ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

LABORATORY SET OF THYRISTER DEVICES ON ELECTRONIC DEVICE AND CIRCUIT

ภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
PHATTARADANAN INNUD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-ED-M-231-096

ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

LABORATORY SET OF THYRISTER DEVICES ON ELECTRONIC DEVICE AND CIRCUIT

ภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
PHATTARADANAN INNUD

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-ED-M-231-096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LABORATORY SET OF THYRISTER DEVICES ON ELECTRONIC DEVICE AND CIRCUIT

PHATTARADANAN INNUD

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

KMITL-2017-ED-M-231-096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017
FACULTY INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดทดลอง เรื่อง อุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร Laboratory Set of Thyrister Devices on Electronic Device and Circuit
นักศึกษา	นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
รหัสประจำตัว	55630706
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ศุภวัฒน์	ลาวัณย์วิสุทธิ์	
รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	
รศ.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	
รศ.ดร.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	
ผศ.ดร.วินัย	ใจกล้า	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 22 กรกฎาคม 2560 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)
คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ 31 **เดือน** ก.ค. **พ.ศ.** 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร
นักศึกษา	นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
รหัสประจำตัว	55630706
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลอง หาประสิทธิภาพชุดทดลอง และความพึงพอใจของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยชุดทดลอง เรื่อง อุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ใบงานการทดลองจำนวน 6 ใบงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้งหมด ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม จำนวน 18 คน ที่ลงทะเบียนเรียนใน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

ผลจากการวิจัยพบว่า คุณภาพชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่สร้างขึ้นด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.00 ,ค่า S.D. = 0.46) และในด้านการผลิตสื่อชุดทดลองอยู่ ในระดับดี ($\overline{X}$= 4.30 ,ค่า S.D.= 0.62) และมีประสิทธิภาพ 81.83/80.17 ตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และด้านความพึงพอใจของนักเรียนที่ใช้ชุดทดลองอยู่ในระดับมาก (μ = 4.16 , σ = 0.7) ตามสมมติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Laboratory Set of Thyrister Devices on Electronic Device and Circuit
Student	Mrs. Phattaradanan Innud
Student ID.	55630706
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communication Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wisuit Sunthonkanokpong
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Piya Supavarasuwat

Abstract

The purposes of this research were to develop the Laboratory Set of Thyrister Devices on Electronic Device and Circuit and to find the efficiency of the thyristor equipment set and the satisfaction of students after use this set. The tools used in the study included 1) thyristor equipment set for subject of Circuit and Electronic Equipment, 2) six worksheets, achievement tests, evaluation tests for experiment, and exercises after learning. All tools were developed by the researcher and examined by specialists. The sample consisted of 18 students of Electronics in vocational certificate level in Phanatnikhom Industrial and Community College during the first semester of academic year 2017.

The results of this study showed that the quality of the thyristor equipment set for subject of Circuit and Electronic Equipment was good in contents ($\bar{X}$= 4.00 S.D.= 0.46) and very good in set ($\bar{X}$= 4.30 S.D.= 0.62), the efficiency of the thyristor equipment set was 81.83/80.17 met the 80/80 criteria and the satisfaction of students after using this set was at a very good level (μ = 4.16 , σ = 0.7) followed thehypothesis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือและทำการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ อาจารย์กฤษณา เฮงฉุน อาจารย์วนิดา ภาชนะสุวรรณ อาจารย์ชาญ จับฟั่น อาจารย์ประเสริฐ โคบาล อาจารย์สัญญา โพธิ์วงษ์ และอาจารย์อภิชาติ กำลังฟู ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีความเหมาะสมต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่งรวมถึง รุ่นพี่ รุ่นน้อง เพื่อนๆ สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ทุกท่านที่ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

ขอขอบคุณแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย และขอบใจนักเรียนที่ได้ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มประชากรให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

ภัทรดานันทน์ อินทร์นุช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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 2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 หลักสูตรวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ละวงจร 6

2.2 สื่อการเรียนการสอน 12

2.3 สื่อการสอนประเภทชุดทดลอง 16

2.4 การสอนลักษณะการทดลอง 18

2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง 19

2.6 การวัดผลและประเมินผลการเรียน 22

2.7 วิธีสร้างใบงานการทดลอง 26

2.8 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง 29

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34

3.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา 34

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 34

3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย 35

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 44

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 44

3.6 สถิติที่ใช้ 45

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 47

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพชุดทดลอง 47

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองของนักเรียนกลุ่มประชากร ที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 47

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดทดลอง 48

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 50

5.1 สรุปผลการวิจัย 50

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 50

5.3 ข้อเสนอแนะ 51

บรรณานุกรม 53

ภาคผนวก 54

ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย 55

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้เขียน 167

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 โครงการสอนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 7

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลอง 48

4.2 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง 49

4.3 แสดงผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 Silicon Controlled Rectifiers 9

2.2 แสดงการวิเคราะห์กระแส SCR 9

2.3 DIAC 10

2.4 TRIAC 10

2.5 PUT 11

2.6 UJT 11

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างชุดทดลอง 36

3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง 38

3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ 40

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานทดลอง 41

3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว รวมถึงการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามกระแสโลกาภิวัตน์ กล่าวได้ว่าการศึกษาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรให้มีการเรียนการสอนเพื่อสามารถพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถก้าวทัน บทบาทของการเรียนการสอนจะได้รับการพัฒนาและนำไปใช้ในทุกยุค ทุกสมัย ทุกสังคม ซึ่งในปัจจุบันเป็นสังคมของการเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเรียนรู้มีรูปแบบต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559) ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีความรอบรู้เท่าทันโลก เชื่อมโยงการพัฒนาการศึกษากับการพัฒนาด้านเทคโนโลยี คำนึงถึงการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

การจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีการจัดการเรียนการสอนโดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจและให้มีทักษะอย่างแท้จริงเป็นหลักสูตรที่ได้รับการพัฒนาขึ้น ให้มีความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 พระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2551 และความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี เพื่อผลิตกำลังคนระดับฝีมือที่มีสมรรถนะวิชาชีพ เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้แบบฐานสมรรถนะ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้จริงและมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน อันทำให้ผู้เรียนสามารถนำเอาทักษะความรู้ไปประกอบอาชีพได้ในอนาคต ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน มีรายได้เพื่อใช้ในการดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีความสุข นอกจากนี้ ยังปลูกฝังให้ผู้เรียนมีความรักในสาขาวิชาชีพและสามารถใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุด

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ได้บรรจุวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005 จำนวน 3 หน่วยกิต รวม 90 ชั่วโมง ต่อภาคเรียน ซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานของสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้เรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องเรียนรู้เพื่อจะนำไปใช้ประกอบการเรียนวิชาต่อไปในอนาคต ด้วยเป็นการศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมและสารกึ่งตัวนำ ชนิดพี ชนิดเอ็นและรอยต่อพีเอ็น โครงสร้างสัญลักษณ์ คุณลักษณะทางไฟฟ้าและการให้ไบอัสไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต และอุปกรณ์ไทริสเตอร์ การทำงานของวงจรคอมมอนแบบต่างๆ ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์และเฟต วงจรขยายคลาส A,B,AB,C และ D การคัปปลิง วงจรขยายแบบคาสเคด ดาร์ลิงตัน วงจรคอมพลีเมนตารี การใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรขยายสัญญาณ วงจรเพาเวอร์ ชัพพลาย วงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรอื่นๆ การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การแปลความหมายของคุณลักษณะทางไฟฟ้า ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาความสามารถมากขึ้น เช่นเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ มีบางเนื้อหาไม่สามารถให้คำอธิบายได้ชัดเจนและเป็นการยากที่จะอธิบายให้เหมือนกับการอธิบายในครั้งแรกและครั้งต่อไป จากปัญหาดังกล่าวอาจเนื่องจากการขาดแคลนสื่อการเรียนการสอน งบประมาณมีไม่เพียงพอต่อการจัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์สำหรับการสอนและการทดลอง ถ้ามีก็ไม่เพียงพอที่จะจัดซื้อได้เพราะชุดการทดลองส่วนมากจะมีราคาแพง จึงมีความสำคัญในการเรียนรู้และฝึกทักษะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดการเรียนในระดับที่สูงขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นแรงจูงใจให้ผู้วิจัยจัดทำชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2556 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ โดยกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนและเนื้อหาครอบคลุมรายวิชา เลือกใช้สื่อที่สอดคล้องกับจุดประสงค์รายวิชาและระดับของผู้เรียน โดยคาดว่าจะมีผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ทั้งนี้เพื่อที่จะนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้ในการปรับปรุงและแก้ไข

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

1.2.3 เพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 คุณภาพของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\overline{X} \geq 3.50$)

1.3.2 ประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่ใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร อยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\overline{X}$ ≥3.50)

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 กรอบแนวคิดในการพัฒนาชุดทดลอง

ในการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้วิจัยได้นำกรอบแแนวความคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (วัลลภ จันทร์ตระกูล.2552) และอรพันธ์ ประสิทธิรัตน์(อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์.2530) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร มี 3 ขั้นตอนดังนี้

1.4.1.1 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชา

1.4.1.2 การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์

1.4.1.3 การออกแบบและสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ปีการศึกษา 2560 ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 18 คน

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ การเรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

2. ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพและความพึงพอใจของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.5.3 ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2556 มีดังนี้

1. ใบงานการทดลองเรื่องเอสซีอาร์

2. ใบงานการทดลองเรื่องไดแอค

3. ใบงานการทดลองเรื่องไตรแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใบงานการทดลองเรื่องยูเจที
5. ใบงานการทดลองเรื่องพียูที
6. ใบงานรวม
7. ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ชุดทดลอง หมายถึง ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา ใช้งานควบควบคู่กับใบงานการทดลองและแบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานการทดลอง

1.6.2 ใบงานการทดลอง หมายถึง ส่วนของทฤษฎีโดยย่อที่เกี่ยวข้องกับการทำการทดลองลำดับขั้นตอนการทำกิจกรรมของผู้เรียน เพื่อทำให้เกิดความรู้ตามวัตถุประสงค์

1.6.3 แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง หมายถึง แบบทดสอบวัดความรู้การปฏิบัติใบงานการทดลอง นักเรียนทำหลังปฏิบัติจบตามขั้นตอนในใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ในแต่ละใบงาน ซึ่งแบ่งคะแนนทฤษฎีเป็น 20 คะแนน และปฏิบัติเป็น 80 คะแนน

1.6.4 แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง หมายถึง แบบประเมินผลการทดลองตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร แต่ละใบงานและใบงานรวมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมา

1.6.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบใช้วัดความรู้นักเรียนหลังจากการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2556 ในใบงานรวมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6.6 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 3 ปี ด้านอิเล็กทรอนิกส์ มีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่า

1.6.7 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะเนนของนักเรียนจากการใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

1.6.8 คุณภาพของชุดทดลอง หมายถึง ผลการประเมินชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริส – เตอร์ ที่ประเมิน โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.9 ประสิทธิภาพของชุดทดลอง หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2556 คือ ความสามารถทางด้านทฤษฎี(20%) และความสามารถทางการปฏิบัติ (80%) ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 (E_1/E_2)

1. เกณฑ์กำหนด 80 ตัวแรก หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ได้จากค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน ประกอบด้วย ค่าคะแนนเฉลี่ยจำนวนคำตอบที่นักเรียนตอบถูกจากคะแนนแบบฝึกหัดท้ายการทดลองและคะแนนใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของแต่ละใบงานรวมกัน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

2. เกณฑ์กำหนด 80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ(E_2) ได้จากค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนคำตอบที่นักเรียนตอบถูกจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปฏิบัติใบงานรวม หลังจากใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

1.6.10 ความพึงพอใจ หมายถึง ความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้ชุดทดลองประกอบการเรียนการสอนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานเขียนและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย โดยได้แบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรสื่อการเรียนการสอน
2.2 สื่อการสอนประเภทชุดทดลอง
2.3 การสอนลักษณะการทดลอง
2.4 การออกแบบและการสร้างชุดทดลอง
2.5 การวัดและประเมินผลการเรียน
2.6 วิธีการสร้างใบงานการทดลอง
2.7 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชา วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ละวงจร รหัสวิชา 2105-2005 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 มีลักษณะรายวิชาดังนี้

รหัสและชื่อวิชา	2105-2005 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร
สภาพรายวิชา	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
ระดับวิชา	ชั้น ปวช. ปีที่ 1
เวลาศึกษา	จำนวน 18 สัปดาห์ 90 ชั่วโมง
	ทฤษฎี 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
	ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์
หน่วยกิต	3 หน่วยกิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชาเพื่อให้

1. เข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. มีทักษะในการประกอบ วัดและทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์
3. มีกิจนิสัยในการค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมและปฏิบัติงานด้วยความละเอียด รอบคอบ และปลอดภัย

2.1.4 สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. วัดและทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

การศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมและสารกึ่งตัวนำ ชนิดพี ชนิดเอ็นและรอยต่อพีเอ็น โครงสร้างสัญลักษณ์ คุณลักษณะทางไฟฟ้าและการให้ไบอัสไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟตและอุปกรณ์ไทริสเตอร์ การทำงานของวงจรคอมมอนแบบต่างๆ ของทรานซิสเตอร์และเฟต วงจรขยายคลาส A,B,AB,C และ D การคัปปลิง วงจรขยายแบบคาสเคด ดาร์ลิงตัน วงจรคอมพลีเมนตารี การใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรขยายสัญญาณ วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรอื่นๆ การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การแปลความหมายของคุณลักษณะทางไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 10 หน่วยการสอน โดยวิเคราะห์จากคำอธิบายรายวิชา ซึ่งในแต่ละหน่วยการสอนใช้เวลาการสอน 5 คาบ คาบละ 60 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาในแต่ละหน่วย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.1 โครงการสอนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

สัปดาห์	หน่วย	รายการสอน	จำนวนชั่วโมงสอน
1	1	โครงสร้างอะตอมและสารกึ่งตัวนำ	5
2-3	2	ไดโอดและซีเนอร์ไดโอด	10
4	3	ทรานซิสเตอร์	5
5	4	เฟต	5
6-8	5	อุปกรณ์ไทริสเตอร์	15
9-11	6	วงจรคอมมอนทรานซิสเตอร์	15
12-13	7	วงจรขยาย	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สัปดาห์	หน่วย	รายการสอน	จำนวนชั่วโมงสอน
14	8	วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	5
15-16	9	วงจรออสซิลเลเตอร์	10
17	10	คู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	5
18		สอบปลายภาค	5

จากหน่วยการสอนทั้ง 10 หน่วย ผู้วิจัยได้นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องและให้คำแนะนำปรับปรุงแก้ไขบางส่วนเพื่อความเหมาะสม ผู้วิจัยจึงนำหน่วยต่อไปนี้มาใช้ในการวิจัยดังนี้

หน่วยที่ 5 อุปกรณ์ไทริสเตอร์

5.1 ไดแอค

5.2 ไตรแอก

5.3 เอสซีอาร์

5.4 ยูเจที

5.5 พียูที

5.6 ใบงานรวม

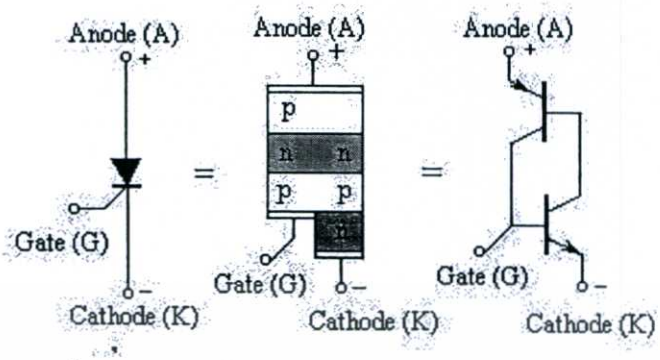
2.1.4. อุปกรณ์ไทริสเตอร์ (Thyrister)

ไทริสเตอร์ คือ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำหน้าที่สวิตช์เปิดหรือปิด เกิดจากการป้อนกลับแบบหมุนเวียนของรอยต่อ พีเอ็น P-N-P-N ไทริสเตอร์ประกอบด้วยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ 2 ขั้ว, 3 ขั้วหรือ 4 ขั้ว ก็ได้ ลักษณะการต่อเป็นสวิตช์ทางเดียวหรือสองทางก็ได้ อุปกรณ์ที่จัดว่าเป็นไทริสเตอร์ได้แก่ เอสซีอาร์ ไตรแอก ไดแอก พียูที ยูเจที เป็นต้น ไทริสเตอร์มีรูปร่างและตัวถังมากมายหลายแบบโดยทนกระแสค่าต่ำๆ ตั้งแต่ 0.5 A ไปจนถึงสูงสุดหลายร้อยแอมแปร์ นำไปใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

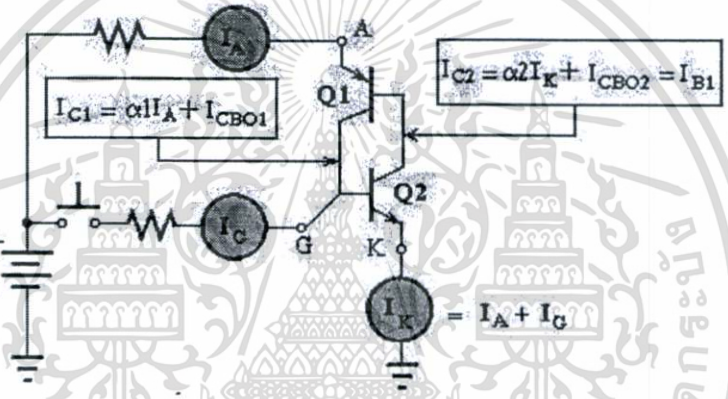
1. เอสซีอาร์ (Silicon Controlled Rectifiers)

SCR เป็นอุปกรณ์ที่มี 4 layer มีการไหลของกระแสทิศทางเดียวเหมือนกับ SUS ข้อแตกต่างระหว่าง SUS และ SCR คือ SCR สามารถควบคุมได้ ซึ่ง breakover voltage สามารถทำให้ต่ำลงได้โดยการใส่โวลท์และกระแสที่ขั้วควบคุมที่เรียกว่า เกต(gate) SCR สามารถใช้เป็น rectifier ที่ปรับค่าได้ รูปที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ของ SCR โครงสร้าง layer ถูกปรับปรุงให้สะดวกที่ขั้วเกต ซึ่งเป็นขั้วเบสของทรานซิสเตอร์ NPN สิ่งที่เหมือนกับไดโอดทั่วไป มีการไหลของกระแสทิศทางเดียวจากแอโนดไปยังแคโทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของ SCR



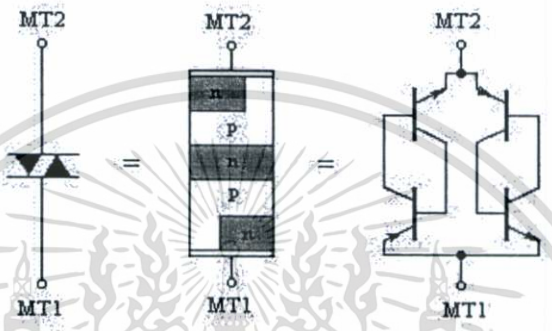
รูปที่ 2.2 แสดงการวิเคราะห์กระแส SCR

จากรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างการทำงานขั้นพื้นฐานของ SCR เมื่อสวิทช์ชนิด normally open push-button ถูกกด SCR จะไม่คงสภาพพื้นที่ forward blocking เมื่อปุ่มถูกกด กระแสเกต จะถูกส่งเข้าไปใน feedback loop ผ่านขั้วเบสของ Q2 ถ้ากระแสเกตถูกใส่ให้สูงพอ SCR จะถูกกระตุ้น (fire,trigger) และนำกระแสอย่างมาก อย่างไรก็ตามการที่จะทำให้ SCR ถูก trigger นั้น กระแสเกตที่ใส่ใช้ปริมาณที่น้อยมาก กระแสเกตนั้นจะน้อยกว่า กระแส switching, กระแส holding และกระแส saturation กระแสเล็กปริมาณเล็ก ๆ จะทำให้ Ik และ α (alpha ของ Q2) เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของ alpha และกระแสเกต ทำให้ Ic2 และ Ib1 เพิ่มซึ่งทำให้ α และ Ic1 เพิ่มด้วย เมื่อผลรวมของ alpha เป็น 1 SCR จะแลทช์ ดังนั้นกระบวนการแลทช์ใน SCR จะเกิดขึ้นโดยกระแสเกตแทนที่จะมีเพียงโวลท์ที่ขั้วแอโนดและแคโทดอย่างเดียวเหมือนใน SUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไดแอค (DIAC)

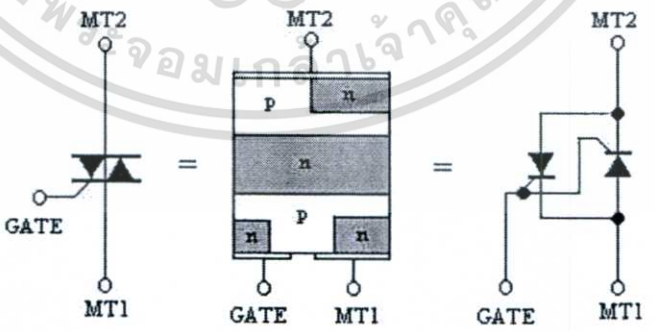
ไดแอค จะเป็นอุปกรณ์ที่มีการไหลของกระแส 2 ทิศทาง DIAC เป็นอุปกรณ์ trigger ไฟ AC ที่มี 2 ขั้ว ซึ่งสามารถจะ trigger ในด้านบวกและด้านลบของสัญญาณ AC สัญลักษณ์แสดงดังรูปที่ 2.3 ขั้วแอโนดและแคโทดไม่มีความหมายในที่นี้เพราะว่าอุปกรณ์ชนิดเป็นอุปกรณ์ที่มี 2 ทิศทาง ดังนั้นจึงเรียกเป็น main terminal 1 (MT1) และ main terminal 2 (MT2) แทน DIAC เป็น SUSs 2 ตัวที่ขนานกัน



รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์และโครงสร้างของไดแอก

3. ไตรแอค (TRIAC)

ไตรแอค เป็นสวิทช์ AC ที่มี 3 ขั้ว ขั้วหนึ่งเป็นขั้วเกตซึ่งใช้พิจารณา breakover voltage การทำงานของ TRIAC เหมือน SCR อย่างไรก็ตาม TRIAC สามารถที่จะทำงานได้ 2 ทิศทาง เนื่องจากกระแสสะสมในตัว TRIAC ทำให้ไม่สามารถ switch จากขั้วหนึ่งไปขั้วหนึ่งอย่างรวดเร็วได้ ดังนั้น TRIAC จึงเป็นอุปกรณ์ที่ ความถี่ต่ำมาก โดยทั่วไปใช้กับความถี่ที่ 50 - 60 Hz



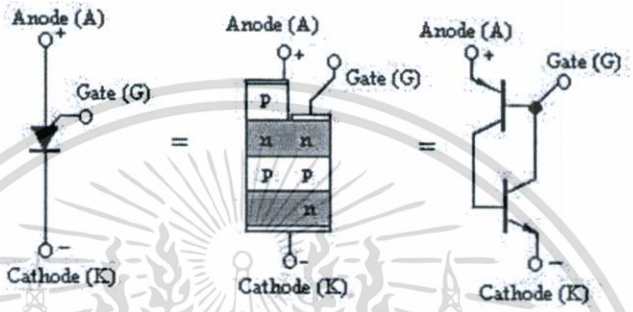
รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์และโครงสร้างของไตรแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRIAC เป็นไทริสเตอร์ที่มี 5 layer การทำงานเทียบเท่ากัน SCRs 2 ตัวต่อขนานกันแบบหักล้างขั้ว เนื่องจากมันเป็นอุปกรณ์ AC จึงไม่เรียกขั้วแอโนดหรือแคโทด แต่เรียกเป็น main terminals เหมือน DIAC

4. พียูที (Programmable Unijunction Transistors)

programmable unijunction transistor (PUT) เป็นไทริสเตอร์ที่มี 4 layer เหมือน SUS PUT มีข้อดีที่มีความเร็วสูง, sensitive สูง, ราคาถูก และสามารถโปรแกรมได้



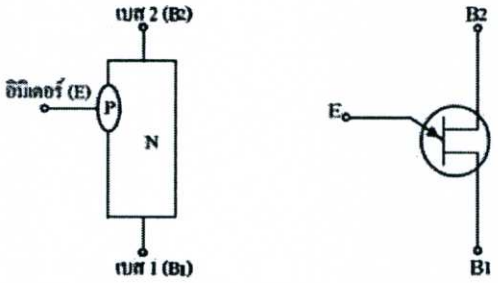
รูปที่ 2.5 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ PUT

จากรูปที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์ของ PUT มีสัญลักษณ์เหมือน SCR แต่ต่างกันที่ขั้วเกตจะอยู่คนละด้านกัน ขั้วเกตจะใกล้ขั้วแอโนดแทนที่จะใกล้ขั้วแคโทดเหมือน SCR ตำแหน่งของขั้วเกตใน PUT จะอนุญาตให้เราใส่ ตัวแบ่งโวลท์ที่ขั้วเกตเพื่อ reverse bias ขั้วแอโนดให้ turn off ได้ โวลท์ที่แอโนดต้องประมาณ 0.7 หรือมากกว่า

5.ยูเจที (Unijunction Transistor)

ยูเจที (UJT) ย่อมาจาก "Unijunction Transistor" อ่านออกเสียงว่า ยูนิจังชั่นทรานซิสเตอร์ เป็นตัวอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีโครงสร้างเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N แท่งหนึ่งแล้วทำการต่อขั้วเข้าที่ปลายของสารกึ่งตัวนำนั้น โดยนำแท่งสารกึ่งตัวนำชนิด P มาต่อให้เกิดรอยต่อที่บริเวณตรงกลางแท่งสารกึ่งตัวนำชนิด N ค่อนไปทางด้านบนเล็กน้อย ตรงรอยต่อสารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P จะเสมือนกับเป็นไดโอดตัวหนึ่งและต่อขาออกจากปลายทั้งสาม ซึ่งขาที่ต่อออกจากสารกึ่งตัวนำชนิด P จะเป็นขาอิมิตเตอร์ ส่วนขาที่ต่อออกจากแท่งสารกึ่งตัวนำชนิด N ที่ใกล้กับสารกึ่งตัวนำชนิด P เรียกว่าขา B1 และขา B2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ UJT

2.2 สื่อการเรียนการสอน

2.2.1 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

จินตนา (2540 : 11) กล่าวถึงความหมายของสื่อการเรียนการสอน (Instructional Materials) หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือที่จัดทำขึ้น ซึ่งมีข้อมูลเนื้อหาสาระที่เป็นประโยชน์ต่อประสบการณ์เรียนรู้ สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนของครูและนักเรียนให้เป็นไปตามหลักสูตรกำหนด สื่อการเรียนการสอนเป็นองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งที่ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหา เกิดทักษะกระบวนการและความรู้สึกนึกคิดต่างๆ อันจะนำไปสู่จุดหมายของหลักสูตร

โสภณ (2550 : ออนไลน์) กล่าวว่า คำว่า “สื่อ” (Media) เป็นคำศัพท์ที่มาจากภาษาละติน “medium” แปลว่า “ระหว่าง” หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่บรรจุข้อมูลเพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับสามารถสื่อสารกันได้ตรงตามวัตถุประสงค์ เมื่อมีการนำสื่อมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนก็เรียกสื่อนั้นว่า “สื่อการเรียนการสอน” (InstructionalMedia) หมายถึงสื่อชนิดใดก็ตามที่บรรจุเนื้อหา หรือสาระการเรียนรู้ ซึ่งครูผู้สอนและผู้เรียนใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้เนื้อหา หรือสาระนั้นๆ การเรียนการสอนในภาพลักษณะเดิมๆ มักจะเป็นการถ่ายทอดสาระความรู้จากผู้สอนไปยังผู้เรียน โดยใช้สื่อการเรียนการสอนเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดความรู้ ความคิด ทักษะและประสบการณ์ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่า การเรียนรู้ไม่ได้จำกัดเฉพาะห้องเรียนหรือในโรงเรียน ผู้สอนและผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากสื่อต่างๆ อย่างหลากหลายสามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลาและทุกสถานที่ สื่อที่นำมาใช้เพื่อการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงเรียกว่า “สื่อการเรียนรู้” ซึ่งหมายถึงทุกสิ่งทุกอย่างท่อยู่รอบตัวไม่ว่าจะเป็นวัสดุ ของจริง บุคคล สถานที่ เหตุการณ์ หรือความคิดก็ตาม ถือเป็นสื่อการเรียนรู้ทั้งสิ้น ขึ้นอยู่กับว่าเราเรียนรู้จากสิ่งนั้นๆ หรือนำสิ่งนั้นๆ เข้ามาสู่การเรียนรู้ของเราหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อการเรียนการสอน (InstructionalMedia)หมายถึง สื่อใดๆ ก็ตาม เช่น รูปภาพโทรทัศน์ วีดีทัศน์ แผนภูมิ ซึ่งได้บรรจุเนื้อหาเดียวกับการเรียนการสอน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับผู้สอนส่งไปถึงผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนได้ตั้งไว้เป็นอย่างดี

2.2.2 ประเภทของสื่อการเรียนรู้

โสภณ (2550 : ออนไลน์) กล่าวว่า สื่อการเรียนรู้จำแนกออกลักษณะได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. **สื่อสิ่งพิมพ์ หมายถึง หนังสือและเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่แสดงหรือเรียบเรียงสาระ**ความรู้ต่างๆ ใช้ตัวหนังสือเป็นตัวเขียนหรือตัวพิมพ์เป็นสื่อในการแสดงความหมาย สื่อสิ่งพิมพ์มีหลายชนิด ได้แก่ เอกสาร หนังสือเรียน หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร บันทึก รายงาน ฯลฯ
สื่อเทคโนโลยี หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่ผลิตขึ้นใช้ควบคู่กับเครื่องมือโสตทัศนวัสดุหรือเครื่องมือเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น แถบบันทึกภาพพร้อมเสียง (วีดีทัศน์) แถบบันทึกเสียง ภาพนิ่ง สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สื่อเทคโนโลยี ยังหมายรวมถึงกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ เช่น การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการเรียนรู้ การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม เป็นต้น

2. สื่ออื่นๆ นอกเหนือจากสื่อ 2 ประเภทยังมีสื่ออื่นๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อเทคโนโลยี สื่อที่กล่าวนี้ ได้แก่

2.1 บุคคล หมายถึง บุคคลที่มีความรู้ ความสามารถ ความเชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ ซึ่งสามารถถ่ายทอด สาระความรู้ แนวคิดและ ประสบการณ์ไปสู่บุคคลอื่น เช่น บุคลากรในท้องถิ่น แพทย์ ตำรวจ นักธุรกิจ เป็นต้น

2.2 ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งมีอยู่ตามธรรมชาติและสภาพแวดล้อมตัวผู้เรียน เช่น พืชผักผลไม้ ปรากฏการณ์ ห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

2.3 กิจกรรม / กระบวนการ หมายถึง กิจกรรมหรือกระบวนการที่ผู้สอนและผู้เรียนกำหนดขึ้นเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ ใช้ฝึกทักษะซึ่งต้องใช้กระบวนการคิด การปฏิบัติการเผชิญสถานการณ์และ การประยุกต์ความรู้ของผู้เรียน เช่น บทบาทสมมติ การสาธิต การจัดนิทรรศการ การทำโครงงาน เกม เพลง เป็นต้น

2.4 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ หมายถึง วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้เพื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น หุ่นจำลอง แผนภูมิ แผนที่ ตาราง สถิติ รวมถึงสื่อประเภทเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ทดลองวิทยาศาสตร์ เครื่องมือช่าง เป็นต้น

2.2.3 คุณค่าของสื่อการสอน

กิดานันท์ มลิทอง(2548 : 48-55) กล่าวว่า สื่อการสอนสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งผู้เรียนและผู้สอน ดังต่อไปนี้

1. สื่อกับผู้เรียน สื่อการเรียนการสอนมีความสำคัญและคุณค่าต่อผู้เรียนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เป็นสิ่งช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

3. สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความเข้าใจให้กับผู้เรียนทำให้เกิดความรู้สนุกสนานและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกันหากเป็นเรื่องของนามธรรมและยากต่อความเข้าใจ และช่วยให้เกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียน

4. การใช้สื่อจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียนนั้น

5. ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น เกิดมนุษยสัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและกับผู้สอนด้วย

6. สร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ และช่วย

7. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยการจัดให้มีการใช้สื่อในการศึกษารายบุคคล

8. สื่อกับผู้สอน สื่อการเรียนการสอนมีความสำคัญและคุณค่าต่อผู้สอนดังนี้

9. การใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆประกอบการเรียนการสอน เป็นการช่วยให้บรรยากาศในการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความกระตือรือร้นในการสอนมากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

10. ช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหาเพราะสามารถนำสื่อมาใช้ซ้ำได้ และบางอาจให้นักศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

11. เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลผลิตวัสดุและเรื่องราวใหม่ๆเพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่างๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม สื่อการสอนจะมีคุณค่าต่อเมื่อผู้สอนได้นำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้น ก่อนที่จะนำสื่อแต่ละอย่างไปใช้ ผู้สอนควรจะศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อการสอน ข้อดีและข้อจำกัดอันเกี่ยวเนื่องกับตัวสื่อและการใช้สื่อแต่ละอย่าง ตลอดจนการผลิตและการใช้สื่อให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การจัดการการเรียนการสอนบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ที่วางไว้

2.1.1 การเลือกสื่อการสอน

ชุดการสอนและสื่อการเรียนการสอนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากที่ให้ชุดการสอนมีประสิทธิภาพสูงหรือต่ำดังนั้นในการสร้างชุดการสอนจะต้องเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม

ลัดดา ศุขปรีดี(2523:67) กล่าวถึงหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสื่อการเรียนการสอน 4 ประการ พอสรุปได้ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เลือกสื่อที่สอดคล้องกับมุ่งหมายของการเรียนการสอน

2. เลือกสื่อที่สอดคล้องกับลักษณะการตอบสนองและพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของผู้เรียนที่คาดหวังจะให้เกิดขึ้น

3. เลือกสื่อที่เหมาะสมกับความสามารถประสบการณ์เดิมของผู้เรียนแต่ละคน

4. เลือกสื่อและอุปกรณ์ที่พอจะหาได้ไม่จำเป็นต้องเป็นสื่อที่มีราคาแพงเสมอไป

ไชยยศ เรืองสุวรรณ(2526:157) กล่าวถึงหลักการเลือกสื่อการเรียนการสอนว่า

1. สื่อต้องสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายและเรื่องที่สอน
2. สื่อต้องเหมาะสมกับความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียน
3. เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน
4. เนื้อหาและวิธีใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน
5. น่าสนใจทันสมัยและไม่ซับซ้อน
6. เนื้อหามีความถูกต้อง
7. เทคนิคการผลิตดีเช่นเกี่ยวกับขนาดสีเสียงภาพความเป็นจริงและการจูงใจ
8. เป็นสื่อที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
9. สามารถนำเข้าร่วมในการเรียนการสอนได้ดี
10. ถ้ามีสื่อการเรียนการสอนหลายอย่างในเรื่องเดียวกันให้พิจารณาว่าสิ่งใดเหมาะสมที่สุดจะทำให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้เรียนได้ดีที่สุดในเวลาอันสั้นที่สุด

จริยา เหนียมเฉลย (2546 : 9-10) กล่าวว่า

1. ความเหมาะสมสื่อที่จะใช้นั้นเหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการสอนหรือไม่
2. ความถูกต้องสื่อที่จะใช้ช่วยให้นักศึกษาได้ข้อสรุปที่ถูกต้องหรือไม่ในเนื้อหา
3. ความเข้าใจสื่อที่ใช้นั้นช่วยให้เด็กนักศึกษารู้จักคิดอย่างมีเหตุผลและให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่นักศึกษาหรือไม่
4. ประสบการณ์ที่ได้รับสื่อที่จะใช้นั้นช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์แก่นักศึกษาหรือไม่
5. เหมาะสมกับวัยระดับชั้นจำนวนผู้เรียนความสามารถความสนใจรวมทั้งทักษะและรูปแบบการเรียนของนักศึกษาหรือไม่
6. เหมาะสมกับทัศนคติและทักษะของครูผู้สอนหรือไม่
7. ใช้การได้ดีในแง่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ดีหรือไม่
8. คุ้มกับราคาและการลงทุนในการผลิตและการนำมาใช้
9. สื่อนั้นช่วยให้นักศึกษาร่วมกิจกรรมตามที่ครูต้องการหรือไม่
10. ระยะเวลาในการเสนอสื่อการสอนนั้นเหมาะสมหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. สื่อนั้นช่วยเสนอแนะกิจกรรมอื่นๆที่นักศึกษาอาจปฏิบัติเพิ่มเติมได้หรือไม่

12. มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้นั้นแค่ไหนอาทิเช่นสถานที่แสงสว่างสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆเป็นต้น

2.2 สื่อการสอนประเภทชุดทดลอง

2.2.1 **ความหมายของชุดทดลอง** จากการศึกษาค้นคว้ารายละเอียดเกี่ยวกับความหมายของชุดทดลองนักการศึกษาได้ให้ ความหมายของชุดทดลองไว้ดังนี้

มนต์ชัย เทียนทอง(2530 : 67) ชุดทดลอง (Experiment Set) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการ สอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎสูตรหรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้วหรือใช้เพื่อทดลองหาความสัมพันธ์สร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่โดยแสดงผลให้เห็นจริงได้ในรูปของค่าที่แสดงความร้อนแสงเสียงหรือปฏิกิริยาอื่นๆ ปัจจุบันได้มีการใช้ชุดทดลองในลักษณะของการสาธิตหน้าชั้นเรียนหรือเป็นชุดฝึกสำหรับการเรียน รายบุคคลกันแพร่หลายโดยเฉพาะการเรียนการสอนวิชาประลอง(Laboratory) แม้แต่การเรียนวิชาปกติใน ชั้นเรียนก็ตามเนื่องจากผู้สอนได้เล็งเห็นประโยชน์ที่แท้จริงของชุดทดลองที่มีต่อการเรียนการสอนว่าทำให้ การเรียนรู้เห็นจริงได้นอกจากนั้นยังทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนค่อนข้างสูงด้วย

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต(2528 : 144) การทดลองหรือการปฏิบัติการหมายถึงการกระทำ ที่เป็นประสบการณ์ตรง เกี่ยวกับวัสดุหรือข้อเท็จจริงดังนั้นการสอนแบบทดลองหรือปฏิบัติการหมายถึงกระบวนการการสอนที่ใช้ ประสบการณ์ตรงเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือข้อเท็จจริง

สุชาติ (2526 : 32) การทดลองหรือการประลองเป็นการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หลักการและข้อเท็จจริงจากการที่คนอื่นๆได้ค้นพบไว้แล้วเป็นการทบทวนและย้ำว่ามันเป็นไปตามที่ ได้มีผู้ศึกษาแล้วไว้อย่างไรบ้างเป็นการพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียนและ ส่วนใหญ่จะฝึกปฏิบัติในสิ่งที่คนอื่นฝึกและได้ผลมาแล้วจากสิ่งที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้สรุปได้ว่าชุด ทดลองหมายถึงเครื่องมือหรือสื่ออุปกรณ์ช่วยสอนชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอนโดยเน้น ให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติเพื่อที่จะพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียนการสอนวิธีแบบทดลอง (Experimental Method) วิธีสอนแบบทดลองหมายถึงวิธีสอนที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติศึกษาค้นคว้าด้วยการทดลองเพื่อ พิสูจน์หลักการทฤษฎีที่ค้นพบไว้

อาภรณ์ (2537 : 114) วิธีสอนแบบทดลองเป็นวิธีสอนที่นิยมใช้ในการสอนเพื่อให้นักเรียนค้นคว้าหาความจริงด้วยตนเองในการสอนโดยการทดลองนั้นครูจะยกปัญหาขึ้นมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยใคร่หาคำตอบครูจะไม่อธิบายหลักการหรือทฤษฎีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา แต่ครูจะให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเองจากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนี้จะทำให้ทราบคำตอบของปัญหาโดยดูจากผลที่ได้จากการทดลองการสอนโดยวิธีทดลองนี้เป็นการเรียนที่ นักเรียนมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนร่วมในการกระทำเป็นการเรียนที่เรียกว่า Active Learning ผู้เรียนจะไม่เกิดความเบื่อหน่าย (ลา พอง,2530 : 148)

สมเชาว์ และสมพงษ์ (2525:317) ได้กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองจะทำให้ผู้สอนได้รู้ถึงประสิทธิภาพของชุดทดลอง ในขณะเดียวกันก็จะรู้ถึงจุดบกพร่องหรือจุดอ่อนของชุดทดลอง ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับปรับปรุงชุดทดลองให้ดียิ่งขึ้น ฉะนั้นการทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดทดลองจะช่วยให้ผู้สอนเกิดความมั่นใจว่าชุดทดลองนั้นๆมีประสิทธิภาพหรือไม่ เพราะถ้าชุดทดลองมีประสิทธิภาพต่ำจะทำให้ผลการเรียนรู้ของนักศึกษาต่ำไปด้วย

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2529:40-42) ได้กล่าวว่า วัตถุประสงค์ของชุดทดลองที่ผ่านการวิเคราะห์ และตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์การสอน หรือชุดทดลองที่ทำการออกแบบ สามารถนำไปใช้เป็นทั้งอุปกรณ์การสอนของครู และเป็นอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมของผู้เรียน ชุดทดลองจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ความสามารถในการทำงานทางด้านช่างอุตสาหกรรม การศึกษาทางด้านช่างอุตสาหกรรม สื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลองหรือชุดสาธิต เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักศึกษาช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมมากที่สุดเพื่อที่สามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี ชุดทดลองและชุดสาธิตการทดลองต่างๆจึงมีการผลิตขึ้นอย่างมากมาย การออกแบบ และการสร้างสื่อประเภทชุดทดลองนั้น จำเป็นต้องนำหลักการด้านการออกแบบทางวิศวกรรมเชิงปฏิบัติ มาประยุกต์กับหน่วยงานที่ออกแบบ

วิธีสอนโดยใช้การทดลองคือกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดโดยการให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาตั้งสมมติฐานในการทดลองและลงมือทดลอง ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลสรุปอภิปรายผล การทดลองและสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทดลอง

2.3.2 วัตถุประสงค์ของการสอนแบบทดลอง อาภรณ์ (2537 : 115) กล่าวว่าวิธีสอนแบบทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการทดลองค้นคว้าด้วยตนเอง
2. ให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์การทดลองต่างๆให้สามารถใช้ได้อย่างถูกต้องและเป็นแนวทางในการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ๆต่อไป
3. ฝึกปฏิบัติงานทดลองค้นคว้าหาข้อเท็จจริงอย่างมีระบบขั้นตอนและรอบคอบ
4. ฝึกการสังเกตคิดวิเคราะห์สรุปผลและรายงานตามความเป็นจริงที่ค้นพบ

2.3.3 ใบงาน เป็นการทำกิจกรรมของผู้เรียน เพื่อให้ได้เนื้อหาตามวัตถุประสงค์โดยให้นักศึกษาร่วมกันคิดถกปัญหาในระหว่างการทดลองหรือสำหรับวิเคราะห์หลังจากผ่านการทดลองไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสอนลักษณะการทดลอง

การทดลองด้วยตนเอง หมายถึง การสอนเนื้อหาวิชา โดยให้ผู้เรียนทำการทดลองด้วยตนเองเป็นวิธีการสอนทำให้เกิดการเรียนรู้จากการค้นพบจากผลการทดลองผู้เรียนได้รับความรู้จากประสบการณ์ตรงซึ่งเป็นรูปธรรมมากที่สุด การเรียนรู้เป็นจุดหมายปลายทางของการศึกษา ควรจะส่งเสริมให้มีการเรียนการสอนแบบทดลองมากๆ (อัญชลี แจ่มเจริญ. 2526:45)

2.4.1 ประโยชน์ของการสอนโดยให้ผู้เรียนทำการทดลองด้วยตนเอง มีดังนี้

1. ทำให้เกิดความสนใจในบทเรียน
2. ทำให้มองเห็นว่าเป็นสิ่งแปลกใหม่
3. ทำให้มองเห็นและจับต้องได้
4. ทำให้ค้นหาคำตอบได้เอง
5. ทำให้สนุกสนานกับการเรียน
6. ทำให้ความคิดรวบยอดชัดเจนยิ่งขึ้น

2.4.2 การทดลองด้วยตนเองสอดคล้องกับหลักการเรียนที่ดี

1. บอกจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนผู้เรียนทราบว่าตนเองจะทำการทดลองเพื่อพิสูจน์หรือค้นหาคำตอบอะไร

2. บอกความคาดหมายผลสุดท้ายที่ตนทำการทดลองได้แม้ทดลองนั้นจะล้มเหลวก็ตาม

3. การทดลองด้วยตนเองจะต้องทำไปทีละน้อยตามลำดับขั้น และจะเห็นผลตอบ แทนทันที

4. ผู้เรียนเป็นผู้กระทำเอง

5. บอกวิธีเรียน คือ การทดลองด้วยตนเอง

6. เป็นการทำซ้ำจำได้แม่นยำเพราะหากการทดลองไม่ตรงตามความคาดหมายจะต้องกลับไปทำใหม่

7. เนื้อหาตรงจุดมุ่งหมาย หมายถึง กระบวนการปฏิบัติจะต้องสอดคล้องกับสิ่งที่ตนต้องการทดลองหรือพิสูจน์เพื่อให้ได้คำตอบ

8. การทดลองขึ้นที่ 1 ไปสู่ขั้นที่ 2 จนถึงขั้นสุดท้ายเป็นการปฏิบัติแบบต่อเนื่อง

9. การทดลองเป็นการล่อใจ

10. เป็นการเรียนด้วยการปฏิบัติจริง ซึ่งจะก่อให้เกิดความเข้าใจและจำได้แม่นยำ

2.4.3 หลักการสอนโดยให้ผู้เรียนทำการทดลองด้วยตนเอง

1. ต้องเป็นการทดลองที่เร้าให้เกิดความคิดและประหลาดใจจนถึงขั้นนำไปสู่การแก้ปัญหาในที่สุด

2. ผู้เรียนจะต้องรู้จุดมุ่งหมายของการทดลองแต่ละครั้งเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ครูต้องเตรียมแผนการทดลองด้วยความละเอียดถี่ถ้วน

4. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทดลองมากที่สุด

5. ครูต้องให้ผู้เรียนปฏิบัติโดยเป็นตัวของตัวเองมากที่สุด

6. ครูต้องทำการทดลองก่อนเพื่อความแน่ใจ

7. ครูต้องสร้างให้ผู้เรียนเกิดการสังเกต ควบคู่ไปกับการทดลองเสมอๆ โดยกำหนดไว้ตามขั้นตอนต่าง ๆ

8. ใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน

9. การทดลองทุกครั้งต้องสรุปผลและถ้าเป็นไปได้ ควรเขียนรายงานสรุปด้วยตนเอง (อธิณัฏฐ์ พรหมศิริ. 2521:92)

2.5 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

แนวทางหนึ่งในการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนสาขาช่างอุตสาหกรรม คือ การมีสื่อการเรียนการสอนที่ดีสอดคล้องกับหลักสูตร และผู้สอนได้นำไปใช้ได้อย่างถูกวิธี จะเป็นผลให้คุณภาพการสอนดีขึ้น

2.5.1 กรอบแนวความคิดในการสร้างชุดทดลอง

สำหรับแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวความคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (วัลลภ จันทร์ตระกูล.2552) และอรพันธ์ ประสิทธิรัตน์(อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์.2530) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

1. กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ที่ดำเนินควบคู่กันไป คือการศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชา การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร การสำรวจโรงงานและการสำรวจสถานศึกษา

1.1 การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อการวางโครงร่าง ลำดับความสัมพันธ์และแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาวิชาที่จะทำการออกแบบสร้างสื่อการสอน โดยการศึกษาจากตำรา เอกสารการสัมมนา ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญและศึกษางานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.2 การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร เพื่อศึกษาความสอดคล้องและความแตก ต่างของหลักสูตรใช้เรียนของสถานศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน โดยการศึกษาจากเอกสารหลักสูตร การสอบถามครูผู้สอน ผลที่ได้จะช่วยในการเลือก และกำหนดหัวข้อเรื่องได้สอดคล้องกับหลักสูตร

1.3 การสำรวจสถานศึกษา เป็นการเรียนรู้วิธีการเรียนการสอน ความพร้อมเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในสถานศึกษา ตลอดจนปัญหา และอุปกรณ์ในการเรียนการสอนโดยการสำรวจหรือสอบถามจากครูผู้สอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา เพื่อให้สามารถจำแนกเป็นส่วนต่างๆเท่าที่จำเป็น กล่าวคือให้รู้จุดมุ่งหมายและหน้าที่ของชุดฝึกว่าจะต้องทำอย่างไรจึงสามารถทำงานได้ตามต้องการและสามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาได้อย่างครบถ้วน

3. การออกแบบและสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของุดทดลองที่ผ่านการวิเคราะห์และตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบและสร่งอุปกรณ์การสอนหรือชุดทดลองที่ทำการออกแบบนี้สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การสอนของครูและอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมของนักเรียน ชุดทดลองจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการทำงานด้านช่างอุตสาหกรรม เนื่องจากนักเรียนช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องได้รับประสบการณ์จากการเรียนที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี การออกแบบและสร้างสื่อประเภทชุดทดลองนั้นจำเป็นต้องนำหลักการด้านการออกแบบทางด้านวิศวกรรมเชิงปฏิบัติมาประยุกต์ใช้กับงานที่ออกแบบสร้างตามลำดับดังนี้

3.2 กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดทดลองไปใช้ในการเรียนการสอน ควรดำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การออกแบบสร้างจะสำเร็จผลตามเป้าหมายและใช้ได้จริงจะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ ประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียน ข้อมูลทางด้านวิชาการและกลุ่มผู้เรียน จากนั้นนำไปเขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆ และกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดทดลองที่ออกแบบสร้าง

3.3 การกำหนดหน้าที่ของชุดทดลอง จากคุณลักษณะของชุดทดลองที่กำหนดขึ้นมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำพื้นฐาน ซึ่งจำทำให้เราทราบถึงรายการหน้าที่ต่างๆของชุดทดลองนั้น

3.4 การศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชุดทดลองทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ พลังงานและสัญญาณ สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ ภาพร่างต่างๆหรือแบบของวงจร เพื่อให้สามารถทราบถึงส่วนประกอบอุปกรณ์ให้มากที่สุด ชิ้นส่วนที่นำมาประกอบควรพิจารณาถึงความยากง่ายในการผลิตอุปกรณ์

3.5 การวิเคราะห์และตัดสินเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ โดยพิจารณาเกณฑ์ที่กำหนดเรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษาและราคา

3.6 กาสร้างต้นแบบและการตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ได้แล้วต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าวๆหรือเป็นภาพงานชิ้นง่ายๆจากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบในขั้นตอนนี้จะต้องมีการทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ

3.7 การเขียนแบบเพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดลองจะต้องมีแบบ ทั้งแบบภาพประกอบและการแยกชิ้นหรือแบบลายวงจรของแผ่นวงจรพิมพ์

3.8 การเตรียมเอกสารประกอบ อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปควรต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อผู้ใช้จะได้ใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอนจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้วิจัยเพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่างๆ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทานและความสะดวกในการลอกเลียนขึ้นมาทำใหม่

3.10 อลงกรณ์ หาญรินทร์(2547:13-14)ได้กล่าวถึงรูปแบบของชุดทดลองไว้ในคู่มือปฏิบัติงาน เรื่องการออกแบบและสร้างต้นแบบชุดทดลองและชุดสาธิต (2543:1-4) ไว้ว่าการออกแบบชุดทดลองสามารถทำได้หลายลักษณะ เช่น แผงทดลอง(Experimental Panels) โมดูลเสียบ(Plug-in Modules) และอุปกรณ์เสียบ(Plug-in Components)

2.5.2 แผงทดลอง (Experimental Panels)

เป็นชุดที่ใช้สอนหรือใช้ฝึกในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ อาจเป็นชุดที่ติดตั้งอยู่บนโต๊ะหรือแขวนอยู่บนฝาหรือตั้งบนพื้นหน้าห้องเรียน เพื่อให้ผู้เรียนทั้งห้องสามารถมองเห็นได้ แผงทดลองทำด้วยแผ่นพลาสติกหรือเบกาไลต์ที่มีความหนา 5 มม. สูง 297 มม. กว้าง 130 มม. หรือมากกว่า ด้านหลังมีฝาปิด แผงทดลองที่ต้องการความแข็งแรง เช่น การควบคุมนิวแมติกอาจทำด้วยแผ่นอลูมิเนียม อุปกรณ์จะยึดติดกับแผ่นด้านหลังหรือฝังอยู่ด้านหลัง การต่อวงจรไฟฟ้าจะใช้ปลั๊กนิรภัยขนาด 4 มม. หรือ 2 มม. ยึดติดด้านหน้าแผ่นสัญญลักษณ์และคำอธิบายจะพิมพ์ด้านบนด้านหน้าแผ่นและไม่สามารถลบออกได้

2.5.3 โมดูลเสียบ (Plug-in Modules)

เป็นชุดอุปกรณ์ที่ต่อกันเป็นชุดหรือวงจรสำเร็จรูปประกอบอยู่ในกล่องหรือกระเป๋าสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยมือเวลาใช้งานจะถอดฝาออก ภายในฝาจะเป็นที่เก็บอุปกรณ์สำหรับทดลอง ด้านล่างของกล่องโมดูลมีขาเสียบขนาด 4 มม. ที่สามรถเสียบลงบนแผ่นกริด(Grid Pattern) ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเสียบ 19 มม. ได้โมดูลทำด้วยพลาสติกหรืออลูมิเนียม โดยพิมพ์สัญลักษณ์ของวงจรด้านบนกล่อง

2.5.4 อุปกรณ์เสียบ(Plug-in Components)

มีการเป็นไปได้ที่การทดลองจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ทดลองทีละตัว เช่น ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ เพื่อให้ง่ายและสะดวกรวดเร็วในการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์จึงประกอบไว้ในกล่อง พลาสติกใสที่ขาเสียบขนาด 4 มม.

การออกแบบสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเป็นสิ่งยุ่งยาก และค่อนข้างละเอียด ผู้สร้างจะต้องพิจารณาองค์ประกอบทุกๆด้านที่เกี่ยวข้อง ประการแรกที่สำคัญได้แก่ การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของบทเรียน ว่าเนื้อหาหลักต้องการอะไร ผู้เรียนต้องมีกิจกรรมอย่างไรจึงจะแสดงว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การวัดผลและประเมินผลการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) นั้นหมายถึงคุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันซึ่งเกิดจากการเรียนการสอน ที่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่กิดขึ้นจากการฝึกอบรมหรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์ (Level of Accomplishment) ของบุคคล จะแสดงให้เห็นว่าเรียนแล้วมีความรู้เท่าไร มีความสามารถอย่างไร ซึ่งสามารถวัดผลได้ 2 แบบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและตามลักษณะวิชาที่สอน (ไพศาล หวังวานิช.2526:89) คือ

2.6.1 การวัดด้านเนื้อหา

เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา (Content) ประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงการแสดงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆสามารถวัดได้โดยใช้ “แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์” (Achievement Test)

2.6.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของคำถามหรือกลุ่มงานที่ใช้เป็นสิ่งเร้าในการวัดคุณสมบัติใดคุณสมบัติหนึ่งของบุคคล โดยที่บุคคลนั้นเมื่อได้รับสิ่งเร้าจะแสดงพฤติกรรมตอบสนองที่สามารถวัดได้สังเกตุได้ ซึ่งจะนำไปสู่การแปลความหมายของผลได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดของคำถามที่มุ่งวัดความรู้ความสามารถ ทักษะและสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆของผู้เรียนหลังเกิดการเรียนรู้ขึ้น

1. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การจำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น สามารถจำแนกประเภทออกได้ตามเกณฑ์ต่อไปนี้

1.1 ลักษณะการวัดและประเมินผล

1.2 จุดมุ่งหมายของการใช้

1.3 จุดประสงค์ของการสอบ

1.4 ลักษณะรูปแบบคำถาม

1.5 ลักษณะการสร้าง

1.6 จำนวนข้อสอบ

1.7 เวลาในการสอบ

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอนการสร้างที่สำคัญ สรุปได้ 3 ขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนสร้างข้อสอบ ประกอบด้วย

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบ ตามรูปแบบในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนจะเริ่มเขียนข้อสอบ ผู้สร้างข้อสอบจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบให้ชัดเจนว่าจะวัดเพื่ออะไร จะได้เขียนและสร้างข้อสอบให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายนั้น

2. การกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ผู้สร้างข้อสอบจะต้องมีให้กำหนดขอบเขตเนื้อหาและพฤติกรรมที่จะสอบวัด

3. การกำหนดลักษณะของข้อสอบ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะเป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่มก็ได้ ซึ่งลักณธข้อสอบจะเป็นปรนัยหรืออัตนัยก็ได้ หรือรวมกันก็ได้

4. การกำหนดส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการสอน ได้แก่ ความยาวของแบบทดสอบหรือจำนวนข้อสอบและคะแนน ระยะเวลาที่ให้ทำแบบทดสอบ วิธีดำเนินการสอบ วิธีการตรวจให้คะแนน การแปลความหมายของคะแนน ตลอดจนค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการสอน

ขั้นตอนที่ 2 การลงมือสร้างข้อสอบ มีหลักในการลงมือสร้างข้อสอบมีดังนี้

1. ผู้สร้างควรีความรู้หรือผู้รอบรู้ในสาระเนื้อหาวิชาที่จะสร้างข้อสอบและผู้รู้เทคนิคการสร้างคำถาม

2. ลักษณะหรือประเภทของข้อสอบที่เหมือนกัน ควรจัดให้อยู่ตอนเดียวกันเป็นหมวดหมู่ซึ่งจะช่วยให้ง่ายในการตรวจให้ตะแนนและช่วยให้ผู้เรียนทำข้อสอบได้สะดวก
ไม่ใช้คำหรือข้อความชี้คำตอบ

3. ควรให้เนื้อหาบังคับคำตอบไม่ใช่แบบของคำหรือข้อความที่ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สามารถเดาคำตอบได้

4. ควรเขียนข้อสอบด้วยภาษาย ตรงไปตรงมา ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

5. ไม่ควรให้ข้อสอบข้อใดข้อหนึ่งไปแนะนำคำตอบอีกข้อหนึ่ง

6. ไม่ควรลอกข้อความโดยตรงจากหนังสือมาสร้างข้อสอบ โดยเฉพาะข้อสอบแบบเติมคำหรือถูกผิด เพราะถ้าลอกมาไม่หมดจะทำให้ข้อสอบคลุมเคลือ

7. ความยากของข้อสอบแต่ละข้อควรอยู่ที่ระดับปานกลางเรียงข้อสอบตามความยากง่าย

8. คำสั่งข้อสอบควรกระทัดรัด ชัดเจน และสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้งาน

ตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3คน หรือ 5 คนพิจารณา ประเมินผลความตรงเชิงเนื้อหาจากค่าดัชนี ความสอดคล้องเป็นรายข้อ IOC (Item objective concurence) ตลอดจนความชัดเจนและความถูกต้องในการใช้ภาษา และแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสอดคล้องของเครื่องมือทีละข้อทั้งด้านภาษา ด้านเนื้อหา และคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตร ดังนี้(บุญเกิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2528 : 88-90)

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

IOC > 0.5 ถือว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

IOC < 0.5 ให้ตัดออกหรือปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้ดีขึ้น

คัดเลือกเอาข้อสอบที่มีค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เพราะถือว่าข้อสอบนั้นเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่จะทดสอบ ถ้าข้อสอบนั้นมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ข้อสอบนั้นถูกตัดออกหรือควรปรับปรุงแก้ไขใหม่ให้ดีขึ้น

2. ความเป็นปรนัย(Objectivity) คือเครื่องมือที่ทุกคนอ่านแล้วเข้าใจง่ายมีความชัดเจนตรงกันว่าด้วยการถามอะไร หมายความว่าอะไร ตรวจให้คะแนนอย่างไร ใครๆตรวจก็ต้องได้คะแนนเท่ากัน การตรวจสอบใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน หรือ 5 คนพิจารณา ถ้าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงกันก็ถือว่าเครื่องมือนั้นมีความเป็นปรนัย

3. การวิเคราห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบ(Difficulty) ความยากง่าย คือ ความยากง่ายของข้อสอบ มีวิธีการวิเคราะห์ คือ ให้รวมคะแนนของผู้ตอบกลุ่มสูงและผู้ตอบกลุ่มต่ำ แล้วคำนวณค่าความยากง่าย(P) โดยใช้สูตร ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2531:136)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P = ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R = จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.80 – 1.00 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

0.60 – 0.79 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.40 – 0.59 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดี)

0.20 – 0.39 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)

0.00 – 0.19 เป็นข้อสอบที่ยากมาก

4. การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) อำนาจจำแนก คือลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถแบ่งเด็กออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ทุกระดับตั้งแต่อ่อนสุดจนถึงเก่งสุด แม้ว่าจะเก่งอ่อนกว่ากันเพียงเล็กน้อยก็สามารถชี้จำแนกให้เห็นได้ ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกสูงนั้น เด็กเก่งมักตอบถูกมากกว่าเด็กอ่อนเสมอ ข้อสอบที่ทุกคนทำถูกหมดจะไม่สามารถบอกอะไรเราได้เลย หรือผิดหมดไม่สามารถบอกได้ว่าใครเก่งหรืออ่อน โดยใช้สูตร ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2531:136)

$$r = \frac{R_U - R_L}{N/2}$$

เมื่อ r = อำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_U = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_U = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

N = จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

ขอบเขตของค่า r และความหมาย

0.40 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกสูง	คุณภาพดีมาก
0.30 – 0.39	อำนาจจำแนกปานกลาง	คุณภาพพอสมควร
0.20 – 0.29	อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ	คุณภาพพอใช้ได้
0.00 – 0.19	อำนาจจำแนกต่ำ	คุณภาพใช้ไม่ได้

5. ค่าความเชื่อมั่น(Reliability) การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ คือการตรวจสอบว่าเครื่องมือนั้นๆมีผลการวัดที่สม่ำเสมอแน่นอนคงที่ เครื่องมือที่มีค่าความเชื่อมั่นสูงแสดงว่าเครื่องมือที่วัดกี่ครั้งได้ผลการวัดเหมือนเดิม วิธีการหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้วิธีดังนี้

วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) เป็นการหาค่าความเชื่อมั่นโดยการทดสอบเพียงครั้งเดียว ใช้กับแบบทดสอบที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน(Kuder-Richardson) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2531:130)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{st^2}\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n = จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p = สัดส่วนของนักศึกษาที่ตอบถูก

q = สัดส่วนของนักศึกษาที่ตอบผิด

st^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

0.7 – 1.0 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.4 – 0.6 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.3 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

2.7 วิธีการสร้างใบงานการทดลอง

2.7.1 ความหมายของใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้เป็นคำสั่งเป็นคำแนะนำผู้เรียนให้สามารถปฏิบัติการทดลองตามที่กำหนดให้ เพื่อพัฒนาความรู้ในลักษณะของการสร้างความรู้ในรูปของความคิดรวบยอดและหลักการ ให้เกิดในสมองตามกระบวนการของผู้เรียน และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาร่วมกับการเรียนภาคทฤษฎี โดยทั่วไปรูปแบบของใบงานการทดลอง มีรูปแบบ (คำรณ .2545:76-81) ดังนี้

1. แบบให้ข้อมูลในการทดลอง (Experimental Format)

ใบงานการทดลองประเภทนี้จะให้รายละเอียดในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนโดยตลอด เพื่อที่จะนำผู้เรียนให้ทำการทดลองตามที่กำหนด โดยที่ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการคิดหาวิธีการทดลองด้วยตนเอง จุดประสงค์ของการทำการทดลองประเภทนี้จะเน้นในเรื่องผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองมากกว่าที่จะพัฒนาเรื่องอื่นๆ ใบงานการทดลองประกอบด้วยวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทดลอง ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง ข้อมูลสำหรับการดำเนินการโดยละเอียดมีขั้นตอนการทดลองที่เหมาสม คำถามที่ให้คิดตรึกตรองหรือแปลความหมายของข้อมูล

2. แบบมอบหมายให้ทดลอง (Assignment Format)

ใบงานการทดลองประเภทนี้จะให้อิสระในการทดลองตามความคิดของการปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้กว้างๆ ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจในการดำเนินงานตามขั้นตอนต่างๆ ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้เรียน ลักษณะของปัญหาที่ต้องการให้แก้หรือทดลองหาคำตอบให้สังเกตจากข้อมูลที่ให้ศึกษาและอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบโครงงานอิสระการทดลอง (Project Planning Format)

ลักษณะของใบงานการทดลองเป็นรูปลักษณะที่ให้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำงาน ซึ่งอาจจะเป็นการทดลองหาข้อมูลบางอย่างหรือการสร้างผลงานตามรูปแบบที่เป็นผลลัพธ์สำเร็จรูป การทดลองประเภทนี้จะให้ข้อมูลหรือคำสั่งที่จำเป็น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างกระบวนการทำงานของตนเอง ตั้งแต่การวางแผน การใช้อุปกรณ์เครื่องมือ การทดสอบตามแผนงาน การดำเนินงานตามขั้นตอนที่เหมาะสม การประเมินผลการทดสอบ กระทั่งถึงการนำเสนอผลงานซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถส่วนตัวในการประยุกต์ความรู้ในการสร้างผลงานสำเร็จรูปภายในขอบเขตที่กำหนด ใบงานการทดลองรูปแบบนี้จะประกอบด้วยรายละเอียดของงานที่ต้องการให้ปฏิบัติ ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงาน คำถามหรือหัวข้อที่ต้องการทราบเกี่ยวกับผลลัพธ์ของงาน

การสร้างใบงานการทดลองทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม ต้องมีความรอบคอบในการพิจารณาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้ข้อมูลที่ให้และหลักการที่เกี่ยวข้องเข้ามาประยุกต์ในการปฏิบัติงานจนเป็นผลสำเร็จ โดยผู้สอนไม่ต้องติดตามดูแลอย่างใกล้ชิดจนเกินไป การสร้างใบงานการทดลองที่ขาดความรอบคอบนั้นจะทำให้ไม่สามารถพัฒนาความสามารถได้ตามวัตถุประสงค์และเป็นปัญหาในการควบคุมดูแลของผู้สอนด้วย

2.7.2 ข้อมูลที่ให้ในการจัดทำใบงานการทดลอง

ข้อมูลที่ให้ใบงานการทดลองนี้เป็นแบบที่ใช้ประกอบกับการสอนแบบดั้งเดิม (Conventional Type) ที่ใช้กันเป็นส่วนใหญ่ในการเรียนสายอาชีวศึกษา ดังนั้นรูปแบบของใบงานการทดลองควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการดังนี้ (คำรณ ศรีน้อย .2545:77-80) ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของการทดลอง (Introductory Information)

ข้อมูลทั่วไป หมายถึง ข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบเรื่องทั่วๆไปในการทดลองเป็นข้อมูลชี้นำและช่วยสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติการทดลอง

2. วัตถุประสงค์ของการทดลอง

ควรจะครอบคลุมความสามารถให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ทั่วไปซึ่งอาจจะมีได้ตั้งแต่ 1-3 วัตถุประสงค์ แต่ไม่ควรให้มีวัตถุประสงค์ทั่วไปมากนักและวัตถุประสงค์เฉพาะซึ่งเป็นรายละเอียดครอบคลุมวัตถุประสงค์ทั่วไปได้ทั้งหมด

3. ความจำเป็นและขอบเขตการทดลอง (Need and Scope of the Experiment)

เป็นข้อมูลแสดงเหตุผลและประโยชน์ของการฝึก ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมองเห็นความสำคัญของงานที่กำลังปฏิบัติและเกิดแรงจูงใจในการทำงาน นอกจากนั้นยังเป็นการบอกให้ทราบถึงปริมาณและขอบเขตเนื้อหาที่จะต้องเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นและเตรียมตัวได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวางแผน (Planning and Organizing)

เป็นข้อมูลที่ให้แนวคิดสำหรับการดำเนินงานแก่ผู้เรียน ข้อมูลเหล่านี้อาจจะเป็นวงจรที่ทำการทดลอง เครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นเสมอ

5. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง (Background Information)

ข้อมูลพื้นฐานสำหับการทดลอง คือข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผนและดำเนินงาน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจและปรับปรุงตัวเองในสิ่งที่ขาด เพื่อจะได้เตรียมตัวข้อมูลหรือความรู้ให้พร้อมก่อนลงมือปฏิบัติการทดลอง ข้อมูลนี้ได้แก่

ก) ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะพิเศษของเครื่องมืออุปกรณ์ ข้อควรระวังหรือปัญหาที่มักเกิดขึ้นเสมอ การให้ข้อมูลในเรื่องนี้ ควรทำในกรณีที่ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุพิเศษ ที่นอกเหนือไปจากการใช้งานปกติ

ข) ความรู้ที่ควรมี (Entry Behavior) ต้องระบุให้ชัดเจนว่าการปฏิบัติงานที่กำหนดไว้นั้นจะต้องมีความรู้ความสามารถหรือประสบการณ์อย่างใดมาก่อน ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้เรียนได้

ค) ความรู้ในเนื้อหาวิชา ในการทดลองบางอย่างจำเป็นต้องกล่าวถึงเนื้อหาของการทดลองเพิ่มเติม เพื่อเตือนความทรงจำของผู้เรียน ข้อมูลที่ให้ไม่ใช่ข้อมูลที่อ้างงถึง หลักการหรือทฤษฎีที่ผู้เรียนได้ผ่านการเรียนมาแล้ว เพราะฉะนั้นจึงเป็นข้อมูลในลักษณะของการสรุปประเด็นสำคัญและชี้ประเด็นปัญหาของทฤษฎีในเชิงวิเคราะห์ ให้เห็นจุดสำคัญที่ทำการทดลอง

ง) ข้อมูลในการดำเนินการทดลอง (Procedural Information) เป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถ ในการปฏิบัติงานย่อยตั้งแต่การวางแผนจริงจากการวิเคราะห์เนื้อหา การกำหนดวงจรและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจนกระทั่งถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จ) ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพธ์ (Conclusion Information) คือข้อมูลหรือคำแนะนำให้ผู้เรียนแสดงผลลัพธ์ได้อย่างมีระบบ และสามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างเหมาะสมข้อมูลภายในจะสามารถให้ผู้เรียนทำรายงานและสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะข้อมูลดังกล่าวอาจจะเป็นคำถามให้คิดหรือหัวข้อที่ให้ผู้เรียนหาข้อมูลมาสนับสนุน

ฉ) ข้อมูลสำหรับการประเมินผล (Assessment Information) คือข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ ความสามารถและความเข้าใจ ในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงานการตรวจสอบในเรื่องนี้อาจทำได้ทั้งทางกว้างและทางลึกของเนื้อหา ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของการทดลองแต่ละประเภท อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เป็นคำถามในใบงานการทดลองนั้น อาจจะเป็นลักษณะของคำถามที่แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. Assessment Question คือ ข้อมูลที่เป็นคำถามในเรื่องที่เกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติโดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการทำงานแต่ละขั้นตอน เป็นการทดลองความรู้และความเข้าใจในการทดลองโดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Critical Question เป็นคำถามที่ค่อนข้างออกไปนอกเรื่องของงาน เป็นการประเมินความสามารถในการวิเคราะห์เรื่องที่ทำทั้งหมด และสามารถนำความรู้ ความสามารถจากการทดลองนี้ไปใช้ในงานอื่นได้

2.7.3 องค์ประกอบของใบงานการทดลอง มีดังนี้

ใบงานการทดลองที่ใช้สำหรับการสอนปฏิบัติการทดลองจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ(คำรณ ศรีน้อย.2545:90) ดังนี้

1. ชื่อเรื่องแสดงถึงขอบเขตของการปฏิบัติการทดลองนั้น
2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แสดงถึงสิ่งที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียน
3. เนื้อหาแสดงถึงภาพรวมของเรื่องที่ต้องการศึกษาว่าคืออะไร ทำงานอย่างไรและมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
4. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน ผู้เรียนจะต้องมีความรู้อย่างใดมาก่อนจึงจะปฏิบัติงานนี้ได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับสิ่งของหรือผู้เรียนได้
5. ชนิดของจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ
6. วงจรการทดลอง แสดงถึงงานของการทดลองนั้น
7. ข้อควรระวัง แสดงถึงสิ่งที่จะต้องระวังเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ เครื่องมือและอันตรายแก่ผู้เรียน
8. ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงาน
9. ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการทดลองที่
10. ต้องบันทึกลงในฟอร์ม เพื่อนำผลไปสรุปต่อไป
11. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่สรุปได้จากการทดลองนั้นและการวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้ว่าสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือไม่ ค้นพบอะไรในการทดลองบ้าง
12. คำถาม เป็นคำถามในเรื่องที่เกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติ โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการปฏิบัติการแต่ละขั้นตอน เป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติการ

2.8 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

ประสิทธิภาพของชุดทดลอง หมายถึง การหาประสิทธิภาพของชุดทำได้โดยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียนมาหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อหาว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ใช้สูตร E_1/E_2 ในการคำนวณดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2537 : 491-496)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเป็นการรับรองว่าชุดทดลอง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอนผู้วิจัยต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นโดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมบรรลุผล ต้องคำนึงถึงกระบวนการและผลสัมฤทธิ์ โดยการกำหนดเป็นตัวเลขร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมีค่าเป็น E1 /E2 ดังนี้การคิดค่าประสิทธิภาพ ของชุดทดลอง ที่สร้างขึ้นคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ คิดเป็นร้อยละจากการตอบคำถามของแบบทดสอบแต่ละใบงานได้ถูกต้อง

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากใช้ชุดทดลองและใบงานครบทุกใบงาน

$\sum x$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายใบงานการทดลอง

$\sum F$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบทุกใบงาน

หลังจากคำนวณหาค่า E_1 และ E_2 แล้วผลลัพธ์ที่ได้มักจะใกล้เคียงกันและห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวชี้ที่ยืนยังได้ว่า นักเรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ก่อนจะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย อธิพร ศรียมก. (2532 : 245-253)

โดยปกติในการทดลองแบบกลุ่มเล็ก ค่าประสิทธิภาพที่ได้จะเกือบเท่าเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% ส่วนค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองภาคสนาม ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ก็ให้ยอมรับ หากแตกต่างกันมากผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพใหม่ โดยยึดสภาพความเป็นจริงเป็นเกณฑ์ เช่น ทดสอบหาประสิทธิภาพแล้วได้ 83.5/84.5 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกณฑ์ 85 / 85 ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ 75/75 เมื่อผลการทดลองเป็น 83.5/85.5 ก็อาจเลื่อนเกณฑ์ขึ้นมาเป็น 85/85

แง่คิดเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์

1. การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ สามารถกำหนดได้หลากหลายขึ้นกับครูผู้วิจัยจะกำหนด ถ้าต้องการประสิทธิภาพสูง กำหนดค่าไว้สูง เช่น 90/90 แต่การกำหนดเกณฑ์ไว้สูงอาจพบปัญหาว่าไม่บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้ การที่จะทำให้ผู้เรียนส่วนมากทำคะแนนได้จวนเต็ม มีค่าเฉลี่ยจวนเต็ม คือ ร้อยละ 90 ขึ้นไปไม่ใช่เรื่องง่าย ดังนั้นจึงพบว่ามีการตั้งเกณฑ์ 90/90 ในงานวิจัยบางเรื่อง การตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่า 80 ทั้งด้านกระบวนการและผลโดยรวม เช่น ตั้งเกณฑ์ไว้ 70/70 ทั้งนี้เนื่องจากเห็นว่าเรื่องนั้นโดยธรรมชาติแล้วเป็นเรื่องที่ยาก เช่น วิชาเรขาคณิต เป็นต้น ถ้าสิ่งที่ครูพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพจริงแล้วจะต้องสามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลระดับสูงเป็นส่วนใหญ่ได้ การตั้งเกณฑ์ 50/50 หรือ 60/60 แสดงถึงความสามารถของผู้เรียนได้โดยเฉลี่ยครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มหรือมากกว่าครึ่งหนึ่งเล็กน้อย (60%) ซึ่งไม่น่าจะเพียงพอ ควรพัฒนาได้มากกว่านั้น

2. การเขียนเกณฑ์ 80/80 ไม่ได้หมายถึงอัตราส่วน หรือ สัดส่วนระหว่าง 2 ส่วนนี้ โดยทั่วไปไม่ได้แปลความหมายโดยนำมาเปรียบเทียบกัน ดังนั้น ครูผู้วิจัยอาจไม่เขียนในรูป 80/80 แต่เขียนในรูปแบบอื่น เช่น 80,80 หรือแม้กระทั่งเขียนว่าใช้เกณฑ์ 80% ทั้งกระบวนการและผลโดยรวมก็ได้ การเขียน 80/80 เป็นการแยกส่วนของประสิทธิภาพของกระบวนการซึ่งเป็นเลข 80 ตัวหน้า กับประสิทธิภาพของผลโดยรวม ซึ่งเป็นเลข 80 หลัง

3. ครูผู้วิจัยอาจตั้งเกณฑ์ 2 ส่วน ไม่เท่ากันก็ได้ เช่น การตั้งเกณฑ์เป็น 70/80 ซึ่งหมายความว่าประสิทธิภาพของกระบวนการใช้ 70% ส่วนประสิทธิภาพของผลโดยรวมใช้ 80% ซึ่งไม่นิยมกำหนดลักษณะดังกล่าวแต่อย่างไรก็ตามไม่จำเป็นที่จะทำอะไรให้สอดคล้องกับความนิยมข้อสำคัญคือเหตุผลเบื้องหลังของการตั้งเกณฑ์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการตั้งเกณฑ์แบบนั้นมีความเหมาะสมมีเหตุผลที่ดีกว่า

ซึ่งงานวิจัย การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร มีวัตถุประสงค์หาประสิทธิภาพจึงได้เลือกใช้ แนวทางที่ 1 ในการหาประสิทธิภาพเนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มีลักษณะเก็บรวบรวมข้อมูลแบบบันทึกผลการปฏิบัติงานและคะแนนจากแบบฝึกหัดหลังการทดลอง เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างบรรลุผล ร้อยละ 80 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อลงกรณ์ หาญรินทร์ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ใช้เกณฑ์กำหนดร้อยละ 80/80 เป็นการวิจัยเชิงทดลองกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครพนม ปีการศึกษา 2546 ที่ลงทะเบียนวิชาปฏิบัติอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ทำการศึกษาทดลองโดยใช้ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลวิจัยพบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.7/83.1 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

ประเสริฐ กลมภพตระกูล (2555) ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458 ใช้เกณฑ์กำหนดร้อยละ 80/80 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคนิคคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ห้อง751 จำนวน 22 คน จากผลการวิจัยหาประสิทธิภาพ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 82.18/81.36 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

วิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ในภาคเรียนที่ 1/2557 จำนวน 20 จากผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 84.62/83.20 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)ผลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน $\bar{X}$ =19.55,S.D. = 2.13 สูงกว่าก่อนเรียน $\bar{X}$=8.28,S.D. = 1.78 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคงทน พบว่าผลต่างคะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $\bar{X}$=3.30 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเกรดเฉลี่ย กับคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน มีค่าเท่ากับ .67 ซึ่งอยู่ในระดับสูงและผู้เรียนมีความพึงพอใจที่ได้เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมาก $\bar{X}$ =4.42,S.D. = 0.72

อภิเชษฐ เมฆสุวรรณ์ (2552 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวิชางานพื้นฐานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี จำนวน 20 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดทดลองวิชางานพื้นฐานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีคุณภาพในเกณฑ์ดีมาก มีค่า $\bar{X}$ = 4.76, S.D.=0.33 และใบงานการทดลองมีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีค่า $\bar{X}$ = 4.66, S.D.=0.46 มีประสิทธิภาพ 83.16/81.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

ชาญชัย แสงโพธิ์ (2559 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่อง ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 2105-2105 จำนวน 25 คน จากผลการวิจัยพบว่า มีคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.48 ,S.D.= 0.39) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.51,S.D.= 0.31) มีประสิทธิภาพของชุดทดลอง มีค่าเท่ากับ 81.10/86.45 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง **ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร และความพึงพอใจนักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลอง วิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้**

3.1 ประชากร

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัย

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากร

3.1.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005 ในปีการศึกษา 2560 จำนวน 18 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือสำหรับการวิจัย ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2560 ประกอบไปด้วย ดังนี้

1. ชุดทดลอง
2. ใบงานทดลอง
3. แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
4. แบบประเมินผลการปฏิบัติงานการทดลอง
5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 ชุดทดลอง

1. ศึกษารายละเอียดเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รูปแบบการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบต่างๆ และชุดทดลอง เพื่อใช้วางแนวทางในรายละเอียดของหัวข้อและเนื้อหาส่วนต่างๆ ของชุดทดลอง

2. ศึกษาการทำงานของวงจรที่ใช้ในการประกอบชุดทดลอง และศึกษาหลักการออกแบบชุดทดลอง

3. ออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ และใช้ควบคู่ใบงานการทดลอง

4. นำชุดทดลองที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบปรับปรุงแก้ไข

5. ปรับปรุงแก้ไขชุดทดลองตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเสนอแนะ

6. นำชุดทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

ด้านเนื้อหา

1. อาจารย์กฤษณา เฮงฉุน อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์วิทยาลัยเทคนิคนครนายก

2. อาจารย์วนิดา ภาชนะสุวรรณ อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม

3. อาจารย์ชาญ จับฟั่น อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี

ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1. อาจารย์ประเสริฐ โคบาล อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม

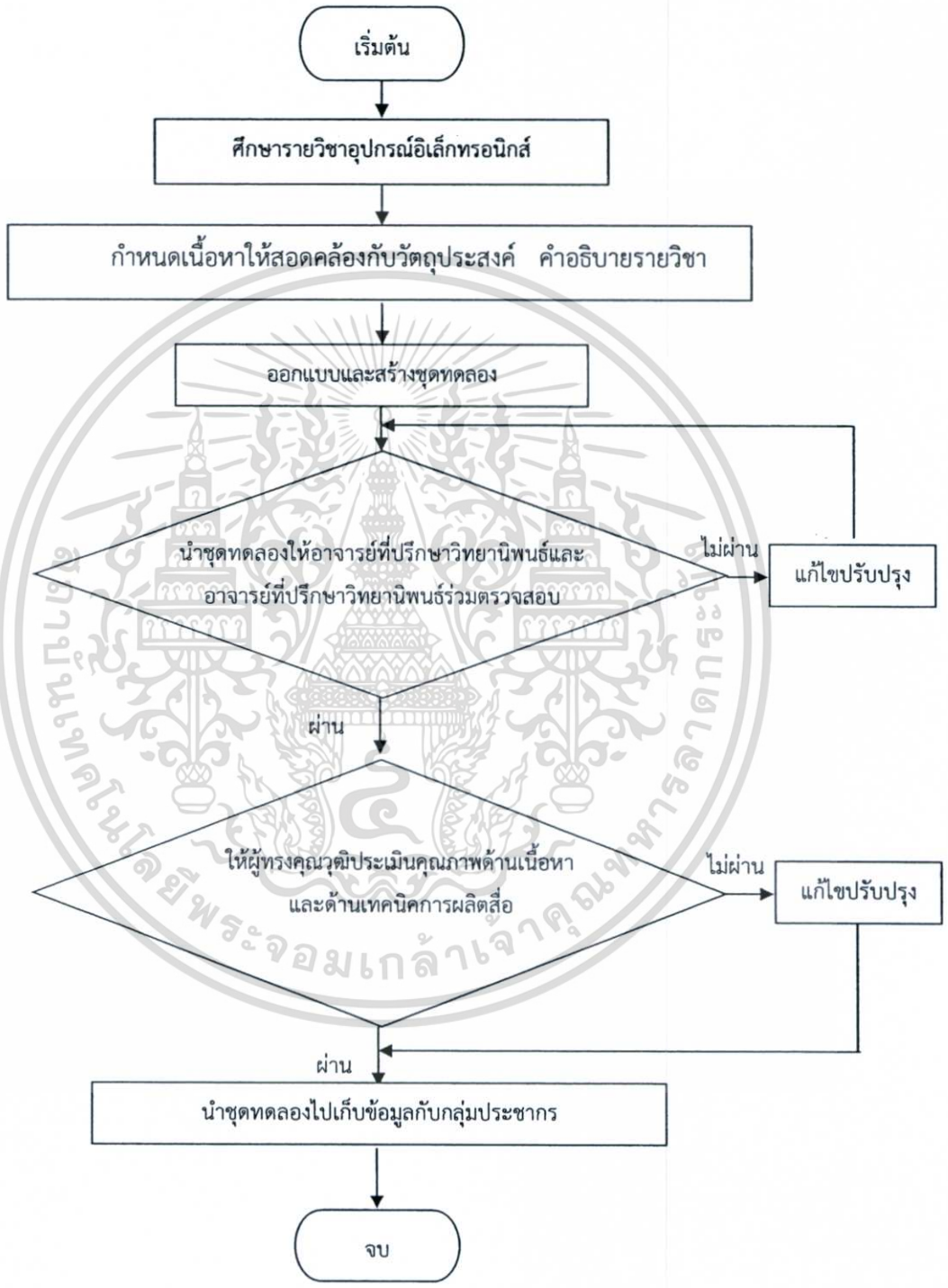
2. อาจารย์สัญญา โพธิ์วงษ์ อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครนายก

3. อาจารย์อภิชาติ กำลังฟู อาจารย์ประจำวิชาแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี

4. ปรับปรุงแก้ไขชุดทดลองตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มประชากร



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างชุดทดลอง

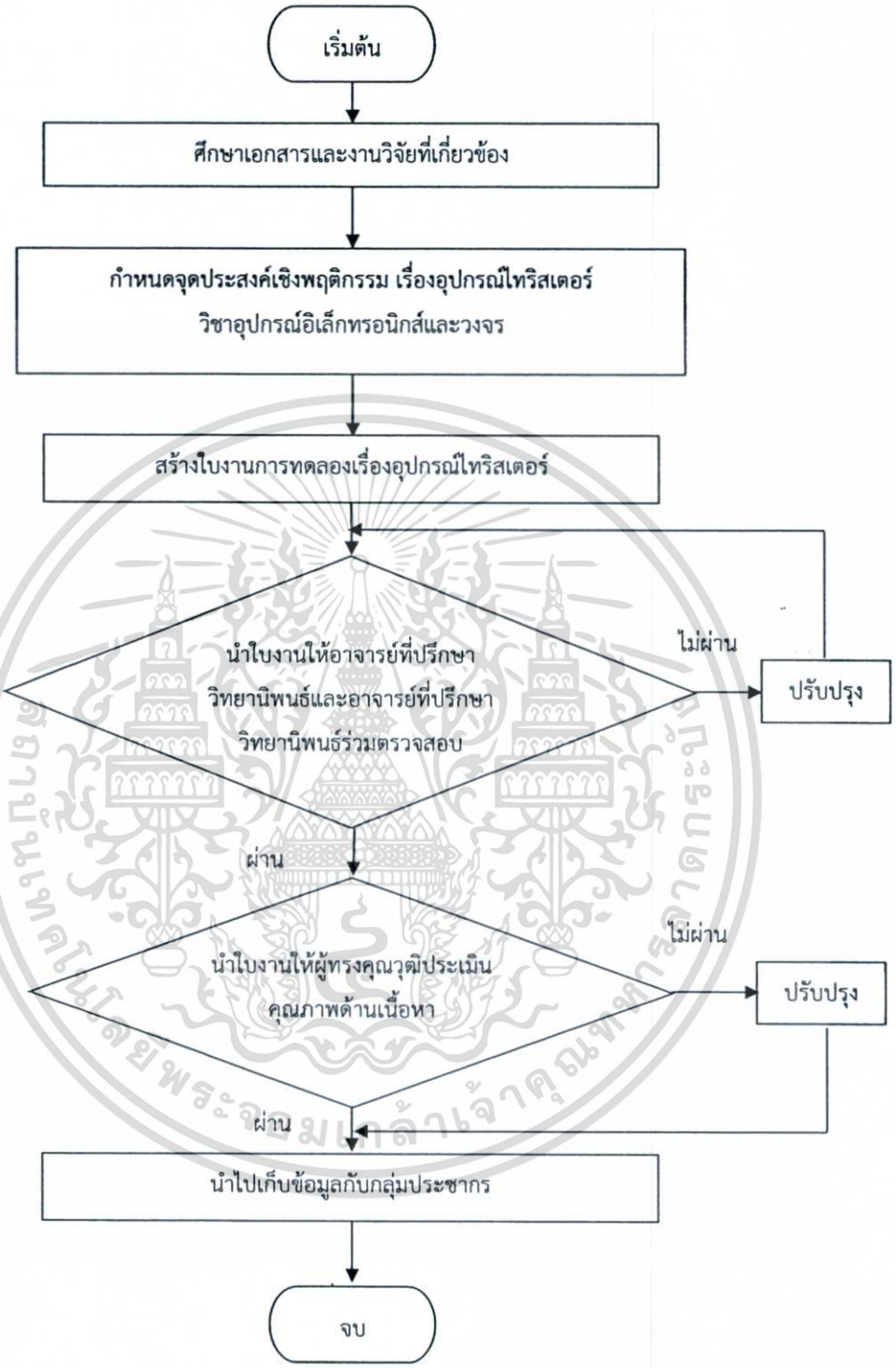
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ใบงานการทดลอง

มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างใบงานการทดลอง
2. ได้ทำการสร้างใบงานการทดลองให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
3. เชิงพฤติกรรมและกับชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยศึกษาเนื้อหา เอกสารที่เกี่ยวข้องในใบงานการทดลอง เพื่อใช้เป็นส่วนอ้างอิงของการเขียนเนื้อหาทฤษฎี การสร้างใบงานการทดลองประกอบด้วย หัวเรื่องของการทดลอง จุดประสงค์ของการทดลอง ตารางบันทึกค่า สรุปผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง
4. ให้อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของใบงานการทดลองที่สร้างขึ้น
5. ทำใบงานการทดลองที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและปรับปรุงแก้ไขใบงานการทดลองตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ
6. นำใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

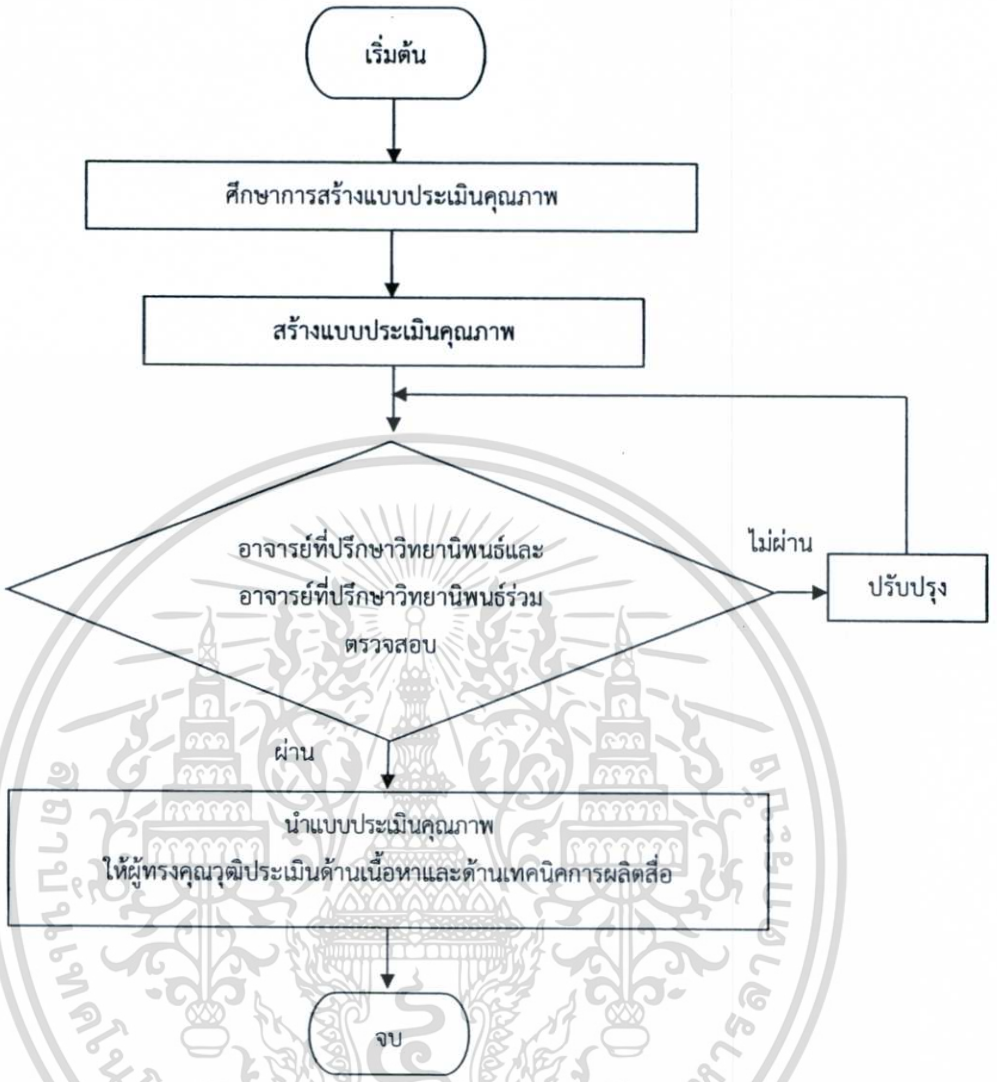
3.3.3 แบบประเมินคุณภาพ

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินคุณภาพ
2. ออกแบบและสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
3. นำชุดทดลอง ใบงานการทดลองและแบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับชุดทดลอง ได้นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
4. นำแบบประเมินคุณภาพ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

โดยเกณฑ์การประเมินคุณภาพชุดทดลอง (Rating Scale) 5 ระดับ คือ

5	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับดี
3	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
1	หมายถึง	คุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.3.4 แบบประเมินผลการปฏิบัติงานทดลอง

1. ศึกษาการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

2. สร้างแบบแบบประเมินผลการปฏิบัติงานทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

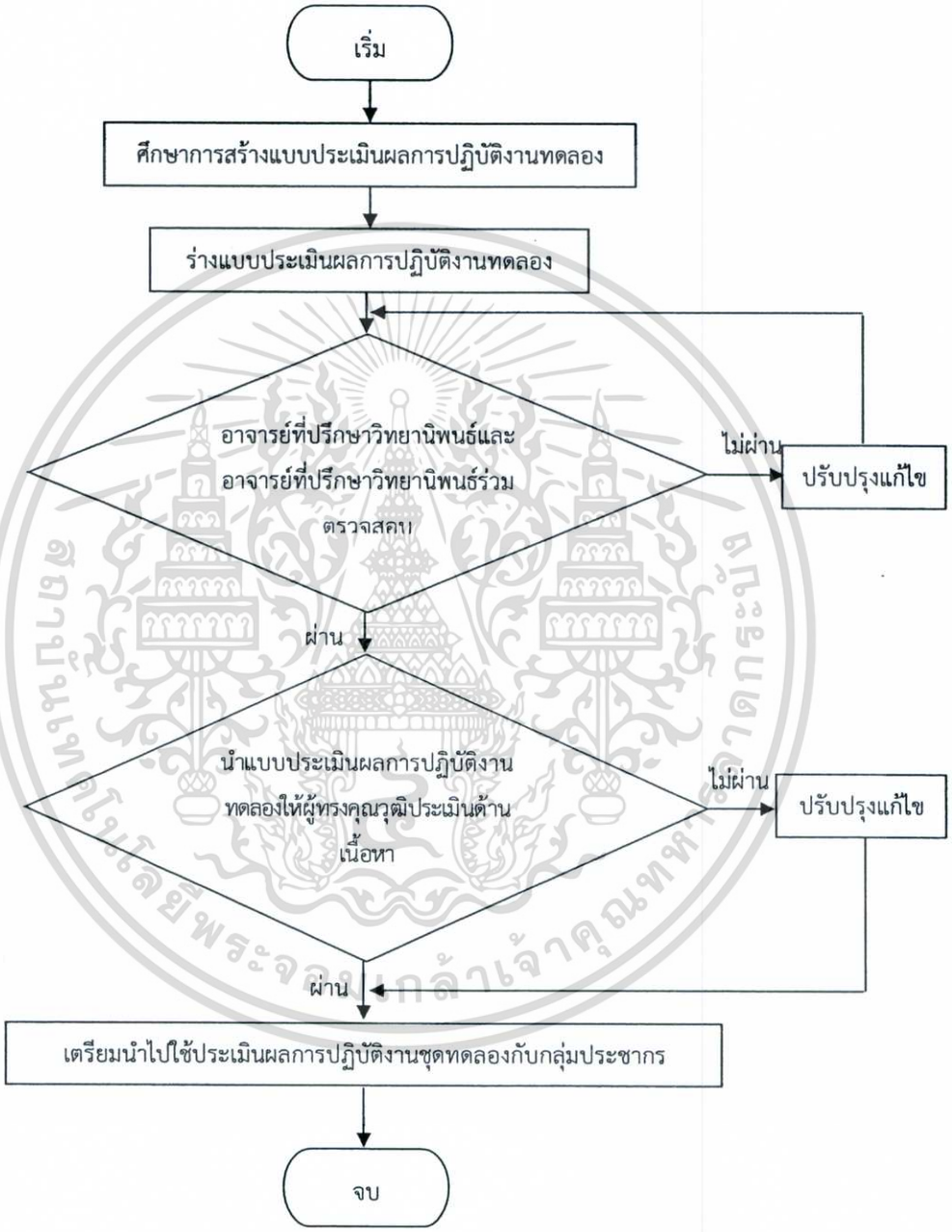
3. นำแบบแบบประเมินผลการปฏิบัติงานทดลองที่สร้างแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบและพิจารณา

4. ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมิน ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำแบบบันทึกการให้คะแนนการปฏิบัติงานทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาประเมิน

6. นำแบบไปใช้ประเมินผลการปฏิบัติงานทดลองกับกลุ่มประชากร



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

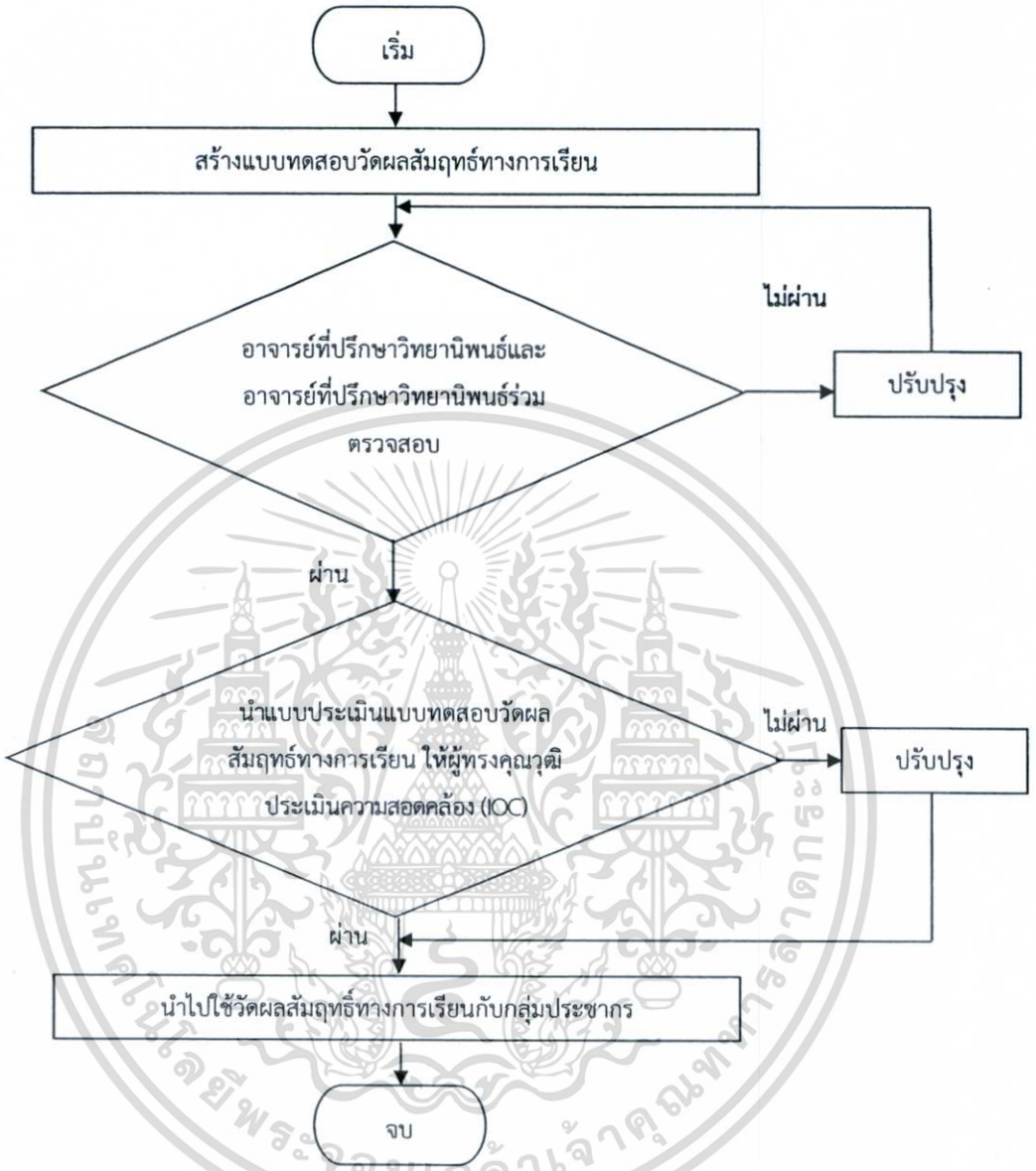
2. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบและพิจารณา

3. ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เสนอแนะ

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความสอดคล้อง (IOC) กับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยต้องการค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ที่สูงกว่า 0.60

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับกลุ่มประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการทดลอง ดังนี้

3.4.1 ติดต่อขอรับหนังสืออนุญาตเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.2 ทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัยเสนอผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

3.4.3 ชี้แจงให้กลุ่มประชากรทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง เพื่อบอกถึงวัตถุประสงค์และขั้นตอนวิธีการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

3.4.4 ดำเนินการสอนกับกลุ่มประชากร ซึ่งนำชุดทดลองที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาใช้ประกอบการสอน และทำการประเมินผลการปฏิบัติงานการทดลอง

3.4.5 เมื่อสอนจบในหน่วยที่ต้องการทดลองแล้วให้กลุ่มประชากร ได้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.6 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มประชากร มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้กำหนดระดับความคิดเห็นเป็นค่าน้ำหนัก โดยลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า เกณฑ์การให้คะแนนไว้ 5 ระดับ (Best. 1983 : 179-187) ดังนี้

ระดับความเห็น 5 ระดับ

5 คะแนน หมายถึง คุณภาพระดับดีมาก

4 คะแนน หมายถึง คุณภาพระดับดี

3 คะแนน หมายถึง คุณภาพระดับปานกลาง

2 คะแนน หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้

1 คะแนน หมายถึง คุณภาพระดับควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.50 - 5.00	หมายถึง	ระดับคุณภาพดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.50 - 4.49	หมายถึง	ระดับคุณภาพดี
คะแนนเฉลี่ย	2.50 - 3.49	หมายถึง	ระดับคุณภาพปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50 - 2.49	หมายถึง	ระดับคุณภาพพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 - 1.49	หมายถึง	ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือใช้ในการวิจัย ต้องมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.5 ขึ้นไป จึงจะถือว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากกลุ่มประชากร เพื่อหาค่าประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร มีเกณฑ์ไม่ต่ำกว่า 80/80

3.5.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) หมายถึง การกระจายของข้อมูลชุดนั้นในลักษณะที่ว่าข้อมูลแต่ละค่ากระจายหรือแตกต่างจากค่าเฉลี่ยโดยเฉลี่ยเท่าไร ถ้าข้อมูลแต่ละตัวแตกต่างจากค่าเฉลี่ยมาก จะทำให้ได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากถ้าข้อมูลแต่ละตัวมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยน้อย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้จะมีค่าน้อย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อย แสดงว่าค่าเฉลี่ยจะเป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูล สำหรับข้อมูลชุดที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาก เป็นข้อมูลที่การกระจายมาก

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติ ดังนี้

3.6.1 สถิติที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย(μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(σ) ดังสมการ (พิสนุ ฟองศรี. 2553 : 154,158)

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

เมื่อ μ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

X คือ คะแนน

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$\square = \sqrt{\frac{\sum(X-\mu)^2}{(N-1)}}$$

เมื่อ σ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ คะแนน

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

μ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด

3.6.2 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ใช้สูตร E_1/E_2 (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2543 : 139)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ คิดเป็นร้อยละจากการตอบคำถามของแบบทดสอบแต่ละใบงานได้ถูกต้อง

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากใช้ชุดทดลองและใบงานครบทุกใบงาน

$\sum x$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายใบงานการทดลอง

$\sum F$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้ทำแบบทดสอบทั้งหมด

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบทุกใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์และการนำเสนอผลของการวิจัย การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร นำเสนอในรูปตารางประกอบคำบรรยาย ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดการสอน

4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองของนักเรียนกลุ่มประชากรที่เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

4.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลอง

ข้อที่	รายการประเมินด้านสื่อการสอน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ด้านเนื้อหา	4.00	0.46	ดี
2	ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	4.30	0.62	ดี

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของการพัฒนาชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รวม ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ($\overline{X}$= 4.00 S.D. = 0.46) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.30 , S.D. = 0.62) ตามลำดับ

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองของประชากรที่ใช้ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม(100%)		ประสิทธิภาพของชุดทดลอง		ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อกับสมมติฐานการวิจัย
	ภาคทฤษฎี (20%)	ภาคปฏิบัติ (80%)	จากการตั้งสมมติฐาน	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	
ระหว่างเรียน(E_1)	13.89	67.94	80	100	81.83
หลังเรียน (E_2)	12.37	67.78	80	100	80.17

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร โดยค่าประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) ได้จาก ใบงานการทดลองและคะแนนแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ได้ค่าเฉลี่ย 81.83 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.83 และค่าประสิทธิภาพ (E_2) ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และใบงานการทดลองรวม ได้ค่าเฉลี่ย 80.17 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดทดลอง

ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

รายการประเมิน	μ	σ	ระดับความพึงพอใจ
1. ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	4.08	0.74	มาก
2. ใบงานการทดลองและใบงานการทดลองรวม	4.22	0.72	มาก
3. แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง	4.11	0.66	มาก
4. แบบประเมินผลใบงานการทดลองและใบงานการทดลองรวม	4.24	0.74	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.16	0.7	มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (μ= 4.16 ,σ= 0.7) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร มีผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1.1 คุณภาพของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$= 4.00 S.D. = 0.46) ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.30 , S.D. = 0.62) เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้อยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X}$≥3.5)

5.1.2 ประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร คือ 81.83/80.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

5.1.3 ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มประชากร จำนวน 18 คน ที่มีต่อชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร อยู่ในระดับมาก (μ = 4.16 , σ = 0.7) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผู้ทรงคุณวุฒิแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาใบงาน อยู่ในระดับ($\bar{X}$= 4.00 S.D. = 0.46) เนื่องจากใบงานชุดทดลอง มีความเหมาะสมของใบงานยวมถึงความถูกต้องของเนื้อหา การออกแบบใบงานให้มีรูปแบบใบงานที่ง่ายต่อการนำไปใช้งาน และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานและยังสามารถสร้างแรงจูงใจต่อการเรียน เนื่องจากผู้เรียนสามารถดำเนินการทดลองที่สอดคล้องกับชุดทดลองอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ส่วนคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตชุดทดลอง อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.30 , S.D. = 0.62) ตามสมมติฐานงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X}$≥3.5) เนื่องจากชุดทดลองมีรูปร่างที่แข็งแรง มีความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้สร้าง สร้างชุดทดลองและความเหมาะสมของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาญชัย แสงโพธิ์ เรื่องการสร้างชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุทธศักราช 2556 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพบว่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 คุณภาพของใบงานการทดลองอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39

5.2.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร พบว่าผลสัมฤทธิ์ของการทำแบบทดสอบท้ายใบงานระหว่างเรียนและผลสัมฤทธิ์หลังปฏิบัติใบงานรวมของผู้เรียนมีค่า เท่ากับ 81.83/80.17 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่พัฒนาขึ้นผ่านการออกแบบและผ่านการแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำให้มีเนื้อหาใบงาน ขั้นตอนทดลองที่ครอบคลุมและเป็นลำดับขั้นตอนทุกใบงานซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการทดลองต่อวงจร และมีการสังเกตผลการปฏิบัติ การบันทึกผลการปฏิบัติด้วยตนเองจึงส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้ของการปฏิบัติครั้งนี้สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งสมมุติฐานไว้ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพงศ์ แก้ววงศ์ ที่ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกวงจรเครื่องขยายเสียง วิชาเครื่องเสียงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยผลการทดลองหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน พบว่าชุดฝึกวงจรเครื่องขยายเสียงที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.26/84.50 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

5.2.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผลความพึงพอใจนักเรียนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.16 , S.D. = 0.7) ซึ่งสอดคล้อง กับงานวิจัยของ วีรศักดิ์ บุญเพชร ได้สร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนแบบบูรณาการเรื่องหลักการทำงานของเซนเซอร์และการใช้งาน วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดการสอนอยู่ในระดับมาก โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนที่เรียนเก่งจะเรียนได้อย่างรวดเร็ว ผู้ที่เรียนอ่อนก็มีเวลาศึกษาและทบทวนสิ่งที่ยังไม่เข้าใจได้ในทุกขั้นตอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียน เรียนได้อย่างอิสระ ตลอดจนความแปลกใหม่ของวิธีการเรียนทำให้ผู้เรียนสนใจเรียน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะผลที่ได้จากการทำวิจัยในภาพรวม ดังนี้

1. ความร่วมมือของกลุ่มประชากร มีผลอย่างยิ่งต่อการหาประสิทธิภาพ ผู้สอนต้องใช้เทคนิคและวิธีการสนับสนุนให้กลุ่มประชากรร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความเต็มใจ

2. การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลอง ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่จะได้รับจากการใช้ชุดทดลองกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรให้มีความสอดคล้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเรียนการสอนด้วยชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร กับการเรียนการสอนด้วยวิธีการหรือสื่อการสอนแบบอื่นๆ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2. เพิ่มเติมเนื้อหา ใบงานการทดลง และออกแบบชุดทดลองให้ครอบคลุมคำอธิบายรายวิชามากขึ้น

3. ควรนำชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ไปทดลองกับนักเรียนในสถาบันการศึกษาอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อจะได้แน่ใจว่าเมื่อนำไปใช้กับสถาบันการศึกษาอื่นๆแล้วชุดทดลองมีประสิทธิภาพ อีกทั้งจะได้ปรับปรุงพัฒนาชุดทดลองนี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิดานันท์ มลิทอง . 2548.**เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา**.กรุงเทพฯ:ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

คำรณ ศรีน้อย. 2545. **การพัฒนาวัสดุช่วยสอน อาชีวะและเทคนิคศึกษา.** คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

จินตนา ใบกาซูยี. 2540.**การเขียนสื่อการเรียนการสอน**.กรุงเทพ:ชมรมเด็ก, สมบูรณ์ สงวนญาติ.

ชาญชัย แสงโพธิ์.2559.**ชุดปฏิบัติการไมโครคอลโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์**.วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2526.**เทคโนโลยีทางการศึกษาหลักการและแนวปฏิบัติ.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์.2556.**การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน**.วารสารศิลปกรศึกษาศาสตร์วิจัย, ปีที่ 5 ฉบับที่ 1.

ณัฐพงศ์ แก้ววงศ์.2553 .**เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกวงจรเครื่องขยายเสียง วิชา เครื่องเสียงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ.** วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ถิรวุฒิ ธรรมเจริญ.2558.ชุดทดลองเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บุญชม ศรีสะอาด.2546.**การวิจัยสำหรับครู**.กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด.2543.**การวิจัยเบื้องต้น**.พิมพ์ครั้งที่6.กรุงเทพฯ:สุวีริยาสาส์น.

บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. 2526.**การประเมินผลการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ประเสริฐ กลมภพตระกูล.2555.**การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458**.

พรสันต์ เลิศวิทยาวิวัฒน์. 2556.**กระบวนการสร้างข้อสอบมาตรฐาน.**

พิสณุ ฟองศรี.2553.วิจัยทางการศึกษา.กรุงเทพฯ: บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์

มนต์ชัย เทียนทอง . 2545.**การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.** กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาพระนครเหนือ.

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2540.**เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา, พิมพ์ฝั้งที่5**:กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลัดดา ศุขปรีดี. 2523.**เทคโนโลยีการเรียนการสอน.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร.

วีรศักดิ์ บุญเพชร. 2553. **สร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอนแบบบูรณาการเรื่องหลักการทำงานของเซนเซอร์และการใช้งาน** วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ.

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

วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2552.**แนวทางการออกแบบอุปกรณ์ช่วยสอนประเภทอุปกรณ์สาธิต.** วารสานอาชีวศึกษา.

วิสิทธิ์ ลุมซะเนาว์.2558.**การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง.**

โสภณ จาเลิศ .**ประเภทสื่อการเรียนรู้.** https://www.nectec.or.th/schoolnet/library/ .

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2540.**เทคโนโลยีทางการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อลงกรณ์ หาญรินทร์.2547.**การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง.** สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.**เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา** .สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
หนังสือราชการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2560 ให้ดำเนินการดังนี้

นางภัทรดานันท์ อินทร์นุช รหัสประจำตัว 5630706 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร (Laboratory Set of Thyrister Devices on Electronic Device and Circuit)" โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2560

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงค์ มะโน)
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25 พ.ค. 60

คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่ 135 /2560
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบสำรอง ของนางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ของนางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช รหัสประจำตัว 55630706 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อปรึกษาและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. **คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์**

รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รศ.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

2. **คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์**

รศ.ดร.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	ประธานกรรมการ
รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	กรรมการ
รศ.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	กรรมการ
ผศ.ดร.วินัย	ใจกล้า	กรรมการ
รศ.ดร.ศุภวัฒน์	ลาวัณย์วิสุทธิ์	กรรมการ (กรรมการภายนอก)

3. **คณะกรรมการสอบสำรอง**

นอ.ดร.วีระชัย	เชาว์กำเนิด	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
ผศ.ดร.ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตประจำ)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2560

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11 พ.ค. 60
11 พ.ค. 2560

ที่ ศธ 0524.04/ 2183

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินบทเรียนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรียน อาจารย์ประเสริฐ โคบาล / อาจารย์สัญญา โพธิ์วงษ์ / อาจารย์อภิชาต กำลังฟู

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนด้าน เทคนิคการผลิตสื่อ

ด้วย นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลอง เรื่อง อุปกรณ์โทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอกนิกส์และวงจร” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินบทเรียนด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 087-965-1554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 2183

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 มิถุนายน 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินบทเรียนด้านเนื้อหา

เรียน อาจารย์กฤษณา เฮงฉุน / อาจารย์วนิดา ภาชนะสุวรรณ / อาจารย์ชาญ จับฟั่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนด้านเนื้อหา

ด้วย นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลอง เรื่อง อุปกรณ์โทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอกนิกส์และวงจร” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินบทเรียนด้านเนื้อหานี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 087-965-1554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
คุณภาพด้านใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร
สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

.....

แบบประเมินคุณภาพของใบงานการทดลองชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อขอรับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และข้อเสนอแนะปรับปรุง เพื่อให้ชุดทดลองถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความกรุณาให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใบงานการทดลอง พร้อมทั้งแสดงความเห็นของท่านลงในแบบประเมินคุณภาพของใบงานการทดลอง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
ผู้วิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ตามสภาพความเป็นจริง

1. ชื่อ – นามสกุล .....อายุ.....ปี
   วุฒิการศึกษา.....
   สถาบัน.....
   สถานที่ทำงาน.....
2. ตำแหน่งในปัจจุบัน
   ☐ ครู ☐ ครู ชำนาญการ ☐ ครู ชำนาญการพิเศษ
   ☐ วิศวกร ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
3. ประสบการณ์ในการสอน/การทำงาน
   ☐ 5 – 10 ปี ☐ 11 – 15 ปี
   ☐ 16 – 20 ปี ☐ มากกว่า 21 ปี

ตอนที่ 2 แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

คำชี้แจง ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียวที่ตรงกับความเห็นของท่าน โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 5 หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับที่ 4 หมายถึง ระดับคุณภาพดี
ระดับที่ 3 หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับที่ 2 หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับที่ 1 หมายถึง ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ใบงานครอบคลุมตามวัตถุประสงค์					
2. ใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
3. ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง					
4. ใบงานมีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน					
5. ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมการทดลอง					
6. เนื้อหามีแรงจูงใจต่อการทดลอง					
7. การอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองมีความชัดเจน					
8. คำอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย					
9. ส่งเสริมให้เกิดทักษะในการทดลองของผู้เรียน					
10. ความชัดเจนการตอบคำถามตามลำดับการทดลอง					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะคุณภาพด้านใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

คำชี้แจง โปรดเสนอแนะการจัดทำใบงานการทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาให้ชุดทดลองมีคุณภาพ

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
คุณภาพด้านชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร
สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

.....

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อขอรับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และข้อเสนอแนะปรับปรุง เพื่อให้ชุดทดลองถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความกรุณาให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาชุดทดลอง พร้อมทั้งแสดงความเห็นของท่านลงในแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ตามสภาพความเป็นจริง

1. ชื่อ – นามสกุล .....อายุ.....ปี
   วุฒิการศึกษา.....
   สถาบัน.....
   สถานที่ทำงาน.....
2. ตำแหน่งในปัจจุบัน
   ☐ ครู ☐ ครู ชำนาญการ ☐ ครู ชำนาญการพิเศษ
   ☐ วิศวกร ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....
3. ประสบการณ์ในการสอน/การทำงาน
   ☐ 5 – 10 ปี ☐ 11 – 15 ปี
   ☐ 16 – 20 ปี ☐ มากกว่า 21 ปี

ตอนที่ 2 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

คำชี้แจง ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียวที่ตรงกับความเห็นของท่าน โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 5	หมายถึง	ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับที่ 4	หมายถึง	ระดับคุณภาพดี
ระดับที่ 3	หมายถึง	ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับที่ 2	หมายถึง	ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับที่ 1	หมายถึง	ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ชุดทดลองอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร					
1. ความสอดคล้องของชุดทดลองกับจุดประสงค์					
2. การจัดลำดับความสำคัญในการทดลอง					
3. ความชัดเจนในการทดลอง					
4. วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมมีอยู่ทั่วไป					
5. ความปลอดภัยในการทดลอง					
6. ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนในการทดลอง					
7. เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นปัจจุบัน					
8. ความคงทนและขนาดเหมาะสม					
9. ความสะดวกในการบำรุงรักษา					
10. ความครบถ้วนสมบูรณ์ของชุดทดลอง					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะคุณภาพชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

คำชี้แจง โปรดเสนอแนะการจัดทำชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาให้ชุดทดลองมีคุณภาพ

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลอง
เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร
สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

.....

แบบประเมินความพึงพอใจชุดนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อขอรับความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในการใช้ชุดทดลอง แบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้ชุดทดลอง ดังนี้

1. ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร
2. ใบงานการทดลองและใบงานการทดลองรวม
3. แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
4. แบบประเมินผลปฏิบัติใบงานการทดลอง

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้ชุดทดลอง เรื่องเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ตามสภาพความเป็นจริง

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ 16-17 ปี ☐ 18-19 ปี ☐ 20 ปี ขึ้นไป

ตอนที่ 2 สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

คำชี้แจง ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียวที่ตรงกับความเห็นของท่าน โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 5 หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับที่ 4 หมายถึง ระดับคุณภาพดี
ระดับที่ 3 หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับที่ 2 หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับที่ 1 หมายถึง ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร					
1. ใช้งานในการทดลองง่าย					
2. วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม					
3. มีความปลอดภัยในการทดลอง					
4. มีความดึงดูดความสนใจของผู้เรียนในการทดลอง					
5. เข้าใจตัวอุปกรณ์ง่าย					
6. มีความคงทน					
7. ความสะดวกในการบำรุงรักษา					
8. มีขนาดเหมาะสม					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้ชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

คำชี้แจง โปรดแสดงความเห็นจากการใช้ชุดทดลอง เรื่องเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาให้มีคุณภาพต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบงานการทดลองที่.....เรื่อง.....

ชื่อ.....ชั้นปีที่.....เลขที่.....

นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม

<u>คำชี้แจง</u> ให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะที่ต้องการวัด	คะแนน		
	2	1	0
1. การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์			
2. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน			
3. เชื่อมต่อสายไฟและวงจรได้ถูกต้อง			
4. เลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม			
5. เวลาที่ใช้ปฏิบัติการทดลอง			
6. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง			
7. แบบฝึกหัดท้ายการทดลองถูกต้อง			
8. ความเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน			
รวมคะแนนการประเมิน			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

1. การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ผิด 1 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ผิดเกิน 2 ครั้ง

2. ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน

2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน

1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานตามขั้นตอนผิด 2 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่ได้เลย

3. เชื่อมต่อสายไฟและวงจรได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อสายไฟและวงจรได้ถูกต้อง

1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อสายไฟและวงจรไม่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อสายไฟและวงจร ไม่ได้

4. เลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม

2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องตามใบงาน

1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสม

0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้อง

5. เวลาที่ใช้ปฏิบัติการทดลอง

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนด หรือภายในเวลาที่กำหนด

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกิน 5 -10 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกิน 10 นาที

6. สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกหัวข้อ

1 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองได้ใกล้เคียง

0 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แบบฝึกหัดท้ายการทดลองถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ แบบฝึกหัดท้ายการทดลองถูกต้อง ครบถ้วนทุกข้อ

1 คะแนน เมื่อ แบบฝึกหัดท้ายการทดลองถูกต้อง 1-2 ข้อ

0 คะแนน เมื่อ แบบฝึกหัดท้ายการทดลองไม่ถูกต้อง

8. ความเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน

2 คะแนน เมื่อ เก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้องเป็นระเบียบ

1 คะแนน เมื่อ เก็บอุปกรณ์และทำความสะอาดไม่เรียบร้อย

0 คะแนน เมื่อ ไม่ปฏิบัติงานใดๆ เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 1 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่อวงจรเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง
2. ทดสอบการทำงานของเอสซีอาร์ตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
3. เขียนกราฟลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง
4. อธิบายผลการทดลองได้
5. ใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ของเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์
6. ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนและปลอดภัย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	1	ชุด
2.	แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 - 30 โวลต์	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง

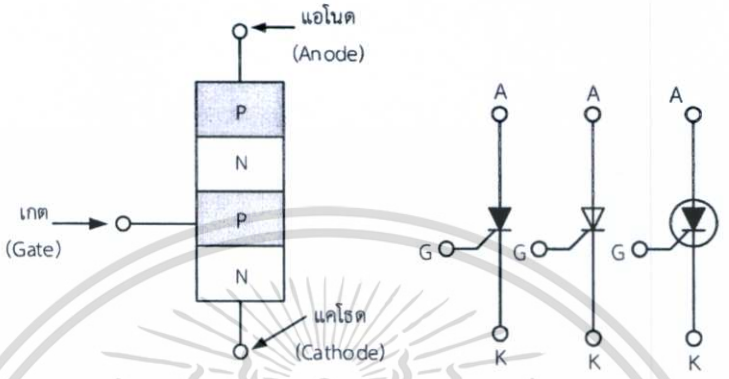
3. เนื้อหาสาระ

3.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเอสซีอาร์

เอสซีอาร์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 4 ชั้น 3 รอยต่อ มีขั้ว 3 ขั้ว คือ ขาแอโนด (Anode) ขาแคโธด (Cathode) และขาเกต (Gate) ดังแสดงในรูปที่ 1 การทำให้เอสซีอาร์สามารถทำงานหรือนำกระแสได้ต้องป้อนแรงดันไฟบวกเข้าที่ขั้วขาแอโนดและไฟลบเข้าที่ขั้วขาแคโธด ขณะนั้น เอสซีอาร์จะยังคงไม่นำกระแสจนกว่าจะมีไฟกระตุ้นที่ขาเกต และแรงดันที่แอโนดจะต้องเป็นบวกเมื่อเทียบกับแคโธด เกิดกระแสไหลระหว่างแอโนดกับแคโธดตลอดเวลาถึงแม้จะไม่มีไฟมากระตุ้นที่ขาเกตก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 2 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

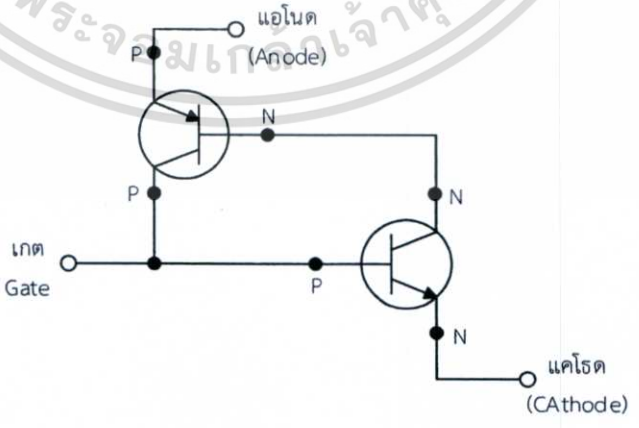


โครงสร้างของเอสซีอาร์ สัญลักษณ์ของเอสซีอาร์

รูปที่ 1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเอสซีอาร์

3.2 วงจรสมมูลของเอสซีอาร์

พิจารณาจากวงจรสมมูลของเอสซีอาร์ เมื่อดูจากโครงสร้างของสารกึ่งตัวนำทั้ง 4 ชั้น คือ PNPN เป็นทรานซิสเตอร์ 2 ตัวรวมกัน การรวมกันระหว่างทรานซิสเตอร์ชนิด PNP และ NPN เข้าด้วยกัน ขาแอโนดของเอสซีอาร์ คือ ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP (Q1) ขาแคโธด คือ อิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (Q2) ส่วนขาเบสของทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN (Q2) ต่อกับขาคอลเลคเตอร์ชนิด PNP (Q1) คือ ขาเกตของเอสซีอาร์ วงจรสมมูลของเอสซีอาร์ แสดงในรูปที่ 2



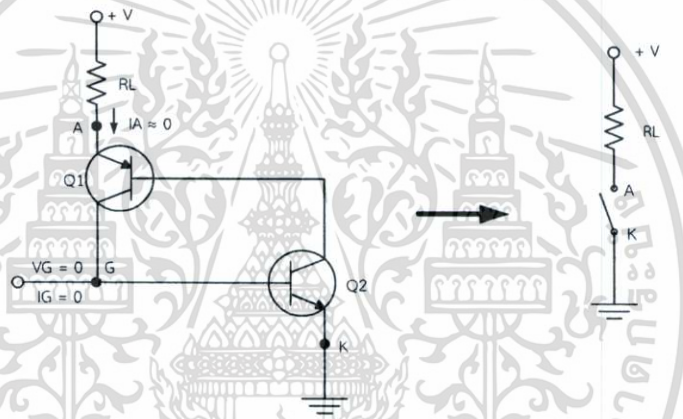
รูปที่ 2 วงจรสมมูลของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

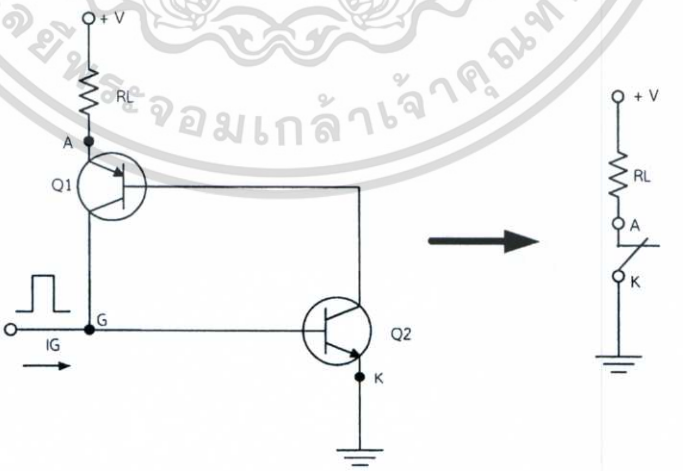
	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 3 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

3.3 การนำกระแสของเอสซีอาร์

พิจารณาจากรูปที่ 3 ถ้าหากกำหนดกระแสกระตุ้นที่ขาเกตของเอสซีอาร์ (IG=0) ที่ขาแอโนดและแคโธดได้รับการไบแอสตรง (Forward Bias) แรงดันขาแอโนดมากกว่าขาแคโธด สภาวะเช่นนี้ เอสซีอาร์ไม่สามารถนำกระแสได้ จากโครงสร้าง IG = 0 ทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ตัว คือ Q1, Q2 อยู่ในสภาวะไม่นำกระแส ดังนั้นเอสซีอาร์จะไม่มีกระแสไหลจากขาแอโนดไปขาแคโธด ค่าความต้านทานระหว่างขาแอโนดกับขาแคโธดจึงมีค่าสูงมาก เสมือนกับสภาวะตัวเอสซีอาร์เป็นสวิตช์เปิด (Open Switch)



รูปที่ 3 สภาวะไม่นำกระแสของเอสซีอาร์

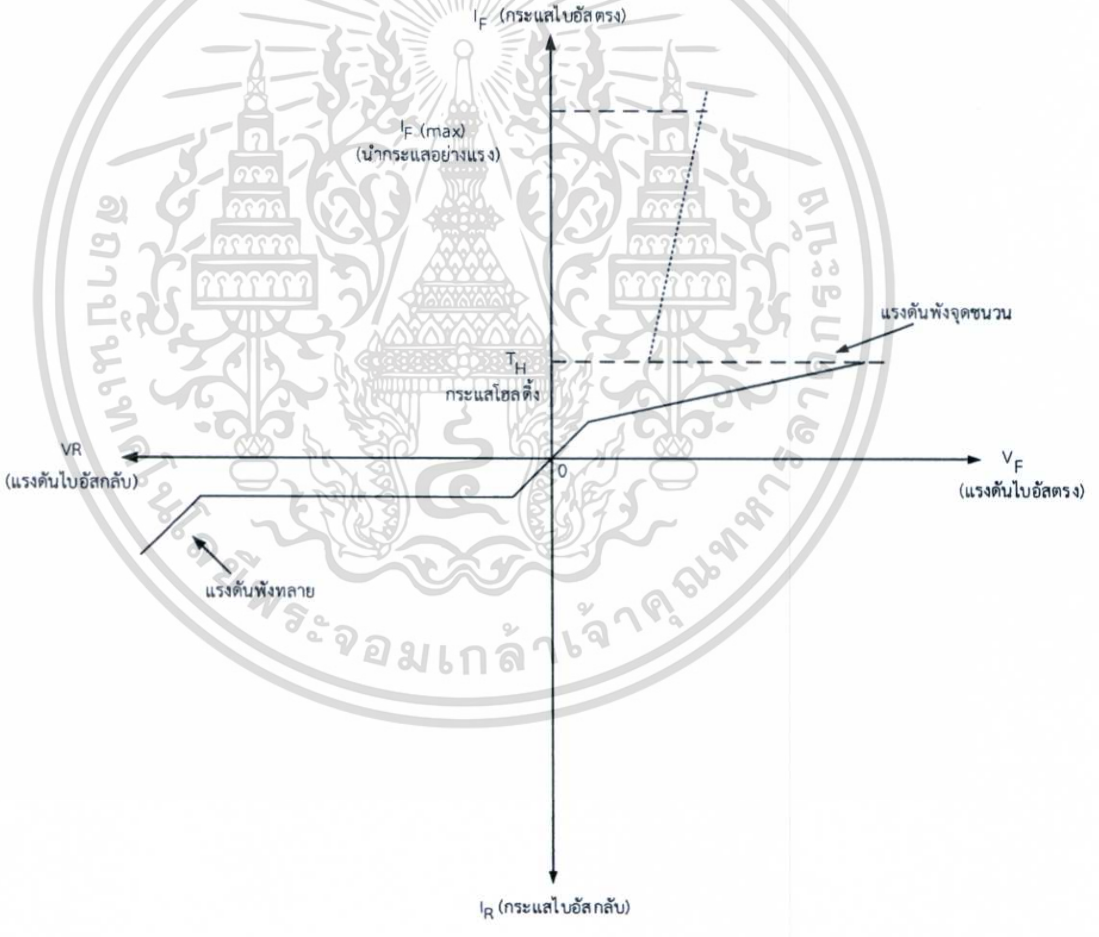


รูปที่ 4 สภาวะนำกระแสของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 4 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

ถ้ากำหนดกระแสที่กระตุ้นที่ขาเกตของเอสซีอาร์มีค่าเป็นบวกทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 นำกระแส กระแสที่ขาคอลเลคเตอร์จึงมีค่าสูงขึ้น คือ กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 จึงทำให้ Q1 สามารถนำกระแสตามไปด้วย ผลคือ สภาวะของเอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้ (กระแสแอโนดไหลผ่านไปยังแคโธดได้) นั่นคือ ค่าความต้านทานของเอสซีอาร์ ระหว่างแอโนดกับแคโธดมีค่าต่ำลงเสมือนกับสภาวะตัวเอสซีอาร์เป็นสวิตช์ปิด (Close Switch) ตามรูปที่ 4 ดังนั้น เมื่อจุดชนวนที่ขาเกตจน SCR ทำงานเรียบร้อยแล้ว ไม่จำเป็นต้องทริกที่ขาเกตอีกต่อไป แต่ SCR ก็ยังคงทำงานได้



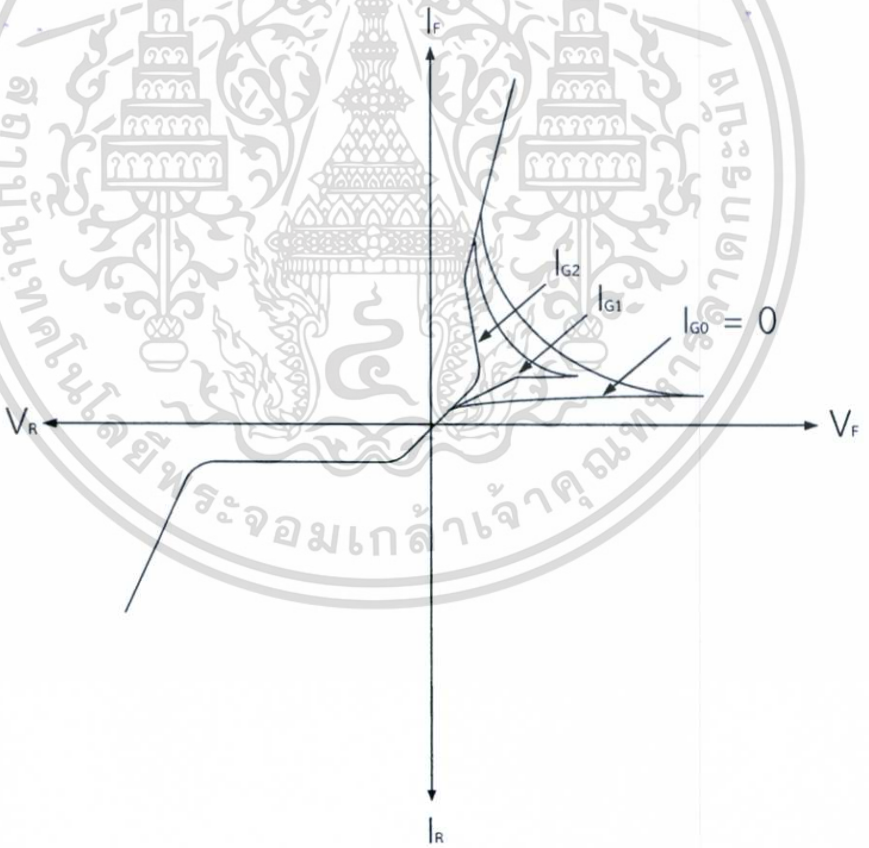
รูปที่ 5 กราฟลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 5 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

จากกราฟแสดงลักษณะสมบัติของตัวเอสซีอาร์ในรูปที่ 5 ถ้าหากในขณะที่ไม่มีการทริกที่ขาเกตของเอสซีอาร์ (IG = 0) แล้วทำการป้อนแรงดันให้ขาแอโนด และแคโธด เอสซีอาร์จะยังคงไม่นำกระแสที่ค่าแรงดันต่ำๆ ถ้าเพิ่มค่าแรงดันเพิ่มขึ้นจนถึงค่าๆ หนึ่งทำให้เอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้ เรียกค่าแรงดันนี้ว่าแรงดันพัง (Breakover Voltage) แต่ถ้าแรงดันมากกว่าตามที่ระบุไว้หรือมากเกินไป หรือถ้าไม่มีการจำกัดกระแสแล้วจะทำให้ตัวเอสซีอาร์ที่ใช้งานเสียหายได้ดังแสดงในรูปที่ 6

ถ้าป้อนไบแอสกลับ (Reverse Bias) ให้เอสซีอาร์ ที่ขาแอโนดเป็นไฟลบและขาแคโธดเป็นไฟบวก มีค่ามากกว่าแรงดันพังทลาย ทำให้บริเวณภายในตัวเอสซีอาร์ ซึ่งมีรอยต่อทะลุและทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้เช่นกัน



รูปที่ 6 ลักษณะของเอสซีอาร์เมื่อมีการทริกที่ขาเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 6 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

ถ้ามีการป้อนกระแสให้กับขาเกต หรือการจุดชนวนให้เอสซีอาร์แต่ละตัวจะมีค่ากระแสที่มาจุดชนวนจะไม่เท่ากัน ถ้าหากค่า IG น้อย แรงดันที่ไบแอสให้กับขาแอโนดกับแคโธดจะมีค่ามาก จากรูปจะกำหนดให้ค่า IG2 > IG1 > IG0

ค่าขีดจำกัดของเอสซีอาร์ เป็นสิ่งที่นักออกแบบวงจร และผู้ใช้งานควรรู้ เพราะค่าต่างๆ เหล่านี้ล้วนมีความสำคัญอย่างยิ่ง ถ้าหากมีการนำไปใช้งานจริงต้องนำสิ่งต่างๆ เกี่ยวกับตัวเอสซีอาร์มาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งที่สำคัญๆ มีดังนี้

- แรงดันไบแอสตรงจุดชนวน (Forward Breakdown Voltage) หรือแรงดันพังขณะป้อนไบอัสตรงที่จ่ายให้กับเอสซีอาร์ แล้วทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยที่ปราศจากการทริกที่ขาเกต (IG = 0) ค่านี้จะแทนด้วย BVFหรือ VBOจะไม่ให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยวิธีนี้เพราะจะทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้
- กระแสจุดชนวนเกต (Gate Trigger Current) เป็นกระแสที่ใช้ในการทริกขาเกตเอสซีอาร์ทำให้เอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้ตามปกติ ใช้ตัวย่อ IGT ค่านี้นั้นผู้ผลิตจะกำหนดไว้ที่ค่าต่ำสุดที่เอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้
- กระแสโฮลดิ้ง (Holding Current) คือ กระแสไหลจากขาแอโนดไปแคโธดขณะเอสซีอาร์มีสภาวะนำกระแสอยู่ ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่จะยังคงให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ ภายหลังจากมีการทริกให้เอสซีอาร์ทำงาน ถ้าค่านี้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง จะส่งผลให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ IH
- กระแสเกตสูงสุด (Maximum Gate Current) คือ ค่าสูงสุดของกระแสที่ทริกขาเกตทำให้เอสซีอาร์ไม่เสียหาย ถ้าหากเกินกว่าค่านี้แล้ว จะทำให้เอสซีอาร์พังได้ ในการใช้งานจริงจะต้องกำหนดการใช้ค่านี้ห้ามเกินกว่าที่กำหนดไว้ สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ IG(max)
- กระแสไบอัสตรงสูงสุด (Maximum Forward Current) การออกแบบของนักออกแบบต้องกำหนดค่านี้ให้พอเหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน และควรเลือกเอสซีอาร์ที่มีค่ากระแสไบแอสตรงสูงสุดมากกว่าที่ใช้งานจริง สัญลักษณ์ของค่านี้ คือ IF(max)
- แรงดันไบอัสกลับสูงสุด (Peak Reverse Voltage) การใช้งานวงจรที่มีการป้อนไบอัส คือ แอโนดได้รับไฟลบ และแคโธดได้รับไฟบวก เกินกว่าค่านี้แล้วจะทำให้ตัวเอสซีอาร์ที่ใช้งานได้รับความเสียหาย สัญลักษณ์ที่ใช้แทน คือ VR

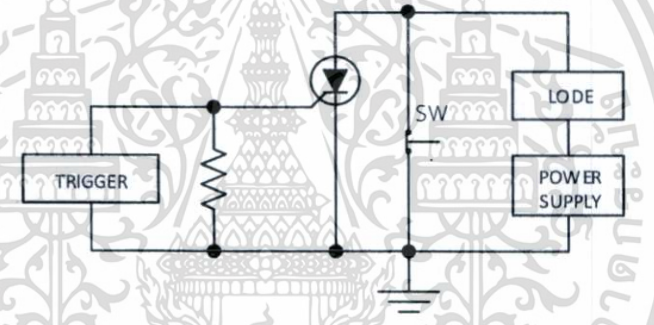
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 7 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

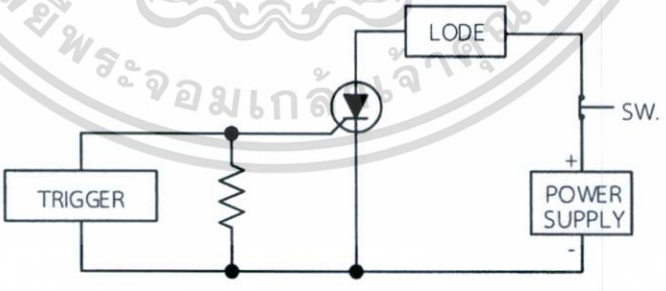
3.4 วิธีการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

หลักการที่ทำให้ตัวเอสซีอาร์หยุดนำกระแสได้นั้น ต้องลดกระแสที่ไหลระหว่างขาแอโนดไปยังแคโธดให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง (IH) วิธีง่ายๆ โดยต่อสวิตช์ขนานกับเอสซีอาร์หรือต่อสวิตช์อนุกรมกับวงจร

จากรูปรูปที่ 7 การต่อแบบขนานเมื่อกดสวิตช์เพื่อให้ลัดวงจรระหว่างขาแอโนดกับแคโธดของเอสซีอาร์ เป็นการต่อลงดิน ทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส แต่ยังมีกระแสไหลผ่านโหลด (Load) อยู่เหมือนเดิม ถ้าเราปล่อยสวิตช์เข้าสู่สภาวะเดิม (เหมือนก่อนกดสวิตช์) กระแสจะไม่สามารถไหลผ่านจากแอโนดไปยังแคโธดได้ คือ ไม่นำกระแสนั่นเอง จนกว่าจะสั่งให้มีการทริกใหม่ที่ขาเกตอีกที



รูปที่ 7 แสดงวิธีการใช้สวิตช์ควบคุมให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสการต่อสวิตช์แบบขนาน



รูปที่ 8 แสดงวิธีการใช้สวิตช์ควบคุมให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสการต่อสวิตช์แบบอนุกรม

จากรูปการต่อแบบอนุกรม ดังแสดงในรูปที่ 8 สวิตช์จะต่อแบบปกติปิด (Normally Close) และใช้สวิตช์แบบกดเปิดปล่อยปิด เมื่อกดสวิตช์เพื่อสั่งให้เปิดวงจร กระแสที่ไหลระหว่างแอโนด

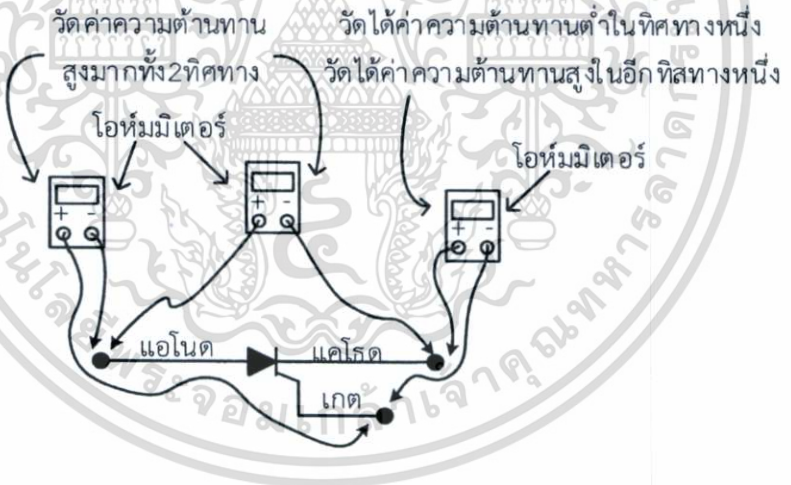
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 8 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

ไปยังแคโธดจะเป็นศูนย์ทันที ซึ่งจะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส พอกลับเข้าสู่สภาวะปกติ คือ ปล่อยสวิตช์จะทำให้วงจรปิด เอสซีอาร์จะไม่สามารถนำกระแสได้จนกว่าจะสั่งให้มีการทริกที่ขาเกตใหม่อีกที

3.5 การตรวจสอบเอสซีอาร์

สามารถใช้มัลติมิเตอร์ตั้งการวัดเป็นโอห์มมิเตอร์ ย่าน x 100 หรือ x1k ตรวจสอบสภาพดีหรือเสียของเอสซีอาร์ โดยทำการตรวจสอบตามรูปที่ 9 วัดค่าความต้านทานระหว่างขาแอโนดกับเกต ไม่ว่าจะสลับสายมิเตอร์ต้องอ่านค่าความต้านทานได้สูงมาก หรือเข็มของมิเตอร์อาจไม่ขึ้นเลย ต่อมาวัดค่าความต้านทานระหว่างขาแอโนดกับแคโธด ต้องได้ผลเช่นเดียวกับในขั้นตอนแรก คือวัดได้ค่าความต้านทานสูงมาก ๆ สุดท้ายวัดค่าความต้านทานระหว่างขาเกตกับแคโธดโดยวัดสองครั้งสลับสายมิเตอร์ด้วย ครั้งหนึ่งต้องอ่านได้ค่าความต้านทานต่ำ อีกครั้งหนึ่งต้องวัดได้ค่าความต้านทานสูง หากเป็นไปตามนี้แสดงว่า เอสซีอาร์ตัวนี้ใช้งานได้

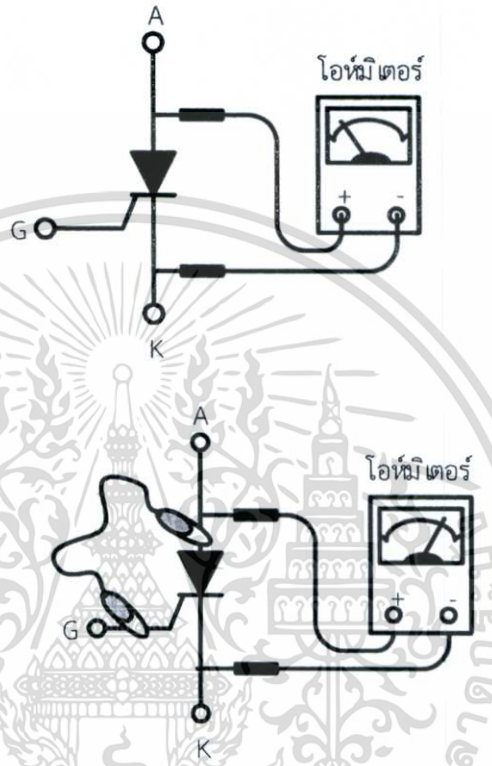


รูปที่ 9 การตรวจสอบเอสซีอาร์แบบวัดค่าความต้านทาน

การตรวจสอบเอสซีอาร์ทำได้อีกแบบหนึ่งคือ นำสายมิเตอร์ที่มีแรงดันบวกจ่ายออกมาต่อเข้าที่ขาแอโนด และสายมิเตอร์มีแรงดันขั้วลบต่อเข้าที่แคโธด ค่าความต้านทานที่วัดได้ในขณะนี้จะสูงมาก ๆ จากนั้นให้ต่อสายจากขาแอโนดมาที่ขาเกต โดยที่ยังคงต่อสายมิเตอร์อยู่อย่างเดิมเสมือนกับว่ากำลังทริกขาเกตด้วยแรงดันบวก ถ้าเอสซีอาร์ทำงานได้ก็จะนำกระแส ทำให้วัดค่าความต้านทานได้ลดลง ดังแสดงการตรวจสอบแบบนี้ในรูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 9 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ



วัดค่าความต้านทานได้สูงมากเมื่อต่อขาเกตเข้ากับแอโนดชั่วขณะจะวัดค่าความต้านทานได้ต่ำลง

รูปที่ 10 การตรวจสอบเอสซีอาร์แบบทริกที่ขาเกต

ข้อมูลคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเอสซีอาร์

ตัวอย่างข้อมูลคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเอสซีอาร์ ที่สำคัญมีดังนี้

V_{DRM} คือ แรงดันตกคร่อมเอสซีอาร์สูงสุดที่ทนได้ในสภาวะไม่ทำงาน

I_T คือ กระแสเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในขณะที่เอสซีอาร์ทำงาน

I_{GT} คือ ค่าของกระแสเกตสูงสุดที่ใช้ทริกเอสซีอาร์

VGT คือ แรงดันไฟตรงที่ขาเกตที่ทำให้เกิดกระแสเกตไปทริกให้เอสซีอาร์ทำงาน

PG คือ ค่ากำลังงานสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ขาเกตของเอสซีอาร์

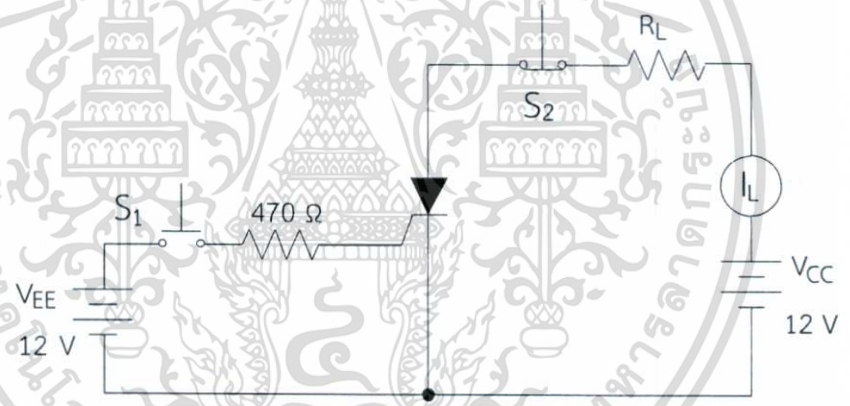
IH คือ กระแสโฮลดิ้งเป็นค่ากระแสแอโนดต่ำสุดที่ยังทำให้เอสซีอาร์ยังคงสามารถนำกระแสอยู่ได้ หากค่ากระแสแอโนดต่ำกว่าของกระแสโฮลดิ้งเอสซีอาร์จะหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 10 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

4. ลำดับการทดลอง

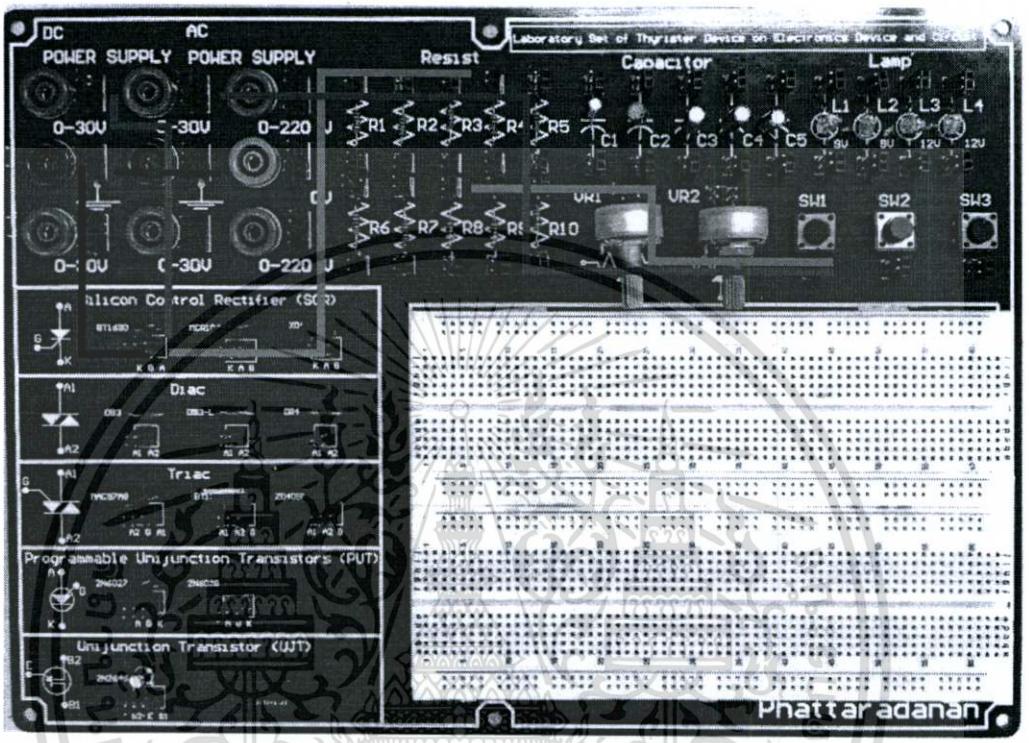
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 11 แสดงวงจรไบแอสเอสซีอาร์ (V_{EE} = 12 V)
2. ให้ปรับแรงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ทั้ง 2 แหล่งจ่ายโดยนำมัลติมิเตอร์วัดตรวจสอบความถูกต้องของแรงจ่าย
3. นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแสนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่แหล่งจ่าย Vcc และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดที่ขาตัวต้านทาน RL อ่านค่าบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1
4. ทำการบันทึกค่าของกระแสโดยเปลี่ยนค่าตัวต้านทานตามตารางที่ 1
5. นำผลที่ได้ในตารางที่ 1 นำไปเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าของตัวต้านทานกับกระแสไหลในวงจร



รูปที่ 11 แสดงวงจรไบแอสเอสซีอาร์ (V_{EE} = 12 V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 11 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ



รูปที่ 12 แสดงวงจรไบแอสเอสซีอาร์ (V_{EE} = 12 V) วงจรต่อทดลองจริง

6. ปิดสวิตช์ S_1 บันทึกค่า I_{L1} (กระแสขณะถูกจุดชนวน) ต่อมาเปิดสวิตช์ S_1 บันทึกค่า I_{L2} (กระแสหลังจากถูกจุดชนวน) ลงในตารางที่ 1 จากนั้นเปิดสวิตช์ S_2 เพื่อเริ่มการทดลองใหม่ในแต่ละค่าของ R_L บันทึกกระแสที่เปลี่ยนไป

ตารางที่ 1.1ผลการทดลงวัดค่า I_{L1} และ I_{L2} วงจรไบแอสเอสซีอาร์ (V_{EE} = 12 V)

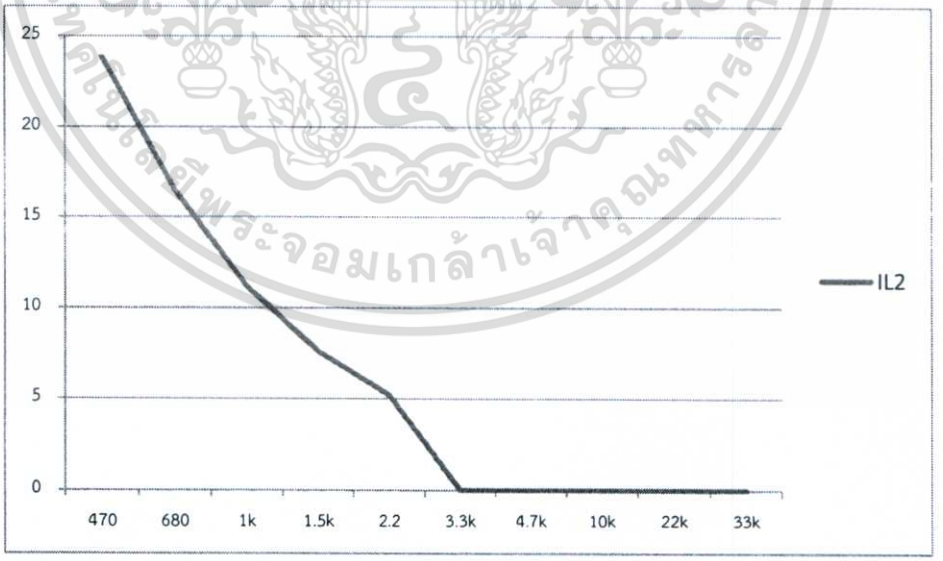
R_L	100	270	470	680	1.2k	2.2k	3.9k	5.2k	10k	21k	-
I_{L1}	23.8	16.5	11.2	7.6	5.2	3.4	2.4	1.2	0.6	0	mA
I_{L2}	23.8	16.5	11.2	7.6	5.2	0	0	0	0	0	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 12 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

กราฟที่ 1 ผลการทดลองวัดค่า I_{L1} วงจรไบแอสเอสซีอาร์ (V_{EE} = 12 V)

กราฟที่ 2 ผลการทดลองวัดค่า I_{L2} วงจรไบแอสเอสซีอาร์ (V_{EE} = 12 V)



7. จากตารางที่ 1 กระแสต่ำสุดที่ SCR ยังคงนำกระแสได้อยู่ หลังจากถูกจุดชนวนแล้ว (กระแสโฮลดิ้ง) มีค่า .....5.2.....mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 1	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 13 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์	จำนวน 3 คาบ

5. คำถามท้ายการทดลอง

1. เอสซีอาร์นำกระแสได้อย่างไร

ตอบ เอสซีอาร์ไม่นำกระแสจนกว่าจะมีไฟกระตุ้นที่ขาเกต และแรงดันที่แอโนดต้องเป็นบวกเมื่อเทียบกับแคโทด

2. จงอธิบายหลักการทำให้ตัวเอสซีอาร์หยุดนำกระแส

ตอบ ตัวเอสซีอาร์หยุดนำกระแสได้นั้น ต้องลดกระแสที่ไหลระหว่างขาแอโนดไปยังแคโทดให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง (I_H) ต่อแบบขนานเมื่อกดสวิตช์เพื่อให้ลัดวงจรระหว่างขาแอโนดกับแคโทดของเอสซีอาร์ เป็นการต่อลงดิน ทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส ยังมีกระแสไหลผ่านโหลด (Load) อยู่เหมือนเดิม ถ้าเราปล่อยสวิตช์เข้าสู่สภาวะเดิม (เหมือนก่อนกดสวิตช์) กระแสไม่สามารถไหลผ่านจากแอโนดไปยังแคโทด คือ ไม่นำกระแสนั่นเอง จนกว่าจะสั่งให้มีการทริกใหม่ที่ขาเกตอีกที

6. สรุปผลการทดลอง

สภาวะของเอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้ คือกระแสแอโนดไหลผ่านไปแคโทด ค่าความต้านทานของเอสซีอาร์ ระหว่างแอโนดกับแคโทดมีค่าต่ำลงเสมือนกับสภาวะตัวเอสซีอาร์เป็นสวิตช์ปิด (Close Switch) เมื่อจุดชนวนหรือทริกที่ขาเกตจน SCR ทำงานแล้ว ไม่จำเป็นต้องทริกที่ขาเกตอีกต่อไป SCR ก็ยังคงทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 1 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่อวงจรไดแอดได้ถูกต้อง
2. ทดสอบการทำงานของไดแอดตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
3. เขียนกราฟลักษณะสมบัติของไดแอดได้ถูกต้อง
4. อธิบายผลการทดลองได้
5. ใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ของเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์
6. ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนและปลอดภัย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	1	ชุด
2. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 - 30 โวลต์	2	เครื่อง
3. มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง

3. เนื้อหาสาระ

3.1 สัญลักษณ์และโครงสร้างของไดแอค

ไดแอค (Diac) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมี 2 ขั้วคือ T1 และ T2 สามารถนำกระแสได้ 2 ทิศทางจุดมุ่งหมายที่สร้างตัวไดแอคเพื่อใช้ทริกให้กับไตรแอคเป็นการป้องกันไม่ให้แรงดันที่ตกคร่อมไตรแอคที่ขาเกตมีค่าสูงจนทำให้ตัวไตรแอคเกิดความเสียหาย สัญลักษณ์และโครงสร้างภายในของไดแอค ดังแสดงรูปที่ 1

สัญลักษณ์ไดแอค โครงสร้างภายในไดแอค

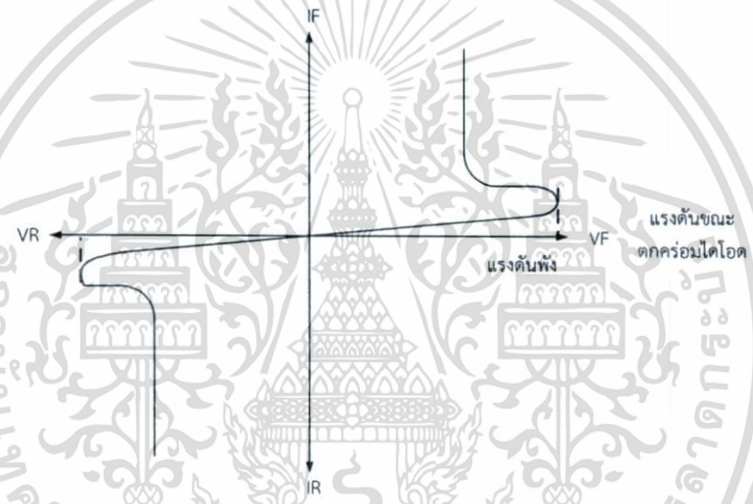
รูปที่ 1 แสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างของไดแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 2 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ

3.2 กราฟแสดงคุณสมบัติของไดแอค

จากรูปที่ 2 แสดงกราฟแสดงคุณสมบัติของไดแอคทำงานได้โดยอาศัยช่วงแรงดันพัง ซึ่งในส่วนของกระแสที่ไหลผ่านตัวไดแอคเกิดจากการพังในตัวไดโอด ทำงานได้ 2 ทิศทาง คือ ให้แรงดันไฟเป็นบวกหรือลบก็ได้ นอกจากนี้แรงดันตกคร่อมไดแอคลดลงอีกเล็กน้อยเมื่อไดแอคนำกระแสและรูปร่างตัวถังของไดแอคดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 แสดงกราฟแสดงคุณสมบัติของไดแอค

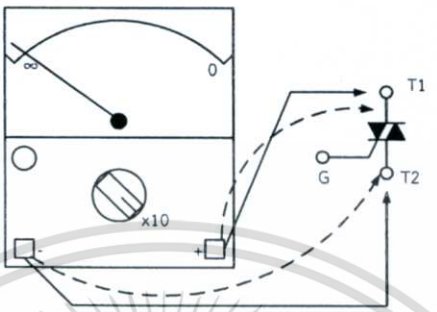
รูปที่ 3 แสดงรูปร่างตัวถังของไดแอค

3.3 การวัดและตรวจสอบไดแอค

ก่อนทำการวัดให้ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านโอห์มมิเตอร์ R x 10k แล้วทำการปรับซีโร่โอห์มดังแสดงในรูปที่ 4 ทำการวัดตามลำดับต่อไปนี้

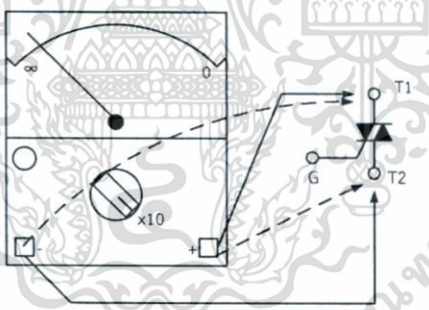
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 3 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ



รูปที่ 4 แสดงการปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านโอห์มมิเตอร์ R x 10k แล้วทำการปรับซีโรโอห์ม

1) นำสายวัดมาวัดไดแอคที่ขา T1และ T2 โดยในขั้นตอนแรกให้สายลบแตะที่ T1 และสายบวกแตะที่ T2 เข็มมิเตอร์จะอ่านได้อินฟินิตี้ α(เข็มมิเตอร์ไม่ขึ้น) แล้วทำการสลับสายวัดผลที่ได้ก็ยังคงไม่ขึ้นเหมือนเดิมแสดงว่าไดแอคอยู่ในสภาพดีดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการตรวจสอบการใช้งานไดแอค

2) เมื่อทำการวัดตามข้อ 1 แล้ว ถ้ามีค่าความต้านทานได้สูง แสดงว่าไดแอครั่ว

4. ลำดับการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 6 แสดงวงจรไบแอสไดแอค

2. ให้นำแหล่งจ่ายทั้ง 2 อนุกรมกันโดยปรับแรงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ตามตารางที่ 1 แหล่งจ่ายโดยนำมัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันตรวจสอบความถูกต้องของแรงจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

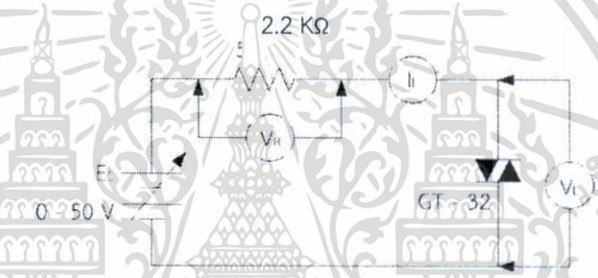
	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 4 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ

3. นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแส นำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่ตัวต้านทาน และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดที่ขา A2 ไดแอคอ่านค่าบันทกผลการทดลองลง I_L ในตารางที่ 1

4. นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแส นำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวต้านทาน และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวต้านทาน อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง VR ในตารางที่ 1

5. นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแส นำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวไดแอค และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวไดแอคอ่านค่าบันทกผลการทดลองลง VL ในตารางที่ 1

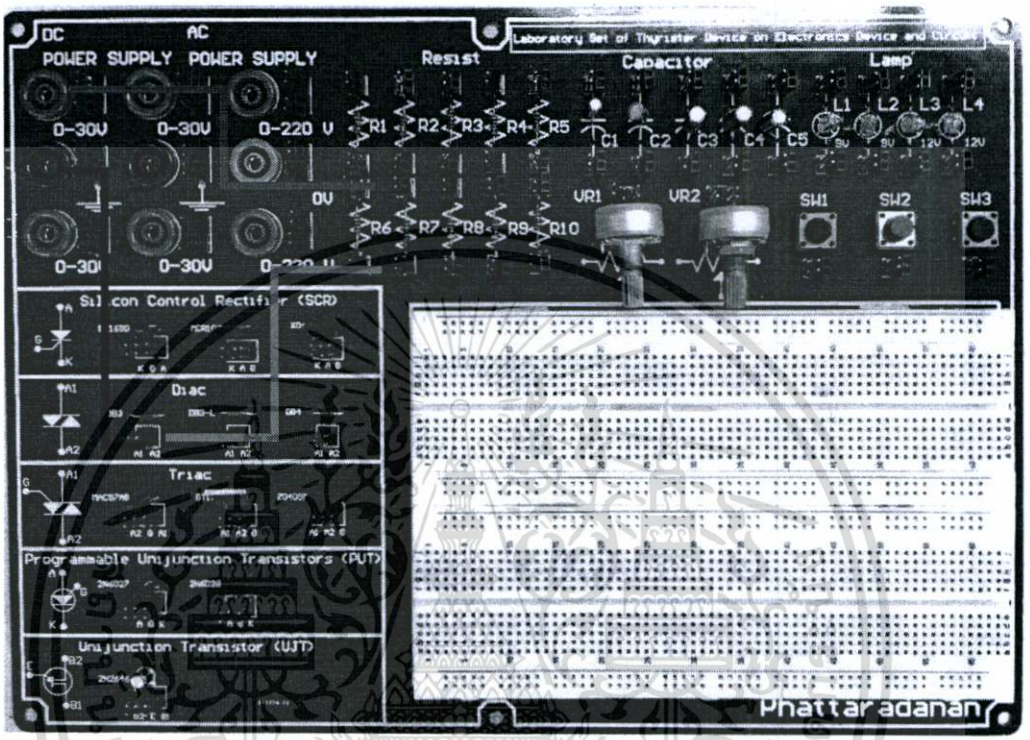
6. นำผลที่ได้ในตารางที่ 1 นำไปเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสเทียบแรงดันในวงจร



รูปที่ 6 แสดงวงจรไบแอสไดแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 5 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ



รูปที่ 10 แสดงวงจรไบแอสไดแอค วงจรต่อทดลองจริง

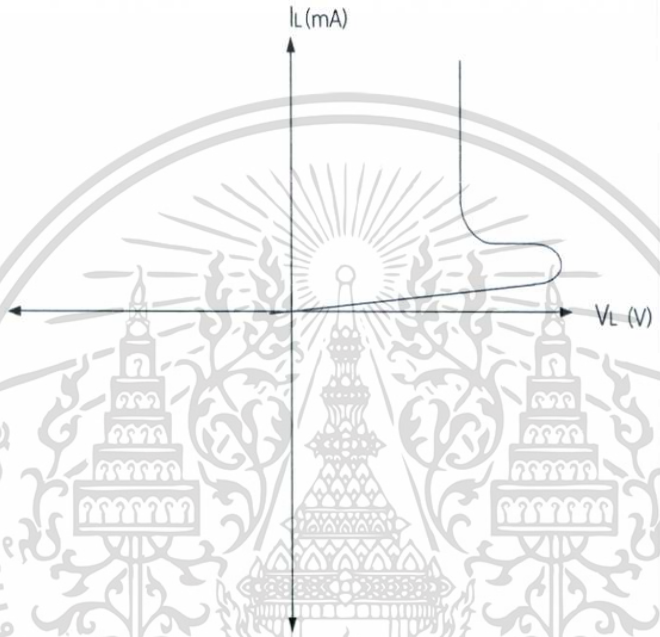
ตารางที่ 1 แสดงผลการวัดค่า V_R, V_L, I_L วงจรไบแอสไดแอค

E_S	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	V
V_R	0	0	0	0	0	0	0	4	6.2	8.4	10.5	12.5	V
V_L	20	22	24	26	28	30	32	30	30	29.5	29.5	29	V
I_L	0	0	0	0	0	0	0	0.8	1.2	1.6	2	2.4	mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 6 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ

กราฟที่ 1 แสดงผลการวัดค่า V_R , I_L วงจรไบแอสไดแอค



7. กลับขั้วไดแอคแล้วเริ่มทำการทดลองตามข้อ 5 และ 6 แล้วบันทึกค่า V_R , V_L , I_Lลงในตารางที่ 2

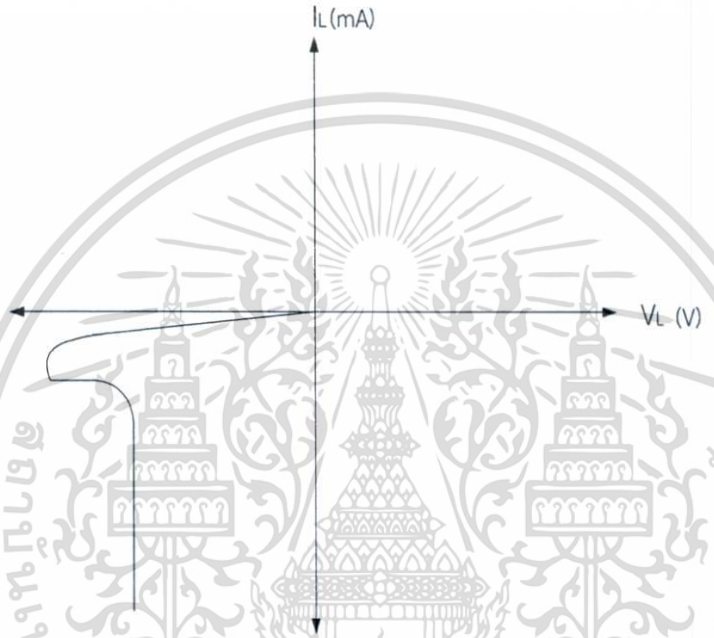
ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดค่า V_R , I_L วงจรไบแอสไดแอค (กลับขั้วไดแอค)

E_S	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	V
V_R	0	0	0	0	0	0	0	4	6.2	8.4	10.5	12.5	V
V_L	20	22	24	26	28	30	32	30	30	29.5	29.5	29	V
I_L	0	0	0	0	0	0	0	0.8	1.2	1.6	2	2.4	mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 7 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ

กราฟที่ 2 แสดงผลการวัดค่า V_R, V_L, I_L วงจรไบแอสไดแอค (กลับขั้วไดแอค)



5. คำถามท้ายการทดลอง

1. จงบอกลักษณะเบื้องต้นของไดแอค (Diac)

   ตอบ ไดแอค (Diac) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมี 2 ขั้วคือ T1 และ T2 สามารถนำกระแสได้ 2 ทิศทาง

2. จุดมุ่งหมายที่สร้างตัวไดแอคคืออะไร

   ตอบ จุดมุ่งหมายที่สร้างตัวไดแอค คือ เพื่อใช้ทริกให้กับไตรแอคเป็นการป้องกันไม่ให้แรงดันตกคร่อมไตรแอคที่ขาเกตมีค่าสูงจนทำให้ตัวไตรแอคเกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 2	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 6
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 8 /8
	ชื่อการทดลอง ไดแอก	จำนวน 3 คาบ

6. สรุปผลการทดลอง

ไดแอคทำงานได้โดยอาศัยช่วงแรงดันพัง กระแสที่ไหลผ่านไดแอคเกิดจากการพังในตัวไดโอด ทำงานได้ 2 ทิศทาง คือ ให้แรงดันไฟเป็นบวกหรือลบ แรงดันตกคร่อมไดแอคลดลงอีกเล็กน้อยเมื่อไดแอคนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 1/13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

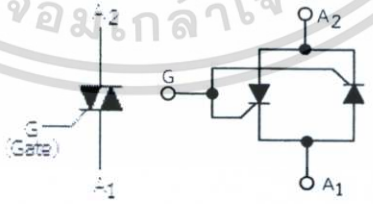
1. ต่อวงจรไตรแอคได้ถูกต้อง
2. ทดสอบการทำงานของไตรแอคตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
3. เขียนกราฟลักษณะสมบัติของไตรแอคได้ถูกต้อง
4. อธิบายผลการทดลองได้
5. ใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ของเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์
6. ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนและปลอดภัย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	1	ชุด
2.	แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 - 30 โวลต์	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง

3. เนื้อหาสาระ

ไตรแอคคือ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำซึ่งเกิดจากการนำเอสซีอาร์ 2 ตัว มาต่อหัวชนกัน ตามสัญลักษณ์ไตรแอค เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับได้ ไตรแอคมี 3 ขั้ว ประกอบด้วยขา A1, A2และ G (Gate) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถนำกระแสได้ 2 ทิศทางและมีการทริกเหมือนกับเอสซีอาร์ดังแสดงในรูปที่ 1



สัญลักษณ์ไตรแอค วงจรสมมูล

รูปที่ 1 แสดงสัญลักษณ์และวงจรสมมูลไตรแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 2/13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

3.1 โครงสร้างไตรแอค

ไตรแอคประกอบด้วยรอยต่อ 3 รอยต่อเช่นเดียวกับเอสซีอาร์ ที่ขา A2, A1 สามารถทำงานได้ทั้งด้านบวกและลบของไฟกระแสสลับ และสามารถทริกที่ขาเกตได้ทั้งบวกและลบ ดังนั้นสามารถแบ่งการทำงานของไตรแอคได้เป็น 4 ควอแดรนท์ ดังแสดงในรูปที่ 2

ควอแดรนท์ที่ 1 กำหนดให้แรงดันที่ขา A2 เป็นบวก A1 เป็นลบ กระแสเกตเป็นบวก ซึ่งลักษณะการทำงานของไตรแอคควอแดรนท์นี้ เหมือนกับการทริกให้เอสซีอาร์ทำงาน การทำงานของไตรแอคเหมือนกับการทำงานของเอสซีอาร์

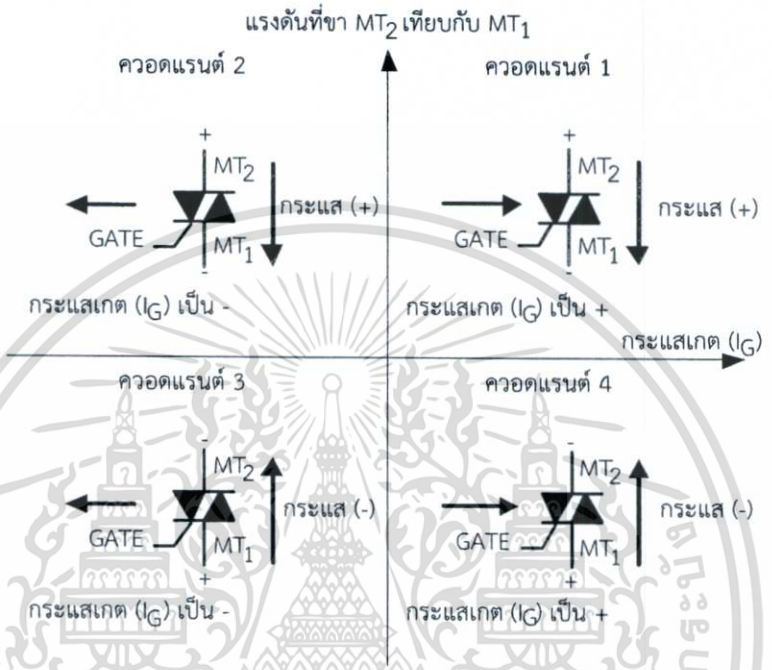
ควอแดรนท์ที่ 2 กำหนดให้แรงดันขา A2 เป็นบวก A1 เป็นลบ และกระแสเกตเป็นลบจะไหลจาก A1 ผ่านมายังสารพีมายังขาเกต ทำให้ไตรแอคสามารถทำงานได้ เกิดกระแสไหลจากขา A2 มายังขา A1 ได้

ควอแดรนท์ที่ 3 เรากำหนดให้กระแสเกตเป็นลบ แรงดันไฟ A2 ก็เป็นลบเช่นกัน กระแสของ IG ไหลผ่านทางหัวต่อสารพีเอ็นที่ขา A1 และขาเกตเป็นการทริกให้ไตรแอคสามารถทำงาน ทำให้เกิดกระแสไหลจากขา A1 มายัง A2 ในควอแดรนท์นี้เป็นการสลับจากการทำงานของควอแดรนท์ที่ 1

ควอแดรนท์ที่ 4 การนำกระแสของไตรแอคในควอแดรนท์นี้ จะกลับทิศทางกับในควอแดรนท์ที่ 2 คือ กำหนดให้ IGเป็นบวกและแรงดัน A2 เป็นลบจะทำให้กระแส IG ไหลผ่านสารชนิดพีเอ็นจากขาเกตที่เป็นบวกมาที่ A1 ทำให้ตัวไตรแอคทำงานเกิดกระแสไหลจากขา A1 มาขา A2 การไหลของกระแส IG เหมือนกับควอแดรนท์ที่ 1 แรงดันไฟที่ A2 เทียบกับ A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 3 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ



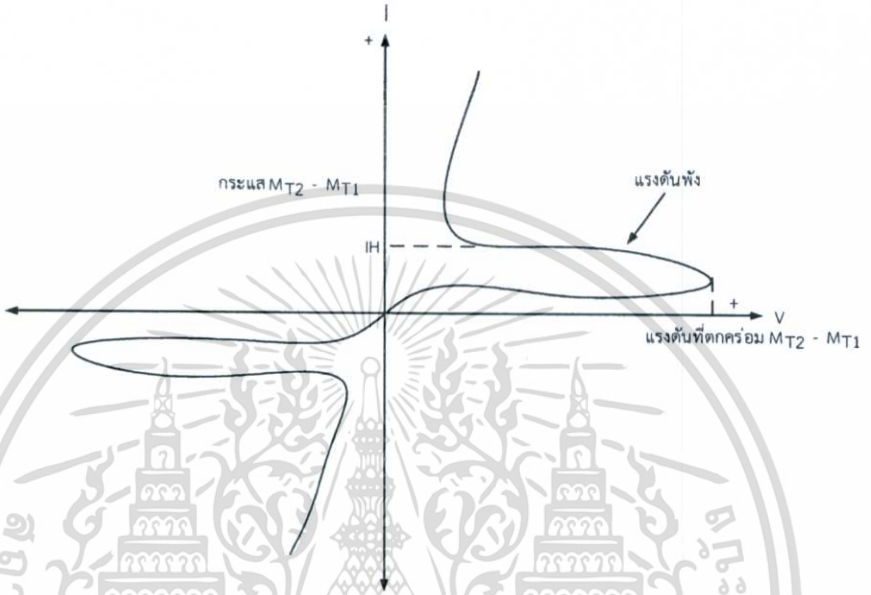
รูปที่ 2 แสดงการนำกระแสของไตรแอคในควอดแรนต์ต่างๆ

3.2 คุณสมบัติของไตรแอค

การทำงานของไตรแอคที่ขา A2, A1 จะนำกระแสได้ 2 ทิศทาง และขาเกตสามารถเป็นได้ทั้งบวกและลบ ในกรณีที่แรงดัน A2 – A1 มีค่าน้อยกว่าแรงดันพังทลาย ถ้ามีการทริกที่เกตไม่ว่าจะเป็นบวกหรือลบ ไตรแอคก็จะสามารถนำกระแสได้ และถ้าให้แรงกันที่ขา A1 มีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับ A2 คือการเพิ่มค่าแรงดันจนถึงแรงดันพังไตรแอคก็สามารถนำกระแสได้เอง ถ้าหากไม่จำกัดกระแสในตัวไตแอคและยังให้ทำงานโดยวิธีนี้ต่อไปอีกทำให้เป็นอันตรายต่อตัวไตรแอค ในทางตรงข้ามขณะที่ไตรแอคกำลังทำงานอยู่ ถ้าลดกระแสจนถึงค่าหนึ่ง ซึ่งต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง ทำให้ไตรแอคหยุดนำกระแส ต้องรอจนกว่ามีการทริกขาเกตใหม่อีกครั้งกราฟแสดงคุณสมบัติของไตรแอค ดังแสดงในรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 4/13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ



รูปที่ 3 กราฟแสดงคุณสมบัติของไตรแอค

ข้อมูลและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไตรแอคที่ควรทราบ

- I_{GT} คือ ค่ากระแสเกตสูงสุดที่ใช้ในการทริกไตรแอค
- V_{GT} คือ แรงดันไฟตรงที่ขาเกตที่ทำให้เกิดกระแสเกตไปทริก (Trig) ให้ไตรแอคนำกระแส
- T_j คือ ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่รอยต่อ ที่ไตรแอคสามารถทนได้
- V_{DRM} คือ ค่าแรงดันตกคร่อม A2 กับ A1 ของไตรแอคสูงสุดที่สภาวะยังไม่นำกระแส
- dv/dt คือ อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงแรงดันต่ำสุดที่ไตรแอคเปลี่ยนสภาวะจากไม่นำกระแส ไปสู่ภาวการณ์นำกระแส

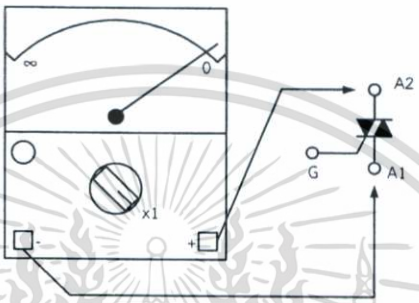
3.3 การวัดและตรวจสอบไตรแอค

ก่อนทำการวัดให้ปรับมัลติมิเตอร์ไว้ที่ย่านโอห์มมิเตอร์ที่ R x 1 หลังจากนั้นแล้วปรับซีโร่โอห์ม และทำการวัดตามลำดับต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

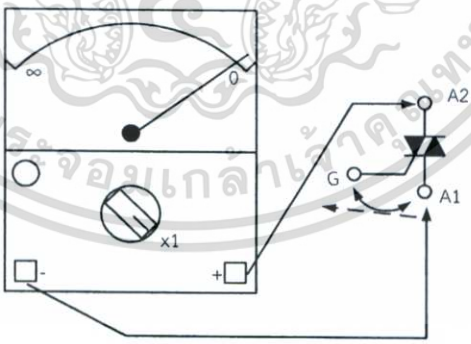
	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 5 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

1. นำสายบวกแตะที่ A2 สายลบแตะที่ A1 เข็มมิเตอร์เบี่ยงเบนความต้านทานที่อ่านได้มีค่าต่ำมากดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการทดสอบไตรแอคโดยสายบวกแตะที่ A2 และสายลบแตะที่ A1

2. เมื่อทำตามข้อที่ 1 แล้วทำการช็อตที่ขา G และขา A1 หลังจากนั้นให้นำสายที่ช็อตระหว่าง G กับ A1 ออก เข็มของมิเตอร์ก็จะยังคงค้างอยู่แสดงว่าไตรแอคอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดังแสดงในรูปที่ 5

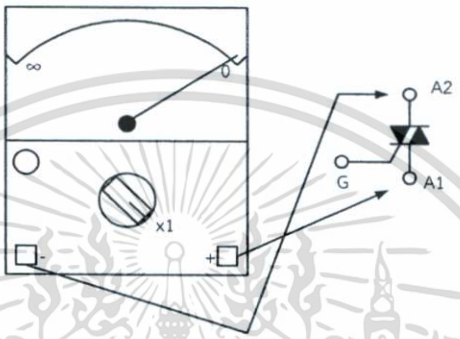


รูปที่ 5 แสดงการช็อตที่ขา G และขา A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

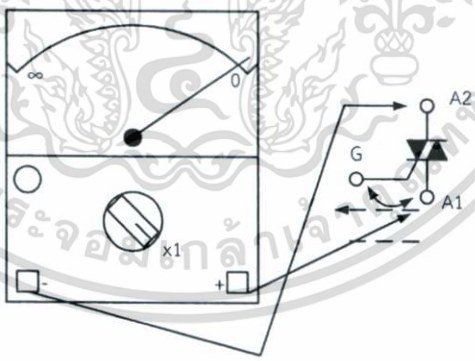
	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 6 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

3. สลับสายวัดจากข้อ 1 เข็มมิเตอร์ที่อ่านได้ก็จะมีค่าความต้านทานน้อยเช่นเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการทดสอบไตรแอคโดยสายลบแตะที่ A2 และสายบวกแตะที่ A1

4. ทดสอบตามข้อ 2 อีกครั้งหนึ่งเข็มของมิเตอร์ยังคงค้างอยู่เช่นนี้ ไตรแอคสามารถทริกได้ทั้งบวกและลบ ดังแสดงในรูปที่ 7



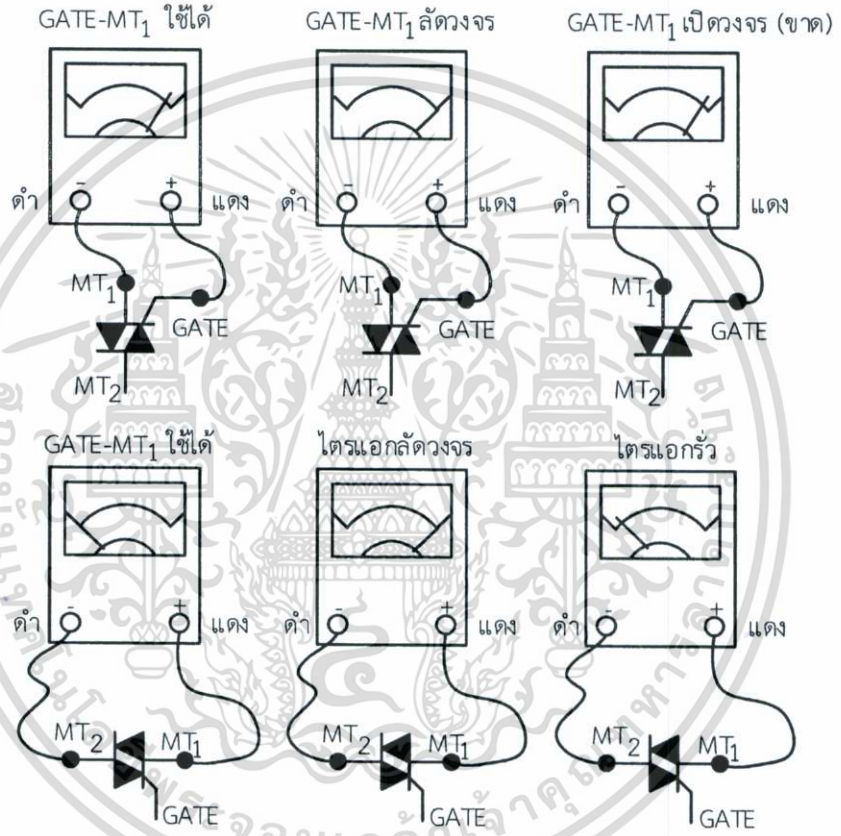
รูปที่ 7 แสดงการทดสอบไตรแอคโดยสายลบแตะที่ A2 และสายบวกแตะที่ A1
และช็อตที่ขา G และขา A1

จากวัดค่าความต้านทานระหว่างขาเกตกับ MT1ต้องวัดได้ค่าความต้านทานค่าหนึ่งที่ไม่สูงมากนัก จากนั้นวัดที่ขา MT1 กับ MT2 ต้องได้ค่าความต้านทานสูงมากเป็นอนันต์หรือเข็มวัดไม่ขึ้น วัดได้ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 7/13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

ลักษณะนี้ถือว่า ไตรแอคตัวนั้นใช้งานได้ ถ้าหากผิดไปจากนี้ก็จะมี 3 อาการคือ ขาด, ลัดวงจร และไตรแอครั่ว ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงการทดสอบไตรแอคอาการต่างๆ

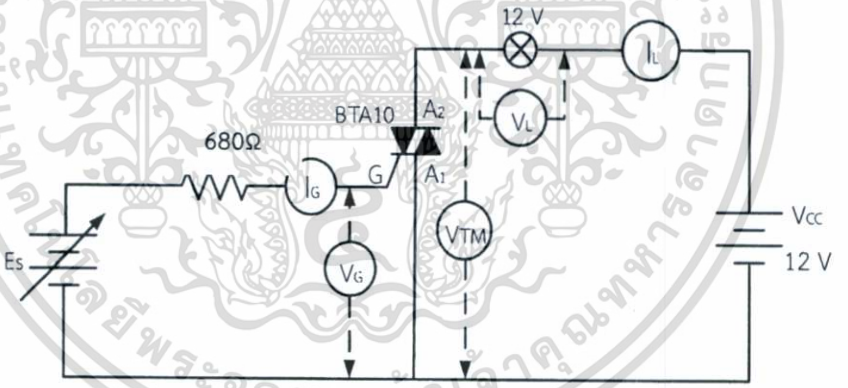
4. ลำดับการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 9 แสดงวงจรไบแอสไตรแอค
2. ให้ปรับแรงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ทั้ง 2 แหล่งจ่ายโดยนำมัลติมิเตอร์วัดตรวจสอบความถูกต้องของแรงจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 8 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

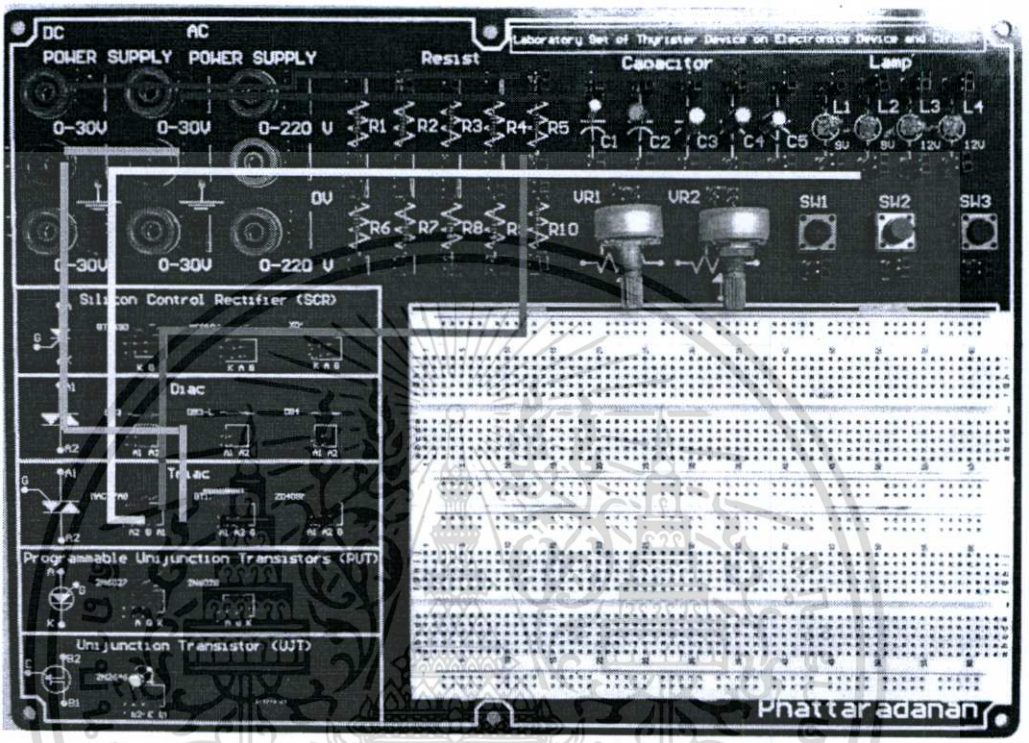
3. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่ตัวต้นทาน และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดที่ขา G ไตรแอคอ่านค่าบันทกผลการทดลองลงI_G ในตารางที่ 1
4. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่หลอด และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดขั้วแรงจ่าย Vccอ่านค่าบันทกผลการทดลองลงI_L ในตารางที่ 1
5. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดแรงดันนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวหลอดไฟ และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์หลอดไฟ อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง V_L ในตารางที่ 1
6. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดค่าแรงดันนำสายสีแดงและสีดำของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวไตรแอคที่ตำแหน่งขา A2 และ A1 อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง V_{TM} ในตารางที่ 1
7. นำผลที่ได้ในตารางที่ 3.1 นำไปเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสเทียบแรงดันในวงจร
8. บันทึกสถานะของหลอดไฟและบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1



รูปที่ 9 แสดงวงจรไบแอสไตรแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 9 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ



รูปที่ 10 แสดงวงจรไบแอสไตรแอค วงจรต่อทดลองจริง

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลองวัดค่า I_G , V_G, V_{TM} , V_L , I_L วงจรไบแอสไตรแอค

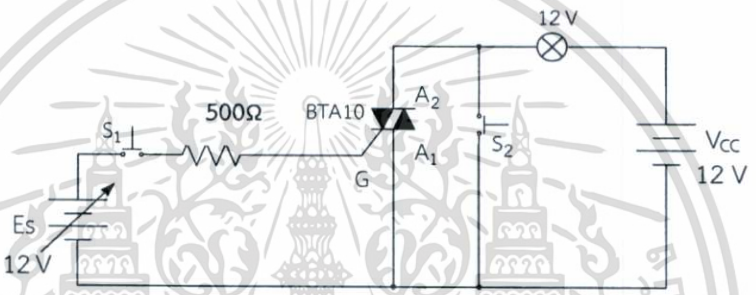
E_S	V_G(V)	V_L(V)	V_{TM}(V)	I_L(mA)	I_G(mA)	สภาวะหลอดไฟ
0	0	0	0	0	0	ดับ
1	0.25	0	12	0.1	3.3	ดับ
2	0.55	0	12	0.1	6.5	ดับ
3	0.85	10.6	1.2	189	9.7	ติด
4	0.85	10.8	1.2	189.6	13.9	ติด
5	0.85	10.8	1.2	189.9	18.8	ติด
6	0.9	10.8	1.2	190	23	ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 10/13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

7	0.9	10.8	1.2	190	27.6	ติด
8	0.9	10.8	1.2	190	32	ติด

9. ต่อวงจรตามรูปที่ 11 แสดงวงจรควบคุมหลอดไฟโดยใช้ไตรแอค



รูปที่ 11 แสดงวงจรควบคุมหลอดไฟโดยใช้ไตรแอค

10. กดสวิตช์ตามตารางที่ 2 สังเกตสภาวะหลอดไฟ บันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองกด สวิตช์ S_1 และ S_2 วงจรควบคุมหลอดไฟโดยใช้ไตรแอค

สวิตช์ S_1	สวิตช์ S_2	หลอดไฟ (ติด / ดับ)	สาเหตุเพราะ
off	off	ดับ	กระแสไฟไม่สามารถไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G ทำให้ไตรแอคไม่ทำงาน
off	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะไม่กด S_1ก็ตาม
on	off	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G ทำให้ ไตรแอคทำงาน หลอดไฟติด
on	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะกด S_1หรือไม่ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 11 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

11. ต่อวงจรตามรูปที่ 11 แต่ให้สลับขั้วแหล่งจ่าย E_S แล้วทดลองกดสวิตช์ตามตารางที่ 3 สังเกตสภาวะหลอดไฟ บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองกด สวิตช์ S_1 และ S_2 วงจรควบคุมหลอดไฟโดยใช้ไตรแอค (สลับขั้วแหล่งจ่าย E_S)

สวิตช์ S_1	สวิตช์ S_2	หลอดไฟ (ติด / ดับ)	สาเหตุเพราะ
off	off	ดับ	กระแสไฟไม่สามารถไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G ทำให้ไตรแอคไม่ทำงาน
off	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะไม่กด S_1ก็ตาม
on	off	ดับ	กระแสไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G แต่ไตรแอคไม่ทำงาน เพราะทิศทางกระแสหักล้างกัน
on	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะกด S_1หรือไม่ก็ตาม

7/9

12. ต่อวงจรตามรูปที่ 11 แต่ให้สลับขั้วแหล่งจ่าย V_{CC} แล้วทดลองกดสวิตช์ตามตารางที่ 4 สังเกตสภาวะหลอดไฟ บันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองกด สวิตช์ S_1 และ S_2 วงจรควบคุมหลอดไฟโดยใช้ไตรแอค (สลับขั้วแหล่งจ่าย V_{CC})

สวิตช์ S_1	สวิตช์ S_2	หลอดไฟ (ติด / ดับ)	สาเหตุเพราะ
off	off	ดับ	กระแสไฟไม่สามารถไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G ทำให้ไตรแอคไม่ทำงาน
off	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะไม่กด S_1ก็ตาม
on	off	ดับ	กระแสไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G แต่ไตรแอคไม่ทำงาน เพราะทิศทางกระแสหักล้างกัน
on	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2 ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะกด S_1หรือไม่ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 12 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

13. ต่อวงจรตามรูปที่ 11 แต่ให้สลับขั้วแหล่งจ่าย E_S และ V_{CC} แล้วทดลองกดสวิตช์ตามตารางที่ 5 สังเกตสภาวะหลอดไฟ บันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลองกด สวิตช์ S_1 และ S_2 วงจรควบคุมหลอดไฟโดยใช้ไตรแอค (ขั้วแหล่งจ่าย E_S และ V_{CC})

สวิตช์ S_1	สวิตช์ S_2	หลอดไฟ (ติด / ดับ)	สาเหตุเพราะ
off	off	ดับ	กระแสไฟไม่สามารถไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G ทำให้ไตรแอคไม่ทำงาน
off	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะไม่กด S_1ก็ตาม
on	off	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_1ไปที่ขา G ทำให้ ไตรแอคทำงาน หลอดไฟติด
on	on	ติด	กระแสไฟไหลผ่าน S_2ทำให้หลอดไฟติดถึงแม้จะกด S_1หรือไม่ก็ตาม

14. จากการทดลองตามตารางที่ 2, 3, 4 และ 5 สามารถสรุปได้ว่า

ตารางที่ 2 เป็นการทำงานของไทรแอกควอแดรนท์ที่.....1.....

ตารางที่ 3 เป็นการทำงานของไทรแอกควอแดรนท์ที่.....2.....

ตารางที่ 4 เป็นการทำงานของไทรแอกควอแดรนท์ที่.....3.....

ตารางที่ 5 เป็นการทำงานของไทรแอกควอแดรนท์ที่.....4.....

6. คำถามท้ายการทดลอง

ข้อดีของไตรแอค คือ นำไปใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 3	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 13 /13
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของไตรแอค	จำนวน 2 คาบ

7. สรุปผลการทดลอง

การทำงานของไตรแอคที่ขา A2 และขา A1 นำกระแสได้ 2 ทิศทาง และขาเกตสามารถเป็นได้ทั้งบวกและลบ ในกรณีที่แรงดันที่ขา A2–A1 มีค่าน้อยกว่าแรงดันพังทลาย ถ้ามีการทริกที่เกตไม่ว่าจะเป็นบวกหรือลบ ไตรแอคจะสามารถนำกระแสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 4	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 1 / 6
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของพียูที	จำนวน 2 คาบ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.ต่อวงจรพียูทีได้ถูกต้อง

2.ทดสอบการทำงานของพียูทีตามขั้นตอนได้ถูกต้อง

3.เขียนกราฟลักษณะสมบัติของพียูทีได้ถูกต้อง

4.อธิบายผลการทดลองได้

5.ใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ของเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์

6.ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนและปลอดภัย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	1	ชุด
2.	แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 - 30 โวลต์	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.	ออสซิโลสโคป	1	เครื่อง

3. เนื้อหาสาระ

Programmable Unijunction Transistor (PUT) เป็นไทริสเตอร์ที่มี 4 layer เหมือน SUS PUT มีข้อดีที่มีความเร็วสูง, sensitive สูง, ราคาถูก และสามารถโปรแกรมได้ PUT และมีสัญลักษณ์เหมือน SCR แต่ต่างกันที่ขั้วเกตจะอยู่คนละด้านกัน ขั้วเกตจะใกล้ขั้วแอโนดแทนที่จะใกล้ขั้วแคโทดเหมือน SCR ตำแหน่งของขั้วเกตใน PUT จะอนุญาตให้เราใส่ ตัวแบ่งโวลท์ที่ขั้วเกตเพื่อ reverse bias ขั้วแอโนดให้ turn off ได้ โวลท์ที่แอโนดต้องประมาณ 0.7 โวลท์ คือเมื่อ แรงดันอาโนดมากกว่าเกต 0.7 โวลท์ PUT จะให้กระแสไหล ถ้าอาโนดโวลท์ลด ต่ำกว่าเกต PUT จะปิดตัวเอง คือ Turn Off

การทำงานของวงจร โดยเริ่มแรกตัวเก็บประจุ C1 จะทำการประจุแรงดันผ่าน R1 จนมีค่าแรงดันสูงขึ้นซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C1 นี้จะเป็นแรงดันป้อนให้ขา E (VE) เมื่อแรงดันที่ขาE นี้มีค่าเท่ากับ VP(VP=VD+ VBB) จะทำให้ไดโอดนำกระแส ความต้านทานระหว่างขา E กับขา B1 ลดลงอย่างรวดเร็วมีกระแสไหลผ่าน มีแรงดันตกคร่อม R2 สูงขึ้นตกคร่อม R3 ต่ำสูงในช่วงเวลานี้ตัวเก็บประจุ C 1 จะคายประจุผ่านขา E ออกขา B1 ด้วย ทำให้แรงดันที่ขา E ค่าลดลงจนทำให้ยูเจที หยุดนำกระแส

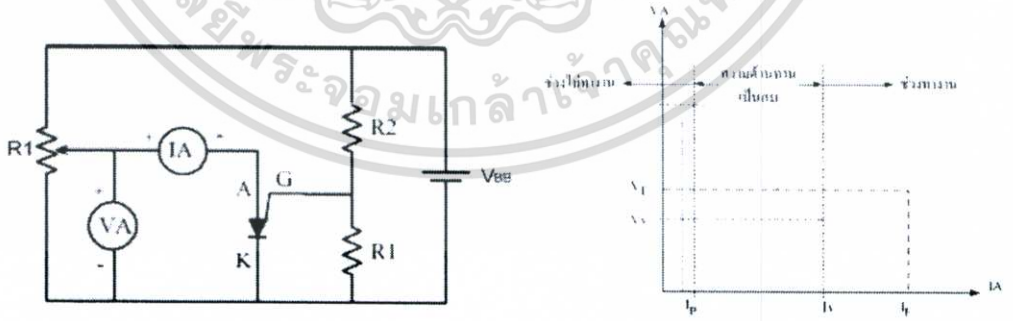
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 4	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 2 / 6
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของพียูที	จำนวน 2 คาบ

ความต้านทานขา E และขา B1 มีค่าสูงขึ้นอีก ก็จะเริ่มการประจุใหม่และยูเจที ก็จะเริ่มรอบการทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง

วงจรกำเนิดความถี่รูปฟันเลื่อยและรูปพัลส์โดยใช้พียูทีเป็นตัวกำเนิดความถี่ประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1 และตัวเก็บประจุ C_1 ต่อร่วมกันเป็นวงจรกำหนดค่าเวลาคงที่ เพื่อจ่ายไบอัสตรงให้ขา A ทำให้พียูทีทำงาน R_2 และ R_3 เป็นวงจรแบ่งแรงดันมีแรงดันตกคร่อม R_3 เป็นไบอัสตรงให้ขา G กำหนดเป็นแรงดัน V_G ตัวต้านทาน R_2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลผ่านพียูทีไม่ให้เกินกว่าพียูทีต้องการ และทำหน้าที่เป็นโหลดของสัญญาณพัลส์บวกที่เอาท์พุท เมื่อวงจรทำงานทำให้ได้สัญญาณออกเอาท์พุทที่จุดต่างๆ การทำงานของวงจร เมื่อเริ่มให้แรงดัน V_{BB} เข้าวงจร มีแรงดันตกคร่อม R3 ให้เป็นแรงดัน V_G ไบอัสให้ขา G ของพียูทีพียูทียังไม่ทำงานเนื่องจาก C_1ยังไม่ได้ประจุแรงดันทำให้ขา A ได้รับไบอัสกลับ C_1 เริ่มประจุแรงดันไว้บนบวกล่างลบค่อยๆให้ศักย์บวกให้ขา A มากขึ้น จนกระทั่ง C_1 ประจุแรงดันถึงค่าแรงดัน V_G +V_D หรือ V_G+ 0.7V เป็นค่าแรงดันที่ขา A เริ่มได้รับไบอัสตรงพียูทีทำงาน ทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขา A กับขา K ลดลงอย่างรวดเร็ว C_1 คายประจุผ่าน R_4 แรงดันที่ประจุไว้ของ C_1 ลดลง พียูทีนำกระแสจนกว่ามีกระแสไหลผ่านน้อยจนไม่สามารถนำกระแสได้ พียูทีจะหยุดนำกระแส C_1 จะเริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้ง การทำงานเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา

กราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานของ พียูที



รูปที่ 1 แสดงวงจรทดสอบการทำงานของ PUT และ Characteristic Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 4	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 3 / 6
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของพียูที	จำนวน 2 คาบ

กราฟคุณสมบัติของพียูทีเป็นกราฟที่บอกคุณสมบัติการทำงานของพียูที ที่ขา A เทียบกับขา K หรือ V_A กับกระแสที่ไหลผ่านขา A หรือ I_A โดยจ่ายแรงดันที่ป้อนเข้าขา A ปรับเปลี่ยนค่าได้เป็นวงจรทดสอบเพื่อหากราฟคุณสมบัติของพียูที โดยต่อดีซีโวลต์มิเตอร์คร่อมขา A และขา K ของพียูทีและใช้ดีซีไมโครแอมมิเตอร์ต่ออันดับที่ขา A ตัวต้านทาน R1เป็นตัวให้แรงดันไบอัสให้ขา A สามารถปรับค่าแรงดันได้การทดสอบทำได้โดยค่อยปรับแรงดัน V_A จากค่าน้อยไปหาค่ามากเป็นลำดับ ขณะปรับแรงดัน V_A ให้อ่านค่ากระแส I_A ตามลำดับและจดบันทึกค่าไว้นำไปกำหนดค่าลงในกราฟ จะได้กราฟคุณสมบัติของพียูที กราฟคุณสมบัติของพียูที แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_A กับ I_A

แบ่งสภาวะการทำงานเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงไม่ทำงานช่วงความต้านทานเป็นลบและช่วงทำงาน กราฟช่วงไม่ทำงานเป็นกราฟช่วงที่เริ่มให้แรงดันที่ขา A ค่อยเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำไปหาค่าสูง ช่วงนี้พียูทียังไม่ทำงานมีค่าความต้านทานระหว่างขา A และขา K สูง ทำให้มีค่ากระแสไหลผ่านพียูทีต่ำมาก มีเพียงกระแสรั่วซึมไหล

ผ่านพียูทีเล็กน้อย ต้องเพิ่มแรงดัน V_A ให้พียูทีถึงค่าแรงดัน V_P กราฟช่วงความต้านทานเป็นลบเป็นกราฟช่วงที่ให้แรงดัน V_Aให้พียูทีถึงค่าแรงดัน V_Pหรือค่าแรงดันที่ทำให้พียูทีเริ่มทำงาน กระแสไหลผ่านพียูทีช่วงที่เรียกว่ากระแส I_P ค่าความต้านทานในตัวพียูทีเริ่มลดลง ทำให้มีกระแส I_A ไหลผ่านพียูทีมากยิ่งขึ้นเป็นลำดับ ค่าความต้านทานในพียูทีลดลงจนถึงค่าต่ำสุด มีแรงดันตกคร่อมพียูที เท่ากับ V_V และมีกระแสไหลผ่านเท่ากับ I_Vในช่วงนี้ยิ่งเพิ่มแรงดัน V_A ให้พียูที ทำให้พียูทีมีค่าความต้านทานในตัวลดลง มีเพียงกระแสไหลผ่านมากขึ้น

กราฟช่วงทำงานเป็นกราฟช่วงที่ถือว่าพียูทีทำงาน เริ่มจากจุดที่แรงดันตกคร่อมพียูทีเท่ากับ V_V และกระแสไหลผ่านพียูทีเท่ากับ I_V หลังจากช่วงนี้เป็นต้นไป ถ้ายิ่งเพิ่มแรงดัน V_A ให้พียูทีมากขึ้นอีก จะมีแรงดันตกคร่อมพียูทีเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยแต่มีกระแสไหลผ่านพียูทีเพิ่มขึ้นอีก ถึงค่าแรงดัน V_F จะมีกระแสไหลผ่าน I_F ซึ่งถือว่าเป็นช่วงอิ่มตัวของพียูที

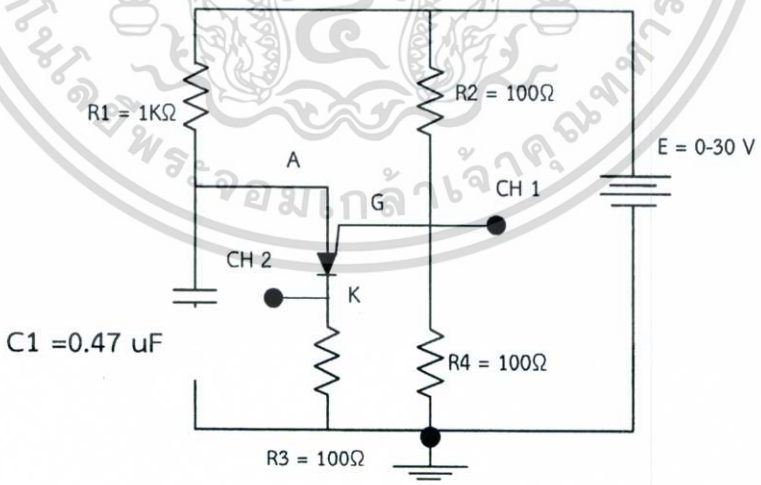
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 4	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 4 / 6
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของพียูที	จำนวน 2 คาบ

รูปที่ 2 แสดงสัญลักษณ์และวงจรสมมูลพียูที

4. ลำดับการทดลอง

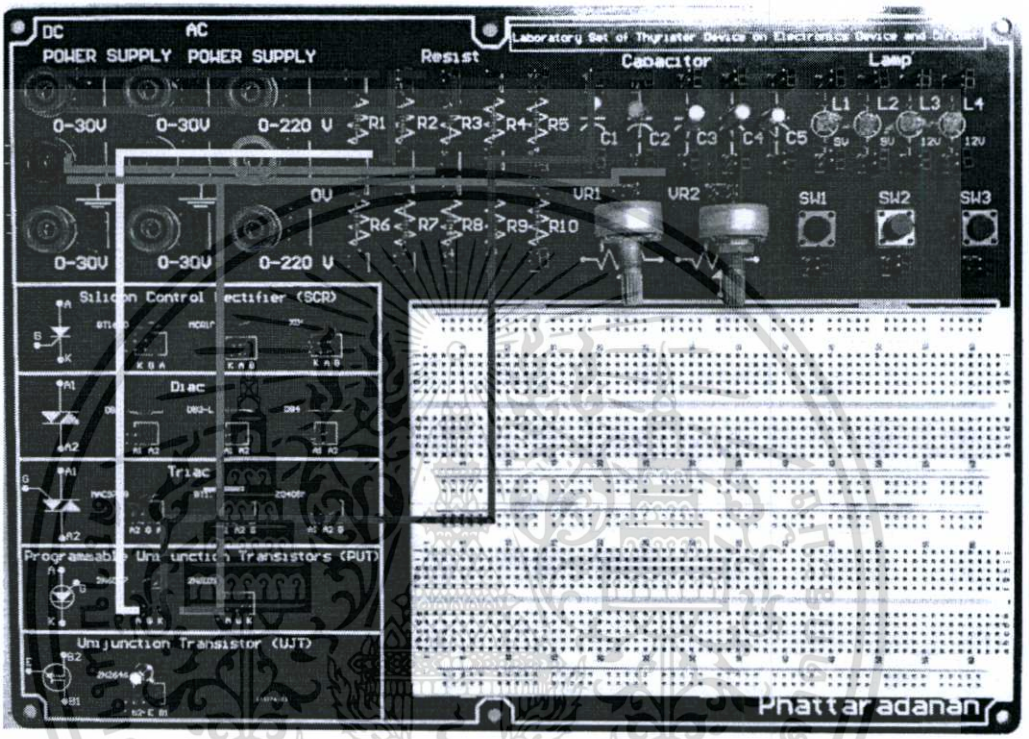
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3 แสดงวงจรไบแอสพียูที
2. ให้ปรับแรงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยนำมัลติมิเตอร์วัดตรวจสอบความถูกต้องของแรงจ่าย
3. นำออสซิโลสโคป ช่องที่ 1 วัดรูปสัญญาณที่ตำแหน่งขา G อ่านค่ารูปสัญญาณบันทึกผลการทดลองในรูปกราฟ (นำรูปคลื่นสัญญาณจากหน้าจอออสซิโลสโคปมาบันทึกผลการทดลอง)



รูปที่ 3 แสดงวงจรกำเนิดความถี่รูปฟันเลื่อยและรูปพัลส์โดยพียูที

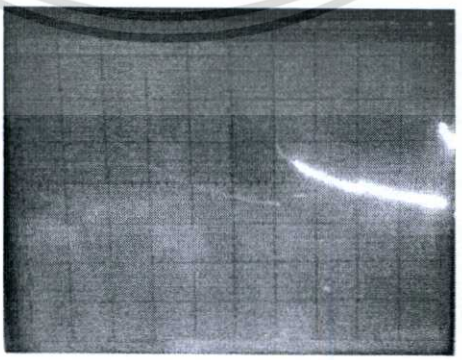
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 4	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 5 / 6
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของพียูที	จำนวน 2 คาบ



รูปที่ 4 แสดงวงจรไบแอสพียูที วงจรต่อทดลองจริง

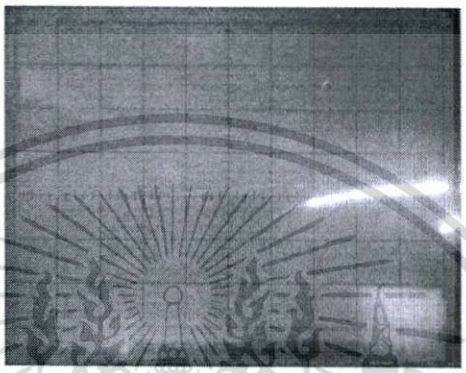
ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 4	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 6 / 6
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของพียูที	จำนวน 2 คาบ

รูปที่ 5 แสดงวงจรกำเนิดความถี่รูปฟันเลื่อยและรูปพัลส์โดยพียูทีรูปคลื่นสัญญาณที่วัดจากออสซิลโลสโคปช่องที่ 1 วัดสัญญาณที่ตำแหน่งขา G



รูปที่ 6 แสดงวงจรกำเนิดความถี่รูปฟันเลื่อยและรูปพัลส์โดยพียูทีรูปคลื่นสัญญาณที่วัดจากออสซิลโลสโคปช่องที่ 2 วัดสัญญาณที่ตำแหน่งขา k

6. คำถามท้ายการทดลอง

Programmable Unijunction Transistor (PUT) เป็นไทริสเตอร์ที่มี 4 layer ใช้สำหรับวงจรกำเนิดความถี่รูปฟันเลื่อยและรูปพัลส์ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

7. สรุปผลการทดลอง

วงจรกำเนิดความถี่รูปฟันเลื่อยและรูปพัลส์โดยใช้พียูทีเป็นตัวกำเนิดความถี่ประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1และตัวเก็บประจุ C_1 ต่อร่วมกันเป็นวงจรกำหนดค่าเวลาคงที่ เพื่อจ่ายไบอัสตรงให้ขา A ทำให้พียูทีทำงาน R_2 และ R_3 เป็นวงจรแบ่งแรงดันมีแรงดันตกคร่อม R_3 เป็นไบอัสตรงให้ขา G กำหนดเป็นแรงดัน V_G ตัวต้านทาน R_2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลผ่านพียูทีไม่ให้เกินกว่าพียูทีต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 5	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 1 / 7
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของยูเจที	จำนวน 2 คาบ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.ต่อวงจรยูเจที ได้ถูกต้อง

2.ทดสอบการทำงานของยูเจที ตามขั้นตอนได้ถูกต้อง

3.เขียนกราฟลักษณะสมบัติของยูเจที ได้ถูกต้อง

4.อธิบายผลการทดลองได้

5.ใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ของเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์

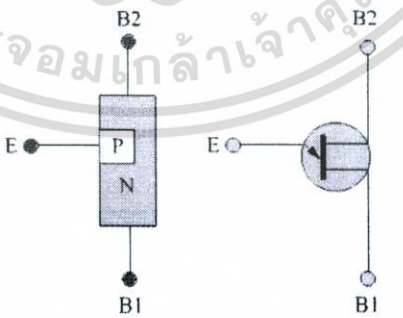
6.ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนและปลอดภัย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	1	ชุด
2.	แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 - 30 โวลต์	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง
4.	ออสซิโลสโคป	1	เครื่อง

3. เนื้อหาสาระ

ยูนิจังชั่น ทรานซีสเตอร์ (Unijunction Transistor; UJT) หรือยูเจทีหรือไดโอดชนิดเบสคู่ใช้งานในวงจร เช่น วงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรควบคุมการจ่ายแรงดันหรือกระแส วงจรทริกเกอร์วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย วงจรควบคุมเฟส วงจรหน่วงเวลา วงจรไบสเตเบิล เป็นต้น



รูปที่ 1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของยูเจที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

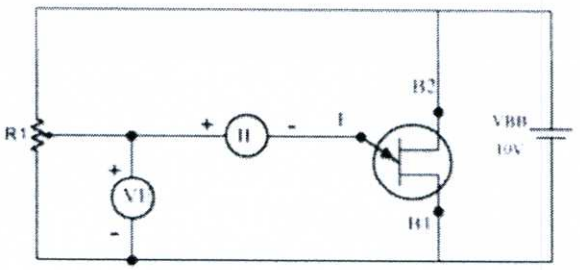
	เฉลยใบงานการทดลองที่ 5	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 2 / 7
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของยูเจที	จำนวน 2 คาบ

วงจรรีแลกเซชันออสซิลเลเตอร์ ประกอบด้วยตัวต้านทาน R_1 และตัวเก็บประจุ C_1 กำหนดค่าเวลาคงที่ที่จ่ายแรงดันไบอัสตรงไปให้ขา E ของยูเจที ทำให้ยูเจทีนำกระแส มีขั้วต่อสัญญาณออกที่ V_E ตัวต้านทาน R2เป็นโหลดรับสัญญาณส่งออกที่ V_{B2} และตัวต้านทาน R_3เป็นโหลดรับสัญญาณส่งออกที่ V_{B1} จะได้สัญญาณที่จุดต่างๆ เมื่อวงจรทำงานดังภาพที่ 5.3 การทำงานของวงจรครั้งแรกยังไม่จ่ายแรงดัน V แก่วงจร วงจรยังไม่ทำงาน C1 ไม่มีประจุ เมื่อเริ่มจ่ายแรงดัน V ให้วงจร รอยต่อระหว่างขา E กับจุดต่อในตัวยูเจทีระหว่าง R_{B1} และ R_{B2} เพราะตัวเก็บประจุ C_1 ในสภาวะแรกยังไม่มีการประจุแรงดัน ไม่มีศักย์ตกคร่อม C_1 การประจุแรงดันของ C_1 มีกระแสไหลผ่านจาก +V ผ่าน R_1 ไปประจุที่ C_1 บนบวกล่างลบ R_1 กำหนดการประจุของ C_1 ให้ช้าหรือเร็ว

กระแสจากแหล่งแรงดัน V ไหลผ่าน R_1เข้าประจุใน C_1 ทำให้แรงดันตกคร่อม C_1 เพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันที่ขา E มีค่ามากกว่าแรงดันระหว่างรอยต่อ R_{B1}และ R_{B2}+ 0.6V ภายในยูเจทีทำให้ไดโอดระหว่างรอยต่อ PN ของยูเจทีได้รับไบอัสตรงนำกระแสเป็นผลจ่ายแรงดันระหว่าง Eกับกราวด์ลดต่ำลง เพราะค่า R_{B1}ลดค่าลงมาก C_1 คายประจุผ่าน R_3ลงกราวด์อย่างรวดเร็วช่วงเวลาการคายประจุของ C_1จะเร็วมาก เพราะใช้R_3ค่าต่ำ แรงดันตกคร่อม C_1 ลดลงรวดเร็ว กระแสที่ไหลผ่านจะเป็นพัลส์ เมื่อ C1 คายประจุจนค่าแรงดันมีค่าน้อยลง โดยเทียบกับแรงดันที่จุด R_{B1}เป็นผลให้ไดโอดระหว่างรอยต่อ PN ในยูเจทีได้รับไบอัสกลับ ค่า R_{B1} เพิ่มค่าอย่างรวดเร็ว C_1 เพิ่มค่าอย่างรวดเร็ว C_1 หยุดการคายประจุและเริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้งการทำงานจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไป

กราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานของ ยูเจที

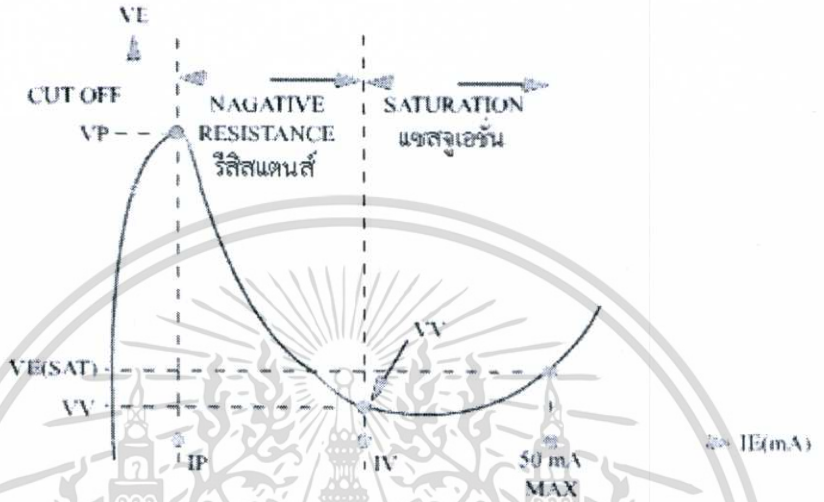
การหาคุณสมบัติของยูเจที โดยทดสอบสภาวะการนำกระแสของขาอิมิตเตอร์ (IE) และแรงดันตกคร่อมขาอิมิตเตอร์เทียบกับขาเบส 1 (V_E) โดยทำการปรับเปลี่ยนแรงดัน V_E ทำให้กระแส I_Eไหลเปลี่ยนแปลง วงจรทดสอบคุณสมบัติของยูเจ



รูปที่ 2 แสดงวงจรทดสอบการทำงานของ ยูเจที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 5	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ / 7
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของยูเจที	จำนวน 2 คาบ



รูปที่ 3 แสดงกราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานของ ยูเจที

การทดสอบเพื่อคุณสมบัติของยูเจที โดยดีวีโวลท์มิเตอร์วัดคร่อมขา E กับขา B_1 ของยูเจทีและใช้ดีซีไมโครแอมมิเตอร์ต่ออันดับที่ขา E ตัวต้านทาน R1 จ่ายแรงดันไบอัสขา E โดยต่อขากลางเข้าขา E และปรับค่าแรงดัน การทดสอบค่อยๆปรับค่าแรงดัน V_Eจากค่าน้อยเพิ่มขึ้น ขณะปรับแรงดัน V_Eให้อ่านค่ากระแส I_Eตามไปด้วย นำไปกำหนดค่าลงในกราฟดังกราฟคุณสมบัติของยูเจทีทีตาม รูปที่ 3 แสดงกราฟคุณสมบัติยูเจที ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน VE กับกระแส IE แรงดัน V_{BB} ที่ป้อนให้วงจรเท่ากับ 10 V กราฟด้านซ้ายมือเป็นกราฟเนื่องจากการเริ่มจ่ายแรงดัน V_1 ให้ขา E เทียบกับขา B_1 ถ้าแรงดัน V_E ที่จ่ายให้ยังไม่ถึงค่า V_P

มีกระแสไหลในวงจรเพียงเล็กน้อย เป็นค่ากระแสที่รั่วซึมเพราะไดโอด D ยังได้รับไบอัสไม่นำกระแส เรียกว่า ช่วงคัทออฟ(Cutoff region)

เมื่อเพิ่มแรงดัน V_E ถึงค่าแรงดัน V_P หรือค่าระดับแรงดันที่ทำให้ไดโอด D รับไบอัสตรงทำให้มีกระแส I_E ไหลจากขา E ไปขา B1 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเวลาเดียวกันแรงดัน V_E มีค่าลดลง แรงดัน V_E ลดลงหรือ V_V ช่วงแรงดัน V_P กระแสไหลช่วงนี้เรียกว่ากระแส I_P และช่วงแรงดัน V_V กระแสไหลช่วงนี้เรียกว่ากระแส IV

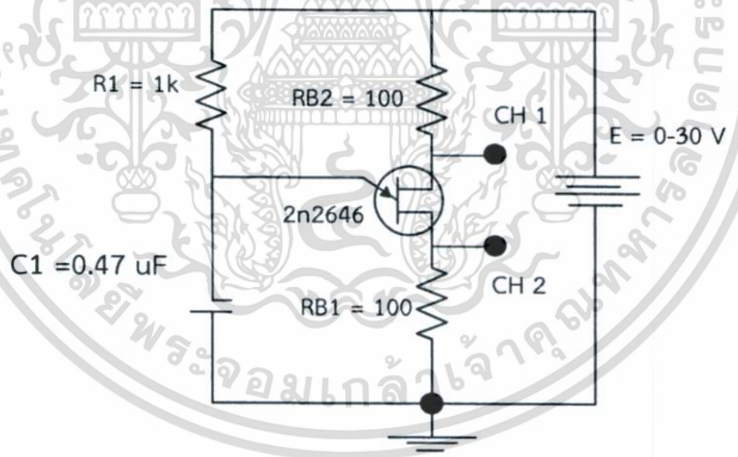
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 5	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 4/7
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของยูเจที	จำนวน 2 คาบ

เรียกว่า ช่วงความต้านทานเป็นลบ (Negativeresistance region) หลังจากแรงดันที่ตกคร่อมขา E เทียบกับขา B_1 ถึงค่าแรงดัน V_Vแล้ว ถ้าจ่ายแรงดัน V_E มากขึ้น ทำให้กระแส I_E ไหลเพิ่มขึ้นและแรงดัน V_E เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย เรียกว่า ช่วงอิ่มตัว (Saturation region)

4. ลำดับการทดลอง

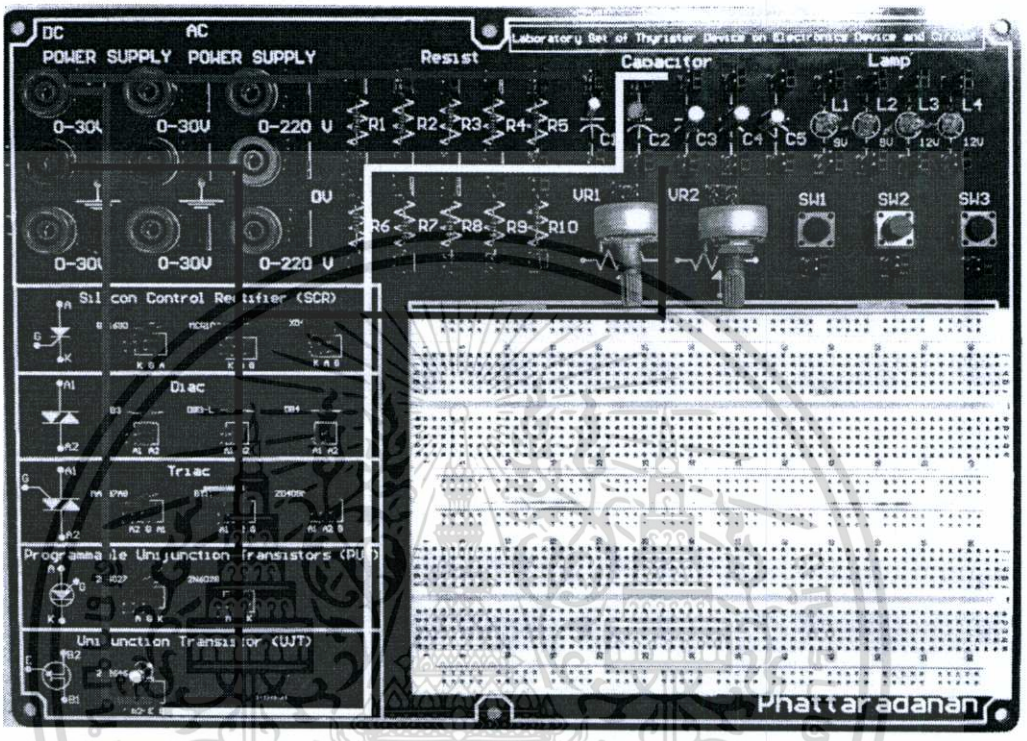
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณ Relaxation โดยใช้ UJT
2. ให้ปรับแรงจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยนำมัลติมิเตอร์วัดตรวจสอบความถูกต้องของแรงจ่าย
3. นำออสซิโลสโคป ช่องที่ 1 วัดรูปสัญญาณที่ตำแหน่งขา B2 อ่านค่ารูปสัญญาณบันทกผลการทดลองในรูปกราฟ (นำรูปคลื่นสัญญาณจากหน้าจอออสซิโลสโคปมาบันทึกผลการทดลอง)
4. นำออสซิโลสโคป ช่องที่ 1 วัดรูปสัญญาณที่ตำแหน่งขา B1 อ่านค่ารูปสัญญาณบันทกผลการทดลองในรูปกราฟ (นำรูปคลื่นสัญญาณจากหน้าจอออสซิโลสโคปมาบันทึกผลการทดลอง)



รูปที่ 4 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณ Relaxation โดยใช้UJT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยใบงานการทดลองที่ 5	
วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 5 / 7
ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของยูเจที	จำนวน 2 คาบ



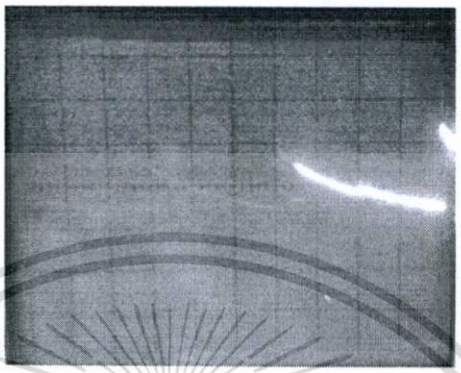
รูปที่ 5 ต่อวงจรทดลองจริง

ผลการทดลอง

รูปที่ 6 แสดงวงจรกำเนิดความถี่รูปพัลส์โดยพียูทีรูปคลื่นสัญญาณที่วัดจากออซิโลสโคปช่องที่ 1 วัดที่ตำแหน่งขา B2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 5	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 7
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 7 / 7
	ชื่อการทดลอง ลักษณะสมบัติของยูเจที	จำนวน 2 คาบ



รูปที่ 7 แสดงวงจรกำเนิดความถี่รูปฟันเลื่อยและรูปพัลส์โดยพียูทีรูปคลื่นสัญญาณที่วัดจากออสซิลโลสโคปช่องที่ 2 วัดที่ตำแหน่งขา B1

5. คำถามท้ายการทดลอง

1. พียูที มีลักษณ์โครงสร้างแบบใด เป็นทรานซิสเตอร์ หรือยูเจทีหรือไดโอดชนิดเบสคู่ที่ใช้งานในวงจร เช่น วงจรออสซิลเลเตอร์

2.ในวงจรรีแลกเซชันออสซิลเลเตอร์ C1 หน้าที่ทำอะไรในวงจรทำหน้าที่ กำหนดค่าเวลาคงที่ที่จ่ายแรงดันไบอัสตรงไปให้ขา E ของยูเจที ทำให้ยูเจทีนำกระแส

6. สรุปผลการทดลอง

กระแสจากแหล่งแรงดัน V ไหลผ่าน R_1เข้าประจุใน C_1 ทำให้แรงดันตกคร่อม C_1 เพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันที่ขา E มีค่ามากกว่าแรงดันระหว่างรอยต่อ R_{B1} และ R_{B2} + 0.6V ภายในยูเจที ทำให้ไดโอดระหว่างรอยต่อ PN ของยูเจทีได้รับไบอัสตรงนำกระแสเป็นผลจ่ายแรงดันระหว่าง E กับกราวด์ลดต่ำลง เพราะค่า R_{B1}ลดค่าลงมาก C_1 คายประจุผ่าน R_3ลงกราวด์อย่างรวดเร็ว ช่วงเวลาการคายประจุของ C_1 จะเร็วมากเพราะใช้R_3ค่าต่ำ แรงดันตกคร่อม C_1 ลดลงรวดเร็ว กระแสที่ไหลผ่านจะเป็นพัลส์ เมื่อ C1 คายประจุจนค่าแรงดันมีค่าน้อยลง โดยเทียบกับแรงดันที่จุด R_{B1} เป็นผลให้ไดโอดระหว่างรอยต่อ PN ในยูเจทีได้รับไบอัสกลับ ค่า R_{B1} เพิ่มค่าอย่างรวดเร็ว C_1 เพิ่มค่าอย่างรวดเร็ว C_1หยุดการคายประจุและเริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้งการทำงานจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 6	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 8
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 1 /6
	ชื่อการทดลอง ใบงานประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไทริสเตอร์	จำนวน 3 คาบ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่อวงจรไอแอดควบคุมการทำงานของไตรแอคได้ถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้งานของไอแอดควบคุมการทำงานของไตรแอคตามขั้นตอนได้
3. ต่อวงจรเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง
4. ประยุกต์ใช้งานของเอสซีอาร์นำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้
5. อธิบายผลการทดลองได้
6. ใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ของเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์
7. ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอนและปลอดภัย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

1.	ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	1	ชุด
2.	แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดปรับค่าได้ 0 - 30 โวลต์	1	เครื่อง
3.	มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง

3. เนื้อหาสาระ

โดยปกติแล้วการใช้งาน Triac และ Diac มักจะใช้งานร่วมกันโดย Triac จะทำหน้าที่เป็นตัวหลักในการจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับโหลด ส่วนตัว Diac จะทำหน้าที่ป้องกันและควบคุมการทริกที่ขาเกตของ Triac และด้วยเหตุที่ Triac ให้สามารถมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดทั้งสองทิศทางในปริมาณที่มาก ดังนั้น การนำไปใช้ควบคุมการทำงานของโหลดส่วนใหญ่จึงมักเป็นโหลดไฟฟ้ากระแสสลับเช่น การนำไปใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์วงจร เครื่องทำน้ำอุ่น วงจรการควบคุมความแสงสว่างของหลอดไฟหรือที่เรียกว่า วงจรหรี่ไฟ (Light dimmer)

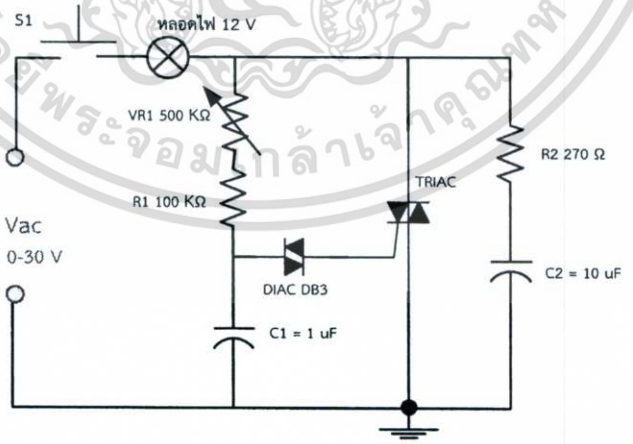
ในกรณีป้อนกระแสเกต SCR จะเริ่มนำกระแสที่ VAK ต่ำกว่า VBO ดังเช่นเมื่อป้อน IG1 SCRจะเริ่มนำกระแสเร็วขึ้น เมื่อเพิ่มกระแสเกตเป็น IG2 SCR จะเริ่มนำกระแสที่แรงดัน VAK ต่ำลงมาอีกเมื่อ SCR นำกระแสแล้ว กระแสเกตจะไม่มีผลต่อการทำงานของ SCR แต่อย่างใดอีกต่อไป แม้เราจะลด IG ลงจนเป็นศูนย์ SCR จะไม่หยุดนำกระแส แต่ก็ยังคงทำงานค้างอยู่ในภาวะนำกระแสตลอดเวลา IG นี้จะมีผลในการควบคุมการเริ่มนำกระแสของ SCR เท่านั้น จะไม่มีผลต่อ IA และ VAK เลย การเริ่มนำกระแสเกตเรียกว่า การจุดชนวน (Triggering) SCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 6	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 8
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 2 /6
	ชื่อการทดลอง ใบงานประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไทริสเตอร์	จำนวน 3 คาบ

4. ลำดับการทดลอง

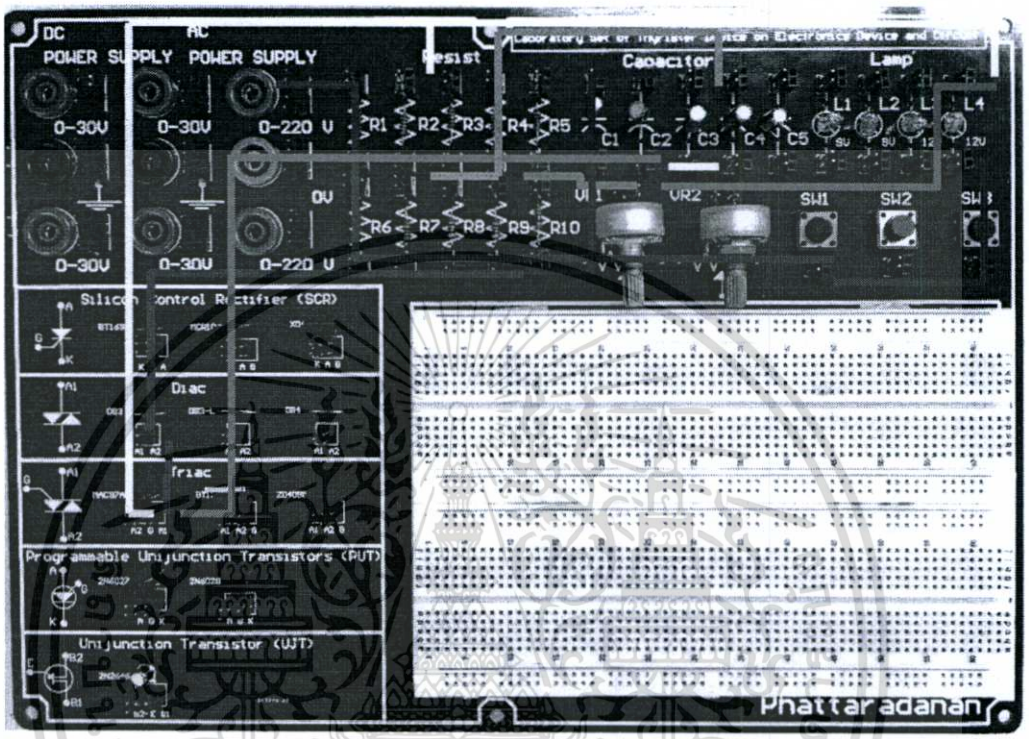
1. ต่อต่อวงจรตามรูปที่ 1 แสดงวงจรไบแอสไดแอคควบคุมการทำงานของไตรแอคควบคุมกำลังไฟฟ้า
2. ปรับแหล่งจ่ายไฟที่ 30 V กดสวิตช์ S1 และปรับค่าของ VR_1 ไว้ที่ตำแหน่งค่าสูงสุด แล้วค่อย ๆ ปรับ VR_1จนกระทั่งตามตารางที่ 1
3. สังเกตความสว่างของหลอดไฟ ขณะทำการปรับค่าความต้านทาน VR_1
4. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่ตัวต้นทาน และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดที่ขา G ไดแอค อ่านค่าบันทึกผลการทดลองลง IG ในตารางที่ 1
5. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่หลอด และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดขั้วแรงจ่าย Vac อ่านค่าบันทึกผลการทดลองลง IL ในตารางที่ 1
6. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดแรงดันนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวหลอดไฟ และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์หลอดไฟ อ่านค่าบันทึกผลการทดลองลง VL ในตารางที่ 1
7. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดค่าแรงดันนำสายสีแดงและสีดำของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวไตรแอคที่ตำแหน่งขา A2 และ A1 อ่านค่าบันทึกผลการทดลองลง VG ในตารางที่ 1
8. บันทึกสถานะของหลอดไฟและบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 แสดงวงจรไบแอสไดแอคควบคุมการทำงานของไตรแอคควบคุมกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 6	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 8
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 3 /6
	ชื่อการทดลอง ใบงานประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไทริสเตอร์	จำนวน 3 คาบ



รูปที่ 2 แสดงวงจรไบแอสไดแอคควบคุมการทำงานของไตรแอคควบคุมกำลังไฟฟ้า วงจรต่อทดลองจริง

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลองวัดค่า I_G , V_G , V_L , I_L วงจรไบแอสไดแอคควบคุมไตรแอค

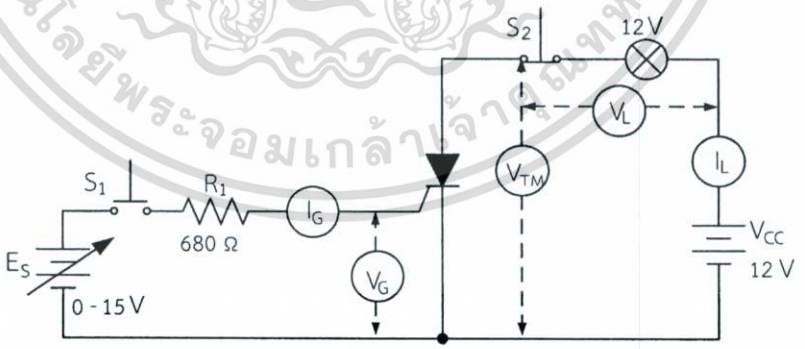
VR1	V_G (V)	V_L (mV)	I_L (uA)	I_G (mA)	สภาวะหลอดไฟ
10 kΩ	30	37.41	255.804	12.901	ติด
50 kΩ	30	37.613	257.135	49.257	ติด
100 kΩ	30	37.65	255.804	50.77	ติด
200 kΩ	30	39.754	257.135	52.0167	ติด
300 kΩ	30	38.41	255.804	54.0167	ติด
400 kΩ	30	42.354	255.804	55.0167	ติด
500 kΩ	30	58.25	257.135	57.0167	ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 6	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 8
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 4 /6
	ชื่อการทดลอง ใบงานประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไทริสเตอร์	จำนวน 3 คาบ

2. วงจรประยุกต์ใช้งานเอสซีอาร์

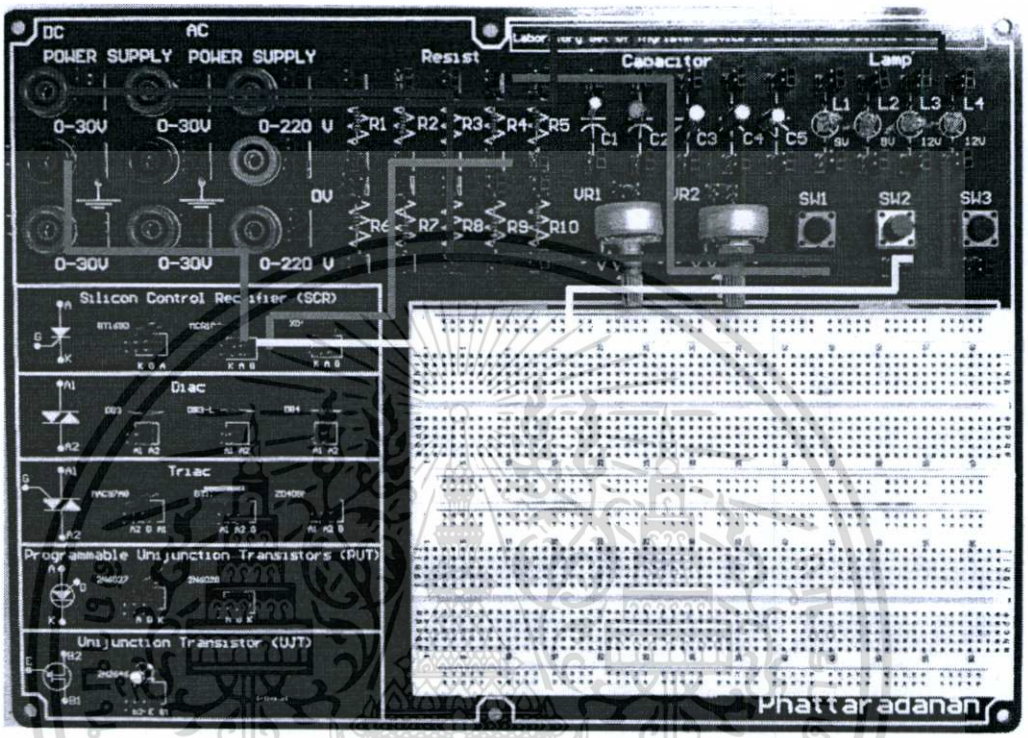
1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3 แสดงวงจรประยุตย์ควบคุมหลอดไฟกรแสตรง
2. ปรับแหล่งจ่ายไฟที่ 0-15 V โดยปรับค่าความต้านทานตามตารางที่ 2 กดสวิตซ์ S1
3. สังเกตความสว่างของหลอดไฟ
4. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่ตัวต้นทาน R1 และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดที่ขา G เอสซีอาร์ อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง IG ในตารางที่ 2
5. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดที่หลอด และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์วัดขั้วแรงจ่าย Vcc อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง IL ในตารางที่ 2
6. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดแรงดันนำสายสีแดงของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวหลอดไฟ และนำสายสีดำของนำมัลติมิเตอร์หลอดไฟ อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง VL ในตารางที่ 2
7. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดค่าแรงดันนำสายสีแดงและสีดำของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวไตรแอคที่ตำแหน่งขา A และ K อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง V_{TM} ในตารางที่ 2
8. นำมัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดค่าแรงดันนำสายสีแดงและสีดำของมัลติมิเตอร์วัดคร่อมตัวไตรแอคที่ตำแหน่งขา G อ่านค่าบันทกผลการทดลองลง V_{TM} ในตารางที่ 2
9. จากนั้นเปิดสวิตซ์ S_2 เพื่อเริ่มการทดลองใหม่ในแต่ละค่าของ E_S ทำการทดลองจนครบทุกค่าของแหล่งจ่ายแรงดัน



รูปที่ 3 แสดงวงจรไบแอสเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 6	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 8
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ 5 /6
	ชื่อการทดลอง ใบงานประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไทริสเตอร์	จำนวน 3 คาบ



รูปที่ 4 วงจรประยุกต์ควบคุมหลอดไฟกรแสตรง วงจรต่อทดลองจริง

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดค่า I_G, V_G, V_{TM}, V_L, I_L วงจรไบแอสเอสซีอาร์

E_S	0	1	2	4	6	7	8	9	10	12	13	14	15	V
I_G	0	0.9	1.8	4.9	7.9	9.3	10.8	12.3	13.8	16.8	18.3	19.8	21.5	mA
V_G	0	0.5	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	V
V_{TM}	12	12	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เฉลยใบงานการทดลองที่ 6	
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัส** 2105-2005	สัปดาห์ที่ 8
	หน่วยที่ 5 เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์	แผ่นที่ /6
	ชื่อการทดลอง ใบงานประยุกต์ใช้อุปกรณ์ไทริสเตอร์	จำนวน 5 คาบ

V_L	0	0	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	V
I_L	0	0	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	mA

5. คำถามท้ายการทดลอง

1. ไดแอคมีหน้าที่ทำในวงจรหรีไฟ เพื่อใช้ทริกให้กับไตรแอคเป็นการป้องกันไม่ให้แรงดันตกคร่อมไตรแอคที่ขาเกตมีค่าสูงจนทำให้ตัวไตรแอคเกิดความเสียหาย

2. การนำ เอสซีอาร์มาประยุกต์ใช้งานควบคุมหลอดไฟกระแสตรงมีประโยชน์ อย่างไรสามารถควบคุมความสว่างของหลอดไฟกระแสตรงได้โดยควบคุมการทำงานที่ขา G ของเอสซีอาร์ปรับค่าความ ต้านทาน R1 เปงตัวควบคุมกระเสสไหลในวงจรควบคุมการทำงาน

6. สรุปผลการทดลอง

ไดแอคทำงานได้โดยอาศัยช่วงแรงดันพัง กระแสที่ไหลผ่านไดแอคเกิดจากการพังในตัวไดโอดทำงานได้ 2 ทิศทาง คือ ให้แรงดันไฟเป็นบวกหรือลบ แรงดันตกคร่อมไดแอคลดลงอีกเล็กน้อยเมื่อไดแอคนำกระแส

กรณีป้อนกระแสเกต SCR เริ่มนำกระแสที่ VAK ต่ำกว่า VBO หลอดไฟจะติดสว่างแล้วกระแสที่ใช้จุดฉนวนที่ของ G จะไม่มีผลต่อการติดสว่างของหลอดไฟ แต่อย่างใดอีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง SCR

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดคือวิธีการไบแอสให้ SCR ทำงาน
   - ก. +ขาG , - ขาA, กระตุ้นขา K
   - ข. -ขาG , + ขาA, กระตุ้นขา K
   - ค. +ขาA, - ขาK, กระตุ้นขา G
   - ง. -ขาG , + ขาK, กระตุ้นขา G
2. การป้อนแรงดันที่ขา A เป็นบวก เมื่อเทียบกับขา K เกิดกระแสไหลเพราะเหตุใด SCR ไม่ทำงาน
   - ก. เพราะไม่มีแรงดันไปกระตุ้นขา G
   - ข. เพราะไม่มีแรงดันไปกระตุ้นขา G เทียบขา A
   - ค. เพราะไม่มีแรงดันไปกระตุ้นขา G เทียบขา K
   - ง. เพราะเกิดกระแสรั่วไหลที่ขา A กับขา K
3. เมื่อ SCR อยู่ในสภาวะนำกระแส Vak มีค่าเท่าใด
   - ก. 0.3 V
   - ข. 0.7 V
   - ค. 1 V
   - ง. 3 V
4. ข้อใดกล่าวถูกต้องกรณี SCR นำกระแสแล้ว
   - ก. กระแส Ja จะมีค่าเป็น 2 เท่า
   - ข. กระแส A จะไม่มีผลต่อการทำงานของ SCR
   - ค. กระแส K จะไม่มีผลต่อการทำงานของ SCR
   - ง. กระแส G จะไม่มีผลต่อการทำงานของ SCR
5. การทำให้ SCR หยุดนำกระแสคือข้อใด
   - ก. ลดกระแส I_K
   - ข. ลดกระแส I_A
   - ค. ลดกระแส I_A ต่ำกว่ากระแส
   - ง. ลดกระแส I_k ต่ำกว่ากระแสลดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับค่า I_G
   ก. I_G มีผลเคการควบคุมการเล่มนำกระแสของ SCR
   ข. I_G ไม่มีผลใดๆ ต่อการทำงานของ SCR
   ค. I_G ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของ I_K
   ง. I_G ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของ I_A
7. สภาวะนำกระแส $\mathbf{I_G}$ สอดคล้องกับ SCR อย่างไร
   ก. ควบคุมการนำกระแสของ SCR
   ข. ควบคุมการนำกระแสของ SCR เท่านั้น
   ค. ควบคุมการหยุดกระแสของ SCR
   ง. ควบคุมการทำงานของ SCR ร่วมกับอุปกรณ์
8. การทำงานของ SCR เปรียบเสมือนอุปกรณ์ใด
   ก. Diode
   ข. Switch
   ค. Diac
   ง. Zenerdiode
9. กรณี SCR นำกระแสอยู่ ถ้ากระตุ้นขา G จะส่งผลอย่างไร
   ก. SCR หยุดทำงาน
   ข. SCR ยังคงทำงานปกติ
   ค. SCR ช๊อต
   ง. SCR ขาด
10. การจุดชนวน SCR ต้องจุดที่ขาใด
   ก. ขา G
   ข. ขา A
   ค. ขา K
   ง. ขา A เทียบ ขา K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง Diac

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ไดแอกมีกี่ขั้ว
   - ก. 1 ขั้ว
   - ข. 2 ขั้ว
   - ค. 3 ขั้ว
   - ง. 4 ขั้ว
2. ข้อใดคือขาของไดแอก
   - ก. MT_1 , MT_2
   - ข. A, MT_1 , MT_2
   - ค. A, K, MT_1
   - ง. A, K, MT_1 MT_2
3. แรงดันพังทลายของไดแอกมีค่าเท่าใด
   - ก. 2V
   - ข. 3V
   - ค. 4V
   - ง. 5V
4. ไดแอกทำงานอย่างไร
   - ก. อาศัยช่วงอิ่มตัว
   - ข. อาศัยช่วงความต้านทานลดลง
   - ค. อาศัยช่วงแรงดันพัง
   - ง. อาศัยช่วงกระแสพัง
5. ไดแอกทำงานได้กี่ทิศทาง
   - ก. 1 ทิศทาง
   - ข. 2 ทิศทาง
   - ค. 3 ทิศทาง
   - ง. 4 ทิศทาง
6. ไดแอกเป็นอุปกรณ์ที่มีการรวมสารกึ่งตัวนำกี่
   - ก. 2
   - ข. 3
   - ค. 4
   - ง. 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไดแอกเหมาะสมกับการใช้งานลักษณะใด

ก. ควบคุมการทำงานของ SCR

ข. ควบคุมการนำกระแสของ SCR

ค. ป้อนกระแสจุดชนวนให้ไตรแอก

ง. ควบคุมการทำงานของ UJT

8. กรณีไดแอกนำกระแสจะมีค่าแรงดันตกคร่อมเป็นอย่างไร

ก. ค่าความต้านทานในตัวไดแอกลดลงอย่างมาก

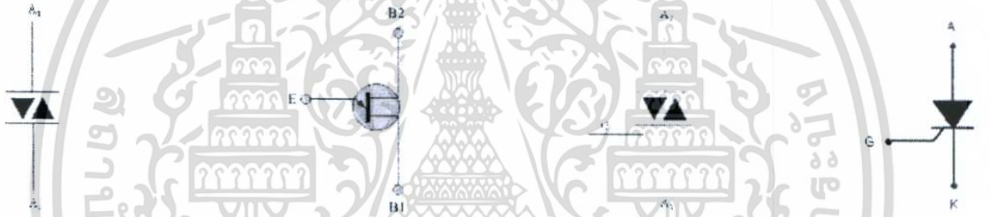
ข. มีกระแสไหลผ่านตัวไดแอกสูงเพิ่มขึ้น

ค. เพิ่มขึ้นจากค่าแรงดันพังทลายเล็กน้อย

ง. ลดลงจากค่าแรงดันพังทลายเล็กน้อย

9. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของไดแอก

ก. ข. ค. ง.



10. ข้อใดคือโครงสร้างของไดแอก

ก. ข. ค. ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง Triac

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ไตรแอกมีกี่ขั้ว
   - ก. 2 ขั้ว
   - ข. 3 ขั้ว
   - ค. 4 ขั้ว
   - ง. 5 ขั้ว
2. ข้อใดคือขาของไตรแอก
   - ก. MT_1 , MT_2 ,G
   - ข. A,K,G
   - ค. MT_1 , MT_2 ,K
   - ง. MT_1 , A , K
3. ไตรแอกสามารถนำกระแสได้ในรูปแบบใด
   - ก. 4 ทิศทาง
   - ข. 3 ทิศทาง
   - ค. 2 ทิศทาง
   - ง. 1 ทิศทาง
4. การทำงานของ Triac มีลักษณะการทำงานคล้าย SCR อย่างไร
   - ก. ทริกที่ขา MT_1 , MT_2
   - ข. ทริกที่ขา K
   - ค. ทริกที่ขา A
   - ง. ทริกที่ขา G
5. ไตรแอกนิยมนำไปใช้กับงานลักษณะใด
   - ก. ควบคุมไฟตรง
   - ข. ควบคุมไปสลับ
   - ค. ควบคุมวงจรพัลส์
   - ง. ควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Holding Current คืออะไร
   - ก. ค่ากระแสเริ่มต้นที่ไตรแอกทำงาน
   - ข. ค่ากระแสต่ำสุดที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
   - ค. ค่ากระแสสูงสุดที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
   - ง. สภาวะหยุดนำกระแสของไตรแอก
7. ข้อใดคือสัญญาณที่สามารถใช้จุดชนวนขา G
   - ก. +
   - ข. -
   - ค. + หรือ -
   - ง. + และ -
8. แรงดันพังทลายของโตรแอกคืออะไร
   - ก. ค่าที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
   - ข. ค่าที่ทำให้ไตรแอกหยุดนำกระแส
   - ค. ค่าแรงดันไบแอสให้กับไตรแอก
   - ง. ค่าแรงดันสูงสุดที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
9. ข้อใดคือการทริกสัญญาณให้ SCR นำกระแส
   - ก. ทริกขา G บวกและลบ
   - ข. ทริกขา G บวกหรือลบ
   - ค. ทริกขา MI_1 , ไฟบวก
   - ง. ทริกขา MI_2 , ไฟบวก
10. ไตรแอกเหมาะกับการทำงานลักษณะรูปคลื่นชนิดใด
    - ก. รูปไซน์
    - ข. รูปสามเหลี่ยม
    - ค. รูปสี่เหลี่ยม
    - ง. รูปคลื่นพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง PUT

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. PUT ย่อมาจากอะไร
   - ก. Program Unijunction Transistor
   - ข. Programmable Unijunction Transistor
   - ค. Programmable Unijunction Tranmistion
   - ง. Programmable Unijunction Tranmistion
2. PUT เป็นอุปกรณ์ไทริสเตอร์กี่เลเยอร์
   - ก. 4 เลเยอร์
   - ข. 5 เลเยอร์
   - ค. 6 เลเยอร์
   - ง. 7 เลเยอร์
3. คุณสมบัติเด่นของ PUT คืออะไร
   - ก. หาซื้อง่าย
   - ข. มีความทนทานสูง
   - ค. ราคาแพง
   - ง. สามารถโปรแกรมได้
4. แรงดันแอโนด Trun off ของ PUT มีค่าเท่าใด
   - ก. 0.7 V
   - ข. 0.3 V
   - ค. 0.9 V
   - ง. 1 V
5. สภาวะการทำงานของ PUT แบ่งเป็นกี่ช่วง
   - ก. 2 ช่วง
   - ข. 3 ช่วง
   - ค. 4 ช่วง
   - ง. 5 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าแรงดันตกคร่อมร่วม PUT สภาวะเริ่มทำงานคือข้อใด

ก. V_R

ข. V_S

ค. V_B

ง. V_V

7. PUT ทำงานเหมือนกับอุปกรณ์ชนิดใด

ก. SCR

ข. ไดแอค

ค. ไตรแอค

ง. UJT

8. PUT นิยมนำไปใช้ในงานใด

ก. ขยายความถี่

ข. ผลิตความถี่

ค. ขยายสัญญาณ

ง. ผลิตสัญญาณ

9. อุปกรณ์ใดมีในวงจรผลิตความถี่โดยใช้ PUT

ก. ตัวต้านทาน

ข. ตัวเหนี่ยวนำ

ค. ไดโอด

ง. ทรานซิสเตอร์

10. โครงสร้างของ PUT คล้ายกับอุปกรณ์ชนิดใด

ก. ไดโอด

ข. ไตรแอค

ค. SCR

ง. GTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง UJT

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. UJT ย่อมาจาก
   - ก. Unijunger Transistion
   - ข. Unijunger Transister
   - ค. Unijunger Tranmistor
   - ง. Unijunger Transistor
2. หน้าที่ของ UJT คืออะไร
   - ก. ช่วยให้วงจรอื่นมีประสิทธิภาพมากขึ้น
   - ข. ใช้แรงดันควบคุมกระแสใหล
   - ค. ช่วยกระตุ้นการทำงานของอุปกรณ์
   - ง. ช่วยป้องกันแรงดันกระโชก
3. UJT เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทใด
   - ก. ทรานซิสเตอร์
   - ข. ไดโอด
   - ค. เฟต
   - ง. ไดแอก
4. ค่าแรงดันตกคร่อมตัวไดโอดขณะแรงดันไบอัสตรงมีค่าประมาณเท่าใด
   - ก. 0.30 V – 0.50 V
   - ข. 0.35V – 0.65 V
   - ค. 0.35 V – 0.7 V
   - ง. 0.3 V – 0.7 V
5. UJT เป็นสารกึ่งตัวกี่ตอนต่อกัน
   - ก. 1 ตอน
   - ข. 2 ตอน
   - ค. 3 ตอน
   - ง. 4 ตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 UJT จะทำงานนำกระแสได้เมื่อใด

ก. จ่ายบวกให้ขา B_1 จ่ายลบให้ขา B_2 จ่ายลบให้ขา E

ข. จ่ายลบให้ขา B_2 จ่ายบวกให้ขา B_1 จ่ายลบให้ขาE

ค. จ่ายบวกให้ขา B_2 จ่ายลบให้ขา B_1 จ่ายบวกให้ขา E

ง. จ่ายลบให้ขา B_2 จ่ายบวกให้ขา B_1 จ่ายบวกให้ขา E

7. ขา E ของ UJT มีคุณสมบัติเป็นข้อใด

ก. ไดโอด

ข. ตัวเก็บประจุ

ค. ตัวต้านทาน

ง. ทรานซิสเตอร์

8. ข้อไดเป็นคุณสมบัติของ UJT

ก. มีอิมพิแดนซ์ทางอินพุtสูงกว่าทรานซิสเตอร์

ข. ทนกำลังไฟฟ้าได้สูง

ค. ทนกำลังไฟฟ้าได้ต่ำ

ง. ใช้งานได้กับกระแสสูงๆ

9. ช่วงที่ UJT ทำงานในกราฟคุณสมบัติคือช่วงใด

ก. ช่วงอิ่มตัว

ข. ช่วงทำงาน

ค. ช่วงคัตออฟ

ง. ช่วงความต้านทานเป็นลบ

10. การสูญเสียกำลังงานของ UJT หมายถึงข้อใด

ก. กำลังงานทั้งหมดที่ UJT เกิดแรงต้าน

ข. กำลังงานที่สูญเสียไปของ UJT ขณะทำงาน

ค. กำลังงานทั้งหมดของ UJT ที่จ่ายออกมาได้

ง. กำลังงานของโหลดที่สามารถนำมาต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง SCR

1. ข้อใดคือวิธีการไบแอสให้ SCR ทำงาน
   - ก. +ขาG , - ขาA, กระตุ้นขา K
   - ข. -ขาG , + ขาA, กระตุ้นขา K
   - ค. +ขาA, - ขาK, กระตุ้นขา G
   - ง. -ขาG , + ขาK, กระตุ้นขา G
2. การป้อนแรงดันที่ขา A เป็นบวก เมื่อเทียบกับขา K เกิดกระแสไหลเพราะเหตุใด SCR ไม่ทำงาน
   - ก. เพราะไม่มีแรงดันไปกระตุ้นขา G
   - ข. เพราะไม่มีแรงดันไปกระตุ้นขา G เทียบขา A
   - ค. เพราะไม่มีแรงดันไปกระตุ้นขา G เทียบขา K
   - ง. เพราะเกิดกระแสรั่วไหลที่ขา A กับขา K
3. เมื่อ SCR อยู่ในสภาวะนำกระแส Vak มีค่าเท่าใด
   - ก. 0.3 V
   - ข. 0.7 V
   - ค. 1 V
   - ง. 3 V
4. ข้อใดกล่าวถูกต้องกรณี SCR นำกระแสแล้ว
   - ก. กระแส Ja จะมีค่าเป็น 2 เท่า
   - ข. กระแส A จะไม่มีผลต่อการทำงานของ SCR
   - ค. กระแส K จะไม่มีผลต่อการทำงานของ SCR
   - ง. กระแส G จะไม่มีผลต่อการทำงานของ SCR
5. การทำให้ SCR หยุดนำกระแสคือข้อใด
   - ก. ลดกระแส I_K
   - ข. ลดกระแส I_A
   - ค. ลดกระแส I_A ต่ำกว่ากระแส
   - ง. ลดกระแส I_k ต่ำกว่ากระแสลดกระแส
6. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับค่า I_G
   - ก. I_G มีผลเคการควบคุมการเล่มนำกระแสของ SCR
   - ข. I_G ไม่มีผลใดๆ ต่อการทำงานของ SCR
   - ค. I_G ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของ I_K
   - ง. I_G ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของ I_A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สภาวะนำกระแส I_G สอดคล้องกับ SCR อย่างไร

ก. ควบคุมการนำกระแสของ SCR

ข. ควบคุมการนำกระแสของ SCR เท่านั้น

ค. ควบคุมการหยุดกระแสของ SCR

ง. ควบคุมการทำงานของ SCR ร่วมกับอุปกรณ์

8. การทำงานของ SCR เปรียบเสมือนอุปกรณ์ใด

ก. Diode

ข. Switch

ค. Diac

ง. Zenerdiode

9. กรณี SCR นำกระแสอยู่ ถ้ากระตุ้นขา G จะส่งผลอย่างไร

ก. SCR หยุดทำงาน

ข. SCR ยังคงทำงานปกติ

ค. SCR ช๊อต

ง. SCR ขาด

10. การจุดชนวน SCR ต้องจุดที่ขาใด

ก. ขา G

ข. ขา A

ค. ขา K

ง. ขา A เทียบ ขา K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง Diac

1. ไดแอกมีกี่ขั้ว
    ก. 1 ขั้ว
    ข. 2 ขั้ว
    ค. 3 ขั้ว
    ง. 4 ขั้ว
2. ข้อใดคือขาของไดแอก
    ก. MT_1 , MT_2
    ข. A, MT_1 , MT_2
    ค. A, K, MT_1
    ง. A, K, MT_1 MT_2
3. แรงดันพังทลายของไดแอกมีค่าเท่าใด
    ก. 2V
    ข. 3V
    ค. 4V
    ง. 5V
4. ไดแอกทำงานอย่างไร
    ก. อาศัยช่วงอิ่มตัว
    ข. อาศัยช่วงความต้านทานลดลง
    ค. อาศัยช่วงแรงดันพัง
    ง. อาศัยช่วงกระแสพัง
5. ไดแอกทำงานได้กี่ทิศทาง
    ก. 1 ทิศทาง
    ข. 2 ทิศทาง
    ค. 3 ทิศทาง
    ง. 4 ทิศทาง
6. ไดแอกเป็นอุปกรณ์ที่มีการรวมสารกึ่งตัวนำกี่
    ก. 2
    ข. 3
    ค. 4
    ง. 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไดแอกเหมาะสมกับการใช้งานลักษณะใด

ก. ควบคุมการทำงานของ SCR

ข. ควบคุมการนำกระแสของ SCR

ค. ป้อนกระแสจุดชนวนให้ไตรแอก

ง. ควบคุมการทำงานของ UJT

8. กรณีไดแอกนำกระแสจะมีค่าแรงดันตกคร่อมเป็นอย่างไร

ก. ค่าความต้านทานในตัวไดแอกลดลงอย่างมาก

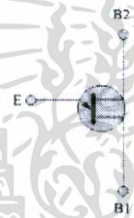
ข. มีกระแสไหลผ่านตัวไดแอกสูงเพิ่มขึ้น

ค. เพิ่มขึ้นจากค่าแรงดันพังทลายเล็กน้อย

ง. ลดลงจากค่าแรงดันพังทลายเล็กน้อย

9. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของไดแอก

ก.

ข. 

ค.

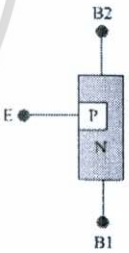
ง.

10. ข้อใดคือโครงสร้างของไดแอก

ก.

ข.

ค.

ง. 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง Triac

1. ไตรแอกมีกี่ขั้ว
   - ก. 2 ขั้ว
   - ข. 3 ขั้ว
   - ค. 4 ขั้ว
   - ง. 5 ขั้ว
2. ข้อใดคือขาของไตรแอก
   - ก. MT_1 , MT_2 ,G
   - ข. A,K,G
   - ค. MT_1 , MT_2 ,K
   - ง. MT_1 , A , K
3. ไตรแอกสามารถนำกระแสได้ในรูปแบบใด
   - ก. 4 ทิศทาง
   - ข. 3 ทิศทาง
   - ค. 2 ทิศทาง
   - ง. 1 ทิศทาง
4. การทำงานของ Triac มีลักษณะการทำงานคล้าย SCR อย่างไร
   - ก. ทริกที่ขา MT_1 , MT_2
   - ข. ทริกที่ขา K
   - ค. ทริกที่ขา A
   - ง. ทริกที่ขา G
5. ไตรแอกนิยมนำไปใช้กับงานลักษณะใด
   - ก. ควบคุมไฟตรง
   - ข. ควบคุมไปสลับ
   - ค. ควบคุมวงจรพัลส์
   - ง. ควบคุมระบบ
6. Holding Current คืออะไร
   - ก. ค่ากระแสเริ่มต้นที่ไตรแอกทำงาน
   - ข. ค่ากระแสต่ำสุดที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
   - ค. ค่ากระแสสูงสุดที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
   - ง. สภาวะหยุดนำกระแสของไตรแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อใดคือสัญญาณที่สามารถใช้จุดชนวนขา G
   ก. +
   ข. -
   ค. + หรือ -
   ง. + และ -
8. แรงดันพังทลายของโตรแอกคืออะไร
   ก. ค่าที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
   ข. ค่าที่ทำให้ไตรแอกหยุดนำกระแส
   ค. ค่าแรงดันไบแอสให้กับไตรแอก
   ง. ค่าแรงดันสูงสุดที่ทำให้ไตรแอกนำกระแส
9. ข้อใดคือการทริกสัญญาณให้ SCR นำกระแส
   ก. ทริกขา G บวกและลบ
   ข. ทริกขา G บวกหรือลบ
   ค. ทริกขา MI_1 , ไฟบวก
   ง. ทริกขา MI_2 , ไฟบวก
10. ไตรแอกเหมาะกับการทำงานลักษณะรูปคลื่นชนิดใด
   ก. รูปไซน์
   ข. รูปสามเหลี่ยม
   ค. รูปสี่เหลี่ยม
   ง. รูปคลื่นพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง PUT

1. PUT ย่อมาจากอะไร
   - ก. Program Unijunction Transistor
   - ข. Programmable Unijunction Transistor
   - ค. Programmable Unijunction Tranmistion
   - ง. Programmable Unijunction Tranmistion
2. PUT เป็นอุปกรณ์ไทริสเตอร์กี่เลเยอร์
   - ก. 4 เลเยอร์
   - ข. 5 เลเยอร์
   - ค. 6 เลเยอร์
   - ง. 7 เลเยอร์
3. คุณสมบัติเด่นของ PUT คืออะไร
   - ก. หาซื้อง่าย
   - ข. มีความทนทานสูง
   - ค. ราคาแพง
   - ง. สามารถโปรแกรมได้
4. แรงดันแอโนด Trun off ของ PUT มีค่าเท่าใด
   - ก. 0.7 V
   - ข. 0.3 V
   - ค. 0.9 V
   - ง. 1 V
5. สภาวะการทำงานของ PUT แบ่งเป็นกี่ช่วง
   - ก. 2 ช่วง
   - ข. 3 ช่วง
   - ค. 4 ช่วง
   - ง. 5 ช่วง
6. ค่าแรงดันตกคร่อมร่วม PUT สภาวะเริ่มทำงานคือข้อใด
   - ก. V_R
   - ข. V_S
   - ค. V_B
   - ง. V_V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. PUT ทำงานเหมือนกับอุปกรณ์ชนิดใด

ก. SCR

ข. ไดแอค

ค. ไตรแอค

ง. UJT

8. PUT นิยมนำไปใช้ในงานใด

ก. ขยายความถี่

ข. ผลิตความถี่

ค. ขยายสัญญาณ

ง. ผลิตสัญญาณ

9. อุปกรณ์ใดมีในวงจรผลิตความถี่โดยใช้ PUT

ก. ตัวต้านทาน

ข. ตัวเหนี่ยวนำ

ค. ไดโอด

ง. ทรานซิสเตอร์

10. โครงสร้างของ PUT คล้ายกับอุปกรณ์ชนิดใด

ก. ไดโอด

ข. ไตรแอค

ค. SCR

ง. GTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง เรื่อง UJT

1. UJT ย่อมาจาก
   - ก. Unijunger Transistion
   - ข. Unijunger Transister
   - ค. Unijunger Tranmistor
   - ง. Unijunger Transistor

2. หน้าที่ของ UJT คืออะไร
   - ก. ช่วยให้วงจรอื่นมีประสิทธิภาพมากขึ้น
   - ข. ใช้แรงดันควบคุมกระแสไหล
   - ค. ช่วยกระตุ้นการทำงานของอุปกรณ์
   - ง. ช่วยป้องกันแรงดันกระโชก

3. UJT เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทใด
   - ก. ทรานซิสเตอร์
   - ข. ไดโอด
   - ค. เฟต
   - ง. ไดแอก

4. ค่าแรงดันตกคร่อมตัวไดโอดขณะแรงดันไบอัสตรงมีค่าประมาณเท่าใด
   - ก. 0.30 V – 0.50 V
   - ข. 0.35V – 0.65 V
   - ค. 0.35 V – 0.7 V
   - ง. 0.3 V – 0.7 V

5. UJT เป็นสารกึ่งตัวกี่ตอนต่อกัน
   - ก. 1 ตอน
   - ข. 2 ตอน
   - ค. 3 ตอน
   - ง. 4 ตอน

6 UJT จะทำงานนำกระแสได้เมื่อใด
   - ก. จ่ายบวกให้ขา B_1 จ่ายลบให้ขา B_2 จ่ายลบให้ขา E
   - ข. จ่ายลบให้ขา B_2 จ่ายบวกให้ขา B_1 จ่ายลบให้ขาE
   - ค. จ่ายบวกให้ขา B_2 จ่ายลบให้ขา B_1 จ่ายบวกให้ขา E
   - ง. จ่ายลบให้ขา B_2 จ่ายบวกให้ขา B_1 จ่ายบวกให้ขา E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ขา E ของ UJT มีคุณสมบัติเป็นข้อใด
    ก. ไดโอด
    ข. ตัวเก็บประจุ
    ค. ตัวต้านทาน
    ง. ทรานซิสเตอร์
8. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของ UJT
    ก. มีอิมพิแดนซ์ทางอินพุ๖สูงกว่าทรานซิสเตอร์
    ข. ทนกำลังไฟฟ้าได้สูง
    ค. ทนกำลังไฟฟ้าได้ต่ำ
    ง. ใช้งานได้กับกระแสสูงๆ
9. ช่วงที่ UJT ทำงานในกราฟคุณสมบัติคือช่วงใด
    ก. ช่วงอิ่มตัว
    ข. ช่วงทำงาน
    ค. ช่วงคัตออฟ
    ง. ช่วงความต้านทานเป็นลบ
10. การสูญเสียกำลังงานของ UJT หมายถึงข้อใด
    ก. กำลังงานทั้งหมดที่ UJT เกิดแรงต้าน
    ข. กำลังงานที่สูญเสียไปของ UJT ขณะทำงาน
    ค. กำลังงานทั้งหมดของ UJT ที่จ่ายออกมาได้
    ง. กำลังงานของโหลดที่สามารถนำมาต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. กระแสโฮลดิ้งของ SCR คืออะไร
   ก. กระแสไหลผ่านขาเกต ทำให้ SCR ทำงาน
   ข. การแสไหลผ่านขาแอโนด ทำให้ SCR ทำงาน
   ค. กระแสต่ำสุดไหลผ่านขาเกตที่ยังทำให้ SCR ทำงานได้
   ง. กระแสต่ำสุดไหลผ่านขาแอโนดที่ยังทำให้ SCR ทำงานได้
2. การจ่ายแรงดันไบแอสทำให้ SCR ทำงานได้ คือข้อใด
   ก. จ่ายลบให้แอโนด จ่ายบวกให้แคโทด จ่ายบวกให้เกต
   ข. จ่ายบวกให้แอโนด จ่ายลบให้แคโทด จ่ายบวกให้เกต
   ค. จ่ายลบให้แอโนด จ่ายบวกให้แคโทด จ่ายลบให้เกต
   ง. จ่ายบวกให้แอโนด จ่ายบวกให้แคโทด จ่ายบวกให้เกต
3. SCR เมื่อนำกระแสแล้วจะทำให้ SCR หยุดนำกระแส วิธีใดไม่ถูกต้อง
   ก. จ่ายแรงดันไบแอสเป็นลบที่ขาเกต
   ข. ตัดไฟแหล่งจ่ายที่ขาแอโนดออกชั่วขณะ
   ค. กลับขั้วแรงดันโดยจ่ายลบให้ขาแอโนด
   ง. ลดกระแสไหลผ่าน SCR ให้ต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง
4. การทำงานไดแอกข้อใดถูกต้อง
   ก. นำกระแสทันทีเมื่อมีแรงดันถูกขั้วป้อนให้
   ข. นำกระแสทันทีเมื่อแรงดันถึงค่าเบรกโอเวอร์
   ค. แรงดันที่ป้อนให้ต้องเป็นแรงดันไฟตรงเท่านั้น
   ง. แรงดันไฟสลับจะถูกต้านไว้ตลอดเวลาโดยไม่ผ่านไดแอก
5. ไดแอกสร้างขึ้นมาเพื่ออะไร
   ก. ใช้งานร่วมกับไตรแอกหรือ SCR
   ข. ช่วยในการกระตุ้นขา G ของไตรแอกหรือ SCR
   ค. ป้องกันขา G พังจากไฟกระโชกเข้ามา
   ง. ช่วยจำกัดกระแสที่ไหลผ่านขา G ให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อไดแอคนำกระแสไฟฟ้า
   ก. ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดแอคจะลดลงเล็กน้อย
   ข. กระแสไฟฟ้าไดแอคจะลดลง
   ค. ความต้านทานไดแอคมีค่าสูงขึ้น
   ง. กระแสไฟฟ้าผ่านไดแอคจะลดลงเล็กน้อยจากกระแสไฟฟ้าพัง
7. เมื่อไดแอกนำกระแสแล้ว แรงดันตกคร่อมตัวมันเองจะเป็นเช่นใด
   ก. ไม่เปลี่ยนแปลง
   ข. เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
   ค. ลดลงเล็กน้อย
   ง. รอยต่อพัง ไดแอคชำรุดทันที
8. ไดแอคถูกนำไปใช้งานอะไร
   ก. ทริกให้กับไตรแอค
   ข. ทริกให้กับทรานซิสเตอร์
   ค. ทริกให้กับ SCR
   ง. ถูกทั้ง ก และ ค
9. คุณสมบัติการนำกระแสของไตรแอกที่ใช้งานได้ดีข้อใดไม่ถูกต้อง
   ก. จ่ายบวกให้ A2 จ่ายลบให้ A1 และจ่ายบวกให้ G
   ข. จ่ายลบให้ A2 จ่ายบวกให้ A1 และจ่ายลบให้ G
   ค. จ่ายแรงดันกระตุ้นขา G เหมือนกับ A2 และ A1
   ง. จ่ายแรงดันกระตุ้นขา G เหมือนกับ A2
10. ไตรแอคเมื่อนำกระแสแล้ว จะทำให้ไตรแอกหยุดนำกระแสวิธีใด ไม่ถูกต้อง
   ก. ช็อตขา G ของไตรแอคลงกราวด์
   ข. ช็อตขา A2 และขา A1 เข้าด้วยกันชั่วขณะ
   ค. ลดกระแสไหลผ่านไตรแอคให้ต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง
   ง. ตัดแหล่งจ่ายแรงดันที่ป้อนให้ขา A2 และขา A1 ออกชั่วขณะ
11. UJT ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานข้อใดถูกต้องที่สุด
   ก. ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทนกำลังไฟฟ้าสูง
   ข. ควบคุมการทำงานในวงจรที่มีกำลังไฟฟ้าสูง
   ค. เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของวงจรให้ดีขึ้น
   ง. ทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นช่วยควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. การนำ UJT ไปใช้งานข้อใด ไม่ถูกต้อง
    ก. ทริกเกอร์
    ข. ออสซิลเลเตอร์
    ค. กำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย
    ง. เปิดปิดการทำงานเหมือนสวิตช์
13. การสูญเสียกำลังของ UJT หมายถึงข้อใด
    ก. กำลังงานทั้งหมดที่ UJT จ่ายออกมาได้
    ข. กำลังงานที่ UJT สูญเสียไปขณะทำงาน
    ค. กำลังงานของภาระที่ต่อใช้งานได้
    ง. กำลังงานทั้งหมดที่ UJT ทนได้
14. ข้อใดคือคุณสมบัติของ UJT
    ก. นำกระแสได้ 2 ทิศทาง
    ข. มีค่าความต้านทานเป็นบวก
    ค. มีค่าความต้านทานเป็นลบ
    ง. ความต้านทานแปรตามอุณหูมิ
15. การไบแอสให้ UJT ทำงานควรทำตามข้อใด
    ก. ขา B2 ไฟบวก B1 ไฟลบ ขา E1 ไฟบวกเทียบกับขา B1
    ข. ขา B1 ไฟบวก B2 ไฟลบ ขา E ไฟบวก
    ค. ขา B2 ไฟบวก B1 ไฟลบ ศักย์เท่ากับขา E
    ง. ผิดทุกข้อ
16. เอสซีอาร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในงานใด
    ก. ควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ
    ข. ควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสตรง
    ค. เป็นสวิตช์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า
    ง. เป็นสวิตช์ควบคุมกำลังไฟฟ้า
17. ไตรแอคสร้างขึ้นมาเพื่ออะไร
    ก. ใช้งานร่วมกับไตรแอกหรือ SCR
    ข. ช่วยในการกระตุ้นขา G ของไตรแอกหรือ SCR
    ค. ป้องกันขา G พังจากไฟกระโชกเข้ามา
    ง. ช่วยจำกัดกระแสที่ไหลผ่านขา G ให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. โครงสร้างของ PUT คล้ายกับอุปกรณ์ชนิดใด
    ก. ไดโอด
    ข. ไตรแอค
    ค. SCR
    ง. GTO
19. กระแสแอโนดสูงสุดของ PUT มีลักษณะแบบใด
    ก. กระแสรูปพัลส์ ไหลแบบช่วงไม่ต่อเนื่อง
    ข. กระแสรูปพัลส์ ไหลแบบช่วงต่อเนื่อง
    ค. กระแสรูปคลื่นไซน์ ไหลแบบช่วงไม่ต่อเนื่อง
    ง. กระแสรูปคลื่นไซน์ ไหลแบบช่วงต่อเนื่อง
20. ข้อใดคือจุดเด่นของ PUT เมื่อเทียบกับ SCR
    ก. PUT สามารถทนกระแสและแรงดันไม่สูงกว่า
    ข. PUT สามารถโปรแกรมและกำหนดค่าได้
    ค. PUT สามารถเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้
    ง. PUT สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
เรื่อง อุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

<u>คำชี้แจง</u>

แบบประเมินนี้สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง อุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร โดยแต่ละใบงานการทดลองมีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ดังนี้

1. ใบงานการทดลอง SCR
   1.1 ต่อวงจรเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง
   1.2 ทดสอบการทำงานของเอสซีอาร์ตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
   1.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง
2. ใบงานการทดลอง ไดแอก
   2.1 ต่อวงจรไดแอกได้ถูกต้อง
   2.2 ทดสอบการทำงานของไดแอกตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
   2.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของไดแอกได้ถูกต้อง
3. ใบงานการทดลอง ไตรแอก
   3.1 ต่อวงจรไตรแอกได้ถูกต้อง
   3.2 ทดสอบการทำงานของไตรแอกตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
   3.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของไตรแอกได้ถูกต้อง
4. ใบงานการทดลอง พียูที
   4.1 ต่อวงจรพียูทีได้ถูกต้อง
   4.2 ทดสอบการทำงานของพียูทีตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
   4.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของพียูทีได้ถูกต้อง
5. ใบงานการทดลอง ยูเจที
   5.1 ต่อวงจรยูเจที ได้ถูกต้อง
   5.2 ทดสอบการทำงานของยูเจที ตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
   5.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของยูเจที ได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	คะแนนพิจารณา		
		+1	0	-1
1.1 ต่อวงจรเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง	1.โครงสร้างของ SCR ข้อใดถูกต้อง ก. ไดโอด 2 ตัว ต่ออนุกรม ข. ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ชนิด PNP และ NPN ค. สารกึ่งตัวนำ 4 ตอนต่อชนกัน ง. สารกึ่งตัวนำ 2 ตอนต่อชนกัน			
	4. SCR จัดเป็นอุปกรณ์ประเภทใด ก. ทรานดิวเซอร์ ข. ทรานซิสเตอร์ ค. ไทริสเตอร์ ง. เร็กติไฟเออร์			
1.2 ทดสอบการทำงานของเอสซีอาร์ตามขั้นตอนได้ถูกต้อง	3. การจ่ายแรงดันไบแอสทำให้ SCR ทำงานได้ คือข้อใด ก. จ่ายลบให้แอโนด จ่ายบวกให้แคโทด จ่ายบวกให้เกต ข. จ่ายบวกให้แอโนด จ่ายลบให้แคโทด จ่ายบวกให้เกต ค. จ่ายลบให้แอโนด จ่ายบวกให้แคโทด จ่ายลบให้เกต ง. จ่ายบวกให้แอโนด จ่ายบวกให้แคโทด จ่ายบวกให้เกต			
	5. SCR เมื่อนำกระแสแล้วจะทำให้ SCR หยุดนำกระแส วิธีใดไม่ถูกต้อง ก. จ่ายแรงดันไบแอสเป็นลบที่ขาเกต ข. ตัดไฟแหล่งจ่ายที่ขาแอโนดออกชั่วขณะ ค. กลับขั้วแรงดันโดยจ่ายลบให้ขาแอโนด ง. ลดกระแสไหลผ่าน SCR ให้ต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง			
	22. เอสซีอาร์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในงานใด ก. ควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ข. ควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ค. เป็นสวิตช์ควบคุมแรงดันไฟฟ้า ง. เป็นสวิตช์ควบคุมกำลังไฟฟ้า			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	คะแนนพิจารณา		
		+1	0	-1
1.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง	2. กระแสโฮลดิ้งของ SCR คืออะไร ก. กระแสไหลผ่านขาเกต ทำให้ SCR ทำงาน ข. การแสไหลผ่านขาแอโนด ทำให้ SCR ทำงาน ค. กระแสต่ำสุดไหลผ่านขาเกตที่ยังทำให้ SCR ทำงานได้ ง. กระแสต่ำสุดไหลผ่านขาแอโนดที่ยังทำให้ SCR ทำงานได้			
2.1 ต่อวงจรไดแอคได้ถูกต้อง	12. ไดแอคถูกนำไปใช้งานอะไร ก. ทริกให้กับไตรแอค ข. ทริกให้กับทรานซิสเตอร์ ค. ทริกให้กับ SCR ง. ถูกทั้ง ก และ ค			
	16. ไดแอคนำกระแสได้กี่ทาง ก. 1 ทาง ข. 2 ทาง ค. 3 ทาง ง. 4 ทาง			
2.2 ทดสอบการทำงานของไดแอกตามขั้นตอนได้ถูกต้อง	6. การทำงานไดแอกข้อใดถูกต้อง ก. นำกระแสทันทีเมื่อมีแรงดันถูกขั้วป้อนให้ ข. นำกระแสทันทีเมื่อแรงดันถึงค่าเบรกโอเวอร์ ค. แรงดันที่ป้อนให้ต้องเป็นแรงดันไฟตรงเท่านั้น ง. แรงดันไฟสลับจะถูกต้านไว้ตลอดเวลาโดยไม่ผ่านไดแอก			
	7. ไดแอกสร้างขึ้นมาเพื่ออะไร ก. ใช้งานร่วมกับไตรแอกหรือ SCR ข. ช่วยในการกระตุ้นขา G ของไตรแอกหรือ SCR ค. ป้องกันขา G พังจากไฟกระโชกเข้ามา ง. ช่วยจำกัดกระแสที่ไหลผ่านขา G ให้เหมาะสม			
	9. ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อไดแอคนำกระแสไฟฟ้า ก. ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดแอคจะลดลงเล็กน้อย ข. กระแสไฟฟ้าไดแอคจะลดลง ค. ความต้านทานไดแอคมีค่าสูงขึ้น ง. กระแสไฟฟ้าผ่านไดแอคจะลดลงเล็กน้อยจากกระแสไฟฟ้าพัง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	คะแนนพิจารณา		
		+1	0	-1
2.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของไดแอกได้ถูกต้อง	11. เมื่อไดแอกนำกระแสแล้ว แรงดันตกคร่อมตัวมันเองจะป็นเช่นใด ก. ไม่เปลี่ยนแปลง ข. เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค. ลดลงเล็กน้อย ง. รอยต่อพัง ไดแอคชำรุดทันที	+1	0	-1
3.1 ต่อวงจรไตรแอกได้ถูกต้อง	8. การทำงานของไตรแอกมีคุณสมบัติคล้ายอุปกรณ์ชนิดใด ก. ทรานซิสเตอร์ ข. SCR ค. ไดแอค ง. SCS			
	13. คุณสมบัติการนำกระแสของไตรแอกที่ใช้งานได้ดีข้อใดไม่ถูกต้อง ก. จ่ายบวกให้ A2 จ่ายลบให้ A1 และจ่ายบวกให้ G ข. จ่ายลบให้ A2 จ่ายบวกให้ A1 และจ่ายลบให้ G ค. จ่ายแรงดันกระตุ้นขา G เหมือนกับ A2 และ A1 ง. จ่ายแรงดันกระตุ้นขา G เหมือนกับ A2			
	20. ข้อใดหมายถึงขาของไตรแอก ก. G, A2 ,A1 ข. G, A , B ค. G, A1 ,B1 ง. G, B1 ,B2			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	คะแนนพิจารณา		
3.2 ทดสอบการทำงานของไตรแอกตาม	14. ไตรแอคเมื่อนำกระแสแล้ว จะทำให้ไตรแอกหยุดนำกระแสวิธีใด ไม่ถูกต้อง ก. ช็อตขา G ของไตรแอคลงกราวด์ ข. ช็อตขา A2 และขา A1 เข้าด้วยกันชั่วขณะ ค. ลดกระแสไหลผ่านไตรแอคให้ต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง ง. ตัดแหล่งจ่ายแรงดันที่ป้อนให้ขา A2 และขา A1 ออกชั่วขณะ	+1	0	-1
	10. สวิตช์ไตรแอคดีกว่าสวิตช์กลไกในข้อใด ก. ไม่มีการสัมผัสกันของหน้าสัมผัส ข. ควบคุมให้ทำงานได้ง่าย ค. ทำงานได้รวดเร็วกว่า ง. ถูกทุกข้อ			
3.2 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของไตรแอกได้ถูกต้อง	23. ไตรแอคสร้างขึ้นมาเพื่ออะไร ก. ใช้งานร่วมกับไตรแอกหรือ SCR ข. ช่วยในการกระตุ้นขา G ของไตรแอกหรือ SCR ค. ป้องกันขา G พังจากไฟกระโชกเข้ามา ง. ช่วยจำกัดกระแสที่ไหลผ่านขา G ให้เหมาะสม			
4.1 ต่อวงจรพียูทีได้ถูกต้อง	24. โครงสร้างของ PUT คล้ายกับอุปกรณ์ชนิดใด ก. ไดโอด ข. ไตรแอค ค. SCR ง. GTO			
4.2 ทดสอบการทำงานของพียูทีตามขั้นตอนได้ถูกต้อง	28. PUT ตัวถังพลาสติกมีค่ากระแสสูงสุดเท่าใด ก. 0.5 A ข. 1.0 A ค. 1.5 A ง. 2.0 A			
	29. PUT ตัวถังพลาสติกมีค่าสูญเสียกำลังเท่าใด ก. 3 mW ข. 30 mW ค. 300 mW ง. 3 kW			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	คะแนนพิจารณา		
	30. ข้อใดคือจุดเด่นของ PUT เมื่อเทียบกับ SCR ก. PUT สามารถทนกระแสและแรงดันไม่สูงกว่า ข. PUT สามารถโปรแกรมและกำหนดค่าได้ ค. PUT สามารถเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้ ง. PUT สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้ดีกว่า	+1	0	-1
4.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของพียูทีได้ถูกต้อง	25. ค่าแรงดันสูงสุดระหว่างของ A กับขา K มีค่าเท่าใด ก. ±30 V ข. ±40 V ค. ±50 V ง. ±60 V			
	27. กระแสแอโนดสูงสุดของ PUT มีลักษณะแบบใด ก. กระแสรูปพัลส์ ไหลแบบช่วงไม่ต่อเนื่อง ข. กระแสรูปพัลส์ ไหลแบบช่วงต่อเนื่อง ค. กระแสรูปคลื่นไซน์ ไหลแบบช่วงไม่ต่อเนื่อง ง. กระแสรูปคลื่นไซน์ ไหลแบบช่วงต่อเนื่อง			
5.1 ต่อวงจรยูเจทีได้ถูกต้อง	17. การนำ UJT ไปใช้งานข้อใด ไม่ถูกต้อง ก. ทริกเกอร์ ข. ออสซิลเลเตอร์ ค. กำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย ง. เปิดปิดการทำงานเหมือนสวิตช์			
	26. UJT เป็นสารกึ่งตัวนำประเภทกี่รอยต่อ ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4			
5.2ทดสอบการทำงานของยูเจทีตามขั้นตอนได้ถูกต้อง	15. UJT ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานข้อใดถูกต้องที่สุด ก. ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทนกำลังไฟฟ้าสูง ข. ควบคุมการทำงานในวงจรที่มีกำลังไฟฟ้าสูง ค. เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของวงจรให้ดีขึ้น ง. ทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นช่วยควบคุมการทำงาน			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	คะแนนพิจารณา		
	19. ข้อใดคือคุณสมบัติของ UJT ก. นำกระแสได้ 2 ทิศทาง ข. มีค่าความต้านทานเป็นบวก ค. มีค่าความต้านทานเป็นลบ ง. ความต้านทานแปรตามอุณหูมิ	+1	0	-1
	21. การไบแอสให้ UJT ทำงานควรทำตามข้อใด ก. ขา B2 ไฟบวก B1 ไฟลบ ขา E1 ไฟบวกเทียบกับขา B1 ข. ขา B1 ไฟบวก B2 ไฟลบ ขา E ไฟบวก ค. ขา B2 ไฟบวก B1 ไฟลบ ศักย์เท่ากับขา E ง. ผิดทุกข้อ			
5.3 เขียนกราฟลักษณะสมบัติของยูเจที ได้ถูกต้อง	18. การสูญเสียกำลังของ UJT หมายถึงข้อใด ก. กำลังงานทั้งหมดที่ UJT จ่ายออกมาได้ ข. กำลังงานที่ UJT สูญเสียไปขณะทำงาน ค. กำลังงานของภาระที่ต่อใช้งานได้ ง. กำลังงานทั้งหมดที่ UJT ทนได้			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ลำดับที่	รายการประเมิน	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ความสอดคล้องของชุดทดลองกับวัตถุประสงค์	5	4	5	4.67	0.6	ดีมาก
2	การจัดลำดับความสำคัญในการทดลอง	4	3	4	3.67	0.6	ดี
3	ความชัดเจนในการทดลอง	4	5	4	4.33	0.6	ดี
4	วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมและมีอยู่ทั่วไป	3	4	3	3.33	0.6	ปานกลาง
5	ความปลอดภัยในการทดลอง	5	4	5	4.67	0.6	ดีมาก
6	ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนในการทดลอง	4	5	4	4.33	0.6	ดี
7	เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นปัจจุบัน	5	4	5	4.67	0.6	ดีมาก
8	ความคงทนและขนาดเหมาะสม	3	5	4	4.00	1.0	ดี
9	ความสะดวกในการบำรุงรักษา	5	4	5	4.67	0.6	ดีมาก
10	ความครบถ้วนสมบูรณ์ของชุดทดลอง	5	4	5	4.67	0.6	ดีมาก
	เฉลี่ย	4.3	4.2	4.4	4.30	0.62	ดี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ค.2 แบบประเมินคุณภาพของใบงานประกอบชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ลำดับที่	รายการประเมิน	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ใบงานครอบคลุมตามวัตถุประสงค์	5	4	4	4.33	0.58	ดี
2	ใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3	ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
4	ใบงานมีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน	4	5	4	4.33	0.58	ดี
5	ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมการทดลอง	3	5	5	4.33	1.15	ดี
6	เนื้อหามีแรงจูงใจต่อการทดลอง	4	4	4	4.00	0.00	ดี
7	การอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองมีความชัดเจน	3	4	3	3.33	0.58	ปานกลาง
8	คำอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย	3	4	4	3.67	0.58	ดี
9	ส่งเสริมให้เกิดทักษะในการทดลองของผู้เรียน	4	3	3	3.33	0.58	ปานกลาง
10	ความชัดเจนการตอบคำถามตามลำดับการทดลอง	3	4	4	3.67	0.58	ดี
	เฉลี่ย	**3.8**	**4.2**	**4**	**4.0**	**0.46**	**ดี**

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ค.3 ผลวิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ผลการประเมิน																				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	คนที่ 15	คนที่ 16	คนที่ 17	คนที่ 18	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
	ชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร																					
1	ความสอดคล้องของชุดทดลองกับวัตถุประสงค์	3	4	3	3	3	4	5	5	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	3.89	0.68	ดี
2	การจัดลำดับความสำคัญในการทดลอง	4	5	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3.83	0.51	ดี
3	ความชัดเจนในการทดลอง	4	5	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	5	4	5	4	4	4.00	0.59	ดี
4	วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมและมีอยู่ทั่วไป	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3.94	0.54	ดี
5	ความปลอดภัยในการทดลอง	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4.11	0.76	ดี
6	ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนในการทดลอง	4	4	3	4	4	3	5	5	4	4	4	5	4	3	3	4	5	3	3.94	0.73	ดี
7	เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นปัจจุบัน	4	3	4	5	4	5	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4.06	0.54	ดี
8	มีความทนทานและขนาดเหมาะสม	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	5	3	5	5	4.00	0.69	ดี
9	ความสะดวกในการบำรุงรักษา	4	4	5	5	5	4	4	4	5	4	4	3	5	4	4	5	3	5	4.28	0.67	ดี
10	ความครบถ้วนสมบูรณ์ของชุดทดลอง	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	5	4	4	4	4.39	0.50	ดี
																				4.08	0.74	ดี

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ผลการประเมิน																				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	คนที่ 15	คนที่ 16	คนที่ 17	คนที่ 18	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
	ใบงานการทดลองและใบงานการทดลองรวม																					
1	มีความสอดคล้องกันของใบงานการทดลองทดลองกับวัตถุประสงค์	4	5	4	4	3	4	3	4	5	4	5	4	4	3	4	5	4	5	4.11	0.68	ดี
2	ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลอง	3	3	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	3	5	4	4.11	0.68	ดี
3	ความชัดเจนการตอบคำถามตามลำดับการทดลอง	3	5	5	3	3	4	4	5	4	4	3	4	4	4	5	5	4	5	4.11	0.76	ดี
4	ส่งเสริมให้เกิดทักษะในการทดลองของผู้เรียน	4	4	5	3	3	4	5	3	5	5	4	4	3	4	5	3	5	4	4.06	0.80	ดี
5	ทำให้มีกระบวนการทางความคิดและความคิดสร้างสรรค์	4	4	3	4	4	3	3	4	5	3	5	5	4	4	4	5	3	4	3.94	0.73	ดี
																				4.22	0.72	ดี

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ผลการประเมิน																				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	คนที่ 15	คนที่ 16	คนที่ 17	คนที่ 18	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง																					
1	แบบฝึกหัดครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	4	4	5	4	4	3	5	5	4	4	3	4	3	4	5	4	5	4.17	0.71	ดี
2	สามารถใช้ทบทวนความรู้ตามใบงานการทดลอง	5	5	5	4	5	5	5	4	3	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4.44	0.62	ดี
3	ปริมาณเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน	5	4	3	3	4	5	3	4	5	5	3	3	4	4	5	4	4	3	3.94	0.80	ดี
4	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน	5	4	5	5	4	4	5	3	4	3	3	3	4	5	3	5	5	4	4.11	0.83	ดี
5	ความครบถ้วนสมบูรณ์ของแบบฝึกหัด	4	5	4	4	4	4	3	3	4	5	4	4	4	5	3	3	4	5	4.00	0.69	ดี
																				4.11	0.66	ดี

มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ผลการประเมิน																				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	คนที่ 13	คนที่ 14	คนที่ 15	คนที่ 16	คนที่ 17	คนที่ 18	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
	แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง																					
1	ความชัดเจนการกำหนดแบบประเมินผลปฏิบัติงาน	4	5	5	4	3	4	5	3	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4.28	0.67	ดี
2	หัวข้อประเมินผลปฏิบัติงานทดลอง	4	5	5	5	5	3	4	5	3	4	4	5	5	4	4	5	4	4	4.33	0.69	ดี
3	การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนชัดเจน	3	4	5	5	4	3	4	4	3	4	3	4	5	5	4	3	3	4	3.89	0.76	ดี
4	แบบประเมินผลการปฏิบัติงานสามารถวัดผู้เรียนได้	3	3	4	4	5	4	4	3	4	3	3	5	4	4	4	4	4	4	3.83	0.62	ดี
5	ความครบถ้วนสมบูรณ์ของแบบประเมินผลปฏิบัติงานทดลอง	3	3	4	5	3	5	5	4	4	4	5	3	4	5	5	3	4	4	4.06	0.80	ดี
																				4.24	0.74	ดี
	ค่าเฉลี่ยรวม																			4.16	0.7	ดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ค.4 แสดงค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			วิเคราะห์ IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
1	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้
2	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
4	+1	0	0	0.33	ใช้ไม่ได้
5	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้
6	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
7	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
8	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
9	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
10	0	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
11	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
12	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
13	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้
14	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
15	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
16	0	+1	0	0.33	ใช้ไม่ได้
17	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
18	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ			วิเคราะห์ IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
19	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
20	0	+1	0	0.33	ใช้ไม่ได้
21	+1	0	+1	0.67	นำไปใช้ได้
22	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้
23	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
24	+1	0	+1	0.67	นำไปใช้ได้
25	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้
26	0	0	+1	0.33	ใช้ไม่ได้
27	+1	0	+1	0.67	นำไปใช้ได้
28	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
29	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
30	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้

จากการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ผู้ทรงวุณวุฒิประเมิน หาค่า IOC จำนวน 30 ข้อ มีข้อสอบที่ถูกตัดทิ้งจำนวน 5 ข้อ คือข้อที่ 4,10,16,20,26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
2	6	3	0.64	0.43	0.36	0.23
3	5	3	0.57	0.29	0.43	0.24
4	5	2	0.50	0.43	0.50	0.25
6	5	2	0.50	0.43	0.50	0.25
7	7	4	0.79	0.43	0.21	0.17
8	6	3	0.64	0.43	0.36	0.23
9	4	2	0.43	0.29	0.57	0.24
10	5	2	0.50	0.43	0.50	0.25
11	5	3	0.57	0.29	0.43	0.24
13	6	2	0.57	0.57	0.43	0.24
14	5	2	0.50	0.43	0.50	0.25
15	7	3	0.71	0.57	0.29	0.20
17	4	2	0.43	0.29	0.57	0.24
18	4	1	0.36	0.43	0.64	0.23
19	5	3	0.57	0.29	0.43	0.24
20	6	2	0.57	0.57	0.43	0.24
22	5	3	0.57	0.29	0.43	0.24
23	6	2	0.57	0.57	0.43	0.24
24	6	3	0.64	0.43	0.36	0.23
25	5	2	0.50	0.43	0.50	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ข้อสอบหาความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	กลุ่มเก่ง (f_H)	กลุ่มอ่อน (f_L)	p	r	q (1-p)	pq
1	6	3	0.61	0.33	0.39	0.23
2	7	2	0.61	0.55	0.39	0.23
3	7	3	0.66	0.44	0.34	0.22
4	6	2	0.55	0.44	0.45	0.24
5	6	2	0.55	0.44	0.45	0.24
6	5	1	0.44	0.44	0.56	0.24
7	5	2	0.5	0.33	0.5	0.25
8	6	2	0.55	0.44	0.45	0.24
9	6	3	0.61	0.33	0.39	0.23
10	5	2	0.5	0.33	0.5	0.25
11	5	1	0.44	0.44	0.56	0.24
12	6	2	0.55	0.44	0.45	0.24
13	6	2	0.55	0.44	0.45	0.24
14	5	1	0.44	0.44	0.56	0.24
15	6	3	0.61	0.33	0.39	0.23
16	6	2	0.55	0.44	0.45	0.24
17	6	3	0.61	0.33	0.39	0.23
18	7	4	0.72	0.33	0.28	0.23
19	6	3	0.61	0.33	0.39	0.23
20	5	2	0.50	0.33	0.50	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.7 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	X	X^2
1	19	361
2	19	361
3	18	324
4	18	324
5	17	289
6	16	256
7	17	289
8	11	121
9	9	81
10	9	81
11	11	121
12	13	169
13	12	144
14	12	144
รวม	201	3065

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{st^2}\right]$$

$$r_{tt} = 0.7$$

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง E_1

คนที่	แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง							คะแนนปฏิบัติใบงานการทดลอง						รวม 100
	ใบงาน1	ใบงาน 2	ใบงาน 3	ใบงาน 4	ใบงาน 5	รวม(50)	20 คะแนน	ใบงาน1	ใบงาน 2	ใบงาน 3	ใบงาน 4	ใบงาน 5	รวมปฏิบัติ(80)	
1	7	6	7	7	7	34	13.60	13	12	12	12	13	62	75.60
2	7	6	7	6	7	33	13.20	13	12	13	13	14	65	78.20
3	8	7	8	8	8	39	15.60	14	13	12	13	13	65	80.60
4	7	6	7	7	8	35	14.00	14	14	14	14	13	69	83.00
5	7	7	6	6	7	33	13.20	14	14	14	13	14	69	82.20
6	8	7	6	7	7	35	14.00	13	14	14	15	14	70	84.00
7	8	6	8	7	8	37	14.80	14	15	13	14	15	71	85.80
8	7	7	7	8	7	36	14.40	14	14	13	14	14	69	83.40
9	8	7	7	6	7	35	14.00	15	15	13	15	16	74	88.00
10	7	7	6	7	8	35	14.00	14	14	13	14	13	68	82.00
11	7	6	6	7	6	32	12.80	15	14	14	14	14	71	83.80
12	8	7	7	6	7	35	14.00	14	15	13	13	15	70	84.00
13	7	7	6	7	6	33	13.20	14	13	13	13	13	66	79.20
14	8	6	8	8	8	38	15.20	14	14	12	14	14	68	83.20
15	7	6	6	7	7	33	13.20	15	14	12	14	15	70	83.20
16	6	7	6	7	7	33	13.20	14	14	12	15	14	69	82.20
17	8	7	7	7	8	37	14.80	12	13	12	13	14	64	78.80
18	7	6	7	6	6	32	12.80	13	12	12	13	13	63	75.80
ค่าเฉลี่ย														81.83

ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_1 = 81.83

ตารางที่ ค.9 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง E_2

คนที่	สอบวัดผลสัมฤทธิ์(20)	ใบงานรวม	ใบงาน(80)	รวม 100
1	12	13	65	77
2	12	13	65	77
3	12	15	75	87
4	13	14	70	83
5	14	14	70	84
6	11	13	65	76
7	13	12	60	73
8	12	14	70	82
9	12	15	75	87
10	13	14	70	83
11	14	13	65	79
12	11	14	70	81
13	12	14	70	82
14	13	13	65	78
15	13	14	70	83
16	12	14	70	82
17	13	12	60	73
18	11	13	65	76
ค่าเฉลี่ย				80.17

ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_2 = 80.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางภัทรดานันทน์ อินทร์นุช
วัน เดือน ปี เกิด	2 พฤศจิกายน 2529
สถานที่เกิด	จ.เพชรบูรณ์
ที่อยู่ปัจจุบัน	103 หมู่ที่ 4 ต.ห้วยโป่ง อ.หนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์ 67220
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมปลาย (ม.6) แผนวิทย์-คณิต โรงเรียนหนองไผ่ จเพชรบูรณ์
	ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต(ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
	ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ.2554 ครูพิเศษสอน แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม จ.ชลบุรี
	พ.ศ.2557-ปัจจุบัน พนักงานราชการ(ครู) แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพพนัสนิคม จ.ชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้