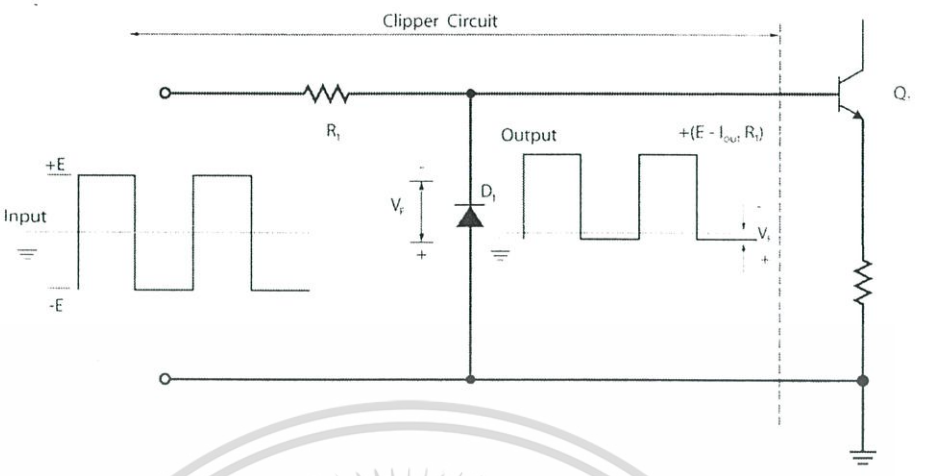
2.7.5 วงจรรูปคลื่นแบบไดโอดขนาน (Diode Shunt Clipper Circuits)

วงจรรูปคลื่นแบบไดโอดขนาน ทั้งแบบคริปเปอร์รูปคลื่นด้านบวกและคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบใช้ต่อด้านเข้าของทรานซิสเตอร์ในวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ (Transistor Switch) เพื่อป้องกันรอยต่อระหว่างเบสและอิมิตเตอร์ไม่ให้ทะลุ เนื่องจากได้รับไบแอสกลับสูงกว่าค่าที่กำหนดในคู่มือของทรานซิสเตอร์

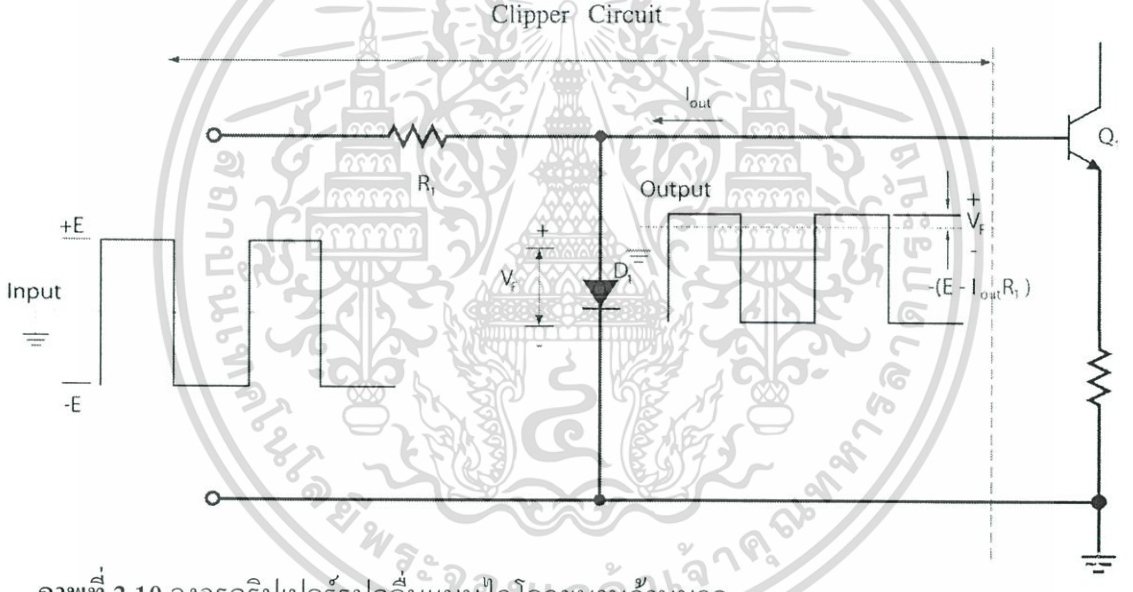
ตัวอย่างเช่น วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบแบบไดโอดขนานในภาพที่ 2.9ทำได้โดยต่อตัวต้านทาน R_1 อนุกรมกับด้านเข้าและต่อไดโอด D_1 ขนานกับด้านเข้าโดยต่อขั้วแอโนดลงจุดดิน วงจรนี้จะปรับรูปคลื่นด้านลบออกจากสัญญาณด้านเข้าเพราะเบสของทรานซิสเตอร์ NPN ต้องการเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณด้านบวกเท่านั้น ถ้ามีสัญญาณลบเข้ามาด้วยจะทำให้รอยต่อระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์พังทะลุได้รับแรงดันด้านออกสูงสุดทางด้านบวกเท่ากับ + (E-I_{out} R_1)และแรงดันต่ำสุดคือ –V_F



ภาพที่ 2.9 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นไดโอดขนานด้านลบ



ภาพที่ 2.10 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดขนานด้านบวก

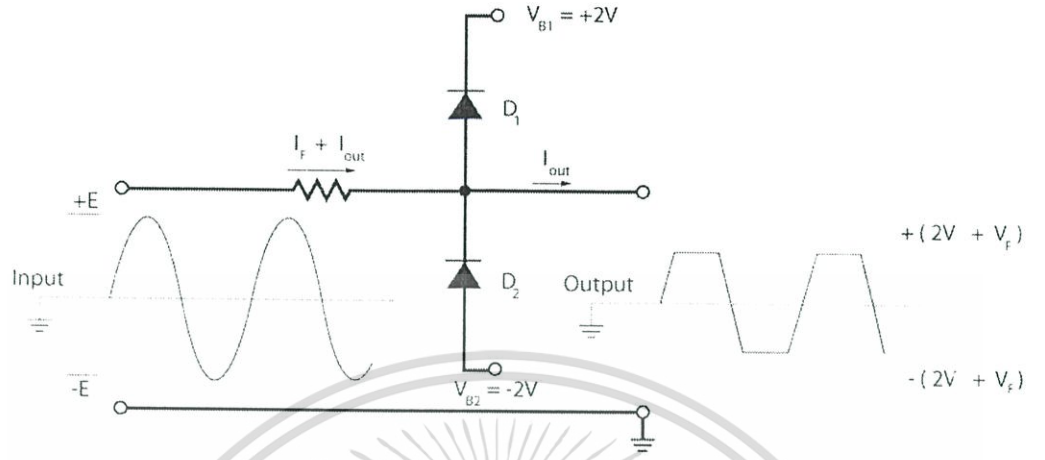
สำหรับวงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านบวกแบบขนาดไดโอด D_1 ให้แคโทดลงจุดดิน จะตัดได้รูปคลื่นด้านบวกออกไป เหลือแรงดันสูงสุดทางด้านบวกเพียง + V_F และแรงดันทางด้านลบเท่ากับ –(E-I_{out} R_1)

2.7.6 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบขนานไดโอดมีไบแอส (Biased Shunt Clipper)

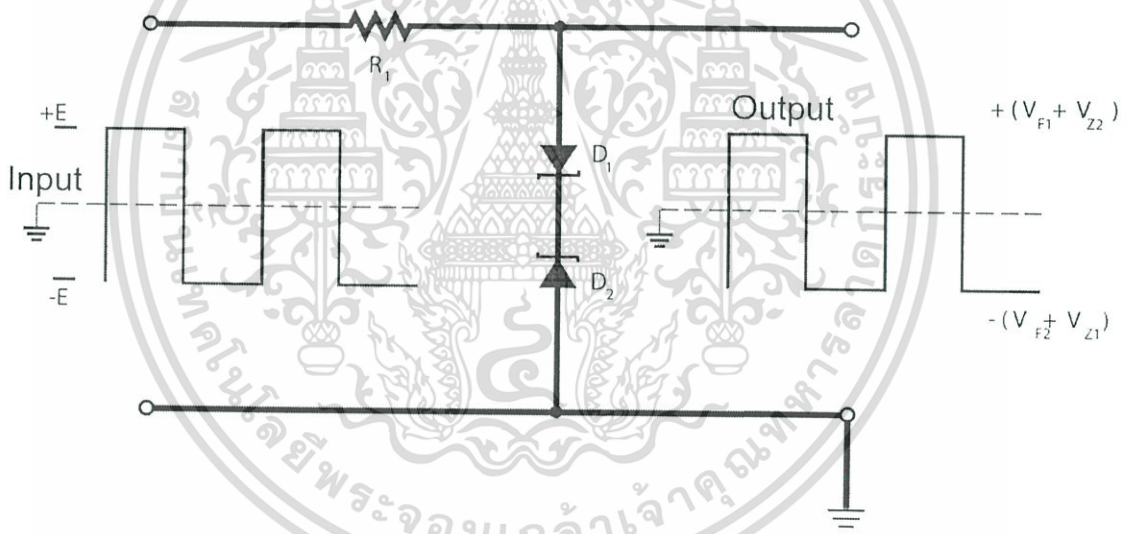
วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบขนานไดโอดมีไบแอส เมื่อต้องการขริบขนาดของรูปคลื่นด้านเข้าตามระดับแรงดันที่ต้องการ ซึ่งวงจรคริปเปอร์แบบรูปเคลื่อนแบบขนานไดโอดในภาพที่ 2.11ม่สามารถทำได้ เราสามารถสร้างได้โดยใช้ไดโอด D_1 ต่อกับแหล่งจายไฟฟ้ากระแสตรงบวก (Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bias Voltage, V_{B1}) เพื่อกำหนดขนาดของแรงดันด้านออกทางด้านบวก โดยค่าแรงดันสูงสุดทางด้านบวกจะเท่ากับ + และใช้ไดโอด D_2 ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงลบ (Negative Bias Voltage. V_{B2}) เพื่อกำหนดค่าของแรงดันด้านออกทางด้านลบโดยมีค่าเท่ากับ + ดังแสดงในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 วงจรคริปเปอร์แบบขนานไดโอดที่มีไบแอสโดยใช้แหล่งจ่ายไฟตรงภายนอก



ภาพที่ 2.12 วงคริปเปอร์รูปคลื่นแบบขนานไดโอดที่มีไบแอสโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด

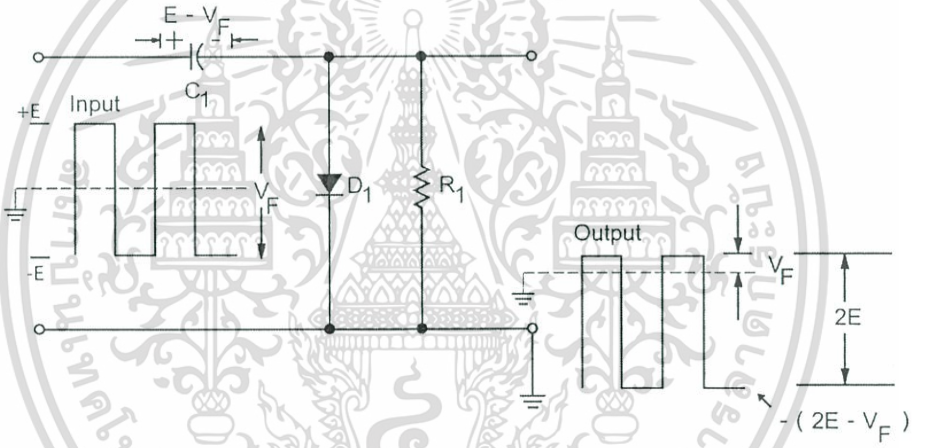
วงจรรูปคลื่นแบบขนานที่ไบแอสโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode Shunt Clipper) ดังแสดงในภาพที่ 2.12 โดยต่อซีเนอร์ไดโอด 2 ตัว D_1 และ D_2 จะทำให้ขนาดของแรงดันด้านออกทางด้านบวกสูงสุดเท่ากับ + และขนาดของแรงดันด้านเข้าต่ำสุดเท่ากับ - เมื่อ แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะได้รับไบแอส ตรง วงจรนี้ทำงานได้เหมือนกับในภาพที่ 2.11 แต่ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอกเป็นตัวไบแอส ให้ใช้ซีเนอร์ไดโอดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

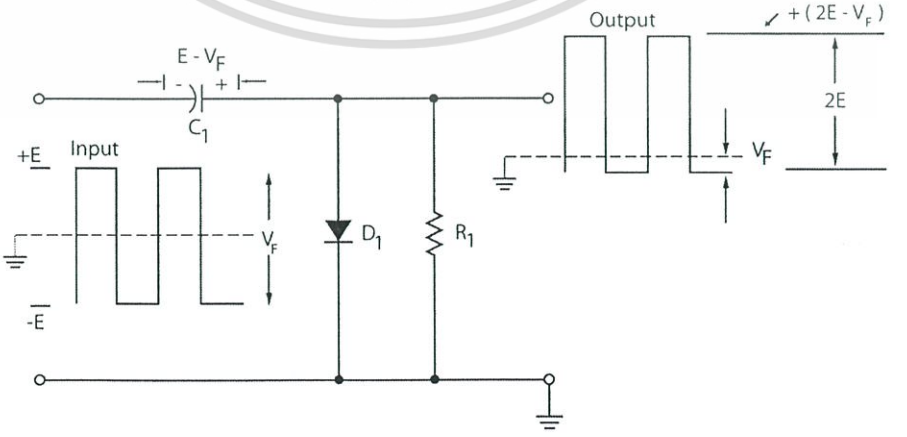
2.7.7 วงจรแคลมป์ (Diode Clamper Circuits)

วงจรแคลมป์ คือวงจรที่สามารถตรึงระดับแรงดันทางสัญญาณด้านเข้าที่เป็นรูปคลื่นไฟสลับ ให้เลื่อนขึ้นด้านบวก (Positive) หรือเลื่อนลงด้านลบ (Negative) ได้โดยขนาดของแรงดันด้านเข้าไม่เปลี่ยนแปลงสำหรับวงจรแคลมป์ในด้านลบ เรียกว่าวงจรแคลมป์ด้านลบ (Negative Voltage Clamper) ดังแสดงในภาพที่ 2.13ในวงจรประกอบด้วยตัวเก็บประจุ C_1 ไดโอด D_1 และตัวต้านทาน R_1 และวงจรแคลมป์ด้านบวก (Positive Voltage Clamper) ดังแสดงในภาพที่ 2.16

วงจรแคลมป์ที่มีไบแอส (Biased Clamping Circuits) คือวงจรที่สามารถตรึงระดับของแรงดันทางด้านบวกหรือด้านลบ โดยมีแหล่งจ่ายไฟตรงให้ไบแอสเพิ่มขึ้นตามระดับที่ต้องการเช่นวงจรในภาพที่ 2.13ที่แคโทดของ D_1 ต่อกับแหล่งจ่ายไฟไบแอส (V_B) = 2 Vวงจรนี้เป็นวงจรปรับระดับแรงดันลบ ซึ่งถ้าไม่มีแหล่งจ่ายไบแอส V_{Out} สูงสุดจะเท่ากับ V_F เมื่อต่อแหล่งจ่ายไบแอส ดังภาพที่ 2.14แรงดัน V_O สูงสุด = $V_B + V_F$ ขนาดของแรงดันลบต่ำสุดคือ - ($2E - V_B - V_F$) และค่าแรงดันที่ C เก็บประจุได้คือ $V_C = (E - V_B - V_F)$



ภาพที่ 2.13 วงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Negative



ภาพที่ 2.14 วงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.8 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

จากภาพที่ 2.15แสดงวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์แบบอิมิตเตอร์ร่วม โดยต่อความต้านทานคอลเลกเตอร์ระหว่างขาคอลเลกเตอร์กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าบวก (V_{CC}) และต่ออิมิตเตอร์ลงจุดดิน และทรานซิลเตอร์ชนิด NPN ซึ่งจะทำการสวิตช์ปิดได้ต้องมีความควบคุมแรงดันอินพุตระหว่างเบสและอิมิตเตอร์ (V_{BE}) เพื่อป้อนกระแสเบส (I_B) ให้กับทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำงาน ผลคือกระแสคอลเลกเตอร์กับอิมิตเตอร์(V_{CE}) ดังสมการ 2.8

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C \qquad (2.8)$$

(สมการ2.8) คือสมการแรงดันด้านออกของทรานซิสเตอร์สวิตช์เมื่อทำงานในสภาวะสวิตช์ทำงาน (on) เมื่อไม่ป้อนแรงดันอินพุตระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ $V_{BE} = 0$ V กระแส I_B จะเท่ากับศูนย์ด้วย เนื่องจากอัตราขยายกระแสในวงจรอิมิเตอร์ร่วม คือ

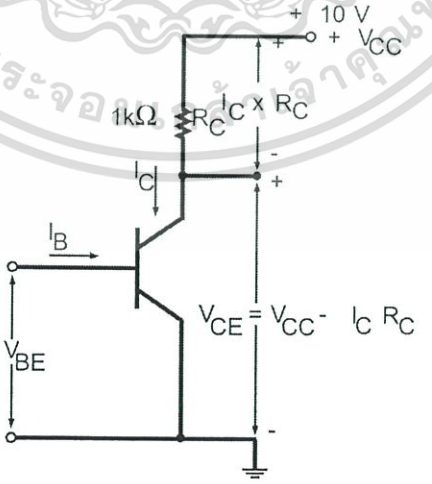
$$I_C = h_{fe} \times I_B$$

$$I_C = h_{fe} \times 0 = 0$$

สมการแรงดันด้านออกขณะที่ทรานซิสเตอร์สวิตช์ไม่ทำงาน (off) หรือสวิตช์เปิดเป็นดังสมการ

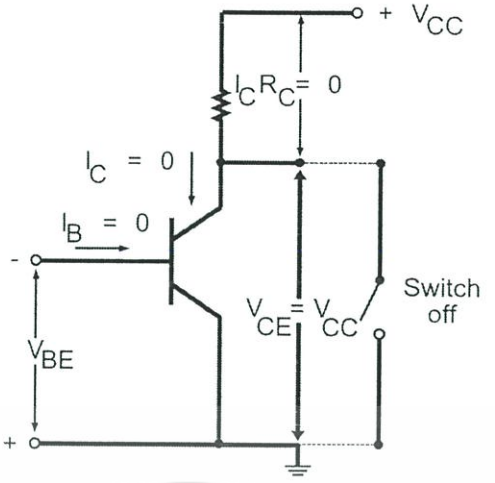
$$V_{CE} = V_{CC} - (0 \times R_C)$$

$$V_{CE} = V_{CC}$$

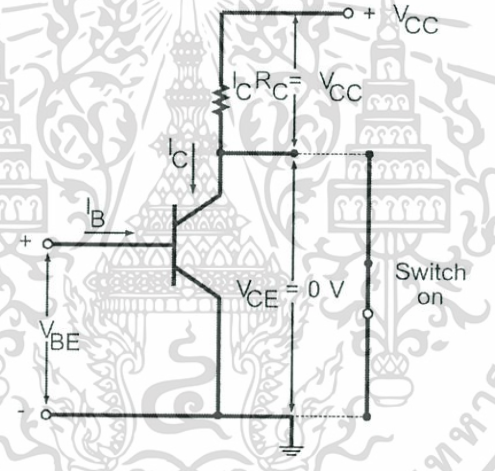


ภาพที่ 2.15 วงจรทรานซิสเตอร์ต่อแบบอิมิเตอร์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติขณะที่ไม่ทำงาน



ภาพที่ 2.17 วงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติขณะที่ไม่ทำงาน

สำหรับสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่ทำงาน (off) เนื่องจากแรงดันอินพุต V_{BE} = 0V หรือ I_B = 0A ผลคือแรงดันตกคร่อม R_C = 0V และ $V_{CE} = V_{CC}$ ดังภาพที่ 2.16คล้ายกับสวิตช์เปิดวงจร (Switch off)

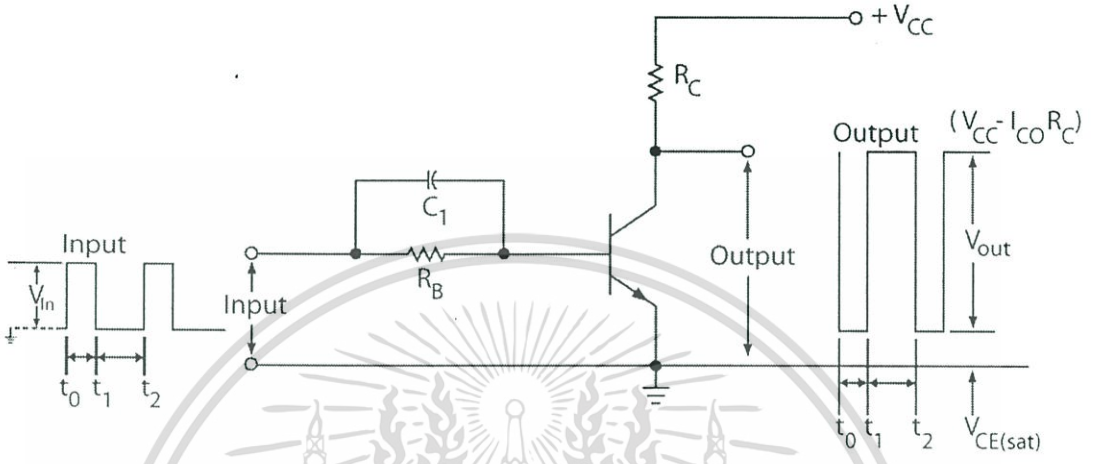
แต่ถ้าป้อน V_{BE} ให้กับสวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติดังภาพที่ 2.19 จะเกิดกระแสเบส (I_B) ไหลเข้าขาเบสทำให้เกิดกระแสคอลเลกเตอร์ (I_C) ไหลผ่าน R แรงดันตกคร่อมรอยต่อระหว่างคอลเลกเตอร์และอิมิเตอร์เท่ากับศูนย์ (V_{CE} = 0V) เมื่อเปรียบเทียบกับสวิตช์ปิดวงจร (Switch on) จะเห็นว่าไม่มีการพิจารณาแรงดันตกคร่อมรอยต่อทั้งหมดของทรานซิสเตอร์

สรุป สวิตช์ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติ ในสภาวะ off, $V_{CE} = V_{CC}$ ในสภาวะ on, V_{CE} = 0V

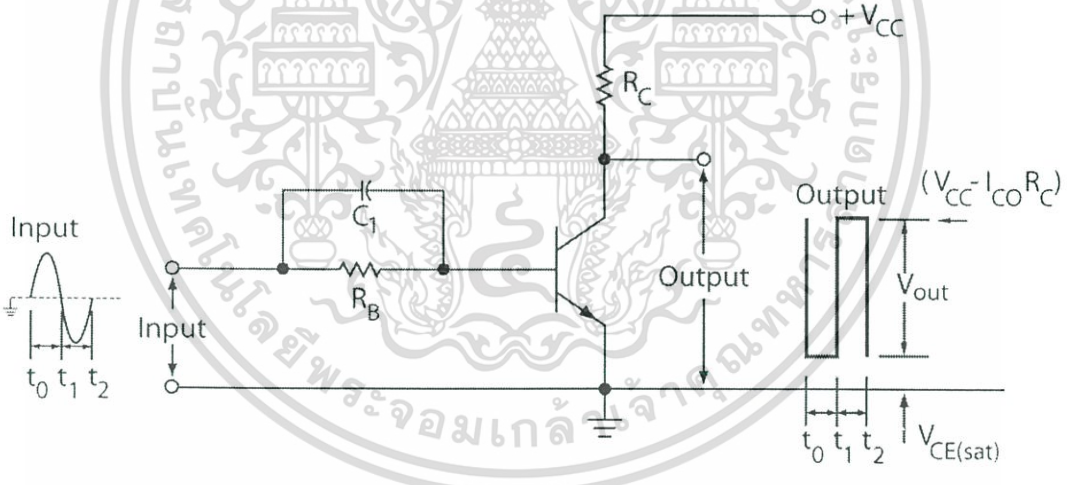
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.9 วงจรกลับสัญญาณ

วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรง การทำงานของวงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรง (Direct Coupled Invertor) คือการนำเอาวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์แบบอิมิตเตอร์ร่วม โดยป้อนสัญญาณอินพุตซึ่งอาจเป็นสี่เหลี่ยมหรือรูปคลื่นไซน์ ดังภาพที่ 2.18ะ 2.19



ภาพที่ 2.18 วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรงมีสัญญาณอินพุตเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม



ภาพที่ 2.19 วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรงมีสัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์

จากภาพที่ 2.18 เมื่อสัญญาณด้านเข้าเป็นคลื่นด้านบวกที่เวลา t_0 - t_1 จะมีกระแสเบสไหลเข้าทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะนำกระแส (สวิตช์ปิด) แรงดันเอาต์พุตที่เวลา t_0 - t_1 จะเท่ากับ $V_{CE\,(sat)}$ และ ที่เวลา t_1 - t_2 สัญญาณอินพุตมีค่าเท่ากับศูนย์ ทรานซิสเตอร์จะไม่นำกระแส V_{CE} จะเท่ากับ (V_{CC} - $I_{CO} \times R_C = V_{CC}$)

จากภาพที่ 2.19 เมื่ออินพุตเป็นคลื่นด้านบวกที่เวลา t_0 - t_1 ทรานซิสเตอร์จะนำกระแสทำให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ $V_{CE(sat)}$ ในทำนองเดียวกันเมื่ออินพุตที่เวลา t_0 - t_1 เป็นคลื่นด้านลบทรานซิสเตอร์ได้รับไบแอสกลับที่เบสจะไม่นำกระแสทำให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ (V_{CC} - $I_{CC} \times R_C$ =

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{CC}) จะเห็นว่าทั้งสองกรณีจะได้รูปคลื่นเอาต์พุตเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม มีขนาดสูงสุดประมาณ V_{CC} และขนาดต่ำสุดเท่ากับ $V_{CE\ (sat)}$ และรูปสัญญาณเอาต์พุตจะกลับเฟส กับคลื่นสัญญาณอินพุตจึงเรียกวงจรนี้ว่าวงจรกลับสัญญาณ

2.7.10 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ ไอ.ซี. เบอร์ 555 (555 Astable Mutivibrator) สร้างได้โดยต่อขา 2 (Trigger Input) เข้ากับขา 6 (Threshold) ซึ่งต่อ C_A อยู่เพื่อให้แรงดันที่เปลี่ยนแปลงของ C_A ป้อนเข้ากระตุ้นการทำงานของวงจรแทนสัญญาณจุดชนวนจากภายนอก พิจารณาจากภาพที่ 2.20 และเพิ่ม R_B อนุกรมกับ R_A เป็นตัวต้านทานที่ใช้ในการเก็บและการคายประจุของ C_A โดยต่อเข้ากับขา 7 (Discharge)

การทำงานของวงจร เมื่อ V_{CA} ต่ำกว่า $\frac{1}{3}$ V_{CC} แรงดันที่ขาลบของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 จะต่ำกว่าแรงดันที่ขาบวก (เพราะ $V_{CA} = \frac{1}{3}$ V_{CC}) ลอจิกด้านออกของออปแอมป์ ตัวที่ 2 จะเป็น high และฟลิปฟลอปจะอยู่ในสภาวะ Set ทำให้ Q เป็น low ขณะนี้ Q จะ off และ C_A จะทำการเก็บประจุผ่าน R_A และ R_B เมื่อ C_A เก็บประจุจนแรงดันเท่ากับ $\frac{2}{3}$ V_{CC} ที่ขาบวกของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 1 (ต่อกับ C_A ที่ขา 6) จะมีแรงดันต่ำกว่าที่ขาลบ (เท่ากับ $V_{(R2+R3)} = \frac{2}{3}$ V_{CC}) ด้านออกของออปแอมป์ตัวที่ 1 จะเป็น high ทำให้สถานะของฟลิปฟลอปเป็นรีเซต ผลคือ Q = high และทรานซิสเตอร์ Q_1 = on ทำให้ C_A คายประจุผ่าน Q_1 ที่ R_B และ C_A จะคายประจุจนกระทั่งแรงดัน $V_{CA} = \frac{1}{3}$ V_{CC} ที่จุดนี้ด้านออกของออปแอมป์ตัวที่ 2 เป็น high ทำให้ด้านออกของฟลิปฟลอปเป็น low ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะ off อีกครั้ง กระบวนการนี้จะเกิดต่อเนื่องตลอดไป ผลที่ได้รับคือ V_{out} ที่ขา 3 ของ ไอ.ซี. 555 เป็นรูปพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มี PW = t_1 ดังภาพที่ 2.21

การออกแบบวงจร การออกแบบวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ ไอ.ซี. 555 คือ การคำนวณค่า R_A , R_B และ C_A ที่เหมาะสมกับความถี่ของ V_{out} ที่ต้องการ โดยพิจารณาที่ C_A เก็บประจุจะมีกระแส I_C ผ่าน ($R_A + R_B$) จากแรงดัน $\frac{1}{3}$ V_{CC} จนถึง $\frac{2}{3}$ V_{CC} (ดูจากภาพที่ 2.20ดังนั้น E_O (Initial Voltage) เท่ากับ $\frac{1}{3}$ V_{CC} และ $e_C = \frac{2}{3}$ V_{CC} และแรงดันที่จ่ายให้กับตัวเก็บประจุ $E = V_{CC}$ จากสมการ

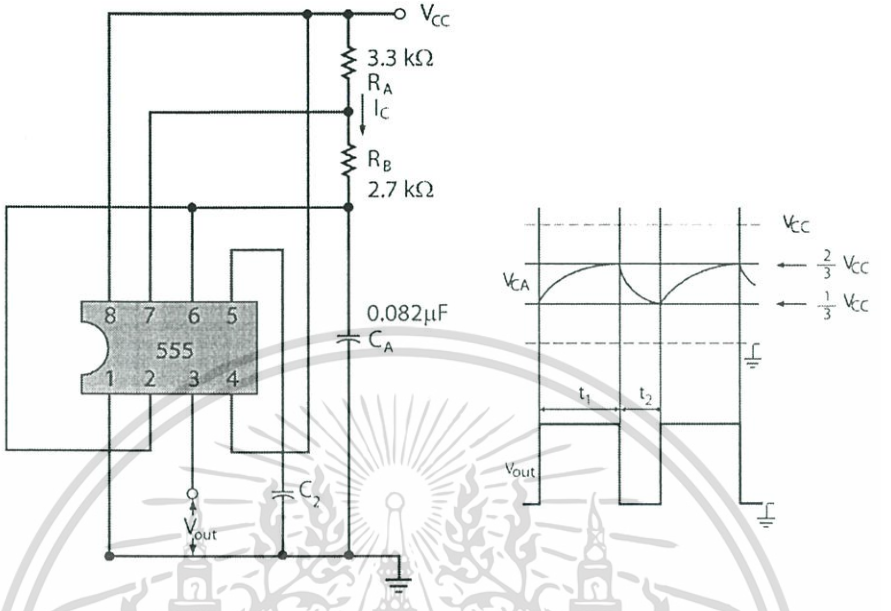
$$t_1 = 0.693\ C_A\ (R_A + R_B) \qquad (2.9)$$

และเมื่อ C_A คายประจุ ค่าของ $E_O = \frac{2}{3}$ V_{CC} , $e_C = \frac{2}{3}$ V_{CC} และ E = 0 เมื่อแทนค่าเหล่านี้ในสมการจะได้ว่า

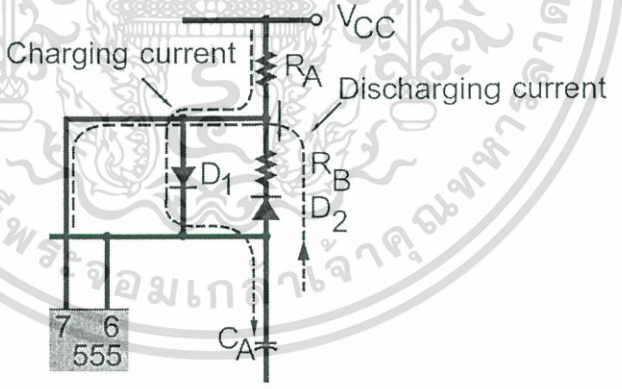
$$t_1 = 0.693\ C_A\ R_B \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ 2.10 จะพิจารณาได้ในภาพที่ 2.20 กระแสในการเก็บประจุจะไหลผ่าน (R_A + R_B) แต่เมื่อพิจารณาสมการ 2.9 จะเห็นว่ากระแสในการคายประจุจะผ่านเฉพาะ R_B และไหลเข้าขา 7 (discharge) ของ ไอ.ซี. 555



ภาพที่ 2.20 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555



ภาพที่ 2.21 ทิศทางของกระแส Charge และ Discharge ของ C_A

2.7.11 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ที่ใช้ไอ.ซี. เบอร์ 555 วงจรเบื้องต้นที่ใช้ไอ.ซี 555 สร้างเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ โดยต่อ V_{CC} เข้าที่เขา 8 และ GND ที่ขา 1 ป้อนสัญญาณจุดชนวนด้านเข้า (Input Trigger) เข้าที่ขา 2 (ขา Trigger) และ V_O คือขา 3 (Output) ของวงจร ต่อขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reset (ขา 4) เข้ากับ V_{CC} ต่อ C_A เข้ากับขา Discharge และขา Threshold (ขา 7 และขา 6) และต่อ R_A เพิ่ม 1 ตัวที่ V_{CC} เพื่อให้ C_A ได้เก็บประจุผ่าน R_A จากภายนอก

การทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. สถานะก่อนการจุดชนวน (Initial State)

2. สถานะขณะที่มีการจุดชนวน (Trigged State)

3. สถานะสุดท้ายหลังจากมีการจุดชนวน (Final State)

สถานะก่อนการจุดชนวน

- ขาที่ 2 (ขา Trigger) ของ ไอ.ซี. อยู่ในสภาวะแรงดันสูง = V

- ออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 มีเอาต์พุตเป็น low เพราะขา 2 เป็น high และ แรงดันที่ขาบวกของออปแอมป์คือ R_A

$$R3 = CC \times \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1}{3} CC$$

$$R3 = \frac{V_{CC}}{3}$$

- ด้านออกของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันที่ 1 เป็น low เพราะว่าขา 6 เป็น low และแรงดันที่ขาลบของออปแอมป์ คือ $V_{(R2+R3)}$

ดังนั้น $$(R2+R3) = CC \times \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{2}{3} CC$$

- ด้านออกของ R_S ฟลิปฟลอปที่ Q เป็น high

- Q_1 = on เพราะด้านออกของฟลิปฟลอปเป็น high

- C_A จะคายประจุ เพราะว่า Q_1 = on

- ที่ขา 6 และ ขา 7 ของ ไอ.ซี. จะเป็น low เพราะว่า Q ของฟลิปฟลอป = high

สถานะขณะที่มีการจุดชนวน

- เมื่อมีสัญญาณจุดชนวนเข้าที่ขา 2 คือ ขาลบของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 ทำให้แรงดันขาลบต่ำกว่าแรงดันตัวที่ 2 ทำให้แรงดันขาลบต่ำกว่าแรงดันขาบวกของออปแอมป์

- ด้านออกของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 จะเป็น high

- R_S ฟลิปฟลอปทำงานในสภาวะ Set, Q = low ทำให้ด้านออกของขา 3 เป็น high

- Q_1 จะสวิตซ์ปิด off เพราะด้านออก Q ของฟลิปฟลอปเป็น low

- เมื่อ Q_1 = off, C_A ที่ต่อกับขา 6 และ 7 จะเก็บประจุผ่าน R_A

- สัญญาณจุดชนวนที่ขา 2 หมดไปออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 จะให้ ด้านออกเป็น low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะสุดท้ายหลังจากมีการจุดชนวน

- ด้านออกของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 1 เป็น Low จนกระทั่งแรงดันตก คร่อม C (ที่ต่อกับขา 6) เท่ากับ $V_{(R2+R3)} = \frac{2}{3} V_{CC}$ จะทำให้ออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 1 มีเอาต์พุตเป็น high

- ฟลิปฟลอปจะให้เอาต์พุตเป็น high (สถานะ Reset) อีกครั้งหนึ่งเนื่องจากได้รับแรงดัน high จากออปแอมป์ตัวที่ 1

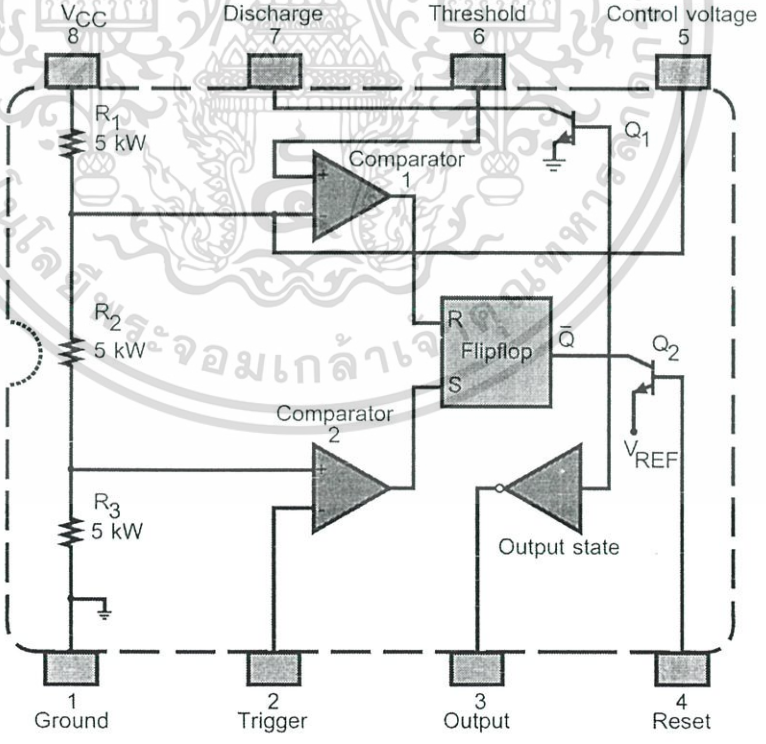
- Q_1 จะสวิตซ์ on จากแรงดัน high ของฟลิปฟลอป

- C จะคายประจุ โดย Q_1 และแรงดันที่ขา 6 และ 7 จะลดลง แรงดันเอาต์พุตที่ขา 3 จะเปลี่ยนเป็น low เพราะเอาต์พุตของฟลิปฟลอปเป็น high

- ออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 1 มีเอาต์พุตเป็น low อีกครั้งทำให้แรงดันที่ขา 6 ต่ำกว่า $V_{(R2+R3)}$ ทำให้ฟลิปฟลอปอยู่ในสภาวะ Reset

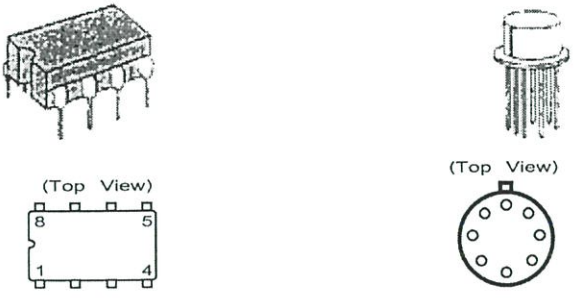
- สถานะสุดท้ายของโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์เหมือนกันกับสถานะก่อนมีการจุดชนวน ขณะที่วงจรพร้อมที่จะรับสัญญาณจุดชนวนอีกครั้ง

วงจรโมโนสเตเบิลที่ใช้ ไอ.ซี. เบอร์ 555 นี้ การกำหนดความกว้างของสัญญาณพัลส์ (PW) ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า R และ C



ภาพที่ 2.23 โครงสร้างภายในของไอ.ซี.เบอร์ 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

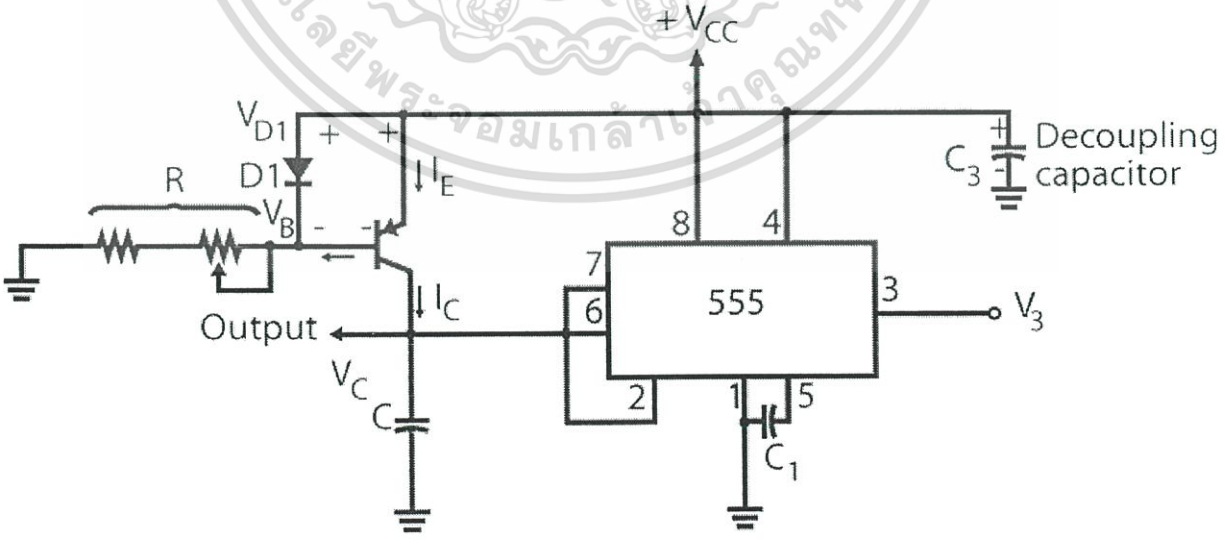


ภาพที่ 2.24ลักษณะภายนอกของไอ.ซี.เบอร์ 555 แบบต่าง ๆ

2.7.12 วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย

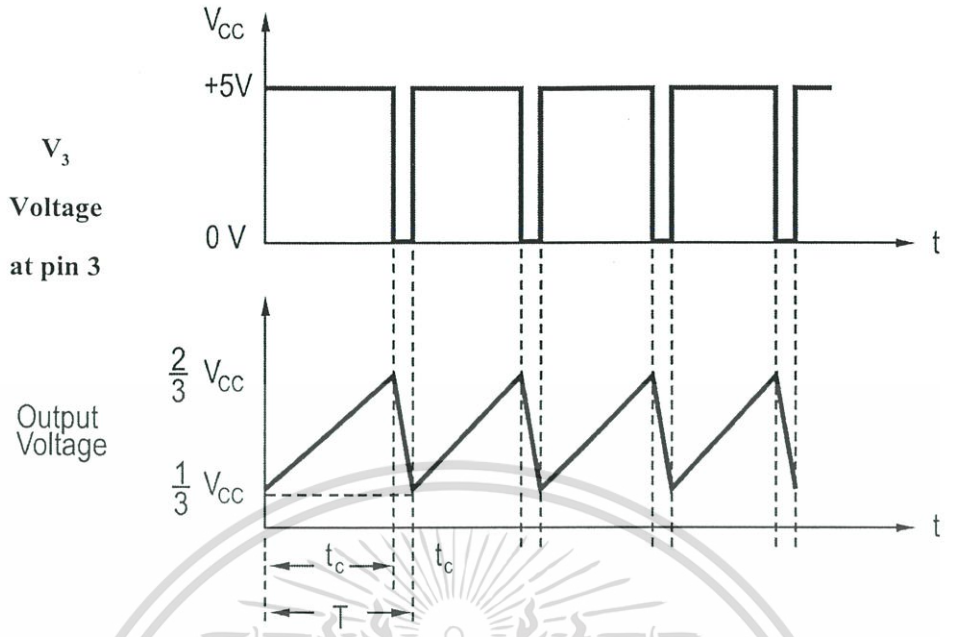
เมื่อนำวงจรรวมเบอร์ 555 ออกแบบให้ทำงานในลักษณะกำเนิดสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง (Free-Running Pulse) เช่นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ สามารถประยุกต์ให้เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยได้ (Ramp Generator) โดยต่อวงจรกำเนิดสัญญาณตามภาพที่ 2.25โดยสัญญาณด้านออกของวงจรในรูปคลื่นฟันเลื่อย คือแรงดันตกคร่อม C ซึ่งต่ออยู่กับขา 7 (Discharge) และต่อขา 2 (Trigger) และขา 6 (Threshold) เข้าด้วยกัน โดยต่อทรานซิสเตอร์ ขา คอลเลกเตอร์และอิมิตเตอร์ต่อระหว่างเอาต์พุตและแหล่งจ่าย (V_{CC})

เมื่อแรงดันตกคร่อม C เท่ากับ V_{CC} ทำให้ทรานซิสเตอร์ (Q_1) นำกระแส และ C จะคายประจุผ่านขา 7 อย่างไรก็ตามเมื่อ C คายประจุแรงดันตกคร่อม C มีค่าเท่ากับ V_{CC} และ C จะเริ่มเก็บประจุอีกครั้งหนึ่ง เป็นวัฏจักรอย่างนี้ต่อไป รูปคลื่นแรงดันตกคร่อม C ในวงจรนี้คือ สัญญาณฟันเลื่อยที่กำเนิดออกมาจากวงจร ดังภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.25 วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.26 รูปคลื่นสัญญานทางด้านเอาต์พุต

สำหรับค่าคาบเวลา (T) ในการกำเนิดสัญญาณจะมีค่าใกล้เคียงกับเวลาในการเก็บประจุของ C ดังนั้นหาค่าได้จากสมการ

$$T = \frac{V_{CC}\, C}{3\, I_C} \tag{2.11}$$

เมื่อ $$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R}$$

C คือตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

I_C คือกระแสคอลเลกเตอร์มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

V_{CC} คือแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_{BE} คือแรงดันตกคร่อมรอยต่อเบสและอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์เมื่ออิ่มตัวมีหน่วยโวลต์

ดังนั้น เมื่อต้องการคำนวณค่าความถี่ของการกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยจะได้สมการ

$$f = \frac{3\, I_C}{V_{CC}\, C} \tag{2.12}$$

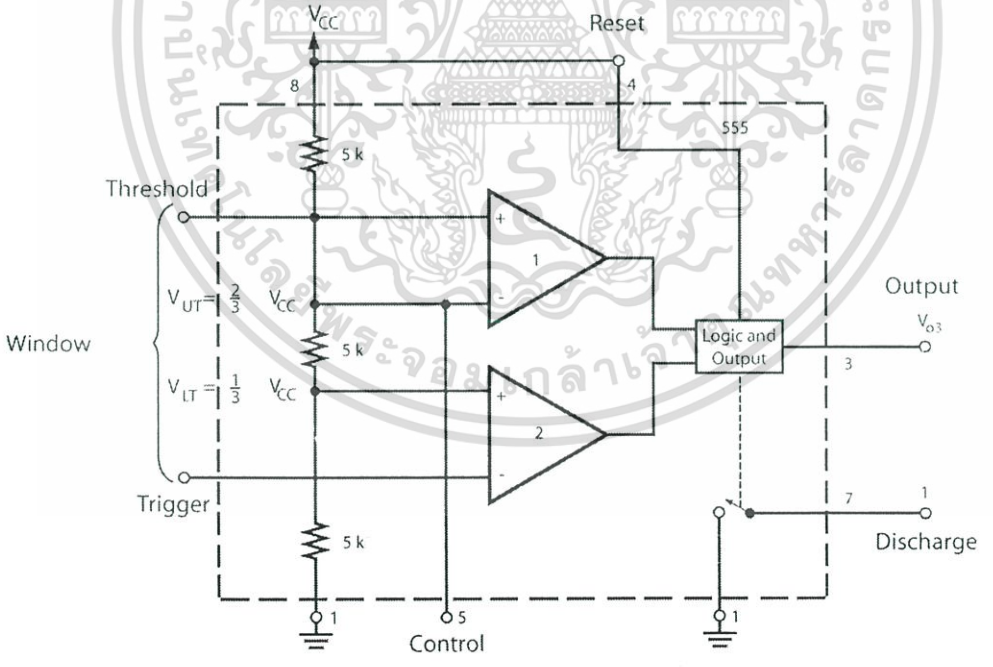
ดังนั้นค่าความถี่ของสัญญาณฟันเลื่อยที่กำเนิดได้จะขึ้นอยู่กับค่า R และ C ในวงจร จะทำได้โดยการปรับค่า R โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออนุกรมที่เบสของทรานซิสเตอร์ ดังภาพที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.13 วงจรจุดชนวนของชมิตต์

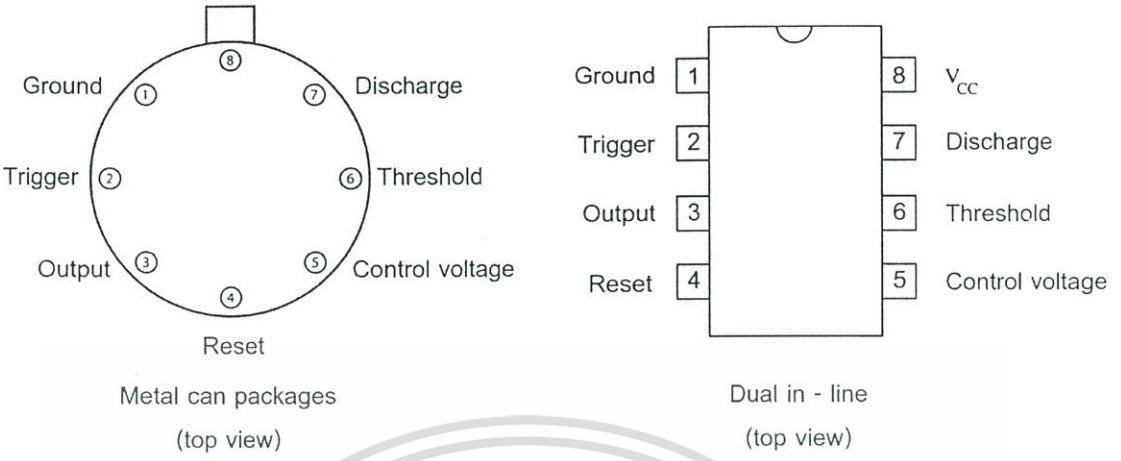
วงจรจุดชนวนของชมิตต์ ที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555 เมื่อพิจารณาทางด้านอินพุตของออปแอมป์ ตัวที่ 1 คือขา 6 (Threshold) ของวงจรรวมเบอร์ 555 และอินพุตของออปแอมป์ ตัวที่ 2 คือขา 2 (Trigger) จะทำงานในลักษณะของวินโดวส์ คอมพาราเตอร์ โดยมีค่าตัวต้านทาน 5 kΩ ภายใน 3 ตัว เป็นตัวแบ่งแรงดัน ดังภาพที่ 2.27 และการจัดวางขาวงจรรวมเบอร์ 555 ดังภาพที่ 2.28

เมื่อนำอินต์พุตทั้งสอง คือ ขา Threshold และขา Trigger มาต่อรวมกัน และต่อขา Reset (ขา 8) กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า V_{CC} และต่อขาแรงดันควบคุม (ขา 5) Control Voltage ลงจุดดิน (GND) วงจรรวมเบอร์ 555 จะทำหน้าที่เป็นวงจรจุดชนวนของชมิตต์ได้ โดยค่าแรงดันทริกเกอร์บน (Upper Trigger Point) หรือ UTP หรือ V_{UT} มีค่าเท่ากับ V_{CC} เช่นถ้า V_{CC} = 15 V, V_{UT} = 10 V และค่าแรงดันทริกเกอร์ล่าง (Lover Trigger Point) หรือ LTP หรือ V_{LT} จะมีค่าเท่ากับ V_{CC} จะมีค่า V_{LT} = 5 V เป็นต้น ดังภาพที่ 2.29 ดังนั้นเมื่อป้อนแรงดันด้านเข้า (V_{in}) เป็นรูปคลื่นสามเหลี่ยม แรงดันด้านออกจะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยทำงานใน 2 สภาวะคือ เมื่อ V_{in} มีค่ามากกว่า V_{UT} แรงดัน V_{out} ที่ขา 3 หรือ V_{03} จะมีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ และเมื่อ V มีค่าน้อยกว่า V_{LT} แรงดัน V_{out} ที่ขา 3 หรือ V_{03} จะมีค่าเท่ากับ 15 โวลต์

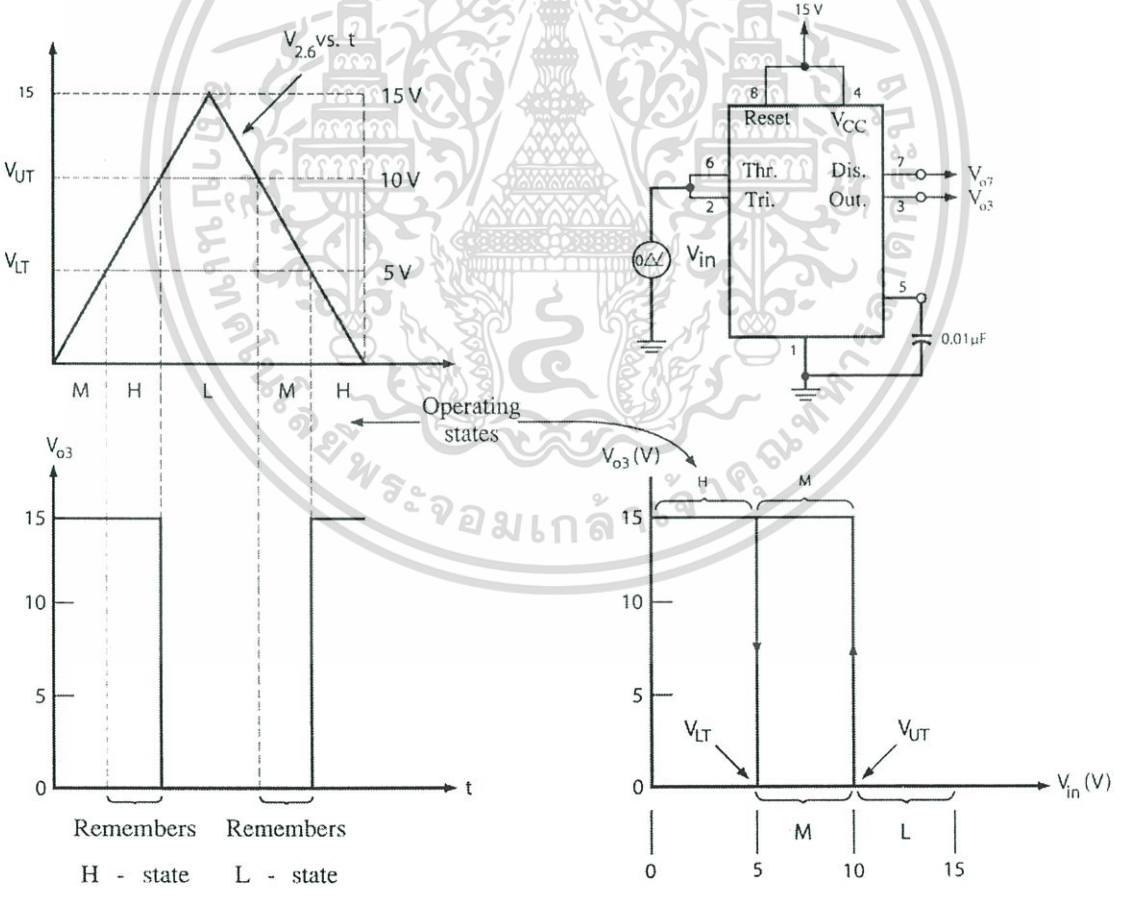


ภาพที่ 2.27 วงจรรวมเบอร์ 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 ขาใช้งานวงจรรวมเบอร์ 555



ภาพที่ 2.29 วงจรจุดชนวนของชมิตต์ที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง และการหาประสิทธิภาพหรือการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของชุดประลองหลายเรื่องด้วยกัน สรุปได้ดังนี้

พิพิธ ตันเจริญ (2546 : 68-75) ทำการพัฒนาชุดฝึกโทรทัศน์สี วิชาปฏิบัติโทรทัศน์ 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ใช้เกณฑ์กำหนดร้อยละ 80/80 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทราชูทิศ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 15 คน จากการวิจัยพบว่าชุดฝึกโทรทัศน์สีวิชาปฏิบัติโทรทัศน์ 2 มีประสิทธิภาพ 84.53/81.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

พิพัฒน์ สมใจ (2546 : 27-34) ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ วิชาปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรอนุปริญญา สถาบันราชภัฏ กระทรวงศึกษาธิการ ใช้เกณฑ์กำหนดร้อยละ 80/80 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับอนุปริญญา ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 20 คน จากผลการวิจัยพบว่า ชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.17/83.27 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

สถาพร จำรัสเลิศลักษณ์ (2542 : 66-74) ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองประกอบการฝึกอบรมเรื่องวงจรชุดอุปกรณ์แฮนด์ฟรี ใช้เกณฑ์กำหนดการวิจัยของการหาประสิทธิภาพไว้ที่ 80/80 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็น พนักงานฝ่ายช่างซ่อมบริการของบริษัท บลิสเทล จำกัด ที่สำเร็จการศึกษาระดับ ปวส. สาขาวิชาไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 15 คน ผลการวิจัยพบว่าคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายการทดลองคิดเป็นร้อยละ 81.93 และผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบรวมคิดเป็นร้อยละ 80.66 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ (2540 : 41 – 42) ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาการออกแบบวงจรขยายเชิงเส้น ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง (ปท.ส.) ของกรมอาชีวศึกษา ใช้เกณฑ์กำหนดในการวิจัยร้อยละ 80/80 กลุ่มทดลองที่ใช้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน จำนวน 21 คน ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบท้ายการประลอง ร้อยละ 83.33 และผลคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบรวม ร้อยละ 84.33 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดประลองและใบประลองมีความเห็นว่า มีคุณค่าและมีประโยชน์เหมาะสมนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน มีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไปว่า ควรทำการวิจัยเพิ่มเติมในวิชาอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในด้านชุดประลอง ถือว่ามีส่วนสำคัญอย่างมากที่จะทำให้เกิดทักษะและสัมฤทธิ์ผลทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุธทอง โพธิปัญญา (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง วิธีการโดยสร้างชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง ด้วยการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง ที่สร้างขึ้น เพื่อประกอบการเรียนการสอน วิชาหลักการเบื้องต้นของระบบรับส่ง ด้วยเส้นใยแก้วนำแสง แผนกวิชามัลติเพล็กซ์ มีเป้าหมายเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนชุดประลอง และช่วยส่งเสริมทักษะการเรียนให้ดียิ่งขึ้น วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างชุดประลอง ให้ตรงตามหลักสูตร ครอบคลุมเนื้อหาจำนวน 6 เรื่อง โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อง่ายในประเทศ ราคาประหยัด จากนั้นนำไปทดลองใช้ เพื่อหาประสิทธิภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ ได้แก่ใบประลอง แบบทดสอบหลังการประลอง และแบบทดสอบรวมทุกการประลอง กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือผู้ที่ได้เข้ารับการอบรมของแผนกวิชามัลติเพล็กซ์ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสงที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 84.42 / 85.57 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อใช้ชุดทดลองใหม่คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 25.22 เมื่อใช้ชุดทดลองเดิม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.94 ไม่แตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยชุดทดลองใหม่เหมาะสมในการใช้งาน ด้านเอื้ออำนวยความสะดวก และสอดคล้องกับหลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี โดยดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 การเตรียมการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี (ต่อเนื่อง 2 ปีหลัง ชั้นปีที่1) หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) สถาบันราชภัฏธนบุรี จำนวน 15 คน ที่ลงทะเบียนเรียน วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น

3.2 การเตรียมการวิจัย

การเตรียมการวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง จากตำราที่ใช้ในการสอน และลักษณะของชุดทดลองอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งระเบียบและวิธีการวิจัย จากวิทยานิพนธ์ และคู่มือต่างๆ การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการวิจัย โดยกำหนดที่จะสร้างชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง พร้อมใบงาน และแบบทดสอบ สามารถแยกแยะและกำหนดเป็นหัวข้อการทดลองไว้ทั้งหมด 13 เรื่อง ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์
2. วงจรอินทิเกรเตอร์
3. วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดอนุกรม
4. วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน
5. วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานมีไบแอส
6. วงจรแคลมป์ด้านบวก
7. วงจรแคลมป์ด้านลบ
8. วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์
9. วงจรกลับสัญญาณ
10. วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์
11. วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์
12. วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย
13. วงจรจุดชนวนสัญญาณของชมิตต์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง
2. ใบงาน เป็นใบงานที่ให้นักศึกษาปฏิบัติการทดลอง ในใบงานจะประกอบด้วย
   2.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง
   2.2 ทฤษฎีและคำแนะนำที่เกี่ยวข้อง
   2.3 รายการอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้
   2.4 ลำดับขั้นในการทดลอง ซึ่งจะมีรายละเอียดในการทดลองเป็นลำดับขั้น วงจรที่ทำการทดลอง ตารางบันทึกค่า และกราฟสำหรับการบันทึกผลการทดลอง ตอนท้ายมีสรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทางปฏิบัติ
4. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.4.1 ใบงาน

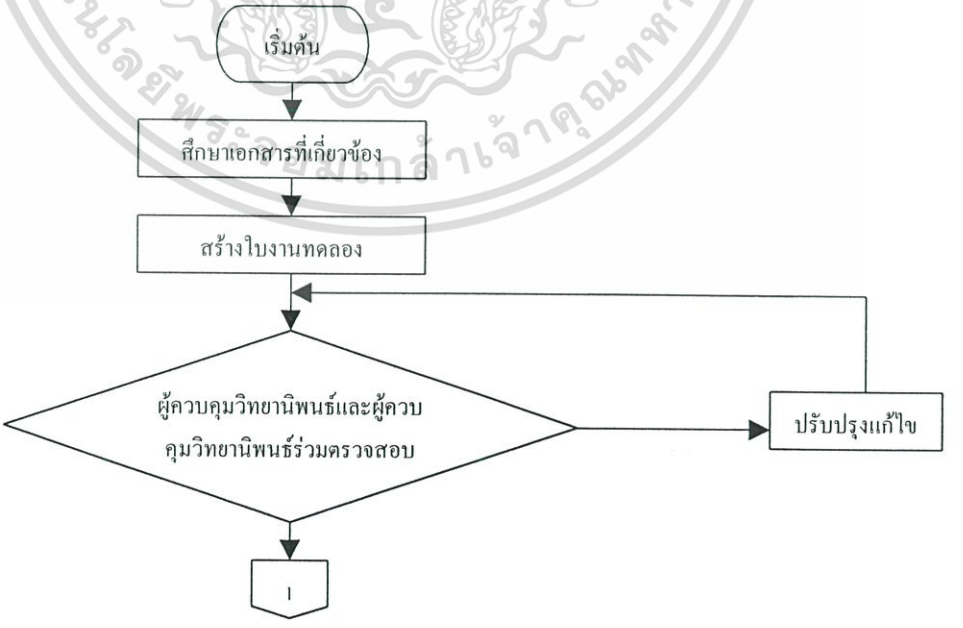
1. ผู้วิจัยได้ทำการสร้างใบงานให้มีความสัมพันธ์กับชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยศึกษาเนื้อหาเอกสารที่เกี่ยวข้องในใบงานแต่ละเรื่อง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา เพื่อใช้เป็นส่วนที่อ้างอิงของการเขียนเนื้อหาทฤษฎี การสร้างใบงานประกอบไปด้วยหัวเรื่องของการทดลอง วัตถุประสงค์ของการทดลอง เนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยสรุป อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง วงจรการทดลอง ตารางบันทึกค่า และรวมทั้งคำถามท้ายการทดลอง

2. นำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

3. นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาตรวจสอบ และประเมินคุณภาพ หากมีข้อบกพร่องทำการแก้ปรับปรุงแก้ไข

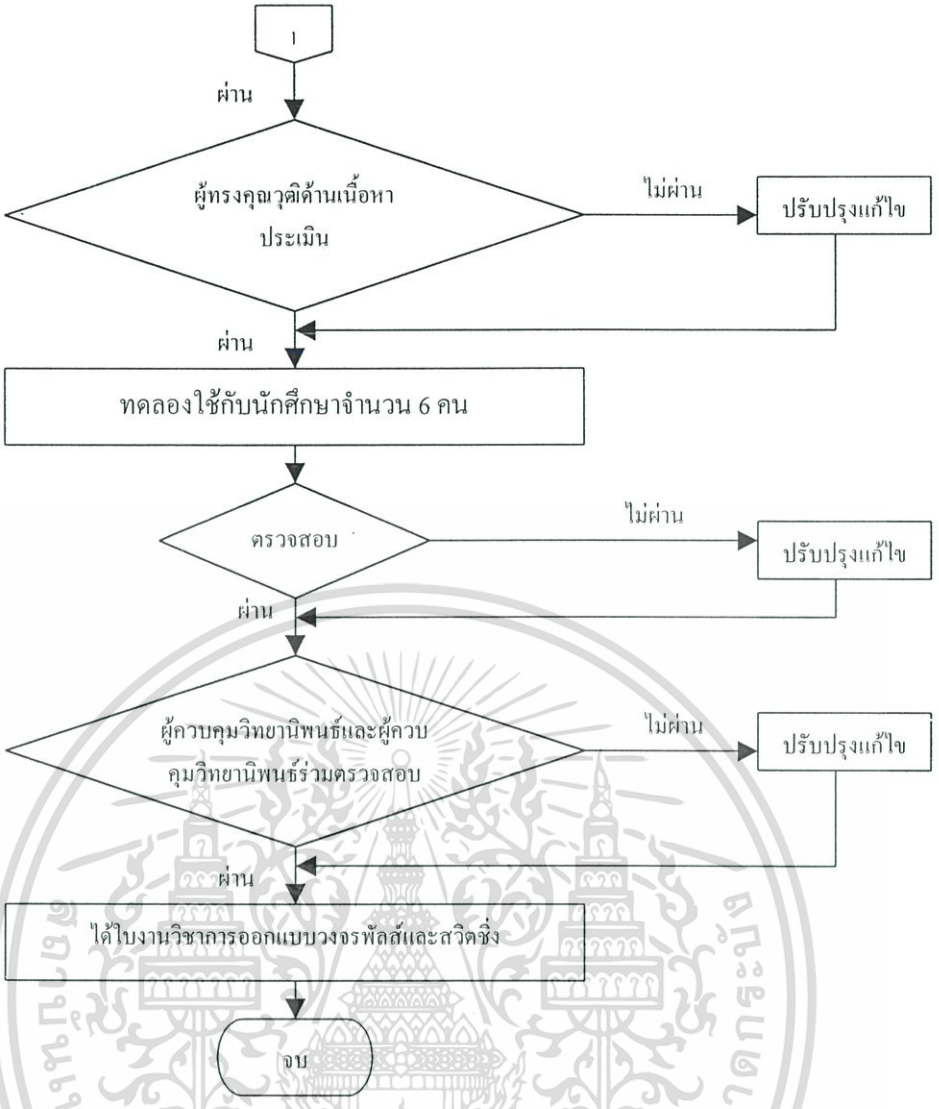
4. นำไปทดลองใช้กับ กลุ่มทดลองจำนวน 6 คน นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี โดยนำผลการเรียนของนักศึกษามาคัดเลือกออกเป็นกลุ่ม เก่ง ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 2 คน รวม 6 คน นำชุดทดลอง และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปใช้ทดลองกับนักศึกษากลุ่มนี้ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

5. นำข้อมูลที่ได้ให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ ซึ่งพอจะสรุปขั้นตอนในการสร้างดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงาน (ต่อ)

3.4.2 ชุดทดลอง

1. ผู้วิจัยดำเนินการสร้างชุดทดลอง โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการสร้างดังนี้ ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง เพื่อวางแนวทางในรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหาต่างๆ ของชุดทดลอง ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักและวิธีการสร้างสื่อการเรียนการสอน ประเภทชุดทดลอง ค้นคว้าเอกสาร และตำราต่างๆ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของวงจรการทดลอง และการคำนวณออกแบบวงจร

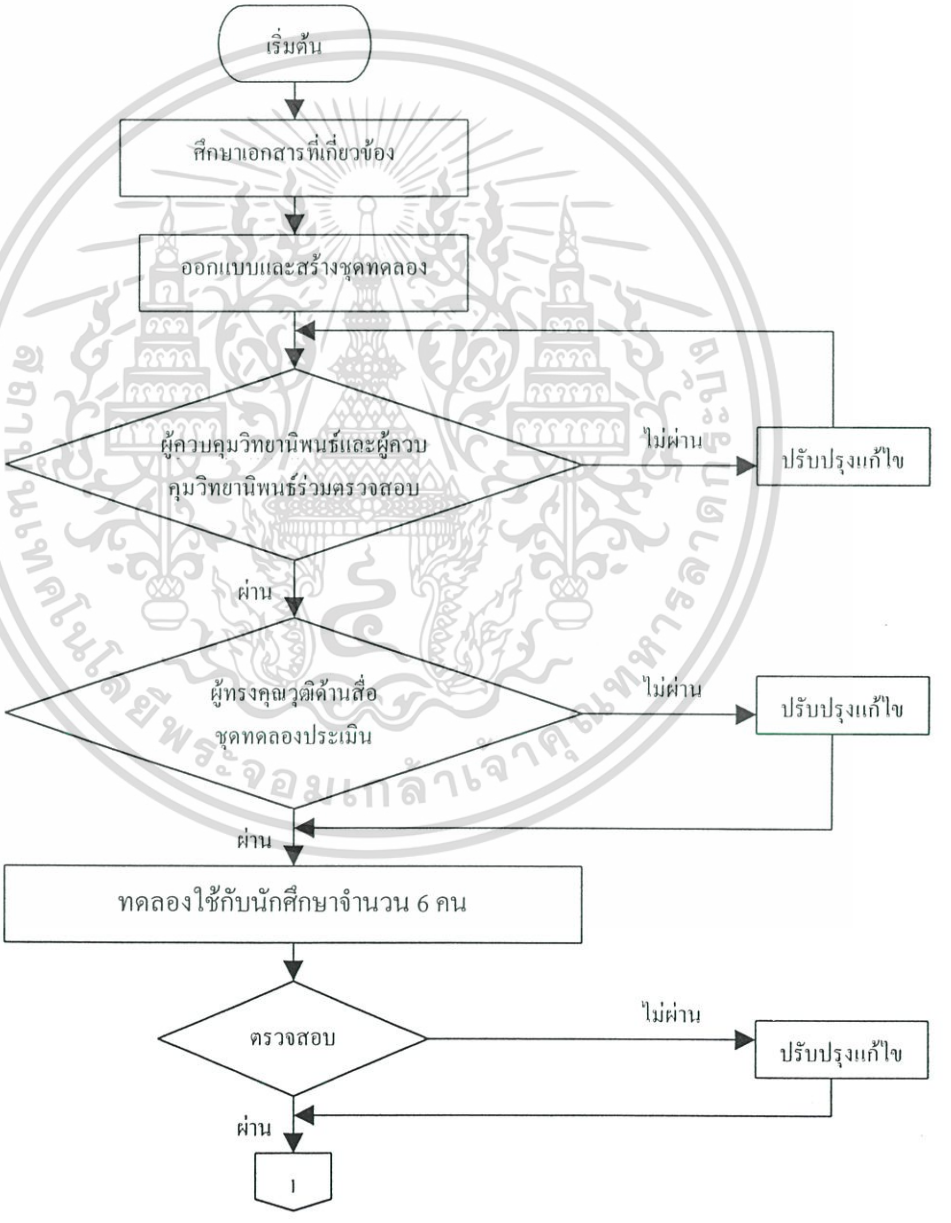
2. นำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

3. นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อตรวจสอบ และประเมินคุณภาพหากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

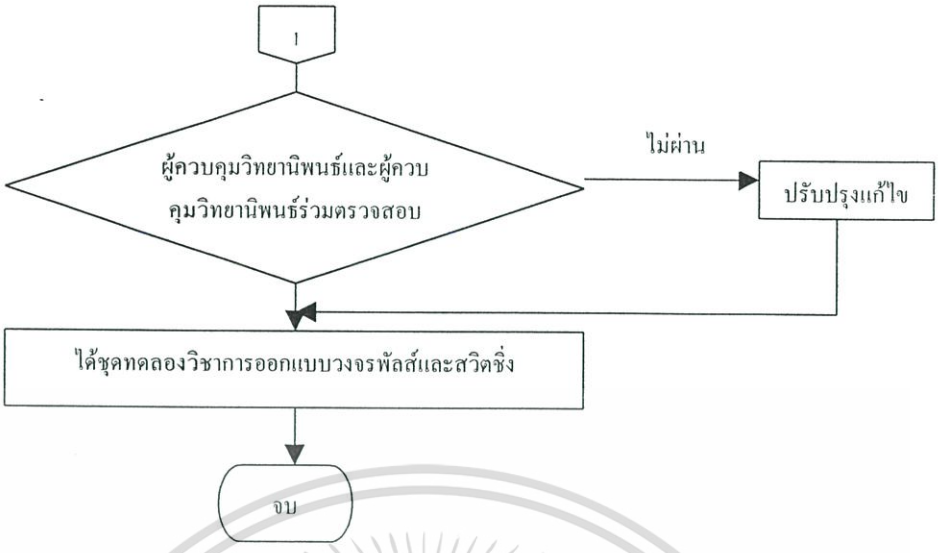
4. นำไปทดลองใช้กับ กลุ่มทดลองจำนวน 6 คน นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี โดยนำผลการเรียนของนักศึกษามาคัดเลือกออกเป็นกลุ่ม เก่ง ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 2 คน รวม 6 คน นำชุดทดลอง และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปใช้ทดลองกับนักศึกษากลุ่มนี้ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

5. นำข้อมูลที่ได้ให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ ซึ่งพอจะสรุปขั้นตอนในการสร้างดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลอง (ต่อ)

3.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. โดยทำการศึกษาเอกสารเรื่องที่เกี่ยวข้อง และรายละเอียดต่างๆ จากใบงานที่สร้างขึ้นจากวงจรที่ใช้ในการทดลอง จากผลการทดลองที่ได้ นำมาสร้างแบบทดสอบ โดยสร้างแบบทดสอบในแนวทางปฏิบัติ

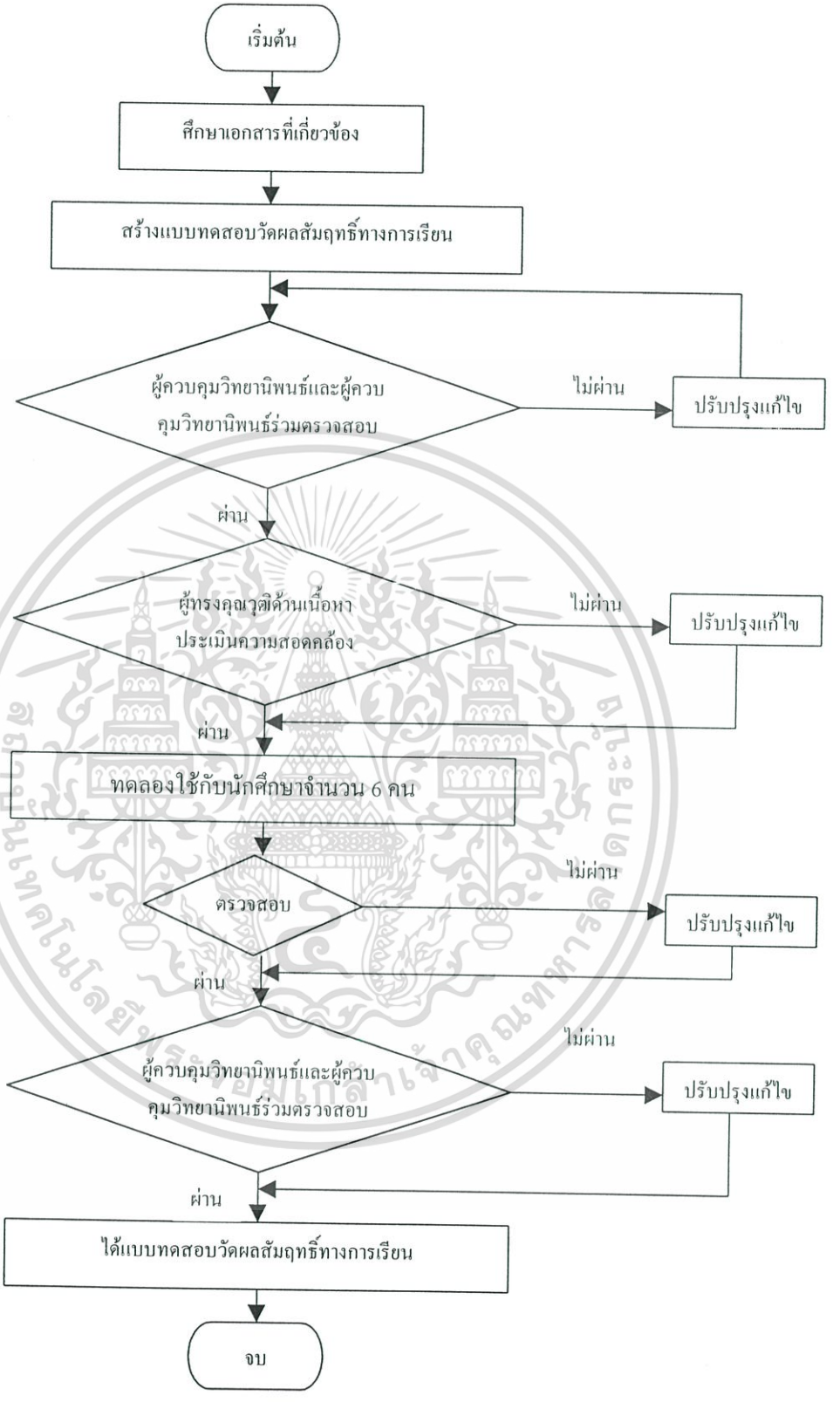
2. ขั้นตอนต่อไปนำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

3. นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

4. นำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 6 คน นักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี โดยนำผลการเรียนของนักศึกษามาคัดเลือกออกเป็นกลุ่ม เก่ง ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 2 คน รวม 6 คน นำชุดทดลอง และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปใช้ทดลองกับนักศึกษากลุ่มนี้ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

5. นำข้อมูลที่ได้ให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ ซึ่งพอจะสรุปขั้นตอนในการสร้างดังแสดงในภาพที่ 3.3

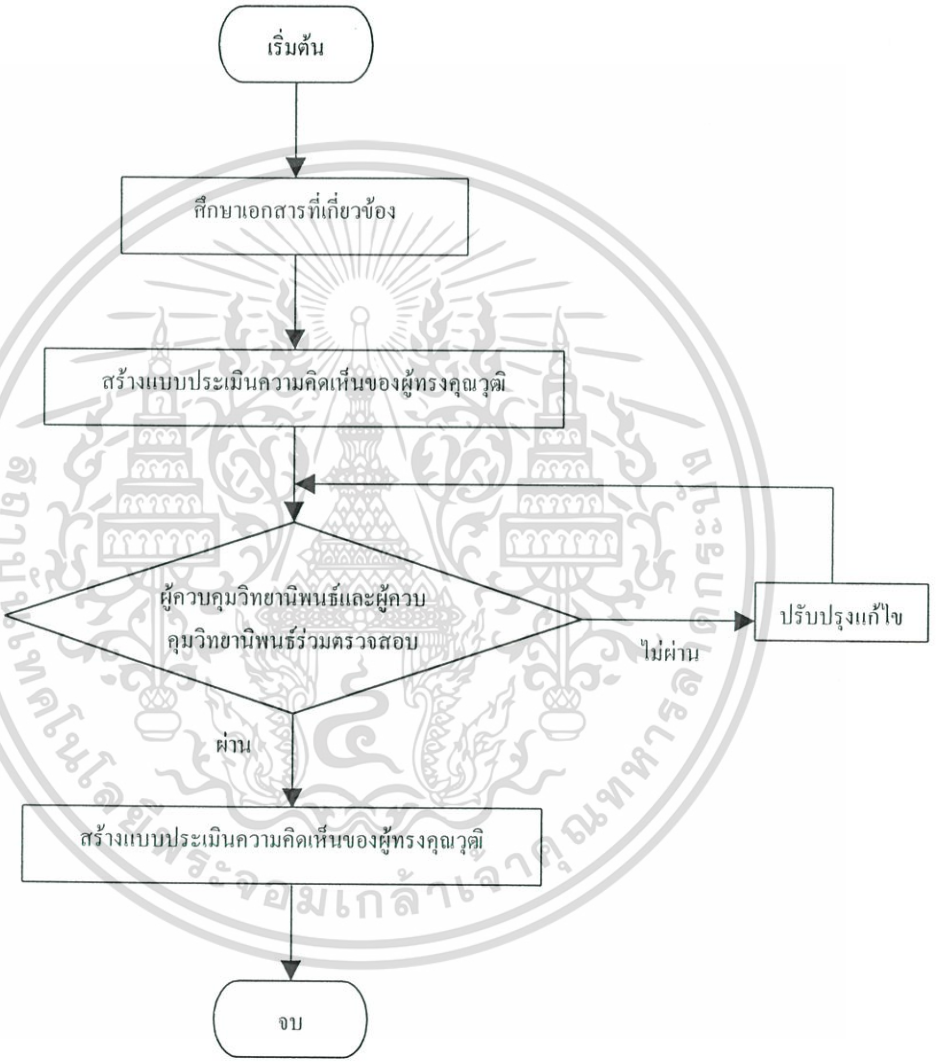
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง โดยทำการศึกษาเอกสารในเรื่องที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดต่างๆ จากใบงานและชุดทดลองที่สร้างขึ้น นำส่วนต่างๆ เหล่านี้มาทำการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ นำไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบแก้ไข นำมาปรับปรุงจนถูกต้องเหมาะสม จึงนำไปใช้ประเมินความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและสื่อชุดทดลอง ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ แสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและสื่อชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาเป็นผู้ตรวจสอบประเมิน พิจารณาความสอดคล้องของคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อแล้วนำไปหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ใช้ข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์ 2538: 88-89) ใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ในการให้คะแนน โดยมีเกณฑ์เฉลี่ยดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 มีค่าเท่ากับเห็นด้วยในระดับที่มากที่สุด

ระดับ 4 มีค่าเท่ากับเห็นด้วยในระดับที่มาก

ระดับ 3 มีค่าเท่ากับเห็นด้วยในระดับปานกลาง

ระดับ 2 มีค่าเท่ากับเห็นด้วยในระดับน้อย

ระดับ 1 มีค่าเท่ากับเห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด

คะแนนเฉลี่ยเกณฑ์การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 มีค่าเท่ากับระดับคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 มีค่าเท่ากับระดับคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 มีค่าเท่ากับระดับคุณภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 มีค่าเท่ากับระดับคุณภาพดีน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 มีค่าเท่ากับระดับคุณภาพน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้คะแนนเฉลี่ยเกณฑ์การประเมินคุณภาพตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2535 : 124)

3.4.5 การตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลอง

ชุดทดลองผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของชุดทดลอง ด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ ที่มีต่อชุดทดลอง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวม 3 คน ดังนี้

1. รศ. สมยศ จุณณะปิยะ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. นายสุนทร เกตุสุขาวดี หัวหน้าโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี

3. นายวรวิทย์ สมหา อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบงานผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของใบงานด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ที่มีต่อใบงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวม 3 คน ดังนี้

1. ผศ. สืบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2. ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ รองคณบดีฝ่ายพัฒนา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. นายวิชิต ดาราบท หัวหน้าโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม(เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี

แบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ด้วยการสร้างแบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาที่มีต่อแบบทดสอบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวม 3 คนดังนี้

1. ผศ. สืบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพะนครเหนือ

2. ผศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ รองคณบดีฝ่ายพัฒนา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. นาย วิชิต ดาราบท หัวหน้าโปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนการทดลองใช้ใบงานและชุดทดลองที่สร้างขึ้น และการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ มีลำดับขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. บันทึกเสนอขอความอนุเคราะห์ให้งานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกหนังสือขอความร่วมมือไปยัง สถาบันราชภัฏธนบุรี ในการนำเอาชุดทดลองการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนำไปใช้ กับกลุ่มตัวอย่าง ที่กำหนดไว้

2. นำชุดทดลองและใบงานที่สร้างขึ้น ไปดำเนินการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี จำนวน 15 คน แนะนำชุดทดลองและใบงาน วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง แก่นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดก่อน โดยให้ทราบถึงขอบข่ายการใช้งาน หลักการในการทำงาน ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง วิธีการปฏิบัติก่อนการทดลอง และอธิบายทฤษฎีพร้อมคำแนะนำในการทดลองทุกครั้ง ก่อนลงมือทำการทดลอง ใช้เวลาในการทดลองตามใบงาน 100 นาที

3. การวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 13 เรื่อง นำใบงานมาจัดแบ่งกลุ่มเนื้อหาของใบงานออกเป็น 5 กลุ่ม แล้วทำการสุ่มการทดลองในแต่ละกลุ่มมา 1ใบงาน ให้ครบ 5 ใบงาน แล้วให้นักศึกษาทดลองโดย

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย วงจรดิฟเฟอเรนติเอเตอร์ วงจรอินทิเกรเตอร์
ได้ใบงานวงจรอินทิเกรเตอร์

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดอนุกรม วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานแบบมีไบแอส
ได้ใบงานวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย วงจรแคลมป์ด้านบวก วงจรแคลมป์ด้านลบ
ได้ใบงานวงจรแคลมป์ด้านบวก

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ วงจรกลับสัญญาณ
ได้ใบงานวงจรกลับสัญญาณ

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย วงจรกำเนิดสัญญาณของชมิตต์
ได้ใบงานวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำคะแนนที่ได้ระหว่างทำการทดลองมาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา หลังจากเรียนจนครบ 5 ใบงานแล้ว ทำการทดสอบอีกครั้งโดยให้นักศึกษาแต่ละคนทำการทดลองแบบทดสอบรวมคนละ 1 ใบงาน นำข้อมูลที่ได้มาหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษารวมทุกเรื่อง นำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

การให้คะแนนในการปฏิบัติการทดลอง แบ่งเป็นระดับ 0,1,2 และ3 เป็นเกณฑ์ตัดสิน โดยพิจารณาจากผลการปฏิบัติ (ลิขสิทธ์ ทองเพ็ง . 2544 : 102-105)

ระดับคะแนน	ผลการปฏิบัติ
3	ปฏิบัติการทดลองได้โดยไม่ต้องขอคำแนะนำจากอาจารย์
2	ปฏิบัติการทดลองได้โดยต้องขอคำแนะนำจากอาจารย์เป็นบางครั้ง
1	ปฏิบัติการทดลองได้โดยต้องขอคำแนะนำจากอาจารย์อย่างใกล้ชิดตลอดเวลา
0	ไม่สามารถปฏิบัติการทดลองได้

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 การหาคะแนนเฉลี่ยในการสอบ ($\overline{X}$) ใช้สูตรดังนี้ (ล้วน และอังคณา สายยศ. 2540 :53)

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

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

3.6.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้วน และอังคณา สายยศ. 2540 : 103)

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

เมื่อ $S.D.$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวนที่ประเมิน

N หมายถึง จำนวนคนที่ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$N-1$ หมายถึง ค่าของชั้นแห่งความอิสระ

3.6.3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 295)

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum X}{N}\right)}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum Y}{N}\right)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของแบบทดสอบระหว่างการทดลอง

E_2 คือ ประสิทธิภาพของแบบทดสอบรวม

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบระหว่างการทดลอง

$\sum Y$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบรวม

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างการทดลอง

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบรวม

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองได้ไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านใบงาน

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านชุดทดลอง

4.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านใบงาน

การประเมินคุณภาพด้านใบงานทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงาน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
3. การเรียงลำดับเนื้อหาวิชาก่อนหลัง	4.67	0.58	ดีมาก
4. ความเหมาะสมของลำดับขั้นการทดลอง	4.33	0.58	ดี
5. ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองของแต่ละขั้น	4.33	0.58	ดี
6. ความเหมาะสมของคำถามท้ายการทดลอง	4.67	0.58	ดีมาก
7. ความถูกต้องของรูปวงจร ตาราง กราฟ	4.00	0.00	ดี
8. ความเหมาะสมของรูปแบบใบงาน	4.67	0.58	ดีมาก
9. ความสะดวกในการบันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการทดลอง	4.67	0.58	ดีมาก
10. ความชัดเจนเหมาะสมของขนาดรูปภาพและกราฟ	4.33	0.58	ดี
รวม	4.47	0.52	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานมีความเห็นโดยแบ่งหัวข้อรายการประเมินดังนี้ (1) ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ (3) การเรียงลำดับเนื้อหาวิชาก่อนหลัง (6) ความเหมาะสมของคำถามท้ายการทดลอง (8) ความเหมาะสมของรูปแบบใบงาน (9) ความสะดวกในการบันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (2) ความถูกต้องของเนื้อหา (4) ความเหมาะสมของลำดับขั้นการทดลอง (5) ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลอง (10) ความชัดเจนเหมาะสมของขนาดรูปภาพและกราฟ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี (7) ความถูกต้องของรูปวงจร ตาราง กราฟ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

ดั้งนั้น เมื่อสรุปโดยรวมผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานจำนวน 3 ท่านมีความคิดเห็นว่าคุณภาพของด้านใบงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านชุดทดลอง

การประเมินคุณภาพด้านชุดทดลองทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลอง

รายการประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์	4.67	0.58	ดีมาก
2. อุปกรณ์การสอนทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้	4.33	0.58	ดี
3. ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์	4.67	0.58	ดีมาก
4. มีความสัมพันธ์การใช้งานร่วมกับใบงาน	4.67	0.58	ดีมาก
5. มีความสะดวกในการดำเนินการสอน	4.67	0.58	ดีมาก
6. ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	4.33	0.58	ดี
7. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน	4.67	0.58	ดีมาก
8. รูปร่างขนาดมีความเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
9. มีวิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.33	0.58	ดี
10. ความสะดวกในการบำรุงรักษา	4.33	0.58	ดี
รวม	4.50	0.58	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลองมีความคิดเห็น โดยแบ่งตามหัวข้อรายการประเมินดังนี้ (1) มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์ (3) ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ (4) มีความสัมพันธ์การใช้งานร่วมกับใบงาน (5) มีความสะดวกในการดำเนินการสอน (7) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือ (2) อุปกรณ์การสอนทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ (6) ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง (8) รูปร่างขนาดมีความเหมาะสม (9) มีวิธีการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน (10) ความสะดวกในการบำรุงรักษา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

ดั้งนั้น เมื่อสรุปโดยรวมผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลองจำนวน 3 ท่านมีความคิดเห็นว่าคุณภาพของด้านชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

4.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

การทดลองใช้ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง โดยใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) สถาบันราชภัฏธนบุรี เป็นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ได้ผลดังตารางที่ 4.3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลอง ใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยที่ได้	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนการปฏิบัติใบงานระหว่างการเรียน 5 ใบงาน	15	279	233.83	83.81	80
คะแนนแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม หลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว	15	91	74.98	82.34	80

จากตารางที่ 4.3 ผลปรากฏว่า ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง นักศึกษาปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียน การทดลองเฉลี่ยได้คะแนน 233.83 คะแนน จากคะแนนเต็ม 279 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.81 และทำแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้วเฉลี่ยได้คะแนน 74.98 คะแนน จากคะแนนเต็ม 91 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.81/82.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี ได้สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

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 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

5.1.2 สมมติฐานในการวิจัย

ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี (ต่อเนื่อง 2 ปีหลัง ชั้นปีที่1). หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) สถาบันราชภัฏธนบุรี จำนวน 15 คน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์ ประกอบด้วย ใบงาน ชุดทดลอง แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง และแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ใบงาน ใบงานการทดลองมีทั้งหมด 13 ใบงาน ทำการแบ่งกลุ่มเนื้อหาการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม ทำการสุ่มในแต่ละกลุ่มมา 1ใบงาน ได้ทั้งหมด 5ใบงาน ให้นักศึกษาปฏิบัติระหว่างการเรียน และแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว

2. ชุดทดลอง ประกอบด้วย ส่วนแรกเป็นกล่องทดลองวงจรย่อย จำนวน 14 กล่อง เก็บอยู่ในตู้สำหรับใส่กล่องทดลอง ส่วนที่สองเป็นกล่องสำหรับใส่วงจรทดลองมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับการทดลอง

3. แบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยการปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียน และแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว โดยมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

4. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ด้านชุดทดลอง และด้านใบงาน

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี(ต่อเนื่อง 2 ปีหลัง ชั้นปีที่1) หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี จำนวน 15 คน โดยดำเนินการทดลองดังนี้

1. ให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงาน และชุดทดลอง ตรวจสอบและประเมินเครื่องมือที่จะนำไปใช้

2. กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

3. แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้ชุดทดลอง ขอบข่ายเนื้อหา วัตถุประสงค์ และคำชี้แจงในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ให้กลุ่มตัวอย่างดำเนินการทดลองตามใบงานที่กำหนดร่วมกับชุดทดลอง ในแต่ละใบงาน เมื่อนักศึกษาปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว ให้นักศึกษาปฏิบัติกับแบบทดสอบใบงานรวมแล้วนำผลการปฏิบัติมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดทดลอง ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ
2. วิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองด้านใบงาน
3. วิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองด้านชุดทดลอง
4. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองโดยใช้เกณฑ์ 80/80

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี

2. คุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย โดยการปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงานระหว่างเรียน และแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้วโดยมีค่า IOC เท่ากับ 1.00

3. คุณภาพของชุดทดลองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลองด้านใบงาน ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดี ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52

4. คุณภาพของชุดทดลองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลองด้านสื่อชุดทดลอง ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดีมาก ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.58

5. ทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ผลการวิจัยซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.81/82.34 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด และเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีประสิทธิภาพของกระบวนการวัดผลจากคะแนนการปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียน ได้ค่าเท่ากับ 83.81และมีประสิทธิภาพแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้วได้ค่าเท่ากับ 82.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย โดยค่าประสิทธิภาพตัวแรกได้จากการปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงาน ระหว่างการเรียนของนักศึกษา มีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละ 83.81 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 และค่าประสิทธิภาพตัวหลังซึ่งเป็นคะแนนจากการปฏิบัติในแบบทดสอบรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว มีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละ 82.34 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง ที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้มีค่าเป็นตามเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ ดังต่อไปนี้

1. การทดลองเป็นการฝึกปฏิบัติที่มุ่งให้นักศึกษาได้เรียนรู้หลักการ และข้อเท็จจริงเป็นการทบทวน และย้ำว่าข้อเท็จจริงนั้นเป็นไปตามผู้ศึกษาไว้แล้วอย่างไรบ้าง เป็นการพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2540 : 12)

2. ผลการวิเคราะห์จากแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ด้านเนื้อหา จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย 4.47 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี และแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ด้านชุดทดลอง จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย 4.50 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย ใบงาน และชุดทดลอง มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน เมื่อพิจารณาแล้วปรากฏว่า ผลการเรียนรู้ของนักศึกษาจากการปฏิบัติใบงาน 5 ใบงาน ระหว่างการเรียน และทำแบบทดสอบปฏิบัติรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว ได้ค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 83.81/82.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง โดยชุดทดลองเป็นการกระตุ้นให้นักศึกษามีความสนใจในการปฏิบัติแต่ละใบงาน และนักศึกษาก็จะเกิดการเรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเอง จึงทำให้ผลการเรียนรู้ของการปฏิบัติครั้งนี้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. ผลของประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยวัดผลจากคะแนนการปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 83.81 สูงกว่าคะแนนจากการทำแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว ซึ่งมีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละ 82.34 เนื่องมาจากการปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียนนั้น นักศึกษาปฏิบัติครั้งละใบงาน และเนื้อหาในใบงานเป็นหัวข้อการทดลองเพียงเรื่องเดียว ทำให้นักศึกษาปฏิบัติได้อย่างเป็นลำดับโดยไม่สับสน แต่เมื่อนักศึกษาทำแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติครบ 5 ใบงานแล้ว ทำให้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนนของแบบทดสอบมีค่าต่ำลงเนื่องจากแบบทดสอบเป็นใบงานที่รวมหลายหัวข้อการทดลองเข้าด้วยกันส่งผลโดยตรงต่อการปฏิบัติใบงานของนักศึกษา ทำให้การทำใบงานเกิดความสับสนในรายละเอียดของหัวข้อการทดลองเนื่องจากมีขั้นตอนที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ต้องอาศัยทฤษฎีของเนื้อหามากยิ่งขึ้นจึงทำให้นักศึกษาไม่สามารถจำ หรือนำมาใช้ได้ทั้งหมดเนื่องจากความคงทนในการจำ (ปราณี รามสูต.2531:227-228) จึงมีผลคะแนนของแบบทดสอบรวมน้อยลง แต่ผลจากการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง จากการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยการปฏิบัติในใบงาน 5 ใบงาน ระหว่างการเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ สถาพร จำรัสเลิศลักษณ์ (2542 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัย " การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองประกอบการฝึกอบรมเรื่องวงจรอุปกรณ์แฮนด์ฟรี " มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.93/80.66 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. จากผลการวิจัยที่ได้จากชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง มีประสิทธิภาพ 83.81/82.34 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 จึงสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาการเรียนการสอนในวิชาปฏิบัติจึงควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนมีการพัฒนาชุดทดลอง และอุปกรณ์ช่วยสอนขึ้นมาใช้เองในสถานศึกษา ซึ่งจะก่อประโยชน์หลายประการคือ เป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อชุดทดลอง และเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาใช้เอง (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543 : 107)

2. ในการจัดการเรียนการสอน ก่อนการปฏิบัติการทดลองควรมีการสาธิตและให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานชุดทดลอง ข้อควรระมัดระวังในขณะปฏิบัติการทดลองเพื่อความปลอดภัย และควรมีการอธิบายหลักการทำงานของวงจรในชุดทดลอง เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ก่อนการปฏิบัติในใบงาน ช่วยให้นักศึกษาปฏิบัติใบงานได้อย่างถูกต้อง อันเป็นผลไปถึงความตั้งใจในการทดลอง (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. 2541 : 40)

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1.ควรทำการสร้างชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิ่งที่มีการอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ เป็นการนำเอาสัญญาณเอาต์พุตมาแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อให้นักศึกษาเกิดความสนใจ และได้ความรู้มากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการวิจัยเพื่อสร้างชุดทดลองเรื่องวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ให้สามารถทำการทดลองเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกี่ยวกับวงจรรวมที่ใช้ในงานพัลส์และสวิตชิ่ง เช่น วงจรตั้งเวลา (Timmer Integrated Circuits) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2526. **การบริหารสื่อและเทคโนโลยีทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : บริษัทศุภาลัยมีเดีย.

นิภา เมธธาวิชัย. 2536. **การประเมินผลการเรียน**. กรุงเทพฯ : ฝ่ายเอกสารตำราสำนักส่งเสริมวิชาการ สถาบันราชภัฏธนบุรี.

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. 2519. **เทคโนโลยีอาชีวศึกษาช่างอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปราณี รามสูต. 2531. **จิตวิทยาการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูธนบุรี

พิสิฐ เมธาภัทร และธีรพล เมธีกุล. 2529. **เทคนิควิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค**. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พันธ์ศักดิ์ พุฒมานิตพงศ์ . 2540 . การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชา การออกแบบวงจรขยายเชิงเส้น ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539. **วงจรพัลส์และสวิตชิ่ง**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

พวงทอง มีมั่นคง. 2537. **การสอนวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.

พุธทอง โพธิปัญญา. 2540. การสร้างและหาประสิทธภาพชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2536. **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

พิพิธ ตันเจริญ. 2546. การพัฒนาชุดฝึกโทรทัศน์สี วิชาปฏิบัติโทรทัศน์ 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิพัฒน์ สมใจ. 2546. การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรออปแอมป์ วิชาปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุปริญญา สถาบันราชภัฏ กระทรวงศึกษาธิการ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. 2541. **วิธีการสอนภาคปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. **การทำการวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2540.**สถิติวิทยาทางการวิจัย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น จำกัด.

ลิขสิทธิ์ ทองเพ็ง. 2544. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถ เรื่องการจัดตั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็นที" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เอกคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัลลภ จันทร์ตระกูล.2543. **สื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิรัต อัศวานุวัฒน์. 2531. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวัดผลและประเมินผลการศึกษา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุชาติ ศิริสุขไพบูรณ์ . 2526. **การสอนทักษะปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุรพล ปุ้นต้นทอง. 2536. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลอง การปฏิบัติการเครื่องมือวัดดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528. **เทคโนโลยีทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2545. แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559) กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ บริษัทพริกหวานกราฟฟิก จำกัด.

หน่วยงานศึกษานิเทศก์ กรมอาชีวศึกษา. **คู่มืองานทะเบียน** : แผนกวิชาการพิมพ์ วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร

อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คราฟแมนเพรส.

Donald J . Ketchum. 1965. **Pulse and Switching Circuit**. U. S.A. McGraw-Hill.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

- คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการควบคุม และกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
- ผลการพิจารณาหัวข้อ และเค้าโครงวิทยานิพนธ์
- หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย
- หนังสือขอความร่วมมือให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่ 136 /2545

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ

เค้าโครงวิทยานิพนธ์ ของ นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ของ นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อควบคุมและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
อาจารย์กิติพงค์	มะโน	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	ประธานกรรมการ
ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	กรรมการ
อาจารย์กิติพงค์	มะโน	กรรมการ
ผศ.สถาพร	ดีบุญมี ณ ชุมแพ	กรรมการ
ดร.ดนัย	ดิษยบุตร	กรรมการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2545

(รองศาสตราจารย์ รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ รหัสประจำตัว 43064609 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี (CONSTRUCTION AND EVALUATION OF EXPERIMENTAL SET FOR PULSE AND SWITCHING CIRCUIT DESIGN BACHELOR OF SCIENCE OF RAJABHAT INSTITUTE DHONBURI)" โดยมี ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์กิติพงค์ มะโน เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 4 กันยายน 2545

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 9 กันยายน พ.ศ.2545

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 0010 **วันที่** 21 กรกฎาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

ด้วย นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของ นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถาม เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ด้วยดีและขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ทม 1504 / 3758

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 ตุลาคม 2545

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผศ.สืบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของ นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับที่ 039
วันที่ 10 พ.ย. 46
เวลา 15.00 น.

สถาบันราชภัฏธนบุรี
เลขที่ 1786
วันที่ - 3 พ.ย. 2546
เวลา 9.07

สำนักวิจัย
รับที่ 516
วันที่ 10 พ.ย. 46

ที่ ศธ 0524.04 / 1283

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

27 ตุลาคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏธนบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบทดลองสอน เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง วิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันราชภัฏธนบุรี" และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 4 กันยายน 2545 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมจึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ ทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

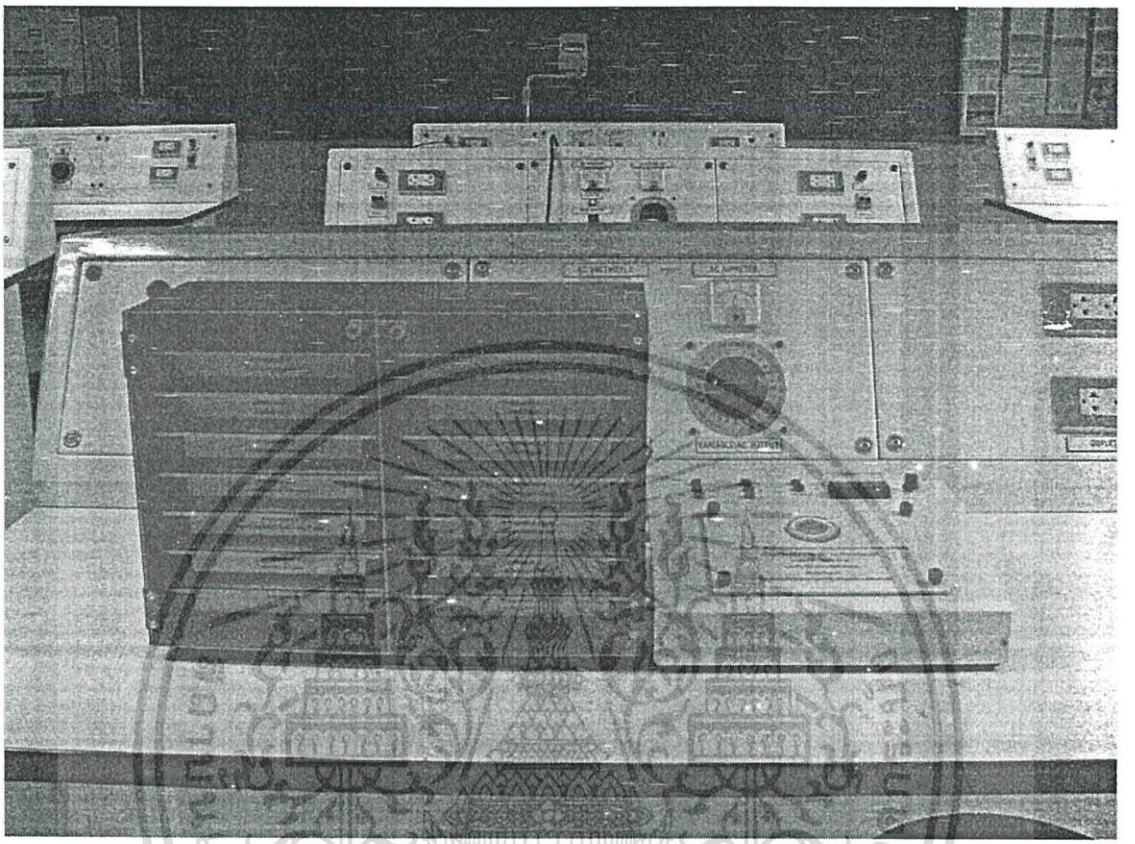
หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

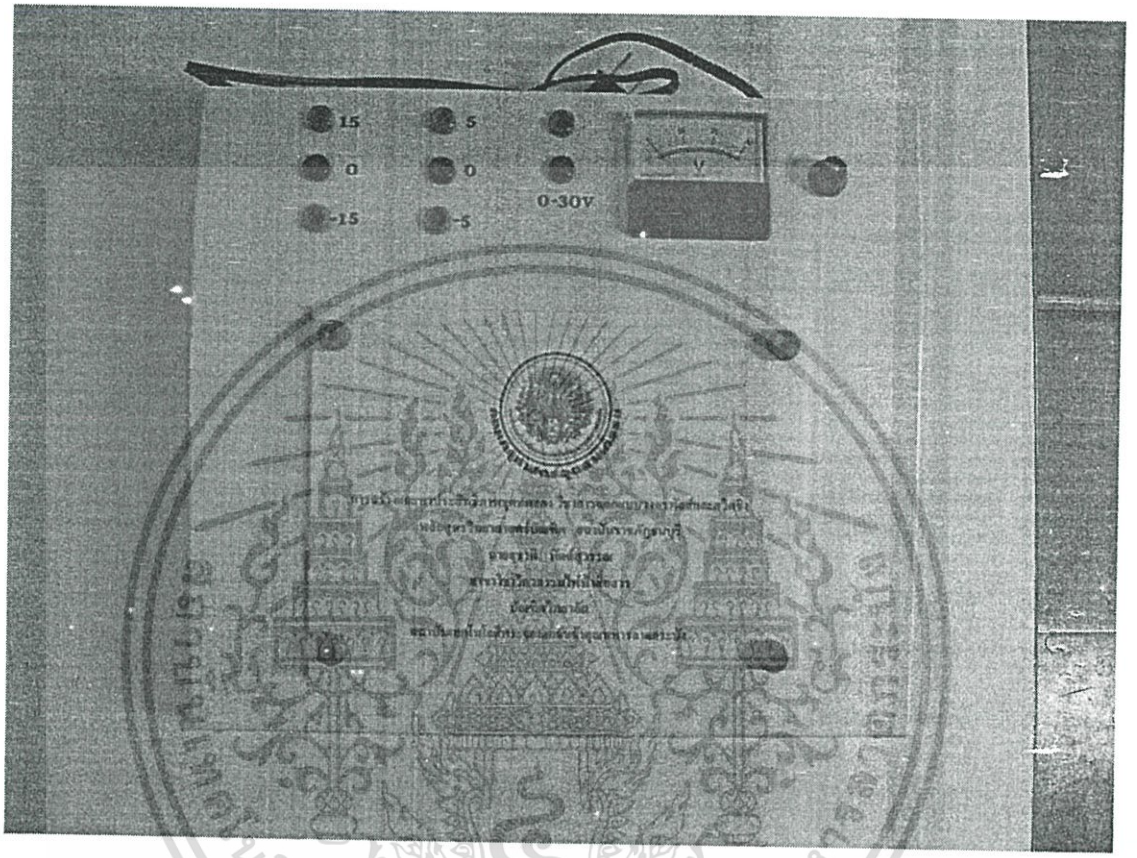
- รูปภาพของชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง
- ตัวอย่างใบงาน
- ตัวอย่างแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



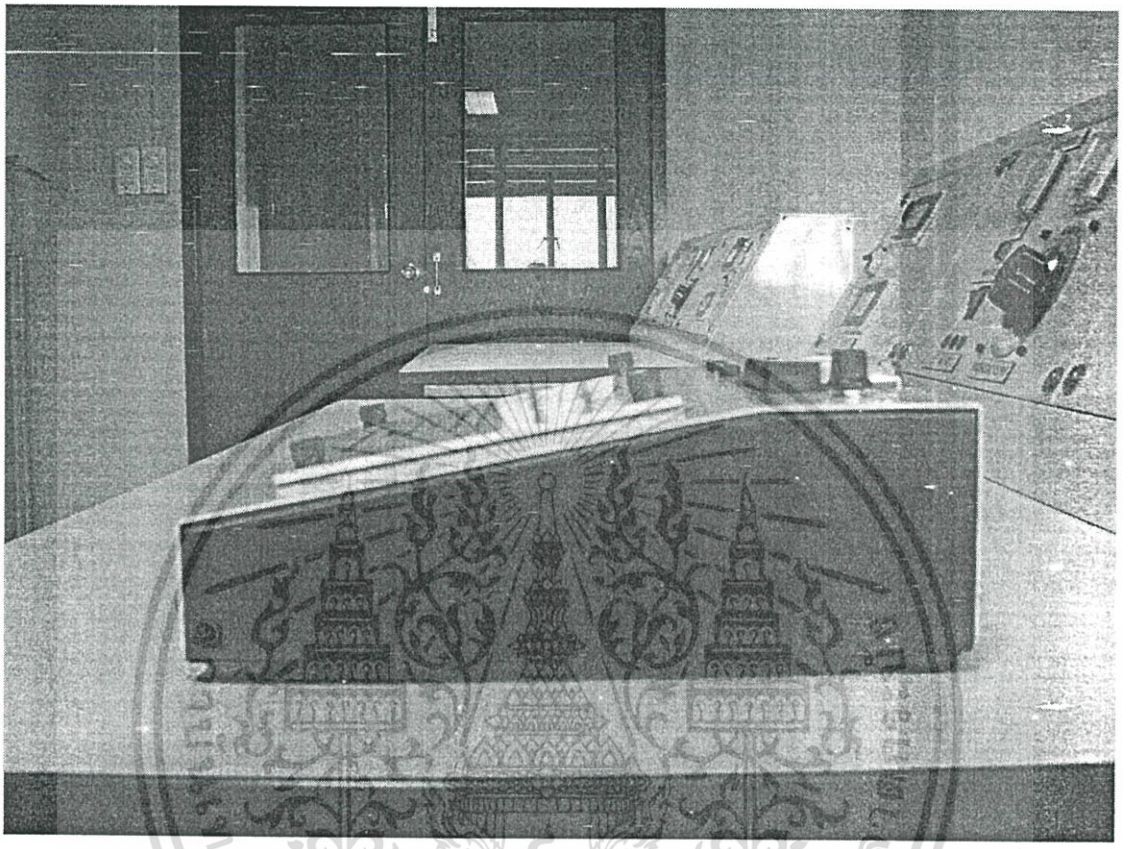
ภาพที่ ข.1 ชุดทดลองวิชาการออกแบบวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



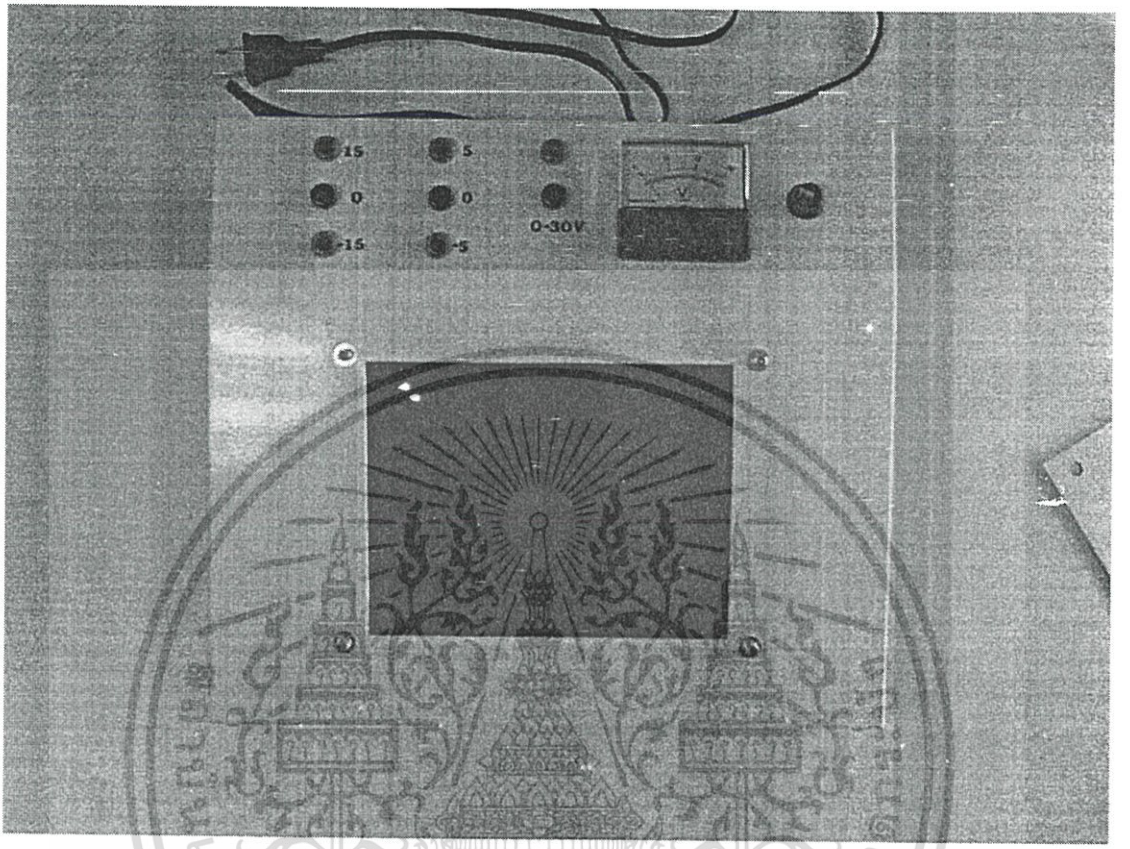
ภาพที่ ข.2 กล่องสำหรับใส่วงจรการทดลอง (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



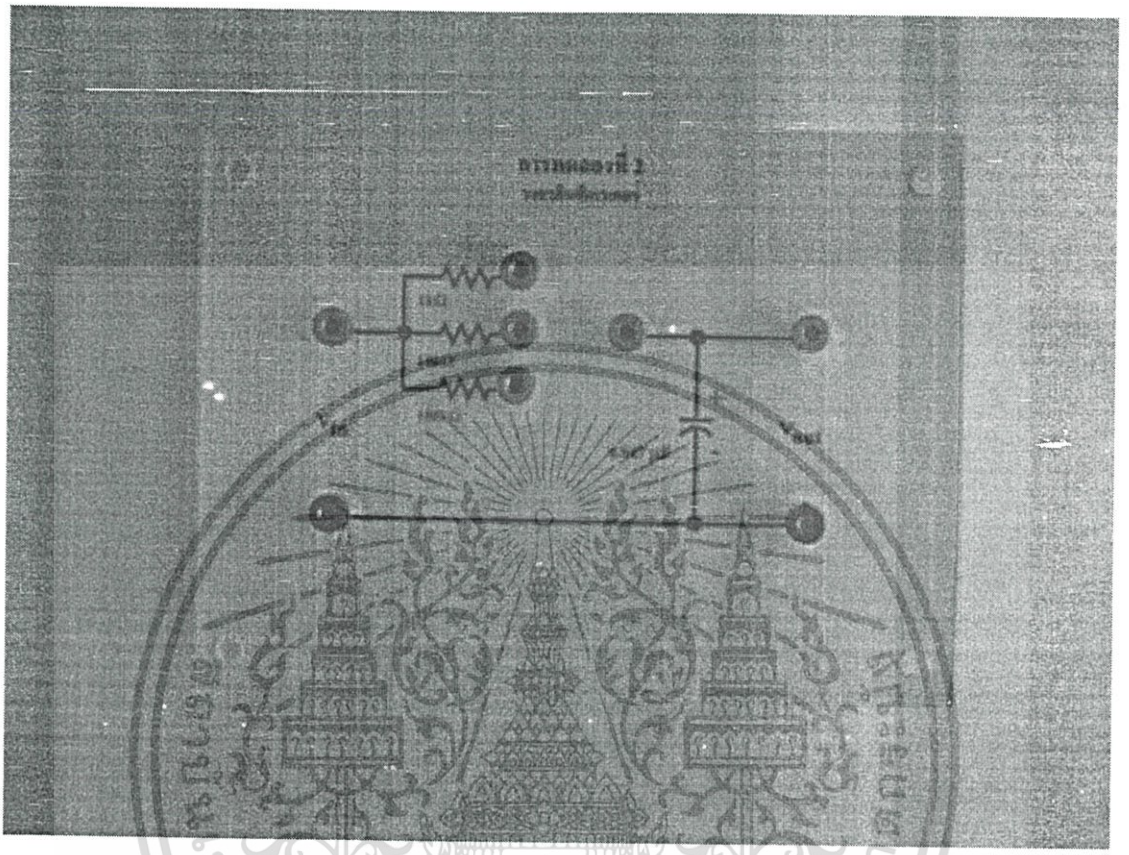
ภาพที่ ข.3 กล่องสำหรับใส่งวจรการทดลอง (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



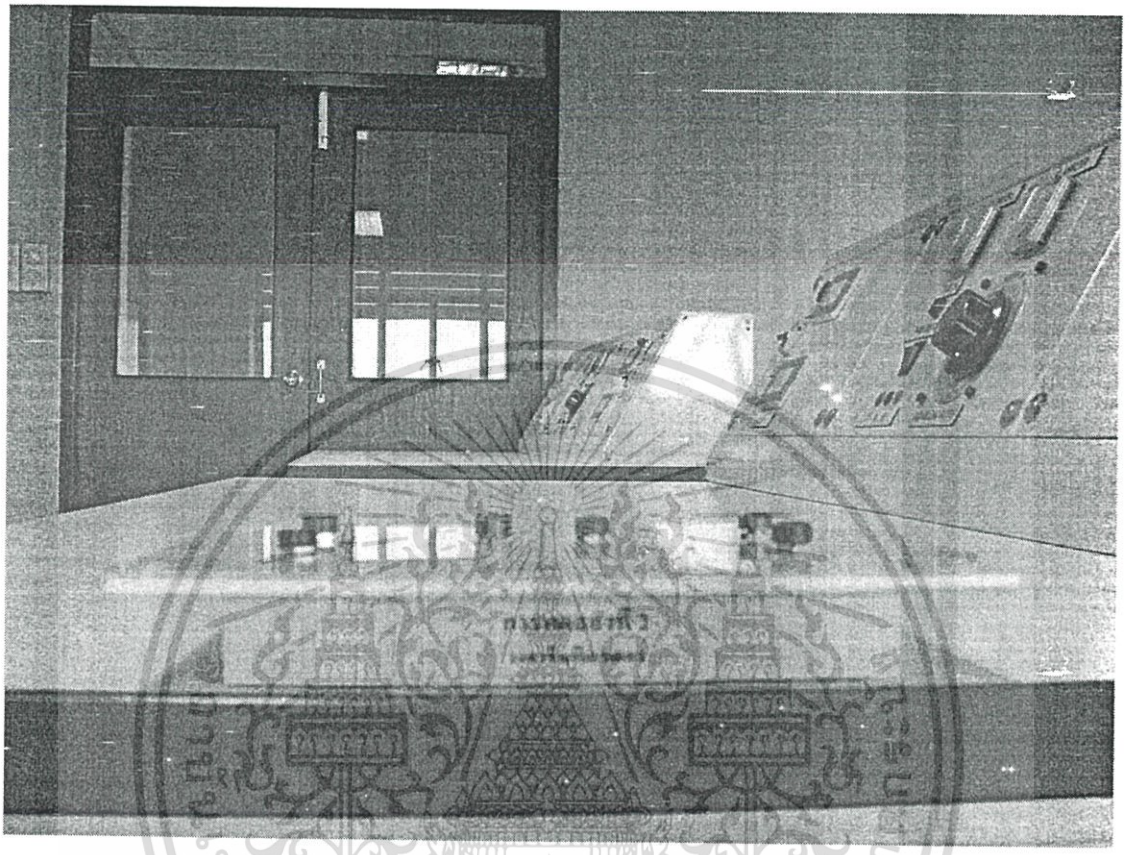
ภาพที่ ข.4 กล่องสำหรับใส่วงจรการทดลอง (เปิดฝาหน้าก่อนใส่วงจรการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



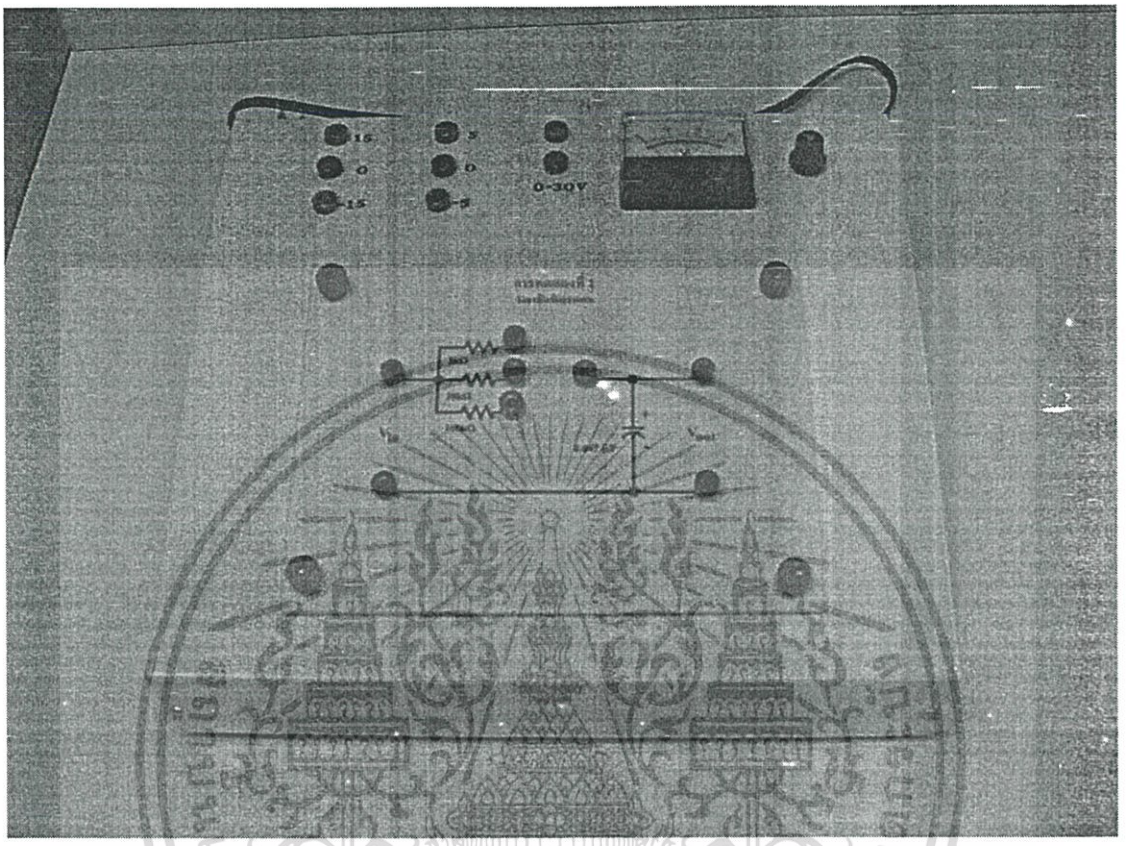
ภาพที่ข.5 กล่องวงจรการทดลอง (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



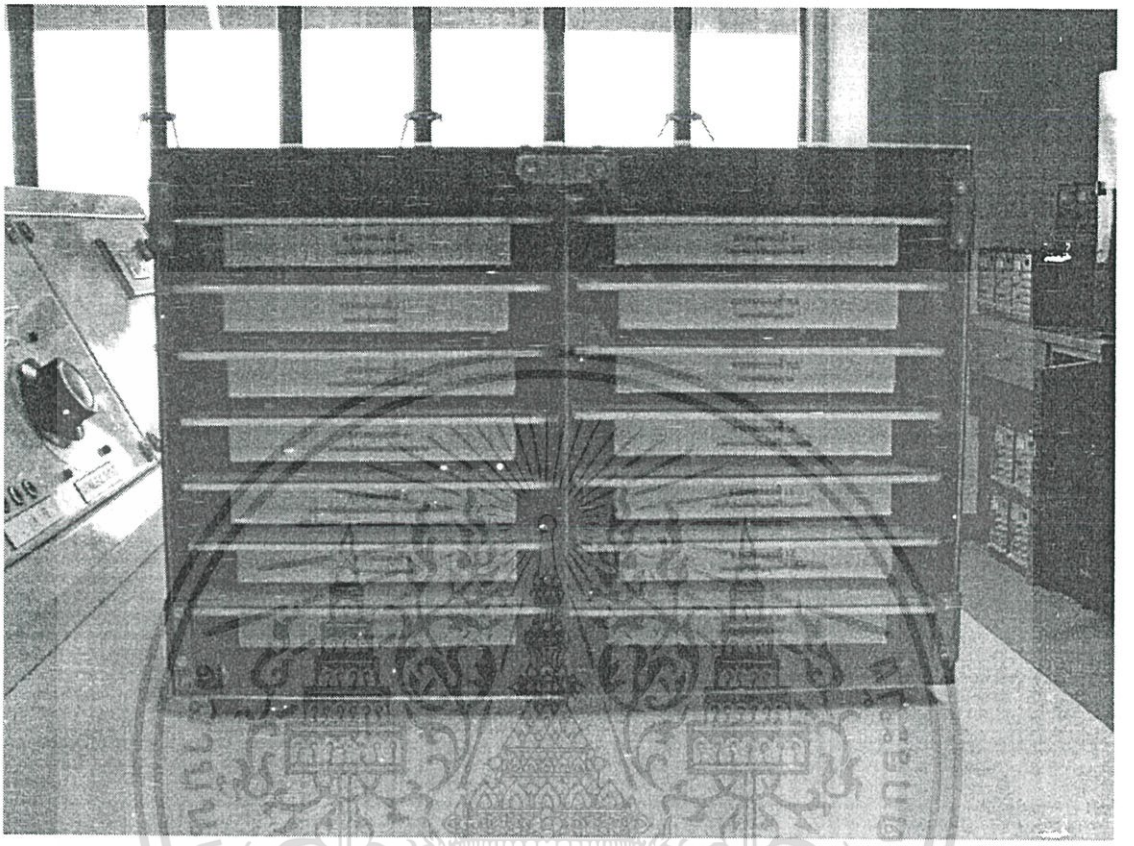
ภาพที่ ข.6 กล่องวงจรการทดลอง (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



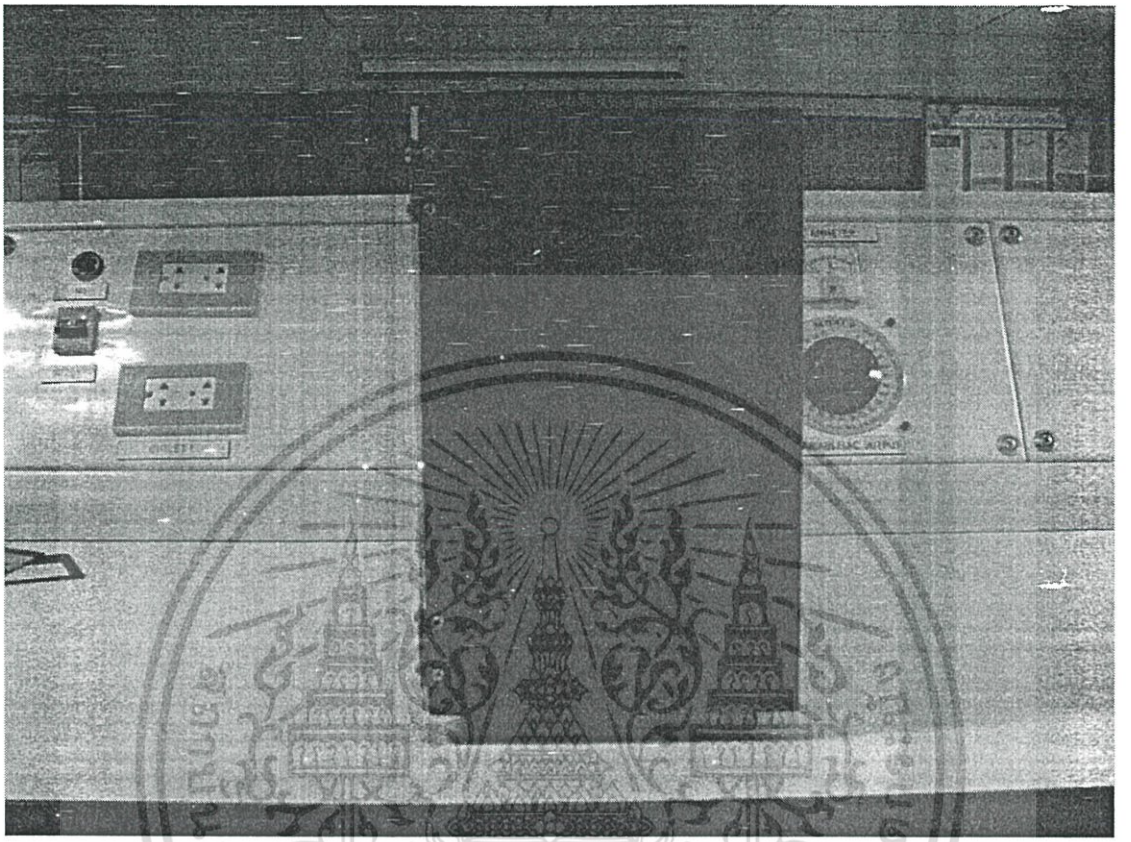
ภาพที่ ข.7 ชุดทดลองขณะใส่วงจรการทดลองลงในกล่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.8 ตู้สำหรับใส่วงจรการทดลอง (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.9 ตู้สำหรับใส่วงจรการทดลอง (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2

วงจรอินทิเกรเตอร์

วัตถุประสงค์

1. ต่อวงจรอินทิเกรเตอร์
2. ทดลองหาผลของค่าคงตัวเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปกับค่าตัวต้านทาน
3. ทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจรได้

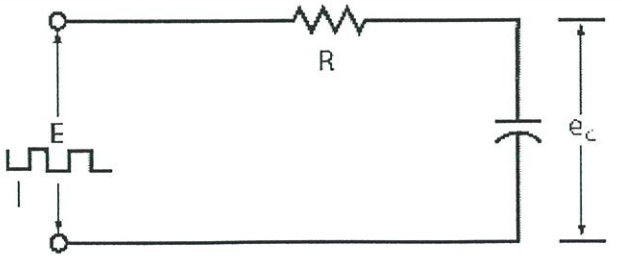
ทฤษฎี

วงจรอินทิเกรเตอร์ เป็นการใช้วงจร RC ให้ทำหน้าที่อินทิเกรตสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยม โดยนำความสัมพันธ์ ระหว่างค่าของ RC และ PW เป็นตัวกำหนดรูปร่างของรูปคลื่นอินทิเกรเตอร์ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ 3 กรณี ดังแสดงในภาพที่ 2.1

วงจรอินทิเกรเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาสั้น (Short Time Constant in RC Integrator Circuits) คือ วงจร RC ที่มีค่าของ RC น้อยกว่าค่า PW โดยปกติอยู่ระหว่าง RC = PW/10 รูปคลื่นด้านออกที่ได้จะแสดงในภาพที่ 2.2 (ก) ขนาดสูงสุดของแรงดันด้านออกจะมีค่าประมาณ 99.3% ของ E เพราะว่าค่าคงตัวเวลาสั้นทำให้การเก็บและคายประจุของ C ใช้เวลาน้อย รูปคลื่นมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปคลื่นด้านเข้า

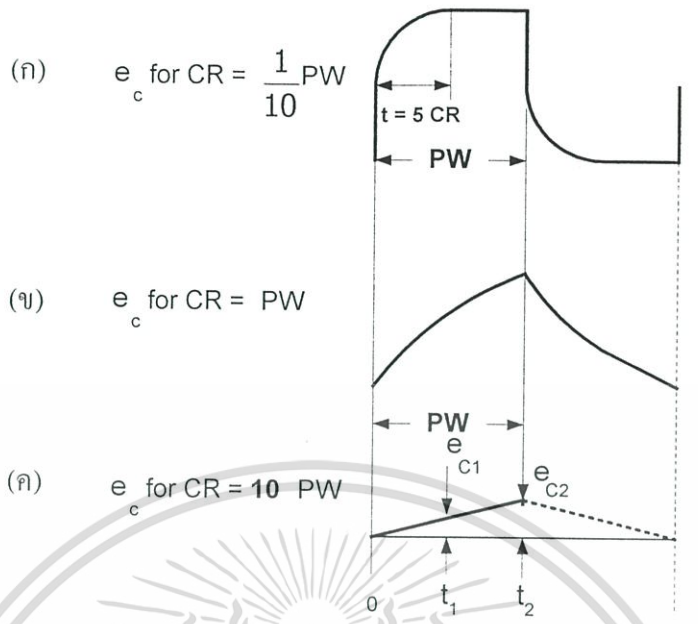
วงจรอินทิเกรเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลาปานกลาง (Medium Time Constant in RC Integrator Circuits) คือวงจร RC ที่มีค่าของ RC เท่ากับค่าของ PW รูปคลื่นที่ได้จะเป็นรูปคลื่นอินทิเกรเตอร์ชัดเจน ดังภาพที่ 2.2 (ข) ดังนั้นค่า RC = PW ค่าแรงดันสูงสุดจะไม่เกิน 63.2% ของ E รูปคลื่นด้านออกเริ่มมีรูปร่างคล้ายรูปสามเหลี่ยม (Triangular Shape)

วงจรอินทิเกรเตอร์ที่มีค่าคงตัวเวลายาว (Long Time Constant in RC Integrator Circuits) คือวงจร RC ที่มีค่าคงตัวมากกว่าค่า PW โดยปกติกำหนดให้มากกว่า 10 เท่า คือ RC เท่ากับ 10 PW รูปคลื่นด้านออกจะเป็นรูปคลื่นสามเหลี่ยม แต่ขนาดของแรงดันจะมีค่าต่ำกว่าค่าของ E มาก ดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ค)



ภาพที่ 2.1 วงจร RC อินทิเกรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่2.2 รูปคลื่นด้านออกของวงจรอินทิเกรเตอร์

(ก) ค่าคงตัวเวลาสั้น (Short Time Constant)

(ข) ค่าคงตัวเวลาปานกลาง(Medium Time Constant)

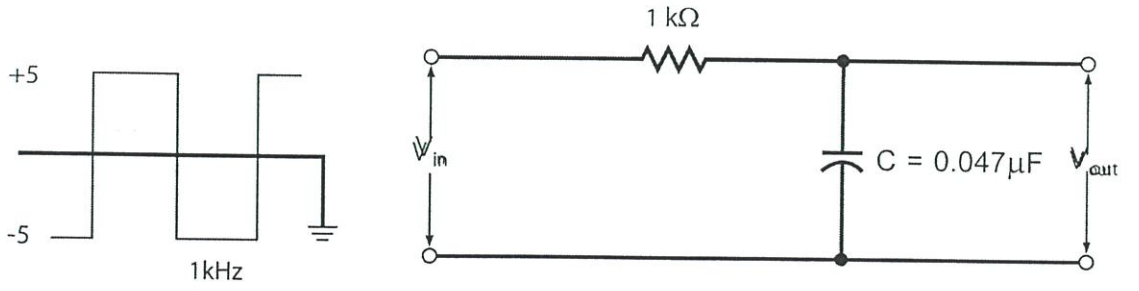
(ค) ค่าคงตัวเวลายาว (Long Time Constant)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	ชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง	1	ชุด
2.	เครื่องกำเนิดสัญญาณ	1	เครื่อง
3.	ออสซิลโลสโคป 2 แชนเนล	1	เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองตามภาพที่ 2.3 โดยใช้ค่าตัวต้านทาน R = 1 kΩ, C = 0.047 μF



ภาพที่ 2.3 วงจร ทดลอง RC อินทิเกรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งออสซิลโลสโคป ดังนี้

   แชนเนล 1 และ 2 : V/div = 5 V

   : T/div = 0.2 mS

   ใช้ออสซิลโลสโคป แชนเนล 1 วัดแรงดัน V_{in} และแชนเนล 2 วัดแรงดัน V_{out} บันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

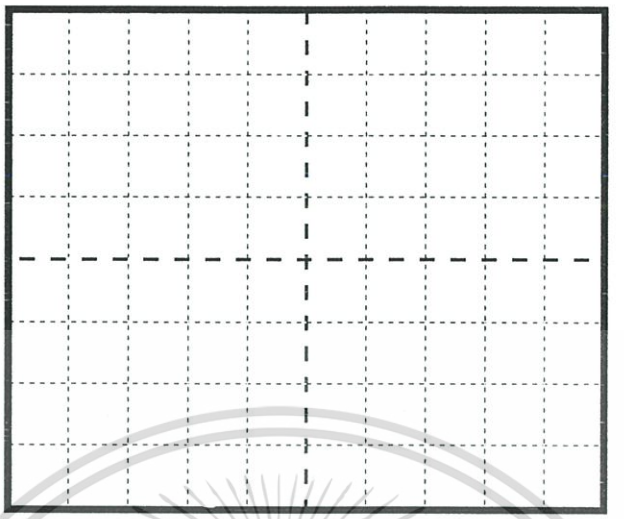
3. จากการทดลองข้อ 1 คำนวณค่าคงตัวเวลาของวงจรเท่ากับ_____mS

4. เปลี่ยนค่าตัวต้านทานของวงจรภาพที่ 2.2 ใหม่เป็น R = 10 kΩ คำนวณค่าคงตัวเวลาของวงจรเท่ากับ_____mS และใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปคลื่น V_{out} ที่เปลี่ยนแปลง บันทึกผลรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 2.3

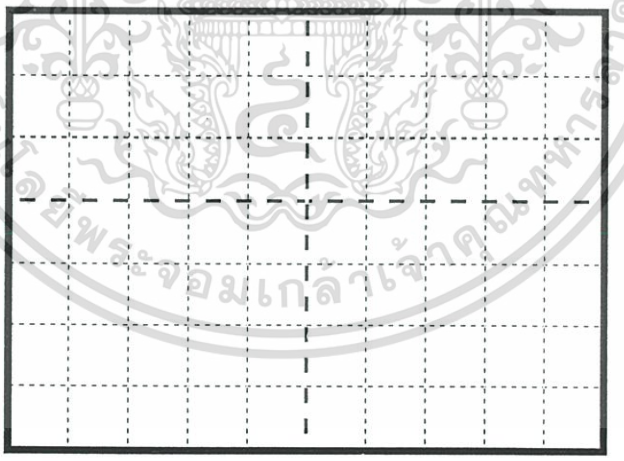
5. เปลี่ยนค่าตัวต้านทานของวงจรทดลองอีกครั้งเป็น R = 100 kΩ คำนวณค่าคงตัวเวลาของวงจรเปลี่ยนไปมีค่าเท่ากับ_____mS สังเกตและรูป คลื่น V_{out} ที่เปลี่ยนแปลง บันทึกผลรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 2.4

กราฟที่ 2.1 รูปคลื่นแรงดันด้านอินพุต (V_{in})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

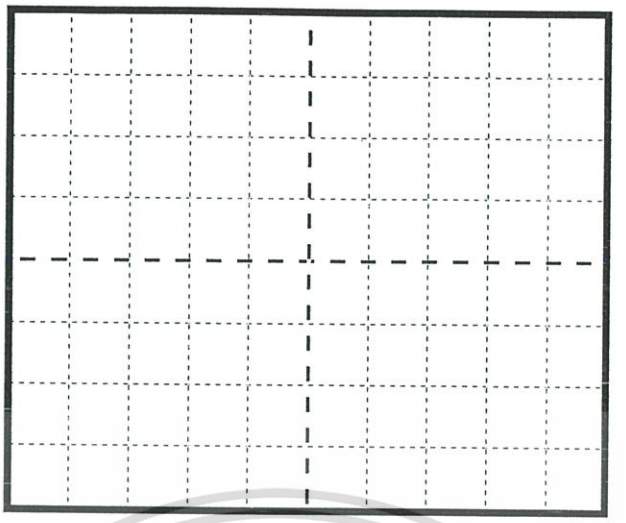


กราฟที่ 2.2 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต (V_{out} R = 1kΩ)



กราฟที่ 2.3 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต (V_{out} R = 10kΩ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 2.4 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต (V_{out} R = 100kΩ)

สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจรอาร์-ซี อินติเกรเตอร์ นั้นเมื่อมีสัญญาณอินพุทเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม ทำอย่างไรจึงจะให้สัญญาณเอาต์พุต มีลักษณะเหมือนอินพุตมากที่สุด

2. วงจรอินทิเกรเตอร์ เมื่อมีสัญญาณด้านเข้าเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม ทำอย่างไรถ้าจะทำให้สัญญาณด้านออกมีความเพี้ยนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสัญญาณด้านเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4

วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน

วัตถุประสงค์

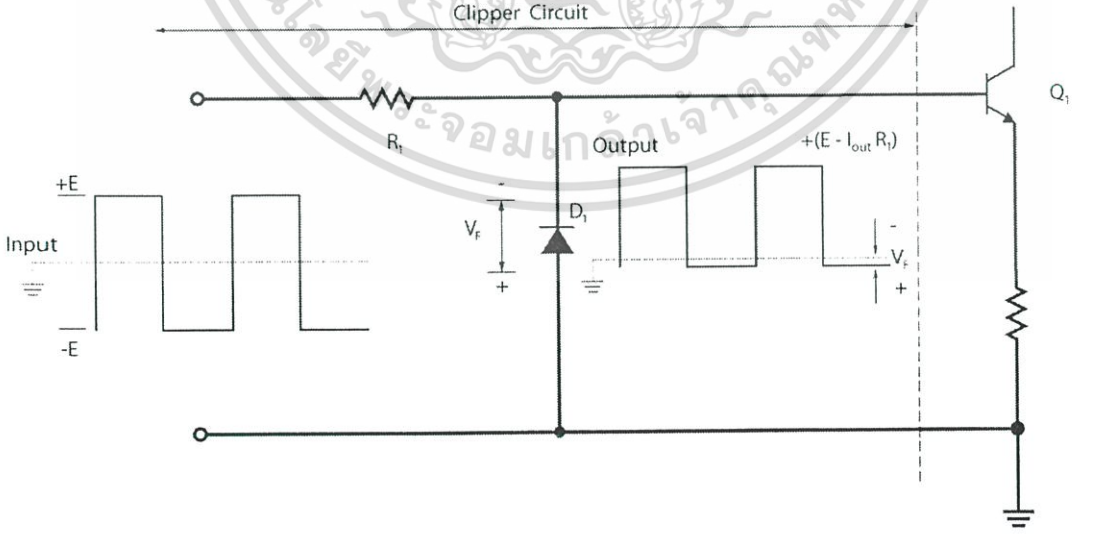
1. ต่อวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน
2. ทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจรได้
3. บันทึกผลการวัดรูปคลื่นสัญญาณลงกราฟ

ทฤษฎี

วงจรรูปคลื่นแบบไดโอดขนาน (Diode Shunt Clipper Circuits) ทั้งแบบคริปเปอร์รูปคลื่นด้านบวกและคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบใช้ต่อด้านเข้าของทรานซิสเตอร์ในวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ (Transistor Switch) เพื่อป้องกันรอยต่อระหว่างเบส และ อิมิตเตอร์ไม่ให้ทะลุ เนื่องจากได้รับไบแอสกลับสูงกว่าค่าที่กำหนดในคู่มือของทรานซิสเตอร์

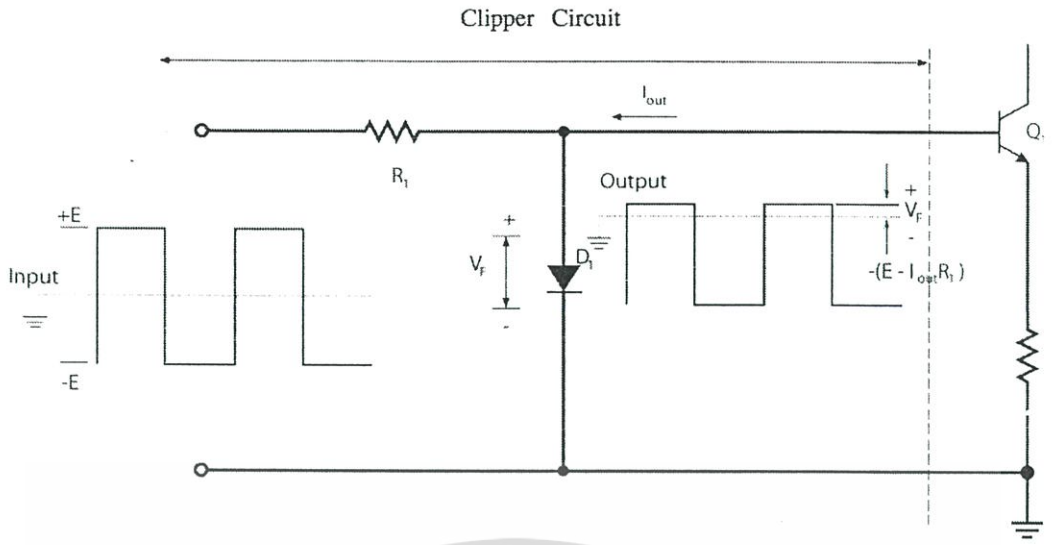
ตัวอย่างเช่น วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านลบแบบไดโอดขนานในภาพที่ 4.1 โดยต่อตัวต้านทาน R_1 อนุกรมกับด้านเข้าและต่อไดโอด D_1 ขนานกับด้านเข้าโดยต่อขั้วแอโนดลงจุดดิน วงจรนี้จะปรับรูปคลื่นด้านลบออกจากสัญญาณด้านเข้าเพราะเบสของทรานซิสเตอร์ NPN ต้องการเฉพาะสัญญาณด้านบวกเท่านั้น ถ้ามีสัญญาณลบเข้ามาด้วยจะทำให้รอยต่อระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์พังทะลุได้รับแรงดันด้านออกสูงสุดทางด้านบวกเท่ากับ + และแรงดันต่ำสุดคือ -

สำหรับวงจรคริปเปอร์รูปคลื่นด้านบวกแบบขนานไดโอด D_1 ให้แคโทดลงจุดดิน จะตัดได้รูปคลื่นด้านบวกออกไป เหลือแรงดันสูงสุดทางด้านบวกเพียง + และแรงดันทางด้านลบเท่ากับ -



ภาพที่ 4.1 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดขนานแบบ Negative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



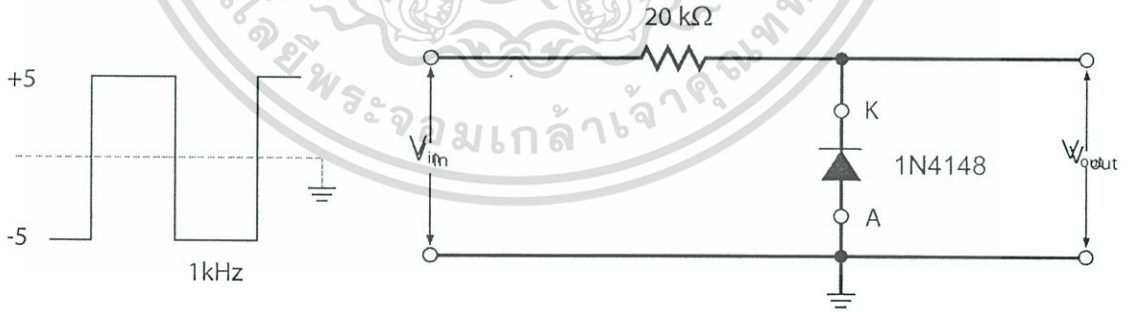
ภาพที่ 4. 2 วงจรคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดขนานแบบ Positive

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	ชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง	1	ชุด
2.	เครื่องกำเนิดสัญญาณ	1	เครื่อง
3.	ออสซิลโลสโคป 2 แชนเนล	1	เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองตามภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 วงจรทดลองคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดขนานแบบ Negative

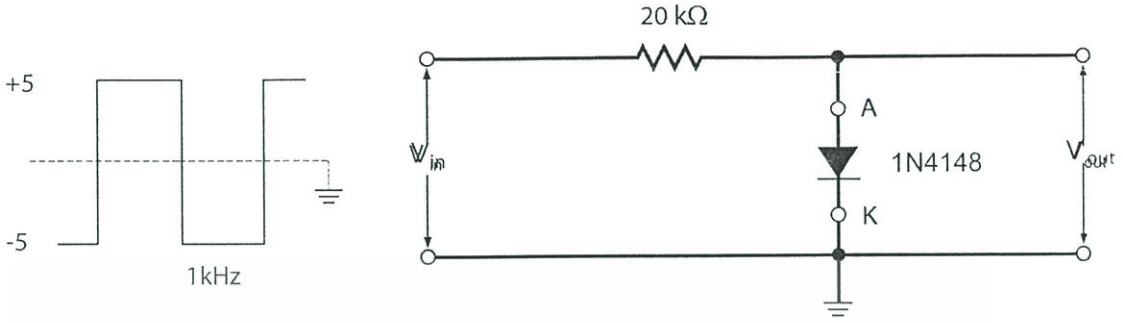
2. ตั้งออสซิลโลสโคป ดังนี้

แชนเนล 1 และ 2 **: V/div = 5 V**

: T/div = 0.2 mS

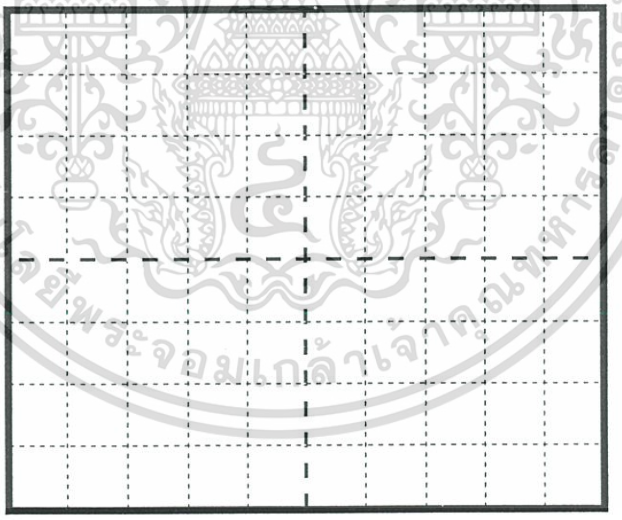
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in} และแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out} บันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ
4. ต่อวงจรการทดลองใหม่โดยกลับขั้วไดโอด ดังภาพที่ 4.4



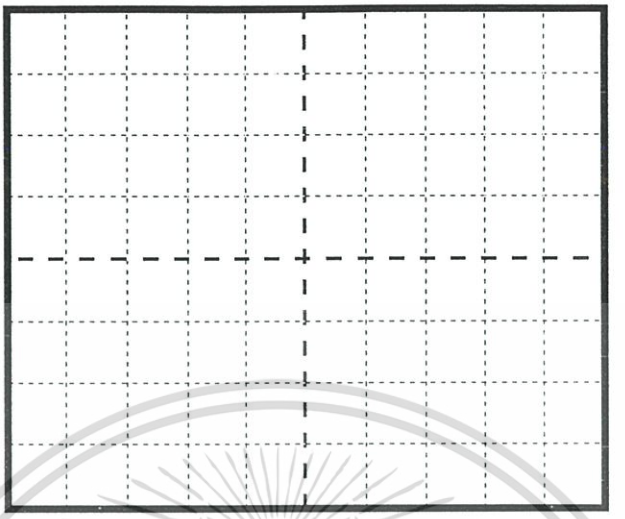
ภาพที่ 4.4 วงจรทดลองคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดขนานแบบ Positive

5. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out} และบันทึกผลลงในกราฟที่ 4.3

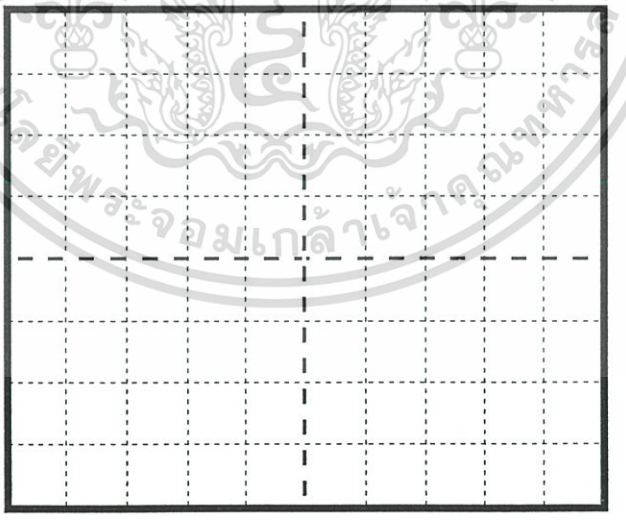


กราฟที่ 4.1 รูปคลื่นแรงดันด้านอินพุต (V_{in})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.2 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต
ของวงจรทดลองคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดขนานแบบ Negative



กราฟที่ 4.3 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต
ของวงจรทดลองคริปเปอร์รูปคลื่นแบบไดโอดขนานแบบ Positive โดยกลับขั้วไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงคำนวณหาค่า R_1 และค่ากระแส I_F ที่ผ่านไดโอด กำหนดให้ V_{out} =+9 V และจากกระแส I_{out} ได้ 1 mA ถ้าแรงดันอินพุตเท่ากับ $\pm$ 10 V

2. จงอธิบายจุดประสงค์ของการหาค่าความต้านทานที่เหมาะสมของวงจรคริปเปอร์แบบขนานไดโอดมาพอสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 6

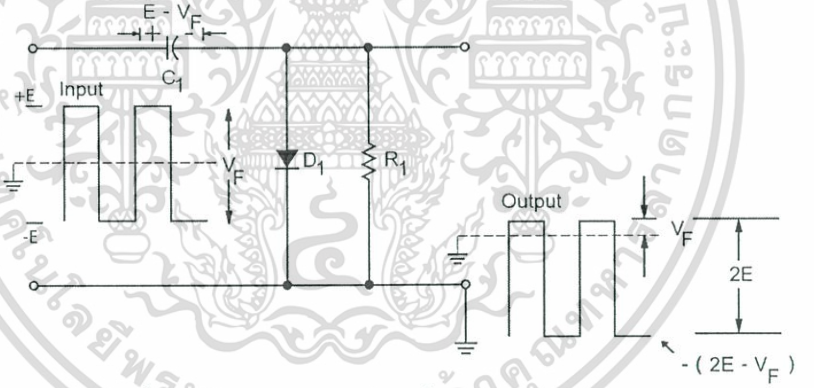
วงจรแคลมป์ด้านบวก

วัตถุประสงค์

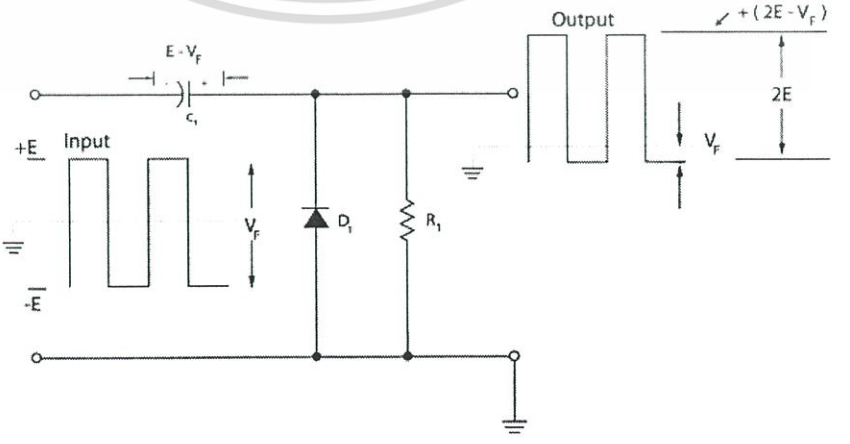
1. ต่อวงจรแคลมป์ด้านบวกได้
2. นักศึกษาสามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร
3. วัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆของวงจรได้
4. บันทึกผลการวัดรูปคลื่นสัญญาณลงกราฟ

ทฤษฎี

วงจรแคลมป์ (Diode Clamper Circuits)คือวงจรที่สามารถตรึงระดับแรงดันทางสัญญาณด้านเข้าที่เป็นรูปคลื่นไฟสลับ ให้เลื่อนขึ้นด้านบวก (Positive) หรือเลื่อนลงด้านลบ (Negative) ได้ โดยขนาดของแรงดันด้านเข้าไม่เปลี่ยนแปลงสำหรับวงจรแคลมป์ในด้านลบ เรียกว่าวงจรแคลมป์ด้านลบ (Negative Voltage Clamper) ดังแสดงในภาพที่ 6.1 ในวงจรประกอบด้วยตัวเก็บประจุ C_1 ไดโอด D_1 และตัวต้านทาน R_1 และวงจรแคลมป์ด้านบวก (Positive Voltage Clamper) ดังแสดงในภาพที่ 6.2



ภาพที่ 6.1 แสดงวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Negative



ภาพที่ 6.2 แสดงวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแคลมป์ที่มีไบแอส (Biased Clamping Circuits) คือวงจรที่สามารถตรึงระดับของแรงดันทางด้านบวกหรือด้านลบ โดยมีแหล่งจ่ายไฟตรงให้ไบแอสเพิ่มขึ้นตามระดับที่ต้องการเช่นวงจรในภาพที่ 6.3 ที่แคโทดของ D_1 ต่อกับแหล่งจ่ายไฟไบแอส (V_B) = 2 V วงจรนี้เป็นวงจรปรับระดับแรงดันลบ ซึ่งถ้าไม่มีแหล่งจ่ายไบแอส V_{out} สูงสุดจะเท่ากับ V_F เมื่อต่อแหล่งจ่ายไบแอส ดังภาพที่ 6.3 แรงดัน V_{out} สูงสุด = $V_B + V_F$ ขนาดของแรงดันลบต่ำสุดคือ - (2E - V_B - V_F) และค่าแรงดันที่ C เก็บประจุได้คือ $V_C = (E - V_B - V_F)$

จากภาพที่ 6.3 แรงดันลบด้านออก $= - [E (E - 2V - V_F)]$

$V_{out} = - (2E - 2V - V_F)$

ค่าแรงดันจากยอดถึงยอดที่ด้านออก = แรงดันสูงสุดด้านบวก - แรงดันสูงสุดด้านลบ

$= (2V + V_F) - [- (2E - 2V - V_F)]$

$= 2E$

วงจรแคลมป์ด้านบวกที่มีไบแอส แสดงในภาพที่ 6.4 ต่างจากวงจร 6.3 ที่ขั้วของ C_1 และการต่อไดโอด D_1

$V_C = - (E) - (2V - V_F)$

$= - (E + 2V - V_F)$

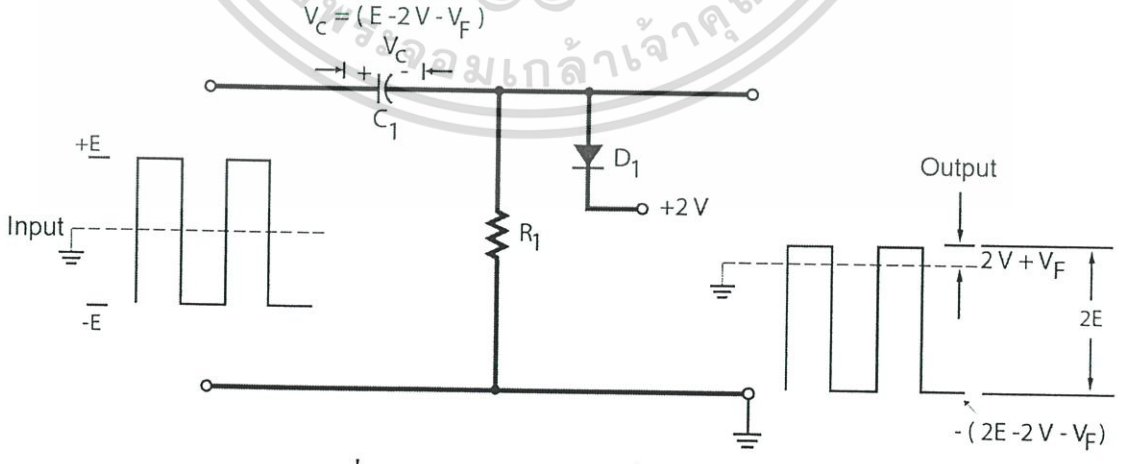
ขนาดของแรงดันด้านออกสูงสุด

$V_{out} = E+E+2V-V_F$

$= 2E+2V-V_F$

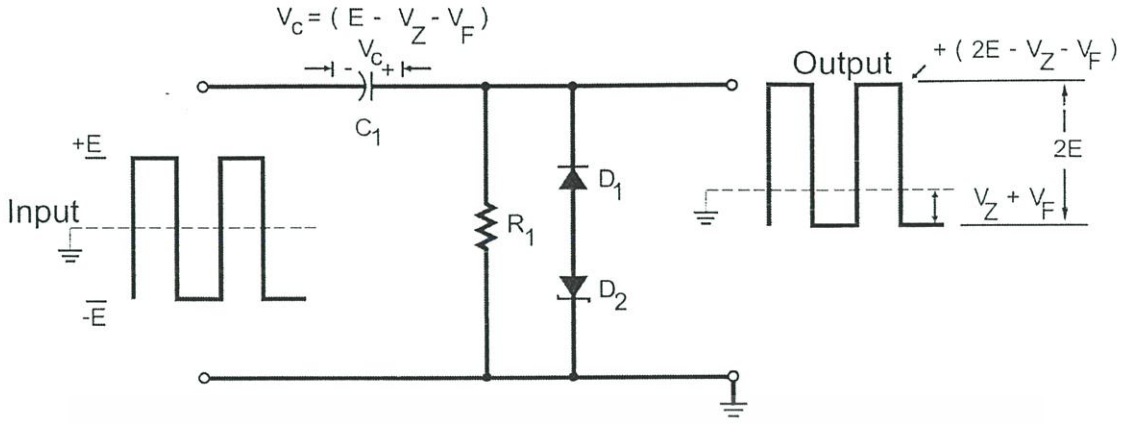
$= 2E$

ค่าแรงดัน V_{out} ต่ำสุด $= 2V-V_F$



ภาพที่ 6.3 แสดงวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Negative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.4 แสดงวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Positive

วงจรแคลมป์ที่ใช้ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode Clamper) คือวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสให้กับวงจรใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นตัวไบแอสแทน การต่อไดโอดในวงจรต่อตามวงเดิมคือวงจรแคลมป์ด้านลบจะต่อแอโนดของ D_1 เข้ากับจุดด้านออกเหมือนวงจรที่ไบแอสด้วยซีเนอร์ไดโอดในภาพที่ 6.4 และต่อ D_2 เป็นซีเนอร์ไดโอดเข้าไบแอสที่ขั้วแคโทดของ D_1 โดยต่อแคโทดของไดโอดทั้ง 2 ตัวเข้าด้วยกัน ในกรณีนี้

$$V_C = (E - V_Z - V_F)$$

$$V_C(\text{สูงสุด}) = V_Z + V_F$$

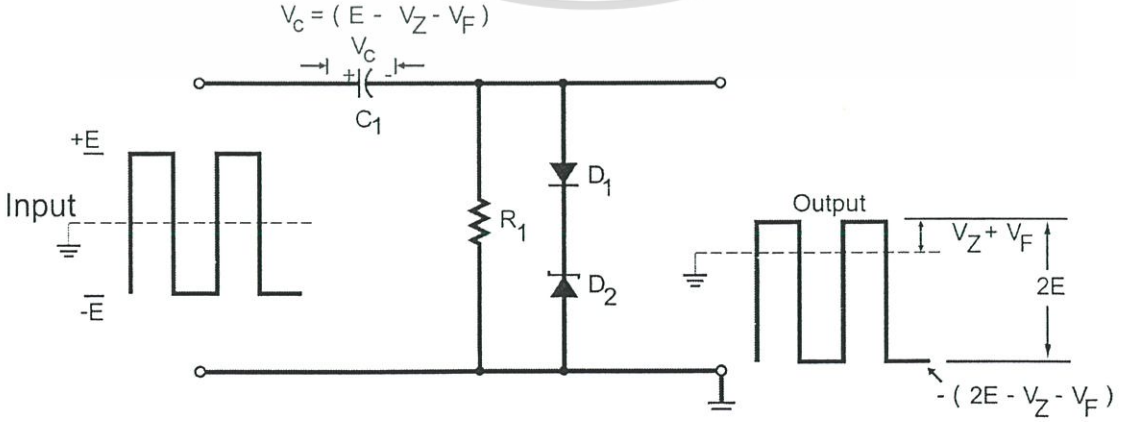
$$V_C(\text{ต่ำสุด}) = -(2E - V_Z - V_F)$$

จากวงจรภาพที่ 6.6 เป็นวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด ทำได้โดยต่อไดโอด D_1 เหมือนวงจรในภาพที่ 6.4 และต่อแอโนดของซีเนอร์ D_2 เข้ากับแอโนดของ D_1 ดังภาพในกรณีนี้

$$V_C = -(E - V_Z - V_F)$$

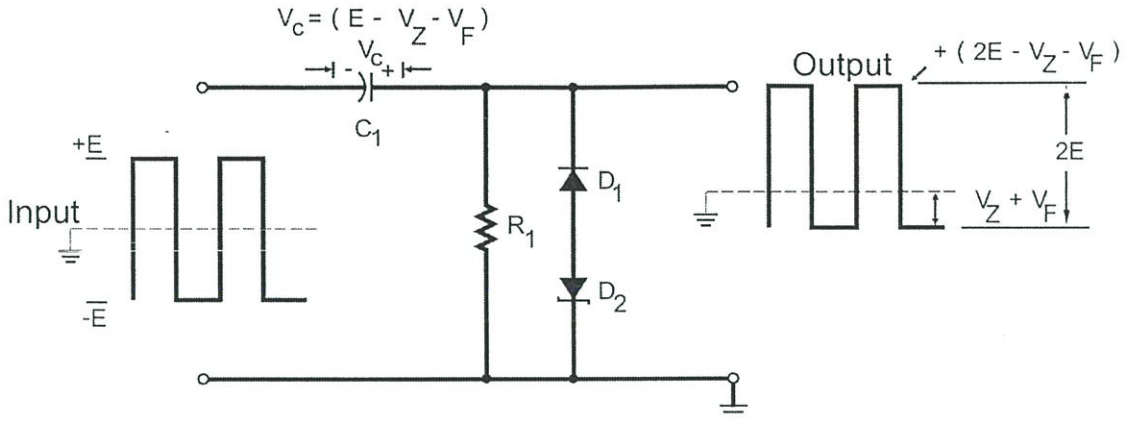
$$V_C(\text{สูงสุด}) = +(2E - V_Z - V_F)$$

$$V_C(\text{ต่ำสุด}) = -(V_Z - V_F)$$



ภาพที่ 6.5 แสดงวงจรแคลมป์ที่ใช้ซีเนอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



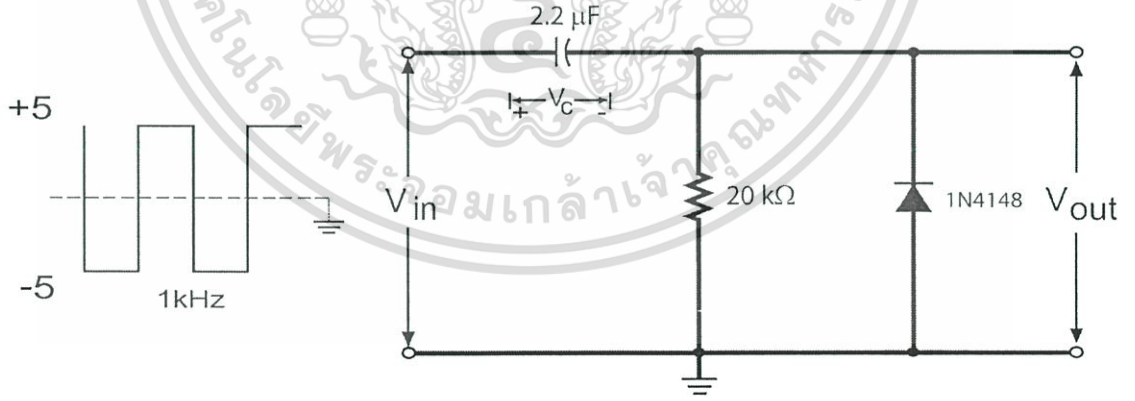
ภาพที่ 6.6 แสดงวงจรแคลมป์ที่ใช้ซีเนอร์ไดโอด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	ชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง	1	ชุด
2.	เครื่องกำเนิดสัญญาณ	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.	ออสซิลโลสโคป 2 แชนเนล	1	เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรการทดลองตามภาพที่ 6.7



ภาพที่ 6.7 วงจรการทดลองวงจรแคลมป์แบบ Positive

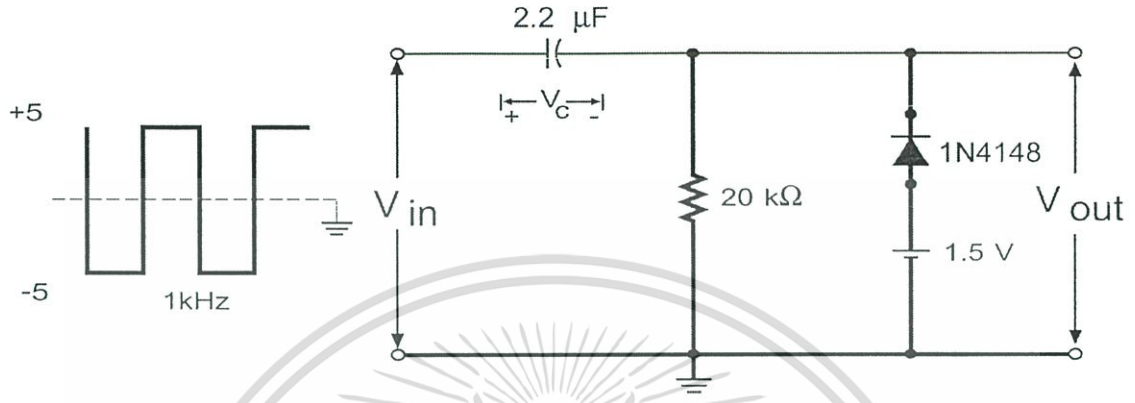
2. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้

แชนเนล 1 และ 2 : V/div = 5 V

: T/div = 0.2 mS

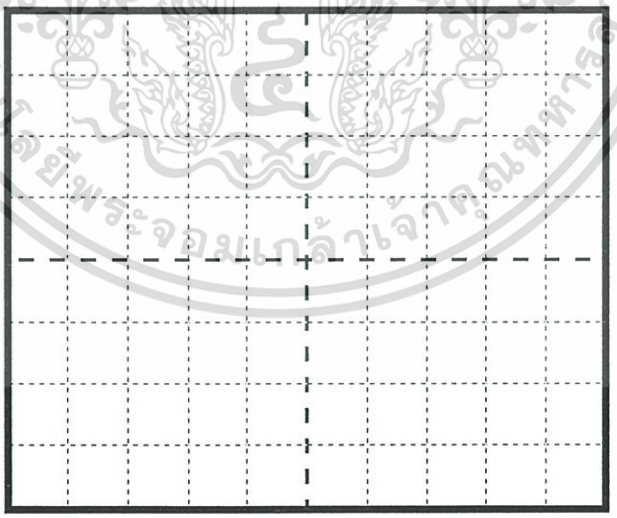
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in} และแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out} บันทึกผลการวัดลงในกราฟภาพที่ 6.1 และ 6.2
4. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดัน V_C ได้ว่า V_C =_____ โวลต์
5. ต่อวงจรการทดลองใหม่โดยใช้แบตเตอรี่ 1.5 โวลต์ ไบแอสกับไดโอดตามภาพที่ 6.8



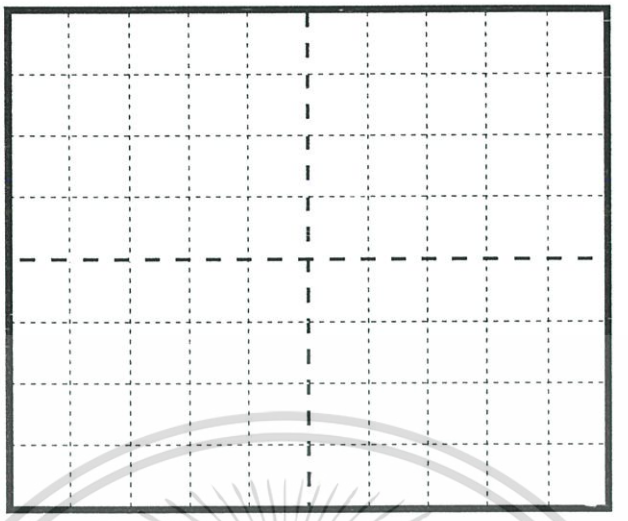
ภาพที่ 6.8 วงจรการทดลองวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Positive

6. ตั้งออสซิลโลสโคปตามข้อ 2 แล้ววัดรูปคลื่นของแรงดัน V_{out} อีกครั้งลงในกราฟที่ 6.3
7. ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดัน V_C ได้ว่า V_C =_____ โวลต์

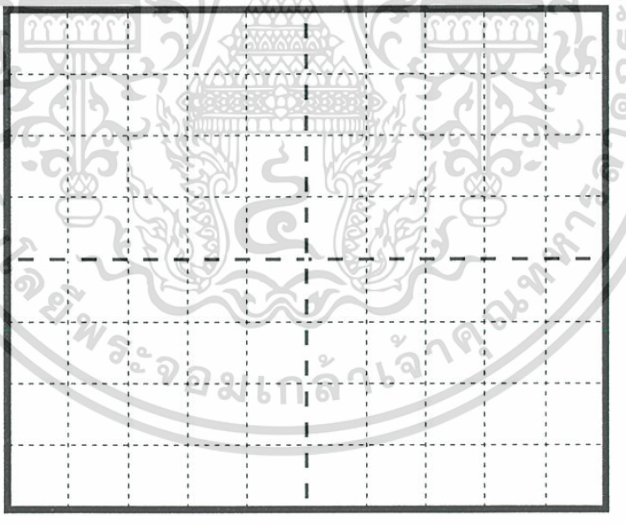


กราฟที่ 6.1 รูปคลื่นแรงดันด้านอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.2 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต
ของวงจรการทดลองวงจรแคลมป์แบบ Positive



กราฟที่ 6.3 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต
ของวงจรการทดลองวงจรแคลมป์ที่มีไบแอสแบบ Positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. วงจรแคลมป์ด้านบวก มีลักษณะต่างจากวงจรแคลมป์ด้านลบอย่างไร จงอธิบาย

2. จงอธิบายการทำงานของวงจรแคลมป์ที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 9

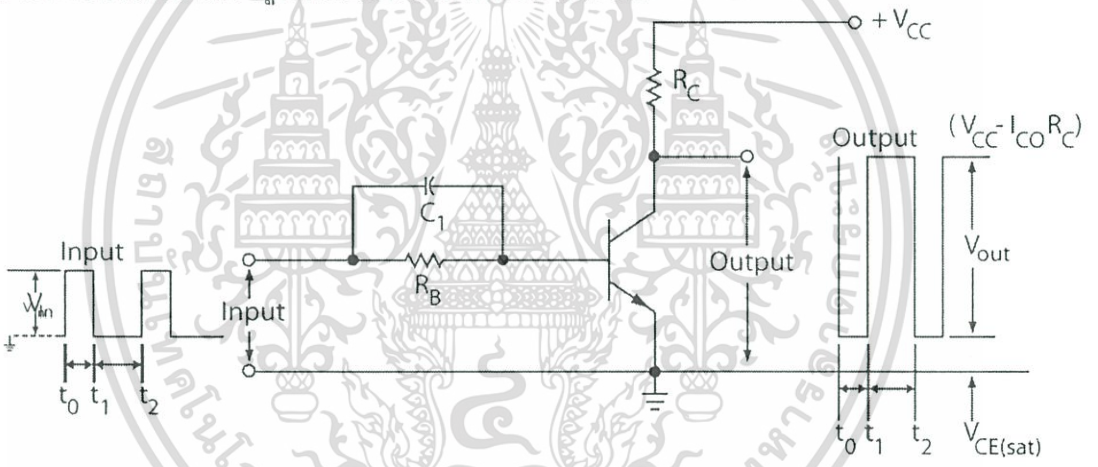
วงจรกลับสัญญาณ

วัตถุประสงค์

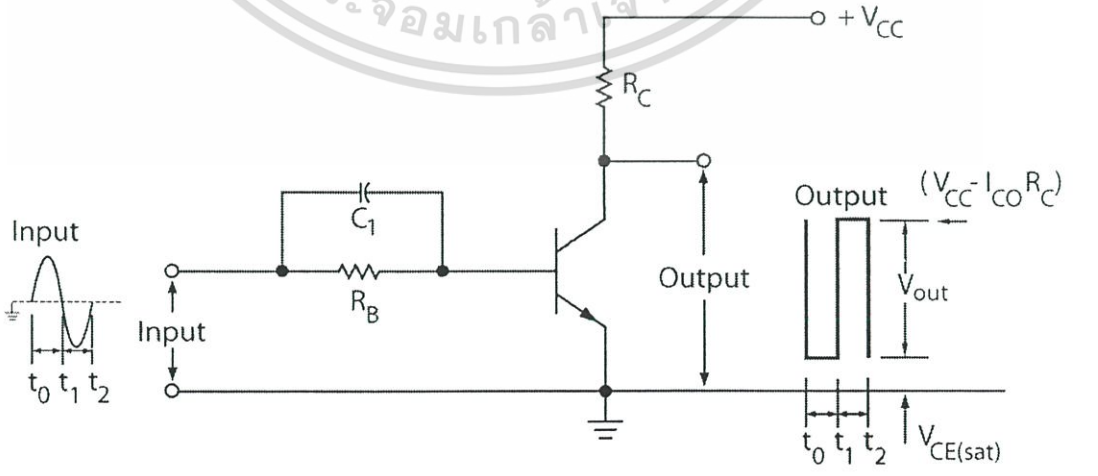
1. ต่อวงจรกลับสัญญาณได้
2. สามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจร
3. บันทึกผลการวัดรูปคลื่นสัญญาณลงกราฟ
4. บอกลักษณะความแตกต่างของรูปคลื่นที่ทำการวัดได้

ทฤษฎี

วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรง การทำงานของวงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรง (Direct Coupled Invertor) คือการนำเอาวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์แบบอิมิตเตอร์ร่วม โดยป้อนสัญญาณอินพุตซึ่งอาจเป็นสี่เหลี่ยมหรือรูปคลื่นไซน์ ดังภาพที่ 9.1 และ 9.2



ภาพที่ 9.1 วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรงมีสัญญาณอินพุตเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม



ภาพที่ 9.2 วงจรกลับสัญญาณแบบต่อตรงมีสัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 9.1 เมื่อสัญญาณด้านเข้าเป็นคลื่นด้านบวกที่เวลา t_0 - t_1 จะมีกระแสเบสไหลเข้าทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะนำกระแส (สวิตช์ปิด) แรงดันเอาต์พุตที่เวลา t_0 - t_1 จะเท่ากับ $V_{CE\ (sat)}$ และ ที่เวลา t_1 - t_2 สัญญาณอินพุตมีค่าเท่ากับศูนย์ ทรานซิสเตอร์จะไม่นำกระแส V_{CE} จะเท่ากับ (V_{CC} - I_{CO} x R_C = V_{CC})

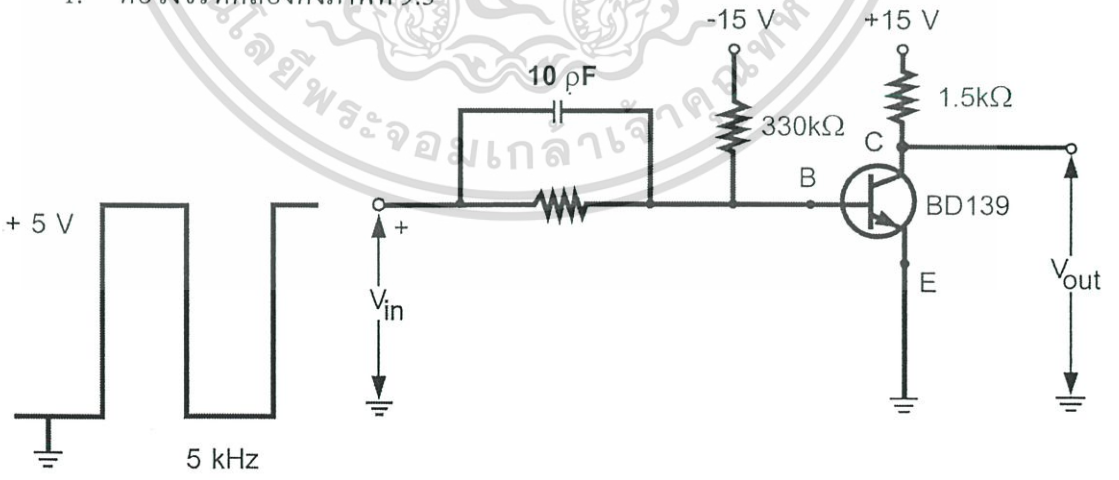
จากภาพที่ 9.2 เมื่ออินพุตเป็นคลื่นด้านบวกที่เวลา t_0 - t_1 ทรานซิสเตอร์จะนำกระแสทำให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ $V_{CE(sat)}$ ในทำนองเดียวกันเมื่ออินพุตที่เวลา t_0 - t_1 เป็นคลื่นด้านลบทรานซิสเตอร์ได้รับไบแอสกลับที่เบสจะไม่นำกระแสทำให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ (V_{CC} - I_{CC} x R_C = V_{CC}) จะเห็นว่าทั้งสองกรณีจะได้รูปคลื่นเอาต์พุตเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม มีขนาดสูงสุดประมาณ V_{CC} และขนาดต่ำสุดเท่ากับ $V_{CE\ (sat)}$ และรูปสัญญาณเอาต์พุตจะกลับเฟส กับคลื่นสัญญาณอินพุตจึงเรียกวงจรนี้ว่าวงจรกลับสัญญาณ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	ชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง	1	ชุด
2.	เครื่องกำเนิดสัญญาณ	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.	ออสซิลโลสโคป 2 แชนเนล	1	เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองดังภาพที่ 9.3



ภาพที่ 9.3 วงจรทดลองกลับสัญญาณ.

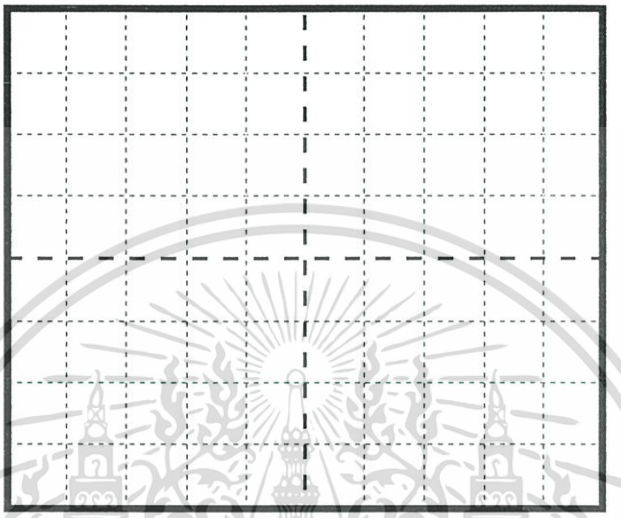
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้

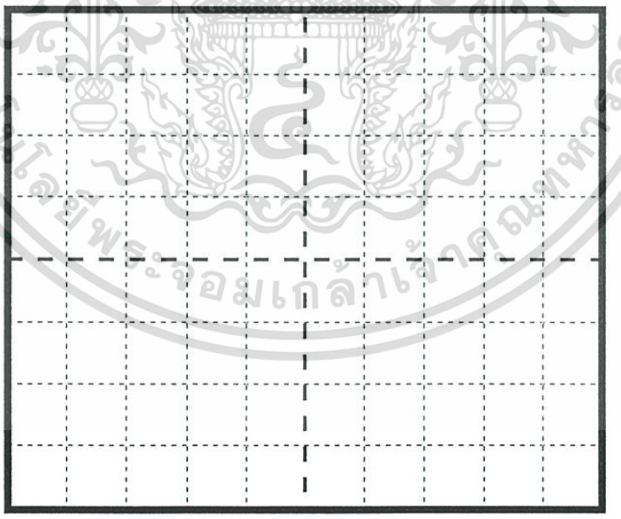
   แชนเนล 1 และ 2 : V/div = 5 v

   : T/div = 0.2 mS

3. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in} และแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out} บันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 9.1 และ 9.2 ตามลำดับ



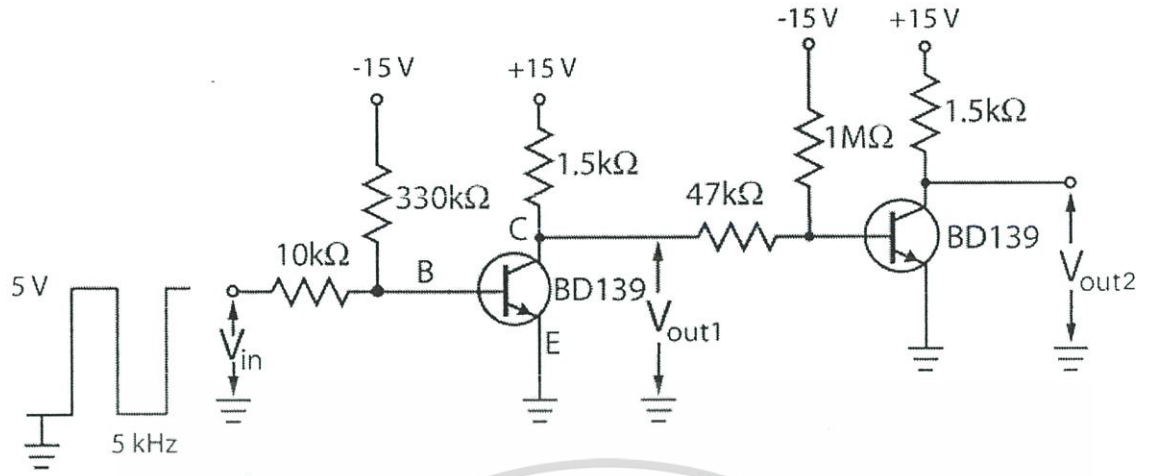
กราฟที่ 9.1 รูปคลื่นแรงดันด้านอินพุต



กราฟที่ 9.2 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุตของวงจรการทดลองกลับสัญญาณ

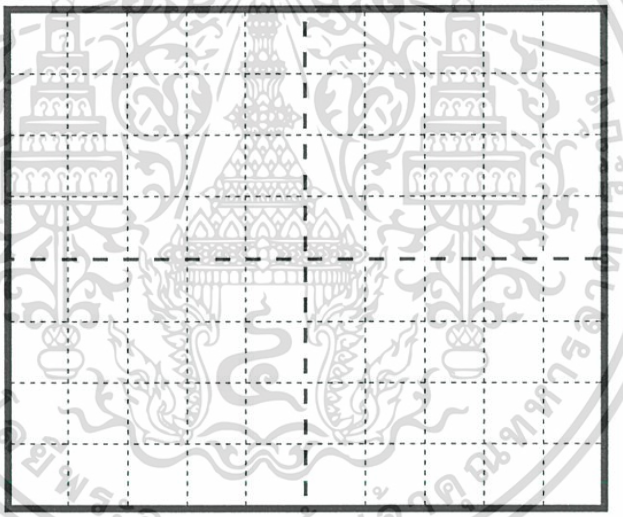
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ต่อวงจรทดลองใหม่โดยเพิ่มวงจรกลับสัญญาณอีก 1 วงจร ดังภาพที่ 9.4



ภาพที่ 9.4 วงจรการทดลองกลับสัญญาณโดยเพิ่มวงจรกลับสัญญาณอีก 1 วงจร

5. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น $V_{out\,2}$ และบันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 9.3



กราฟที่ 9.3 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุตของวงจรการทดลองกลับสัญญาณโดยเพิ่มวงจรกลับสัญญาณอีก 1 วงจร

6. สังเกตลักษณะของรูปคลื่น $V_{out\,1}$ และ $V_{out\,2}$ ว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร_____

_____

_____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายความหมายของวงจรกลับสัญญาณมาพอสังเขป

2. จงอธิบายการทำงานของวงจรกลับสัญญาณแบบต่อคาปาซิสเตอร์มาพอสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 10

วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

วัตถุประสงค์

1. ต่อวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้
2. ทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรและบันทึกลงกราฟได้
3. อ่านคาบเวลาของสัญญาณด้านออกของวงจรได้

ทฤษฎี

วงจรอะสเตเบิลที่ใช้ ไอ.ซี. เบอร์ 555 (555 Astable Mutivibrator) สร้างได้โดยต่อขา 2 (Trigger Input) เข้ากับขา 6 (Threshold) ซึ่งต่อ C_A อยู่เพื่อให้แรงดันที่เปลี่ยนแปลงของ C_A ป้อนเข้ากระตุ้นการทำงานของวงจรแทนสัญญาณจุดชนวนจากภายนอก พิจารณาจากภาพที่ 10.1 และเพิ่ม R_B อนุกรมกับ R_A เป็นตัวต้านทานที่ใช้ในการเก็บและการคายประจุของ C_A โดยต่อเข้ากับขา 7 (Discharge)

การทำงานของวงจร เมื่อ V_{CA} ต่ำกว่า $\frac{1}{3}$ V_{CC} แรงดันที่ขาลบของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 2 จะต่ำกว่าแรงดันที่ขาบวก (เพราะ $V_{CA} = \frac{1}{3}$ V_{CC}) ลอจิกด้านออกของออปแอมป์ ตัวที่ 2 จะเป็น high และฟลิปฟลอปจะอยู่ในสภาวะ Set ทำให้ Q เป็น low ขณะนี้ Q จะ off และ C_A จะทำการเก็บประจุผ่าน R_A และ R_B เมื่อ C_A เก็บประจุจนแรงดันเท่ากับ $\frac{2}{3}$ V_{CC} ที่ขาบวกของออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 1 (ต่อกับ C_A ที่ขา 6) จะมีแรงดันต่ำกว่าที่ขาลบ (เท่ากับ $V_{(R2+R3)} = \frac{2}{3}$ V_{CC}) ด้านออกของออปแอมป์ตัวที่ 1 จะเป็น high ทำให้สถานะของฟลิปฟลอปเป็นรีเซต ผลคือ Q = high และทรานซิสเตอร์ Q_1 = on ทำให้ C_A คายประจุผ่าน Q_1 ที่ R_B และ C_A จะคายประจุจนกระทั่งแรงดัน $V_{CA} = \frac{1}{3}$ V_{CC} ที่จุดนี้ด้านออกของออปแอมป์ตัวที่ 2 เป็น high ทำให้ด้านออกของฟลิปฟลอปเป็น low ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะ off อีกครั้ง กระบวนการนี้จะเกิดต่อเนื่องตลอดไป ผลที่ได้รับคือ V_{out} ที่ขา 3 ของ ไอ.ซี. 555 เป็นรูปพัลส์สี่เหลี่ยมที่มี PW = t_1 ดังภาพที่ 10.1

การออกแบบวงจร การออกแบบวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ ไอ.ซี. 555 คือ การคำนวณค่า R_A , R_B และ C_A ที่เหมาะสมกับความถี่ของ V_{out} ที่ต้องการ โดยพิจารณาที่ C_A เก็บประจุจะมีกระแส I_C ผ่าน ($R_A + R_B$) จากแรงดัน $\frac{1}{3}$ V_{CC} จนถึง $\frac{2}{3}$ V_{CC} (ดูจากภาพที่ 10.1 ดังนั้น E_O (Initial Voltage) เท่ากับ $\frac{1}{3}$ V_{CC} และ $e_C = \frac{2}{3}$ V_{CC} และแรงดันที่จ่ายให้กับตัวเก็บประจุ E = V_{CC} จากสมการ

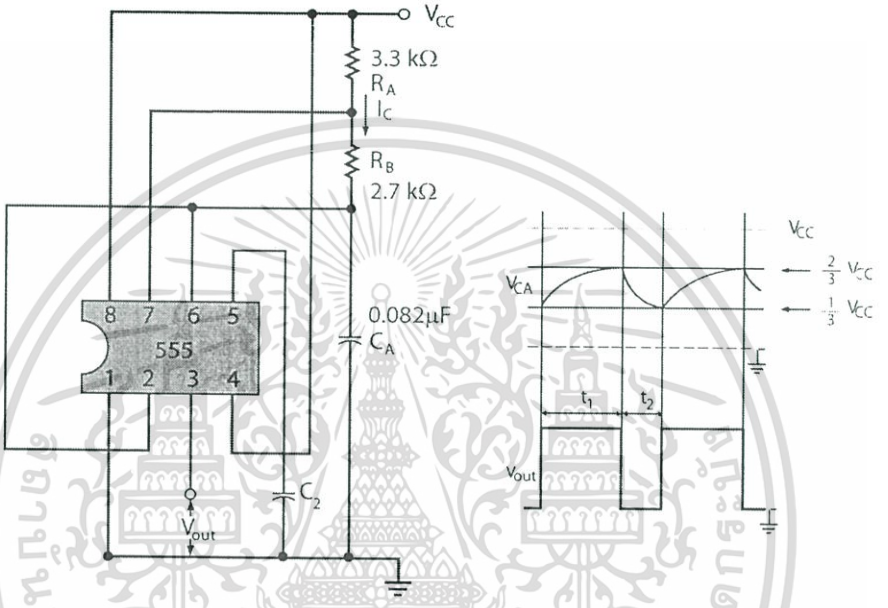
$$t_1 = 0.693\, C_A (R_A + R_B) \qquad \ldots(10.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

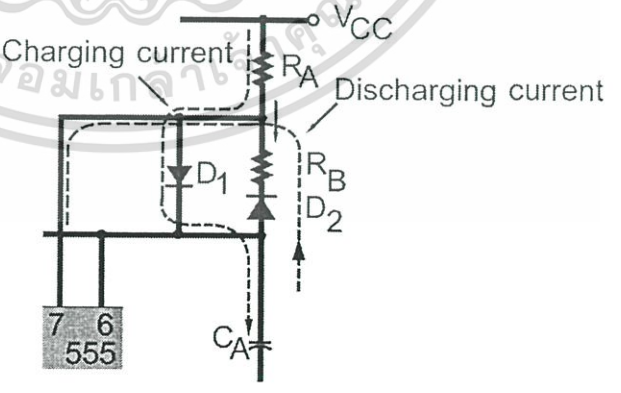
และเมื่อ C_A คายประจุ ค่าของ $E_O = \frac{2}{3} V_{CC}$, $e_C = \frac{2}{3} V_{CC}$ และ $E = 0$ เมื่อแทนค่าเหล่านี้ในสมการจะได้ว่า

$$t = 0.693 C_A R_B \quad \ldots(10.2)$$

จากสมการ 10.1 จะพิจารณาได้ในภาพที่ 10.1 กระแสในการเก็บประจุจะไหลผ่าน$(R_A + R_B)$ แต่เมื่อพิจารณาสมการ 10.2 จะเห็นว่ากระแสในการคายประจุจะผ่านเฉพาะ R_B และไหลเข้าขา 7 (discharge) ของ ไอ.ซี. 555

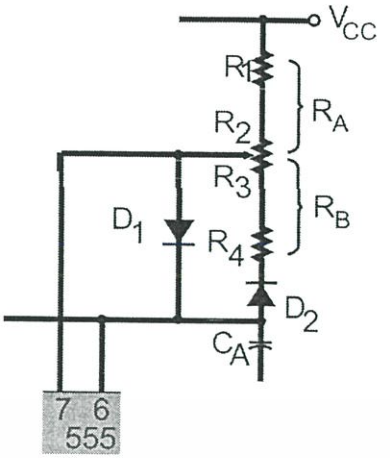


ภาพที่ 10.1 แสดงวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555



ภาพที่ 10.2 แสดงทิศทางของกระแส Charge และ Discharge ของ C_A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



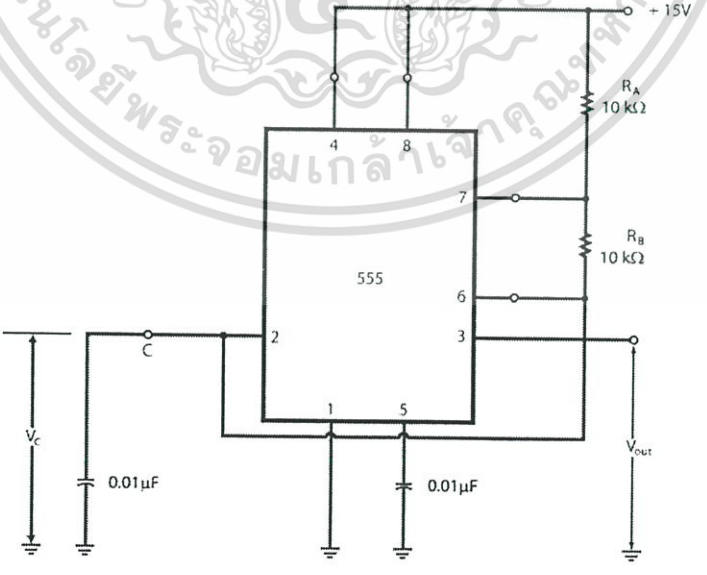
ภาพที่ 10.3 แสดงวงจรการปรับค่าDuty Cycle ของ V_{out}

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง	1	ชุด
2. ออสซิลโลสโคป 2 แชนเนล	1	เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองดังภาพที่ 10.4



ภาพที่ 10.4 วงจรทดลองอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555

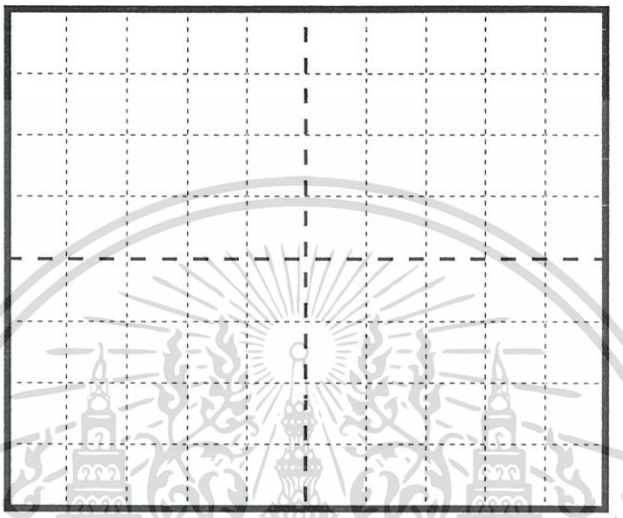
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้

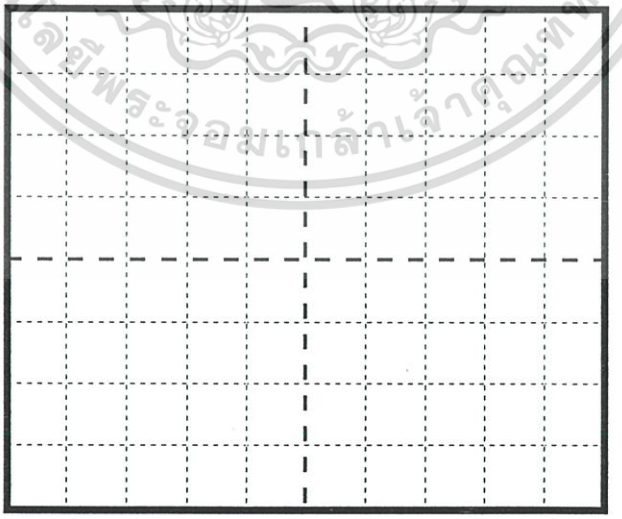
แชนเนล 1 และ 2 : **V/div = 5 V**

: **T/div = 50 μS**

3. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 1 วัดรูปคลื่นแรงดันที่ขา 2 (V_C) และแชนเนล 2 วัด รูปคลื่นแรงดันด้านออกที่ขา 3 (V_{out}) บันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 10.1 และ 10.2



กราฟที่ 10.1 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_C
ของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555 เมื่อ R_A = 10 kΩ



กราฟที่ 10.2 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out}
ของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555 เมื่อ R_A = 10 kΩ

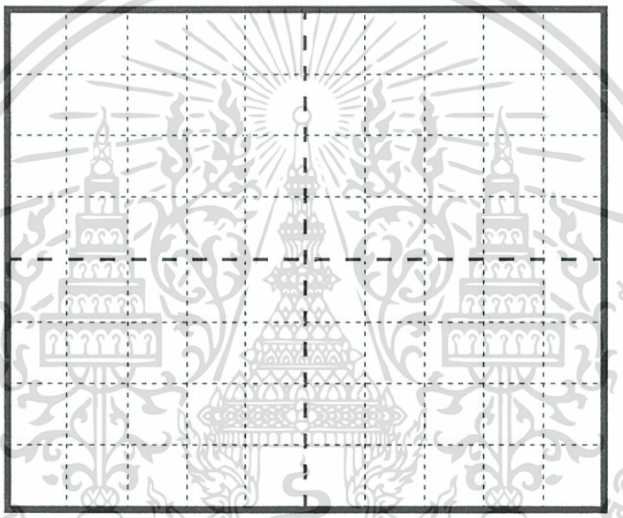
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อ่านค่า t_1 , t_2 และ T จากกราฟที่ 10.2 และคำนวนค่าความถี่ของสัญญาณ V_{out} บันทึกค่าทั้งหมดลงในตารางที่ 10.1

ตารางที่ 10.1 ผลการอ่านค่าสัญญาณด้านออกของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555

R_A	R_B	ค่าทดลอง			ค่าคำนวน (f = 1/T)
		t_1	t_2	T	f
10 kΩ	10 kΩ				

5. เปลี่ยนค่า R_A ใหม่เป็น 1 kΩ ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_C และ V_{out}ลงในกราฟที่ 10.3 และ 10.4



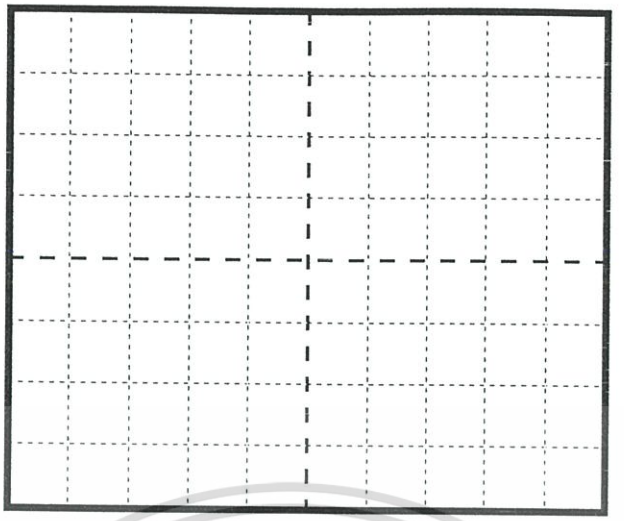
กราฟที่ 10.3 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_C
ของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555 เมื่อ R_A = 1 kΩ

6. อ่านค่า t_1 , t_2 และ T จากกราฟที่ 10.4 และคำนวนค่าความถี่ของสัญญาณ V_{out} บันทึกค่าทั้งหมดลงในตารางที่ 10.2

ตารางที่ 10.2 ผลการอ่านค่าสัญญาณด้านออกของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555

R_A	R_B	ค่าทดลอง			ค่าคำนวน (f = 1/T)
		t_1	t_2	T	f
1 kΩ	10 kΩ				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 10.4 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out}
ของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555 เมื่อ $R_A = 1\,k\Omega$

สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายความหมายของวงจรมัลติไวเบรเตอร์มาพอเข้าใจ

2. จงอธิบายการทำงานของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบใช้ไอซี เบอร์ 555 มาพอสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

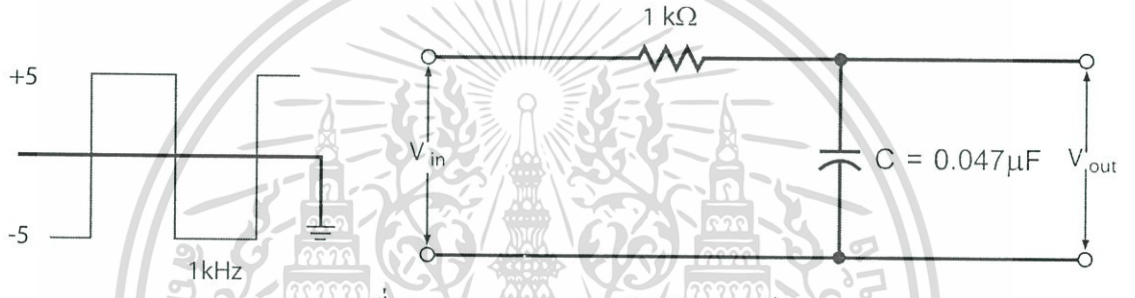
แบบทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.	ชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง	1	ชุด
2.	เครื่องกำเนิดสัญญาณ	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.	ออสซิลโลสโคป 2 แชนเนล	1	เครื่อง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองตามภาพที่ 1 โดยใช้ค่าตัวต้านทาน R = 1 kΩ, C = 0.047 μF

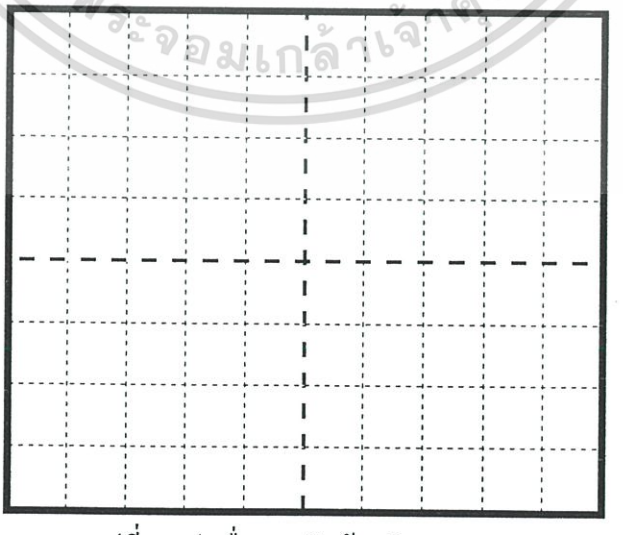


ภาพที่ 1 วงจร ทดลอง RC อินทิเกรเตอร์

2. ตั้งออสซิลโลสโคป ดังนี้ **แชนเนล 1 และ 2** **: V/div = 5 V**

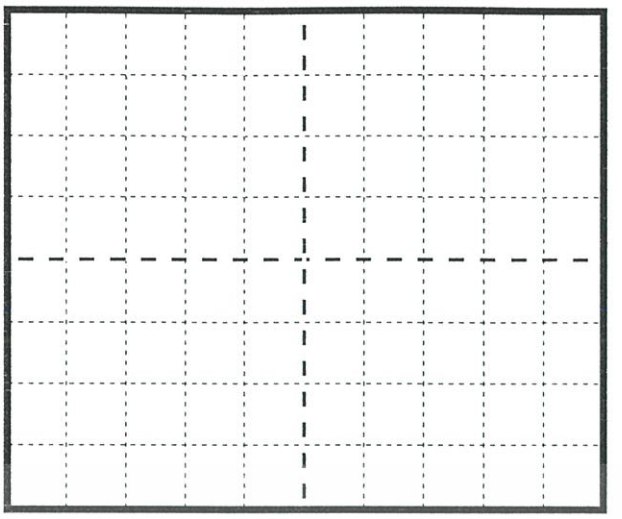
: T/div = 0.2 mS

ใช้ออสซิลโลสโคป แชนเนล 1 วัดแรงดัน V_{in} และแชนเนล 2 วัดแรงดัน V_{out} บันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



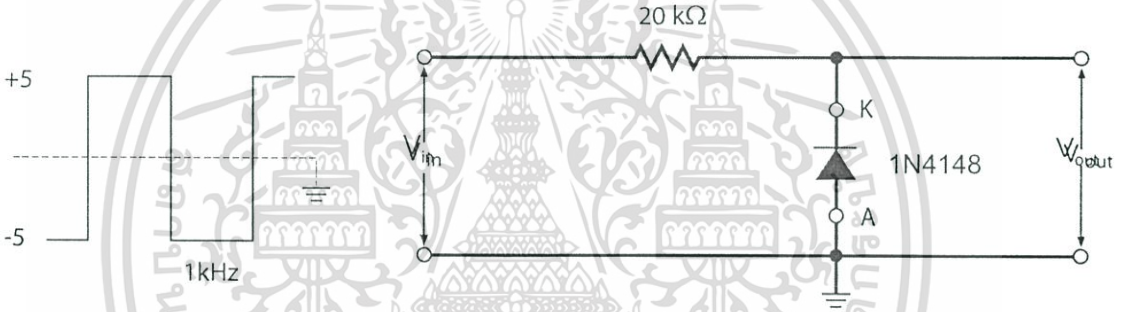
กราฟที่ 1 รูปคลื่นแรงดันด้านอินพุต (V_{in})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



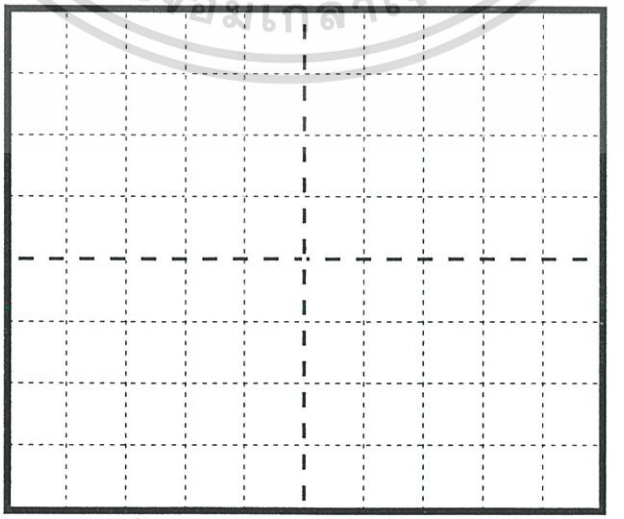
กราฟที่ 2 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต (V_{out} R = 1kΩ)

3. ต่อวงจรทดลองตามภาพที่ 2



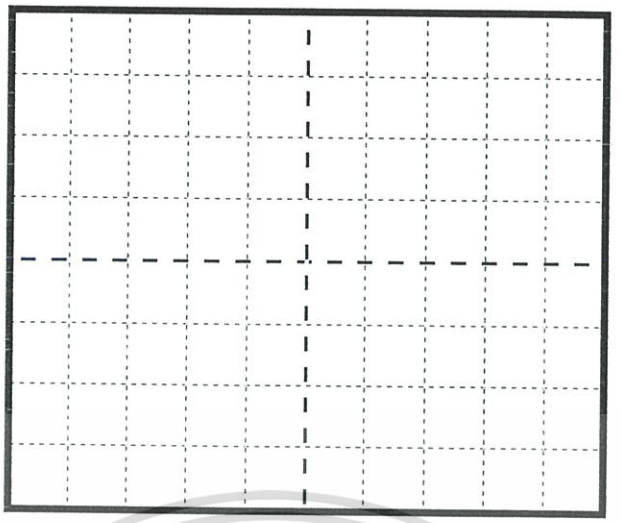
ภาพที่ 2 วงจรทดลองคริปเปอร์รูปคลื่นไดโอดขนานแบบ Negative

4. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in} และแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out} บันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 3และ 4 ตามลำดับ



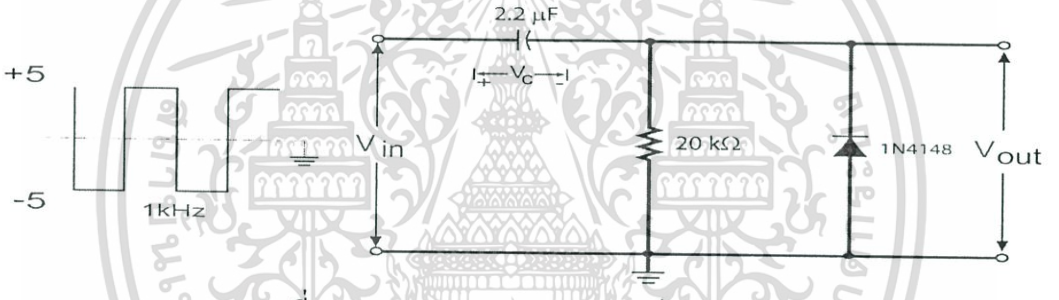
กราฟที่ 3 รูปคลื่นแรงดันด้านอินพุต (V_{in})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



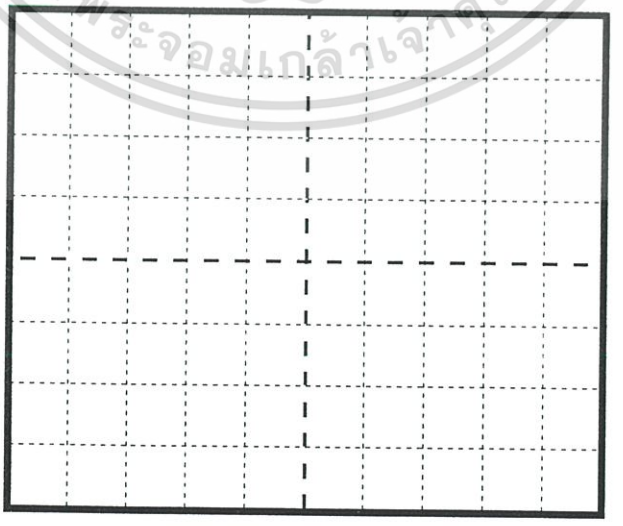
กราฟที่ 4 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต

5. ต่อวงจรการทดลองตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรการทดลองวงจรแคลมป์แบบ Positive

6. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out} บันทึกผลการวัดลง ในกราฟภาพที่ 5

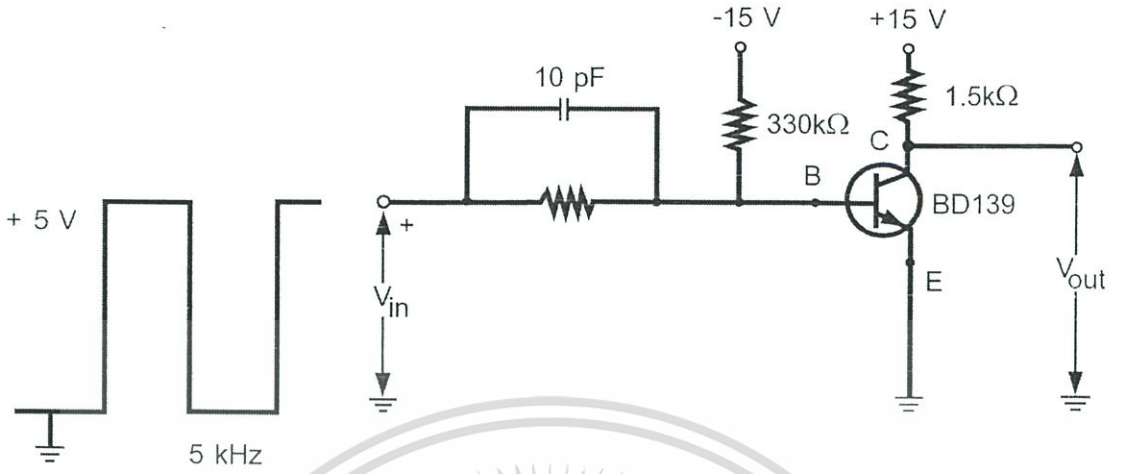


กราฟที่ 5 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

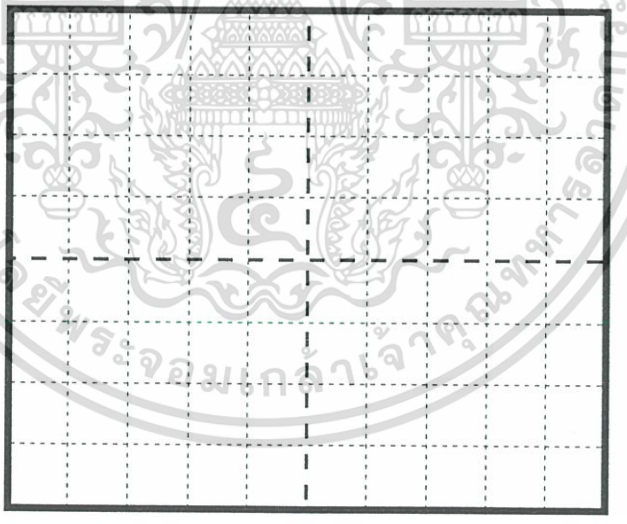
7. ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดัน V_C ได้ว่า V_C=_____ โวลต์

8. ต่อวงจรทดลองดังภาพที่ 4



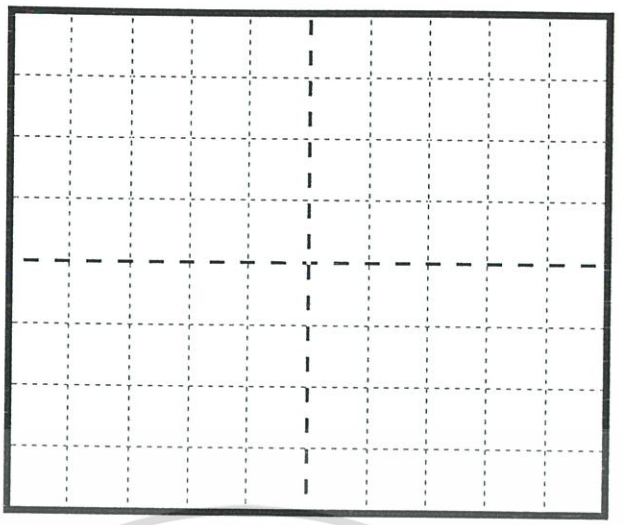
ภาพที่ 4 วงจรทดลองกลับสัญญาณ

9. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in} และแชนเนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out} บันทึกผลการวัดในกราฟที่ 6 และ 7 ตามลำดับ



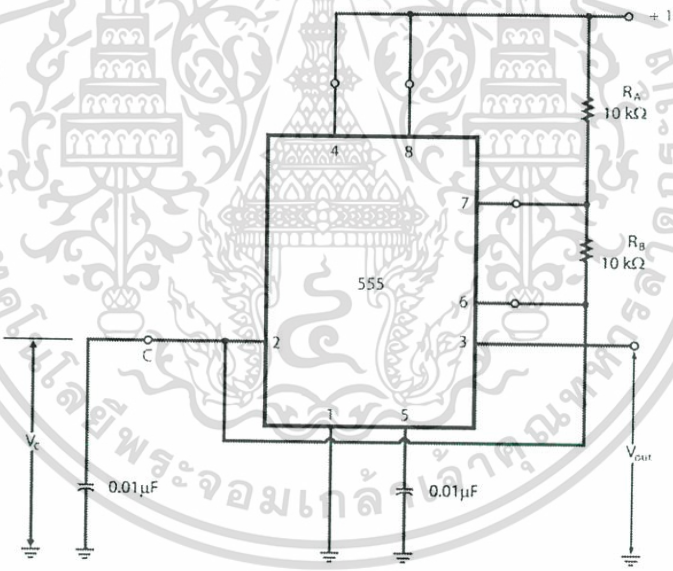
กราฟที่ 6 รูปคลื่นแรงดันด้านอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 7 รูปคลื่นแรงดันด้านเอาต์พุตของวงจรการทดลองกลับสัญญาณ

10. ต่อวงจรทดลองดังภาพที่ 5



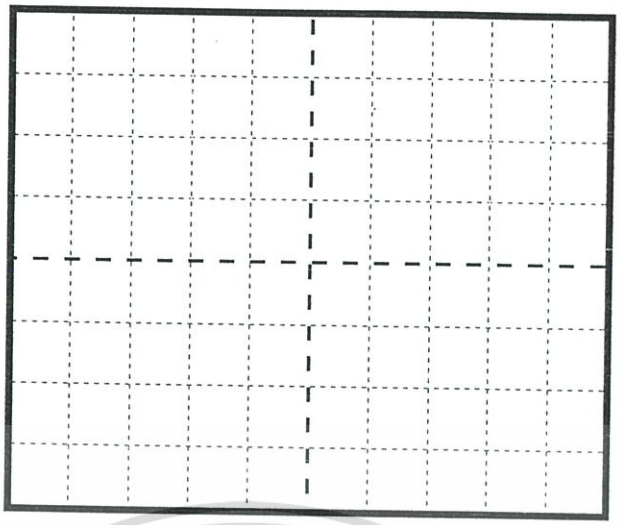
ภาพที่ 5 วงจรทดลองอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555

11. ตั้งออสซิลโลสโคปดังนี้ **แชนเนล 1 และ 2** : **V/div = 5 V**

: **T/div = 50 μS**

ใช้ออสซิลโลสโคปแชนเนล 1 วัดรูปคลื่นแรงดันที่ขา 2 (V_C) และแชนเนล 2 วัด รูปคลื่นแรงดันด้านออกที่ขา 3 (V_{out}) บันทึกผลการวัดลงในกราฟที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 8 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555 เมื่อ $R_A = 10\ k\Omega$

12. อ่านค่า t_1 , t_2 และ T จากกราฟที่ 10.2 และคำนวณค่าความถี่ของสัญญาณ V_{out} บันทึกค่าทั้งหมดลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการอ่านค่าสัญญาณด้านออกของวงจรอะสเตเบิลที่ใช้วงจรรวมเบอร์ 555

R_A	R_B	ค่าทดลอง			ค่าคำนวณ (f = 1/T)
		t_1	t_2	T	F
10 kΩ	10 kΩ				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายความหมายของค่าคงตัวเวลาของวงจร RC อินทิเกรเตอร์
2. การต่อวงจรตัดรูปคลื่นแบบไดโอดขนานทั้งแบบตัดรูปคลื่นด้านบวกและตัดรูปคลื่นด้านลบใช้ต่อที่อินพุตของทรานซิสเตอร์เพื่ออะไร
3. ตัวเก็บประจุในวงจรแคลมป์ด้านบวกทำหน้าที่อะไร
4. การทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ต่อวงจรแบบอิมิเตอร์ร่วมแบ่งการทำงานออกเป็นกี่ย่านอะไรบ้าง
5. ในวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้วงจรรวมเบอร์555 การต่อค่า R_B อนุกรมกับ R_A เพื่ออะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ตารางค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงาน
- ตารางค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลอง
- ตารางคะแนนของการปฏิบัติใบงาน 5 ใบงาน ระหว่างการเรียน และคะแนนจากแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวมหลังปฏิบัติใบงาน 5 ใบงานแล้วใช้กับนักศึกษา 15 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 การหาค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

		ผู้ทรงคุณวุฒิ				
ใบงานที่	ข้อที่	คนที่1	คนที่2	คนที่3	$\sum R$	*IOC*
2	1	1	1	1	3	1
	2	1	1	1	3	1
	3	1	1	1	3	1
	4	1	1	1	3	1
	5	1	1	1	3	1
	6	1	1	1	3	1
	7	1	1	1	3	1
	8	1	1	1	3	1
	9	1	1	1	3	1
4	1	1	1	1	3	1
	2	1	1	1	3	1
	3	1	1	1	3	1
	4	1	1	1	3	1
	5	1	1	1	3	1
	6	1	1	1	3	1
	7	1	1	1	3	1
6	1	1	1	1	3	1
	2	1	1	1	3	1
	3	1	1	1	3	1
	4	1	1	1	3	1
	5	1	1	1	3	1
	6	1	1	1	3	1
	7	1	1	1	3	1
	8	1	1	1	3	1
	9	1	1	1	3	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 การหาค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

		ผู้ทรงคุณวุฒิ				
ใบงานที่	ข้อที่	คนที่1	คนที่2	คนที่3	$\sum R$	*IOC*
9	1	1	1	1	3	1
	2	1	1	1	3	1
	3	1	1	1	3	1
	4	1	1	1	3	1
	5	1	1	1	3	1
	6	1	1	1	3	1
	7	1	1	1	3	1
	8	1	1	1	3	1
	9	1	1	1	3	1
10	1	1	1	1	3	1
	2	1	1	1	3	1
	3	1	1	1	3	1
	4	1	1	1	3	1
	5	1	1	1	3	1
	6	1	1	1	3	1
	7	1	1	1	3	1
	8	1	1	1	3	1
	9	1	1	1	3	1
แบบทดสอบรวม	1	1	1	1	3	1
	2	1	1	1	3	1
	3	1	1	1	3	1
	4	1	1	1	3	1
	5	1	1	1	3	1
	6	1	1	1	3	1
	7	1	1	1	3	1
	8	1	1	1	3	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 การหาค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

		ผู้ทรงคุณวุฒิ				
ใบงานที่	ข้อที่	คนที่1	คนที่2	คนที่3	$\sum R$	IOC
แบบ	9	1	1	1	3	1
ทดสอบ	10	1	1	1	3	1
รวม	11	1	1	1	3	1
	12	1	1	1	3	1
	13	1	1	1	3	1
	14	1	1	1	3	1
	15	1	1	1	3	1
	16	1	1	1	3	1
	17	1	1	1	3	1
	18	1	1	1	3	1
	19	1	1	1	3	1
	20	1	1	1	3	1
	21	1	1	1	3	1
	22	1	1	1	3	1

จากสมการ $IOC = \frac{\sum R}{n}$

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

n = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงาน

รายการประเมิน ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ					
	คนที่1	คนที่ 2	คนที่3	$\sum X$	$\bar{X}$	*S.D.*
1	5	4	5	14	4.67	0.58
2	4	5	4	13	4.33	0.58
3	5	4	5	14	4.67	0.58
4	4	4	5	13	4.33	0.58
5	4	5	4	13	4.33	0.58
6	5	4	5	14	4.67	0.58
7	4	4	4	12	4.00	0.00
8	4	5	5	14	4.67	0.58
9	5	4	5	14	4.67	0.58
10	4	5	4	13	4.33	0.58

ตารางที่ ค.3 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านชุดทดลอง

รายการประเมิน ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ					
	คนที่1	คนที่ 2	คนที่3	$\sum X$	$\bar{X}$	*S.D.*
1	4	5	5	14	4.67	0.58
2	4	4	5	13	4.33	0.58
3	5	5	4	14	4.67	0.58
4	4	5	5	14	4.67	0.58
5	4	5	5	14	4.67	0.58
6	4	4	5	13	4.33	0.58
7	4	5	5	14	4.67	0.58
8	4	5	4	13	4.33	0.58
9	4	5	4	13	4.33	0.58
10	4	4	5	13	4.33	0.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 คะแนนของการปฏิบัติใบงาน 5 ใบงาน ระหว่างการเรียน และคะแนนแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม หลังปฏิบัติใบงานครบ 5 ใบงานแล้ว ใช้กับนักศึกษา 15 คน

คนที่	คะแนนของการปฏิบัติใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียน (279 คะแนน)	คะแนนแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม หลังปฏิบัติใบงาน 5 ใบงานแล้ว (91 คะแนน)
1	231.50	74.50
2	238.50	72.50
3	230.00	78.00
4	234.00	79.00
5	235.50	72.50
6	235.00	75.00
7	230.50	76.50
8	232.50	72.00
9	234.50	74.00
10	231.50	77.50
11	236.00	72.50
12	231.50	77.00
13	233.50	74.50
14	242.50	74.00
15	230.50	74.50
	$\Sigma X = 3507.50$	$\Sigma Y = 1124.00$
	$\bar{X} = 233.83$	$\bar{X} = 74.93$

ประสิทธิภาพของการปฏิบัติใบงาน 5 ใบงานระหว่างการเรียน

$$E_1 = \left[\frac{\frac{3507.50}{15}}{279}\right] \times 100$$

$$= 83.81\%$$

ประสิทธิภาพของแบบทดสอบปฏิบัติใบงานรวม หลังปฏิบัติใบงาน 5 ใบงานแล้ว

$$E_2 = \left[\frac{\frac{1124.00}{15}}{91}\right] \times 100$$

$$= 82.34\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

- แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างการปฏิบัติในใบงานกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบงาน
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมิน

<u>คำชี้แจง</u>

กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่า แบบทดสอบแต่ละข้อสามารถวัดความรู้ความเข้าใจได้ถูกต้อง โดยพิจารณาดังนี้

+1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 ท่านไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบข้อนั้นมีสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หมายเหตุ

หากท่านใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง –1 ขอความกรุณาท่านช่วยให้ข้อเสนอแนะเป็นข้อมูลในการปรับปรุงต่อไป

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมิน
ใบงานที่ 2 เรื่องวงจรอินทิเกรเตอร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรอินทิเกรเตอร์ได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 1 ต่อวงจรการทดลองวงจรอินทิเกรเตอร์รูปที่ 2.3 ได้ถูกต้อง			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 2 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 3 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 4 บันทึกผลการวัดค่า V_{out} ลงในกราฟที่ 2.2	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองหาผลของค่าคงตัวเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปกับค่าตัวต้านทาน

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 5 บันทึกผลการวัดค่าคงตัวเวลาของวงจร	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 6 เปลี่ยนค่าตัวต้านทานเป็น R = 10 kΩ บันทึกผลค่า V_{out} ลงในกราฟที่ 2.3	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองหาผลค่าคงตัวเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปกับค่าตัวต้านทาน

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 7 บันทึกผลการวัดค่าคงตัวเวลาของวงจร			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 8 เปลี่ยนค่าตัวต้านทาน R = 100 kΩ บันทึกผลค่า V_{out} ลงในกราฟที่ 2.4			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองหาผลค่าคงตัวเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปกับค่าตัวต้านทาน

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 9 บันทึกผลการวัดค่าคงตัวเวลาของวงจร			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมิน
ใบงานที่ 4 เรื่องวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนาน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานได้ ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 1 ต่อวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานในรูปที่ 4.3 ได้ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 2 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 3 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น $_{out}$	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 4 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 4.2	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลองวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 5 ต่อวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานในรูป 4.4 ได้ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 6 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณส่วนต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 7 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟรูปที่ 4.3			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมิน
ใบงานที่ 6 เรื่องวงจรแคลมป์ด้านบวก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรแคลมป์ด้านบวกได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	-1	0	-1
ข้อ 1 ต่อวงจรการทดลองวงจรแคลมป์ด้านบวกรูปที่ 6.7 ได้ถูกต้อง			

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	-1	0	-1
ข้อ 2 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}			

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	-1	0	-1
ข้อ 3 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}			

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 4 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 6.2	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 5 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดัน V_c ได้	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรแคลมป์ด้านบวกได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 6 ต่อวงจรการทดลองวงจรแคลมป์ด้านบวกภาพที่ 6.8 ได้ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณส่วนต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	-1	0	-1
ข้อ 7 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	-1	0	-1
ข้อ 8 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 6.3			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	-1	0	-1
ข้อ 9 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดัน V_c ได้			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมิน
ใบงานที่ 9 เรื่องวงจรกลับสัญญาณ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรกลับสัญญาณได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 1. ต่อวงจรการทดลองวงจรกลับสัญญาณภาพที่ 9.3 ได้ถูกต้อง			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 2. ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถบันทึกรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 3. บันทึกผลการวัดค่า V_{in} ลงในกราฟที่ 9.1			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 4 . ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถบันทึกรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 5. บันทึกผลการวัดค่า V_{out} ลงในกราฟที่ 9.2	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรกลับสัญญาณได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 6 . ต่อวงจรการทดลองวงจรกลับสัญญาณภาพที่ 9.4 ได้ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 7 . ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out2}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถบันทึกรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 8 . บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out2} ลงในกราฟที่ 9.3	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถบอกลักษณะความแตกต่างของรูปคลื่นที่ทำการวัดได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 9 . บอกลักษณะของรูปคลื่น V_{out1} และ V_{out2} ว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมิน
ใบงานที่ 10 เรื่องวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรอะสเตเบิลไวเบรเตอร์ได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 1 ต่อวงจรการทดลองวงจรอะสเตเบิลไวเบรเตอร์ภาพที่ 10.4ได้ถูกต้อง	-1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 2 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 มีแรงดันที่ขา 2 (V_c)	-1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถบันทึกผลลงในกราฟได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 3 บันทึกผลการวัดรูปคลื่นลงในกราฟที่ 10.1	-1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 4 ใช้ออสซิสโลสโคปแชนแนล 2 วัดแรงดันที่ V_{out}			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถบันทึกผลลงในกราฟได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 5 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 10.2			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาอ่านคาบเวลาของสัญญาณด้านออกของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 6 อ่านค่า t_1 , t_2 และ T จากกราฟที่ 10.2 และคำนวณค่าความถี่ของสัญญาณ V_{out} บันทึกค่าทั้งหมดลงในตารางที่ 10.1			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถทดลองวัดรูปคลื่นสัญญาณส่วนต่างๆ ของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 7 เปลี่ยนค่า R_A เป็น 1 kΩ วัดรูปคลื่นสัญญาณ V_C และ V_{out}			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถบันทึกผลลงในกราฟได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 8 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_C และ V_{out} ลงในกราฟที่ 10.3 และ10.4			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาอ่านคาบเวลาของสัญญาณด้านออกของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 9 อ่านค่า t_1 , t_2 และ T จากกราฟที่ 10.2 และคำนวณค่าความถี่ของสัญญาณ V_{out} บันทึกค่าทั้งหมดลงในตารางที่ 10.2			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบรวม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรอินทิเกรเตอร์ได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 1 ต่อวงจรการทดลองวงจรอินทิเกรตอร์ภาพที่ 1 ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 2 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ3 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 4 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 2	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 5 ต่อวงจรคริปเปอร์แบบไดโอดขนานในภาพที่ 2 ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 6 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 7 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 8 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 4	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรแคลมป์ด้านบวกได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 9 ต่อวงจรการทดลองวงจรแคลมป์ด้านบวกภาพที่ 3 ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 10 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 11 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 12 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 5	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดค่าแรงดันที่จุดต่างๆของ วงจรได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 13 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดัน V_c ได้	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรการทดลอง วงจรกลับสัญญาณได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 14 ต่อวงจรการทดลองวงจรกลับสัญญาณภาพที่ 4 ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 15 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 1 วัดรูปคลื่น V_{in}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 16 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{in} ลงในกราฟที่ 6	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 17 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 18 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 7	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถต่อวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้ถูกต้อง

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 19 ต่อวงจรการทดลองวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ภาพที่ 5 ได้ ถูกต้อง	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 20 ใช้ออสซิลโลสโคปแชนแนล 2 วัดรูปคลื่น V_{out}	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆของวงจร

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อ 21 บันทึกผลการวัดรูปคลื่น V_{out} ลงในกราฟที่ 8	+1	0	-1

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักศึกษาสามารถอ่านคาบเวลาของสัญญาณด้านออกของวงจรได้

ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	+1	0	-1
ข้อ 22 อ่านค่า t1, t2 และ T จากกราฟรูปที่ 8 และคำนวณค่าความถี่ของสัญญาณ V_{out} บันทึกค่าลงตารางที่ 1			

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบงาน

<u>คำชี้แจง</u>

ใบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

<u>ตอนที่ 1</u> ถามความคิดเห็น เกี่ยวกับเนื้อหาและใบงานที่สร้างขึ้น

<u>ตอนที่ 2</u> ถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

<u>การประเมิน</u>

<u>ตอนที่ 1</u> กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียว โดยระดับคะแนนจะแสดงความหมายดังนี้

5	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่มากที่สุด
4	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่มาก
3	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับปานกลาง
2	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่น้อย
1	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่น้อยที่สุด

<u>ตอนที่ 2</u> โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบงาน

คำชี้แจง :- กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	ข้อความ	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ความถูกต้องของเนื้อหา.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	การเรียงลำดับเนื้อหาวิชาก่อนหลัง.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	ความเหมาะสมของลำดับขั้นการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองของแต่ละขั้น	.....	.....	.....	.....	.....
6	ความเหมาะสมของคำถามท้ายการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	ความถูกต้องของรูปวงจร ตาราง กราฟ..	.....	.....	.....	.....	.....
8	ความเหมาะสมของรูปแบบใบงาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	ความสะดวกในการบันทึกค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	ความชัดเจนเหมาะสมของขนาดรูปภาพและกราฟ.....	.....	.....	.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

1. ความคิดเห็นอื่นๆ และข้อเสนอแนะโดยทั่วไป

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลอง

คำชี้แจง

ใบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ถามความคิดเห็น เกี่ยวกับชุดทดลอง

ตอนที่ 2 ถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

การประเมิน

ตอนที่ 1 กรุณาใส่เครื่องหมาย ✔ ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียว โดยระดับคะแนนจะแสดงความหมายดังนี้

5	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่มากที่สุด
4	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่มาก
3	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับปานกลาง
2	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่น้อย
1	มีค่าเท่ากับ	เห็นด้วยในระดับที่น้อยที่สุด

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลอง

คำชี้แจง :- กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	ข้อความ	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	อุปกรณ์การสอนทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	มีความสัมพันธ์การใช้งานร่วมกับใบงาน...	.....	.....	.....	.....	.....
5	มีความสะดวกในการดำเนินการสอน.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	รูปร่าง ขนาดมีความเหมาะสม.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	มีวิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	ความสะดวกในการบำรุงรักษา.....	.....	.....	.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตอนที่ 2</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

1. ความคิดเห็นอื่นๆ และข้อเสนอแนะโดยทั่วไป

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายสุชาติ หัตถ์สุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	18 พฤศจิกายน 2519
สถานที่เกิด	เขตธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	246 ซอยตากสิน 4 แขวงบางยี่เรือ เขตธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10600
สถานที่ทำงาน	สถาบันราชภัฏธนบุรี 172 ถนนอิสรภาพ แขวงวัดกัลยา เขตธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10600
ตำแหน่ง	อาจารย์
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2541 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้