

บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

COMPETENCY BASED SKILL TRAINING  
ON TESTING BASIC SEMICONDUCTOR DEVICES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ท.ศ. 2556

KMITL-2013-ED-M-231-050

บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

COMPETENCY BASED SKILL TRAINING  
ON TESTING BASIC SEMICONDUCTOR DEVICES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตรบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

KMITL-2013-ED-M-231-050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPETENCY BASED SKILL TRAINING  
ON TESTING BASIC SEMICONDUCTOR DEVICES



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION  
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2013

KMITL-2013-ED-M-231-050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2013

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น  
Competency Based Skill Training  
on Testing Basic Semiconductor Devices

นักศึกษา

นายอภิชาติ อนุกุลเวช

รหัสประจำตัว

53630606

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.วินัย ใจกล้า รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ รศ.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ รศ.ดร.กัลยาณี จิตต์การุณย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ

9 พฤษภาคม 2556 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้องเรียนสมาคมศิษย์เก่า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ 30 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

นักศึกษา

นายอภิชาติ อนุกุลเวช

รหัสประจำตัว

53630606

ปริญญา

ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น รวมทั้งเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัย คือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่ม การเรียนละ 20 คน รวม 40 คน หลังจากนั้นทำการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลากอีกครั้ง เพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน

โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.90$ , S.D. = 0.18) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.69$ , S.D. = 0.36)

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น พบว่าผู้เรียนร้อยละ 100 ของผู้เรียนผ่านเกณฑ์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 85.18 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. สมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะสูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

<b>Thesis Title</b>	Competency Based Skill Training on Testing Basic Semiconductor Devices
<b>Student</b>	Mr. Abhichat Anukulwech
<b>Student ID.</b>	53630606
<b>Degree</b>	Master of Science in Industrial Education
<b>Program</b>	Electrical Communication Engineering
<b>Year</b>	2013
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Wisuit Sunthonkanokpong
<b>Thesis Co-Advisor</b>	Assoc. Prof. Peerawut Suwanjan

## ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and determine the efficiency of Competency Based Skill Training on Testing Basic Semiconductor Devices, as well as to compare learning competency of Testing Basic Semiconductor Devices between the students who studied with Competency Based Skill Training and students who studied with traditional method. The samples were first year certificate vocational students majoring in Electronics, Chonburi Technical College who enrolled the course “Electronics Device” (2104-2255) in second semester, academic year 2011. Then, 40 students were chosen with simple random sampling method by drawing slots. After that, 40 students were divided into 2 groups, 20 students as an experimental group and 20 students as a controlled group by the same method.

The results revealed that:

1. Competency Based Skill Training on Testing Basic Semiconductor Devices was evaluated by the experts. The content aspect was considered in very good level. ( $\bar{x} = 4.90$ , S.D. = 0.18 ), and the media production technique aspect was considered in very good level. ( $\bar{x} = 4.69$ , S.D. = 0.36 ).
2. For the efficiency of Competency Based Skill Training on Testing Basic Semiconductor Devices, it found that 100% of students were able to pass evaluation with the average score 85.18%. It was considered higher than the designed criterion.
3. Competency of students who participated in Competency Based Skill Training on Testing Basic Semiconductor Devices was higher than the competency of students studying with traditional method with statistical significant at the level of 0.01.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์ ผศ.ดร.สันติ หวังนิพนพานโต ผศ.ดร.ชัยพล ธงชัยสุรชต์กุล รศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข ผศ.ดร.รัฐกรณ์ คิดการ และ ดร.รัฐพล ประดับเวทย์ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มี คุณภาพและมีความเหมาะสมต่อการวิจัย และขอขอบใจนักเรียนแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มตัวอย่าง ให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยนี้ ได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณครูประยูร อนุกุลเวช บิดาของผู้วิจัยที่สอนให้รู้ว่าการศึกษาคือเป็นสิ่งสำคัญ และคอยให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และขอขอบคุณครูวราภรณ์ อนุกุลเวช ที่คอยให้กำลังใจทุกอย่าง

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่คุณแม่บุญธรรม อนุกุล เวช มารดาผู้ล่วงลับของผู้วิจัย และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

อภิชาติ อนุกุลเวช

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 คำนียามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 การศึกษาหลักสูตรวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....	7
2.2 การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	10
2.3 กระบวนการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความรู้.....	45
2.4 หลักการออกแบบและสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ.....	47
2.5 การวัดและประเมินผลการเรียน.....	52
2.6 การหาคุณภาพและประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ.....	63
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	65
บทที่ 3 วิธีดำเนินการงานวิจัย.....	67
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	67
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	67
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	77
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	82
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนช่วยทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การ ตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	82
4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการ ตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	84
4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่ง ตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการ สอนปกติ.....	85
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	87
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	87
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	90
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	93
บรรณานุกรม.....	94
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....	97
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ.....	106
ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบภาคปฏิบัติ แบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติ และแบบประเมินคุณภาพบทเรียนช่วยฝึก ทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	109
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	151
ภาคผนวก จ ตัวอย่างใบความรู้ และใบงาน.....	186
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างบทเรียนฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	198
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้บทเรียนฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	204
ประวัติผู้เขียน.....	212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน่วยการเรียนรู้วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205).....	8
2.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	9
2.3 ผลการสอบวัดผลของผู้เรียน 5 คน หลังจากทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอน.....	64
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา.....	82
4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	83
4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	84
4.4 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เบื้องต้นของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียน จากการสอนปกติ.....	85
4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียนของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนน ทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	86
ง.1 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ไดโอด.....	152
ง.2 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด.....	153
ง.3 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ทรานซิสเตอร์.....	154
ง.4 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง เฟต.....	155
ง.5 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง เอสซีอาร์.....	156
ง.6 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบไดโอด.....	157
ง.7 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบซีเนอร์ไดโอด.....	158
ง.8 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบทรานซิสเตอร์.....	159
ง.9 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบเฟต.....	160
ง.10 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบเอสซีอาร์.....	161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง.11 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไดโอด จำนวน 10 ข้อ.....	162
ง.12 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด จำนวน 10 ข้อ.....	163
ง.13 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ทรานซิสเตอร์ จำนวน 10 ข้อ.....	164
ง.14 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เฟต จำนวน 20 ข้อ.....	165
ง.15 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เอสซีอาร์ จำนวน 10 ข้อ.....	166
ง.16 แสดงคะแนนของข้อสอบแต่ละข้อที่ผู้เรียนกลุ่มเก่งเลือกตอบ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ).....	167
ง.17 แสดงคะแนนของข้อสอบแต่ละข้อที่ผู้เรียนกลุ่มอ่อนเลือกตอบ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ).....	171
ง.18 ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเนื้อหา.....	175
ง.19 ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	176
ง.20 แสดงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง.....	177
ง.21 แสดงผลการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติของกลุ่มทดลอง.....	178
ง.22 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลอง.....	179
ง.23 แสดงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุม.....	180
ง.24 แสดงผลการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติของกลุ่มควบคุม.....	181
ง.25 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มควบคุม.....	182
ง.26 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม.....	184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 รูปร่างของไดโอด.....	10
2.2 โครงสร้างของไดโอด.....	11
2.3 สัญลักษณ์ของไดโอด.....	11
2.4 ชนิดของไดโอด.....	11
2.5 ไดโอดในวงจรไบอัสตรง.....	12
2.6 ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ.....	12
2.7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสตรง.....	13
2.8 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสกลับ.....	13
2.9 การวัดหาขาของไดโอด.....	14
2.10 รูปร่างของซีเนอร์ไดโอด.....	15
2.11 โครงสร้างของซีเนอร์ไดโอด.....	15
2.12 สัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด.....	16
2.13 ซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสตรง.....	16
2.14 ซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ.....	17
2.15 คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสตรง.....	17
2.16 คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ.....	18
2.17 การวัดหาขาของซีเนอร์ไดโอด.....	19
2.18 รูปร่างของทรานซิสเตอร์.....	19
2.19 โครงสร้างและชนิดของทรานซิสเตอร์.....	20
2.20 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์.....	20
2.21 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN.....	21
2.22 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP.....	21
2.23 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์.....	22
2.24 คุณสมบัติด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN.....	22
2.25 คุณสมบัติด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN.....	23
2.26 คุณสมบัติด้านกระแสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN.....	24
2.27 ความสัมพันธ์ด้านกระแสของทรานซิสเตอร์.....	24
2.28 อัตราการขยายกระแสไฟตรงของทรานซิสเตอร์ หรือ DC Beta.....	25
2.29 การวัดหาขา B และชนิดของทรานซิสเตอร์.....	26
2.30 การวัดหา C และ E ของทรานซิสเตอร์.....	26
2.31 รูปร่างของเฟต.....	27
2.32 โครงสร้างของเจเฟต.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.33 สัญลักษณ์ของเจเฟต.....	28
2.34 การทำงานของเจเฟต.....	29
2.35 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเจเฟต.....	29
2.36 การปรับแรงดันไบอัสกลับที่เกิด ( $V_{GS}$ ).....	30
2.37 การปรับแรงดันเดรน-ซอร์ส ( $V_{DS}$ ).....	30
2.38 คุณสมบัติด้านอินพุตของเจเฟต.....	31
2.39 คุณสมบัติด้านเอาต์พุตของเจเฟต.....	31
2.40 การวัดหาขาของเจเฟต.....	32
2.41 มอสเฟต.....	33
2.42 โครงสร้างของมอสเฟต.....	33
2.43 ประเภทของมอสเฟต.....	34
2.44 โครงสร้างของดีมอสเฟต.....	34
2.45 สัญลักษณ์ของดีมอสเฟต.....	35
2.46 การทำงานของดีมอสเฟต.....	35
2.47 การวัดหาขาของดีมอสเฟต.....	36
2.48 โครงสร้างของอีมอสเฟต.....	37
2.49 สัญลักษณ์ของอีมอสเฟต.....	38
2.50 การทำงานของอีมอสเฟต.....	38
2.51 การวัดหาขาของอีมอสเฟต.....	39
2.52 รูปร่างของเอสซีอาร์.....	40
2.53 โครงสร้างของเอสซีอาร์.....	41
2.54 สัญลักษณ์ของเอสซีอาร์.....	41
2.55 เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสตรง.....	42
2.56 เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสกลับ.....	42
2.57 การจุดชนวนเอสซีอาร์หรือการทริกเอสซีอาร์(Trigging).....	43
2.58 การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส.....	44
2.59 การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส.....	44
2.60 การใช้แนวคิดในการออกแบบระบบการสอน หรือการฝึกในการจำลองรูปแบบการ เรียนรู้กับการพัฒนาชุดการฝึกบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ.....	47
2.61 รูปแบบโครงสร้างการออกแบบระบบการสอนวิชาชีพ.....	49
ง.1 แสดงค่า $t$ ที่คำนวณได้ อยู่ในเขตวิกฤต.....	185
ฉ.1 แสดงชื่อของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์ สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	199

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ฉ.2 แสดงเมนูหลักของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ.....	199
ฉ.3 แสดงจุดประสงค์ของบทเรียน เรื่องไดโอด.....	200
ฉ.4 แสดงเมนูของบทเรียน เรื่องไดโอด.....	200
ฉ.5 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด.....	201
ฉ.6 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่เป็นภาพเคลื่อนไหว.....	201
ฉ.7 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่ผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนได้.....	202
ฉ.8 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน.....	202
ฉ.9 แสดงวิดีโอของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่ผู้เรียนสามารถเรียนและฝึกปฏิบัติกับ อุปกรณ์จริงได้.....	203
ฉ.10 แสดงแบบทดสอบภาคทฤษฎีของบทเรียน เรื่องไดโอด.....	203
ช.1 แสดงชื่อของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์ สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น.....	205
ช.2 แสดงเมนูหลักของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ.....	206
ช.3 แสดงจุดประสงค์ของเนื้อหา เรื่องไดโอด.....	207
ช.4 แสดงเมนูของเนื้อหา เรื่องไดโอด.....	207
ช.5 แสดงเนื้อหา หัวข้อ ไดโอด.....	208
ช.6 แสดงเนื้อหา หัวข้อ การทำงานของไดโอด.....	209
ช.7 แสดงเนื้อหา หัวข้อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด.....	209
ช.8 แสดงเนื้อหา หัวข้อการตรวจสอบไดโอด.....	210
ช.9 แสดงแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องไดโอด.....	210
ช.10 แสดงรายงานผลการทดสอบ เรื่องไดโอด.....	211

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 22 ได้กล่าวถึงการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความรู้ความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2542 :17) จะเห็นได้ว่าการศึกษาระดับอาชีวศึกษาด้านช่างอุตสาหกรรมของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเพื่อการผลิตและพัฒนากำลังคนในระดับช่างฝีมือและช่างเทคนิคให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน ความก้าวหน้าของการพัฒนากำลังคนในระดับช่างฝีมือและช่างเทคนิค นับว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก การผลิตกำลังคนระดับช่างฝีมือและช่างเทคนิคให้สามารถนำความรู้ทักษะในวิชาชีพที่ได้รับการศึกษาจากสถาบันอาชีวศึกษาไปใช้ในการปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการสอนวิชาชีพนั้น คำนึงถึงความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลเป็นสำคัญ การสอนจะเน้นให้แต่ละบุคคลสามารถออกไปประกอบอาชีพด้วยตนเองหรือสามารถเข้าสู่ตลาดแรงงานได้ (กองการศึกษาอาชีว. 2541: 46-47) เนื้อหาของหลักสูตรประกอบด้วยความรู้ภาคทฤษฎีเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในการปฏิบัติงานเท่าที่จำเป็น โดยเน้นการฝึกทักษะเป็นสำคัญเท่าๆกับการสร้างทัศนคติที่ดีต่อวิชาชีพของตนเอง เพื่อให้เข้ารับการฝึกอบรมได้มีประสบการณ์จริงสามารถนำไปปฏิบัติงานได้เมื่อจบหลักสูตร รูปแบบของหลักสูตรนี้จะแบ่งเนื้อหาของแต่ละที่จบในตนเอง ซึ่งผู้เรียนสามารถเลือกเรียนรายวิชาต่างๆได้ตามความสนใจ ความถนัดและความสามารถของตนเอง (กรมอาชีวศึกษา. 2540: ก-1)

วิทยาลัยเทคนิคชลบุรีเป็นสถานศึกษา ในสังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษาจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ และหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) เป็นวิชาที่จัดอยู่ในหมวดวิชาชีพสาขา ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.2545 (ปรับปรุง พ.ศ.2546) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นวิชา 2 หน่วยกิต จำนวน 4 ชั่วโมง ซึ่งเป็นวิชาที่มีทฤษฎีและปฏิบัติอยู่ในรายวิชาเดียว ในเนื้อหาของวิชานี้ผู้เรียนจะเรียนเกี่ยวกับการวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ซึ่งการเรียนในสาขาวิชานี้ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถและทักษะในด้านความรู้ถึงหลักทฤษฎีและฝึกปฏิบัติให้มีความสามารถนำไปใช้ได้จริง

ในการเรียนการสอนที่ผ่านมาอันมักเกิดปัญหาในการจัดการเรียนการสอน พอสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้คือ

1. ในการเรียนตามเนื้อหาหลักสูตร ในเรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ที่มีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจในเนื้อหาทฤษฎีที่ค่อนข้างซับซ้อนและเป็นนามธรรม และขาดทักษะการปฏิบัติในการวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายๆ ชนิด ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลต่อการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไปใช้ในการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความเสียหายของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2. ในการสอนของครู พบว่าครูที่ทำการสอนส่วนมากจะสอนในชั้นเรียนกับผู้เรียนจำนวนมากพร้อมกัน โดยทำการสอนที่หน้าชั้นเรียนโดยวิธีการสอนในภาคทฤษฎีจะเป็นการอธิบายเนื้อหา มีสื่อการสอนเพียงสื่อสิ่งพิมพ์ และแผ่นใสเท่านั้น และในการสอนภาคปฏิบัติจะใช้การสาธิตขั้นตอนการปฏิบัติ ในขณะที่ผู้เรียนเป็นผู้ฟังและปฏิบัติพร้อมกันทั้งชั้นเรียน พบว่าผู้เรียนไม่ค่อยมีส่วนร่วมในกิจกรรม จึงมีผู้เรียนจำนวนหนึ่งไม่สามารถผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ อันเป็นอุปสรรคในการนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะและไม่สามารถนำความรู้ที่ได้ไปปฏิบัติด้วยตนเอง

3. พื้นฐานความรู้ของผู้เรียนที่แตกต่างกัน ทำให้การเรียนการสอนบางครั้งจะต้องใช้การสอนทวนซ้ำอยู่บ่อยครั้ง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ ซึ่งก็เป็นผลกระทบต่อเวลาที่จะเรียนในเรื่องถัดไป

4. ผู้เรียนต้องการบทเรียนที่มีลักษณะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มเติม เพื่อชดเชยบทเรียนส่วนที่ขาดหายไป จากการเรียน หรือเพื่อเป็นการทบทวนบทเรียนที่เรียนผ่านมาแล้ว

จากปัญหาและอุปสรรคดังกล่าวของผู้เรียน สื่อที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสมในการนำเสนอรูปแบบทักษะปฏิบัติ จึงมีบทบาทสำคัญที่จะสามารถทำให้เกิดความเข้าใจในการเรียนปฏิบัติจากผู้สอนและการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสื่อควรมีลักษณะนำเสนอที่สามารถเห็นภาพการปฏิบัติงานจริงของการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นได้อย่างชัดเจน โดยให้ความสำคัญในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งคำนึงถึงความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนทุกคนสามารถเรียนรู้จนเกิดทักษะได้หลายวิธีการ เช่น การติดตามผลการฝึกของตนเองหรือทบทวนแก้ไขจุดบกพร่องของตนเองอันจะนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้ที่สามารถทำให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์สูงสุดจากในการเรียนการสอน เป็นต้น

สื่อชนิดหนึ่งที่มีบทบาทในการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติคือ สื่อการเรียนรู้ในระบบ CBST (Competency Based Skill Training) เป็นการฝึกทักษะตามความสามารถของแต่ละบุคคล โดยผู้เรียนรับผิดชอบการฝึกของตนเอง ทักษะในการฝึกจะถูกแบ่งออกเป็นทักษะย่อย และเรียบเรียงเป็นชุดฝึก ที่ผู้เรียนสามารถฝึกได้ด้วยตนเองตามทักษะย่อยที่สัมพันธ์กันในแต่ละระดับของวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งผู้เรียนทำการเรียนรู้ และทดสอบแต่ละรายการความสามารถที่กำหนดไว้ ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ผู้เรียนจำนวนหนึ่งอาจทำการฝึกหลายๆ ชุดฝึกที่แตกต่างกันออกไป โดยแต่ละคนมีความรู้และทักษะพื้นฐานที่แตกต่างกัน และมีความก้าวหน้าในการฝึกไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล ซึ่งในระยะเวลาการฝึกจะมีผู้สอนให้คำแนะนำ แจ้งผลการปฏิบัติแก่ผู้เรียนตลอดเวลาในแต่ละหน่วยการฝึก เพื่อให้สามารถทำการปรับปรุงการปฏิบัติงานในแต่ละหน่วยการฝึกให้ดีขึ้น ในการฝึกระบบ CBST วัสดุการฝึกที่เหมาะสมจะได้รับการจัดเตรียมไว้สำหรับผู้เรียน รวมทั้งมีการจัดเวลาให้ฝึกอย่างเพียงพอ ภายในเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถเรียนรู้ทักษะย่อยต่างๆ ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ก่อนที่จะข้ามไปฝึกชุดต่อไป วิธีการดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดความยืดหยุ่นสูง ในระบบการเรียนรู้ผู้เรียนแต่ละคนจะฝึกตามวัตถุประสงค์ หรือทักษะความสามารถที่กำหนด ให้มีความเชี่ยวชาญและทักษะการปฏิบัติ โดยจะทำให้คล้ายกับสถานการณ์จริงในการปฏิบัติ เมื่อผู้เรียนปฏิบัติได้ตามวัตถุประสงค์แล้วจึงสามารถผ่านไปยังวัตถุประสงค์ต่อไปได้ ซึ่งการฝึกเน้นให้ผู้เรียนแต่ละคนฝึกความสามารถหรือทักษะให้ได้ตามมาตรฐานตามที่กำหนด และไม่มีกรอบของเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด ไม่จำกัดความแตกต่างของความสามารถของผู้เรียน เพื่อให้เกิดทักษะความชำนาญ และลงมือปฏิบัติได้จริง (กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน. 2543 : 4-10 )

คอมพิวเตอร์เป็นสื่อที่สามารถตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียนได้ และสามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่ต้องการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ เนื้อหาบทเรียนย้อนกลับได้ มีการสอนอย่างเป็นขั้นเป็นตอน และมีการเสริมแรงให้ผู้เรียนในหลายรูปแบบ มีสีสัน มีเสียงและภาพเคลื่อนไหวสวยงามน่าสนใจ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียน สามารถทบทวนได้ตลอดเวลา ทำให้เกิดความชำนาญในทักษะที่ต้องการศึกษาหรือพัฒนาให้ดีขึ้น บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ สามารถใช้สอนได้ทุกเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติได้เป็นอย่างดี ในเนื้อหาเรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีความเหมาะสมที่จะสอนโดยใช้บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ทำให้สามารถฝึกหัดตามลำดับขั้นตอน และผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาทักษะการปฏิบัติ อันจะนำความรู้ไปปฏิบัติได้จริง

ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญที่จะนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการเรียนการสอน และมีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ หรือเรียกว่า CBST (Competency Based Skill Training) เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านปฏิบัติ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้ และทักษะ เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะปฏิบัติในเนื้อหาจนเกิดความเชี่ยวชาญ อันจะนำความรู้ไปปฏิบัติได้จริง และทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในระดับดี ( $\bar{x} \geq 3.5$ ) ขึ้นไป

1.3.2 บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยร้อยละ 80 ของนักเรียน สามารถฝึกทักษะผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยทุกหน่วย คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.3.3 สมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะสูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติ

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่องบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดมาจากขั้นตอนการออกแบบระบบการสอนวิชาชีพ (กรมการพัฒนาฝีมือแรงงาน.2543: 57-59) โดยมีขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) เรียนรู้ (Know)
- 2) แสดง (Show)
- 3) ปฏิบัติจริง (Do)
- 4) ทบทวน (Review)
- 5) ผ่าน (Pass Through)

## 1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

### 1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 4 กลุ่ม รวม 80 คน

### 1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 40 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก โดยใช้กลุ่มการเรียนเป็นหน่วยการสุ่มจากประชากรทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียนๆ ละ 20 คน รวม 40 คน หลังจากนั้นทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลากอีกครั้ง เพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน

### 1.5.3 ตัวแปรที่จะศึกษา

1) ตัวแปรต้น คือ วิธีการสอนโดยใช้บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

2) ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 คุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

2.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

2.3 สมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับนักเรียนที่เรียนจากการสอนปกติ

### 1.5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เป็นเนื้อหาในวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ไตโอด
2. ซีเนอร์ไตโอด
3. ทรานซิสเตอร์
4. เฟด
5. เอสซีอาร์

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ หมายถึง สื่อที่ใช้คอมพิวเตอร์นำเสนอข้อมูล ที่ประกอบด้วยภาพเคลื่อนไหว เสียง ขั้นตอนการฝึกปฏิบัติ และการสาธิตการปฏิบัติ ในเนื้อหาเรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) โดยให้ผู้เรียน ทำการฝึกปฏิบัติตามหน่วยการฝึกและมีวัสดุฝึกพร้อมในแต่ละหน่วยฝึกแบบฐานสมรรถนะ

1.6.2 การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น หมายถึง การใช้มัลติมิเตอร์ยี่ห้อซันวา (SANWA) รุ่น YX-361 วัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) จำนวน 5 ชนิด คือ ไตโอด, ซีเนอร์ไตโอด, ทรานซิสเตอร์, เฟด และเอสซีอาร์ เพื่อหา ขาและทดสอบว่าดีหรือเสีย

1.6.3 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) หมายถึง วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่จัดอยู่ใน หมวดวิชาชีวะสาขา ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตร วิชาชีวะ พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นวิชา 2 หน่วยกิต จำนวน 4 ชั่วโมง ซึ่งเป็นวิชาที่มีทฤษฎีและปฏิบัติอยู่ในรายวิชาเดียวกัน

1.6.4 การฝึกทักษะ หมายถึง กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน เรื่องการ ตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205)

1.6.5 สมรรถนะ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนครอบคลุมความรู้ ความเข้าใจ(Knowledge) ทักษะ(Skill) และทัศนคติ (Attitude) ที่ทำให้เกิดความสามารถในการปฏิบัติงานตามมาตรฐานที่ กำหนด ความสามารถเป็นสิ่งที่สังเกตได้โดยดูจากพฤติกรรมขณะปฏิบัติงาน" (กรมพัฒนาฝีมือ แรงงาน.2546 :12 )

1.6.6 การฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ หมายถึง รูปแบบการพัฒนาผู้เรียนที่เน้นความสามารถ เป็นรายบุคคล โดยมุ่งที่ผลงานหรือผลลัพธ์เป็นสำคัญ โดยมีรูปแบบการฝึกตามขั้นตอนของระบบการ สอนวิชาชีวะ ทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ เรียนรู้ (Know), แสดง (Show), ปฏิบัติ (Do), ทบทวน (Review) และผ่าน (Pass Through) และได้มาตรฐานของสมรรถนะ(Competency Standard) ที่กำหนดไว้ โดยใช้เกณฑ์ความสามารถ (Performance Criteria) ในการวัดผลงานหรือการปฏิบัติงาน และ สอดคล้องตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Performance Standard) นั้นๆ

1.6.7 แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบสำหรับใช้ทดสอบความสามารถ ของผู้เรียน ภายหลังจากการเรียนบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ประกอบด้วยแบบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ

1.6.8 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบวัดความรู้ภาคทฤษฎีที่ใช้ในการวัดความรู้ ของผู้เรียน

1.6.9 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205)

1.6.10 แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ หมายถึง แบบวัดการฝึกปฏิบัติของผู้เข้ารับการฝึก เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205)

1.6.11 ความสามารถในการฝึกปฏิบัติ หมายถึงคะแนนที่ได้จากการประเมินวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ หลังจากที่ยุทธศาสตร์เรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205)

1.6.12 ประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 20 และคะแนนจากแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติร้อยละ 80 คิดเป็นอัตราส่วน 20:80 เมื่อรวมคะแนนทั้ง 2 ตอน แล้วร้อยละ 80 ของผู้เรียนสามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

1.6.13 เกณฑ์ที่กำหนด หมายถึง ผลคะแนนที่ได้จากการวัดสมรรถนะทางการเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ โดยผู้เรียนได้คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.6.14 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญด้านเนื้อหาวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ หรือผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญด้านการผลิตสื่อ บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

1.6.15 ผู้เรียน หมายถึง นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 ที่ลงทะเบียนรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

1.6.16 กลุ่มทดลอง หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

1.6.17 กลุ่มควบคุม หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่เรียนจากการสอนปกติ ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนกับผู้สอนที่มีการสอนแบบบรรยายพร้อมสาธิต เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 การศึกษาหลักสูตรวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 2.2 การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
- 2.3 กระบวนการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความรู้
- 2.4 หลักการออกแบบและสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ
- 2.5 การวัดผลและประเมินผลการเรียน
- 2.6 การหาคุณภาพและประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การศึกษาหลักสูตรวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 2104-2205 เป็นวิชาบังคับ ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 จำนวน 2 หน่วยกิต เรียนสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง ใช้เวลาในการเรียนทั้งหมด 18 สัปดาห์ รวม 72 ชั่วโมง มีรายละเอียดดังนี้

#### 2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความเข้าใจ โครงสร้างการทำงาน ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. เพื่อให้มีทักษะเกี่ยวกับการประกอบวงจรอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า
3. เพื่อให้มีทักษะในการใช้เครื่องมือวัดทดสอบลักษณะสมบัติ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
4. เพื่อให้มีทัศนียภาพในการทำงานช่างอิเล็กทรอนิกส์

#### 2.1.2 มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจโครงสร้าง การทำงาน และคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. วัดและทดสอบคุณสมบัติของไดโอดและทรานซิสเตอร์
3. วัดและทดสอบคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์
4. วัดและทดสอบคุณสมบัติของไอซี
5. วัดและทดสอบคุณสมบัติของทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม สารกึ่งตัวนำชนิด P ชนิด N โครงสร้างสัญลักษณ์ ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า และปฏิบัติการวัดทดสอบอุปกรณ์โซลิตสเตตต่างๆ อุปกรณ์ทริสเตอร์ เช่น ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต ไอซีออปแอมป์ ไอซีเวลา ไอซีกำเนิดสัญญาณ ไอซีรักษาแรงดัน และอุปกรณ์ทริสเตอร์ เช่น SCR TRIAC DIAC UJT PUT IGBT SCS GTO อุปกรณ์ OPTO-ELECTRONICS THERMISTER VARISTOR ARRESTER และอุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับความปลอดภัย

ตารางที่ 2.1 หน่วยการเรียนรู้วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205)

หน่วยที่	สัปดาห์ที่สอน	ชื่อหน่วย	จำนวนชั่วโมงที่สอน		
			ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	1	สารกึ่งตัวนำ	1	3	4
2	2	ไดโอด	1	3	4
3	3-4	วงจรเรียงกระแส	2	6	8
4	5	ซีเนอร์ไดโอด	1	3	4
5	6	วงจรควบคุมแรงดันให้คงที่	1	3	4
6	7-8	ทรานซิสเตอร์	2	6	8
7	9	เฟต	1	3	4
8	10	เอส ซี อาร์	1	3	4
9	11	ไดแอก และไทแรน	1	3	4
10	12	ยู เจ ที และพี ยู ที	1	3	4
11	13	ไอซีตั้งเวลา	1	3	4
12	14	ไอซีเร็กกูเลเตอร์	1	3	4
13	15	ไอซีออปแอมป์	1	3	4
14	16	เทอร์มิสเตอร์ และวาริสเตอร์	1	3	4
15	17	อุปกรณ์โฟโต้	1	3	4
16	18	ออปโตคัปเปลอร์	1	3	4
รวม			18	54	72

จากตารางที่ 2.1 ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยที่ 2 ไดโอด หน่วยที่ 4 ซีเนอร์ไดโอด หน่วยที่ 6 ทรานซิสเตอร์ หน่วยที่ 7 เฟต และหน่วยที่ 8 เอส ซี อาร์ มากำหนดเป็นเนื้อหาในบทเรียนฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

หัวข้อ	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
1. ไดโอด	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนสามารถบอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของไดโอดได้</li> <li>2. ผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงานของไดโอดเมื่อต่อวงจรไบอัสตรงและไบอัสกลับ</li> <li>3. ผู้เรียนสามารถบอกคุณสมบัติของไดโอดในสภาวะไบอัสตรงและไบอัสกลับได้</li> <li>4. ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการวัดและตรวจสอบไดโอดได้</li> <li>5. ผู้เรียนสามารถวัดหาขาและชนิดของไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>6. ผู้เรียนสามารถตรวจสอบไดโอดดีหรือเสียด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง</li> </ol>
2. ซีเนอร์ไดโอด	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนสามารถบอกโครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของซีเนอร์ไดโอดได้</li> <li>2. ผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงานของซีเนอร์ไดโอดเมื่อต่อวงจรไบอัสตรงและไบอัสกลับ</li> <li>3. ผู้เรียนสามารถบอกคุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดในสภาวะไบอัสตรงและไบอัสกลับได้</li> <li>4. ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการวัดและตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดได้</li> <li>5. ผู้เรียนสามารถวัดหาขาของซีเนอร์ไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>6. ผู้เรียนสามารถตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดดีหรือเสียด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง</li> </ol>
3. ทรานซิสเตอร์	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนสามารถบอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของทรานซิสเตอร์ได้</li> <li>2. ผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN และ PNP ได้</li> <li>3. ผู้เรียนสามารถบอกคุณสมบัติของทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ได้</li> <li>4. ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการวัดและตรวจสอบทรานซิสเตอร์ได้</li> <li>5. ผู้เรียนสามารถวัดหาขาและชนิดของทรานซิสเตอร์ด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง</li> <li>6. ผู้เรียนสามารถตรวจสอบทรานซิสเตอร์ดีหรือเสียด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง</li> </ol>
4. เฟต	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนสามารถบอกหลักการทำงานของเฟตได้</li> <li>2. ผู้เรียนสามารถบอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของเจเฟตได้</li> <li>3. ผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงานของเจเฟตได้</li> <li>4. ผู้เรียนสามารถบอกคุณสมบัติของทางไฟฟ้าของเจเฟตได้</li> <li>5. ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการวัดและตรวจสอบเจเฟตได้</li> <li>6. ผู้เรียนสามารถบอกหลักการทำงานของมอสเฟตได้</li> <li>7. ผู้เรียนสามารถบอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ ของดีมอสเฟตได้</li> <li>8. ผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงานของดีมอสเฟตได้</li> </ol>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ภายนอกโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

หัวข้อ	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. เพต	9. ผู้เรียนสามารถบอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ ของอิมอสเพตได้ 10. ผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงานของอิมอสเพตได้ 11. ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการวัดและตรวจสอบมอสเพตได้ 12. ผู้เรียนสามารถวัดหาค่าและชนิดของเพตด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง 13. ผู้เรียนสามารถตรวจสอบเพตดีหรือเสียด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
5. เอสซีอาร์	1. ผู้เรียนสามารถบอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ ของเอสซีอาร์ได้ 2. ผู้เรียนสามารถอธิบายการทำงานของเอสซีอาร์ได้ 3. ผู้เรียนสามารถบอกคุณสมบัติของทางไฟฟ้าของเอสซีอาร์ได้ 4. ผู้เรียนสามารถบอกวิธีการวัดและตรวจสอบเอสซีอาร์ได้ 5. ผู้เรียนสามารถวัดหาค่าของเอสซีอาร์ด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง 6. ผู้เรียนสามารถตรวจสอบเอสซีอาร์ดีหรือเสียด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

## 2.2 การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เป็นเนื้อหาบทเรียนที่อยู่ในวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) จำนวน 5 ชนิด คือ ไดโอด, ซีเนอร์ไดโอด, ทรานซิสเตอร์, เพต และเอสซีอาร์ ดังนี้

## 2.2.1. ไดโอด (Diode)



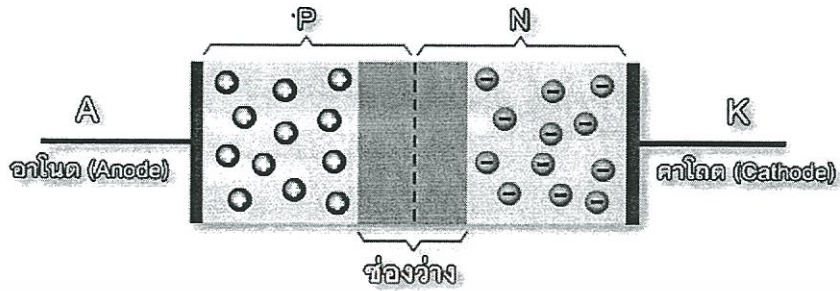
ภาพที่ 2.1 รูปร่างของไดโอด

ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจากคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำพี-เอ็น ไดโอดมีขั้ว 2 ขั้ว มีหลายขนาด เราจะพบไดโอดได้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป เช่น วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. โครงสร้าง สัญลักษณ์และชนิดของไดโอด

### 1.1 โครงสร้างของไดโอด



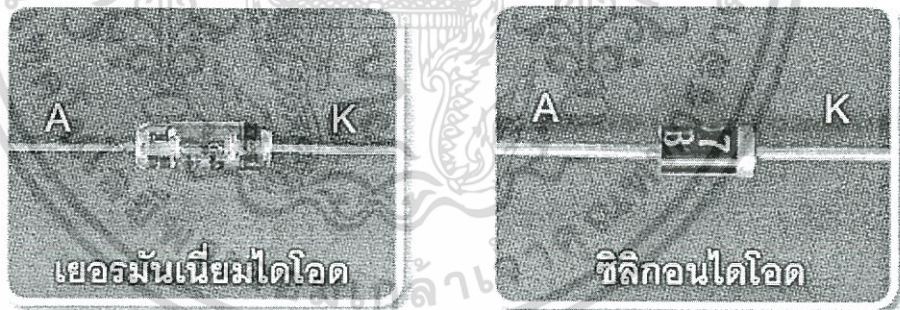
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของไดโอด

### 1.2 สัญลักษณ์ของไดโอด



ภาพที่ 2.3 สัญลักษณ์ของไดโอด

### 1.3 ชนิดของไดโอด



ภาพที่ 2.4 ชนิดของไดโอด

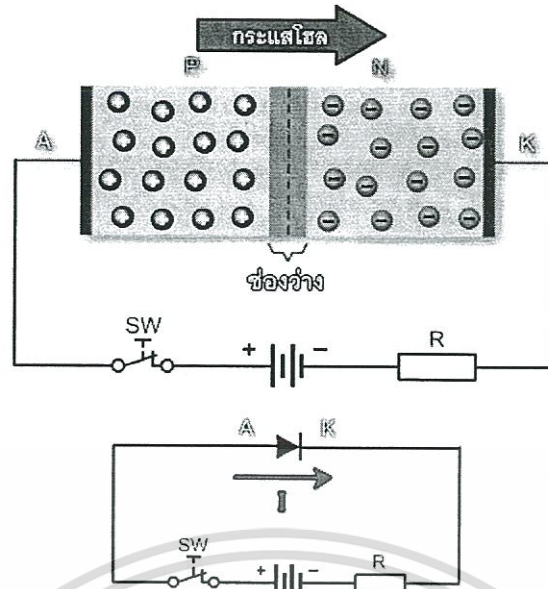
ไดโอดแบ่งตามชนิดของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ได้ 2 ชนิด คือ

1. ไดโอดที่ทำมาจากสารเยอรมันเนียม เรียกว่า เยอรมันเนียมไดโอด
2. ไดโอดที่ทำมาจากสารซิลิกอน เรียกว่า ซิลิกอนไดโอด

## 2. การทำงานของไดโอด

### 2.1 ไดโอดในวงจรไบอัสตรง

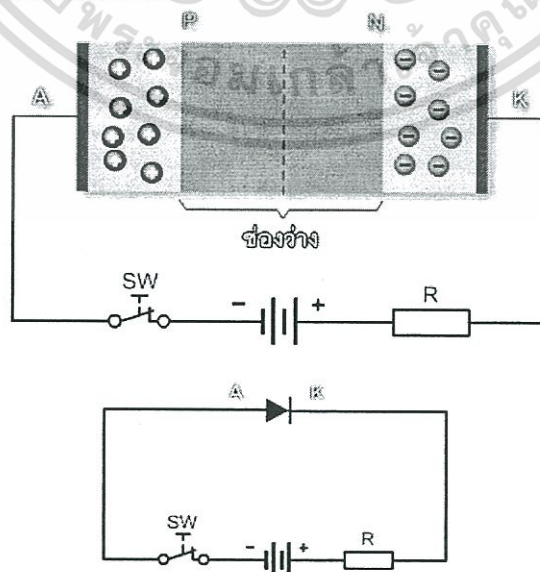
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ไดโอดในวงจรไบอัสตรง

เมื่อต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้กับอานอดและต่อศักย์ไฟฟ้าลบให้กับคาโอด ศักย์ไฟฟ้าลบจะผลักอิเล็กตรอนอิสระให้เคลื่อนที่เข้าหารอยต่อ P-N ในขณะที่เดียวกันศักย์ไฟฟ้าบวกก็ผลักโฮลให้เคลื่อนที่เข้าหารายต่อ P-N เช่นกัน ทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อแคบลง อิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปรวมตัวกับโฮลได้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเป็นหลัก จะเห็นได้ว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลจากศักย์ไฟฟ้าลบผ่านไดโอดไปยังศักย์ไฟฟ้าบวก ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของโฮลเป็นหลัก กระแสไฟฟ้าในวงจรจะไหลจากศักย์ไฟฟ้าบวกไปยังศักย์ไฟฟ้าลบ ซึ่งจะสอดคล้องกับทิศทางของหัวลูกศรในสัญลักษณ์ ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการทำความเข้าใจการทำงานของไดโอด ในบทเรียนต่อไปนี้จะอธิบายโดยใช้กระแสไหลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2.2 ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ



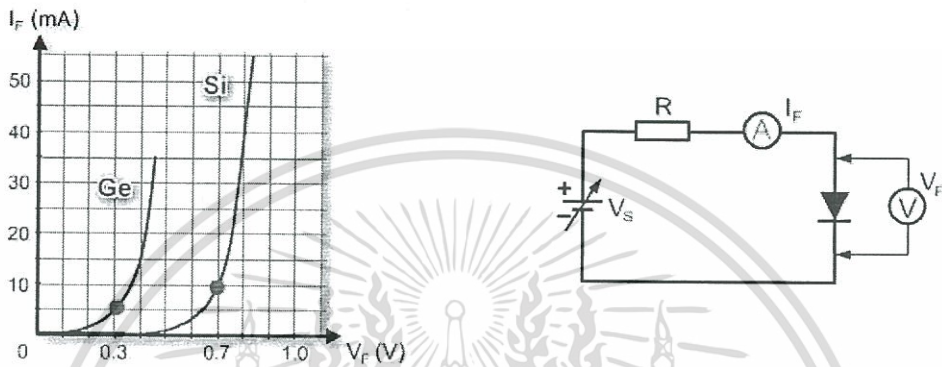
ภาพที่ 2.6 ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้กับคาโอด และต่อศักย์ไฟฟ้าลบให้กับแอนอด อิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่ไปหาศักย์ไฟฟ้าบวก โฮลจะเคลื่อนที่เข้าหาศักย์ไฟฟ้าลบ ทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อ P-N กว้างขึ้น อิเล็กตรอนอิสระและโฮล จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไม่ได้ ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ไดโอด

### 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด

#### 3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสตรง

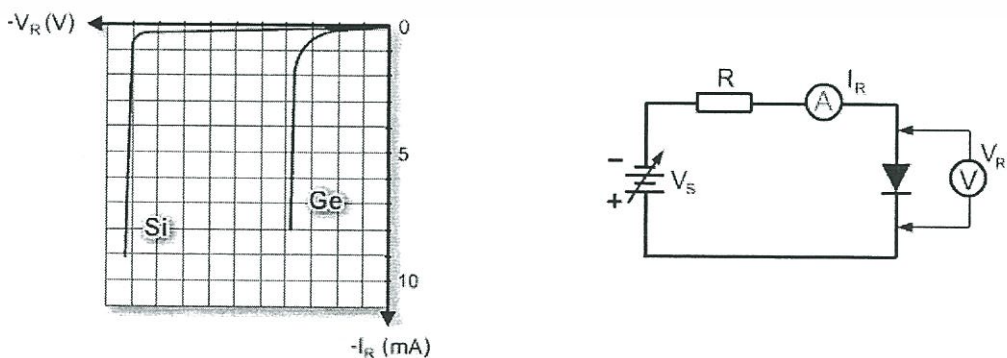


ภาพที่ 2.7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสตรง

จากวงจรไบอัสตรง ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ  $V_S$  จะทำให้แรงดันฟอร์เวิร์ดที่ตกคร่อมไดโอด และกระแสฟอร์เวิร์ดที่ไหลผ่านไดโอดเปลี่ยนแปลงสรุปได้ดังนี้

1. เยอรมันเนียมไดโอดนำกระแสเมื่อมีแรงดันตกคร่อมมีค่าประมาณ 0.3 โวลต์
2. ซิลิกอนไดโอดนำกระแสเมื่อมีแรงดันตกคร่อมมีค่าประมาณ 0.7 โวลต์
3. เมื่อไดโอดนำกระแส แรงดันตกคร่อมไดโอดจะคงที่แต่กระแสฟอร์เวิร์ดจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเมื่อนำไดโอดไปใช้งาน จึงจำเป็นต้องมีความต้านทานหรือภาระต่ออนุกรมในวงจรไว้ด้วยเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิเกินพิกัดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ จนเป็นเหตุให้ไดโอดเสียหาย

#### 3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสกลับ



ภาพที่ 2.8 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรไบอัสกลับ ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ Vs จะทำให้แรงดันรีเวิร์สที่ตกคร่อมไดโอด และกระแสรีเวิร์สที่ไหลผ่านไดโอดเปลี่ยนแปลงสรุปได้ดังนี้

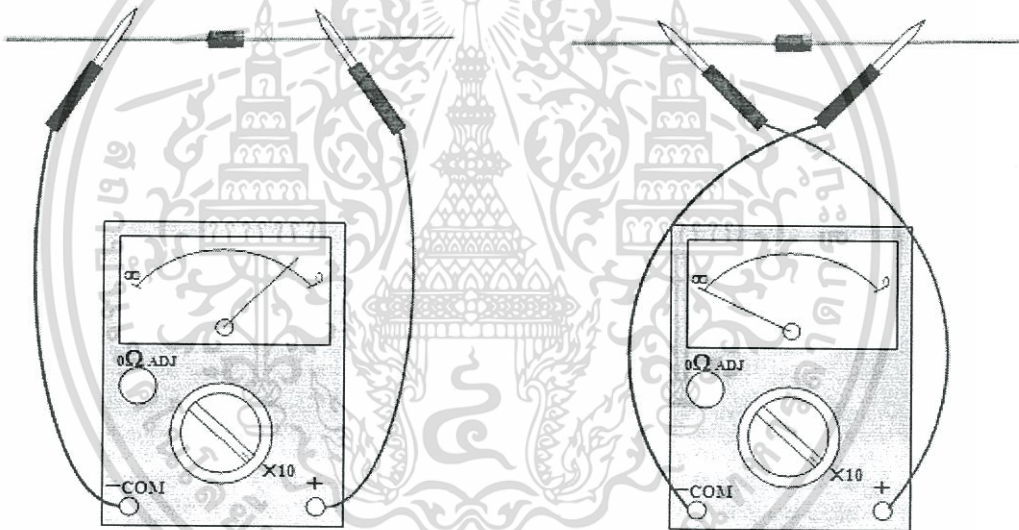
1. ขณะที่แรงดันรีเวิร์สตกคร่อมไดโอดสูงขึ้น จะมีกระแสรั่วไหลจำนวนหนึ่งไหลจากคาโอดไปยังแอนด ซึ่งมิต้านน้อยมากเป็นไมโครแอมแปร์

2. เมื่อแรงดันรีเวิร์สตกคร่อมไดโอดสูงถึงค่าหนึ่งๆ จะมีกระแสรีเวิร์สสูงมากไหลผ่านไดโอดได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ไดโอดเสียหาย แรงดันรีเวิร์สที่จุดนี้เรียกว่าแรงดันเบรกดาวน์

#### 4. วิธีตรวจสอบไดโอด

##### 4.1 การวัดหาขาของไดโอด

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. นำสายวัด วัดคร่อมขาไดโอดทั้ง 2 ข้าง ให้วัด 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 2 ให้สลับสายวัด



ภาพที่ 2.9 การวัดหาขาของไดโอด

ผลการวัด

- วัดแล้วเข็มขึ้น แสดงว่าสายสีดำเป็นขา A และสายสีแดงเป็นขา K และจะอ่านค่าความต้านทานได้ประมาณ 70  $\Omega$

##### 4.2 การหาชนิดของไดโอด

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10k
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. นำสายวัดสีดำวัดที่ขา K และสายสีแดงวัดที่ขา A

ผลการวัด

- วัดค่าความต้านทานได้ประมาณ 500 k $\Omega$  เป็นไดโอดชนิดเยอรมันเนียม

- วัดค่าความต้านทานได้อินฟินิตี้ ( $\infty$ ) เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน

#### 4.3 การตรวจสอบไดโอด

เมื่อตั้งมิเตอร์ย่านวัด X10 แล้วนำสายวัด วัดคร่อมขาไดโอดทั้ง 2 ข้าง ให้วัด 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 2 ให้สลับสายวัด แล้วให้พิจารณาผลการวัดดังนี้

- วัดแล้วเข็มขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าไดโอดดี
- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าไดโอดขาด
- วัดแล้วเข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าไดโอดช็อต
- วัดแล้วเข็มขึ้นทั้งสองครั้งไม่เท่ากัน แสดงว่าไดโอดรั่ว

#### 2.2.2 ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode)

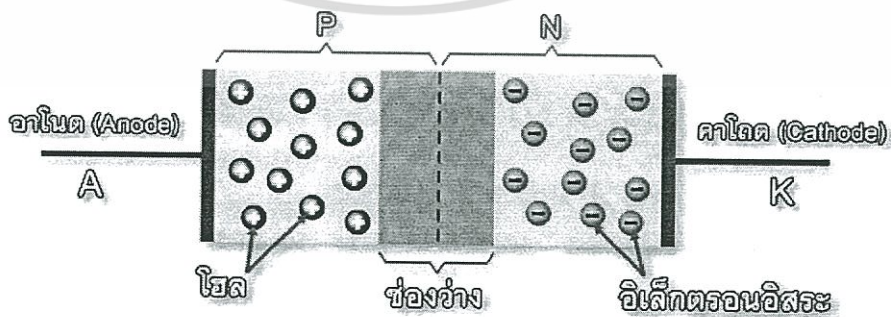


ภาพที่ 2.10 รูปร่างของซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอดเป็นไดโอดชนิดพิเศษ ที่ออกแบบให้ทำงานในสภาวะเบรกดาวน์เมื่อได้รับไบอัสกลับได้ ซึ่งในสภาวะนี้ไดโอดธรรมดาจะเสียหาย เนื่องจากกระแสที่เพิ่มขึ้นสูงเกินพิกัดและความร้อนที่เกิดขึ้น

#### 1. โครงสร้าง และสัญลักษณ์ของไดโอด

##### 1.1 โครงสร้างของซีเนอร์ไดโอด



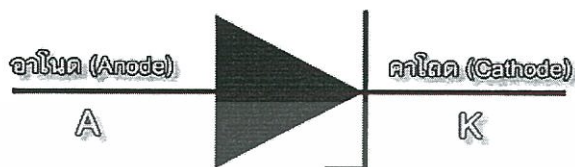
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างของซีเนอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเนอร์ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก รูปร่างคล้ายไดโอด สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น มีขา 2 ขา คือ

1. อาโนด (Anode) เป็นขาที่ต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด P
2. คาโทด (Cathode) เป็นขาที่ต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด N

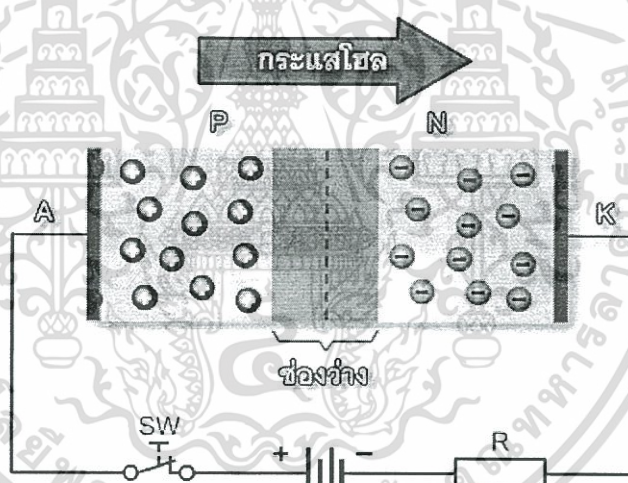
## 1.2 สัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด



ภาพที่ 2.12 สัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด

## 2. การทำงานของซีเนอร์ไดโอด

### 2.1 ซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสตรง



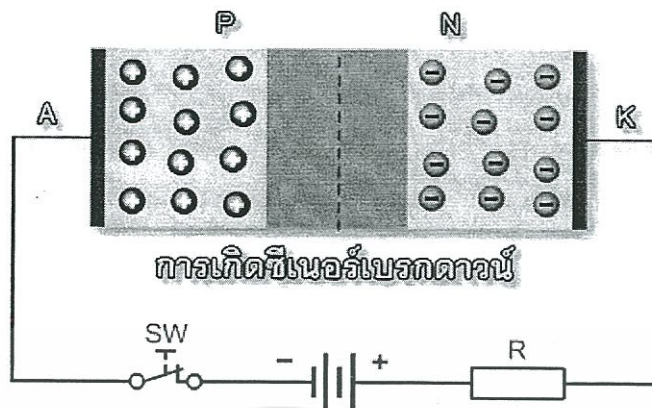
ภาพที่ 2.13 ซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสตรง

เมื่อต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้แก่ขาอาโนด และต่อศักย์ไฟฟ้าลบให้แก่ขาคาโทด ศักย์ไฟฟ้าลบจะผลักอิเล็กตรอนอิสระให้เคลื่อนที่เข้าหารอยต่อ PN ในขณะที่เดียวกันศักย์ไฟฟ้าบวกก็จะผลักโฮลให้เคลื่อนที่เข้าหารอยต่อ PN เช่นกัน ทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อแคบลง อิเล็กตรอนอิสระจึงเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลได้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด

ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเป็นหลัก จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าไหลจากศักย์ไฟฟ้าลบผ่านซีเนอร์ไดโอดไปยังศักย์ไฟฟ้าบวก

ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของโฮลเป็นหลัก กระแสไฟฟ้าในวงจรจะไหลจากศักย์ไฟฟ้าบวกไปยังศักย์ไฟฟ้าลบ ซึ่งจะสอดคล้องกับทิศทางของหัวลูกศรที่กำหนดไว้เป็นสัญลักษณ์ ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการทำความเข้าใจ การทำงานของซีเนอร์ไดโอดในบทเรียนต่อไปนี้จะอธิบายโดยใช้กระแสโฮลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

## 2.2 ซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ

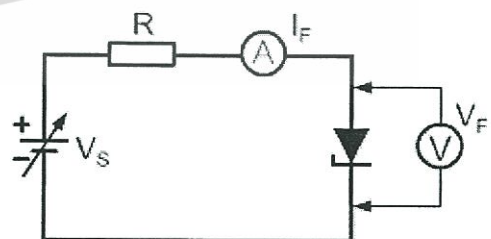
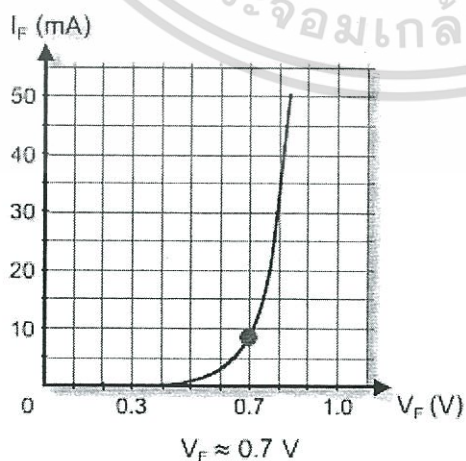


ภาพที่ 2.14 ซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ

เมื่อต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้แก่คาโทด และต่อศักย์ไฟฟ้าลบให้แก่แอนโนด อิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่เข้าหาศักย์ไฟฟ้าบวก โฮลจะเคลื่อนที่เข้าหาศักย์ไฟฟ้าลบ ทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อขยายกว้างขึ้น อิเล็กตรอนอิสระและโฮล จึงเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไม่ได้ ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด แต่เนื่องจากสารกึ่งตัวนำ PN ของซีเนอร์ไดโอด ถูกได้ไปด้วยอะตอมของสารอื่นมากกว่าไดโอด จึงทำให้มีอิเล็กตรอนอิสระและโฮลเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีผลให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อ PN ของซีเนอร์ไดโอดแคบกว่าไดโอด ดังนั้นถ้าซีเนอร์ไดโอดได้รับแรงดันรีเวิร์สเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนอิสระและโฮลจะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปได้ ทำให้เกิดการเบรกดาวน์ที่รอยต่อ PN ซึ่งซีเนอร์ไดโอด จะนำกระแสได้โดยไม่เสียหาย การเบรกดาวน์แบบนี้เรียกว่าซีเนอร์เบรกดาวน์

### 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของซีเนอร์ไดโอด

#### 3.1 คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสตรง



ภาพที่ 2.15 คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสตรง

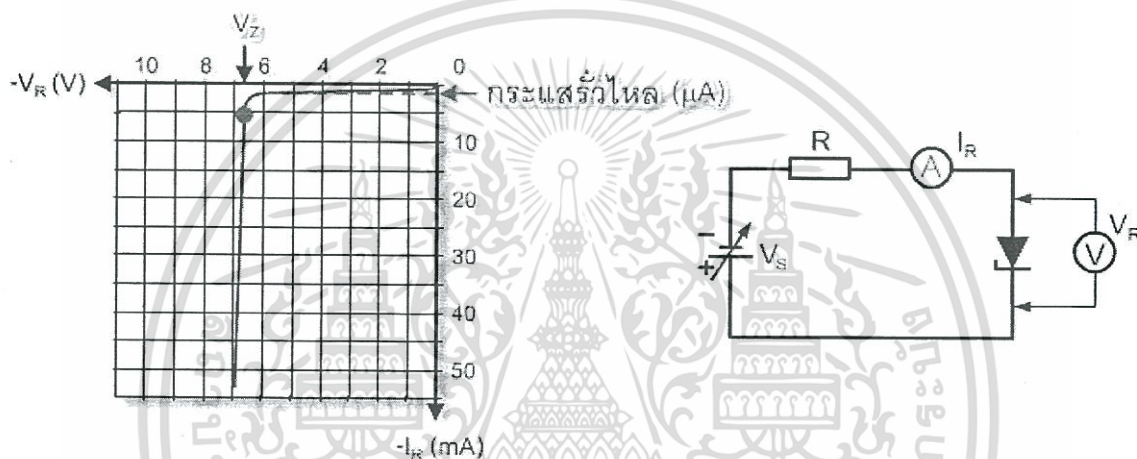
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรไบอัสตรง ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ  $V_s$  จะมีผลต่อแรงดันฟอร์เวิร์ดที่ตกคร่อมซีเนอร์ไดโอด และกระแสฟอร์เวิร์ดที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดสรุปได้ดังนี้

1.แรงดันฟอร์เวิร์ดที่ทำให้ซีเนอร์ไดโอดนำกระแส มีค่าประมาณ 0.7 V เช่นเดียวกับซิลิกอนไดโอดทั่วไป

2.เมื่อซีเนอร์ไดโอดนำกระแสแล้ว แรงดันฟอร์เวิร์ดตกคร่อมซีเนอร์ จะมีค่าประมาณคงที่ แต่กระแสที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการนำซีเนอร์ไดโอดไปใช้งานจึงจำเป็นต้องมีความต้านทานหรือภาระ ต่ออยู่ในวงจรเสมอเพื่อป้องกันซีเนอร์ไดโอดเสียหาย

### 3.2 คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ



ภาพที่ 2.16 คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ

จากวงจรไบอัสกลับ ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ  $V_s$  จะมีผลต่อแรงดันรีเวิร์สที่ตกคร่อมซีเนอร์ไดโอด และกระแสรีเวิร์สที่ไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดสรุปดังนี้

1.ขณะที่แรงดันรีเวิร์สตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดเพิ่มขึ้น จะมีกระแสรั่วไหลไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด ซึ่งมีค่าน้อยมากเป็นไมโครแอมแปร์

2.เมื่อแรงดันรีเวิร์สตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดมีค่าสูงจนถึงค่าหนึ่ง จะทำให้เกิดซีเนอร์เบรกดาวน์และมีกระแสรีเวิร์สไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดอย่างรวดเร็ว โดยไม่ทำให้ซีเนอร์ไดโอดเสียหาย แรงดันรีเวิร์สที่ทำให้ซีเนอร์ไดโอดเบรกดาวน์ เรียกว่า แรงดันซีเนอร์

3.เมื่อซีเนอร์ไดโอดเบรกดาวน์จะมีกระแสไหลสูงมาก ดังนั้นการนำซีเนอร์ไดโอดไปใช้งานจึงจำเป็นต้องมีความต้านทานหรือภาระอยู่ในวงจรเสมอเพื่อป้องกันซีเนอร์ไดโอดเสียหาย

## 4. วิธีตรวจสอบซีเนอร์ไดโอด

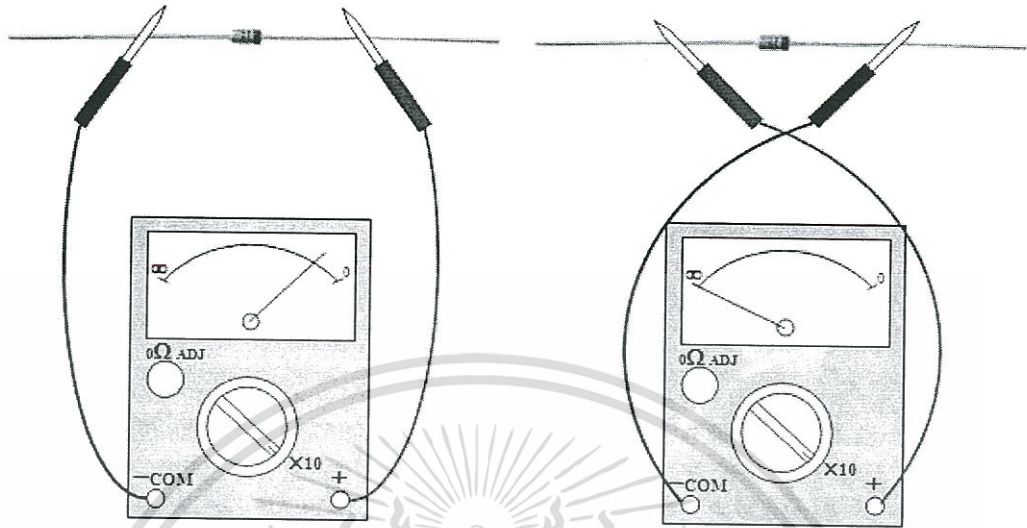
### 4.1 การวัดหาขาของซีเนอร์ไดโอด

1.ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10

2.ปรับ 0 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสายวัด วัดคร่อมขาซีเนอริไดโอดทั้ง 2 ข้าง ให้วัด 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 2 ให้สลับสายวัด



ภาพที่ 2.17 การวัดหาขาของซีเนอริไดโอด

ผลการวัด

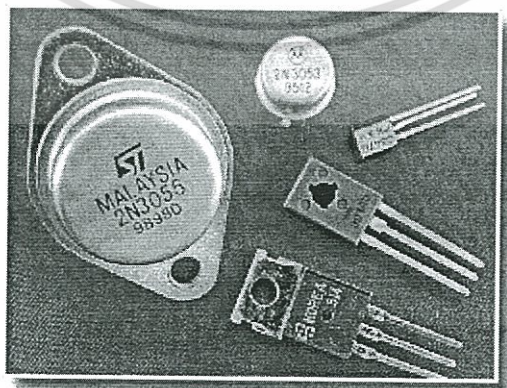
- วัดแล้วเข็มขึ้น แสดงว่าสายสีดำเป็นขา A และสายสีแดงเป็นขา K

#### 4.2 การตรวจสอบซีเนอริไดโอด

พิจารณาผลการวัดดังนี้

- วัดแล้วเข็มขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าซีเนอริไดโอดดี
- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าซีเนอริไดโอดขาด
- วัดแล้วเข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าซีเนอริไดโอดช็อต

#### 2.2.3 ทรานซิสเตอร์ (Transistor)



ภาพที่ 2.18 รูปร่างของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่มีขา 3 ขา ทำงานโดยใช้กระแสอินพุตควบคุม กระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุต

ในระบบโทรคมนาคม ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ใน วงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ความเร็วสูง ทำงานใน สภาวะเปิดและปิดด้วยความเร็วหลายสิบล้านครั้งต่อวินาที

## 1. โครงสร้าง ชนิดและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

### 1.1 โครงสร้างและชนิดของทรานซิสเตอร์

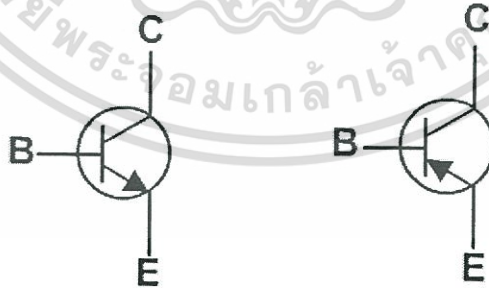


ภาพที่ 2.19 โครงสร้างและชนิดของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ ชนิด P และ N ต่อสลับกัน 3 ชั้น ทำให้ได้ ทรานซิสเตอร์ 2 ชนิด คือ ชนิด NPN และ PNP สารชั้นที่อยู่ตรงกลางและมีขนาดบาง เรียกว่า เบส สาร 2 ชั้น ที่อยู่ด้านข้างมีขนาดใหญ่กว่าเรียกว่า คอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์

ทรานซิสเตอร์ มีขา 3 ขา เรียกชื่อตามชั้นสารที่อยู่คือเบส คอลเลคเตอร์ และอิมิตเตอร์

### 1.2 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์



ภาพที่ 2.20 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

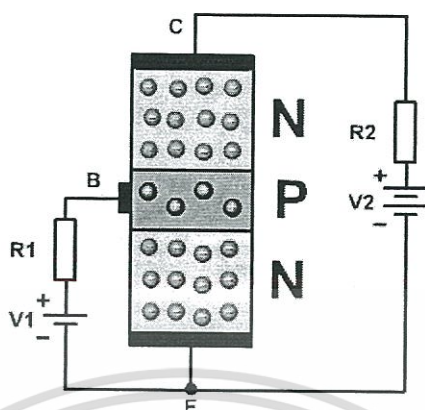
สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และชนิด PNP มีสัญลักษณ์แตกต่างกัน ที่หัวลูกศร ซึ่งมีความหมายดังนี้

1. บอกชื่อขาอิมิตเตอร์
2. บอกชนิดของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.การทำงานของทรานซิสเตอร์

### 2.1 ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

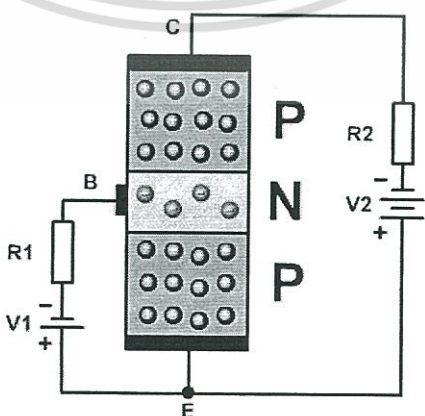


ตัวต้านทาน R1 และ R2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสในวงจร

ภาพที่ 2.21 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

เมื่อต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้กับเบสและอิมิตเตอร์ ศักย์ไฟฟ้าลบของแหล่งจ่ายไฟ V1 จะผลักอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในอิมิตเตอร์ให้เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ PN เข้าไปรวมกับโฮลในเบส และเคลื่อนที่ต่อไปยังไฟฟ้าบวกของแหล่งจ่ายไฟ แต่เนื่องจากอิมิตเตอร์ถูกโด๊ปให้มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากกว่าจำนวนโฮลที่อยู่ในเบส จึงเหลืออิเล็กตรอนอิสระจำนวนหนึ่งที่ไม่สามารถรวมตัวกับโฮลแล้วไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ PN ของเบสและคอลเลคเตอร์ไปได้ เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟ V2 เพื่อไบอัสให้กับคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์ จะเกิดสนามไฟฟ้าในชั้นสาร มีทิศทางจากคอลเลคเตอร์ไปยังอิมิตเตอร์ สนามไฟฟ้านี้จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในเบสและอิมิตเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปในคอลเลคเตอร์อย่างรวดเร็ว จะมีอิเล็กตรอนอิสระเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ยังคงเคลื่อนที่จากอิมิตเตอร์ผ่านเบสไปยังแหล่งจ่ายไฟ อิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่จากอิมิตเตอร์ไปยังคอลเลคเตอร์ จะมีค่าประมาณ 30-300 เท่าของอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ระหว่างอิมิตเตอร์กับเบส

### 2.2 ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

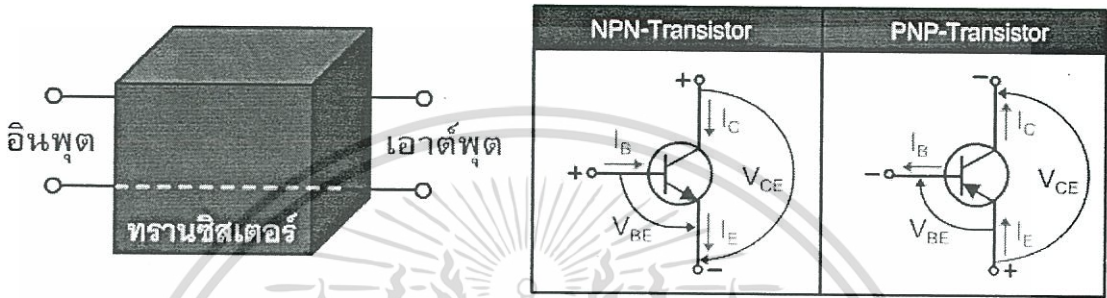


ตัวต้านทาน R1 และ R2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ ภาพที่ 2.22 การทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP นี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต่อวงจรไบอัสตรงให้กับเบสและอิมิตเตอร์ ศักย์ไฟฟ้าบวกของแหล่งจ่ายไฟ  $V_1$  จะผลักโฮลที่อยู่ในอิมิตเตอร์ให้เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ PN เข้าไปรวมกับอิเล็กตรอนอิสระในเบส และเคลื่อนที่ต่อไปยังศักย์ไฟฟ้าลบของแหล่งจ่ายไฟ แต่เนื่องจากอิมิตเตอร์ถูกโด๊ปให้มีจำนวนโฮลมากกว่าจำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในเบสจึงทำให้โฮลจำนวนหนึ่ง ไม่สามารถรวมตัวกับอิเล็กตรอนอิสระ และไม่สามารถเคลื่อนที่

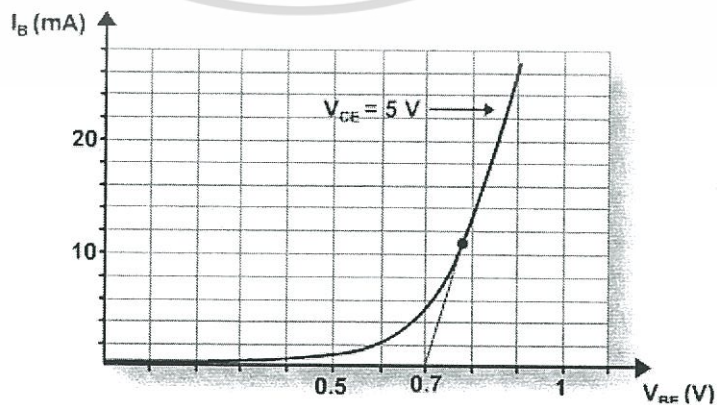
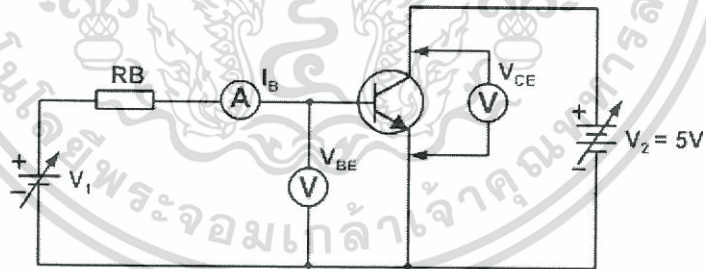
### 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์



ภาพที่ 2.23 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์

การนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งาน จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์เสียก่อน คุณสมบัติที่สำคัญของทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และ PNP คือ

#### 3.1 คุณสมบัติด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



ภาพที่ 2.24 คุณสมบัติด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

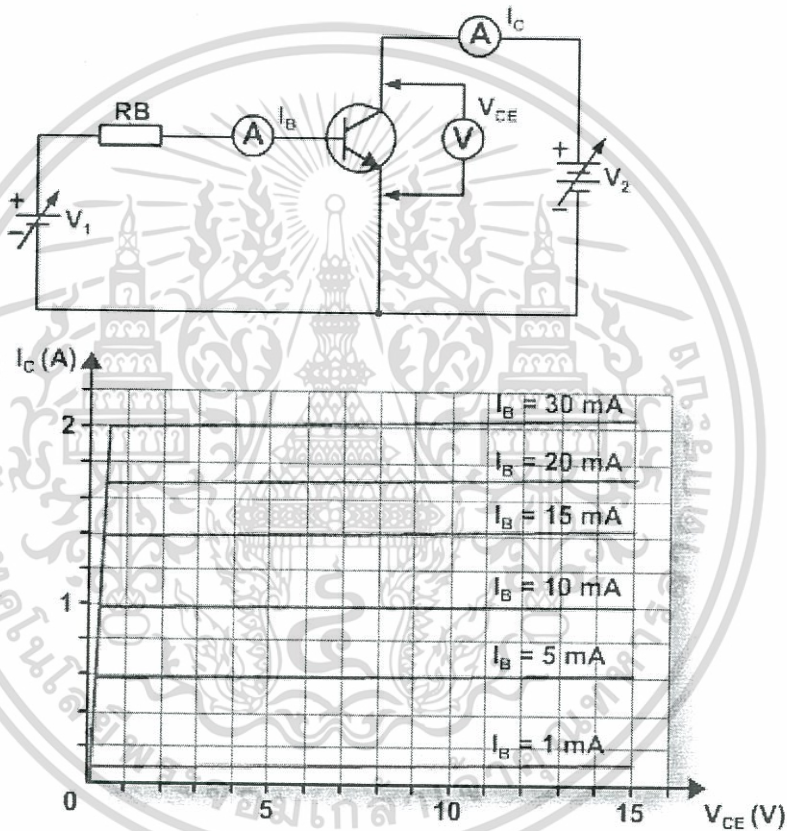
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรที่กำหนดให้ ถ้าปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ  $V_2$  ให้มีค่าคงที่เท่ากับ 5 V จากนั้นปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ  $V_1$  ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง จะทำให้แรงดันตกคร่อมเบสและอิมิตเตอร์ และกระแสเบสเปลี่ยนแปลง

สรุปได้ดังนี้

เมื่อแรงดันเบสอิมิตเตอร์ มีค่าประมาณ 0.7 โวลต์ จะมีกระแสเบสไหล เนื่องจากเบสอิมิตเตอร์คือรอยต่อ PN ดังนั้นเมื่อได้รับไบอัสตรง เบสอิมิตเตอร์จึงมีคุณสมบัติการนำกระแสเช่นเดียวกับไดโอด

### 3.2 คุณสมบัติด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



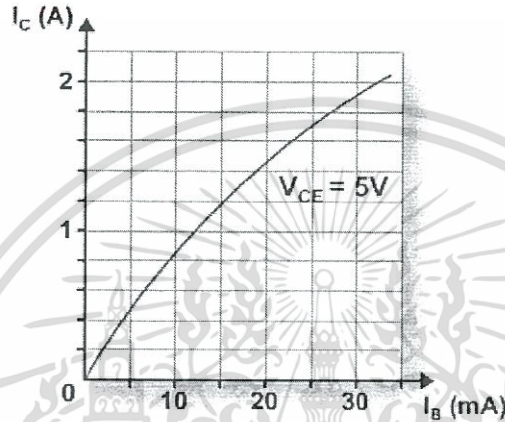
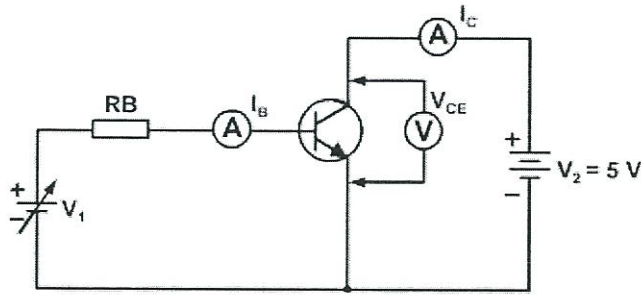
ภาพที่ 2.25 คุณสมบัติด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

จากวงจรที่กำหนดให้ ถ้าปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ  $V_2$  ให้มีค่าคงที่เท่ากับ 5 V และปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ  $V_1$  ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง จะทำให้กระแสเบสและกระแสคอลเลคเตอร์เปลี่ยนแปลง

สรุปได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงของกระแสเบสเพียงเล็กน้อย จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสคอลเลคเตอร์เป็นจำนวนมาก

3.3 คุณสมบัติด้านกระแสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



ภาพที่ 2.26 คุณสมบัติด้านกระแสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

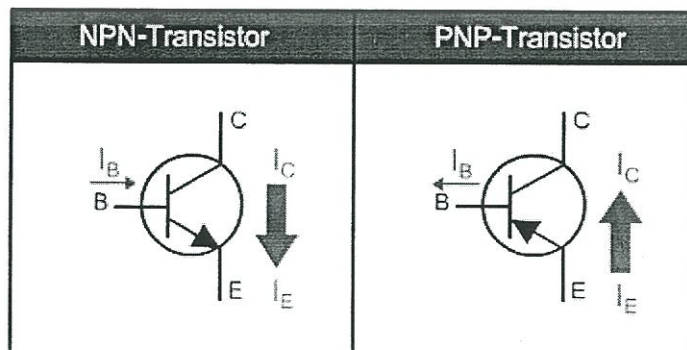
จากวงจรที่กำหนดให้ ถ้าปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ  $V_2$  ให้มีค่าคงที่เท่ากับ 5 V และปรับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ  $V_1$  ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง จะทำให้กระแสเบสและกระแสคอลเลคเตอร์เปลี่ยนแปลง

สรุปได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงของกระแสเบสเพียงเล็กน้อย จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสคอลเลคเตอร์เป็นจำนวนมาก

3.4 ความสัมพันธ์ด้านกระแสของทรานซิสเตอร์

ความสัมพันธ์ระหว่าง  $I_E$ ,  $I_B$  และ  $I_C$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ภาพที่ 2.27 ความสัมพันธ์ด้านกระแสของทรานซิสเตอร์ ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

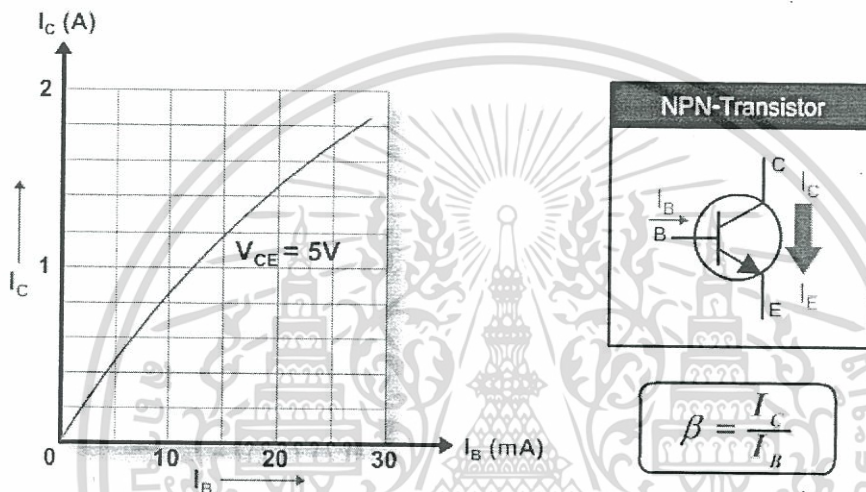
กฎของเคอร์ชอฟฟ์ กล่าวว่า กระแสที่ไหลออกจากอุปกรณ จะเท่ากับกระแสที่ไหลเข้าอุปกรณ ดังนั้นถ้าพิจารณากระแสที่ไหลในทรานซิสเตอร์ จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของกระแสเบส คอลเลคเตอร์ และอิมิตเตอร์ ได้ดังนี้

$$I_E = I_C + I_B$$

โดยปกติแล้วกระแสเบสจะมีค่าน้อยกว่ากระแสอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์อยู่มาก จึงไม่ต้องนำมาคิด จึงเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้ คือ

$$I_E \cong I_C$$

### 3.5 อัตราการขยายกระแสไฟตรงของทรานซิสเตอร์ หรือ DC Beta



กราฟแสดงความสัมพันธ์  $I_C = f(I_B)$  \* คู่มือผู้ผลิตจะใช้อักษรย่อว่า  $h_{FE}$  แทนอักษร  $\beta$

ภาพที่ 2.28 อัตราการขยายกระแสไฟตรงของทรานซิสเตอร์ หรือ DC Beta

อัตราขยายกระแสไฟตรงของทรานซิสเตอร์ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์  $\beta$  ค่า  $\beta$  เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสคอลเลคเตอร์และกระแสเบส เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$\beta$  เป็นอัตราส่วนของกระแส จึงไม่มีหน่วยวัด ปกติค่า  $\beta$  ของทรานซิสเตอร์ จะมีค่าสูงถึง 300 หมายความว่าเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานจะมีกระแสคอลเลคเตอร์ไหลมากกว่ากระแสเบส 300 เท่า

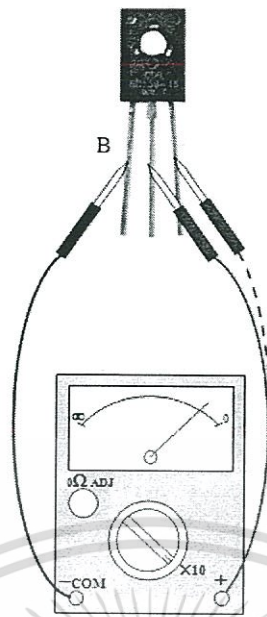
## 4. วิธีตรวจสอบทรานซิสเตอร์

### 4.1 การวัดหาค่าและชนิดของทรานซิสเตอร์

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10
2. ปรับ 0 โอห์ม

3. นำสายวัดข้างใดก็ได้ จับที่ขาข้างใดข้างหนึ่งไว้ แล้วนำสายอีกข้างไปวัด 2 ขาที่ว่างอยู่

เอกสารโดยวัดทีละขาที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

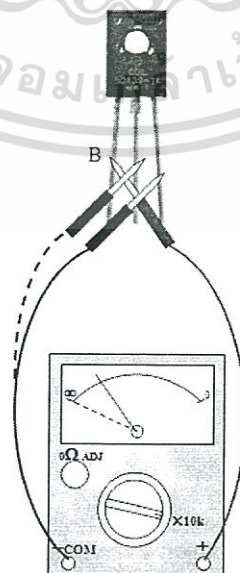


ภาพที่ 2.29 การวัดหาขา B และชนิดของทรานซิสเตอร์

ผลการวัด

- หากวัดแล้ว เข็มขึ้นเท่าๆ กันทั้ง 2 ขา แสดงว่าขาที่สายมิเตอร์จับนิ่งไว้คือ ขา B  
 - การวัดในกรณีนี้ นอกจากเราจะได้ขา B แล้ว เราจะได้ทราบอีกว่าทรานซิสเตอร์ตัวนี้เป็นชนิดใด โดยให้สังเกตสายที่จับขา B เป็นสายสีแดง จะเป็นชนิด PNP ถ้าเป็นสายสีดำ จะเป็นชนิด NPN

4. ให้เปลี่ยนย่านวัดมัลติมิเตอร์มาที่ X10k
5. ปรับ 0 โอห์ม
6. เปลี่ยนสายอีกข้างหนึ่งมาจับไว้ที่ขา B นำสายอีกข้างมาวัด 2 ขาที่เหลือ วัดขาใดแล้วเข็มขึ้น คือ ขา E ขาที่วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น คือ ขา C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 2.30 การวัดหา C และ E ของทรานซิสเตอร์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 การตรวจสอบทรานซิสเตอร์

การตรวจสอบทรานซิสเตอร์ดีหรือเสีย มีขั้นตอนดังนี้

1. ให้เปลี่ยนย่านวัดมัลติมิเตอร์มาที่ X10
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. วัดระหว่าง B-E และ B-C แล้วสลับสาย

ผลการวัด

- วัดแล้วเข็มขึ้น สลับสายวัดแล้วเข็มไม่ขึ้น แสดงว่าดี
- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น สลับสายวัดแล้วเข็มก็ไม่ขึ้น แสดงว่าขาด
- วัดแล้วเข็มขึ้นสุดสเกล สลับสายวัดแล้วก็ขึ้นสุดสเกล แสดงว่าชอร์ต
- วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน แสดงว่ารั่ว

4. ตั้งมัลติมิเตอร์ย่าน X10k

5. ปรับ 0 โอห์ม

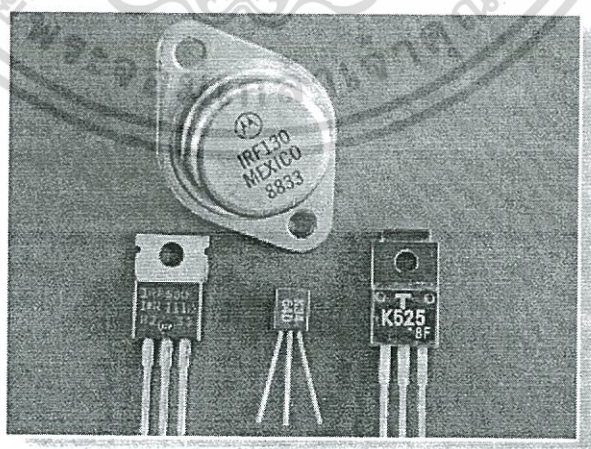
6. วัดระหว่างขา C-E แล้วสลับสาย

ผลการวัด

- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น สลับสายวัดก็ไม่ขึ้นหรือขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงว่าดี
- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น สลับสายแล้วเข็มก็ไม่ขึ้น แสดงว่าขาด
- วัดแล้วเข็มขึ้นสุดสเกล สลับสายวัดแล้วก็ขึ้นสุดสเกล แสดงว่าชอร์ต
- วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน แสดงว่ารั่ว

#### 2.2.4 เฟต (FET)

เฟตเป็นอุปกรณ์ที่มีการนำไปใช้ในลักษณะเดียวกับทรานซิสเตอร์ แต่ใช้พลังงานน้อยกว่าเฟตทำงานด้วยการใช้แรงดันอินพุตควบคุมกระแสเอาต์พุต ซึ่งแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ ที่ใช้กระแสอินพุตควบคุมกระแสเอาต์พุต



ภาพที่ 2.31 รูปร่างของเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

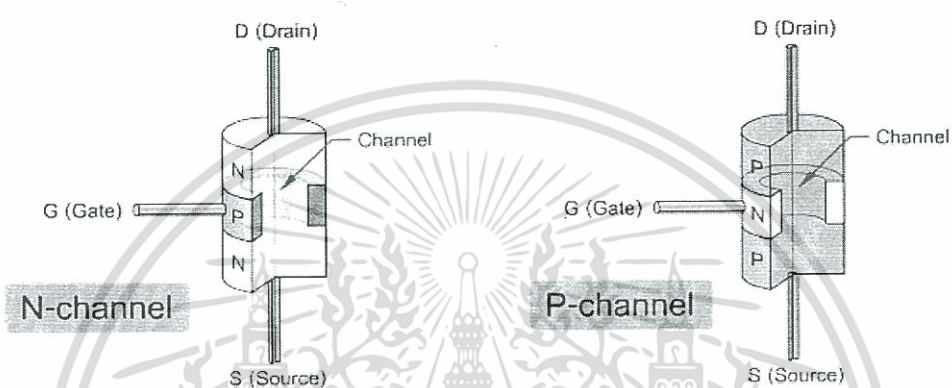
เฟตเป็นชื่อที่ย่อมาจากคำว่า ฟิวด์ เอฟเฟค ทรานซิสเตอร์ (Field Effect Transistor) เฟต แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เจเฟต (JFET : Junction Field Effect Transistor)
2. มอสเฟต (MOSFET : Metal Oxide Semiconductor FET)

1)เจเฟต (JFET)

1.โครงสร้าง ชนิดและสัญลักษณ์ของเจเฟต

1.1 โครงสร้างของเจเฟต



ภาพที่ 2.32 โครงสร้างของเจเฟต

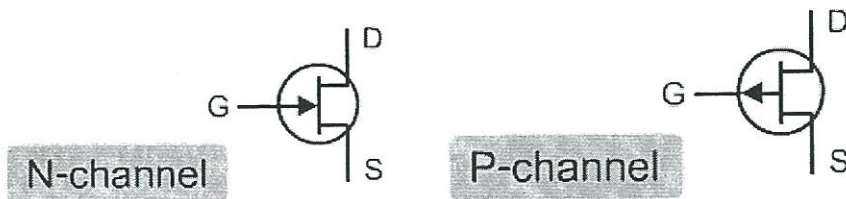
เจเฟตประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชั้น คือ สารชนิด P และ N เจเฟตมีขา 3 ขา เช่นเดียวกับ ทรานซิสเตอร์ แต่มีชื่อเรียกต่างออกไป คือ ซอร์ส(Source) ,เดรน(Drain) และเกต(Gate) ซอร์สเทียบ ได้กับอิมิตเตอร์ เดรนเทียบได้กับคอลเลคเตอร์ และเกตเทียบได้กับเบสของทรานซิสเตอร์ สารกึ่ง ตัวนำที่เชื่อมระหว่างเดรนและซอร์ส เรียกว่า แชนแนล

1.2 ชนิดของเจเฟต

เจเฟต แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามวัสดุที่ใช้ทำแชนแนล ดังนี้

- 1.เจเฟต ชนิด N แชนแนล มีแชนแนลที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด N
- 2.เจเฟต ชนิด P แชนแนล มีแชนแนลที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด P

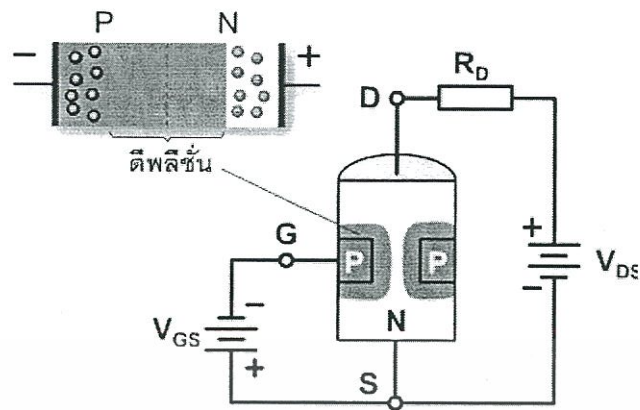
1.3 สัญลักษณ์ของเจเฟต



ภาพที่ 2.33 สัญลักษณ์ของเจเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

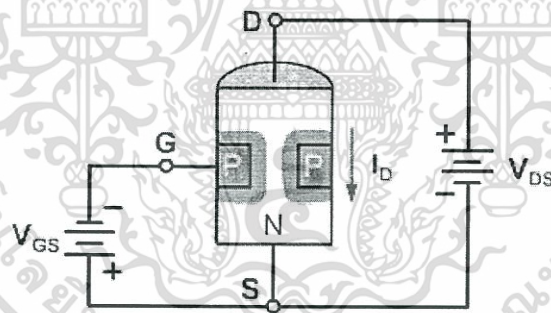
## 2. การทำงานของเจเฟต



ภาพที่ 2.34 การทำงานของเจเฟต

เจเฟต จะทำงานเมื่อเกตได้รับไบอัสกลับ แรงดันรีเวิร์สจะทำให้เกิดดีพลีชันหรือช่องว่างบริเวณรอบต่อ PN ซึ่งขนาดของดีพลีชันจะควบคุมความกว้างของดีพลีชันแซนแนล การทำงานลักษณะนี้เรียกว่า การทำงานแบบดีพลีชันโหมด

## 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเจเฟต



ภาพที่ 2.35 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเจเฟต

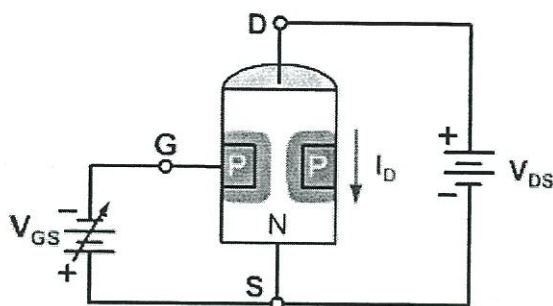
เมื่อต่อศักย์ไฟฟ้าให้กับเดรนกับซอร์ส จะมีกระแสเดรนไหลจากเดรนไปยังซอร์ส กระแสนี้จะไหลผ่านเต็มพื้นที่หน้าตัดของแซนแนล ซึ่งจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าแรงดันรีเวิร์สที่เกตและแรงดันเดรนซอร์ส

วิธีควบคุมกระแสเดรน กระแสเดรนจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การควบคุมความกว้างของแซนแนล ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ

1. การปรับแรงดันไบอัสกลับที่เกต ( $V_{GS}$ )
2. การปรับแรงดันเดรน-ซอร์ส ( $V_{DS}$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. การปรับแรงดันไบอัสกลับที่เกต ( $V_{GS}$ )



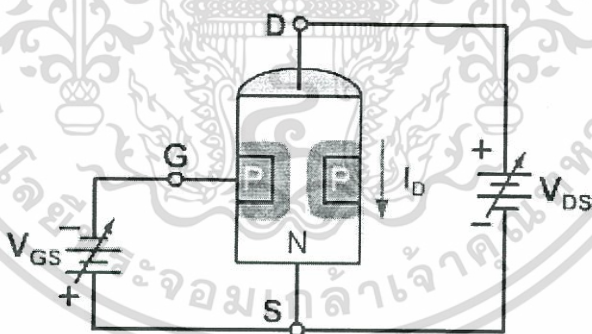
ภาพที่ 2.36 การปรับแรงดันไบอัสกลับที่เกต ( $V_{GS}$ )

วิธีการคือเปลี่ยนแปลงค่าไบอัสกลับที่เกต โดยกำหนดให้แรงดันเดรน-ซอร์สมีค่าคงที่สรุปได้ดังนี้

แรงดันไบอัสกลับที่เกต จะทำให้เกิดชั้นดีพลีชันที่บริเวณรอยต่อเกต-ซอร์ส ขนาดของดีพลีชันจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไบอัสกลับที่เกต ซึ่งมีผลต่อกระแสเดรน ดังนี้

1. ถ้าแรงดันไบอัสกลับที่เกตเป็นลบน้อย จะทำให้ดีพลีชันแคบ กระแสเดรนจะไหลได้มาก
2. ถ้าแรงดันไบอัสกลับที่เกตเป็นลบมาก จะทำให้ดีพลีชันกว้าง กระแสเดรนจะไหลได้น้อย

### 2. การปรับแรงดันเดรน-ซอร์ส ( $V_{DS}$ )



ภาพที่ 2.37 การปรับแรงดันเดรน-ซอร์ส ( $V_{DS}$ )

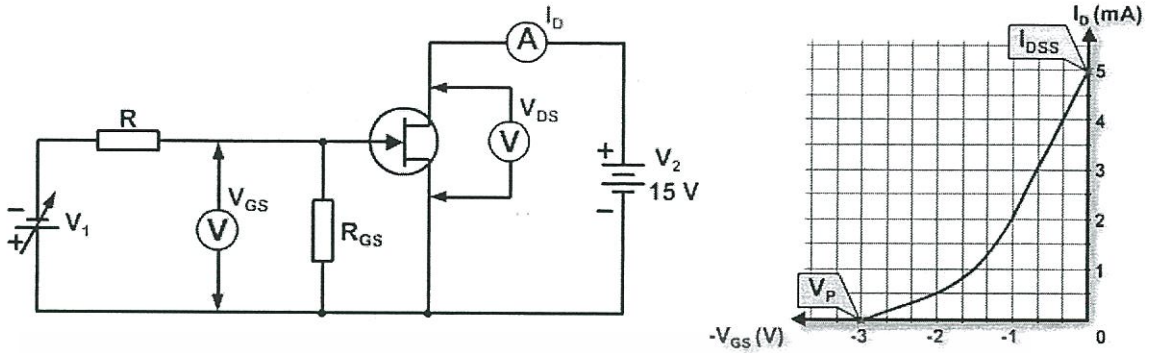
วิธีการคือเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันเดรน-ซอร์ส โดยกำหนดค่าแรงดันไบอัสกลับที่เกตมีค่าคงที่สรุปได้ดังนี้

แรงดันเดรน-ซอร์ส จะทำให้ขนาดของดีพลีชันที่บริเวณรอยต่อเกต-ซอร์ส เปลี่ยนแปลงและมีผลต่อกระแสเดรน ดังนี้

1. ถ้าแรงดันเดรน-ซอร์ส มีค่าน้อย จะทำให้ดีพลีชันแคบ กระแสเดรนจะไหลได้มาก
2. ถ้าแรงดันเดรน-ซอร์ส มีค่ามาก จะทำให้ดีพลีชันกว้าง กระแสเดรนจะไหลได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

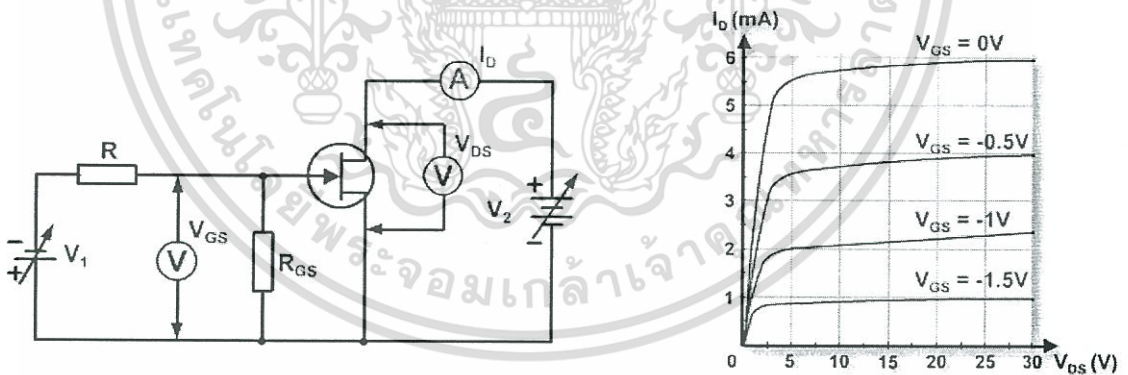
3.คุณสมบัติด้านอินพุตของเจเฟต



ภาพที่ 2.38 คุณสมบัติด้านอินพุตของเจเฟต

จากวงจรเป็นการหาคุณสมบัติด้านอินพุตของเจเฟตชนิด n-channel กำหนดให้แหล่งจ่าย  $V_2$  มีค่าคงที่เท่ากับ 15 V ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันไบอัสกลับที่เกต จะมีผลต่อกระแสเดรนสรุปได้ดังนี้

- 1.เมื่อแรงดันไบอัสกลับที่เกต มีค่าเท่ากับศูนย์ กระแสเดรนจะมีค่าสูงสุด
- 2.เมื่อแรงดันไบอัสกลับที่เกต มีค่าเท่ากับสูงขึ้น กระแสเดรนจะมีค่าลดลง
- 3.ค่าแรงดันไบอัสกลับที่เกต ที่ทำให้กระแสเดรนมีค่าเท่ากับ 0 เรียกว่า แรงดันพินช์-ออฟ หรือ  $V_p$  (pinch off Voltage,  $V_p$ )
- 4.คุณสมบัติด้านเอาต์พุตของเจเฟต



ภาพที่ 2.39 คุณสมบัติด้านเอาต์พุตของเจเฟต

จากวงจรเป็นการหาคุณสมบัติด้านเอาต์พุตของเจเฟตชนิด n-channel ที่กำหนดให้ ถ้าปรับแรงดันแรงดันไบอัสกลับที่เกตให้มีค่าคงที่ค่าหนึ่ง แล้วเปลี่ยนแปลงแรงดันเดรน-ซอร์ส จะมีผลต่อกระแสเดรน

สรุปได้ดังนี้

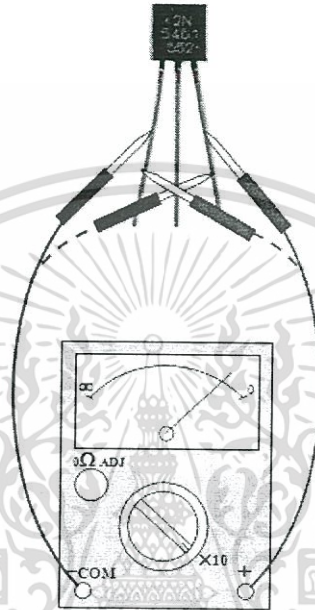
การเปลี่ยนแปลงของกระแสเดรน จะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไบอัสกลับที่เกตเป็นหลัก ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันเดรน-ซอร์ส จะมีผลต่อกระแสเดรนน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. วิธีตรวจสอบเจเฟต

##### 4.1 การวัดหามาและชนิดของเจเฟต

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. นำสายมิเตอร์ 2 สาย วัดคร่อมขาคู่ใดคู่หนึ่งของเจเฟต วัด 2 ครั้ง โดยการสลับสายปกติจะขึ้นมาก 1 ครั้ง และไม่ขึ้น 1 ครั้ง



ภาพที่ 2.40 การวัดหามาของเจเฟต

##### ผลการวัด

พบว่าขาหนึ่ง ถ้าเอาสายมิเตอร์อีกข้างหนึ่งจับไว้ แล้วเอาสายอีกข้างไปวัดขาที่เหลืออีก 2 ขา เข็มมิเตอร์จะขึ้นมากๆ พอๆ กัน ขานั้นคือขาเกต (G)

การวัดเพื่อตรวจสอบว่าเป็นแบบ n แชนแนล หรือ p แชนแนล

-ถ้าสายที่จับอยู่ที่ขาเกต เป็นสายวัดลบ (สีดำ) เจเฟตตัวนั้นเป็นแบบ n แชนแนล

-ถ้าสายที่จับอยู่ที่ขาเกต เป็นสายวัดบวก (สีแดง) เจเฟตตัวนั้นเป็นแบบ p แชนแนล

การวัดหามาเดรน (D) กับชาซอร์ส (S)

การหาขาเดรนและชาซอร์ส จะต้องหาจากคู่มือ ECG เท่านั้น

##### 4.2 การตรวจสอบเจเฟต

การตรวจสอบเจเฟตดีหรือเสีย มีขั้นตอนดังนี้

1. ให้เปลี่ยนย่านวัดมัลติมิเตอร์มาที่ X10
  2. ปรับ 0 โอห์ม
  3. วัดระหว่างขาเกตกับขาเดรน วัด 2 ครั้ง โดยการสลับสาย
- ผลการวัด เข็มมิเตอร์ จะต้องขึ้น 1 ครั้ง และไม่ขึ้น 1 ครั้ง

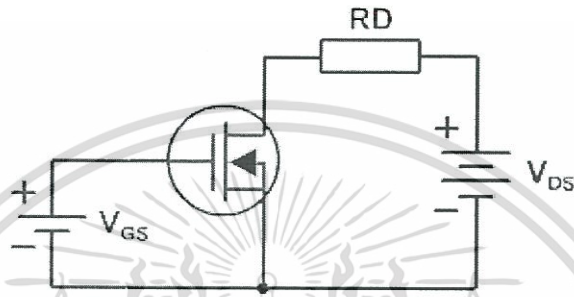
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ขออนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ขออนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ขออนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ผลการวัด เซมิเมตร จะต้องขึ้น 1 ครั้ง และไม่ขึ้น 1 ครั้ง

5. วัดระหว่างขาเดรนกับขาซอร์ส วัด 2 ครั้ง โดยการสลับสาย  
ผลการวัด

- เซมิเมตร จะต้องขึ้นมาก พอๆกัน ทั้ง 2 ครั้ง
- ถ้าวัดแล้ว เซมิขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าช็อต
- ถ้าวัดแล้ว เซมิไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าขาด

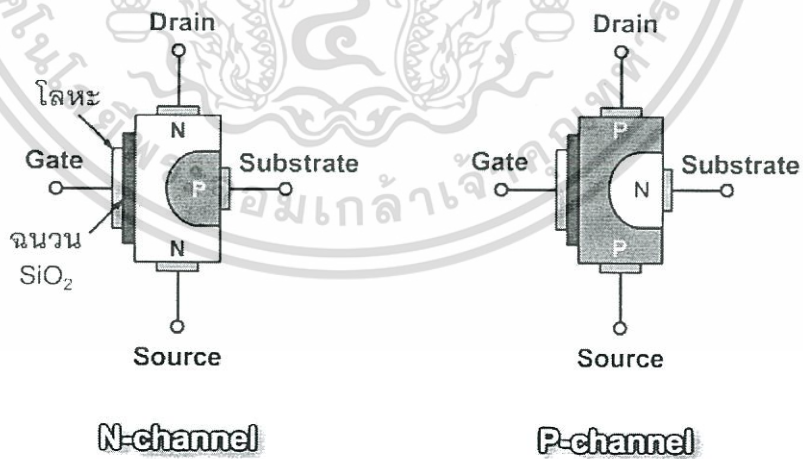
## 2) มอสเฟต



ภาพที่ 2.41 มอสเฟต

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่พัฒนามาจากเจฟเฟต เพื่อให้สามารถทำงานในสภาวะที่เกตได้รับไบอัสตรงได้ เรียกการทำงานในสภาวะนี้ว่า เอนฮานซ์เมนต์โหมด

### 2.1 โครงสร้างของมอสเฟต



ภาพที่ 2.42 โครงสร้างของมอสเฟต

เกตของมอสเฟตทำจากตัวนำโลหะ และมีฉนวนที่ทำจากซิลิกอนไดออกไซด์กั้นระหว่างเกตกับเดรนและซอร์ส จึงเป็นที่มาของคำว่า มอส ซึ่งย่อมาจากคำว่า Metal-Oxide-Semiconductor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ชนิดของมอสเฟต

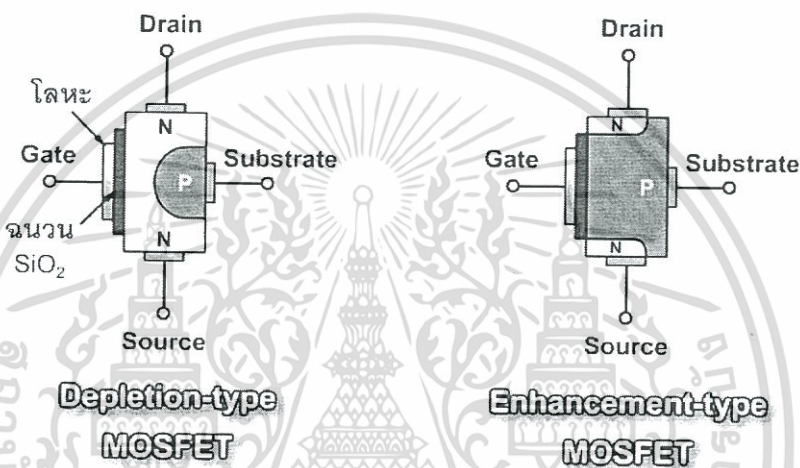
มอสเฟต มีขาเพิ่มขึ้นอีก 1 ขา มีชื่อว่า ฐานสเตรท (Substrate) ทำจากซิลิกอนที่ผ่านการโด๊ปแล้ว มอสเฟต แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามสารที่ใช้ทำฐานสเตรท ดังนี้

1. มอสเฟต ชนิด n-channel มีฐานสเตรททำมาจากสาร P

2. มอสเฟต ชนิด p-channel มีฐานสเตรททำมาจากสาร N

ขาฐานสเตรทเมื่อใช้งานจะต่อร่วมกับซอร์ส หรือใช้เป็นขาควบคุมอีกขาหนึ่งก็ได้มีมอสเฟตบางเบอร์ที่ฐานสเตรทต่อร่วมกับซอร์สอยู่ภายในแล้ว

## 2.3 ประเภทของมอสเฟต



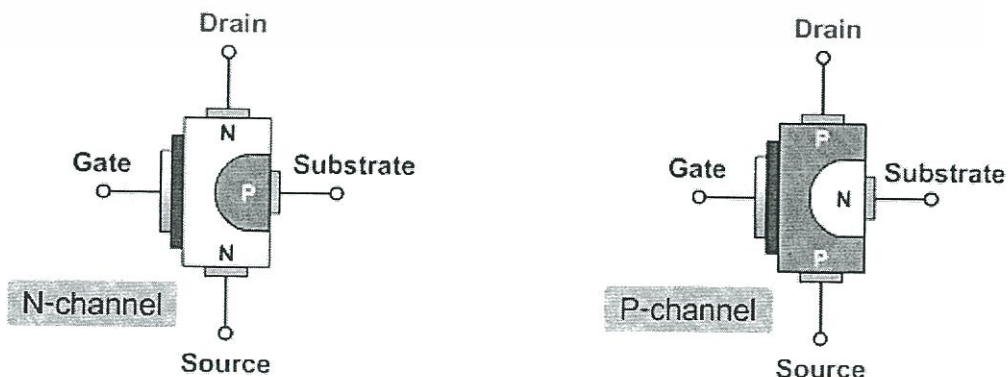
ภาพที่ 2.43 ประเภทของมอสเฟต

มอสเฟต แบ่งประเภทตามลักษณะการทำงานได้ 2 ประเภท คือ

1. ดีพลีชั่นมอสเฟต หรือ ดีมอสเฟต (D-MOSFET)
2. เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟต หรือ อีมอสเฟต (E-MOSFET)

### 2.3.1 ดีมอสเฟต

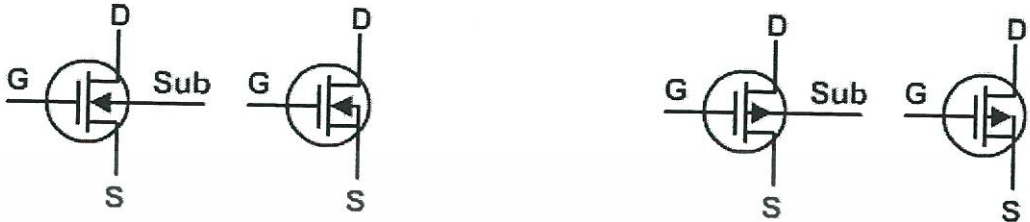
- 1) โครงสร้างของดีมอสเฟต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 2.44 โครงสร้างของดีมอสเฟต ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติมอสเฟต เป็นมอสเฟตที่สามารถทำงานได้ทั้งแบบดีพลีชันโหมดและแบบเอ็นฮานซ์โหมด

2) สัญลักษณ์ของติมอสเฟต



ภาพที่ 2.45 สัญลักษณ์ของติมอสเฟต

สัญลักษณ์ของติมอสเฟต มีจุดที่แตกต่างจากเจเฟต คือ

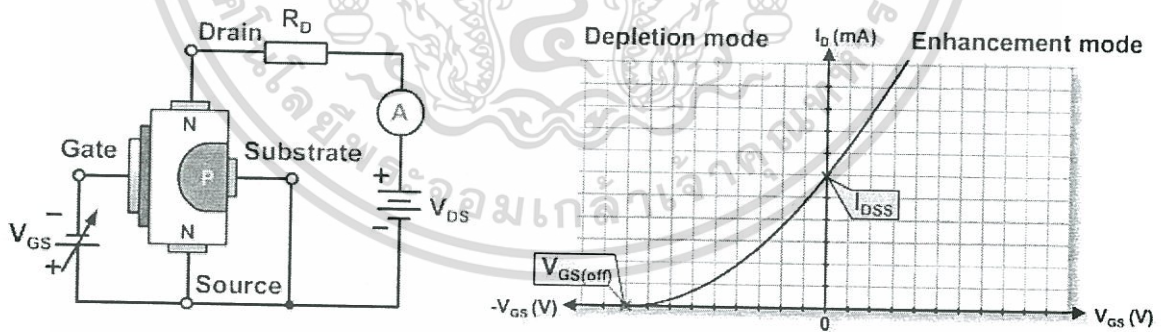
1. ขาเกต ถูกแยกมาจากขาเดรนและซอร์ส
2. ขาขั้วสเตรทอยู่ระหว่างขาเดรนกับซอร์ส มีลูกศรชี้เข้าและออก หัวลูกศรมี

ความหมายดังนี้

ลูกศรชี้เข้า หมายถึง ติมอสเฟต ชนิด n-channel

ลูกศรชี้ออก หมายถึง ติมอสเฟต ชนิด p-channel

3) การทำงานของติมอสเฟต



ภาพที่ 2.46 การทำงานของติมอสเฟต

จากวงจรหาคุนสมบัติของติมอสเฟต ชนิด n-channel กำหนดให้แหล่งจ่ายไฟ  $V_{DS}$  มีค่าคงที่ ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันเกต จะมีผลต่อกระแสเดรนสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อแรงดันเกต มีค่าเท่ากับ 0 กระแสเดรนจะมีค่าสูงสุด
2. เมื่อเกตได้รับไบอัสกลับ จะเกิดดีพลีชันบริเวณขั้วเกต เป็นผลให้ขนาดของ

แชนแนล (Channel) ลดลง ความต้านทานระหว่างเดรนกับซอร์สจะเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสเดรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงจากค่าสูงสุด ปริมาณของกระแสตรงขึ้นอยู่กับค่าแรงดันเกต การทำงานในสภาวะนี้ เรียกว่า ดีฟลิชั่นโหมด ซึ่งจะเหมือนกับการทำงานของเจเฟต

3. เมื่อเกตได้รับตรง แชนแนลจะกว้างขึ้น ความต้านทานระหว่างเดรนซอร์สจะลดลง ทำให้กระแสตรงเพิ่มขึ้นสูงกว่ากระแสสูงสุด การทำงานในสภาวะนี้เรียกว่า เอ็นฮานด์เมนต์โหมด ซึ่งเจเฟตทำงานในโหมดนี้ไม่ได้

#### 4) วิธีตรวจสอบเจเฟต

##### 4.1) การวัดหาค่าของดีมอสเฟต

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. นำสายมิเตอร์ 2 สาย วัดคร่อมขาคูใดคู่หนึ่งของดีมอสเฟต วัด 2 ครั้ง

โดยการสลับสาย



ภาพที่ 2.47 การวัดหาค่าของดีมอสเฟต

##### ผลการวัด

เมื่อทำการวัดขามอสเฟตทีละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่า มีขาอยู่ ขาหนึ่ง ถ้าเอาสายมิเตอร์อีกข้างจับนิ่งไว้ แล้วเอาสายอีกข้างไปวัดขาที่เหลืออีก 2 ขา เข็มมิเตอร์จะไม่ขึ้น ขานั้นคือขาเกต (G)

##### การวัดหาค่าเดรนกับซอร์ส

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. ก่อนที่จะลงมือวัด ให้ทำการช็อตขามอสเฟตทั้ง 3 ขา เพื่อล้าง

##### สนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำสายมิเตอร์ ไปวัดคร่อมระหว่าง 2 ขาที่เหลือ ให้วัด 2 ครั้ง โดยการสลับสาย ปกติแล้วเข็มจะขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้นหรือขึ้นน้อยๆ 1 ครั้ง

5. ให้ถือเอาครั้งที่เข็มไม่ขึ้นหรือขึ้นน้อยๆ เป็นหลัก ให้วัดนิ้วไว้อย่างนั้น แล้วใช้นิ้วมือแตะระหว่างขาเกิดกับขาที่กำลังวัดอยู่ที่ละขา

ผลการวัด

- ถ้าแตะกับขาใดแล้วเข็มขึ้น ปล่อยแล้วเข็มลง ขานั้นคือขาเดรน (D)

- ส่วนขาที่แตะแล้วเข็มไม่ขึ้น ขานั้นคือขาซอร์ส (S)

การวัดเพื่อให้ทราบว่าเป็นมอสเฟตแบบ N หรือ P

- ในขณะที่เราวัดหาขาเดรนและขาซอร์ส สายมิเตอร์ที่จับอยู่ที่ขาเดรน

ถ้าสายที่จับอยู่ที่ขาเดรน เป็นสายวัดบวก (สีแดง) มอสเฟตตัวนั้นเป็นแบบ p-

channel

ถ้าสายที่จับอยู่ที่ขาเดรน เป็นสายวัดลบ (สีดำ) มอสเฟตตัวนั้นเป็นแบบ n-

channel

4.2) การตรวจสอบดีมอสเฟต

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10

2. ปรับ 0 โอห์ม

3. ให้วัดเป็น 3 ชุดๆ ละ 2 ขา วัดระหว่าง G-S, G-D วัด 2 ครั้ง โดยสลับสาย

- ถ้าเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ชุด แสดงว่าดี

- ถ้าเข็มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือสุดสเกล จะชุดเดียวหรือ 2 ชุด แสดงว่าช้อต

และวัดระหว่าง D-S วัด 2 ครั้ง โดยสลับสาย

- ถ้าเข็มขึ้น 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าดี

- ถ้าเข็มไม่ขึ้นเลย แสดงว่าขาด

- ถ้าเข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าช้อต

2.3.2 อีมอสเฟต

1) โครงสร้างของอีมอสเฟต

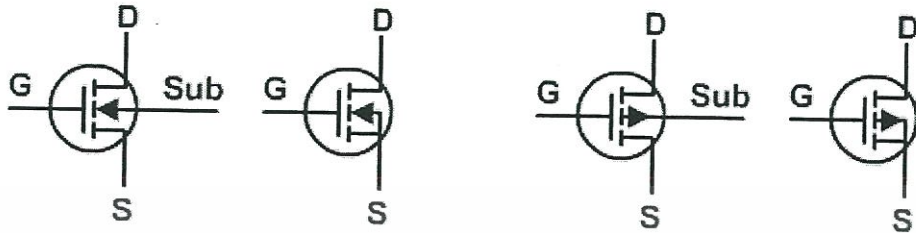


ภาพที่ 2.48 โครงสร้างของอีมอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมอสเฟต เป็นมอสเฟตที่สามารถทำงานเมื่อเกตได้รับไบอัสตรง หรือแบบเอ็นฮานด์เมนต์โหมดนั้น

2) สัญลักษณ์ของอิมอสเฟต



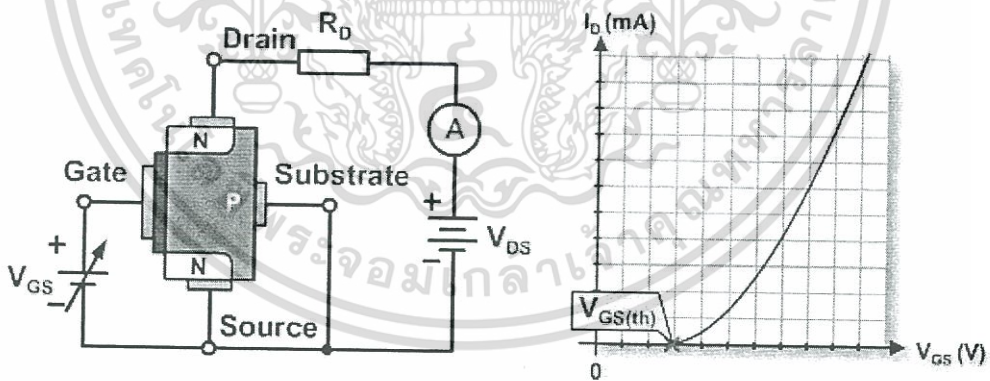
N-channel

P-channel

ภาพที่ 2.49 สัญลักษณ์ของอิมอสเฟต

สัญลักษณ์ของอิมอสเฟต มีจุดที่แตกต่างจากดีมอสเฟต คือ ขาเดรน ซอร์ส และซับสเตรท ถูกแยกออกจากกัน หัวลูกศรที่ขาซับสเตรทมีความหมายดังนี้  
 ลูกศรชี้เข้า หมายถึง อิมอสเฟต ชนิด n-channel  
 ลูกศรชี้ออก หมายถึง อิมอสเฟต ชนิด p-channel

3)การทำงานของอิมอสเฟต



ภาพที่ 2.50 การทำงานของอิมอสเฟต

จากวงจรหาคุนสมบัติของดีมอสเฟต ชนิด n-channel กำหนดให้แหล่งจ่ายไฟ  $V_{DS}$  มีค่าคงที่ ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันเกต จะมีผลต่อกระแสเดรนสรุปได้ดังนี้

- 1.เมื่อแรงดันเกต มีค่าเท่ากับ 0 จะไม่มีแขนแนลเชื่อมระหว่างเดรนกับซอร์ส ดังนั้นจึงไม่มีกระแสเดรนไหล
2. เมื่อเกตได้รับไบอัสตรง ศักย์ไฟฟ้าบวกที่เกตจะผลักโฮลที่เป็นพาหะข้างมากในสาร

เอกสาร P ให้ห่างออกไป ในขณะที่เดียวกันก็จะดึงอิเล็กตรอนอิสระซึ่งเป็นพาหะข้างน้อยให้เข้ามาอยู่ในบริเวณไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิด จึงเกิดเป็นสะพานหรือแขนแนลเชื่อมระหว่างเดรนและซอร์ส ทำให้กระแสเดรนไหลผ่านแขนแนลไปยังซอร์สได้

3. ถ้าแรงดันเกตเป็นบวกเพิ่มขึ้น จะทำให้แขนแนลกว้างขึ้น กระแสเดรนจึงไหลมาก
4. ถ้าแรงดันเกตเป็นบวกน้อยลง จะทำให้แขนแนลแคบลง กระแสเดรนจึงไหลน้อย
5. ถ้าแรงดันเกตที่ลดลง จนทำให้กระแสเดรนเท่ากับศูนย์พอดี เรียกว่า แรงดันเทรสถ

โวลต์

#### 4) วิธีตรวจสอบอิมอสเฟต

##### 4.1) การวัดขาของอิมอสเฟต

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10k
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. นำสายมิเตอร์ 2 สาย วัดคร่อมขาคูใดคู่หนึ่งของอิมอสเฟต วัด 2 ครั้ง

โดยการสลับสาย



ภาพที่ 2.51 การวัดขาของอิมอสเฟต

##### ผลการวัด

เมื่อทำการวัดขามอสเฟตที่ละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่า มีขาอยู่ 1 คู่ ที่ไม่ว่าจะวัดอย่างไรก็จะมีค่าต้านทานขึ้น ขาคูนั้นคือขา D และขา S ส่วนขาที่เหลือคือขาเกต (G) ซึ่งวัดกับขาอื่นๆ แล้วเข็มไม่ขึ้น

##### การวัดหาขาเดรนกับซอร์ส

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10k
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. ก่อนที่จะลงมือวัด ให้ทำการช็อดขามอสเฟตทั้ง 3 ขา เพื่อล้าง

เอกสารนี้แม่เหล็กที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำสายมิเตอร์ ไปวัดคร่อมระหว่าง 2 ขาที่เหลือ ให้วัด 2 ครั้ง โดยการสลับสาย ปกติแล้วเข็มจะขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้นหรือขึ้นน้อยๆ 1 ครั้ง

5. ให้ถือเอาครั้งที่เข็มไม่ขึ้นหรือขึ้นน้อยๆ เป็นหลัก ให้วัดนิ้วไว้อย่างนั้น แล้วใช้นิ้วมือแตะระหว่างขาเกิดกับขาที่กำลังวัดอยู่ที่ละขา

ผลการวัด

- ถ้าแตะกับขาใดแล้วเข็มขึ้น ปล่อยแล้วเข็มลง ขานั้นคือขาเดรน (D)
- ส่วนขาที่แตะแล้วเข็มไม่ขึ้น ขานั้นคือขาซอร์ส (S)

การวัดเพื่อให้ทราบว่าเป็นมอสเฟตแบบ N หรือ P

- ในขณะที่เราวัดหาขาเดรนและขาซอร์ส สายมิเตอร์ที่จับอยู่ที่ขาเดรน

ถ้าสายที่จับอยู่ที่ขาเดรน เป็นสายวัดบวก (สีแดง) มอสเฟตตัวนั้นเป็น

แบบ p-channel

ถ้าสายที่จับอยู่ที่ขาเดรน เป็นสายวัดลบ (สีดำ) มอสเฟตตัวนั้นเป็นแบบ

n-channel

4.2) การตรวจสอบดีมอสเฟต

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10k

2. ปรับ 0 โอห์ม

3. ให้วัดเป็น 3 ชุดๆ ละ 2 ขา วัดระหว่าง G-S, G-D วัด 2 ครั้ง โดยสลับสาย

- ถ้าเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ชุด แสดงว่าดี

- ถ้าเข็มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือสุดสเกล จะชุดเดียวหรือ 2 ชุด แสดง

ว่าช็อต

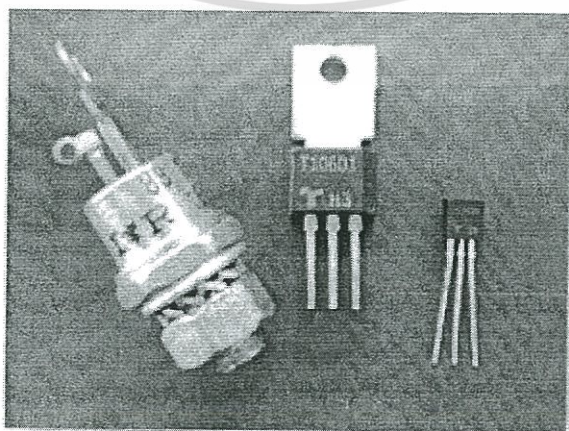
และวัดระหว่าง D-S วัด 2 ครั้ง โดยสลับสาย

- ถ้าเข็มขึ้น 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าดี

- ถ้าเข็มไม่ขึ้นเลย แสดงว่าขาด

- ถ้าเข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าช็อต

## 2.2.5 เอสซีอาร์(SCR)

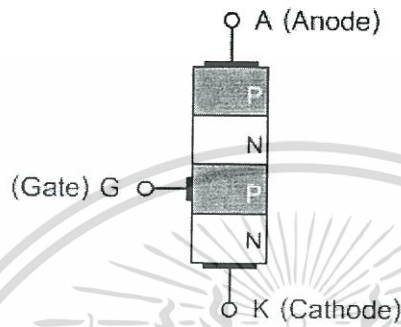


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการภาพที่ 2.52 รูปร่างของเอสซีอาร์ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอสซีอาร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้เป็นสวิทช์ในวงจรไฟฟ้ากำลังสูง ซึ่งจะต่างไปจากทรานซิสเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการขยายสัญญาณไฟฟ้า และใช้งานเป็นสวิทช์สำหรับวงจรไฟฟ้ากำลังต่ำเท่านั้น

## 1. โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเอสซีอาร์

### 1.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์



ภาพที่ 2.53 โครงสร้างของเอสซีอาร์

เอสซีอาร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี 2 ชั้น และชนิดเอ็น 2 ชั้น วางสลับกัน มีขาต่อกับภายนอก 3 ขา คือ อาโนด คาโทด และเกต

### 1.2 สัญลักษณ์ของเอสซีอาร์



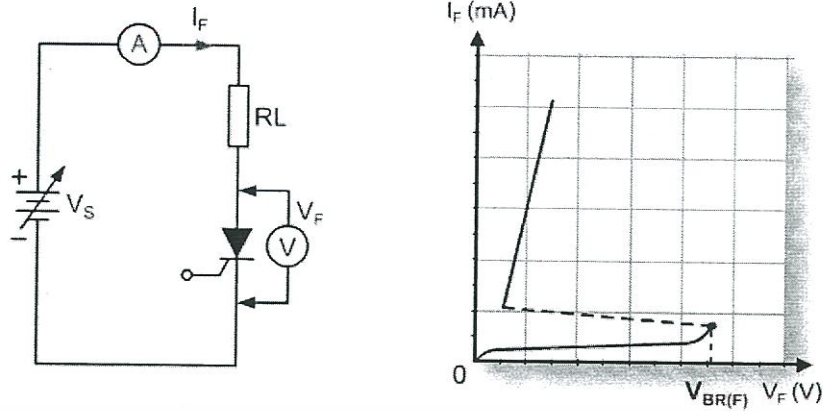
ภาพที่ 2.54 สัญลักษณ์ของเอสซีอาร์

สัญลักษณ์ของเอสซีอาร์ อาโนดมีลักษณะเป็นหัวลูกศรชี้ไปทางคาโทด ซึ่งมีลักษณะเป็นขีดหัวลูกศรแสดงถึงทิศทางของกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ ในสภาวะที่เอสซีอาร์ได้รับไบอัสตรง เกตมีลักษณะเป็นขีดแยกออกมาจากคาโทด

## 2. การทำงานของเอสซีอาร์

### 2.1 เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.55 เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสตรง

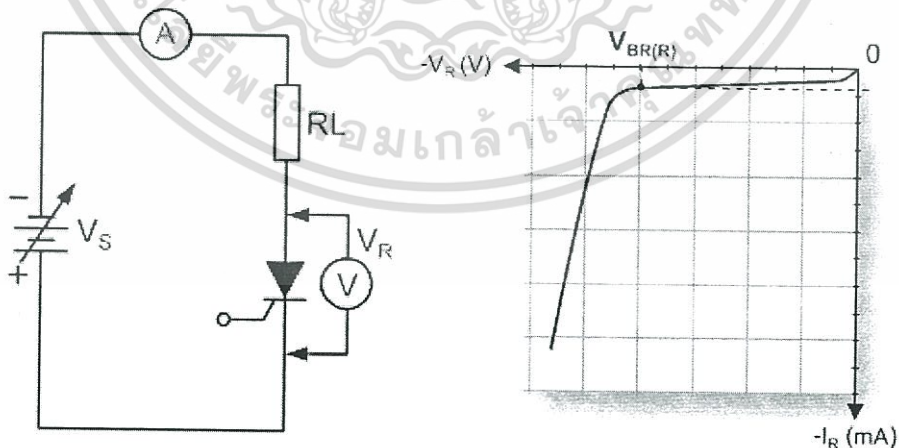
เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสตรง เป็นการต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้แก่แคโทด และต่อศักย์ไฟฟ้าลบให้แก่คาโอด จากวงจรถ้าแรงดันฟอร์เวิร์ดที่ตกคร่อมเอสซีอาร์เปลี่ยนแปลง จะมีผลต่อกระแสฟอร์เวิร์ดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์

สรุปได้ดังนี้

1. เมื่อแรงดันฟอร์เวิร์ดที่เอสซีอาร์มีค่าต่ำ จะมีกระแสฟอร์เวิร์ดไหลผ่านเอสซีอาร์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากโครงสร้างของอานอดและคาโอดอยู่ห่างกัน จึงทำให้เอสซีอาร์มีความต้านทานสูง

2. เมื่อแรงดันฟอร์เวิร์ดที่เอสซีอาร์เพิ่มสูงขึ้นจนถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าแรงดันเบรกโอเวอร์ เอสซีอาร์จะนำกระแสทำให้แรงดันตกคร่อมเอสซีอาร์ลดลงอย่างรวดเร็ว ในภสภาวะนี้จะทำให้มีกระแสฟอร์เวิร์ดไหลผ่านเอสซีอาร์ตลอดเวลา เอสซีอาร์จึงทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ที่ปิดวงจร

## 2.2 เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสกลับ



ภาพที่ 2.56 เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสกลับ

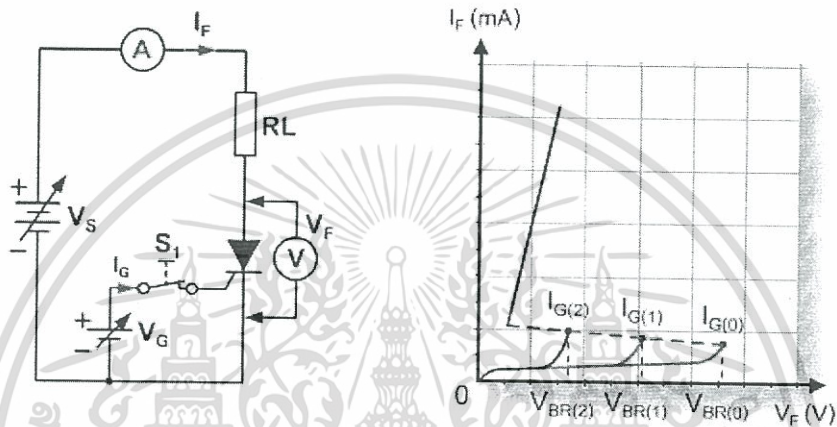
เอสซีอาร์ในวงจรไบอัสกลับ เป็นการต่อศักย์ไฟฟ้าลบให้อานอด และต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้แก่คาโอด จากวงจรถ้าแรงดันรีเวิร์สที่ตกคร่อมเอสซีอาร์เปลี่ยนแปลง จะมีผลต่อกระแสรีเวิร์สที่ไหลออกผ่านเอสซีอาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ดังนี้

1. เมื่อแรงดันรีเวิร์สที่เอสซีอาร์มีค่าต่ำ เอสซีอาร์จะไม่นำกระแส แต่จะมีกระแสรั่วไหลไหลผ่านน้อยมากมีค่าเป็นไมโครแอมแปร์
2. เมื่อแรงดันรีเวิร์สที่เอสซีอาร์เพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดแรงดันเบรกดาวน์ จะทำให้มีกระแสรีเวิร์สจำนวนมากไหลผ่านเอสซีอาร์อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้เอสซีอาร์เสียหาย

### 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเอสซีอาร์

#### 3.1 การจุดชนวนเอสซีอาร์หรือการทริกเอสซีอาร์(Trigging)



ภาพที่ 2.57 การจุดชนวนเอสซีอาร์หรือการทริกเอสซีอาร์(Trigging)

จากรูปเป็นการต่อวงจรไบอัสให้ SCR โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ 2 ชุด คือ

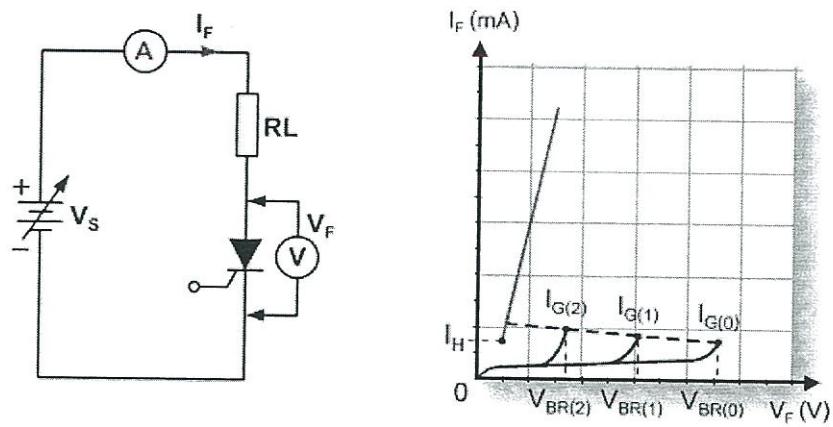
1. แหล่งจ่ายไฟ  $V_S$  ใช้สำหรับวงจรอาโนด
  2. แหล่งจ่ายไฟ  $V_G$  ใช้สำหรับวงจรจุดชนวนเอสซีอาร์ที่เกิด
- สวิตช์  $S_1$  ใช้สำหรับกดจุดชนวน

จากวงจรถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ  $V_S$  และ  $V_G$  จะมีผลต่อแรงดันและกระแสฟอร์เวิร์ดที่เอสซีอาร์

สรุปได้ดังนี้

1. เมื่อไม่มีการจุดชนวนเอสซีอาร์จะนำกระแสเมื่อแรงดันฟอร์เวิร์ดสูงถึงแรงดันเบรกโอเวอร์ ( $V_{BR(0)}$ )
2. เมื่อมีการจุดชนวน ถ้าแรงดันฟอร์เวิร์ดที่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส จะมีค่าต่ำกว่าเบรกโอเวอร์ ( $V_{BR(0)}$ )
3. แรงดันเบรกโอเวอร์จะมีค่าแตกต่างกัน ทั้งที่ขึ้นอยู่กับปริมาณเกตที่ใช้จุดชนวน ดังนี้
  - ถ้ากระแสเกตมีค่าน้อย แรงดันเบรกโอเวอร์จะมีค่าสูง ในที่นี้คือ  $V_{BR(1)}$
  - ถ้ากระแสเกตมีค่ามาก แรงดันเบรกโอเวอร์จะมีค่าต่ำ ในที่นี้คือ  $V_{BR(2)}$

#### 3.2 การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส



ภาพที่ 2.58 การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสแล้ว ถ้าตัดวงจรเกิดออก เอสซีอาร์ก็ยังคงนำกระแสต่อไปได้ ถ้าต้องการให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส จะต้องใช้วิธีการอย่างหนึ่งอย่างใด ดังนี้

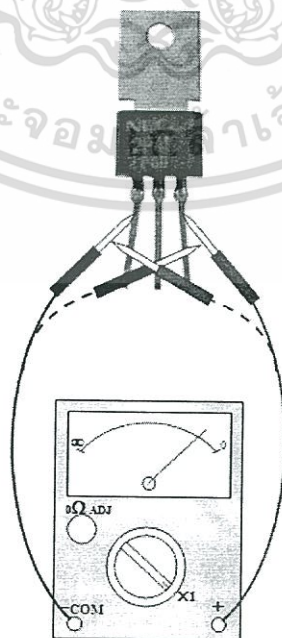
1. ปลดแหล่งจ่ายไฟ  $V_S$  ออกจากวงจร
2. ทำให้เอสซีอาร์ได้รับไบอัสกลับ
3. ลดกระแสฟอร์เวิร์ด ( $I_F$ ) ให้ต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้ง ( $I_H$ ) กระแสโฮลดิ้งเป็นค่ากระแสฟอร์เวิร์ดต่ำสุดที่เอสซีอาร์ยังคงทำงานได้

#### 4. วิธีตรวจสอบทรานซิสเตอร์

##### 4.1 การวัดหาค่าของเอสซีอาร์

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X1
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. นำสายมิเตอร์ 2 สาย วัดคร่อมขาคู่ใดคู่หนึ่งของเอสซีอาร์ ให้วัด 2 ครั้ง โดยการสลับ

สาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 2.59 การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ให้ทำการวัดขาของเอสซีอาร์ ทีละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่ามิขาอยู่เพียงคู่เดียวที่วัดแล้ว เข็มจะขึ้น 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง ให้ถือเอาครั้งที่เข็มขึ้นเป็นหลัก แล้วสังเกตดูให้ดี ขาที่สายสีแดงจับอยู่คือขา K ขาที่สายสีดำจับอยู่คือขา G ขาที่เหลือก็จะเป็นขา A

#### 4.2 วิธีตรวจสอบเอสซีอาร์

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X1
2. ปรับ 0 โอห์ม
3. วัดระหว่าง A กับขา K และระหว่างขา A กับขา G วัดชุดละ 2 ครั้ง

ผลการวัด

ถ้าวัดแล้ว เข็มมิเตอร์ไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าดี

ถ้าวัดแล้ว เข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าช็อต

ถ้าวัดแล้ว เข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แต่ไม่เท่ากัน แสดงว่ารั่ว

4. วัดระหว่างขา K กับขา G วัด 2 ครั้ง โดยการสลับสาย

ผลการวัด

ถ้าวัดแล้ว เข็มขึ้นมาก 1 ครั้ง และไม่ขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าดี

ถ้าวัดแล้ว เข็มขึ้นมากที่สุดทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าขา K-G ช็อต

ถ้าวัดแล้ว เข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าขา K-G ขาด

ถ้าวัดแล้ว เข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน แสดงว่าขา K-G รั่ว

### 2.3 กระบวนการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้

กระบวนการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ใช้หลักการเรียนการสอนเป็นพื้นฐานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ โดยได้ประยุกต์มาจากเทคนิคการออกแบบบทเรียนการสอนเป็นขั้นตอนต่างๆไว้ 9 ขั้นตอนของ Gagne' (อ้างใน สุกรี รอดโพธิ์ทอง.2535: 4-7) ดังนี้

1. ได้รับความสนใจ (Gain Attention) ก่อนที่จะเริ่มเรียนนั้นควรจะได้รับแรงกระตุ้น และแรงจูงใจที่อยากเรียน ดังนั้นบทเรียนควรจะเริ่มด้วยลักษณะของการใช้ภาพ แสง เสียง และสี หรือการประกอบกันหลายๆอย่างการเตรียมตัวและแรงกระตุ้นผู้เรียนในขั้นแรกก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่อง (Title) ของบทเรียนนั่นเอง ข้อสำคัญประการหนึ่งในขั้นนี้ก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่องนั้นควรออกแบบเพื่อให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพไม่ใช่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์

2. บอกวัตถุประสงค์ของบทเรียน (Define Objective) การบอกวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้นทำได้หลายแบบ ตั้งแต่วัตถุประสงค์ทั่วไปจนถึงการบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูปนั้น หลักการสำคัญอย่างหนึ่งคือ ข้อความที่เสนอบนจอควรเป็นข้อความที่สั้นและได้ใจความ และข้อความที่เสนอนั้นควรจะมีส่วนจูงใจผู้เรียนด้วย ดังนั้นการบอกถึงวัตถุประสงค์ในบทเรียน จึงนิยมใช้ข้อความที่สั้นและโน้มน้าวจิตใจผู้เรียน ส่วนจะเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปหรือเชิงพฤติกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับเจตนาของผู้เขียนบทเรียน และเนื้อหาของบทเรียน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่า เนื่องจากวัตถุประสงค์ชนิดนี้ มีความชัดเจนในเนื้อหาสาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเกณฑ์ในการวัดผล มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถจากการฝึกปฏิบัติการ การบอกรวดถูประสงค์จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน

3. **ทบทวนความรู้เดิม (Activate Preknowledge)** ก่อนที่จะให้ความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน ซึ่งในส่วนของเนื้อหา และแนวความคิดนั้นผู้เรียนอาจจะไม่มีพื้นฐานมาก่อนมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบบทเรียน ควรจะต้องหาวิธีการประเมินความรู้เดิม ในส่วนที่จำเป็นก่อนที่จะรับความรู้ใหม่ ทั้งนี้นอกจากเพื่อเตรียมผู้เรียน ให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่แล้ว สำหรับผู้ที่มีพื้นฐานมาแล้วยังเป็นการทบทวน หรือให้ผู้เรียนได้ย้อนไปคิดในสิ่งที่ตนได้รู้มาก่อน เพื่อช่วยในการเรียนรู้สิ่งใหม่อีกด้วย

4. **เสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)** การเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ประกอบกับคำพูดที่สั้นง่าย และได้ใจความเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และความคงทนในการจดจำจะดีกว่าการใช้คำพูดเพียงอย่างเดียว

5. **ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)** ผู้เรียนจะจำได้ดีหากมีการจัดระบบ การเสนอเนื้อหาที่ดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนในขั้นนี้ คือ พยายามหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ นอกจากนั้นยังจะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้น มีความกระจำชัดและควรใช้เทคนิคต่างๆ เช่น เทคนิคการใช้ภาพเปรียบเทียบ เทคนิคการให้ตัวอย่าง และตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง อาจช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะและเข้าใจเนื้อหาต่างๆ ได้ชัดเจน

6. **กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Responses)** ทฤษฎีการเรียนรู้กล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้น เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับ และขั้นตอนของการประมวลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิดร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการถามตอบ บทเรียนคอมพิวเตอร์ มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่นๆ ตัวอย่างเช่น วิดีโอเทป ภาพยนตร์ สไลด์เทป หรือสื่อการสอนอื่นๆ ซึ่งจัดเป็นสื่อการสอนแบบโต้ตอบไม่ได้ ผู้ออกแบบบทเรียนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมขั้นตอนต่างๆ

7. **ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)** จากการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นทำทนายผู้เล่น โดยการบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้การตรวจปรับเพื่อบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด การตรวจปรับที่เป็นภาพจะช่วยเร้าความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าภาพนั้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตามการตรวจปรับที่เป็นภาพ (Visual Feedback) นี้อาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูว่าหากทำผิดมากแล้วจะเกิดอะไรขึ้นวิธีการหลีกเลี่ยงก็คือ ภาพตรวจปรับที่ใช้ควรเป็นภาพในทางบวก

8. **ทดสอบความรู้ (Access Performance)** บทเรียนสำเร็จรูปจัดเป็นบทเรียนโปรแกรมประเภทหนึ่ง การทดสอบความรู้ใหม่ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียน หรือการทดสอบในช่วงท้ายบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งการทดสอบดังกล่าวอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเองถึงความรู้ความสามารถที่ได้จากการศึกษาบทเรียน นอกจากนี้การทดสอบยังมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บคะแนน หรือเพื่อวัดว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไป

9. **จำและการนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)** ในการเตรียมการสอนสำหรับชั้นเรียนปกติตามข้อเสนอแนะของ Gagne' นั้น ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักถามปัญหา ก่อนจบบทเรียน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

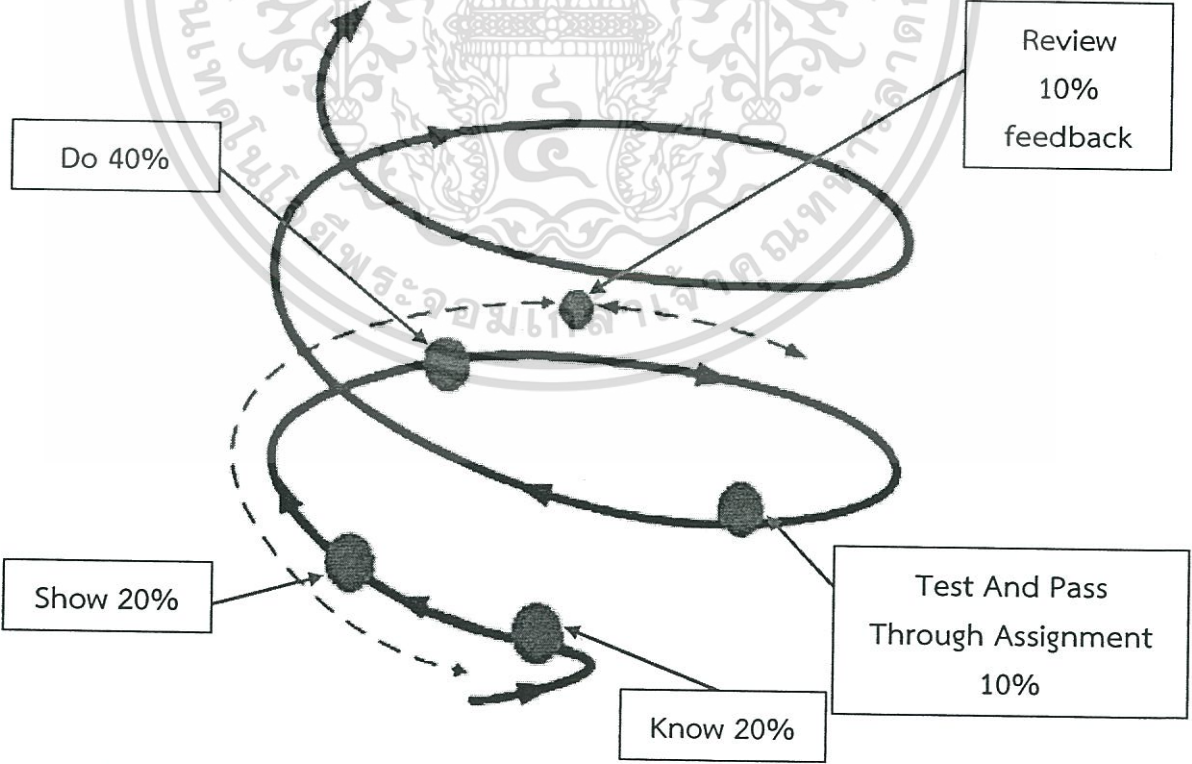
ในขั้นนี้เองที่บทเรียนจะได้แนะนำการนำความรู้ใหม่ไปใช้ หรืออาจแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นเมื่อประยุกต์หลักเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบบทเรียน

ขั้นตอนการสอน 9 ขั้นของ Gagne' นั้น เป็นเทคนิคการออกแบบที่ใช้ได้ทั่วไปแต่โดยวัตถุประสงค์หลักแล้วสามารถใช้ได้กับการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ

เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูป ก็คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้สึกใกล้เคียงกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง ดัดแปลงให้สอดคล้องกับสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ขั้นการสอน 9 ขั้นนี้ ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไปเป็นลำดับตามที่เรียงไว้และไม่จำเป็นต้องมีครบทั้ง 9 ข้อ ขณะเดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำๆ กันจนน่าเบื่อหน่าย จะเป็นวิธีการอีกอย่างหนึ่ง ในการออกแบบบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะที่ควรคำนึง

### 2.4 หลักการออกแบบและสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

หลักการออกแบบและสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการออกแบบระบบการสอนวิชาชีพ โดยเลือกใช้แบบจำลองการเรียนรู้ที่นำเสนอหัวข้อการเรียนรู้จากง่ายไปสู่ยาก แบบจำลองนี้เป็นวงจรและครูฝึก หรือผู้เข้ารับการอบรมสามารถวนจากความรู้ระดับล่างไปสู่ระดับบน โดยผ่านขั้นตอนต่างๆของชุดฝึกหลายครั้งขณะฝึกคำสั่งของการเริ่มปฏิบัติใหม่ในแต่ละครั้งควรผ่าน 5 ขั้นตอนดังนี้ (กรมการพัฒนาฝีมือแรงงาน.2543: 57-59)



ภาพที่ 2.60 การใช้แนวคิดในการออกแบบระบบการสอน หรือการฝึกในการจำลองรูปแบบการเรียนรู้กับการพัฒนาชุดการฝึกบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **เรียนรู้ (Know)** ในขั้นตอนแรกของรูปแบบชุดการฝึก ควรจะให้ครูฝึกหรือใช้โปรแกรมการเรียนรู้ด้วยตัวเองสอนข้อมูลหรือหลักการที่สำคัญก่อน ผู้เข้ารับการฝึกแต่ละคนจะต้องเรียนรู้วิชาภาคบังคับที่สำคัญ เช่น ทักษะการใช้ภาษาและความคิดพื้นฐานซึ่งเป็นวิชาพื้นฐานก่อนที่จะสามารถก้าวขึ้นไปเรียนรู้ทักษะขั้นสูงขึ้นไป ผู้เข้ารับการฝึกจะต้องเรียนรู้และสามารถใช้คำศัพท์เฉพาะได้อย่างถูกต้องและมีความคิดพื้นฐานที่ถูกต้องในการกล่าวถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มา

2. **แสดง (Show)** ครูฝึกหรือโปรแกรม CBST สามารถทำให้ผู้เข้ารับการฝึกมีความเข้าใจข้อมูลที่ได้ทำการเรียนรู้มากยิ่งขึ้นโดยการยกตัวอย่างที่มีความหมายและเหมาะสม หรือแสดงให้ดูเป็นตัวอย่าง การแสดง ตัวอย่างที่มีการวางแผนอย่างดีจะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกจดจำความหมายได้ในระยะยาว หากว่าผู้เข้ารับการฝึกสามารถเชื่อมโยงข้อมูลใหม่ๆ เข้ากับสิ่งที่คุ้นเคยหรือสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วก็จะจดจำได้ง่ายยิ่งขึ้น

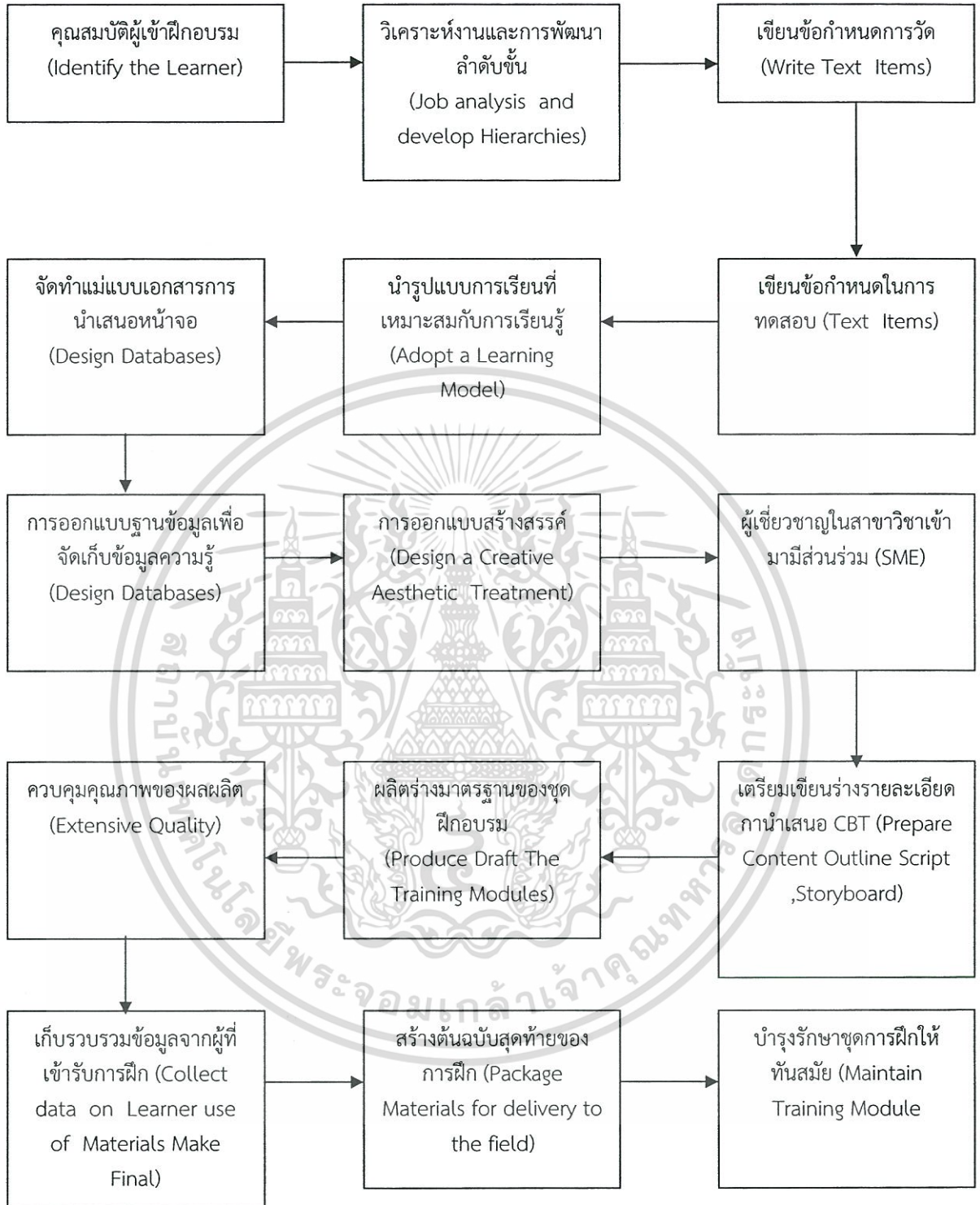
3. **ปฏิบัติ (Do)** ส่วนนี้เป็นส่วนซึ่งครูฝึกหรือสื่อการสอนระบบ CBST หยดทำการสอน หากแต่ให้ผู้เข้ารับการฝึกควบคุมตัวเอง ภาคปฏิบัติ เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกหัดทำซึ่งจะให้ผู้รับการฝึกนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาใช้ ส่วนนี้เป็นส่วนซึ่งการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผลเกิดขึ้น การแก้ปัญหาอาจเป็นกระบวนการสุดท้ายในภาคปฏิบัตินี้ วัตถุประสงค์การปฏิบัติที่ได้ตั้งไว้จะต้องถูกนำมาปฏิบัติขณะที่ครูฝึก ทำการสังเกตการณ์ว่าผู้เข้ารับการฝึกสามารถปฏิบัติได้ตามที่กำหนดหรือไม่

4. **ทบทวน (Review)** การทบทวนจะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกได้รับรู้ถึงผลตอบสนองของการปฏิบัติของเขา ระหว่างการฝึกปฏิบัติผู้เข้ารับการฝึกจะรู้ว่าการปฏิบัติของเขาช่วงใดกระทำได้อย่างถูกต้องและช่วงใดที่จะต้องได้รับการปรับปรุงการที่ได้นำทักษะต่างๆ มาปฏิบัติจริงและได้รับผลตอบสนองของการปฏิบัติในทันทีจะสามารถช่วยเสริมสร้างลักษณะนิสัยที่ดีได้ หลังจากที่ได้เข้ารับการฝึกได้รับรู้ผลตอบสนองแล้ว ควรให้มีการปฏิบัติทักษะนั้นๆ ซ้ำจนกว่าจะทำได้ถูกต้องทั้งหมดและมีความมั่นใจในตนเอง

5. **ผ่าน (Pass Through)** โปรแกรมการพัฒนาฝีมือแรงงานหลายโปรแกรมจำเป็นต้องมีการทดสอบและออกวุฒิบัตรผู้เข้ารับการฝึกต้องสามารถแสดงการปฏิบัติทักษะต่างๆ อย่างถูกต้อง โดยไม่มีครูฝึกคอยแนะนำ การผ่านหลักสูตรเป็นขั้นตอนสุดท้ายของโมเดลการเรียนรู้ซึ่งผู้เข้ารับการฝึกจะได้รับแบบทดสอบการปฏิบัติการและรับวุฒิบัตรว่าสามารถแสดงถึงทักษะได้อย่างถูกต้องแล้วหากว่าผู้เข้ารับการฝึกไม่สามารถปฏิบัติได้ตามมาตรฐานที่วางไว้เขาจะต้องกลับไปสู่วงจรการฝึกหรือสื่อการเรียนต่างๆ เพื่อศึกษาให้มากขึ้นเพื่อที่จะเตรียมตัวสอบการปฏิบัติให้ผ่านอีกครั้งหนึ่ง

### รูปแบบโครงสร้างการออกแบบระบบการสอนวิชาชีพ

การออกแบบระบบการสอน (Instructional Systems Design) ของกลุ่มที่ปรึกษาการออกแบบระบบการสอน จากมหาวิทยาลัยยูทาห์สเตท มลรัฐยูทาห์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมกันสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (USU/CID-KMITL) ในโครงการเงินกู้ของธนาคารพัฒนาแห่งชาติเอเชีย (ADB) ของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม (Department of Thai Skill Development Ministry of Labor and Social Affair) ซึ่งเรียกว่า โครงการพัฒนาฝีมือแรงงานไทย (Thai Skill Development Project) ในการดำเนินการออกแบบระบบการสอนได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบและใช้หลักการและเหตุผลของการใช้ระบบการฝึกอบรม ได้ขั้นตอนในการออกแบบระบบการสอนดังนี้ (กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.2543: เอกสาร 26) นั้นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.61 รูปแบบโครงสร้างการออกแบบระบบการสอนวิชาชีพ  
(The Professional Practice of Instructional Systems Design Module)

ขั้นตอนการออกแบบระบบการสอน (Instructional System Design Module) แบ่ง  
ออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ขั้นตอนที่ 1 กำหนดคุณสมบัติผู้เข้ารับการอบรม

ก่อนที่จะพัฒนาชุดการฝึกของระบบ CBST ผู้ที่ทำการพัฒนาจะต้องทราบถึงลักษณะเป้าหมายของผู้ที่จะเข้ารับการฝึกเป็นสำคัญแล้วใช้เป็นบรรทัดฐานสำหรับการออกแบบพัฒนา

1. อายุ เพศ ประสบการณ์ ระดับการศึกษา
2. ระบุพฤติกรรมของผู้รับการฝึก เช่น ความสามารถทางคณิตศาสตร์ การอ่าน
3. ความรู้พื้นฐานทางช่าง
4. ขนบธรรมเนียม วัฒนธรรม

### ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์งานและการพัฒนาระดับขั้นของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. วิเคราะห์และย่อยเนื้อหาของหลักสูตรออกมามีเป็นส่วนย่อยๆ ในลักษณะของรายการความสามารถที่ผู้เข้ารับการฝึกจะต้องแสดง และทำให้ได้โดยประจักษ์ตรงตามทักษะที่ตนเองต้องการจะฝึกและสอดคล้องกับความต้องการของตลาด

2. การสร้างอุปกรณ์การฝึกอบรมให้เหมาะสมกับรายการความสามารถ เพื่อใช้ในการฝึกอบรม ขั้นตอนนี้จะมีส่วนสำคัญมาก เพราะการออกแบบสื่อการสอนที่ดี จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกมีความสนใจที่จะฝึก

### ขั้นตอนที่ 3 การเขียนข้อกำหนดการวัด

การเขียนวัตถุประสงค์ของการฝึกว่าผู้เข้ารับการฝึกนั้นจะสามารถเรียนรู้ และกระทำอะไรได้บ้าง โดยการเขียนต้องคำนึงถึงต่อไปนี้

1. ผู้เรียนและผู้ที่จะเข้ารับการฝึกกำหนดกลุ่มเป้าหมายของผู้ที่จะเข้ารับการฝึก
2. พฤติกรรม ให้ทำการระบุพฤติกรรมที่ผู้เข้ารับการฝึก ควรจะมีหลังจากที่สำเร็จการฝึกตามโมดูลแล้ว การระบุควรทำโดยใช้คำที่แสดงถึงกิริยาที่เหมาะสม
3. เงื่อนไขสำหรับประเมินผล ต้องระบุเงื่อนไขที่ใช้ในการประเมิน
4. ระดับขั้น บ่อยครั้งที่ผลการปฏิบัติการณ์ของผู้เข้ารับการฝึก จะผ่านเกณฑ์ที่ใช้ได้น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นข้อความที่แสดงถึงระดับขั้นจะต้องระบุจำนวนและคุณภาพของงานที่ฝึกด้วย

### ขั้นตอนที่ 4 เขียนข้อกำหนดในการทดสอบ

จัดทำข้อสอบเพื่อวัดระดับความสำเร็จและความสามารถของผู้เข้ารับการฝึกสำหรับวัตถุประสงค์หลัก และวัตถุประสงค์สุดท้าย

1. ตัววัดผลเชิงพฤติกรรม หรือการปฏิบัติการต้องได้รับการระบุ และแสดงเป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อที่จะสร้างมาตรฐานการปฏิบัติ สำหรับวัตถุประสงค์หลักต่างๆซึ่งสามารถนำไปสร้างแบบทดสอบก่อนเข้ารับการฝึกแบบทดสอบหลังการฝึกตามโมดูลนั้นๆได้อีกด้วย

2. ต้องจัดทำแบบทดสอบซึ่งจำลองเอาตัวอย่างของการปฏิบัติหลังฝึกสำเร็จที่เกี่ยวข้องทุกๆกลุ่มงานย่อย

### ขั้นตอนที่ 5 นำรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการเรียนรู้

ใช้แบบจำลองการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายผู้เข้ารับการฝึก ซึ่งมี 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.เรียนรู้ (Know)
- 2.แสดง (Show)
- 3.ปฏิบัติ (Do)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ระบุวิธีการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ทบทวน (Review)

5.ผ่าน (Pass Through)

ขั้นตอนที่ 6 จัดทำแม่แบบเอกสารการเสนอหน้าจ

ขั้นตอนที่ 7 การออกแบบฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลความรู้

ขั้นตอนที่ 8 ออกแบบสร้างสรรและสวยงาม

การสร้างชุดฝึกให้มีความสวยงาม ก็มีความสำคัญให้เป็นที่สนใจของผู้เข้ารับการฝึก เช่น ภาพ กราฟิก เสียง

ขั้นตอนที่ 9 ให้ผู้เชี่ยวชาญในสาขาเข้ามามีส่วนร่วม

ให้ผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาเข้ามามีส่วนร่วมหรือใช้หลักสูตรที่มีอยู่แล้วในการสร้างหลักสูตรเพื่อการถ่ายทอดจุดประสงค์การปฏิบัติการหรือความสามารถย่อย

ขั้นตอนที่ 10 เตรียมเขียนร่างรายละเอียดการนำเสนอ

การจัดทำแบบร่างของโปรแกรมการฝึก สิ่งพิมพ์ สื่อนำเสนอ หรือบนแบบหน้าจคอมพิวเตอร์ของ CBST โมดูล

1.การจัดทำเอกสารสื่อการนำเสนอ ซึ่งรวมถึงคู่มือผู้ฝึก คู่มือผู้เข้ารับการฝึก เอกสาร

2.ทดสอบ วัสดุนำเสนอ ตารางการฝึกของผู้เข้ารับการฝึกต้นแบบรูปหน้า

3.การจัดทำวัสดุฝึกโดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งนำสื่อผสมมาร่วมในการนำเสนอ

ขั้นตอนที่ 11 ผลิตร่างมาตรฐานของชุดฝึกอบรมจัดทำแบบร่างโมดูลชุดฝึกในรูปแบบที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้เข้ารับการฝึก

ขั้นตอนที่ 12 การควบคุมคุณภาพของผลิการประเมินผล ควรจะมาจากกรวางแผนที่ดี และมีระบบ เพื่อที่จะตรวจสอบทุกๆ องค์ประกอบของโมดูล ควรให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเพื่อหาข้อผิดพลาด ควรมีการจำลองการใช้ชุดฝึกเพื่อดูว่ามีการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ที่ดีหรือไม่ เพื่อที่จะรับรองได้ว่าผู้เข้ารับการฝึกจะสามารถใช้ชุดฝึกได้ดีในทุกๆกรณี

ขั้นตอนที่ 13 เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เข้ารับการฝึก และการประเมินผล

จัดเก็บข้อมูลการใช้ชุดฝึกจำลองของผู้เข้ารับการฝึกและผลการปฏิบัติ โดยเทียบกับวัตถุประสงค์การปฏิบัติการ เพื่อจัดทำกรแก้ไขปรับปรุงชุดฝึกและจัดทำแบบร่างสุดท้าย การทดสอบโมดูลกับตัวแทนผู้เข้ารับการฝึก เพื่อหาข้อผิดพลาดและดูว่าชุดฝึกใช้งานได้ดีแค่ไหนควรจะมีผู้ทรงคุณวุฒิทำการสังเกตการณ์ระหว่างการทดลอง เพื่อตรวจสอบหาข้อผิดพลาดเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ชุดฝึกมีคุณภาพ

ขั้นตอนที่ 14 สร้างต้นฉบับสุดท้ายของโมดูลชุดฝึก

หลังจากที่กรปรับปรุงแก้ไขได้ดำเนินการเสร็จแล้ว โมดูลชุดฝึกก็พร้อมที่จะได้รับการจัดกรูปรูเล่มและแจกจ่ายเพื่อใช้งาน เป็นสิ่งสำคัญที่จะจัดให้กรกรูปรูเล่มมีความดึงดูดผู้ใช้และใช้กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับชุดฝึกอบรม CBST ควรจะมีคู่มือครูฝึก คู่มือผู้เข้ารับการฝึกชุดทดสอบ ซึ่งรวมด้วยข้อสอบและคำตอบ และชุดวัสดุนำเสนอ

ขั้นตอนที่ 15 บำรุงรักษาให้ชุดฝึกทันสมัยอยู่เสมอ

ควรจะทำวัสดุที่ง่ายต่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและทำให้ทันสมัยด้วยตัวเองและโดยผู้ใช้ ท่านควรปกป้องการลงทุนที่ใช้ไปกับการผลิต โมดูลชุดฝึก โดยการวางแผนเพื่อรักษาชุดฝึกเหล่านั้นให้ทันสมัย การดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอและการจัดตารางการบำรุงรักษาข้อมูลจะช่วยให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการใช้งานของวัสดุเพิ่มขึ้น การละเลยการบำรุงรักษาโปรแกรมจะทำให้โปรแกรมล้าสมัยภายในไม่กี่ปี (กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.2543: 6-20)

จากขั้นตอนการออกแบบการสอนที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้พัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ระบุคุณสมบัติผู้เข้าฝึกปฏิบัติ เขียนวัตถุประสงค์การดำเนินงานเพื่อเป็นมาตรฐานการวัด เขียนมาตรฐานความรู้ เพื่อวัดผลจากการฝึกปฏิบัติ พัฒนาแบบแผนที่สร้างสรรค์ และทำให้เกิดความสวยงามเกี่ยวกับการออกแบบหน้าจอ CBST และการสร้างต้นฉบับสุดท้ายของการฝึกปฏิบัติ

## 2.5 การวัดและประเมินผลการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง คุณลักษณะ และความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรม หรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถ หรือความสัมฤทธิ์ (Level of Accomplishment) ของบุคคล ว่าเรียนแล้วมีความรู้เท่าไร มีความสามารถอย่างไร ซึ่งสามารถวัดผลได้ 2 แบบ ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และตามลักษณะวิชาที่สอน (ไพศาล หวังวานิช. 2526: 89) คือ

### การวัดด้านเนื้อหา

เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา (Content) ประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ สามารถวัดได้โดยใช้ “แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์” (Achievement Test)

### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของคำถามหรือกลุ่มงานที่ใช้เป็นสิ่งที่เร้าในการวัดคุณสมบัติใดคุณสมบัติหนึ่งของบุคคล โดยที่บุคคลนั้นเมื่อได้รับสิ่งเร้าจะแสดงพฤติกรรมตอบสนองที่สามารถวัดได้สังเกตได้ ซึ่งจะนำไปสู่การแปลความหมายของผลได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดของคำถามที่มุ่งวัดความรู้ความสามารถ ทักษะและสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ของผู้เรียนหลังที่เกิดขึ้นการเรียนรู้

### ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การจำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น สามารถจำแนกประเภทออกได้ตามเกณฑ์ต่อไปนี้

1. ลักษณะการวัดและการประเมินผล
2. จุดมุ่งหมายของการใช้
3. จุดประสงค์ของการสอบ
4. ลักษณะรูปแบบคำถาม
5. ลักษณะการสร้าง
6. จำนวนผู้เข้าสอบ
7. เวลาในการสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่จำแนกตามลักษณะของการวัดและการประเมิน

ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อการสอบย่อย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อการสอบรวม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อการสอบย่อย เป็นแบบทดสอบที่ใช้เพื่อผลทางการเรียนของผู้เรียน ก่อนการเรียนการสอน เพื่อจัดตำแหน่งผู้เรียนหรือหลังสิ้นสุดการเรียนการสอนแต่ละหน่วยหรือแต่ละตอนของเนื้อหา ซึ่งการสอบย่อยนี้มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญเพื่อนำผลการวัดไปปรับปรุงวิธีการสอนของครูหรือแก้ไขข้อบกพร่องในการเรียนของผู้เรียน ก่อนที่จะเรียนเนื้อหาในหน่วยหรือตอนต่อไป

1.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อการสอบรวม เป็นแบบทดสอบที่ใช้เพื่อวัดผลการเรียนของผู้เรียนหลังสิ้นสุดกระบวนการเรียนการสอนทุกหน่วยและทุกตอนของเนื้อหา เป็นการวัดผลสรุปรวบยอด

## 2. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำแนกตามจุดมุ่งหมายของการใช้

สามารถจำแนกได้เป็นแบบทดสอบวินิจฉัย และแบบทดสอบเพื่อการทำนาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แบบทดสอบวินิจฉัย เป็นแบบทดสอบที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่อง และสาเหตุของข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อจะได้หาแนวทางแก้ไขต่อไป

2.2 แบบทดสอบเพื่อการทำนาย เป็นแบบทดสอบที่ใช้เพื่อการทำนาย หรือพยากรณ์บุคคลเกี่ยวกับการศึกษาต่อ หรือการประกอบอาชีพ แบบทดสอบนี้มีประโยชน์ต่อการแนะแนว ดังนั้นจึงควรมีความตรงเชิงพยากรณ์สูง

### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อวัดด้านเนื้อหา

เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถของผู้เรียนในด้านเนื้อหาวิชา และพฤติกรรมความรู้ความสามารถอื่นๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนการสอน สามารถวัดได้โดยการสอบปากเปล่าและให้เขียนตอบ

1. การสอบปากเปล่า เป็นการสอบเพื่อพิจารณาผลเฉพาะอย่างที่เกิดขึ้นเองแต่ละบุคคลเช่น การสอบ ฟัง พูดและอ่าน ซึ่งต้องการพิจารณาการใช้ถ้อยคำ การแสดงความคิดเห็น ตลอดจนบุคลิกภาพของผู้สอบ การสอบปากเปล่าสามารถสอบวัดได้ละเอียดลึกซึ้ง โดยสามารถเพิ่มเติมและเปลี่ยนแปลงคำถามได้ตลอดเวลา

2. การสอบแบบให้เขียนตอบ เป็นการสอบวัดให้ผู้เข้าสอบเขียนตอบเป็นลายลักษณ์อักษรซึ่งมีรูปแบบการเขียนตอบมีอยู่ 2 รูปแบบคือ

2.1 แบบจำกัดคำตอบ เป็นการสอบวัดที่กำหนดคำตอบมาให้ตอบ ซึ่งได้แก่การสอบวัดโดยใช้ข้อสอบปรนัยนั่นเอง

2.2 แบบไม่จำกัดคำตอบ เป็นการสอบวัดที่ผู้เข้าสอบสามารถเขียนตอบได้โดยเสรี ซึ่งได้แก่ การสอบวัดโดยใช้ข้อสอบอัตนัย

การวัดผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาโดยการเขียนตอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเครื่องมือที่ใช้ในการสอบวัดนั้นเรียกว่า “แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์” ดังนั้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ใช้ประเมินผลการเรียนการสอน โดยเฉพาะวัดสมรรถภาพทางสมองเป็นสำคัญ จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพื่อจัดตำแหน่งผู้เรียน จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดและประเมินผลผู้เรียน เพื่อจัดตำแหน่งนั้น จะดำเนินการก่อนจะมีการเรียนการสอนเกิดขึ้น เพื่อจัดผู้เรียนออกเป็นกลุ่มๆตามขีดความสามารถ กล่าวคือ ผู้เรียนที่มีความสามารถใกล้เคียงกันไว้ด้วยกัน จัดการเรียนการสอนได้เหมาะสมและสอดคล้องกับผู้เรียนแต่ละกลุ่ม

2. เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียน จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวัดและประเมินผลผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียนนั้น เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนา ความเจริญทั้งทางด้านความรู้ความสามารถลักษณะนิสัยและทักษะต่างๆ ให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

ดังนั้น การตรวจสอบความก้าวหน้า นอกจากจะทำให้ผู้เรียนทราบศักยภาพของตนเองขณะนั้นๆยังสามารถใช้เป็นแนวทางให้ผู้เรียนพัฒนาพฤติกรรมต่างๆของตนเองให้เป็นที่พึงประสงค์ได้ นั่นก็คือการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการเปรียบเทียบนั่นเอง

3. เพื่อสรุปผลการเรียน จุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อสรุปการเรียนการสอน ดำเนินการเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน เพื่อสรุปผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งระบบและตัดสินผลคะแนนได้-ตก ลักษณะของข้อสอบควรมีตั้งแต่ง่ายไปจนถึงยาก โดยต้องวัดให้ครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้และทุกเนื้อหาของหลักสูตร

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอนการสร้างที่สำคัญ สรุปได้ 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนสร้างข้อสอบ

ขั้นตอนที่ 2 การลงมือสร้างข้อสอบ

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนสร้างข้อสอบ ประกอบด้วย

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบ ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนจะเริ่มเขียนข้อสอบ ผู้สร้างข้อสอบจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายของการใช้แบบทดสอบให้ชัดเจนว่าจะวัดไปเพื่ออะไร จะได้เขียนข้อสอบให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายนั้น

2. การกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ผู้สร้างข้อสอบจะต้องกำหนดขอบเขตเนื้อหาและพฤติกรรมที่จะสอบวัด ซึ่งในการกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมที่จะวัดมีลำดับการดำเนินการดังนี้

2.1 จำแนกพฤติกรรมของจุดมุ่งหมายรายวิชาที่ต้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ย่อยๆในด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า รวมถึงด้านการปฏิบัติด้วย ซึ่งในขั้นตอนการลงมือสร้างข้อสอบต้องนิยามพฤติกรรมเหล่านี้ให้ชัดเจน

2.2 กำหนดเนื้อหาสาระ โดยแยกเป็นกลุ่มความรู้พร้อมทั้งกำหนดตารางที่แสดงค่าตัวเลขน้ำหนักระหว่างเนื้อหาสาระและพฤติกรรมการเรียนรู้ในข้อ 2.1 เพื่อกำหนดสัดส่วนจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสอบที่จะออก ซึ่งเรียกกันว่าตารางวิเคราะห์ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแผนผังการออกข้อสอบ

3. การกำหนดลักษณะของข้อสอบ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะเป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์หรืออิงกลุ่มก็ได้ ซึ่งลักษณะข้อสอบจะเป็นแบบปรนัยหรืออัตนัยก็ได้ หรือลักษณะข้อสอบจะเป็นทั้งปรนัยและอัตนัยรวมกันก็ได้ ทั้งนี้ผู้สร้างข้อสอบอาจใช้เกณฑ์ต่อไปนี้กำหนดลักษณะข้อสอบ ซึ่งได้แก่

- 3.1 วัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผล
- 3.2 ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่จะวัด
- 3.3 ลักษณะหรือคุณสมบัติผู้เข้าสอบ
- 3.4 จำนวนผู้เข้าสอบ
- 3.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างข้อสอบ ดำเนินการสอบ และตรวจข้อสอบ
- 3.6 ความเป็นอิสระในการตอบ

4. การจัดทำตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแผนผังการออกข้อสอบ ก่อนที่จะลงมือสร้างข้อสอบ ผู้สอนต้องแปลจุดมุ่งหมายทั่วไปของการเรียนการสอน ซึ่งระบุไว้ในส่วนของจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่เขียนไว้อย่างกว้างๆให้เป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมซึ่งวัดและสังเกตได้ พร้อมทั้งระบุเรื่องหรือรายละเอียดเนื้อหาวิชาที่จะออกข้อสอบ

5. การกำหนดส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอน ได้แก่ ความยาวของแบบทดสอบหรือจำนวนข้อของข้อสอบและคะแนน ระยะเวลาที่ให้ทำแบบทดสอบ วิธีดำเนินการสอบ วิธีการตรวจให้คะแนน การแปลความหมายของคะแนน ตลอดจนค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการสอบ

#### ขั้นตอนที่ 2 การลงมือสร้างข้อสอบ

ก่อนที่จะลงมือสร้างข้อสอบควรทราบหลักปฏิบัติในการลงมือสร้างข้อสอบ ผู้สร้างข้อสอบต้องออกข้อสอบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแผนผังการออกข้อสอบที่กำหนดไว้เพราะจะทำให้ออกข้อสอบได้ครอบคลุมเนื้อหาวิชาที่ต้องการจะสอบวัด แล้วจึงจัดทำต้นร่างแบบทดสอบ เป็นลำดับถัดไป

#### 1. หลักปฏิบัติการลงมือสร้างข้อสอบ สรุปได้ดังนี้

1.1 ผู้สร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ควรประกอบด้วย ผู้มีความรู้หรือผู้รอบรู้ในสาระเนื้อหา วิชาที่จะสร้างข้อสอบและผู้รู้เทคนิคการสร้างคำถาม อาจเป็นนักวัดผลการศึกษาก็ได้ทำหน้าที่แก้ไขปรับปรุงให้ข้อสอบคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้

1.2 ลักษณะหรือประเภทของข้อสอบที่เหมือนกัน ควรจัดให้อยู่ตอนเดียวกันเป็นหมวดหมู่ ซึ่งจะช่วยให้ง่ายในการตรวจให้คะแนนและช่วยให้ผู้เรียนทำข้อสอบได้สะดวกด้วย

1.3 ไม่ใช่คำหรือข้อความซ้ำคำตอบ กล่าวคือในการสร้างข้อสอบ ตัวเลือกที่ถูกมักมีคำหรือข้อความบางประเภท เช่น “อาจจะ” บางที ซึ่งทำให้ผู้เรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบได้ เป็นต้น

1.4 ควรให้เนื้อหาบังคับคำตอบไม่ใช่แบบของคำหรือข้อความ กล่าวคือในการสร้างข้อสอบตัวเลือกที่ถูกมักมีคำหรือข้อความบางประเภท เช่น อาจจะ บางที แนวโน้มทำให้ผู้เรียนมีความรู้สามารถเดาคำตอบได้ เป็นต้น

1.5 ควรเขียนข้อสอบด้วยภาษาที่ง่าย ตรงไปตรงมา ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธ

ซ้อนปฏิเสธ การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ไม่ควรให้ข้อสอบข้อใดข้อหนึ่งไปแนะคำตอบอีกข้อหนึ่ง

1.7 ไม่ควรลอกข้อความโดยตรงจากหนังสือมาสร้างข้อสอบ โดยเฉพาะข้อสอบแบบเติมคำหรือถูกผิด เพราะถ้าลอกมาไม่หมดจะทำให้ข้อสอบคลุมเครือ นอกจากนี้ยังส่งเสริมการท่องจำอีกด้วย

1.8 ความยากของข้อสอบแต่ละข้อควรอยู่ที่ระดับปานกลางและเรียงข้อสอบตามความยากง่าย โดยเรียงจากง่ายไปหายากนั้นจะช่วยให้ผู้เรียนมีกำลังใจในการทำข้อสอบ

1.9 คำสั่งข้อสอบควรกะทัดรัด ชัดเจน และสมบูรณ์ คำสั่งของข้อสอบจะมีรายละเอียดน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับและอายุของผู้เรียน

2. การจัดทำต้นร่างแบบทดสอบ การจัดทำต้นร่างแบบทดสอบนั้น ควรจัดทำตั้งแต่เนิ่นๆ จะได้มีเวลาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปใช้จริง เพราะมีฉะนั้นข้อสอบที่ได้อาจมีความคลุมเครือไม่ชัดเจน ขาดการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นก่อนสอบ ถ้าเป็นไปได้ผู้สอนควรออกข้อสอบในเนื้อหาวิชาที่เพิ่งสอนเสร็จ จะช่วยให้ข้อสอบครอบคลุมสาระสำคัญตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

### ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้

ในขณะที่เขียนข้อสอบ ผู้เขียนต้องคำนึงหลักปฏิบัติในการสร้างข้อสอบอยู่เสมอ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้ ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

#### การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพ 5 ประการ คือ

1. ความตรง (Validity) คือ เครื่องมือที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัด วิธีการตรวจสอบความตรง คือ

1.1 ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเครื่องมือกับเนื้อหาสาระที่ต้องการศึกษาหรือความสอดคล้องกับหลักสูตร คำอธิบายรายวิชาทำได้โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบจำนวนประมาณ 3 คน ถ้าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงกันก็ถือว่าเครื่องมือที่มีความตรงตามเนื้อหา

1.2 ความตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้

1.2.1 ทดสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม ที่เป็นเป้าหมายที่ต้องการวัด โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน หรือ 5 คน พิจารณาความสอดคล้องของเครื่องมือดังกล่าวที่ละข้อทั้งด้านภาษา ด้านการประเมินผลและด้านเนื้อหา แล้วคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์.2528:88-90)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (2.1)$$

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$  = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$N$  = จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดพฤติกรรมนั้นๆ ได้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดพฤติกรรมนั้นๆ ได้

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สามารถวัดพฤติกรรมนั้นๆ ได้

แล้วนำคะแนนที่ได้คำนวณหาค่า โดยใช้สูตร IOC (Index of Item Objective Congruence) ถ้าข้อคำถามมีค่า IOC ต่ำกว่าเกณฑ์ 0.50 ถือว่าไม่มีความตรงที่ยอมรับได้ต้องนำข้อคำถามนั้นไปปรับปรุงใหม่

1.2.2 หาค่าดัชนีความเหมาะสมระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม อาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน หรือ 5 คน พิจารณาเครื่องมือดังกล่าวทีละข้อ โดยให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน 5 สำหรับข้อความที่เหมาะสมมากที่สุด

ให้คะแนน 4 สำหรับข้อความที่เหมาะสมมาก

ให้คะแนน 3 สำหรับข้อความที่เหมาะสมปานกลาง

ให้คะแนน 2 สำหรับข้อความที่เหมาะสมน้อย

ให้คะแนน 1 สำหรับข้อความที่เหมาะสมน้อยที่สุด

นำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญทุกคนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วคัดเลือกคำถามที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 เป็นข้อคำถามที่มีความตรงตามเนื้อหาและตรงตามโครงสร้างด้วย

1.2.3 หาค่าดัชนีการจับคู่ระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม โดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน หรือ 5 คน พิจารณาเครื่องมือดังกล่าวโดยจับคู่ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม ข้อคำถามใดมีเปอร์เซ็นต์ของการจับคู่สูงกว่า 80% ถือว่ามีความตรงตามเนื้อหาและมีความตรงตามโครงสร้างด้วย

2. ความเป็นปรนัย (Objectivity) คือเครื่องมือที่ทุกคนอ่านแล้วเข้าใจง่ายมีความชัดเจนตรงกันว่าด้วยการถามอะไร หมายความว่าอย่างไร ตรวจสอบให้คะแนนอย่างไร ใครๆตรวจสอบก็ต้องได้คะแนนเท่ากัน การตรวจสอบความเป็นปรนัยให้ใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวนประมาณ 3 คน หรือ 5 คน ถ้าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงกันก็ถือว่าเครื่องมือนั้นมีความเป็นปรนัยการตรวจคุณภาพความเป็นปรนัยทำเหมือนความตรง

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

$$P = \frac{R}{N} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $P$  = ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ  
N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

4. การวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ค่าอำนาจจำแนก คือ ค่าที่แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือหรือแบบประเมินนั้นๆ สามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อน หรือจำแนกความคิดเห็นที่แตกต่างกันได้ โดยนำคะแนนของนักเรียนทั้งหมดมาจัดเรียงจากคะแนนสูงสุดไปคะแนนต่ำสุด แล้วแบ่งคะแนนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนนต่ำ กรณีที่จำนวนนักเรียนมีมากให้วิเคราะห์ข้อสอบด้วยเทคนิค 25 % หรือ 27 % จะได้นักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ส่วนกลุ่มกลางไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ แล้วนำคะแนนทั้งสองกลุ่มไปคำนวณค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบโดยใช้สูตร ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2531 : 136 )

$$r = \frac{R_u - R_L}{N/2} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $r$  = อำนาจจำแนกของข้อสอบ  
 $R_u$  = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง  
 $R_L$  = จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน  
 $N$  = จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

5. ความเชื่อมั่น (Reliability) การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ คือ การตรวจสอบว่าเครื่องมือเหล่านั้นมีผลการวัดที่สม่ำเสมอแน่นอนคงที่ เครื่องมือที่มีค่าความเชื่อมั่นสูงแสดงว่าเครื่องมือวัดก็ครั้งก็ครั้งได้ผลการวัดเหมือนเดิม วิธีการหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีดังนี้

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

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (2.4)$$

เมื่อ  $r_{tt}$  = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ  
 $n$  = จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ  
 $p$  = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก  
 $q$  = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การวัดภาคปฏิบัติ

เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติ หรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในรูปการกระทำจริงให้ออกมาเป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องวัดโดยใช้ “ข้อสอบภาคปฏิบัติ” (Performance Test)

การวัดภาคปฏิบัติหรือการทดสอบความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้เรียน เป็นการวัดที่ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมตรงออกมาด้วยการกระทำ โดยถือว่าการปฏิบัติเป็นความสามารถในการผสมผสานหลักการวิธีการต่างๆ ที่ได้รับการฝึกฝนมา ให้ปรากฏออกมาเป็นทักษะ (Skill Outcomes) การวัดผลภาคปฏิบัติมีวิธีการดังนี้

### 1. วิธีการวัด

เมื่อต้องการทราบว่าผู้เรียน เรียนรู้หลัก และวิธีการในการปฏิบัติสิ่งใดแล้ว สามารถปฏิบัติจริงได้หรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาที่มุ่งเน้นความสามารถด้านการปฏิบัติ ควรจะให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติสิ่งนั้นจริง ให้ออกมาเป็นผลงานหรือให้สังเกตเห็นได้ หลักความสำคัญในการวัดภาคปฏิบัติก็คือ ต้องกำหนดงานขึ้นมาให้ผู้เรียนได้เรียนได้ปฏิบัติจริง งานที่กำหนดขึ้นอาจจะเป็นได้ทั้งในแง่ความจริงหรือสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง หรือให้เป็นงานตัวอย่างหรือเป็นงานจำลองของจริง (Work Sample) เช่น การเขียนภาพ การตัดเสื้อ การสานพัด การตอนต้นไม้ เป็นต้น หรืออาจเป็นงานสมมติ หรือเลียนแบบของจริง (Simulated Work) ก็ได้ เช่น การจำลองแบบบ้าน การปั้นรูปผลไม้ เป็นต้น ดังนั้นการวัดภาคปฏิบัติจึงมีความสำคัญอยู่ที่กำหนดงานให้ผู้เรียนปฏิบัติ ซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

1.1 ควรเป็นงานที่บอกระดับทักษะหรือความสามารถในการปฏิบัติได้อย่างแท้จริงงานนั้นสามารถจะจำแนกความสามารถของผู้เรียนได้ นั่นคือ งานนั้นต้องไม่ยากหรือง่ายเกินไปเพราะจะทำให้ผลงานที่ได้ออกมาเหมือนกันหมดทุกประเภทและทุกคน

1.2 ควรเป็นงานที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติได้ โดยต้องใช้ทักษะด้านต่างๆ ประกอบกันหรือนำมาผสมผสานกันถึงจะดี เป็นงานที่มีความสำคัญเพียงพอที่จะกำหนดเป็นตัวแทนในการปฏิบัติสิ่งอื่นๆ ได้ด้วย

1.3 ควรพิจารณาลักษณะงานที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติว่าเป็นงานที่ควรปฏิบัติเป็นรายบุคคลหรือสามารถปฏิบัติเป็นกลุ่ม หรือพร้อมๆ กันไป เพื่อให้การวัดนั้นถูกต้อง และสามารถให้คะแนนได้อย่างเชื่อมั่นได้

1.4 งานที่กำหนดควรให้อยู่ในวิสัยของผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ และผู้สอนก็สามารถจัดสถานการณ์เพื่อปฏิบัติได้อย่างแท้จริง

1.5 ควรชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจงานที่จะปฏิบัติอย่างชัดเจนก่อนทุกครั้งไป เช่น ควรบอกจุดมุ่งหมายขอบข่ายของงาน ผลที่ต้องการ เครื่องมือที่จะใช้เงื่อนไขต่างๆ ในการปฏิบัติ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ รวมทั้งการพิจารณา หรือการตรวจให้คะแนน เป็นต้น

### 2. การตรวจปฏิบัติ

ความยุ่งยากประการหนึ่งในการวัด หรือทดสอบภาคปฏิบัติ ก็คือการตรวจให้คะแนนซึ่งมักจะขาดความเชื่อมั่น ทั้งนี้เพราะโดยปกติแล้วผู้สอนนิยมให้คะแนนผลงานการปฏิบัติของผู้เรียนโดยใช้วิธีการสังเกตและตัดสินใจให้คะแนนทันที ย่อมจะเกิดความผิดพลาดได้ง่าย การตรวจภาคปฏิบัติที่ดีนั้น ควรมีหลักเกณฑ์ดังนี้

2.1 การตรวจผลงานภาคปฏิบัติ ควรตรวจหรือให้คะแนนทั้ง 2 ด้าน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้เนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 วิธีการปฏิบัติ (Procedure or Process) ได้แก่ วิธีดำเนินการทั้งหลายของการปฏิบัติ เช่น ขั้นตอนการปฏิบัติ เครื่องมือที่ใช้ ทักษะการใช้เครื่องมือ กรรมวิธีในการปฏิบัติ เวลาที่ใช้ปฏิบัติ เป็นต้น

2.1.2 ผลปฏิบัติ (Product or Output) ได้แก่ ผลผลิตหรือสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติควรพิจารณาอย่างรอบคอบทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น จำนวนงานที่ได้ ความงาม ความถูกต้อง ความคิดริเริ่ม ประโยชน์ใช้สอย เป็นต้น

2.2 การตรวจผลงานภาคปฏิบัติในแต่ละรายการ ย่อมเน้นความสำคัญของวิธีปฏิบัติ ผลปฏิบัติที่มีความแตกต่าง ดังนั้นผู้สอนต้องพิจารณาก่อนว่า การปฏิบัติของรายวิชานั้น ควรเน้นหนักในทางใด เพื่อจะกำหนดอัตราส่วนของความสำคัญแต่ละด้านไว้ให้แน่นอนก่อน

2.3 ควรตั้งหลักเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนอย่างชัดเจน โดยกำหนดรายละเอียดต่างๆ ที่จะให้พิจารณาในการให้คะแนนอย่างครบถ้วนเหมาะสม

### 3. วิธีการตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติ

ไม่ควรตรวจให้คะแนนผลงานโดยใช้เพียงการสังเกตแล้วให้คะแนนทันที เพราะจะทำให้คะแนนที่ได้มีความเชื่อมั่นต่ำและไม่ตรงกับความเป็นจริง วิธีการตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติที่นิยมใช้มีอยู่ 2 วิธี คือ

3.1 ใช้แบบสำรวจรายการ (Checklist) ใช้สำหรับตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติ และผลปฏิบัติ โดยใช้วิธีกำหนดรายการหรือรายละเอียดต่างๆ ของวิธีทำหรือผลปฏิบัติขึ้นมา เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการหักคะแนน โดยพยายามกำหนดสิ่งที่สำคัญๆ ของการปฏิบัติในครั้งนั้นๆ ออกมาเป็นข้อๆ หรือเป็นรายการ(List) แล้วก็พิจารณาการปฏิบัติหรือผลงานของนักเรียนแต่ละคนตามรายการที่กำหนดไว้เห็นว่าแต่ละเรื่องแต่ละรายการนั้นผู้เรียนปฏิบัติอย่างไร แล้วบันทึกผลการปฏิบัติของผู้เรียนเป็นคะแนนหรือตรวจผลงานเป็นระดับก็ได้ เช่น ดี-ไม่ดี- หรือใช้ได้-ต้องแก้ไข หรือ ดี-พอใช้-ไม่ดี เป็นต้น

3.2 ใช้การจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) ใช้สำหรับตรวจให้คะแนนเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นคุณภาพหรือคุณภาพต่างๆ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับการให้คะแนนการปฏิบัติในด้านที่เป็นผลปฏิบัติมากกว่า วิธีการปฏิบัติหลักสำคัญของการจัดอันดับคุณภาพ ก็คือพยายามประเมินผลงานของผู้เรียนด้วยการเปรียบเทียบกันในกลุ่ม เพื่อจัดอันดับแล้วจึงแปลงอันดับที่ได้ออกมาเป็นคะแนน มีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

3.2.1 พิจารณาผลงานแต่ละคนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วตัดสินว่า งานนั้นมีคุณภาพ ดี หรือปานกลางหรือไม่มีคุณภาพและแยกเป็นสามกลุ่ม

3.2.2 พิจารณาผลงานในแต่ละกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบ และจัดอันดับผลงานเหล่านั้น โดยจัดอันดับผลงานไปที่ละกลุ่ม จนครบทั้งสามกลุ่ม

3.2.3 นำอันดับทั้งหมดมาเรียงต่อกันจะได้ผลงานที่ยอดเยี่ยมอันดับหนึ่ง สอง สาม ไป จนถึงอันดับสุดท้ายของกลุ่ม

3.2.4 ให้แปลงอันดับของผลงานที่เรียงไว้ทั้งหมด ออกมาเป็นตำแหน่งร้อยละ (Percent Position) ซึ่งเป็นการจัดอันดับของผลงานเหล่านั้น โดยให้คิดผลงานทั้งหมดเป็น 100 ขึ้น ดังนั้นตำแหน่งร้อยละที่ได้ออกมา จะบอกให้ทราบว่างานชิ้นนี้ได้อันดับนี้ในกลุ่ม จะกลายเป็นอันดับที่เท่าไรใน 100

3.2.5 ให้แปลงตำแหน่งร้อยละเป็นคะแนน โดยใช้บัญชีสำหรับแปลงอันดับคุณภาพให้เป็นคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงการวัดผลในภาคปฏิบัติ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้วัดความสามารถด้านทักษะของผู้เรียน บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ซึ่งเป็นบทเรียนที่มุ่งเน้นความสามารถด้านการปฏิบัติเป็นหลักในการประเมินแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติที่สร้างขึ้น ควรใช้วิธีการตรวจผลงานภาคปฏิบัติขึ้นมา เพื่อเป็นเกณฑ์ในกาให้คะแนน

#### 4. แบบทดสอบกับการวัดผลภาคปฏิบัติ

การออกแบบทดสอบที่เป็นข้อเขียนเพื่อวัดผลหลังการฝึกปฏิบัติการนั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้(อุทุมพร จามรมา.2529: 88)

4.1 ตามปกติการวัดผลภาคปฏิบัตินั้น เป็นการวัดในสถานการณ์ที่นักศึกษาปฏิบัติจริงไม่ว่าการวัดนั้นๆจะอยู่ในระดับที่เรียกว่า วัดเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนที่เรียกว่า Formative Evaluation หรือวัดผลเพื่อจะประเมินผลรวมที่เรียกว่า Summative Evaluation

4.2 ได้มีความหมายที่จะใช้แบบทดสอบข้อเขียนเพื่อวัดวิธีปฏิบัติงาน อาจารย์หลายท่านสอนนักศึกษาให้ปฏิบัติงานแล้ว ภายหลังจากออกข้อสอบเป็นข้อเขียนถามโดยการกำหนดสถานการณ์ขึ้นมาใหม่ แล้วให้นักศึกษานำเอาวิธีการที่เคยปฏิบัติงานจากสถานการณ์จริงมาตอบคำถามในสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นใหม่เป็นการประยุกต์ใช้วิธีปฏิบัติการ ตัวอย่างทางแพทยศาสตร์ซึ่งได้เคยสอนให้วินิจฉัยโรคผิวหนังหลายๆอย่างไปแล้ว แต่ในตอนสอบบางครั้งจัดทำสถานการณ์ขึ้นมาใหม่ เช่น มีภาพสีแสดงให้เห็นโรคผิวหนังพร้อมบอกอาการ แล้วให้ผู้สอบทำหน้าที่ตอบคำถามเพื่อวินิจฉัยโรค ถึงแม้ว่าการถามนี้จะเป็ข้อสอบเขียน แต่การถามแบบยกสถานการณ์เช่นนี้ก็พอจะทำนายพฤติกรรมการประยุกต์ความรู้ของผู้เรียนได้พอสมควร สิ่งที่จะต้องพึงระวังก็คือ การสร้างสถานการณ์ควรตรงกับสภาพความเป็นจริงของแบบทดสอบ ผู้ตอบถูกและในแนวทางปฏิบัติจริง ผู้ตอบก็สามารถปฏิบัติถูกต้องด้วย

#### ขั้นตอนการสร้างแบบวัดการฝึกปฏิบัติ

การสร้างแบบวัดทักษะปฏิบัติออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ (กัญญา ลินทรตันศิริกุล.2545:337-362)

1. ระบุจุดประสงค์ของกาปฏิบัติให้ชัดเจน โดยทั่วไปแล้วในการระบุจุดประสงค์จะใช้คำกริยาที่บ่งการกระทำ เช่น แสดงหรือสาธิต และสร้าง ดังตัวอย่าง เช่น

- 1.1 แสดงการวัดปริมาตรของของเหลวได้
- 1.2 แสดงวิธีการแบ่งครึ่งมุมออกเป็น 2 ส่วนได้
- 1.3 แสดงความสามารถในการจดชวเลขในอัตรา 25 คำต่อนาทีได้

2. กำหนดสถานการณ์ของการสอบ สถานการณ์ของการสอบนี้เป็นการกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนด

3. ระบุเกณฑ์การประเมินกระบวนการและผลงาน การกำหนดเกณฑ์ล่วงหน้าเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะทำให้การประเมินมีความเป็นปรนัยมากขึ้น ผู้ประเมินจะได้ตัดสินใจได้ถูกต้องว่าขั้นตอนใดผู้เรียนปฏิบัติถูกต้องหรือไม่ เพราะฉะนั้นเกณฑ์การประเมินจะต้องระบุขั้นตอนที่สำคัญๆของกระบวนการที่จะประเมินไว้ด้วย

เกณฑ์ที่กำหนด เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินกระบวนการหรือผลงาน หรือทั้ง 2 อย่างการกำหนดเกณฑ์จะต้องกำหนดให้ละเอียด เพื่อให้ผู้ประเมินสามารถประเมินได้อย่างมีระบบ และเกณฑ์ดังกล่าวจะต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบด้วย

สร้างแบบตรวจสอบรายการการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นแบบฟอร์มที่ให้ผู้ประเมินใช้ในการพิจารณาว่า ผู้เรียนปฏิบัติถูกต้องหรือไม่

### การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ

ความเชื่อถือได้ของผลการวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติอยู่ที่คุณภาพของเครื่องมือและการประเมินผลของผู้วัด คุณภาพของการวัดขึ้นอยู่กับความตรงและความเที่ยง การวิเคราะห์ความตรงของการวัดทักษะมีหลักการทำนองเดียวกับการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกล่าวคือ ในการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือ แม้เครื่องมือต่างชนิดกันก็อาจไม่มีความแตกต่างกัน เช่น ถ้าเครื่องมือวัดทักษะการปฏิบัติเป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติความตรงของเครื่องมือตรวจสอบได้ในทำนองเกี่ยวกับการตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและหากเครื่องมือวัดอยู่ในประเภทการสังเกต โดยหลักการแล้วประเภทของความตรงที่ศึกษาไม่แตกต่างกัน คือ ตรวจสอบความตามเนื้อหา ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ ความตรงเชิงจำแนก

#### ความตรงตามเนื้อหา

ความตรงตามเนื้อหา คือ ความสามารถของเครื่องมือวัดผล ที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง เครื่องมือที่มีคุณภาพดีตามคุณสมบัติด้านนี้ จะต้องมีเนื้อหาของสิ่งที่วัดครอบคลุมครบถ้วนตามจุดประสงค์ของการวัด ในการวัดทักษะการปฏิบัติ เครื่องมือวัดที่ดีจึงประกอบด้วยคุณสมบัติเหมาะสมของคุณลักษณะที่มุ่งวัด คุณลักษณะดังกล่าวแยกออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ คุณลักษณะที่ใช้วัดกระบวนการปฏิบัติงานและคุณลักษณะที่ใช้วัดผลงาน เนื้อหาที่อยู่ภายในเครื่องมือวัดจึงมีความแตกต่างกัน

เครื่องมือวัดทักษะการปฏิบัติในส่วนของกระบวนการครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวข้องกับกิจกรรมหรือขั้นตอนการทำงานในขณะที่เครื่องมือวัดผลงานครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวกับตัวบ่งชี้คุณภาพของผลงาน ไม่ว่าจะเป็นการวัดกระบวนการหรือผลงาน วิธีการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหามีหลักการที่ไม่แตกต่างกัน

ความตรงเชิงเนื้อหา เป็นการพิจารณาว่าข้อคำถามในเครื่องมือวัด ตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่ คำว่า “เนื้อหา” ครอบคลุมถึงความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความตรงเชิงเนื้อหา รวมถึงความตรงของข้อคำถาม และความตรงเชิงสุ่ม ความตรงของข้อคำถาม เป็นการพิจารณาว่า ข้อคำถามเป็นตัวแทนของเนื้อหาที่วัดหรือไม่ วิธีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาสามารถทำได้โดย ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิจะตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบข้อคำถามกับเนื้อหาที่ต้องการวัด เพราะฉะนั้นในการสร้างข้อคำถามผู้สร้างจะต้องระบุเนื้อหาที่ต้องการวัดให้ชัดเจน ตลอดจนรายละเอียดต่างๆและระบุว่าข้อคำถามใดสร้างตามเนื้อหาในเรื่องใดผู้ทรงคุณวุฒิก็จะประเมินแต่ละข้อคำถาม ว่าวัดตามเนื้อหา ที่ต้องการวัดหรือไม่ วิธีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จะต้องเตรียมแบบฟอร์มให้ผู้ทรงคุณวุฒิแสดงความคิดเห็นโดยให้คะแนนในแต่ละรายการ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงข้อมูลที่ได้จากการให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินจะนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติในการดัชนีความสอดคล้อง

## 2.6 การหาคุณภาพและประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

### 2.6.1 การหาคุณภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

ภายหลังจากการที่ได้สร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ จะต้องได้รับการตรวจสอบคุณภาพให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ก่อนที่จะนำไปใช้โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างเครื่องมือประเมินเนื้อหา หากพบว่าเนื้อหาส่วนใดไม่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของบทเรียนควรดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

2. ตรวจสอบและประเมินความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่สร้าง

2.1 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือประเมินให้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ โดยใช้วิธีการนำเอาเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบของเครื่องมือว่าเห็นด้วย/ไม่เห็นด้วย หรือใช้ได้/ใช้ไม่ได้ สำหรับองค์ประกอบภายในของแต่ละรายการ การแสดงความคิดเห็นดังกล่าวเป็นการแสดงทัศนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่จะมองไปที่องค์ประกอบภายในของเครื่องมือว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ หากพบว่าส่วนใดที่ผู้ทรงคุณวุฒิไม่ลงความคิดเห็นให้ขอคำยืนยันว่าประสงค์จะแสดงความคิดเห็นอย่างไร หรือหากได้รับยืนยันว่าไม่ต้องการแสดงความคิดเห็นให้ถือเอาว่าไม่เห็นด้วย

2.2 ประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะฐานสมรรถนะเนื้อหาบทเรียนและแผนการสอนและเครื่องมือเก็บข้อมูลอื่นๆ(ถ้ามี)ด้วยเครื่องมือประเมินที่ผ่านกระบวนการตามข้อ 2.1 โดยใช้ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา หรือผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีการผลิตสื่อที่เกี่ยวข้อง

3. ทำการปรับปรุง/แก้ไข และตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้แสดงความคิดเห็นเป็นอย่างไรให้ปรับปรุงหรือแก้ไขตามนั้น

4. นำเครื่องมือที่ได้รับการปรับปรุงแล้วนั้น ไปทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือต่างๆ ในกลุ่มต่างๆ อย่างน้อยที่สุดจำนวน 15 คน

5. วิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ หากพบว่าเครื่องมือใด ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควรดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไข และทำการทดสอบประสิทธิภาพซ้ำจนกว่าจะได้เกณฑ์ที่กำหนดเอาไว้

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

เมื่อครูทำการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน หรือวิธีสอน หรือนวัตกรรม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดลองใช้ และหาประสิทธิภาพของสิ่งที่พัฒนา เพื่อที่จะมั่นใจในการที่จะนำไปใช้ต่อไป การหาประสิทธิภาพนิยมใช้เกณฑ์ 80/80 ซึ่งมีวิธีการ 2 แนวทางดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด.2546: 153-156)

1. **แนวทางที่ 1** พิจารณาจากผู้เรียนจำนวนมาก(ร้อยละ 80) สามารถบรรลุผลในระดับสูง (ร้อยละ 80)

กรณีนี้เป็นนวัตกรรมสั้นๆ ใช้เวลาน้อย เนื้อหาที่สอนมีเรื่องเดียว เช่น ชุดการสอน 1 บทที่ใช้สอน 1 ชั่วโมง เป็นต้น เกณฑ์ 80/80 หมายถึง มีไม่ต่ำกว่า 80% ของผู้เรียนที่ทำได้ไม่ต่ำกว่า 80% ของคะแนนเต็ม ดังตัวอย่างในตาราง 2.3 ซึ่งเป็นผลของการสอบวัดผลหลังจากทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนที่ครูได้สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ผลการสอบวัดผลของผู้เรียน 5 คน หลังจากทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอน

ผู้เรียน	คะแนนที่ได้ (10 คะแนน)
ก.	8
ข.	10
ค.	9
ง.	9
จ.	7

จากตารางที่ 2.3 จะเห็นว่าจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ผู้ที่สอบได้ 8 คะแนนจนถึง 10 คะแนน เป็นผู้ที่ได้ไม่ต่ำกว่า 80% ซึ่งจะเห็นว่ามี 4 คน คือ ก ข ค และ ง จากทั้งหมด 5 คน นั่นคือ มีถึง 80% ของผู้เรียนทั้งหมดที่สอบได้ไม่ต่ำกว่า 80% แสดงว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เหตุผลเบื้องหลังการกำหนดเกณฑ์ 80/80 ก็คือ การที่สิ่งที่ครูผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถช่วยให้ผู้เรียนตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไปบรรลุผลได้ถึงระดับร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม ย่อมชี้ถึงการมีประสิทธิภาพสูง

2.แนวทางที่ 2 พิจารณาจากผลระหว่างดำเนินการและผลเมื่อสิ้นสุดการดำเนินการโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง(เช่น ร้อยละ 80)

กรณีใช้การสอนหลายครั้งมีเนื้อหาสาระมาก เช่น 3 บทขึ้นไป มีการวัดผลระหว่างเรียน (Formative) หลายครั้ง โดยวิเคราะห์คะแนนมาตรฐาน  $E_1/E_2$  โดยใช้สูตรดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2521 )

$$E_1 = \frac{\sum X}{A} \times 100 \quad \left( \text{หรือ } \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \right) \quad (2.5)$$

เมื่อ  $E_1$  = ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum X$  = คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน  
 $A$  = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน  
 $N$  = จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

$$E_2 = \frac{\sum F}{B} \times 100 \quad \left( \text{หรือ } \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \right) \quad (2.6)$$

เมื่อ  $E_2$  = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum F$  = คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน  
 $B$  = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน  
 $N$  = จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

โดยเกณฑ์ 80/80 มีความหมายดังนี้

80 ตัวแรก เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ )

80 ตัวหลัง เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_2$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพจึงเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ย เมื่อเทียบกับคะแนนเต็มซึ่งมีค่าสูงจึงจะชี้ถึงประสิทธิภาพได้ กรณีนี้ใช้ร้อยละ 80

## 2.6.2 แง่คิดเกี่ยวกับการกำหนดเกณฑ์

1. การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ สามารถกำหนดได้หลากหลายขึ้นกับครูผู้วิจัยจะกำหนดถ้าต้องการประสิทธิภาพสูง กำหนดค่าไว้สูง เช่น 90/90 แต่การกำหนดเกณฑ์ไว้สูงอาจพบปัญหาว่าไม่สามารถบรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้ การที่จะทำให้ผู้เรียนส่วนมากทำคะแนนได้จนเต็มมีค่าเฉลี่ยจนเต็ม คือร้อยละ 90 ขึ้นไปไม่ใช่เรื่องง่าย ดังนั้นจึงค่อยพบว่าการตั้งเกณฑ์ 90/90 ในงานวิจัยบางเรื่องตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่า 80 ทั้งด้านกระบวนการและผลลัพธ์โดยรวม เช่น ตั้งเกณฑ์ 70/70 ทั้งนี้เนื่องจากเห็นว่าเรื่องนั้นโดยธรรมชาติแล้วเป็นเรื่องที่ยาก เช่น วิชาเรขาคณิต เป็นต้น การตั้งเกณฑ์ไว้สูงจะพบว่าไม่อาจบรรลุผลได้ อย่างไรก็ตามไม่ควรตั้งเกณฑ์ต่ำเกินไปเช่นต่ำกว่า 70/70 ทั้งนี้เพราะถ้าสิ่งที่ครูพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพจริงแล้วจะต้องสามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลระดับสูงเป็นส่วนใหญ่ได้ การตั้งเกณฑ์ 50/50 หรือ 60/60 แสดงถึงว่าสามารถพัฒนาผู้เรียนได้โดยเฉลี่ยครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มหรือมากกว่าครึ่งหนึ่งเล็กน้อย(60%) ซึ่งไม่น่าจะเพียงพอ ครูพัฒนาได้มากกว่านั้น
2. การเขียนเกณฑ์ 80/80 ไม่ได้หมายถึงอัตราส่วน หรือสัดส่วนระหว่าง 2 ส่วนนี้โดยทั่วไปไม่ได้แปลความหมายโดยนำมาเปรียบเทียบกัน ดังนั้นครูผู้วิจัยอาจไม่เขียนในรูป 80/80 แต่เขียนในรูปอื่น เช่น 80,80 หรือแม้กระทั่งเขียนว่าใช้เกณฑ์ 80% ทั้งกระบวนการและผลโดยรวมก็ได้ การเขียน 80/80 เป็นเพียงการแยกส่วนของประสิทธิภาพของกระบวนการซึ่งเป็นเลข 80 ตัวหน้า กับประสิทธิภาพของผลโดยรวม ซึ่งเป็นเลข 80 ตัวหลัง
3. ครูผู้วิจัยอาจตั้งเกณฑ์ 2 ส่วน ไม่เท่ากันก็ได้ เช่น ตั้งเกณฑ์เป็น 70/80 ซึ่งหมายถึงว่าประสิทธิภาพของกระบวนการใช้ 70% ส่วนประสิทธิภาพของผลโดยรวมใช้ 80% ซึ่งไม่นิยมกำหนดลักษณะดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามไม่จำเป็นที่จะทำอะไรให้สอดคล้องกับความนิยมข้อสำคัญ คือเหตุผลเบื้องหลังของการตั้งเกณฑ์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการตั้งเกณฑ์แบบนั้นมีความเหมาะสมมีเหตุผลที่ดีกว่า

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภวัฒน์ ลาวณย์วิสุทธิ (2545 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาฝึกปฏิบัติตามทักษะความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องทรานซิสเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนฝึกปฏิบัติตามทักษะความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องทรานซิสเตอร์ นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี โดยเลือกตัวอย่างการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากประชากรได้จำนวน 20 คน

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนฝึกปฏิบัติตามทักษะความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องทรานซิสเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.25/81.75 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 75/75 สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ทวีศักดิ์ ไวยมิตร (2548: บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่อง การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประเภทพาสซีฟ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์ ประเภทพาสซีฟ นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับอนุปริญาตรีวิทยาศาสตร์ วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากประชากรได้จำนวน 20 คน

ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประเภทพาสซีฟ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.48/91.71 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

อรรถพล คงมาลัย (2550 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่อง บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 นำไปทดลองใช้กับผู้เข้าอบรมหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น รุ่นที่ 2 วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาช่างซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ จำนวน 30 คน

ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 พบว่า ผู้เข้าฝึกอบรมทั้งหมด จำนวน 30 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 100 สามารถผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ 92.2 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

นฤตย์ กวีสิทธิ์ (2552 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่อง บทเรียนช่วยฝึกทักษะตามฐานสมรรถนะ เรื่อง การติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบควบคุม มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะตามฐานสมรรถนะ เรื่อง การติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบควบคุม นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ จำนวน 20 คน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง

ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนช่วยฝึกทักษะตามฐานสมรรถนะ เรื่อง การติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบควบคุม ที่สร้างและพัฒนาขึ้น มีคุณภาพด้านเนื้อหาจัดอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.53 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ส่วนคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อจัดอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.68 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 และร้อยละ 80 ของผู้เรียน สามารถผ่านการทดสอบภาคทฤษฎีด้วยคะแนนร้อยละ 86.20 และร้อยละ 80 ของผู้เรียน สามารถผ่านการทดสอบภาคปฏิบัติด้วยคะแนนร้อยละ 95.61 อย่างมีประสิทธิภาพ

Cowen & Michael bee (1991) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทบาทของการนำ CBT เข้ามาใช้ในการผลิตอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่างๆที่เป็นผลผลิตจากโรงงานในปัจจุบันนั้นมีความยุ่งยากซับซ้อนและก่อให้เกิดปัญหาในการนำมาใช้งานเป็นอย่างมาก จึงได้นำหลักการของ CBT เข้ามาประยุกต์เพื่อใช้แก้ปัญหาสร้างความเข้าใจต่อการใช้งาน และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆเหล่านั้น หลักการของ CBT ได้มีการวิจัยต่อเนื่องกันมาตลอด แต่ได้มีผลการวิจัยถึงผลงานของ CBT ที่เกี่ยวกับผู้ใช้งานมีความรู้ในการใช้งานมากน้อยแค่ไหน ในการทดลองเกี่ยวกับการนำ CBT เข้ามาใช้ โดยทดลองกับนักเรียนนายเรือ 80 คน โดยมีการนำเสนอบทเรียนเป็นรายบุคคล โดยผ่านคอมพิวเตอร์ และในเนื้อหานั้นประกอบด้วยการนำเข้าสู่บทเรียนการปฏิบัติและมีการทดสอบหลังจากเรียนและปฏิบัติแล้ว โดยมีการตอบสนอง 4 รูปแบบ ในการตอบสนองนั้นก็จะต้องตอบสนองทั้งถูกผิด โดยคอมพิวเตอร์ ผลการทดลองพบว่ามี การตอบสนองโดยทันทีจะมีการรับรู้ที่ดีกว่า สำหรับผลตอบสนอง CBT นี้จะเป็นเทคนิคในการสอนที่ก่อให้เกิดผลดี เพราะ CBT นี้จะมุ่งเน้นไปที่ความตั้งใจ หรือความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการงานวิจัย

การดำเนินการงานวิจัย เรื่องบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุนทุศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นการศึกษาวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 4 กลุ่ม รวม 80 คน

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 40 คน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก โดยใช้กลุ่มการเรียนเป็นหน่วยการสุ่มจากประชากรทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียนๆ ละ 20 คน รวม 40 คน หลังจากนั้นทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลากอีกครั้ง เพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
2. แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
  - 2.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 2.2 แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ
3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ
  - 3.1 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ด้านเนื้อหา
  - 3.2 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ด้านเทคนิคการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือดังนี้

1. บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี และหลักการออกแบบของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดตลอดจนวิธีการสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะจากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง และปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิในการสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ โดยเลือกใช้โปรแกรม Adobe Captivate 6 ซึ่งมีระบบต่างๆ ที่ช่วยสร้างได้ง่าย มีการปฏิสัมพันธ์ที่หลากหลาย การเผยแพร่ทำได้โดยง่ายบนระบบปฏิบัติการ Windows และบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.2 สร้างต้นร่างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ ต่างๆ จึงดำเนินการจัดเนื้อหาไว้ในบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ แบ่งขั้นตอนการสร้างได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การออกแบบบทเรียนและสร้างบทเรียน ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การวิเคราะห์หลักสูตร วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205)
2. การกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียน
3. การวิเคราะห์เนื้อหาและกิจกรรม
4. การกำหนดขอบข่ายของบทเรียน

ขั้นที่ 2 การสร้างต้นร่างของบทเรียน จะประกอบไปด้วยเนื้อหา ที่แบ่งเป็นกรอบ (Frame) ตามวัตถุประสงค์และรูปแบบการนำเสนอ โดยร่างเป็นแต่ละกรอบย่อย เรียงตามลำดับ ตั้งแต่กรอบที่ 1 จนถึงกรอบสุดท้ายของแต่ละหัวข้อย่อย และต้นแบบนี้ ยังระบุภาพที่ใช้ในแต่ละกรอบพร้อมเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะของภาพ ความสัมพันธ์ของกรอบเนื้อหากับกรอบอื่นๆ ของบทเรียน

1.3 ผู้วิจัยได้นำต้นร่างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไข

1.4 การสร้างบทเรียน โดยดำเนินการตามต้นร่างที่วางไว้ทั้งหมด ตั้งแต่การออกแบบกรอบเปล่าหน้าจอ การกำหนดสีที่ใช้งานจริง รูปแบบ และขนาดของตัวอักษร สีของตัวอักษร

1.5 นำบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ประเมินคุณภาพของบทเรียน แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีรายนามดังต่อไปนี้

ด้านเนื้อหา

1. รศ.ดร. อธิพิงศ์ ชัยสายัณห์
2. ผศ.ดร.สันติ หวังนิพนพานโต
3. ผศ.ดร.ชัยพล ธงชัยสุรชต์กุล

### ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1. รศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข
2. ผศ.ดร.รัฐกรณ์ คิดการ
3. ดร.รัฐพล ประดับเวทย์

โดยใช้เกณฑ์การตีความของการแสดงความคิดเห็น จากผู้ทรงคุณวุฒิตามแบบของ John W. Best (อ้างใน ศักดิ์ ศศิกุลกมล. 2545: 54) ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย เพื่อทำการประเมินตามเกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น

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

ในการประเมิน คะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละด้าน จะต้องได้เกณฑ์ ( $\bar{x}$ ) ตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.18 (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

โดยข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ สรุปได้ดังนี้

- ควรเพิ่มตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของอุปกรณ์แต่ละชนิด
- ตัวอักษรและรูป หากมีขนาดใหญ่ขึ้นจะดีมาก

ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.36 (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

โดยข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ สรุปได้ดังนี้

- ควรระบุฐานสมรรถนะที่หน้าแรกของเนื้อหา เพื่อให้ทราบว่าการให้ฝึกอะไร
- เสียงบรรยายในวิดีโอเบาไป

1.6 เมื่อปรับปรุงบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะแล้ว ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 3 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกนักเรียนที่เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน โดยวิธีเลือกสุ่มอย่างเจาะจง เป็นนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่ไม่เคยเรียนวิชานี้มาก่อน เพื่อหาข้อบกพร่อง แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุงบทเรียน พบข้อบกพร่องคือ บางเมนูเชื่อมโยงเนื้อหาผิด และภาพวิดีโอแสดงขั้นตอนไม่ครบ จึงแก้ไขโดยการเชื่อมโยงเมนูกับเนื้อหาใหม่ และปรับขยายช่วงเวลาให้วิดีโอแสดงขั้นตอนจนครบ

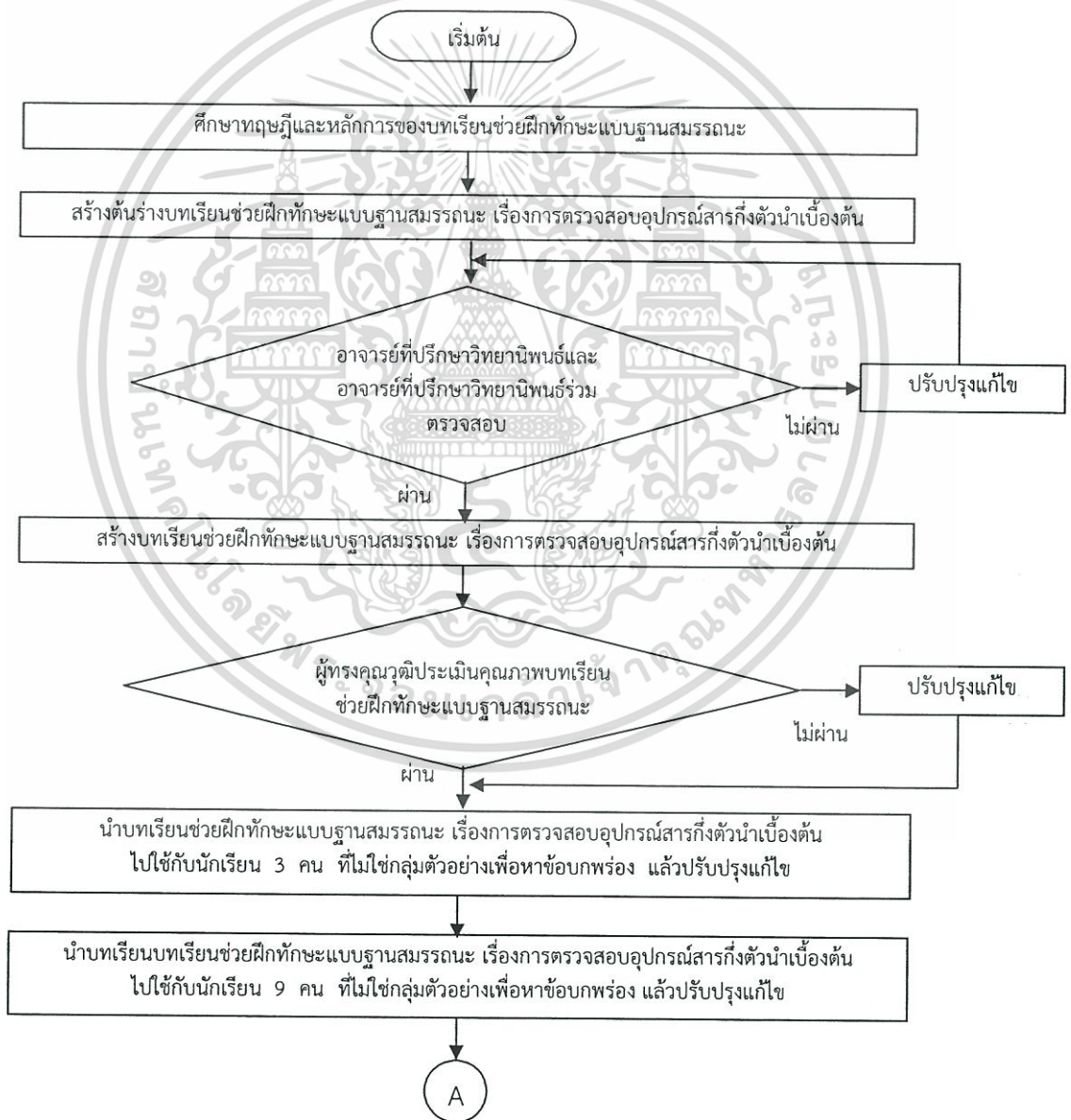
1.7 นำบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียน 9 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกนักเรียนที่เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 3 คน โดยวิธีเลือกสุ่มอย่างเจาะจง เป็นนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ที่ไม่เคยเรียนวิชานี้มาก่อน เพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบ

ฐานสมรรถนะ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข พบข้อบกพร่องคือ วิดีโออธิบายเร็วไป และเนื้อหาที่อธิบายเป็นภาพนิ่งมากเกินไป จึงแก้ไขถ่ายทำวิดีโอใหม่บางส่วน และปรับเนื้อหาให้เป็นภาพเคลื่อนไหวมากขึ้น โดยเนื้อหาจะให้ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์ได้ด้วย

1.8 ผู้วิจัยนำบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไข

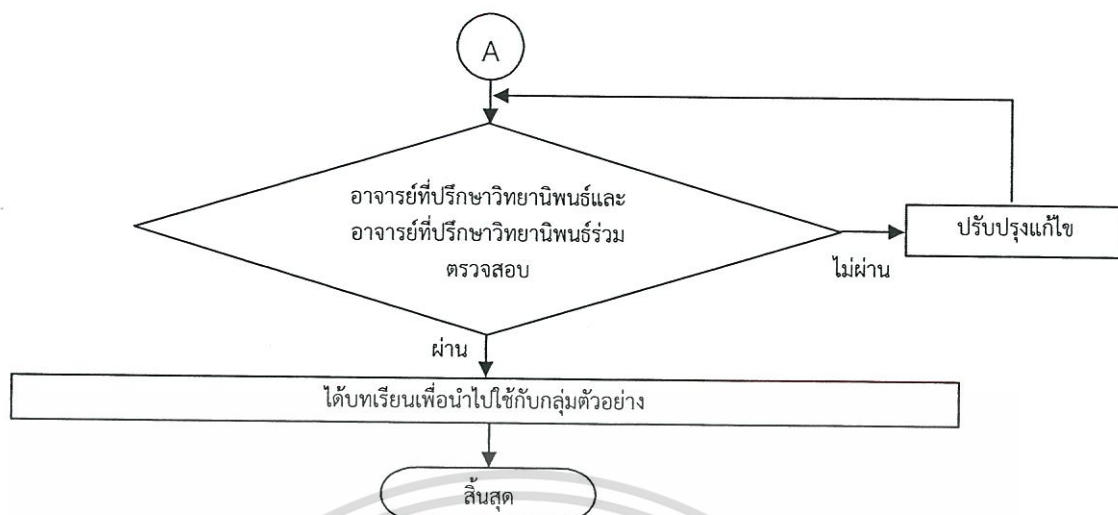
1.9 ได้บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง (ตัวอย่างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ แสดงในภาคผนวก จ)

การสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ดังมีรายละเอียดตามภาพที่ 3.1 ดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

## 2. แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางการเรียนของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ที่จัดทำขึ้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ

### 2.1 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

#### 2.1.1 ศึกษาเอกสารและวิธีการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 2.1.2 วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน

2.1.3 สร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 120 ข้อ กำหนดคะแนนที่ตอบถูกเป็น 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่าหนึ่งในข้อเดียวกันให้ 0 คะแนน แล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ

2.1.4 สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.1.5 นำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาประเมินการตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่เห็นว่ามี ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิง

พฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ นำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นเลือกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ไปใช้ ส่วนข้อที่มีค่าน้อยกว่า 0.5 นำไปปรับปรุง และแก้ไข ให้ได้ตามเกณฑ์ต่อไป (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2528: 88-90)

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีผลดังนี้ (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไดโอด มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ทรานซิสเตอร์ มีค่า IOC เท่ากับ 0.97

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เฟต มีค่า IOC เท่ากับ 0.95

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ทรานซิสเตอร์ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

2.1.6 นำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เคยผ่านการเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) มาแล้ว โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 (ปวช.2) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี ปีการศึกษา 2554 จำนวน 40 คน

2.1.7 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) เป็นรายข้อ แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป เพื่อนำไปใช้ในการวิจัย

2.1.8 คัดเลือกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 60 ข้อ ที่มีค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ดังนี้ (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไดโอด จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.38 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.65

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.45 – 0.73 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.50-0.60

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ทรานซิสเตอร์ จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.45-0.60

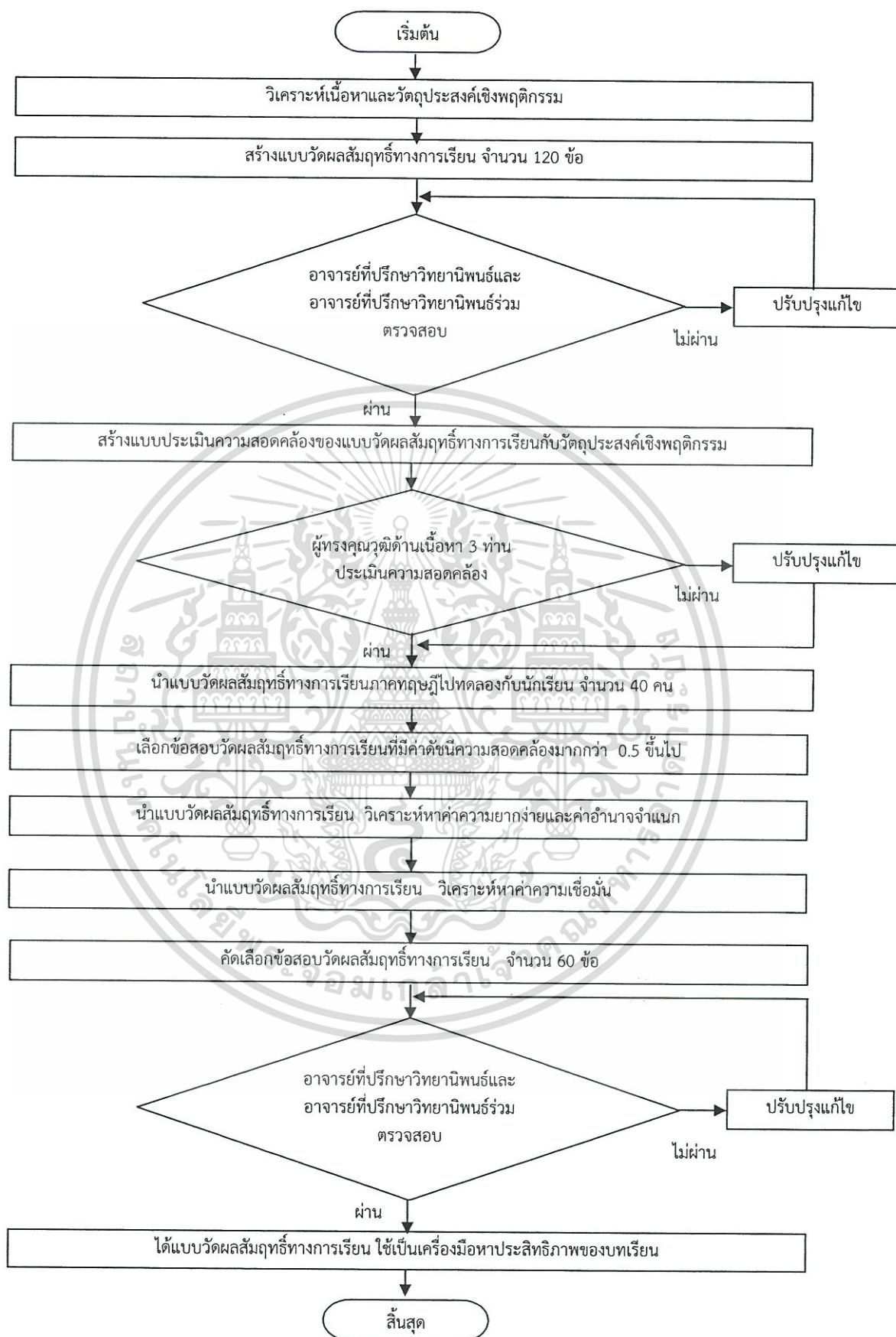
ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เฟต จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.65 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.40-0.60

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เอสซีอาร์ จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.45 – 0.65 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.45-0.55

2.1.9 หาความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ ( $r_{tt}$ ) โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ผลการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ จำนวน 60 ข้อ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96

2.1.10 นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ

2.1.11 ได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบการหาประสิทธิภาพของบทเรียน



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงอื่นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.2.1. ศึกษาเอกสารและวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ

2.2.2 วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

2.2.3 สร้างแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เป็นแบบวัดความสามารถแบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) โดยผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนน มีเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถดังนี้

ระดับ 3 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ขอคำแนะนำจากผู้สอน

ระดับ 2 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยขอคำแนะนำจากผู้สอน

ระดับ 1 สามารถปฏิบัติงานได้ แต่ต้องการคำแนะนำจากผู้สอนอย่างใกล้ชิด

ระดับ 0 ไม่สามารถปฏิบัติงานได้

2.2.4 นำแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ แล้วนำไปปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่อง

2.2.5 สร้างแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่านประเมิน

การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับรายการประเมินการปฏิบัติ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นที่เห็นว่ามี ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับรายการประเมินการปฏิบัติ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับรายการประเมินการปฏิบัติ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นที่เห็นว่าจะไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ นำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ ที่มีค่าความสอดคล้องเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป สามารถนำมาใช้เป็นแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติได้ ส่วนข้อที่มีค่าน้อยกว่า 0.5 นำไปปรับปรุงและแก้ไข ให้ได้ตามเกณฑ์ต่อไป (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์, 2528:88-90)

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ระหว่างแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีผลดังนี้ (รายละเอียดในภาพผนวกง)

แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เรื่อง ไดโอด มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เรื่อง ทรานซิสเตอร์ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เรื่อง เฟด มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

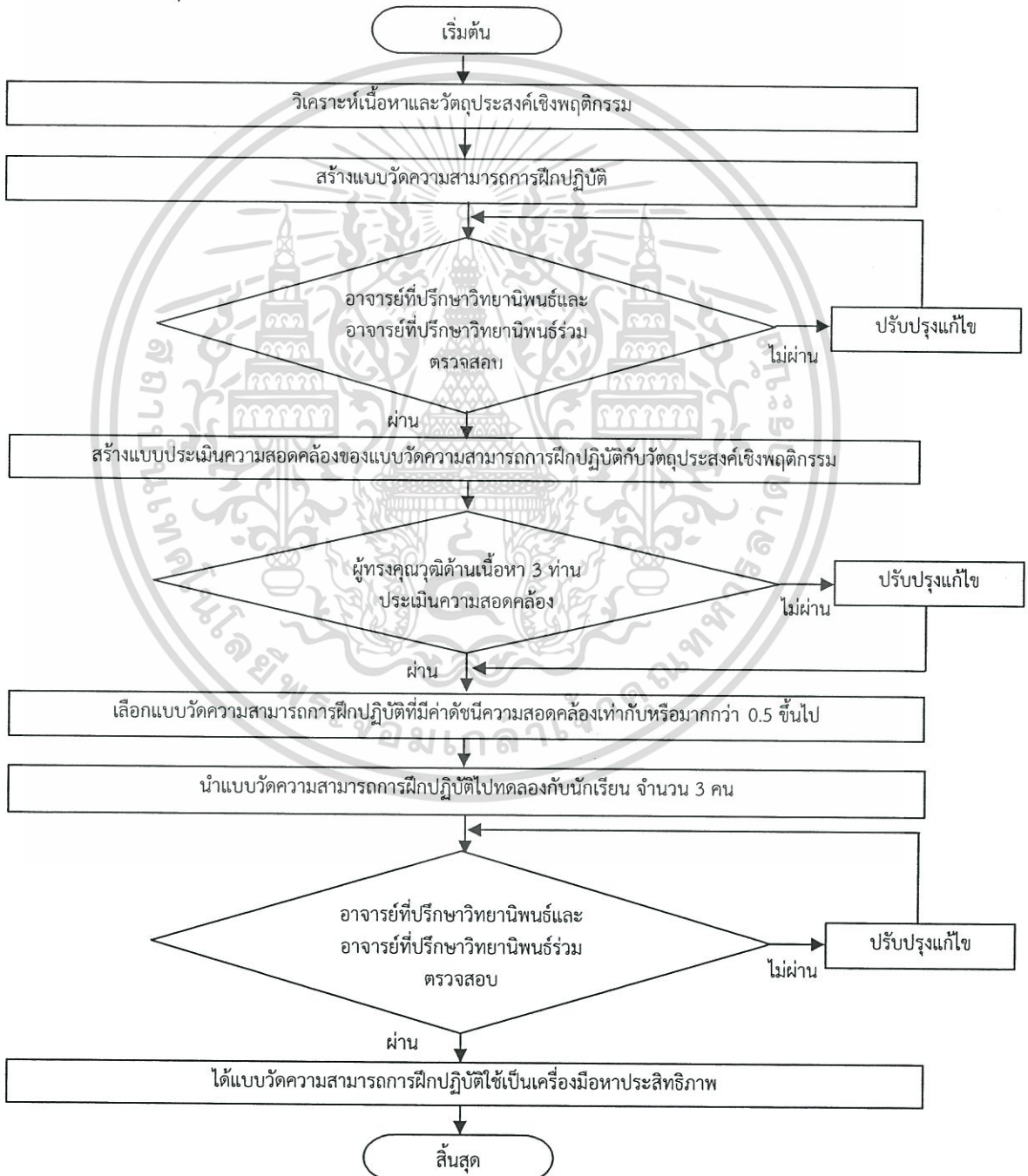
แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เรื่อง ทรานซิสเตอร์ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

2.2.6 นำแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติมาปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ทดลองใช้แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติกับนักเรียน จำนวน 3 คน โดยการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนที่เคยเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) มาแล้ว โดยเลือกนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับ เก่ง ปานกลาง และอ่อน นำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไข ผลจากการทดลองใช้แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ จะต้องใช้ร่วมกับแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่จะให้ผู้เรียนสอบปฏิบัติตามข้อสอบ แล้วผู้สอนทำการประเมินผู้เรียนที่ทำการสอบภาคปฏิบัติในแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ

2.2.8 ได้แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติที่ใช้เป็นเครื่องมือหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เพื่อนำไปใช้วิจัยกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป (รายละเอียดในผนวก ค)



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น โดยแบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 แบบ คือ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และแบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพทั้ง 2 แบบ ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 กำหนดวัตถุประสงค์และหัวข้อของแบบประเมินคุณภาพทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

3.2 สร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีลิเกิร์ต (Likert) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538) โดยแบบประเมินแต่ละด้านจะมีช่องให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน ซึ่งการประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง โดยระดับความคิดเห็นมีระดับคะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 คือ

- 5 หมายถึง ดีมาก
- 4 หมายถึง ดี
- 3 หมายถึง ปานกลาง
- 2 หมายถึง พอใช้
- 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

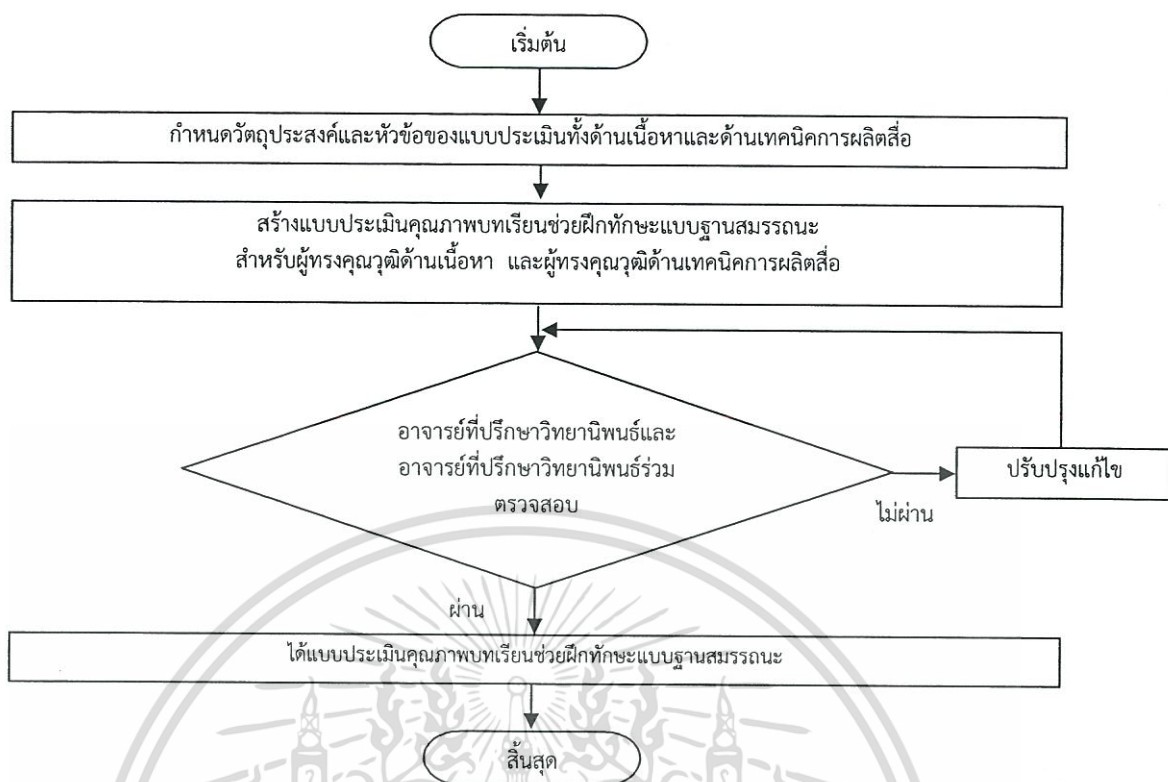
โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของการแสดงความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการตอบแบบประเมินคุณภาพมาคำนวณหาคะแนนเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) เพื่อประเมินระดับคุณภาพของบทเรียน

โดยเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคุณภาพของบทเรียนตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

4.50 - 5.00	มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
3.50 - 4.49	มีคุณภาพอยู่ในระดับดี
2.50 - 3.49	มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
1.00 - 1.49	มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3.3 นำแบบประเมินคุณภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ แล้วนำไปปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่อง

3.4 ได้แบบประเมินคุณภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของบทเรียน เพื่อให้บทเรียนมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (รายละเอียดในภาคผนวก ค)



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

### 3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ทำหนังสืออนุญาต และขออนุญาตจากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี

3.3.2 แจกให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง และกำหนดห้องที่ทำการทดลอง

3.3.3 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้ติดตั้งโปรแกรมบทเรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 20 ชุด ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี โดยนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อทดลองใช้บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการใช้บทเรียนและการฝึกปฏิบัติ หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาบทเรียนจากคอมพิวเตอร์ตามลำพัง โดยศึกษาเนื้อหาในแต่ละเรื่อง ถ้าไม่เข้าใจก็สามารถย้อนกลับไปเรียนในส่วนของเนื้อหานั้นใหม่ได้ และให้มีการฝึกปฏิบัติกับวัสดุอุปกรณ์จริงตามเนื้อหาบทเรียนภาคปฏิบัติ โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมการฝึกปฏิบัติ คอยให้คำแนะนำในส่วนที่ผู้เรียนไม่เข้าใจ

3.3.4 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มควบคุม ให้เรียนเนื้อหาจากผู้สอน โดยภาคทฤษฎีให้ใช้ใบความรู้ที่มีเนื้อหาที่เหมือนในบทเรียนช่วยฝึกแบบฐานสมรรถนะ ส่วนภาคปฏิบัติใช้การฝึกปฏิบัติจริงกับผู้สอนโดยใช้ใบงานที่มีเนื้อหาเหมือนในบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 จัดให้มีการทดสอบวัดความรู้ความสามารถของกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังจากเรียนจบ โดยการทำให้แบบทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบบนกระดาษ บันทึกผลคะแนนโดยผู้วิจัย ผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบนำมาคิดเป็นร้อยละ

ตอนที่ 2 ให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบภาคปฏิบัติ โดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติชุดเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น (รายละเอียดในภาคผนวก ค) ทำการสอบครั้งละ 5 คน มีผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตการณ์ปฏิบัติงานของผู้เรียน ประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยใช้แบบวัดความสามารถภาคปฏิบัติ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

หลังจากจบการทดสอบแล้ว นำผลคะแนนทั้ง 2 ตอน มาทำการเปรียบเทียบกับสัดส่วนคะแนนในการวัดผลคิดเป็นร้อยละ โดยให้คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 20 และคะแนนจากแบบวัดความสามารถภาคปฏิบัติ ร้อยละ 80 คิดเป็นอัตราส่วน 20:80 เมื่อรวมคะแนนทั้ง 2 ตอน ผู้ที่ได้คะแนนรวมร้อยละ 80 ขึ้นไป นับเป็นจำนวนผู้ที่สอบผ่านเกณฑ์นำคะแนนไปหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น และเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

สำหรับการแบ่งสัดส่วนคะแนนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งสัดส่วนของคะแนนตามเกณฑ์ของการประเมินผลในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) โดยการแบ่งคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 20 และคะแนนความสามารถฝึกปฏิบัติร้อยละ 80 นั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการที่จะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถในการฝึกปฏิบัติ ซึ่งจะต้องใช้ความรู้และความเข้าใจในทุกๆส่วนที่ได้เรียนในบทเรียน มาประยุกต์ใช้ในการทำแบบทดสอบการฝึกปฏิบัติ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) นั้นเอง

### 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบวัดความสามารถฝึกปฏิบัติกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2528:88-90)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.1)$$

IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถฝึกปฏิบัติ กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$  = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. หาค่าความเชื่อมั่น ( Reliability ) ใช้สูตรที่ KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน(Kuder-Richardson) ( พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2531 : 130 )

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (3.4)$$

เมื่อ  $r_{tt}$  = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ  
 $n$  = จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ  
 $p$  = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก  
 $q$  = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด

3.4.3. การประเมินคุณภาพของบทเรียนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยหาค่าเฉลี่ยเลขและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) ( พรณี ลีกิจวัฒน์. 2550 )

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} \quad (3.5)$$

เมื่อ  $\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ย

$\sum x$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$N$  = จำนวนคะแนนทั้งหมด

2. หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2550 )

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum fx^2 - (\sum fx)^2}{n(n-1)}} \quad (3.6)$$

เมื่อ  $S.D.$  = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง  
 $X$  = ข้อมูลแต่ละจำนวน  
 $f$  = ความถี่  
 $n$  = จำนวนข้อมูลทั้งหมด  
 $\Sigma$  = ผลรวม

3.4.4 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ โดยหาค่าร้อยละ

3.4.5 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ กับการเรียนจากการสอนปกติ ใช้สถิติ  $t$  - test โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีจำนวนนักเรียนเท่ากัน ดังนั้นจึงใช้สูตร  $t$  - test ชนิด Pooled Variance ( พรณี ลีกิจวัฒน์. 2550 ) สอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}} \quad (3.7)$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ  $t$  = ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนน  
ทดสอบหลังเรียน

$\bar{X}_1$  = คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

$\bar{X}_2$  = คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มควบคุม

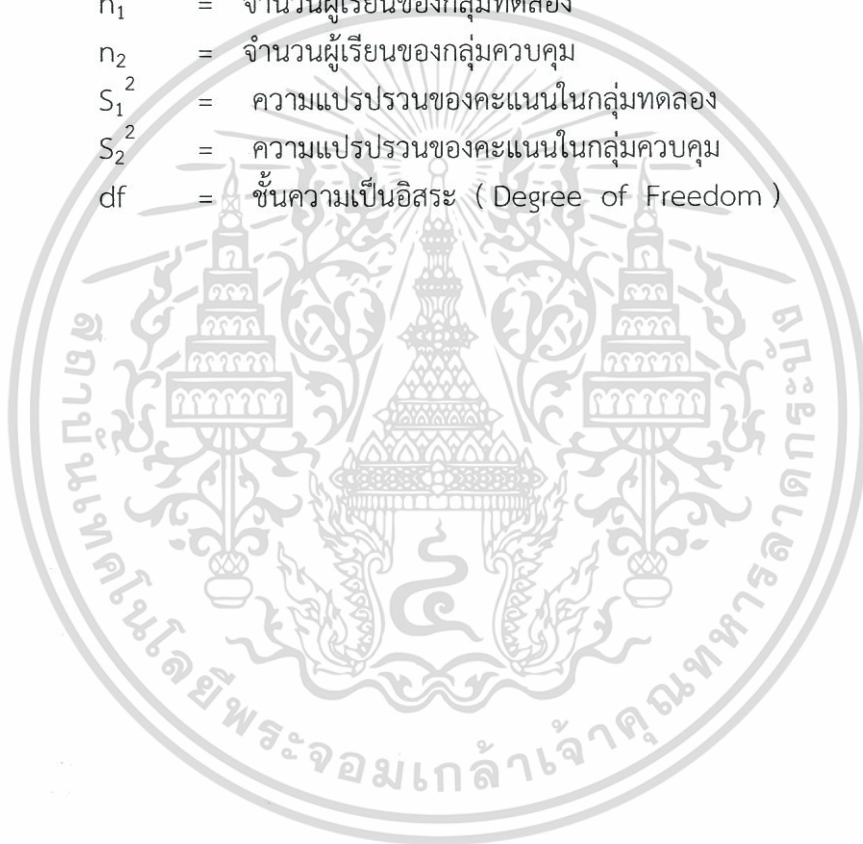
$n_1$  = จำนวนผู้เรียนของกลุ่มทดลอง

$n_2$  = จำนวนผู้เรียนของกลุ่มควบคุม

$S_1^2$  = ความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มทดลอง

$S_2^2$  = ความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มควบคุม

df = ชั้นความเป็นอิสระ ( Degree of Freedom )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น และเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ มีผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
2. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพ ของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ได้ผลการประเมิน แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	n=3		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
1	ด้านเนื้อหา			
	1.1 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
	1.2 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน	5.00	0.00	ดีมาก
	1.5 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
	1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	5.00	0.00	ดีมาก
	รวม	4.95	0.10	ดีมาก
2	ด้านรูปภาพและตัวอักษร			
	2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำอธิบาย	4.67	0.58	ดีมาก
	2.2 ความถูกต้องของภาพเคลื่อนไหวกับคำอธิบาย	5.00	0.00	ดีมาก
	2.3 ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของรูปแบบของตัวอักษรที่นำเสนอ	4.67	0.58	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	n=3		ระดับ คุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
	2.5 ความเหมาะสมของสีภาพ และกราฟิกกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
	รวม	4.98	0.35	ดีมาก
3	ด้านเวลาการนำเสนอ			
	3.1 ความเหมาะสมของเวลานำเสนอกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
	3.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	5.00	0.00	ดีมาก
	3.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	5.00	0.00	ดีมาก
	รวม	5.00	0.00	ดีมาก
	รวมทั้งหมดเฉลี่ย	4.90	0.18	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อหา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.18 แสดงว่าบทเรียนช่วยฝึกทักษะพื้นฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก

และผู้วิจัยได้นำบทเรียนช่วยฝึกทักษะพื้นฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน ได้ผลการประเมิน แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	n=3		ระดับ คุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
1	ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ			
	1.1 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบการนำเสนอ	4.67	0.58	ดีมาก
	1.3 ความสมบูรณ์ของบทเรียนช่วยฝึกทักษะ	4.33	0.58	ดี
	รวม	4.56	0.58	ดีมาก
2	ด้านรูปภาพและตัวอักษร			
	2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านสื่อความหมาย	5.00	0.00	ดีมาก
	2.2 ความคมชัดของภาพ	5.00	0.00	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของขนาด และสีตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
	2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพกับเสียงบรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
	รวม	4.92	0.15	ดีมาก
3	ด้านเสียง			
	3.1 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความถูกต้องของเสียง	5.00	0.00	ดีมาก
	3.3 ความเหมาะสมของดนตรีประกอบ	4.33	0.58	ดี
	รวม	4.67	0.38	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	n=3		ระดับคุณภาพ
		$\bar{X}$	S.D.	
4	ด้านเวลาการนำเสนอ			
	4.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
	4.2 ความเหมาะสมของเวลานำเสนอกับคำบรรยาย	5.00	0.00	ดีมาก
	4.3 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหาทั้งหมด	4.67	0.58	ดีมาก
	รวม	4.67	0.39	ดีมาก
	รวมทั้งหมดเฉลี่ย	4.69	0.36	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.36 แสดงว่าบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน โดยให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากบทเรียน เมื่อศึกษาจบผู้เรียนต้องเข้ารับการทดสอบโดยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมจำนวน 60 ข้อ และทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ จำนวน 25 ข้อ แล้วผู้สอนทำการประเมินการฝึกปฏิบัติตามแบบวัดความสามารถทางการฝึกปฏิบัติ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

คนที่	ภาคทฤษฎี (20%)	ภาคปฏิบัติ (80%)	รวมคะแนน (100%)	เกณฑ์	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	14.67	67.50	82.17	✓	
2	13.67	69.17	82.84	✓	
3	13.67	68.33	82.00	✓	
4	14.67	75.00	89.67	✓	
5	13.67	70.83	84.5	✓	
6	14.00	70.83	84.83	✓	
7	15.00	70.00	85.00	✓	
8	15.00	70.83	85.83	✓	
9	15.33	74.17	89.50	✓	
10	14.67	71.67	86.34	✓	
11	14.33	70.83	85.16	✓	
12	13.67	70.83	84.50	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

คนที่	ภาคทฤษฎี (20%)	ภาคปฏิบัติ (80%)	รวมคะแนน (100%)	เกณฑ์	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน
13	15.00	70.83	85.83	✓	
14	15.00	71.67	86.67	✓	
15	12.67	76.67	89.34	✓	
16	14.33	70.00	84.33	✓	
17	14.00	68.33	82.33	✓	
18	14.67	70.00	84.67	✓	
19	13.33	70.83	84.16	✓	
20	14.67	69.17	83.84	✓	
เฉลี่ย	14.30	70.87	85.18	ผ่าน 20 คน เท่ากับ 100%	

จากตารางที่ 4.3 แสดงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีผู้เรียนจำนวน 20 คน ที่ได้คะแนนสูงกว่าร้อยละ 80 คิดเป็นร้อยละ 100 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เท่ากับ 85.18 ดังนั้นบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยร้อยละ 80 ของนักเรียน สามารถฝึกทักษะผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยทุกหน่วย คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับกลุ่มควบคุมที่เรียนจากการสอนปกติ ได้ผลการเปรียบเทียบ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

คนที่	คะแนนของกลุ่มทดลอง(100%)	คะแนนของกลุ่มควบคุม(100%)
1	82.17	75.17
2	82.84	77.17
3	82.00	74.00
4	89.67	81.83
5	84.50	75.34
6	84.83	77.33

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

คนที่	คะแนนของกลุ่มทดลอง(100%)	คะแนนของกลุ่มควบคุม(100%)
7	85.00	79.83
8	85.83	81.00
9	89.50	83.66
10	86.34	81.66
11	85.16	82.50
12	84.50	76.83
13	85.83	81.50
14	86.67	80.34
15	89.34	85.67
16	84.33	77.50
17	82.33	81.50
18	84.67	78.34
19	84.16	77.84
20	83.84	78.33
เฉลี่ย	85.18	79.37

จากตารางที่ 4.4 คะแนนสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ที่เรียนกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 85.18 คะแนน และคะแนนสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 79.37 คะแนน

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียนของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	N	$\bar{X}$	S	S <sup>2</sup>	t
กลุ่มทดลอง	20	85.18	2.27	.51	6.810**
กลุ่มควบคุม	20	79.37	3.06	.68	

\*\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $\alpha = 0.01$ ,  $df = 38$ ,  $t = 2.4286$ )

จากตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียนของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่าคะแนนสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 85.18 คะแนน และคะแนนสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มควบคุม ที่เรียนจากการสอนปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 79.37 คะแนน นำมาหาค่าสถิติโดยใช้ t-test ผลการคำนวณค่า t-test ได้เท่ากับ 6.810 จากการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะมีสมรรถนะทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น และเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนในการสรุปผลดังต่อไปนี้

- 5.1 สรุปผลการวิจัย
- 5.2 อภิปรายผลการวิจัย
- 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

#### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
3. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

#### 5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในระดับดี ( $\bar{x} \geq 3.5$ ) ขึ้นไป
2. บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยร้อยละ 80 ของนักเรียน สามารถฝึกทักษะผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยทุกหน่วย คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป
3. สมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะสูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติ

#### 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 4 กลุ่ม รวม 80 คน อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 40 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก โดยใช้กลุ่มการเรียนเป็นหน่วยการสุ่มจากประชากรทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียนๆ ละ 20 คน รวม 40 คน หลังจากนั้นทำการสุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีการจับสลากอีกครั้ง เพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน

### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1. บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ที่ผ่านประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก

2. แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางการเรียน

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.38 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.65 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.96

2.2 แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ เป็นแบบสังเกตการณ์การฝึกปฏิบัติ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale)

3. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า ใช้สำหรับแสดงความคิดเห็นสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีต่อสื่อที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

3.1 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ด้านเนื้อหา

3.2 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

### 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล รายละเอียดดังนี้

1. ทำหนังสืออนุญาต และขออนุญาตจากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี

2. แจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง และกำหนดห้องที่ทำการทดลอง

3. กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้ติดตั้งโปรแกรมบทเรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 20 ชุด ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี โดยนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อทดลองใช้บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมการฝึกปฏิบัติ คอยให้คำแนะนำในส่วนที่ผู้เรียนไม่เข้าใจ

4. กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มควบคุม ให้เรียนเนื้อหาจากผู้สอน โดยภาคทฤษฎีให้ใช้ใบความรู้ที่มีเนื้อหาที่เหมือนในบทเรียนช่วยฝึกแบบฐานสมรรถนะ ส่วนภาคปฏิบัติใช้การฝึกปฏิบัติจริงกับผู้สอนโดยใช้ใบงานที่มีเนื้อหาเหมือนในบทเรียนช่วยฝึกแบบฐานสมรรถนะ

5. จัดให้มีการทดสอบวัดความรู้ความสามารถของกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังจากเรียนจบ โดยการทำแบบทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบบนกระดาษ บันทึกผลคะแนนโดยผู้วิจัย ผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบนำมาคิดเป็นร้อยละ

ตอนที่ 2 ให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบภาคปฏิบัติ โดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติชุดเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น (รายละเอียดในภาคผนวก ค) ทำการสอบครั้งละ 5 คน มีผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตการณ์ปฏิบัติงานของผู้เรียน ประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยใช้แบบวัดความสามารถภาคปฏิบัติ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

หลังจากจบการทดสอบแล้ว นำผลคะแนนทั้ง 2 ตอน มาทำการเปรียบเทียบกับสัดส่วนคะแนนในการวัดผลคิดเป็นร้อยละ โดยให้คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 20 และคะแนนจากแบบวัดความสามารถภาคปฏิบัติ ร้อยละ 80 คิดเป็นอัตราส่วน 20:80 เมื่อรวมคะแนนทั้ง 2 ตอน ผู้ที่ได้คะแนนรวมร้อยละ 80 ขึ้นไป นับเป็นจำนวนผู้ที่สอบผ่านเกณฑ์นำคะแนนไปหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น และเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

#### 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ดังนี้

1. การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2. การวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาความยากง่าย และหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3. การประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นของผู้ทรงคุณวุฒิในด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะตามสมมติฐาน คือ บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดยร้อยละ 80 ของนักเรียน สามารถฝึกทักษะผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยทุกหน่วย คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป

5. การเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

1.คุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นของผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ผลการคุณภาพของบทเรียนในด้านเนื้อหาที่มีค่าเฉลี่ยทั้งบทเรียนเท่ากับ 4.90 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.18 และด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีค่าเฉลี่ยทั้งบทเรียนเท่ากับ 4.69 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.36 ซึ่งบทเรียนนี้มีคุณภาพในระดับดีมาก

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นตามสมมติฐาน ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดยที่ร้อยละ 80 ของผู้เรียนสามารถผ่านเกณฑ์ได้คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป โดยมีผู้เรียนผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 100 และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 85.18 คะแนน

3. การเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียนของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะมีสมรรถนะทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 ในเนื้อหาเรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

### 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น สามารถแบ่งหัวข้อการอภิปรายผลได้ดังนี้

#### 1.การพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

จากผลการวิจัยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.2545 (ปรับปรุง พ.ศ.2546) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พบว่าบทเรียนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ จากการประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นของผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องมาจากบทเรียนมีเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหาที่มีความถูกต้อง และมีความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน และจากการประเมินคุณภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นของผู้ทรงคุณวุฒิในด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องมาจากบทเรียนมีลำดับขั้นตอนการนำเสนอที่เหมาะสม รูปภาพมีความชัดเจน ภาพเคลื่อนไหว ภาพเคลื่อนไหวที่ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน วิดีโอที่มีลำดับขั้นตอนการสอนที่ชัดเจนทำให้เข้าใจง่าย รูปแบบของเทคนิคการนำเสนอรูปภาพมีความน่าสนใจ แสดงว่าบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีคุณภาพสามารถนำไปสู่กระบวนการฝึกปฏิบัติที่เน้นฐานสมรรถนะ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. การหาประสิทธิภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

จากการนำบทเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน เป็นนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) ภาคเรียนที่ 2/2555 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้หลักการทางทฤษฎีจากสื่อบทเรียนที่มีการแสดงเนื้อหาเรื่อง การตรวจสอบสารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ประกอบด้วยเรื่อง ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต และเอสซีอาร์ ที่เป็นภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวที่มีการบรรยายเนื้อหาอย่างชัดเจน และภาพเคลื่อนไหวที่ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้ ซึ่งผู้เรียนจะเป็นผู้ควบคุมการดำเนินเนื้อหาด้วยตัวนักเรียนเอง ในส่วนการสอนภาคปฏิบัติ ในบทเรียนจะสอนด้วยวิดีโอที่มีการสอนการแบบทีละขั้นตอนที่ผู้เรียนสามารถฝึกปฏิบัติตามได้ทีละขั้นตอน และมีปุ่มควบคุมที่ผู้เรียนสามารถควบคุมการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนได้ หากมีขั้นตอนใดที่ปฏิบัติไม่ทันหรือไม่เข้าใจในขั้นตอนใดก็สามารถดูซ้ำได้ สามารถทบทวนบทเรียนได้ตามต้องการ เมื่อผู้เรียนศึกษาเนื้อหาแต่ละเรื่องจบแล้ว ก็จะทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละเรื่อง รวมทั้งหมด 5 เรื่อง เป็นจำนวน 60 ข้อ คิดเป็นคะแนนภาคทฤษฎี 20% หลังจากนั้นจะเข้าสู่การทดสอบภาคปฏิบัติ เพื่อวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติแบบฐานสมรรถนะ โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ รวมทั้งหมด 5 เรื่อง แล้วให้ผู้สอนสังเกตการฝึกปฏิบัติแล้วให้คะแนนตามแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติในแต่ละเรื่อง รวมคะแนนทั้งหมดทุกเรื่อง 96 คะแนน เป็นคะแนนภาคปฏิบัติ 80% รวมคะแนนทั้งหมดเป็น 100% สรุปผลการเรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น มีผู้เรียนผ่านเกณฑ์ 80% คิดเป็นร้อยละ 100 และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 85.18 คะแนน ดังนั้นบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ โดยร้อยละ 80 ของนักเรียน สามารถฝึกทักษะผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ยทุกหน่วย คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป ผลที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการที่ผู้เรียนได้ศึกษาจากบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นรูปแบบบทเรียนที่ใช้รูปแบบจำลองการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนที่ฝึกทักษะตามฐานสมรรถนะ ซึ่งมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นให้ความรู้(Know) ในเนื้อหาบทเรียนที่มีการนำเสนอที่เหมาะสม มีการบอกวัตถุประสงค์ของการเรียนในแต่ละเรื่องชัดเจน ขนาดตัวอักษร สี ตัวอักษร หรือฉากหน้า สีพื้นหลัง ภาพกราฟิก ความชัดเจนของรูปภาพ 2) ขั้นแสดงให้ดู(Show) ได้ใช้รูปแบบเทคนิคการนำเสนอรูปภาพนิ่ง และภาพวิดีโอสาธิตแสดงขั้นตอนการวัดและตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีการใส่ตัวหนังสือและเสียงบรรยายในขั้นตอนสาธิตการวัดและตรวจสอบอุปกรณ์ทุกขั้นตอน 3) ขั้นลงมือทำจริง(Do) ในบทเรียนมีการขั้นตอนของการฝึกปฏิบัติการวัดและตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีลำดับขั้นตอนการฝึกที่ชัดเจน ซึ่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามได้ทุกขั้นตอนได้จากคู่มือการฝึกประกอบ 4) ขั้นทบทวน (Review) ซึ่งผู้เข้าเรียนสามารถฝึกปฏิบัติทบทวนซ้ำได้ในส่วนที่ไม่เข้าใจ โดยไม่จำกัดจำนวนครั้งและข้อจำกัดในด้านเวลา จนกว่าจะทำได้ถูกต้องตามขั้นตอนทั้งหมดและมีความมั่นใจในตนเอง 5) ขั้นทดสอบ (Test and Pass Through) ซึ่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนและถูกต้องแล้ว จึงมาขอเข้ารับการทดสอบโดยมีแบบวัดความสามารถตามลำดับขั้นตอนที่ฝึกมา จึงทำให้ผู้เรียนสามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนฤตย์ กวีสิทธิ์ (2552 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่อง บทเรียนช่วยฝึกทักษะตามฐานสมรรถนะ เรื่อง การติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียมแบบควบคุม มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทักษะตามฐานสมรรถนะ เรื่อง การติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียมแบบควบคุม นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์ จำนวน 20 คน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนช่วยฝึกทักษะตามฐานสมรรถนะ เรื่อง การติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียมแบบควบคุม ที่สร้างและพัฒนาขึ้น มีคุณภาพด้านเนื้อหาจัดอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.53 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ส่วนคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อจัดอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.68 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 และร้อยละ 80 ของผู้เรียน สามารถผ่านการทดสอบภาคทฤษฎีด้วยคะแนนร้อยละ 86.20 และร้อยละ 80 ของผู้เรียน สามารถผ่านการทดสอบภาคปฏิบัติด้วยคะแนนร้อยละ 95.61 อย่างมีประสิทธิภาพ

### 3. การเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ

จากการศึกษาวิจัยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่าคะแนนสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ที่เรียนกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 85.18 คะแนน และคะแนนสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 79.37 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะมีสมรรถนะทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในเนื้อหาเรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นส่งผลต่อผู้เรียนทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะได้ออกแบบมาสำหรับให้ผู้เรียนได้เรียนตามความแตกต่างระหว่างบุคคล เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนด้วยตนเองได้อย่างเป็นอิสระ ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถ สามารถทบทวนการเรียนได้ตลอดเวลา และผู้เรียนสามารถเลือกเนื้อหาก่อนหลังได้ตามความต้องการ (รุจโรจน์ แก้วอุไร. 2543: 142) การสอนภาคปฏิบัติที่ผู้เรียนได้ดูขั้นตอนการวัดและตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำด้วยวิธีทัศน์ ซึ่งภาพจากวิธีทัศน์ช่วยกระตุ้นความสนใจและทำให้นักเรียนเข้าใจได้ดี (Cruickshang; Deborah; & Metcalt. 1995: 253) ผู้เรียนสามารถควบคุมควบคุมการเคลื่อนไหวของภาพวิธีทัศน์ได้ทันทีที่ต้องการดูภาพย้อนกลับ ซึ่งสภาวะเช่นนี้จะช่วยเพิ่มการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น (Duhrkopt. 1990: 295-296) นอกจากนี้เนื้อหาบทเรียนที่เป็นทดลองเสมือนจริง เมื่อผู้เรียนทำการทดลอง ผู้เรียนสามารถควบคุมการทดลองได้ และสามารถเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ได้ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. รูปแบบการฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ (CBST:Competency Based Skill Training) ที่ใช้บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ มีประโยชน์อย่างยิ่งในการฝึกความสามารถของผู้เรียนที่เน้นสมรรถนะ ส่วนขั้นตอนการฝึกปฏิบัตินั้น ประกอบด้วยขั้นตอนของการให้ความรู้ แสดงให้ดู ลงมือทำจริง แล้วทดสอบ เป็นการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้อย่างมีคุณภาพ

2.บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะที่สร้างขึ้น ควรต้องผสมผสานมัลติมีเดียเข้าไปด้วย เช่น บทเรียนที่เป็นภาพเคลื่อนไหวที่ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์ได้ และวิดีโอที่แสดงขั้นตอนการฝึกปฏิบัติพร้อมเสียงบรรยายควรเป็นเสียงที่คมชัดไม่มีเสียงรบกวน เป็นต้น

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ให้อยู่ในรูปแบบ E-Learning เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น ผู้เรียนควรสามารถประเมินผลการฝึกปฏิบัติได้ด้วยตนเอง โดยทำการประเมินจากแบบวัดความสามารถทางการฝึกปฏิบัติ ผู้เข้ารับการฝึกควรผ่านการเรียนรู้ และฝึกปฏิบัติให้เข้าใจจนสามารถฝึกปฏิบัติได้ถูกต้องตามลำดับขั้นตอนทั้งหมดก่อน จึงจะสามารถขอทำการทดสอบจากผู้สอน

2. ควรพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทักษะการปฏิบัติในรายวิชาอื่นต่อไป

## บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. 2542. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กรมอาชีวศึกษา. 2540. หลักสูตรวิชาชีพพระยะสั้น พุทธศักราช 2540. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์พระนคร.

กรมการพัฒนาฝีมือแรงงาน. 2543. คู่มือการพัฒนาชุดฝึก CBST. กรุงเทพฯ: สำนักงานที่ปรึกษาโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการพัฒนาฝีมือแรงงาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม.

กองการศึกษาอาชีพ. 2541. 8 ปีกองการศึกษาอาชีพ. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พรินท์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กานดา พูนลาภทวี. 2530. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: พิสิกส์เซ็นเตอร์.

กัญญา ลินทร์ตันศิริกุล. 2545. ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุโขทัยธรรมมาธิราช.

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2532. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คอมพิวเตอร์แม่กาซีน. 60-70 กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ ไวยมิตร. 2548. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประเภทพาสซีฟ.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธีรยุทธ พึ่งเที่ยร. 2543. สถิติเบื้องต้นและการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุตรไพศาล.

นนุช วรรณวหะ. 2535. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นฤตย์ ก้วสิทธิ์ .2552. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะตามฐานสมรรถนะ เรื่อง การติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบควบคุม.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บุญชม ศรีสะอาด. 2546. การวิจัยสำหรับครู. กรุงเทพฯ: สุริยาสาส์.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2528. การประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

บุญศรี พรหมมาพันธุ์. 2545. ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุโขทัยธรรมมาธิราช.

พรณี ลีกิจวัฒน์. 2541. วิธีการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. พรณี ลีกิจวัฒน์. 2541.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2531. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ไพศาล หวังพานิช. 2526. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ยุทธศักดิ์ สันตมาศ. 2543. “บทเรียนช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์โปรแกรมโฟโต้ชอป เรื่องการตกแต่งภาพด้วยอุปกรณ์ในกล่องเครื่องมือ.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวและเทคนิค

การศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รุจโรจน์ แก้วอุไร. (2543). “การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายใยแมงมุม.” ปริญญา นิพนธ์ กศ.ด. สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลิขสิทธิ์ ทองเพ็ญ. 2544. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถ เรื่องการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows NT Server.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัชร ตระกูลงาม. 2542. การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาประเทศ. กรุงเทพฯ: สมาธรรม.

ศักดิ์ ศศิกุลมล. 2545. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การตรวจสอบเครื่องรับโทรศัพท์.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศุภวัฒน์ ลาวัณย์วิสุทธิ. 2545. “การพัฒนาฝึกปฏิบัติตามทักษะความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง ทรานซิสเตอร์.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2535. การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุวิมล ว่องวานิช. 2546. การวัดทักษะการปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรไท ก้อนมณี. 2548. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องการถอดประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ วิชาการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เบื้องต้น หลักสูตรวิชาชีพพระยะสัน พุทธศักราช 2540.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรรคพล คงมาลัย. 2550. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5.” กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อุทุมพร จามรमान. 2529. บทคัดสรรทางวิชาการทดสอบ โครงการพัฒนาแบบทดสอบ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุโขทัยธรรมาธิราช.

Cowen&Michael B. 1991. “The Roel of Feedback in Computer-Based Training(CBT).” Dissertation Abstract international. Dec: 121.

Cruickshang, Donal R; Deborah I; & Metcalf, K. (1995). The Act of Teaching. New York: McGraw-Hill,Inc.

Duhrkopt, Richar. (1990, May). Computer Center: Reality & Randomness. The American Biology Teacher. 52(5): 295-296.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย

ภาคผนวก ข รายงานผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบภาคปฏิบัติ  
แบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติ และแบบประเมินคุณภาพบทเรียน  
ช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาคผนวก จ ตัวอย่างใบความรู้ และใบงาน

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างบทเรียนฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การ  
ตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

ภาคผนวก ช คู่มือการใช้บทเรียนฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การ  
ตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

## ภาคผนวก ก

หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศคณะกรรมการอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2554 ให้ดำเนินการดังนี้

นายอภิชาติ อนุกุลเวช รหัสประจำตัว 53630606 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “ บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ( Competency Based Skill Training on Testing Basic Semiconductor Devices ) โดยมี รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2554

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/0657



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหา

เรียน รศ.ดร.อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหา

ด้วยนายอภิชาติ อนุกุลเวช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิสุวรรณจักร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายอภิชาติ อนุกุลเวช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)  
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร 081-424-6639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/0657



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหา

เรียน ผศ.ดร.สันติ หวังนิพนพานโต

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหา

ด้วยนายอภิชาติ อนุกุลเวช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สาร  
กึ่งตัวนำเบื้องต้น” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิ  
สุวรรณจักร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
ด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย  
ของ นายอภิชาติ อนุกุลเวช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ  
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร 081-424-6639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/0657



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนผลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหา

เรียน ผศ.ดร.ชัยพล ธงชัยสุรศักดิ์กุล

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหา

ด้วยนายอภิชาติ อนุกุลเวช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายอภิชาติ อนุกุลเวช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร 081-424-6639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/0657



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านการผลิตสื่อ

เรียน รศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านการผลิตสื่อ

ด้วยนายอภิชาติ อนุกุลเวช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สาร  
กึ่งตัวนำเบื้องต้น” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิ  
สุวรรณจรรย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
ด้านการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้  
งานวิจัยของนายอภิชาติ อนุกุลเวช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ  
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)  
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-424-6639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/0657



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านการผลิตสื่อ

เรียน ผศ.ดร.รัฐกรณ์ คิดการ


สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านการผลิตสื่อ

ด้วยนายอภิชาติ อนุกุลเวช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สาร  
กึ่งตัวนำเบื้องต้น” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิ  
สุวรรณจรรย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
ด้านการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้  
งานวิจัยของนายอภิชาติ อนุกุลเวช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ  
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-424-6639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/0657



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านการผลิตสื่อ

เรียน ดร.รัฐพล ประดับเวทย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะด้านการผลิตสื่อ

ด้วยนายอภิชาติ อนุกุลเวช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สาร  
กึ่งตัวนำเบื้องต้น” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิ  
สุวรรณจักร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
ด้านการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้  
งานวิจัยของนายอภิชาติ อนุกุลเวช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ  
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)  
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-424-6639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ ๐ ๖ 77



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

1๑ กุมภาพันธ์ 2556

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะเพื่อการวิจัย

ด้วยนายอภิชาติ อนุกุลเวช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สาร  
กึ่งตัวนำเบื้องต้น” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.พีระวุฒิ  
สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์  
จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายอภิชาติ อนุกุลเวช ทดลองใช้บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับ  
นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ ภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร.081-424-6639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
ด้านเนื้อหา**

**1. รศ.ดร.อิทธิพงษ์ ชัยสายัณห์**

**สถานที่ทำงาน**

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

**การศึกษา**

ปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (วศ.ด.) วิศวกรรมไฟฟ้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**2. ผศ.ดร.สันติ หวังนิพนานโต**

**สถานที่ทำงาน**

ภาควิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

**การศึกษา**

ปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (วศ.ด.) เทคโนโลยีพลังงาน  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

**3. ผศ.ดร.ชัยพล ธงชัยสุรชต์กุล**

**สถานที่ทำงาน**

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**การศึกษา**

ปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (วศ.ด.) วิศวกรรมไฟฟ้า

VANDERBILT UNIVERSITY, United States of America

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ**

**1. รศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข**

**สถานที่ทำงาน**

ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**การศึกษา**

ปริญญาเอก ครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (ค.ด.) เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**2. ผศ.ดร.รัฐกรณ์ คิดการ**

**สถานที่ทำงาน**

โปรแกรมเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

**การศึกษา**

ปริญญาเอก การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (กศ.ด.) เทคโนโลยีทางการศึกษา  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**3. ดร.รัฐพล ประดับเวทย์**

**สถานที่ทำงาน**

ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**การศึกษา**

ปริญญาเอก การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (กศ.ด.) เทคโนโลยีทางการศึกษา  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

## ภาคผนวก ค

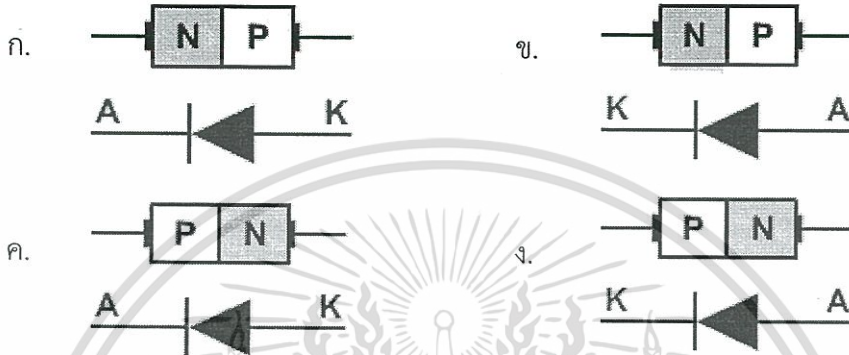
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบทดสอบภาคปฏิบัติ
- แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ
- แบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเนื้อหา
- แบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องไดโอด

### คำสั่ง

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย (X) หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. รูปโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอดในข้อใดที่มีความสัมพันธ์กัน



2. ไดโอดชนิดเยอรมันเนียม จะนำกระแสเมื่อใด

- ก. แรงดันไบอัสตรงตกคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.3 v
- ข. แรงดันไบอัสกลับตกคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.3 v
- ค. แรงดันไบอัสตรงตกคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.7 v
- ง. แรงดันไบอัสกลับตกคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.7 v

3. ไดโอดชนิดซิลิกอนจะนำกระแสเมื่อใด

- ก. แรงดันไบอัสตรงคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.3 V
- ข. แรงดันไบอัสกลับคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.3 V
- ค. แรงดันไบอัสตรงคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.7 V
- ง. แรงดันไบอัสกลับคร่อมไดโอดมีค่าประมาณ 0.7 V

4. การไบอัสตรงมีผลต่อช่องว่างบริเวณรอยต่อ PN ของไดโอดอย่างไร

- ก. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ PN ไปรวมกับโฮลทำให้ช่องว่างแคบลง
- ข. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่เข้าหาบริเวณต่อ PN ทำให้ช่องว่างแคบลง
- ค. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่ออกจากบริเวณต่อ PN ทำให้ช่องว่างแคบลง
- ง. อิเล็กตรอนและโฮลจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจนทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อหายไป

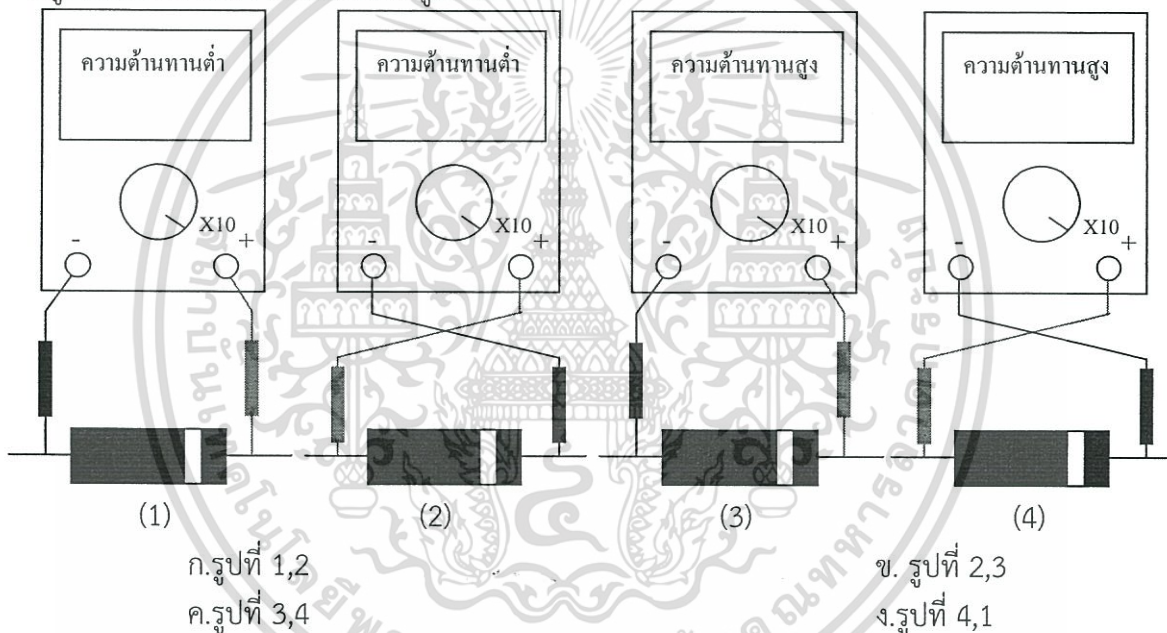
5. การไบอัสกลับมีผลต่อช่องว่างบริเวณรอยต่อ PN ของไดโอดอย่างไร

- ก. อิเล็กตรอนและโฮลจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจนทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อหายไป
- ข. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ PN ไปรวมต่อกับโฮลทำให้ช่องว่างแคบลง
- ค. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่เข้าหาบริเวณรอยต่อ PN ทำให้ช่องว่างแคบลง
- ง. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่ออกจากบริเวณต่อ PN ทำให้ช่องว่างกว้างขึ้น

6. เมื่อไดโอดได้รับไบอัสตรงจะมีคุณสมบัติอย่างไร
- ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด
  - มีกระแสไหลจากอานอดไปยังคาโทด
  - แรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายไฟ
  - ไดโอดจะมีความต้านทานสูง

7. เมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับจะมีคุณสมบัติอย่างไร
- ไดโอดจะมีความต้านทานต่ำ
  - แรงดันรีเวิร์สตกคร่อมไดโอดมีค่า 0.7 V.
  - มีกระแสไหลจากคาโทดไปยังอานอดสูงมาก
  - ไดโอดไม่นำกระแส

8. รูปใดแสดงการตรวจสอบไดโอดที่ถูกต้อง



9. ผลการวัดในข้อใดแสดงว่าไดโอดดี

- วัดแล้วขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง
- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง
- วัดแล้วเข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง
- วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน

10. ผลการวัดในข้อใดแสดงว่าไดโอดขาด

- วัดแล้วขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง
- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง
- วัดแล้วเข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง
- วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เรื่อง ไตโอด

- ข้อที่ 1. ข  
ข้อที่ 2. ก  
ข้อที่ 3. ค  
ข้อที่ 4. ก  
ข้อที่ 5. ง  
ข้อที่ 6. ข  
ข้อที่ 7. ง  
ข้อที่ 8. ง  
ข้อที่ 9. ก  
ข้อที่ 10. ข



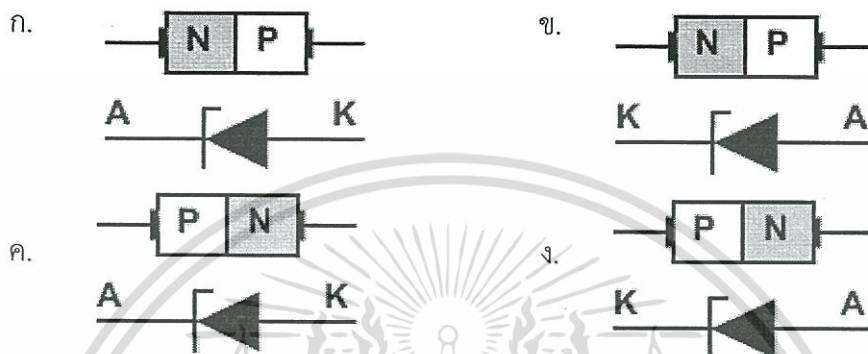
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องซีเนอร์ไดโอด

### คำสั่ง

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย (X) หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. รูปโครงสร้างและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอดในข้อใดสัมพันธ์กัน



2. การไบอัสตรงให้ซีเนอร์ไดโอดมีผลต่อช่องว่างบริเวณรอยต่อ PN อย่างไร

- ก. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่ออกห่างจากบริเวณรอยต่อ PN ทำให้ช่องว่างกว้างขึ้น
- ข. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ PN ไปรวมกับโฮลทำให้ช่องว่างแคบลง
- ค. อิเล็กตรอนและโฮลมีจำนวนเพิ่มขึ้น จนทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อหายไป
- ง. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่เข้าหาบริเวณรอยต่อ PN ทำให้ช่องว่างแคบลง

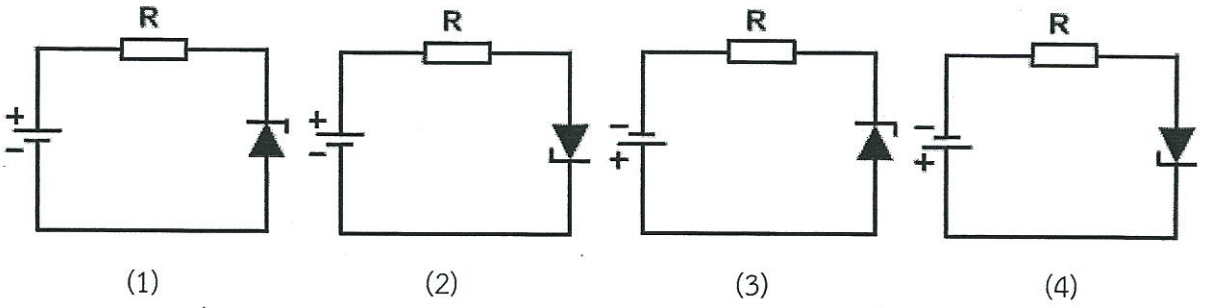
3. การไบอัสกลับให้ซีเนอร์ไดโอดมีผลต่อช่องว่างบริเวณรอยต่อ PN อย่างไร

- ก. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่เข้าหาบริเวณรอยต่อ PN ทำให้ช่องว่างแคบลง
- ข. อิเล็กตรอนและโฮลจะเคลื่อนที่ออกห่างจากบริเวณรอยต่อ PN ทำให้ช่องว่างกว้างขึ้น
- ค. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ PN ไปรวมกับโฮลอย่างรวดเร็วทำให้ช่องว่างแคบลง
- ง. อิเล็กตรอนและโฮลจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นจนทำให้ช่องว่างรอยต่อหายไป

4. ซีเนอร์เบรกดาวน์ หมายถึง อะไร

- ก. การที่กระแสไหลผ่านรอยต่อ PN เมื่อซีเนอร์ไดโอดได้รับไบอัสกลับโดยไม่เสียหาย
- ข. การที่อิเล็กตรอนและโฮลมีจำนวนเพิ่มขึ้นจนทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อหายไป
- ค. การที่กระแสไฟฟ้าผ่านรอยต่อ PN เมื่อซีเนอร์ไดโอดได้รับไบอัสตรง
- ง. การรวมตัวของอิเล็กตรอนและโฮลจำนวนมาก

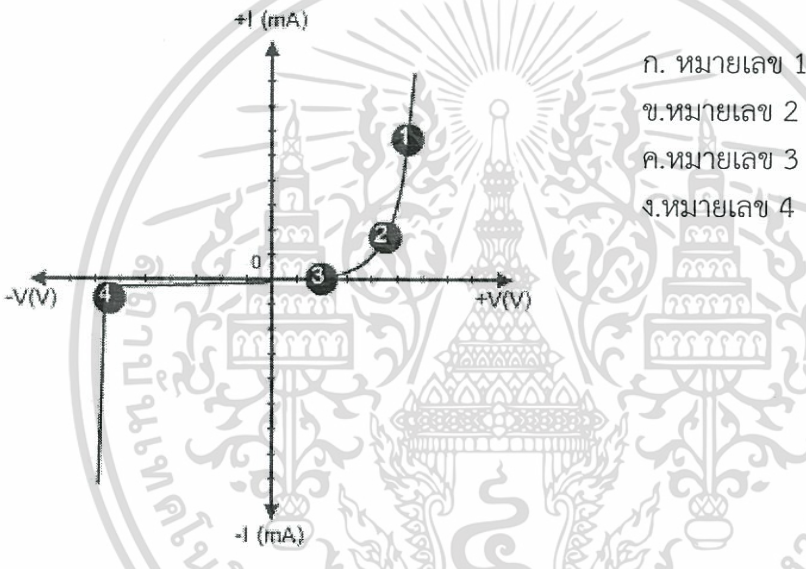
5. วงจรใดเป็นการต่อซีเนอร์ไดโอดแบบไบอัสตรง



(1)  
ก. วงจรที่ 1,2  
ค. วงจรที่ 2,3

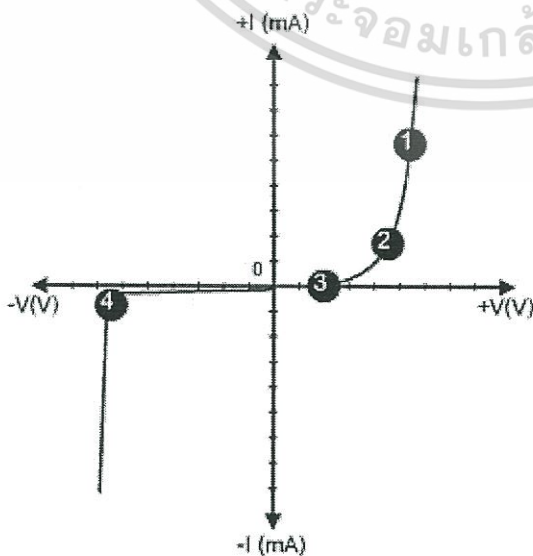
(3)  
ข. วงจรที่ 3,4  
ง. วงจรที่ 1,4

6. หมายเลขใดบนกราฟที่แสดงจุดทำงานด้านไบอัสตรงของซีเนอร์ไดโอด



ก. หมายเลข 1  
ข. หมายเลข 2  
ค. หมายเลข 3  
ง. หมายเลข 4

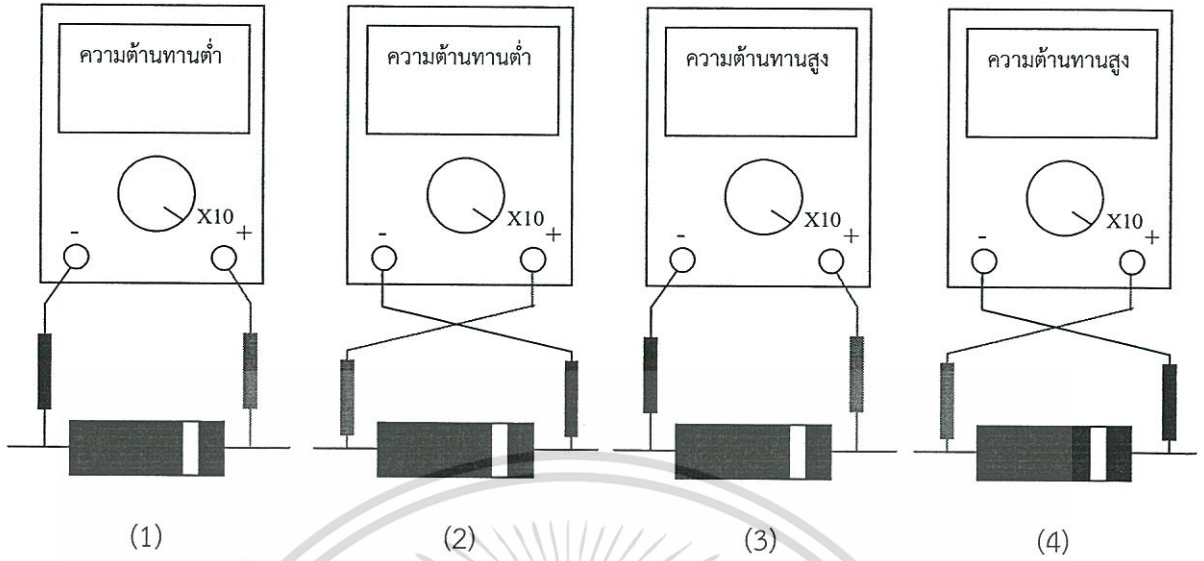
7. หมายเลขใดบนกราฟที่แสดงจุดซีเนอร์เบรกดาวน์



ก. หมายเลข 1  
ข. หมายเลข 2  
ค. หมายเลข 3  
ง. หมายเลข 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8. รูปใดแสดงวิธีการตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดที่ถูกต้อง



(1)

(2)

(3)

(4)

ก. รูปที่ 1,2

ค. รูปที่ 3,4

ข. รูปที่ 2,3

ง. รูปที่ 4,1

## 9. ผลการวัดในข้อใดแสดงว่าซีเนอร์ไดโอดดี

- ก. วัดแล้วเข็มขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง
- ข. วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง
- ค. วัดแล้วเข็มขึ้นสุดเกลททั้ง 2 ครั้ง
- ง. วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน

## 10. ผลการในข้อใดแสดงว่าซีเนอร์ไดโอดซัด

- ก. วัดแล้วเข็มขึ้นไม่มาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง
- ข. วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง
- ค. วัดแล้วเข็มขึ้นสุดเกลททั้ง 2 ครั้ง
- ง. วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน

ใบเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด

- ข้อที่ 1. ข  
ข้อที่ 2. ง  
ข้อที่ 3. ข  
ข้อที่ 4. ก  
ข้อที่ 5. ค  
ข้อที่ 6. ข  
ข้อที่ 7. ง  
ข้อที่ 8. ง  
ข้อที่ 9. ก  
ข้อที่ 10. ค



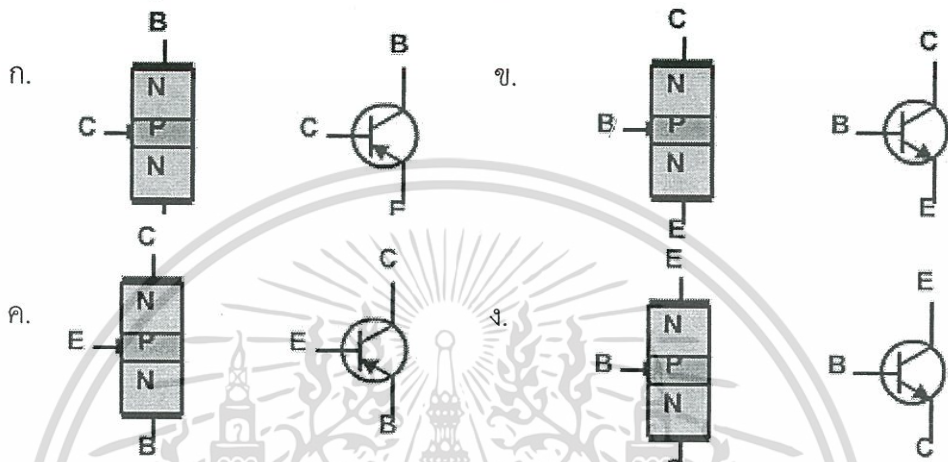
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ทρανซิสเตอร์

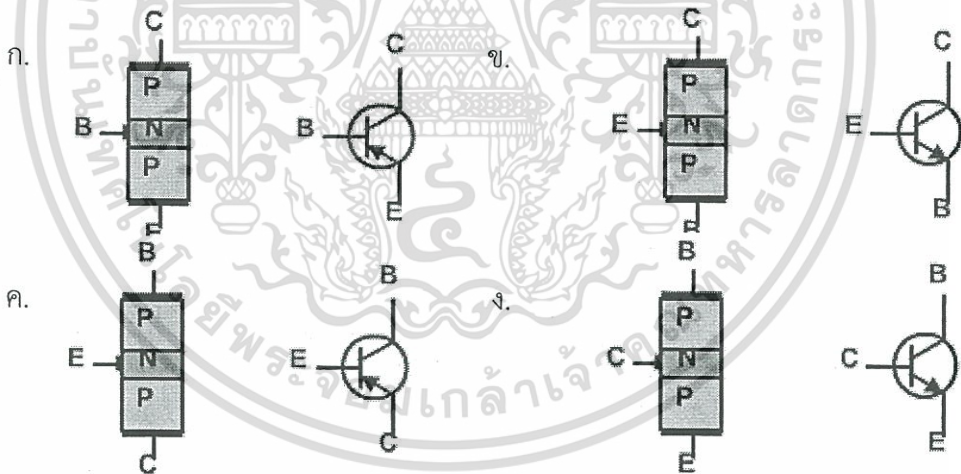
**คำสั่ง**

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย (X) หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

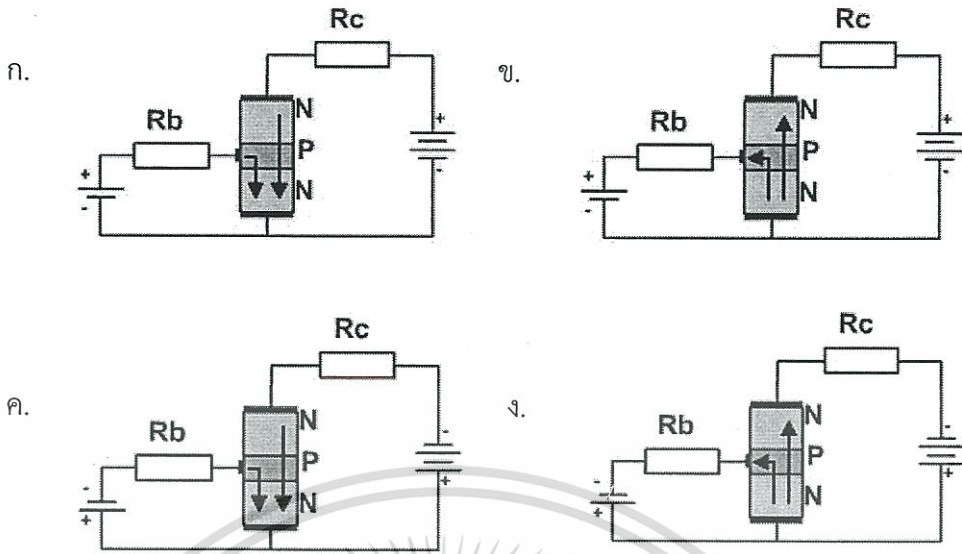
1.รูปโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิดใด NPN



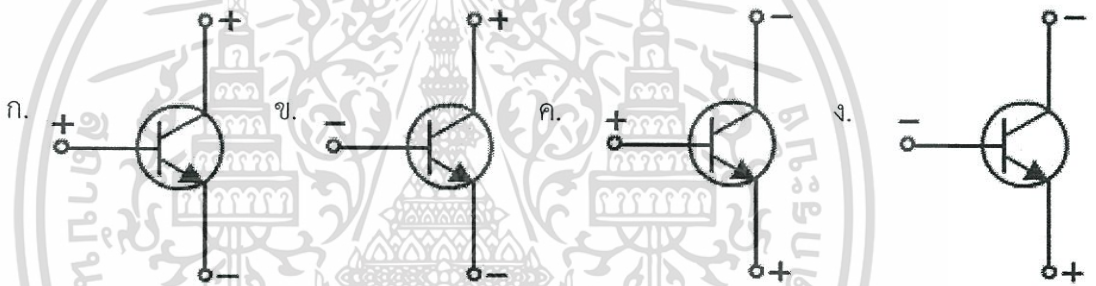
2.รูปโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิดใด PNP



3. ข้อใดแสดงทิศทางการไหลของกระแสอิเล็กตรอน



4. ข้อใดกำหนดศักย์ไฟฟ้าให้แก่ทรานซิสเตอร์ NPN ได้อย่างถูกต้อง



5. แรงดันเบส-อิมิตเตอร์  $V_{BE}$  ที่ทำให้ซิลิกอนทรานซิสเตอร์นำกระแสได้มีค่าเท่าใด

- ก. ประมาณ 0.2-0.3 V
- ข. ประมาณ 0.4-0.5 V
- ค. ประมาณ 0.6-0.7 V
- ง. ประมาณ 1.0-1.2 V

6. กระแส  $I_C$  สัมพันธ์กับแรงดัน  $V_{BE}$  และกระแส  $I_B$  อย่างไร

- ก. เมื่อ  $V_{BE}$  เพิ่มขึ้น  $I_B$  ลดลง ทำให้  $I_C$  ลดลง
- ข. เมื่อ  $V_{BE}$  ลดลง  $I_B$  เพิ่มขึ้น ทำให้  $I_C$  ลดลง
- ค. เมื่อ  $V_{BE}$  เพิ่มขึ้น  $I_B$  เพิ่มขึ้นทำให้  $I_C$  เพิ่มขึ้น
- ง. เมื่อ  $V_{BE}$  ลดลง  $I_B$  ลดลง ทำให้  $I_C$  เพิ่มขึ้น

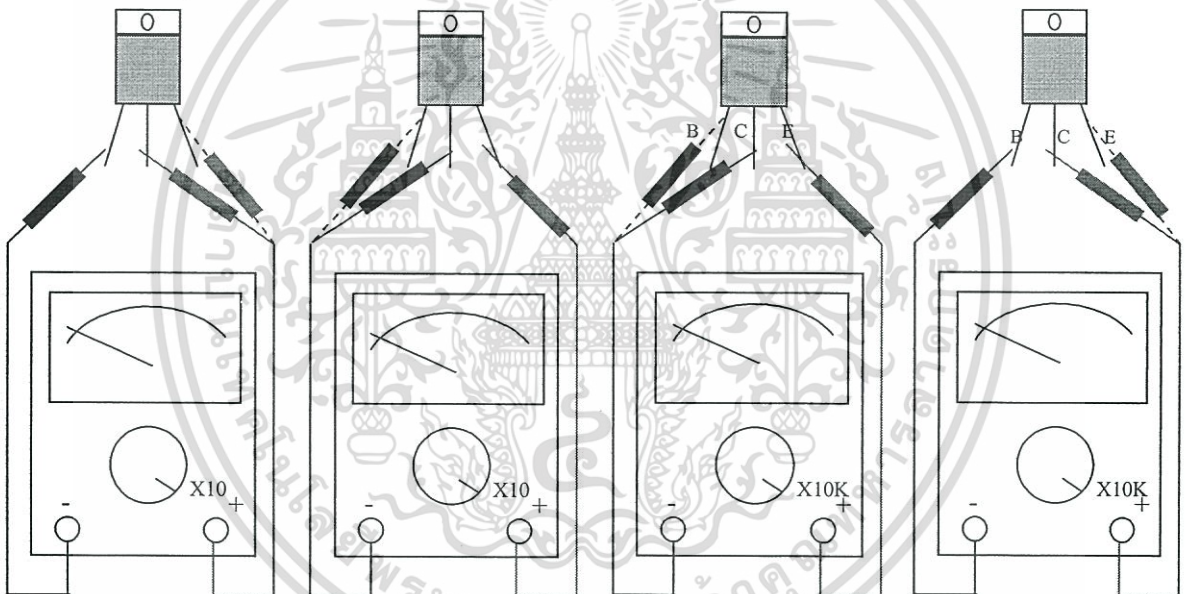
7. กระแส  $I_B$ ,  $I_C$ , และ  $I_E$  สัมพันธ์กันอย่างไร

- ก.  $I_C = I_E + I_B$   
 ข.  $I_C = I_B - I_E$   
 ค.  $I_E = I_C - I_B$   
 ง.  $I_E = I_C + I_B$

8. ข้อใดกล่าวถึงอัตราขยายกระแสไฟตรงของทรานซิสเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

- ก.  $\beta = I_C \times I_B$   
 ข.  $\beta = I_C \times I_E$   
 ค.  $\beta = \frac{I_C}{I_B}$   
 ง.  $\beta = \frac{I_B}{I_C}$

9. ภาพใดแสดงวิธีวัดหาค่าของทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN ได้ถูกต้อง



วัดแล้วเข็มวัดขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา B

(1)

ก. รูปที่ 1,3

ค. รูปที่ 2,3

วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา B

(2)

วัดขาใดแล้วเข็มขึ้น คือ ขา E  
วัดแล้วขาไม่ขึ้น คือ ขา C

(3)

ข. รูปที่ 1,4

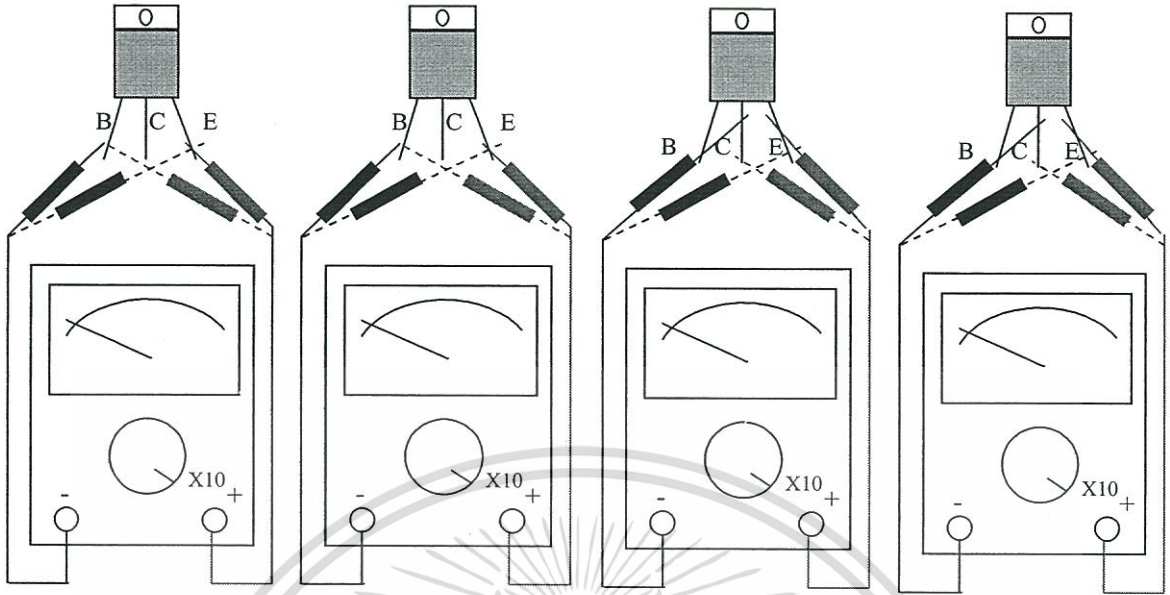
ง. รูปที่ 2,4

วัดขาใดแล้วเข็มขึ้น คือ ขา E  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น คือ ขา C

(4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 10. ภาพใดแสดงวิธีการตรวจสอบทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และแสดงว่าดี



วัดแล้วเข็มขึ้นสลับกับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

(1)

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มขึ้น

(2)

วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

(3)

วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มขึ้นเพียงเล็กน้อย

(4)

ก. รูปที่ 1,3

ค. รูปที่ 2,3

ข. รูปที่ 1,4

ง. รูปที่ 2,4

ใบเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เรื่อง ทรานซิสเตอร์

- ข้อที่ 1. ข  
ข้อที่ 2. ก  
ข้อที่ 3. ข  
ข้อที่ 4. ก  
ข้อที่ 5. ค  
ข้อที่ 6. ค  
ข้อที่ 7. ง  
ข้อที่ 8. ค  
ข้อที่ 9. ก  
ข้อที่ 10. ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เฟต

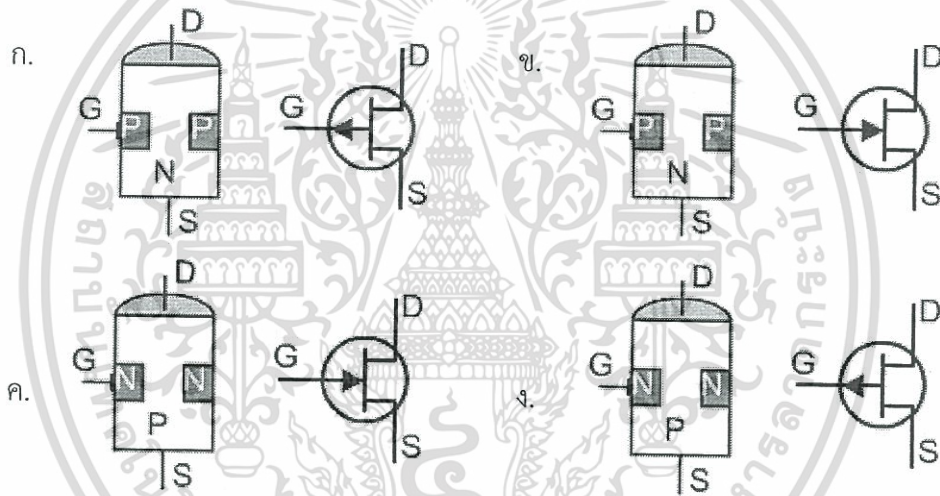
### คำสั่ง

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย (X) หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. ข้อใดเป็นหลักการการทำงานของเฟต

- ก. ใช้กระแสอินพุตควบคุมกระแสเอาต์พุต
- ข. ใช้กระแสอินพุตควบคุมแรงดันเอาต์พุต
- ค. ใช้แรงดันอินพุตควบคุมกระแสเอาต์พุต
- ง. ใช้แรงดันอินพุตควบคุมแรงดันเอาต์พุต

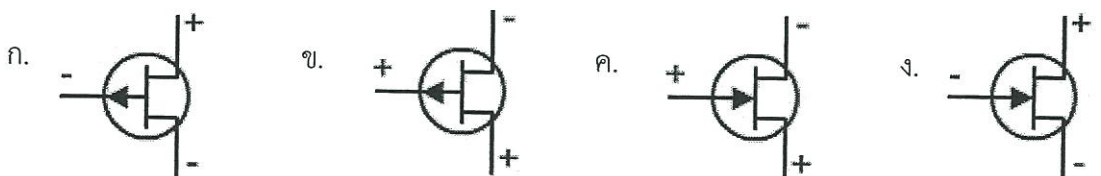
2. ข้อใดเป็นภาพโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ J-FET ชนิด N-channel



3. การทำงานแบบดีพลีชันโหมด (Depletion-mode operation) หมายถึงอะไร

- ก. การใช้ช่องว่างบริเวณรอยต่อ PN ควบคุมขนาดของแชนแนล
- ข. การใช้ช่องว่างบริเวณรอยต่อ PN ควบคุมแรงดันเอาต์พุต
- ค. การใช้กระแสอินพุตควบคุมขนาดแชนแนล
- ง. การใช้กระแสอินพุตควบคุมกระแสเอาต์พุต

4. ข้อใดเป็นการต่อศักย์ไฟฟ้า JFET ชนิด N-channel



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

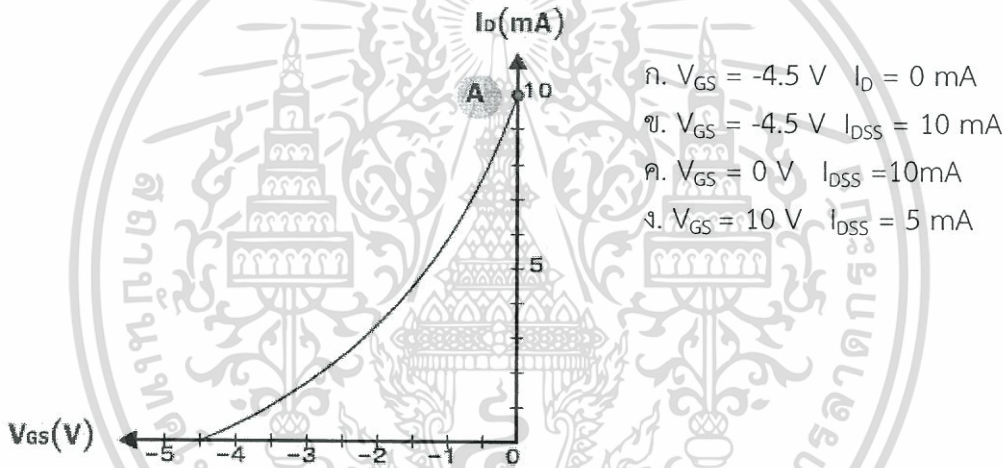
5. การควบคุมกระแส  $I_D$  ทำได้อย่างไร

- ก. ปรับกระแส  $I_G$
- ข. ปรับแรงดันฟอร์เวิร์ดที่เกิดหรือปรับความต้านทานเดรน
- ค. ปรับแรงดันรีเวิร์สที่เกิดหรือปรับแรงดันเดรน-ซอร์ส
- ง. ปรับแรงดันเดรน-ซอร์ส

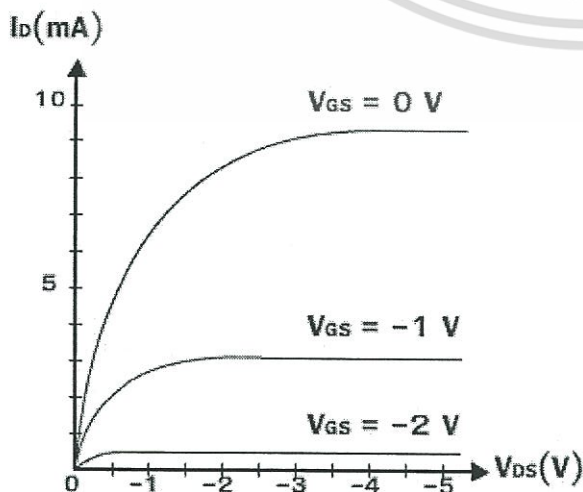
6. ความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{GS}$  กับกระแส  $I_D$  ของ JFET ชนิด N-channel เป็นอย่างไร

- ก.  $V_{GS}$  เป็นลบน้อย  $I_D$  จะมาก  $V_{GS}$  เป็นลบมาก  $I_D$  จะน้อย
- ข.  $V_{GS}$  เป็นลบน้อย  $I_D$  จะน้อย  $V_{GS}$  เป็นลบมาก  $I_D$  จะมาก
- ค.  $V_{GS}$  เป็นบวกน้อย  $I_D$  จะมาก  $V_{GS}$  เป็นบวกมาก  $I_D$  จะน้อย
- ง.  $V_{GS}$  เป็นบวกน้อย  $I_D$  จะน้อย  $V_{GS}$  เป็นบวกมาก  $I_D$  จะมาก

7. ข้อใดเป็นค่าแรงดัน  $V_{GS}$  และกระแส  $I_D$  ที่อ่านได้จากกราฟที่จุด A



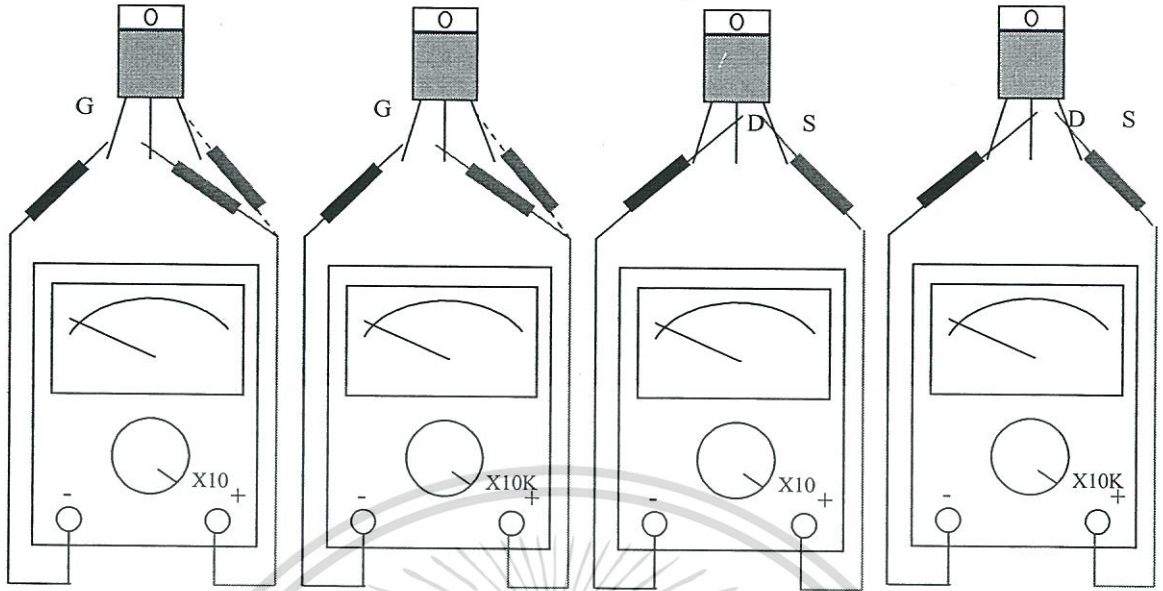
8. ข้อใดอธิบายกราฟได้ถูกต้อง



- ค่าคงที่
- ก.  $V_{GS}$  เปลี่ยนแปลงตาม  $V_{DS}$
  - ข.  $V_{DS}$  เปลี่ยนแปลงตาม  $V_{GS}$
  - ค.  $I_D$  เปลี่ยนแปลงตาม  $V_{DS}$  ถึง  $V_{GS}$  มี
  - ง.  $I_D$  เปลี่ยนแปลงตาม  $V_{GS}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ภาพใดแสดงวิธีการหาขาของ JFET ชนิด N-channel ให้ถูกต้อง



วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา G

(1)

ก. รูปที่ 1,3

ค. รูปที่ 2,3

วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา G

(2)

เข็มมิเตอร์จะขึ้นมากพอๆกัน  
ทั้ง 2 ครั้ง คือขา D กับ S

(3)

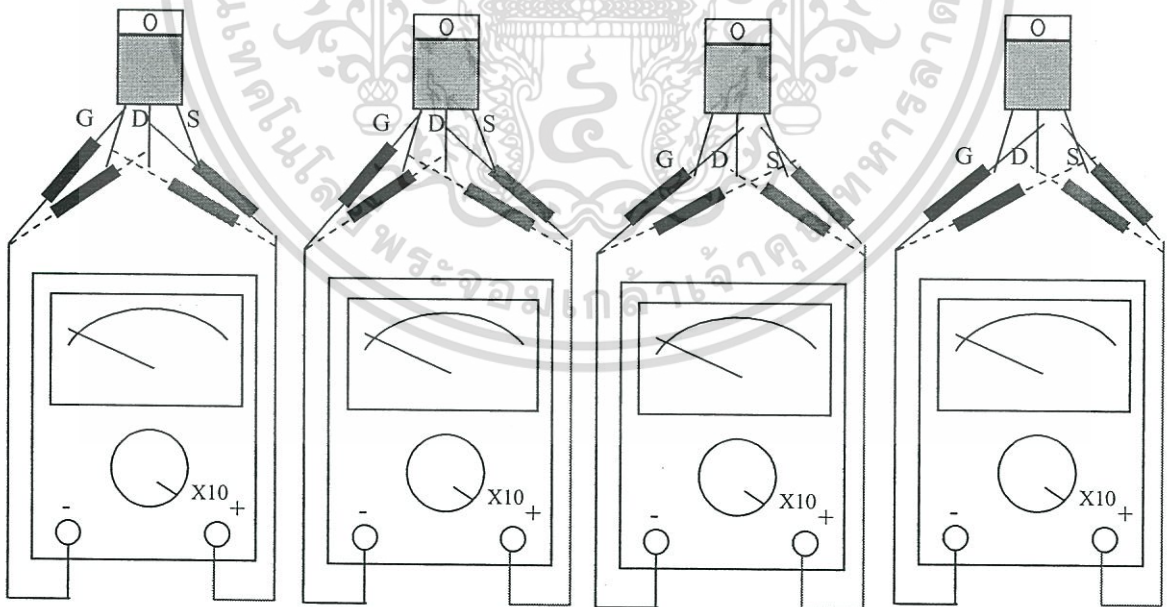
ข. รูปที่ 1,4

ง. รูปที่ 2,4

เข็มมิเตอร์จะขึ้นมากพอๆกัน  
ทั้ง 2 ครั้ง คือขา D กับ ขา S

(4)

10. ภาพใดแสดงวิธีการตรวจสอบ JFET ชนิด N-channel และแสดงว่า JFET ดี



วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสายวัด  
แล้วเข็มไม่ขึ้น

(1)

ก. รูปที่ 1,3

ข. รูปที่ 2,3

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสายวัด  
แล้วเข็มขึ้น

(2)

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสายวัด  
แล้วเข็มไม่ขึ้น

(3)

ข. รูปที่ 1,4

ง. รูปที่ 2,4

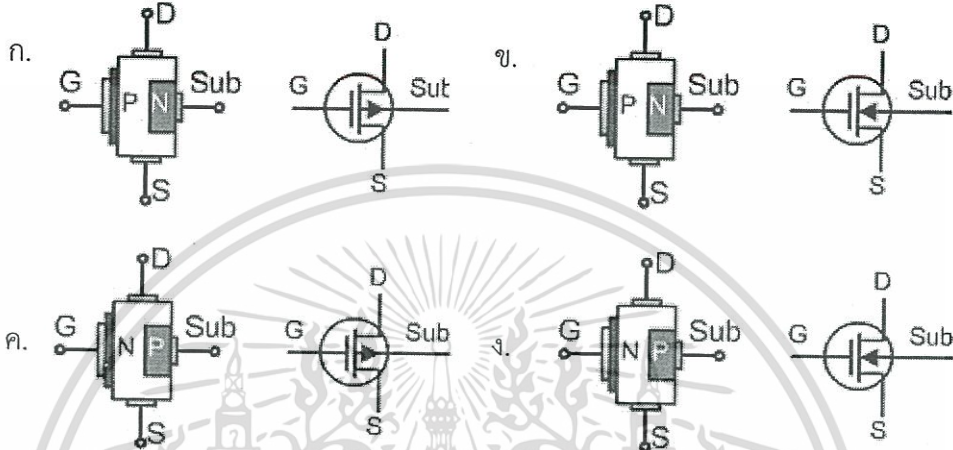
วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสายวัด  
แล้วเข็มขึ้น

(4)

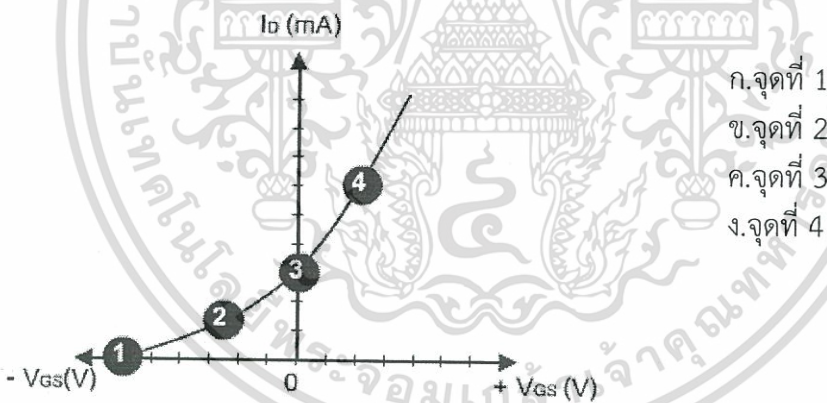
11. มอสเฟตมีคุณสมบัติต่างจาก JFET อย่างไร

- ก. ควบคุมกระแสเดรนด้วยแรงดัน  $V_{DS}$
- ข. ใช้กระแส  $I_G$  ควบคุมกระแส  $I_D$
- ค. ทำงานในสถานะที่เกตได้รับไบอัสตรงได้
- ง. ควบคุมกระแส  $I_D$  ด้วยซับสเตรท (Substrate)

12. ข้อใดเป็นภาพโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ D-MOSFET ชนิด N-channel

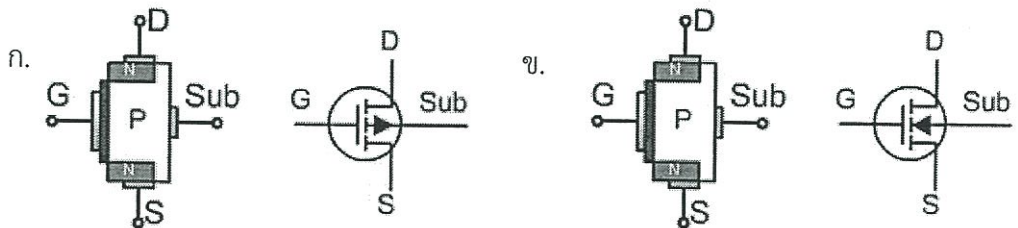


13. จุดใดที่  $V_{GS}$  มีค่าเท่ากับ 0 แล้วทำให้  $I_D = I_{DSS}$

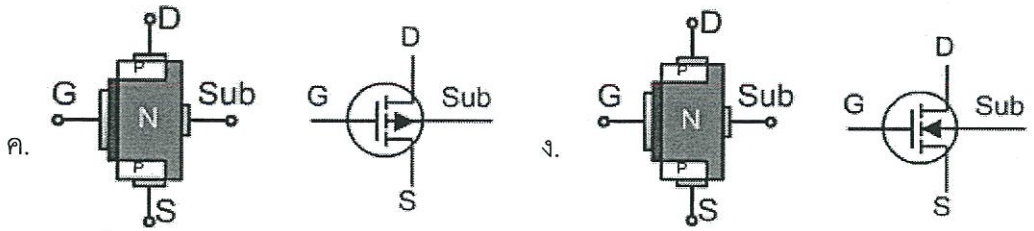


- ก. จุดที่ 1
- ข. จุดที่ 2
- ค. จุดที่ 3
- ง. จุดที่ 4

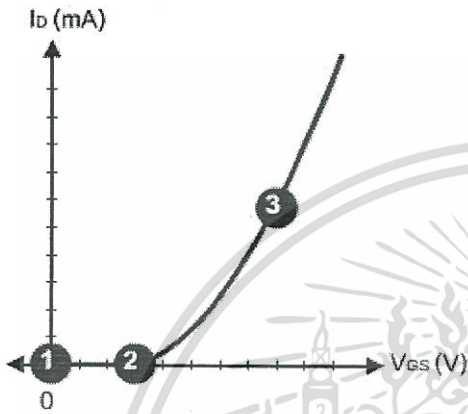
14. ข้อใดเป็นภาพโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ E-MOSFET ชนิด N-channel



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

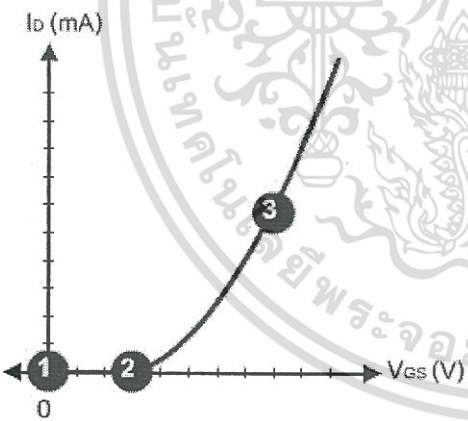


15. จุดที่ 1 ของกราฟ อธิบายการทำงานของ E- MOSFET ได้อย่างไร



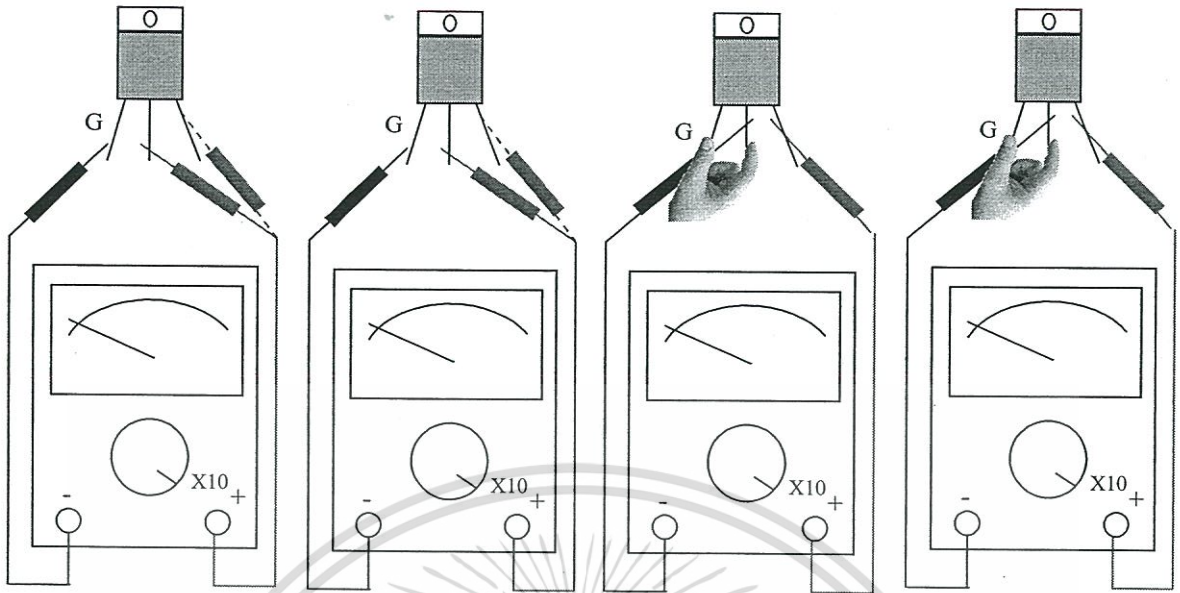
- ก. เมื่อ  $V_{GS}=0$  จะไม่มีกระแสเดรนไหล
- ข. เป็นย่านที่ แรงดัน  $V_{GS}$  ควบคุมกระแสเดรนได้
- ค. เป็นค่าที่แรงดัน  $V_{GS}$  ต่ำสุดที่ทำให้กระแสเดรนหยุดไหลพอดี
- ง. เป็นจุดเปลี่ยนโหมดการทำงานจาก E-Mode ไปเป็น D-Mode

16. จุดที่ 3 ของกราฟ อธิบายการทำงานของ E- MOSFET ได้อย่างไร



- ก. เมื่อ  $V_{GS} = 0$  จะไม่มีกระแสเดรนไหล
- ข. เป็นย่านที่แรงดัน  $V_{GS}$  ควบคุมกระแสเดรนได้
- ค. เป็นค่าที่แรงดัน  $V_{GS}$  ต่ำสุดที่ทำให้กระแสเดรนหยุดไหลพอดี
- ง. เป็นย่านความกว้างของแชนแนลมีขนาดคงที่

17.ภาพใดแสดงวิธีวัดหาขาของ D-MOSFET ชนิด N-channel ได้ถูกต้อง



วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา G

วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา G

ถ้าแตะกับขาใดแล้วเข็มขึ้น  
ปล่อยมือแล้วเข็มลง  
ขานั้นคือขาเดรน (D)

ถ้าแตะกับขาใดแล้วเข็มขึ้น  
ปล่อยมือแล้วเข็มลง  
ขานั้นคือขาซอร์ส (S)

(1)

(2)

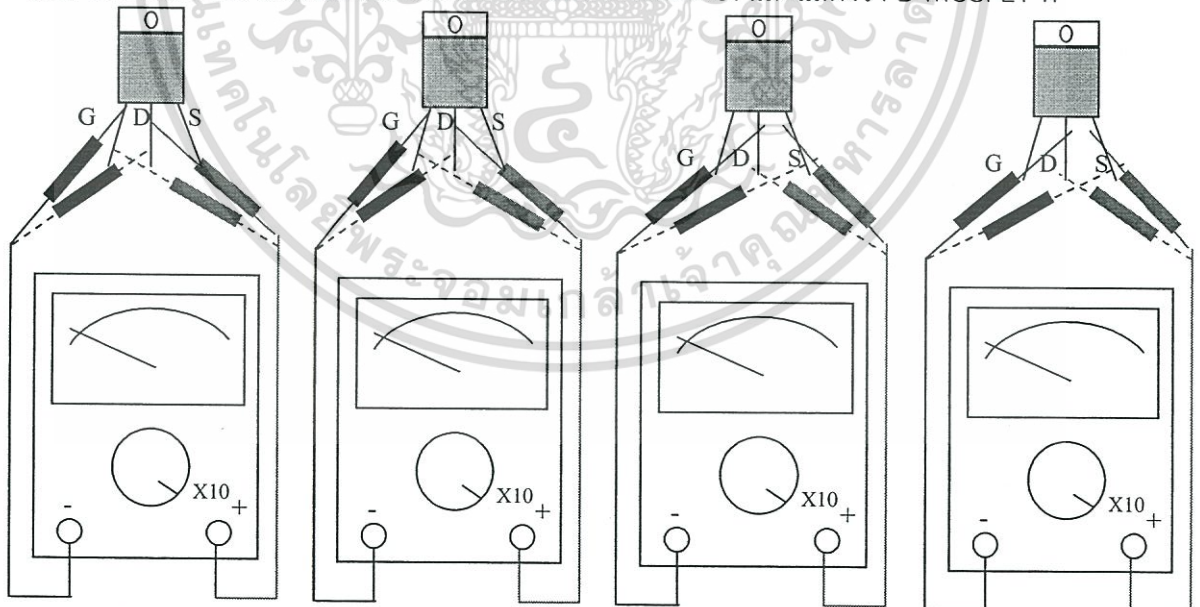
(3)

(4)

ก.รูปที่ 1,3  
ค.รูปที่ 2,3

ข.รูปที่ 1,4  
ง.รูปที่ 2,4

18.ภาพใดแสดงวิธีการตรวจสอบ D-MOSFET ชนิด N-channel และแสดงว่า D-MOSFET ดี



วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มขึ้น

(1)

(2)

(3)

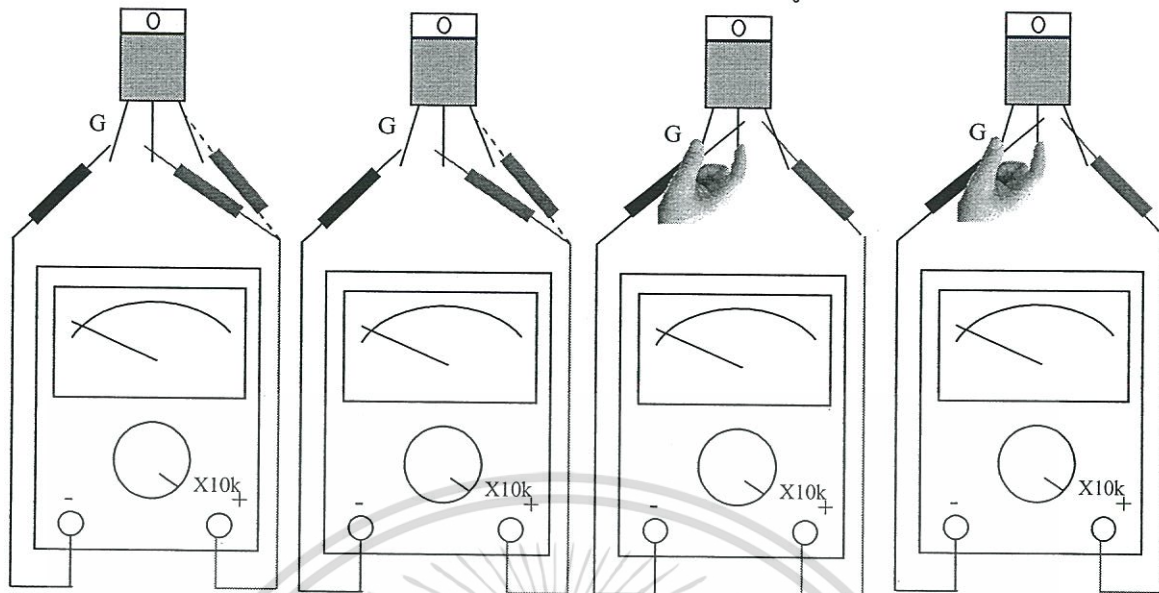
(4)

ก.รูปที่ 1,3  
ค.รูปที่ 2,3

ข.รูปที่ 1,4  
ง.รูปที่ 2,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. ภาพใดแสดงวิธีวัดหาขาของ E-MOSFET ชนิด N-channel ได้ถูกต้อง



วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา G

วัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง  
คือขา G

ถ้าแตะกับขาใดแล้วเข็มขึ้น  
ปล่อยมือแล้วเข็มลง  
ขานั้นคือขาเดรน (D)

ถ้าแตะกับขาใดแล้วเข็มขึ้น  
ปล่อยมือแล้วเข็มลง  
ขานั้นคือขาซอร์ส (S)

(1)

(2)

(3)

(4)

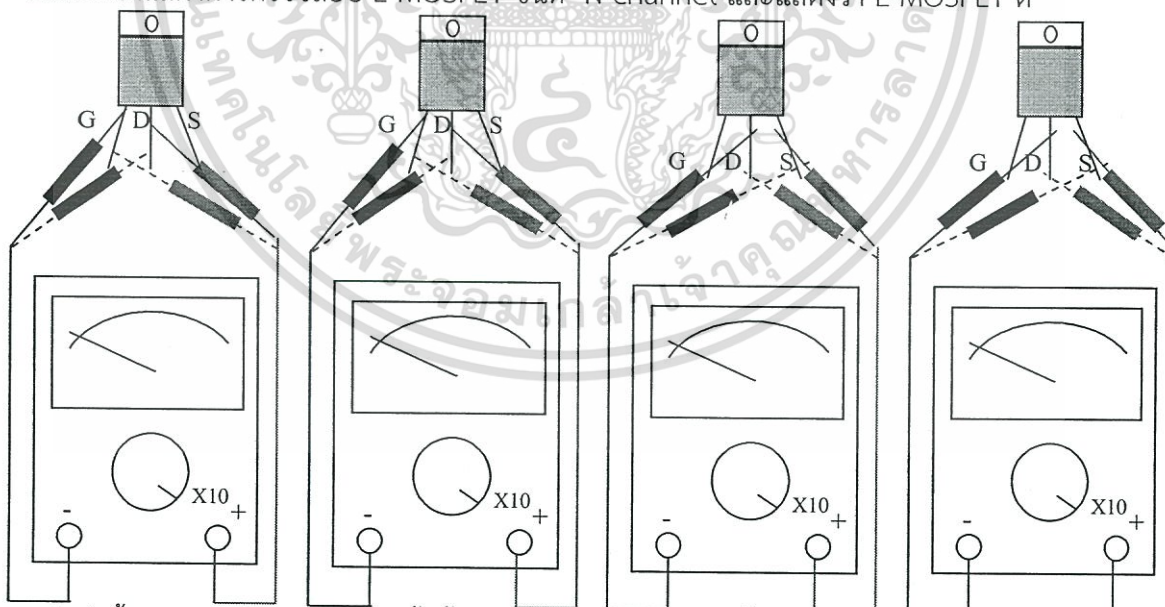
ก. รูปที่ 1,3

ข. รูปที่ 1,4

ค. รูปที่ 2,3

ง. รูปที่ 2,4

20. ภาพใดแสดงการตรวจสอบ E-MOSFET ชนิด N-channel และแสดงว่า E-MOSFET ดี



วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มขึ้น

(1)

(2)

(3)

(4)

ก. รูปที่ 1,3

ข. รูปที่ 1,4

ค. รูปที่ 2,3

ง. รูปที่ 2,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เรื่อง เฟต

- ข้อที่ 1. ค  
ข้อที่ 2. ข  
ข้อที่ 3. ก  
ข้อที่ 4. ง  
ข้อที่ 5. ค  
ข้อที่ 6. ก  
ข้อที่ 7. ก  
ข้อที่ 8. ง  
ข้อที่ 9. ก  
ข้อที่ 10. ข

- ข้อที่ 11. ค  
ข้อที่ 12. ง  
ข้อที่ 13. ค  
ข้อที่ 14. ข  
ข้อที่ 15. ก  
ข้อที่ 16. ข  
ข้อที่ 17. ก  
ข้อที่ 18. ค  
ข้อที่ 19. ก  
ข้อที่ 20. ค



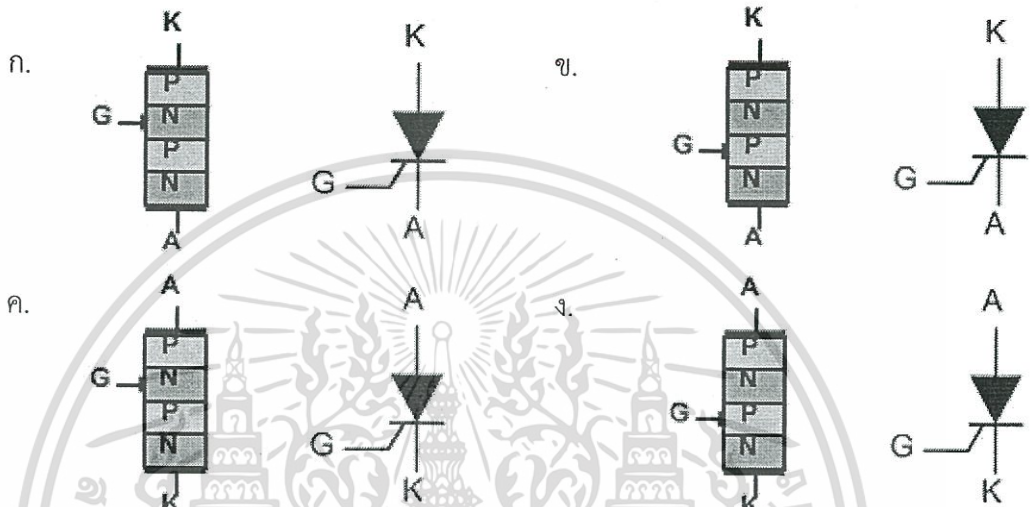
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เอสซีอาร์

คำสั่ง

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย (X) หน้าคำตอบที่ถูกต้อง

1. ข้อใดเป็นภาพโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ SCR



2. เมื่อ SCR ได้รับไบอัสตรงจะเกิดผลอย่างไร

- ก. SCR นำกระแสทันที
- ข. SCR นำกระแสเมื่อแรงดันฟอร์เวิร์ด  $V_F$
- ค. SCR ไม่นำกระแส
- ง. SCR นำกระแส เมื่อแรงดันฟอร์เวิร์ด  $V_F$  มีค่าประมาณ 0.6 V

3. เมื่อ SCR ได้รับไบอัสกลับจะเกิดผลอย่างไร

- ก. SCR จะเสียหาย เมื่อแรงดันรีเวิร์ส  $V_R$  สูงถึงค่าแรงดันเบรกดาวน์
- ข. SCR นำกระแสทันที
- ค. SCR ไม่นำกระแส
- ง. SCR ไม่นำกระแสจนกว่าจะมีการจุดชนวนที่เกต

4. เมื่อ SCR ได้รับไบอัสตรงและมีการจุดชนวนเกตจะเกิดผลอย่างไร

- ก. SCR นำกระแสได้ด้วยแรงดันฟอร์เวิร์ด  $V_F$  ที่ต่ำกว่าค่าแรงดันเบรกโอเวอร์
- ข. SCR นำกระแสเมื่อแรงดันฟอร์เวิร์ด  $V_F$  สูงถึงค่าแรงดันเบรกโอเวอร์
- ค. SCR นำกระแส เมื่อแรงดันฟอร์เวิร์ด  $V_F$  มีค่าประมาณ 0.6 V
- ง. SCR หยุดนำกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิธีใดสามารถทำให้ SCR หยุดทำงานได้

- ก. ตัดกระแสเกต  $I_G$  หรือหยุดจุดชนวน SCR
- ข. ลดกระแสที่ไหลผ่าน SCR ให้ต่ำกว่ากระแสโวลติจ  $I_H$  หรือกลับขั้วแหล่งจ่ายไฟ
- ค. ลดกระแสเกต  $I_G$  ให้ต่ำกว่ากระแสโวลติจ  $I_H$
- ง. เพิ่มแรงดันเกตให้สูงขึ้น

6. กระแส  $I_G$  มีค่าความสัมพันธ์กับแรงดันฟอร์เวิร์ด  $V_F$  หรือไม่

- ก. ไม่มี เพราะ SCR นำกระแสได้ เมื่อ  $V_F = V_{BR(F)}$
- ข. ไม่มี เพราะ SCR นำกระแสได้ทันทีที่มีการจุดชนวนเกต
- ค. มี เพราะ SCR ไม่สามารถนำกระแสได้เอง
- ง. มี เพราะกระแสเกตมากหรือน้อยสามารถทำให้ SCR นำกระแสได้ที่ทำ  $V_F$  แตกต่างกัน

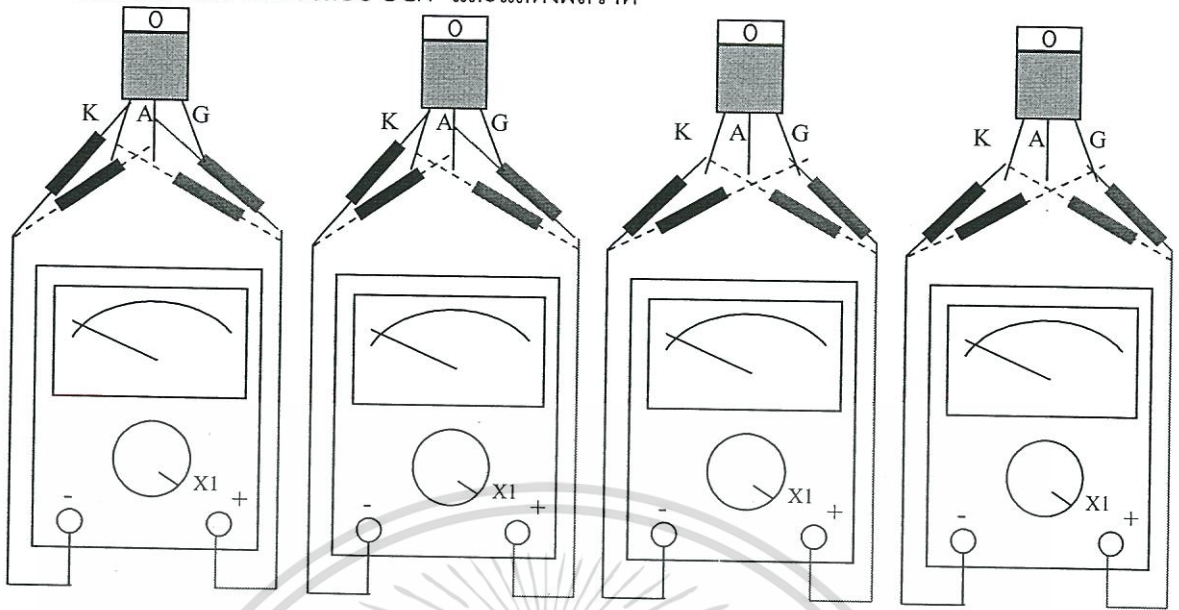
7. กระแสที่สามารถทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ตลอดไปเรียกว่าอย่างไร

- ก. กระแสค้าง
- ข. กระแสเกต
- ค. กระแสไหล
- ง. กระแสโวลติจ

8. ข้อใดแสดงวิธีวัดหาขาของ SCR ได้ถูกต้อง

- ก. ตั้งมิเตอร์  $\times 1$  ให้ทำการวัด SCR ที่ละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่า มีขาอยู่เพียงคู่เดียวที่วัดแล้ว เข็มจะขึ้น 1 ครั้ง โดยสายสีแดงจับอยู่ตั้งขา K ขาที่สายสีดำจับอยู่ ตั้งขา G ขาที่เหลือก็จะเป็นขา A
- ข. ตั้งมิเตอร์  $\times 10$  ให้ทำการวัด SCR ที่ละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่า มีขาอยู่เพียงคู่เดียวที่วัดแล้ว เข็มจะขึ้น 1 ครั้ง โดยสายสีแดงจับอยู่ตั้งขา K ขาที่สายสีดำจับอยู่คือ ขา G ขาที่เหลือก็จะเป็นขา A
- ค. ตั้งมิเตอร์  $\times 1$  ให้ทำการวัด SCR ที่ละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่า มีขาอยู่เพียงคู่เดียวที่วัดแล้ว เข็มจะขึ้น 1 ครั้ง โดยสายสีแดงจับอยู่คือขา G ขาที่สายสีดำจับอยู่คือขา K ขาที่เหลือก็จะเป็นขา A
- ง. ตั้งมิเตอร์  $\times 10k$  ให้ทำการวัด ที่ละคู่จนครบ 6 ครั้ง จะพบว่า มีขาอยู่เพียงคู่เดียวที่วัดแล้ว เข็มจะขึ้น 1 ครั้ง โดยสายสีแดงจับอยู่ตั้งขา G ขาที่สายสีดำจับอยู่ตั้งขา K ขาที่เหลือก็จะเป็นขา A

9. ภาพใดแสดงวิธีการตรวจสอบ SCR และแสดงผลว่าดี



วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

(1)

ก. รูปที่ 1,3

ค. รูปที่ 2,3

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มขึ้น

(2)

ข. รูปที่ 1,4

ง. รูปที่ 2,4

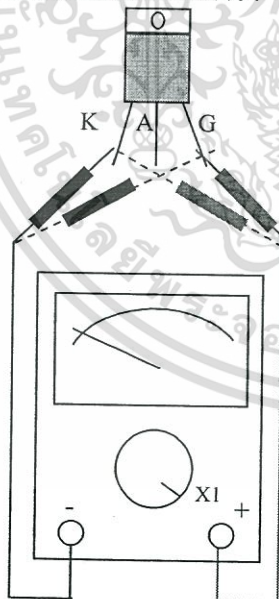
วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น

(3)

วัดแล้วเข็มขึ้นสลับสาย  
วัดแล้วเข็มขึ้น

(4)

10. จากภาพผลการวัดในข้อใดแสดงว่า SCR ดี



วัดระหว่างขา K กับขา G วัด 2 ครั้ง โดยการสลับสาย

ก. ถ้าวัดแล้ว เข็มขึ้นมาก 1 ครั้ง และเข็มไม่ขึ้น 1 ครั้ง

ข. ถ้าวัดแล้วเข็มขึ้นมากที่สุดทั้ง 2 ครั้ง

ค. ถ้าวัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง

ง. ถ้าวัดแล้วเข็มขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน

ใบเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
เรื่อง เอสซีอาร์

- ข้อที่ 1. ง  
 ข้อที่ 2. ข  
 ข้อที่ 3. ก  
 ข้อที่ 4. ก  
 ข้อที่ 5. ข  
 ข้อที่ 6. ง  
 ข้อที่ 7. ง  
 ข้อที่ 8. ก  
 ข้อที่ 9. ก  
 ข้อที่ 10. ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบภาคปฏิบัติ เรื่อง ไดโอด

ชื่อ.....นามสกุล.....วันที่.....

1.ให้นักเรียนทำการวัดและตรวจสอบไดโอด จำนวน 5 ตัว แล้วบันทึกผลลงตาราง

ลำดับที่	เบอร์	รูปร่างและขา	ชนิด	สภาพ
1	1N4001			
2	1N4002			
3	1N4007			
4	1N5407			
5	1N60			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบภาคปฏิบัติ เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด

ชื่อ.....นามสกุล.....วันที่.....

1.ให้นักเรียนทำการวัดและตรวจสอบซีเนอร์ไดโอด จำนวน 5 ตัว แล้วบันทึกผลลงตาราง

ลำดับที่	เบอร์	รูปร่างและขา	ชนิด	สภาพ
1	1N5225B			
2	1N5233B			
3	1N5234B			
4	1N5239B			
5	1N5242B			



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบภาคปฏิบัติ เรื่อง ทรานซิสเตอร์

ชื่อ.....นามสกุล.....วันที่.....

1.ให้นักเรียนทำการวัดและตรวจสอบทรานซิสเตอร์ จำนวน 5 ตัว แล้วบันทึกผลลงตาราง

ลำดับที่	เบอร์	รูปร่างและขา	ชนิด	สภาพ
1	BD139			
2	BD140			
3	BC327			
4	BC337			
5	2N3904			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบภาคปฏิบัติ เรื่อง เฟต

ชื่อ.....นามสกุล.....วันที่.....

1.ให้นักเรียนทำการวัดและตรวจสอบเฟต จำนวน 5 ตัว แล้วบันทึกผลลงตาราง

ลำดับที่	เบอร์	รูปร่างและขา	ชนิด	สภาพ
1	2N5461			
2	2SK1058			
3	2SJ162			
4	IRF620			
5	IRF9620			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบภาคปฏิบัติ เรื่อง เอสซีอาร์

ชื่อ.....นามสกุล.....วันที่.....

1.ให้นักเรียนทำการวัดและตรวจสอบเอสซีอาร์ จำนวน 5 ตัว แล้วบันทึกผลลงตาราง

ลำดับที่	เบอร์	รูปร่างและขา	ชนิด	สภาพ
1	2N5061			
2	2N5064			
3	2P4M			
4	5P4M			
5	S4010			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ**  
**เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น**

ชื่อผู้เรียน..... วันที่.....

**คำชี้แจง**

1. แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัตินี้ ผู้สอนต้องทำการประเมินผลการฝึกปฏิบัติของผู้เรียนตามที่กำหนด โดยอาศัยการสังเกต
2. ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตามรายการความสามารถที่อยู่ในแบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ
3. ผู้สอนทำเครื่องหมายบนรายการความสามารถ เพื่อวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามรายการความสามารถ

**รายละเอียดของระดับความสามารถ**

- ระดับ 3 สามารถปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง โดยไม่ขอคำแนะนำจากผู้สอน
- ระดับ 2 สามารถปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง โดยขอคำแนะนำจากผู้สอน
- ระดับ 1 สามารถปฏิบัติงานได้ แต่ต้องการคำแนะนำจากผู้สอนอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติได้ไม่ถูกต้อง ต้องฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม
- ระดับ 0 ไม่สามารถปฏิบัติงานได้

**เกณฑ์การประเมิน**

ผู้เรียนเมื่อฝึกปฏิบัติด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะที่สร้างขึ้น เข้ารับการประเมินจากผู้สอน ผู้เรียนต้องผ่านการประเมินด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ  
เรื่อง การตรวจสอบไดโอด

ลำดับ	รายการความสามารถ	ระดับความสามารถ			
		3	2	1	0
1	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง				
2	วัดหาขาของไดโอดได้ถูกต้อง				
3	วัดหาชนิดของไดโอดได้ถูกต้อง				
4	ตรวจสอบสภาพดี - เสียของไดโอดได้ถูกต้อง				
5	ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกต้อง				
6	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มีความปลอดภัย				
	คะแนนรวม				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

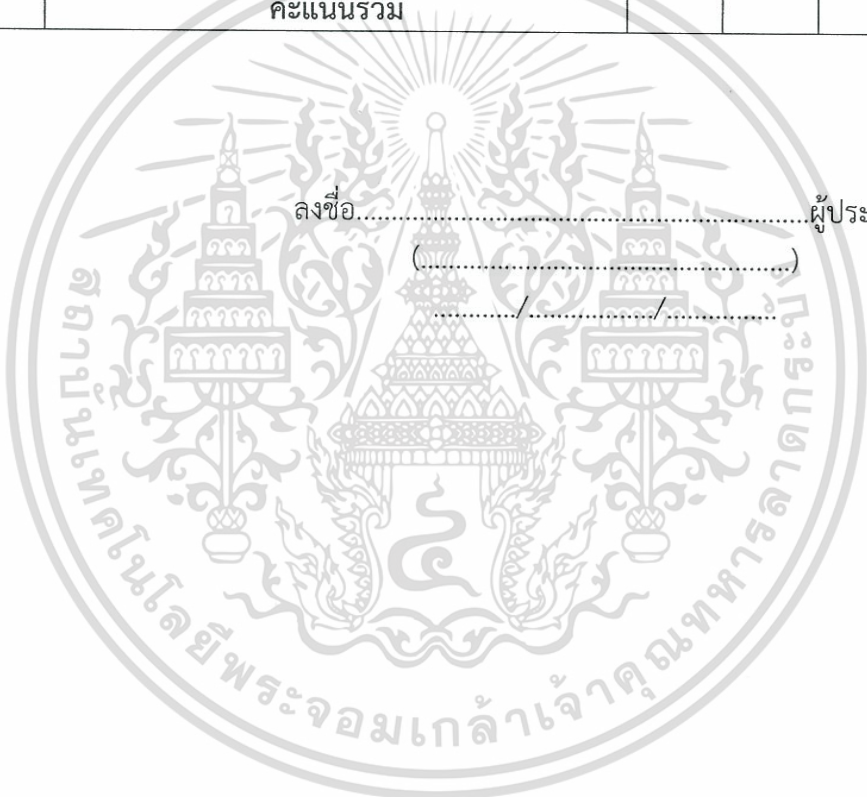
**แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ**  
**เรื่อง การตรวจสอบซีเนอร์ไดโอด**

ลำดับ	รายการความสามารถ	ระดับความสามารถ			
		3	2	1	0
1	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง				
2	วัดหาขาของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง				
3	ตรวจสอบสภาพดี - เสียของซีเนอร์ไดโอดได้				
4	ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกต้อง				
5	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มีความปลอดภัย				
	<b>คะแนนรวม</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ**  
**เรื่อง การตรวจสอบทรานซิสเตอร์**

ลำดับ	รายการความสามารถ	ระดับความสามารถ			
		3	2	1	0
1	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง				
2	วัดหาขาของไดโอดได้ถูกต้อง				
3	วัดหาชนิดของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง				
4	ตรวจสอบสภาพดี - เสียของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง				
5	ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกต้อง				
6	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มีความปลอดภัย				
	<b>คะแนนรวม</b>				

ลงชื่อ.....

ผู้ประเมิน

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ**  
**เรื่อง การตรวจสอบเฟต**

ลำดับ	รายการความสามารถ	ระดับความสามารถ			
		3	2	1	0
1	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง				
2	วัดหาขาของเจเฟตได้ถูกต้อง				
3	วัดหาชนิดของเจเฟตได้ถูกต้อง				
4	เปิดคู่มือ ECG หาขาของเจเฟตได้ถูกต้อง				
5	ตรวจสอบสภาพดี - เสียของเจเฟตได้ถูกต้อง				
6	วัดหาขาของมอสเฟตได้ถูกต้อง				
7	วัดหาชนิดของมอสเฟตได้ถูกต้อง				
8	ตรวจสอบสภาพดี - เสียของมอสเฟตได้ถูกต้อง				
9	ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกต้อง				
10	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มีความปลอดภัย				
	คะแนนรวม				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)  
...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบวัดความสามารถการฝึกปฏิบัติ**  
**เรื่อง การตรวจสอบเอสซีอาร์**

ลำดับ	รายการความสามารถ	ระดับความสามารถ			
		3	2	1	0
1	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง				
2	วัดหาขาของเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง				
3	ตรวจสอบสภาพดี - เสียของเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง				
4	ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกต้อง				
5	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มีความปลอดภัย				
	คะแนนรวม				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

/ /

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

### คำชี้แจง

1. แบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา เกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 คำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 ระดับ มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

**แบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ**  
**เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น**

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
1	<b>ด้านเนื้อหา</b>					
	1.1 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
	1.2 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	.....	.....	.....	.....	.....
	1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
	1.4 ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน	.....	.....	.....	.....	.....
	1.5 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
	1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	.....	.....	.....	.....	.....
2	<b>ด้านรูปภาพและตัวอักษร</b>					
	2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำอธิบาย	.....	.....	.....	.....	.....
	2.2 ความถูกต้องของภาพเคลื่อนไหวกับคำอธิบาย	.....	.....	.....	.....	.....
	2.3 ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
	2.4 ความเหมาะสมของรูปแบบของตัวอักษรที่นำเสนอ	.....	.....	.....	.....	.....
	2.5 ความเหมาะสมของสีภาพ และกราฟิกกับเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
3	<b>ด้านเวลาการนำเสนอ</b>					
	3.1 ความเหมาะสมของเวลานำเสนอกับเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
	3.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	.....	.....	.....	.....	.....
	3.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	.....	.....	.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการ  
ตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

ความคิดเห็น

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

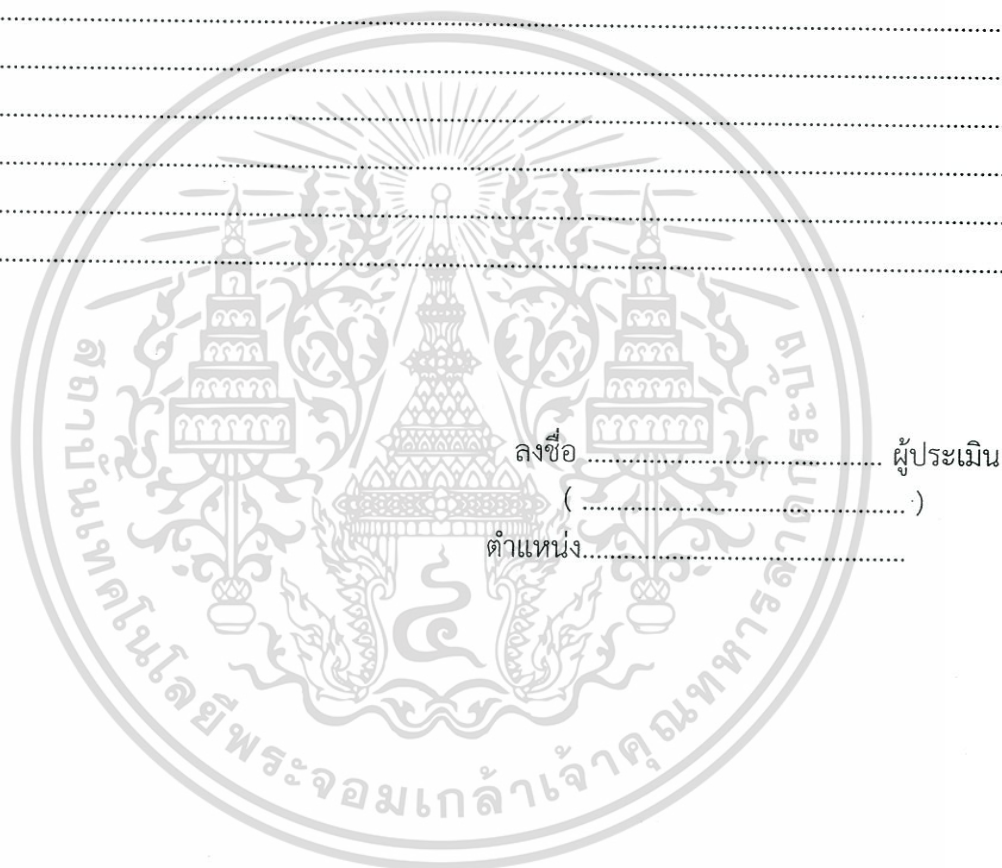
.....

.....

.....

.....

.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

### คำชี้แจง

1. แบบประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205) มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ
  - ตอนที่ 1 คำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
  - ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ
3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 ระดับ มีความหมายดังนี้
  - ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก
  - ระดับ 4 หมายถึง ดี
  - ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง
  - ระดับ 2 หมายถึง พอใช้
  - ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
1	ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
	1.1 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบการนำเสนอ	.....	.....	.....	.....	.....
	1.3 ความสมบูรณ์ของบทเรียนช่วยฝึกทักษะ	.....	.....	.....	.....	.....
2	ด้านรูปภาพและตัวอักษร					
	2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านสื่อความหมาย	.....	.....	.....	.....	.....
	2.2 ความคมชัดของภาพ	.....	.....	.....	.....	.....
	2.3 ความเหมาะสมของขนาด และสีตัวอักษร	.....	.....	.....	.....	.....
	2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพกับเสียงบรรยาย	.....	.....	.....	.....	.....
3	ด้านเสียง					
	3.1 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	.....	.....	.....	.....	.....
	3.2 ความถูกต้องของเสียง	.....	.....	.....	.....	.....
	3.3 ความเหมาะสมของดนตรีประกอบ	.....	.....	.....	.....	.....
4	ด้านเวลาการนำเสนอ					
	4.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
	4.2 ความเหมาะสมของเวลานำเสนอกับคำบรรยาย	.....	.....	.....	.....	.....
	4.3 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหาทั้งหมด	.....	.....	.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

ความคิดเห็น

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

( ..... )

ตำแหน่ง .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- พฤติกรรม
- ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิง
- ความสามารถการฝึกภาคปฏิบัติ
- ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบบันทึกรายการ
  - ค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบ
  - ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ( $r_{tt}$ )
  - ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเนื้อหา
  - ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
  - ผลการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติกับกลุ่มทดลองที่เรียนกับบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
  - ผลการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติกับกลุ่มควบคุมที่เรียนกับการสอนปกติ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น
  - การคำนวณเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ ง.1 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ  
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ไดโอด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ ข้อที่	ระดับความคิดเห็น ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC
		คนที่				
		1	2	3		
1. บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของไดโอดได้	1.	1	1	1	3	1.00
	2.	1	1	1	3	1.00
	3.	1	1	1	3	1.00
2. อธิบายการทำงานของไดโอด เมื่อต่อวงจรไบอัสตรงและไบอัส กลับ	4.	1	1	1	3	1.00
	5.	1	1	1	3	1.00
3. บอกคุณสมบัติของไดโอดใน สภาวะไบอัสตรงและไบอัสกลับ ได้	6.	1	1	1	3	1.00
	7.	1	1	1	3	1.00
	8.	1	1	1	3	1.00
4. บอกวิธีการวัดและตรวจสอบ ไดโอดได้	9.	1	1	1	3	1.00
	10.	1	1	1	3	1.00
เฉลี่ยรวม						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ  
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ ข้อที่	ระดับความคิดเห็น			ΣR	IOC
		ผู้ทรงคุณวุฒิ				
		คนที่				
1	2	3				
1.บอกโครงสร้าง และ สัญลักษณ์ ของซีเนอร์ไดโอดได้	1.	1	1	1	3	1.00
2.อธิบายการทำงานของซีเนอร์ ไดโอดเมื่อต่อวงจรไบอัสตรง และไบอัสกลับ	2.	1	1	1	3	1.00
	3.	1	1	1	3	1.00
	4.	1	1	1	3	1.00
	5.	1	1	1	3	1.00
3.บอกคุณสมบัติของซีเนอร์ ไดโอดในสภาวะไบอัสตรงและ ไบอัสกลับได้	6.	1	1	1	3	1.00
	7.	1	1	1	3	1.00
4.บอกวิธีการวัดและตรวจสอบ ซีเนอร์ไดโอดได้	8.	1	1	1	3	1.00
	9.	1	1	1	3	1.00
	10.	1	1	1	3	1.00
เฉลี่ยรวม						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ  
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ทรานซิสเตอร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ ข้อที่	ระดับความคิดเห็น			$\Sigma R$	IOC
		ผู้ทรงคุณวุฒิ				
		คนที่				
1	2	3				
1.บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของทรานซิสเตอร์ได้	1.	1	1	1	3	1.00
	2.	1	1	1	3	1.00
		1	1	1	3	1.00
2.อธิบายการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN และ PNP ได้	3.	1	1	1	3	1.00
	4.	1	1	1	3	1.00
3.บอกคุณสมบัติของทางไฟฟ้า ของทรานซิสเตอร์ได้	5.	1	1	1	3	1.00
	6.	1	1	1	3	1.00
	7.	1	1	1	3	1.00
	8.	1	1	1	3	1.00
4.บอกวิธีการวัดและตรวจสอบ ทรานซิสเตอร์ได้	9.	1	1	1	3	1.00
	10.	1	1	0	2	0.67
เฉลี่ยรวม						0.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ  
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง เฟต

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ ข้อที่	ระดับความคิดเห็น ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC
		คนที่				
		1	2	3		
1.บอกหลักการทำงานของเฟตได้	1.	1	1	1	3	1.00
2.บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของเจเฟตได้	2.	1	1	1	3	1.00
3.อธิบายการทำงานของเจเฟตได้	3.	1	1	1	3	1.00
	4.	1	1	1	3	1.00
	5.	1	1	1	3	1.00
4.บอกคุณสมบัติของทางไฟฟ้าของเจเฟตได้	6.	1	1	1	3	1.00
	7.	1	1	1	3	1.00
	8.	1	1	1	3	1.00
5.บอกวิธีการวัดและตรวจสอบเจเฟตได้	9.	1	1	1	3	1.00
	10.	1	1	0	2	0.67
6.บอกหลักการทำงานของมอสเฟตได้	11.	1	1	1	3	1.00
7.บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ ของดีมอสเฟตได้	12.	1	1	1	3	1.00
8.อธิบายการทำงานของดีมอสเฟตได้	13.	1	1	1	3	1.00
9.บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ ของอีมอสเฟตได้	14.	1	1	1	3	1.00
10.อธิบายการทำงานของอีมอสเฟตได้	15.	1	1	1	3	1.00
	16.	1	1	1	3	1.00
11.บอกวิธีการวัดและตรวจสอบมอสเฟตได้	17.	1	1	1	3	1.00
	18.	1	1	0	2	0.67
	19.	1	1	1	3	1.00
	20.	1	1	0	2	0.67
<b>เฉลี่ยรวม</b>						<b>0.95</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของ  
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง เอสซีอาร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ ข้อที่	ระดับความคิดเห็น ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC
		คนที่				
		1	2	3		
1.บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ ของเอสซีอาร์ได้	1.	1	1	1	3	1.00
2.อธิบายการทำงานของเอสซี อาร์ได้	2.	1	1	1	3	1.00
	3.	1	1	1	3	1.00
	4.	1	1	1	3	1.00
	5.	1	1	1	3	1.00
3.บอกคุณสมบัติของทางไฟฟ้า ของเอสซีอาร์ได้	6.	1	1	1	3	1.00
	7.	1	1	1	3	1.00
4.บอกวิธีการวัดและตรวจสอบ เอสซีอาร์ได้	8.	1	1	1	3	1.00
	9.	1	1	1	3	1.00
	10.	1	1	1	3	1.00
เฉลี่ยรวม						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.6 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบไดโอด

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	รายการความสามารถ	ระดับความคิดเห็น ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC
		คนที่				
		1	2	3		
1. วัตถุประสงค์และชนิด ของไดโอดด้วยมัลติ มิเตอร์ได้อย่าง ถูกต้อง	1.เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	2. วัตถุประสงค์ของไดโอดได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	3. ตรวจสอบสภาพดี - เสียของซี เนอร์ไดโอดได้	1	1	1	3	1.00
2. ตรวจสอบไดโอดดี หรือเสียด้วยมัลติ มิเตอร์ได้อย่าง ถูกต้อง	4. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่าง ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	5. การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มี ความปลอดภัย	1	1	1	3	1.00
<b>เฉลี่ยรวม</b>						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบซีเนอร์ไดโอด

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	รายการความสามารถ	ระดับความคิดเห็น			ΣR	IOC
		ผู้ทรงคุณวุฒิ				
		คนที่				
1	2	3				
1.วัดหาขาและชนิด ของซีเนอร์ไดโอด ด้วยมัลติมิเตอร์ได้ อย่างถูกต้อง	1.เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	2.วัดหาขาของซีเนอร์ไดโอดได้ ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	3.ตรวจสอบสภาพดี - เสียของซี เนอร์ไดโอดได้	1	1	1	3	1.00
2.ตรวจสอบซีเนอร์ ไดโอดดีหรือเสีย ด้วยมัลติมิเตอร์ได้ อย่างถูกต้อง	4.ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่าง ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	5.การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มี ความปลอดภัย	1	1	1	3	1.00
<b>เฉลี่ยรวม</b>						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบทรานซิสเตอร์

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	รายการความสามารถ	ระดับความคิดเห็น ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC
		คนที่				
		1	2	3		
1. วัตถุประสงค์และชนิด ของทรานซิสเตอร์ ด้วยมัลติมิเตอร์ได้ อย่างถูกต้อง	1.เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	2. วัตถุประสงค์ของไดโอดได้ถูกต้อง					
	3. วัตถุประสงค์ของทรานซิสเตอร์ได้ ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	4. ตรวจสอบสภาพดี - เสียของ ทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
2. ตรวจสอบ ทรานซิสเตอร์ดีหรือ เสียด้วยมัลติมิเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง	5. ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่าง ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	6. การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มี ความปลอดภัย	1	1	1	3	1.00
<b>เฉลี่ยรวม</b>						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.9 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบเฟต

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	รายการความสามารถ	ระดับความคิดเห็น ผู้ทรงคุณวุฒิ			ΣR	IOC
		คนที่				
		1	2	3		
1.วัดหาขาและชนิด ของเฟตด้วยมัลติ มิเตอร์ได้อย่าง ถูกต้อง	1.เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	2.วัดหาขาของเจเฟตได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	3.วัดหาชนิดของเจเฟตได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	4.เปิดคู่มือ ECG หาขาของเจเฟต ได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	5.ตรวจสอบสภาพดี – เสียของ เจเฟตได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
2.ตรวจสอบเฟตดี หรือเสียด้วยมัลติ มิเตอร์ได้อย่าง ถูกต้อง	6.วัดหาขาของมอลเฟตได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	7.วัดหาชนิดของมอสเฟตได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	8.ตรวจสอบสภาพดี – เสียของ มอสเฟตได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	9.ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่าง ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	10.การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มี ความปลอดภัย	1	1	1	3	1.00
เฉลี่ยรวม						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบบันทึกรายการความสามารถการฝึกปฏิบัติกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การตรวจสอบเอสซีอาร์

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	รายการความสามารถ	ระดับความคิดเห็น ผู้ทรงคุณวุฒิ			ΣR	IOC
		คนที่				
		1	2	3		
1. วัตถุประสงค์ของเอสซีอาร์ด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	1.เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	2.วัตถุประสงค์ของเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง					
	3.ตรวจสอบสภาพดี - เสียของเอสซีอาร์ได้ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
2. ตรวจสอบเอสซีอาร์ดีหรือเสียด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	4.ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์อย่างถูกต้อง	1	1	1	3	1.00
	5.การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มีความปลอดภัย	1	1	1	3	1.00
		1	1	1	3	1.00
<b>เฉลี่ยรวม</b>						1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.11 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไดโอด จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	กลุ่มเก่ง ตอบถูก ( $R_u$ )	กลุ่มอ่อน ตอบถูก ( $R_L$ )	จำนวนผู้ตอบถูก ทั้งหมด ( $R$ )	ค่าความยากง่าย $p = \frac{R}{N}$	ค่าอำนาจจำแนก $r = \frac{R_u - R_L}{N/2}$
1	20	9	29	0.73	0.55
2	15	5	20	0.50	0.50
3	18	14	32	0.80	0.20
4	15	3	18	0.45	0.60
5	18	9	27	0.68	0.45
6	14	5	19	0.48	0.45
7	15	6	21	0.53	0.45
8	18	10	28	0.70	0.40
9	15	6	21	0.53	0.45
10	14	1	15	0.38	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.12 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	กลุ่มเก่ง ตอบถูก ( $R_u$ )	กลุ่มอ่อน ตอบถูก ( $R_l$ )	จำนวนผู้ตอบถูก ทั้งหมด ( $R$ )	ค่าความยากง่าย $p = \frac{R}{N}$	ค่าอำนาจจำแนก $r = \frac{R_u - R_l}{N/2}$
1	19	7	26	0.65	0.60
2	15	4	19	0.48	0.55
3	18	5	23	0.58	0.65
4	20	9	29	0.73	0.55
5	15	4	19	0.48	0.55
6	16	5	21	0.53	0.55
7	18	8	26	0.65	0.50
8	17	7	24	0.60	0.50
9	18	8	26	0.65	0.50
10	15	3	18	0.45	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.13 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ทรานซิสเตอร์ จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	กลุ่มเก่ง ตอบถูก ( $R_u$ )	กลุ่มอ่อน ตอบถูก ( $R_L$ )	จำนวนผู้ตอบถูก ทั้งหมด ( $R$ )	ค่าความยากง่าย $p = \frac{R}{N}$	ค่าอำนาจจำแนก $r = \frac{R_u - R_L}{N/2}$
1	17	8	25	0.63	0.45
2	16	6	22	0.55	0.50
3	18	8	26	0.65	0.50
4	19	8	27	0.68	0.55
5	18	6	24	0.60	0.60
6	15	6	21	0.53	0.45
7	18	8	26	0.65	0.50
8	14	3	17	0.43	0.55
9	15	4	19	0.48	0.55
10	13	4	17	0.43	0.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.14 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เฟต จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	กลุ่มเก่ง ตอบถูก ( $R_u$ )	กลุ่มอ่อน ตอบถูก ( $R_L$ )	จำนวนผู้ตอบถูก ทั้งหมด ( $R$ )	ค่าความยากง่าย $p = \frac{R}{N}$	ค่าอำนาจจำแนก $r = \frac{R_u - R_L}{N/2}$
1	17	7	24	0.60	0.50
2	16	6	22	0.55	0.50
3	18	6	24	0.60	0.60
4	17	7	24	0.60	0.50
5	19	7	26	0.65	0.60
6	18	8	26	0.65	0.50
7	14	6	20	0.50	0.40
8	15	4	19	0.48	0.55
9	13	4	17	0.43	0.45
10	14	4	18	0.45	0.50
11	18	8	26	0.65	0.50
12	15	6	21	0.53	0.45
13	17	8	25	0.63	0.45
14	16	6	22	0.55	0.50
15	17	7	24	0.60	0.50
16	19	9	28	0.70	0.50
17	18	7	25	0.63	0.55
18	15	4	19	0.48	0.55
19	15	7	22	0.55	0.40
20	14	4	18	0.45	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.15 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เอสซีอาร์ จำนวน 10 ข้อ

ข้อที่	กลุ่มเก่ง ตอบถูก ( $R_u$ )	กลุ่มอ่อน ตอบถูก ( $R_L$ )	จำนวนผู้ตอบถูก ทั้งหมด ( $R$ )	ค่าความยากง่าย $p = \frac{R}{N}$	ค่าอำนาจจำแนก $r = \frac{R_u - R_L}{N/2}$
1	18	8	26	0.65	0.50
2	16	5	21	0.53	0.55
3	15	5	20	0.50	0.50
4	17	8	25	0.63	0.45
5	18	8	26	0.65	0.50
6	14	4	18	0.45	0.50
7	15	5	20	0.50	0.50
8	15	4	19	0.48	0.55
9	16	5	21	0.53	0.55
10	15	5	20	0.50	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.16 แสดงคะแนนของข้อสอบแต่ละข้อที่ผู้เรียนกลุ่มเก่งเลือกตอบ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ )

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SUM	p	q	pq
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	0.73	0.27	0.20
2	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	15	0.50	0.50	0.25
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	18	0.80	0.20	0.16
4	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	15	0.45	0.55	0.25
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	18	0.68	0.32	0.22
6	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	14	0.48	0.52	0.25
7	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	15	0.53	0.47	0.25
8	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	18	0.70	0.30	0.21
9	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	15	0.53	0.47	0.25
10	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	14	0.38	0.62	0.24
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	19	0.65	0.35	0.23
12	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	15	0.48	0.52	0.25
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	18	0.58	0.42	0.24
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	0.73	0.27	0.20
15	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	15	0.48	0.52	0.25
16	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	16	0.53	0.47	0.25
17	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	0.65	0.35	0.23
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	17	0.60	0.40	0.24

ตารางที่ ง.16 (ต่อ)

ข้อที่	คนที่																				SUM	p	q	pq
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
19	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	18	0.65	0.35	0.23
20	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	15	0.45	0.55	0.25
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	17	0.63	0.37	0.23
22	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16	0.55	0.45	0.25
23	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	0.65	0.35	0.23
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	19	0.68	0.32	0.22
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	18	0.60	0.40	0.24
26	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	15	0.53	0.47	0.25
27	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	18	0.65	0.35	0.23
28	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	14	0.43	0.57	0.25
29	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	15	0.48	0.52	0.24
30	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	13	0.43	0.57	0.25
31	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	17	0.60	0.40	0.25
32	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	16	0.55	0.45	0.23
33	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	18	0.60	0.40	0.25
34	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	0.60	0.40	0.24
35	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	0.65	0.35	0.23
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	18	0.65	0.35	0.23

ตารางที่ ง.16 (ต่อ)

คนที่ ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SUM	p	q	pq
37	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	14	0.50	0.50	0.25
38	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	15	0.48	0.52	0.25
39	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	13	0.43	0.57	0.25
40	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	14	0.45	0.55	0.25
41	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	18	0.65	0.35	0.25
42	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	15	0.53	0.47	0.23
43	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	17	0.63	0.37	0.23
44	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	16	0.55	0.45	0.25
45	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	17	0.60	0.40	0.24
46	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	0.70	0.30	0.21
47	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	0.63	0.37	0.23
48	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	15	0.48	0.52	0.25
49	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	15	0.55	0.45	0.25
50	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	14	0.45	0.55	0.25
51	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	18	0.65	0.35	0.25
52	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	16	0.53	0.47	0.23
53	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	15	0.50	0.50	0.25
54	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	17	0.63	0.37	0.23
55	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	18	0.65	0.35	0.25
56	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	14	0.45	0.55	0.25

ตารางที่ ง.16 (ต่อ)

ข้อที่	คนที่																				SUM	p	q	pq
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
57	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	15	0.50	0.50	0.25
58	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	15	0.48	0.52	0.25
59	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	16	0.53	0.47	0.25
60	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	15	0.50	0.50	0.25
$\Sigma x$	52	52	48	51	49	46	56	41	50	47	52	50	50	52	51	51	42	44	48	48	980			
$\Sigma x^2$	2704	2704	2304	2601	2401	2116	3136	1681	2500	2209	2704	2500	2500	2704	2601	2601	1764	1936	2304	2304	48274			

\*0 หมายถึง ตอบผิด 1 หมายถึง ตอบถูก

\*\*กลุ่มเก่ง หมายถึง นักเรียนที่ทำคะแนนได้สูงจากข้อสอบ 120 ข้อ จำนวน 20 คน



ตารางที่ ง.17 แสดงคะแนนของข้อสอบแต่ละข้อที่ผู้เรียนกลุ่มก่อนเลือกตอบ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น (r<sub>tt</sub>)

คนที่ ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SUM	p	q	pq
1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	9	0.73	0.27	0.20
2	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0.50	0.50	0.25
3	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	14	0.83	0.17	0.14
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0.45	0.55	0.25
5	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	9	0.68	0.32	0.22
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	5	0.48	0.52	0.25
7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	6	0.53	0.47	0.25
8	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	10	0.70	0.30	0.21
9	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	6	0.53	0.47	0.25
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.38	0.62	0.24
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	7	0.65	0.35	0.23
12	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4	0.48	0.52	0.25
13	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	5	0.58	0.42	0.24
14	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	9	0.73	0.27	0.20
15	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0.48	0.52	0.25
16	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.53	0.47	0.25
17	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	8	0.65	0.35	0.23
18	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	7	0.60	0.40	0.24

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.17 (ต่อ)

คนที่ ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SUM	p	q	pq
19	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	8	0.65	0.35	0.23
20	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0.45	0.55	0.25
21	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	8	0.63	0.37	0.23
22	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	6	0.55	0.45	0.25
23	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	8	0.65	0.35	0.23
24	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0.68	0.32	0.22
25	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	6	0.60	0.40	0.24
26	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	6	0.53	0.47	0.25
27	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	8	0.65	0.35	0.23
28	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0.43	0.57	0.25
29	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4	0.48	0.52	0.24
30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4	0.43	0.57	0.25
31	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	7	0.60	0.40	0.25
32	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	6	0.55	0.45	0.23
33	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	6	0.60	0.40	0.25
34	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	7	0.60	0.40	0.24
35	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	7	0.65	0.35	0.23
36	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	8	0.65	0.35	0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.17 (ต่อ)

คนที่ ข้อที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SUM	p	q	pq
37	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	6	0.50	0.50	0.25
38	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0.48	0.52	0.25
39	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4	0.43	0.57	0.25
40	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4	0.45	0.55	0.25
41	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	8	0.65	0.35	0.25
42	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	6	0.53	0.47	0.23	
43	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	8	0.63	0.37	0.23
44	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	6	0.55	0.45	0.25
45	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	7	0.60	0.40	0.24
46	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	9	0.70	0.30	0.21
47	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	7	0.63	0.37	0.23
48	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4	0.48	0.52	0.25
49	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	7	0.55	0.45	0.25
50	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	0.45	0.55	0.25
51	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	8	0.65	0.35	0.25
52	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0.53	0.47	0.23
53	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0.50	0.50	0.25
54	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	8	0.63	0.37	0.23
55	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	8	0.65	0.35	0.25
56	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0.45	0.55	0.25

ตารางที่ ง.17 (ต่อ)

ข้อที่ \ คนที่	คน																				SUM	p	q	pq
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
57	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	5	0.50	0.50	0.25
58	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0.48	0.52	0.25
59	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	0.53	0.47	0.25
60	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	5	0.50	0.50	0.25
$\Sigma x$	28	25	17	21	18	14	14	15	12	20	19	19	15	19	20	24	15	15	22	19	371			14.32
$\Sigma x^2$	784	625	289	441	324	196	196	225	144	400	361	361	225	361	400	576	225	225	484	361	7203			

\*0 หมายถึง ตอบผิด 1 หมายถึง ตอบถูก

\*\*กลุ่มอ่อน นักเรียนที่ทำคะแนนได้ต่ำจากข้อสอบ 120 ข้อ จำนวน 20 คน

ค่าความแปรปรวน

$$S^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

$$S^2 = \frac{40(55574) - (1352)^2}{40(40-1)} = 252.49$$

ค่าความเชื่อมั่น

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

$$r_{tt} = \frac{60}{60-1} \left[ 1 - \frac{14.32}{252.49} \right] = 0.96$$

ตารางที่ ง.18 ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเนื้อหา

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					ระดับคุณภาพ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	- X	S.D.	
1	ด้านเนื้อหา						
	1.1 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	1.2 เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ความถูกต้องของเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	1.5 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	รวม	29	30	30	4.95	0.10	ดีมาก
2	ด้านรูปภาพและตัวอักษร						
	2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำอธิบาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.2 ความถูกต้องของภาพเคลื่อนไหวกับคำอธิบาย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.3 ความถูกต้องของรูปภาพตามเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของรูปแบบของตัวอักษรที่นำเสนอ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.5 ความเหมาะสมของสีภาพ และกราฟิกกับเนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	รวม	24	23	25	4.98	0.35	ดีมาก
3	ด้านเวลาการนำเสนอ						
	3.1 ความเหมาะสมของเวลานำเสนอกับเนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	3.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	3.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	รวม	15	15	15	5.00	0.00	ดีมาก
	รวมทั้งหมดเฉลี่ย	4.85	4.85	5.00	4.90	0.18	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.19 ผลการประเมินบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์  
สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	- X	S.D.	ระดับ คุณภาพ
1	ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ						
	1.1 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบการนำเสนอ	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
	1.3 ความสมบูรณ์ของบทเรียนช่วยฝึกทักษะ	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	รวม	14	14	13	4.56	0.58	ดีมาก
2	ด้านรูปภาพและตัวอักษร						
	2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านสื่อ ความหมาย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.2 ความคมชัดของภาพ	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของขนาด และสี ตัวอักษร	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพกับเสียง บรรยาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	รวม	20	19	20	4.92	0.15	ดีมาก
3	ด้านเสียง						
	3.1 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความถูกต้องของเสียง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	3.3 ความเหมาะสมของคนตรีประกอบ	4	4	5	4.33	0.58	ดี
	รวม	14	13	15	4.67	0.38	ดีมาก
4	ด้านเวลาการนำเสนอ						
	4.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
	4.2 ความเหมาะสมของเวลานำเสนอกับคำ บรรยาย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	4.3 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอ เนื้อหาทั้งหมด	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	รวม	14	13	15	4.67	0.39	ดีมาก
	รวมทั้งหมดเฉลี่ย	4.77	4.54	4.77	4.69	0.36	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.20 แสดงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง

คนที่	คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน					คะแนนเต็ม 60 คะแนน	คิดเป็น (20%)
	โตโอด (10 คะแนน)	ซีเนอร์โตโอด (10 คะแนน)	ทรานซิสเตอร์ (10 คะแนน)	เฟด (20 คะแนน)	เอสซีอาร์ (10 คะแนน)		
1	8	8	7	13	8	44	14.67
2	7	6	7	14	7	41	13.67
3	7	7	7	14	6	41	13.67
4	8	7	6	15	8	44	14.67
5	6	7	7	13	8	41	13.67
6	8	6	8	12	8	42	14.00
7	7	8	8	15	7	45	15.00
8	7	8	8	14	8	45	15.00
9	7	8	8	16	7	46	15.33
10	8	7	9	14	6	44	14.67
11	8	8	7	13	7	43	14.33
12	9	7	7	11	7	41	13.67
13	8	8	8	13	8	45	15.00
14	9	9	8	12	7	45	15.00
15	7	7	6	12	6	38	12.67
16	6	7	8	14	8	43	14.33
17	7	6	8	13	8	42	14.00
18	8	8	8	13	7	44	14.67
19	8	7	7	12	6	40	13.33
20	8	8	8	13	7	44	14.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.21 แสดงผลการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติของกลุ่มทดลอง

คนที่	คะแนนจากการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติ					คะแนนเต็ม 96 คะแนน	คิดเป็น (80%)
	ไดโอด (18 คะแนน)	ซีเนอร์ไดโอด (15 คะแนน)	ทรานซิสเตอร์ (18 คะแนน)	เฟด (30 คะแนน)	เอสซีอาร์ (15 คะแนน)		
1	16	14	14	23	14	81	67.50
2	16	14	16	23	14	83	69.17
3	17	15	14	22	14	82	68.33
4	18	15	16	26	15	90	75.00
5	15	14	16	25	15	85	70.83
6	16	14	17	24	14	85	70.83
7	16	14	15	25	14	84	70.00
8	17	13	16	25	14	85	70.83
9	18	15	17	24	15	89	74.17
10	16	14	15	26	15	86	71.67
11	17	14	15	25	14	85	70.83
12	17	14	16	24	14	85	70.83
13	16	14	16	25	14	85	70.83
14	16	15	16	26	13	86	71.67
15	18	15	17	27	15	92	76.67
16	16	14	15	25	14	84	70.00
17	15	14	15	24	14	82	68.33
18	17	14	16	23	14	84	70.00
19	17	15	17	22	14	85	70.83
20	16	14	16	23	14	83	69.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.22 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลอง

คนที่	ภาคทฤษฎี (20%)	ภาคปฏิบัติ (80%)	รวมคะแนน (100%)
1	14.67	67.50	82.17
2	13.67	69.17	82.84
3	13.67	68.33	82.00
4	14.67	75.00	89.67
5	13.67	70.83	84.50
6	14.00	70.83	84.83
7	15.00	70.00	85.00
8	15.00	70.83	85.83
9	15.33	74.17	89.50
10	14.67	71.67	86.34
11	14.33	70.83	85.16
12	13.67	70.83	84.50
13	15.00	70.83	85.83
14	15.00	71.67	86.67
15	12.67	76.67	89.34
16	14.33	70.00	84.33
17	14.00	68.33	82.33
18	14.67	70.00	84.67
19	13.33	70.83	84.16
20	14.67	69.17	83.84
เฉลี่ย	14.30	70.87	85.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.23 แสดงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุม

คนที่	คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน					คะแนนเต็ม 60 คะแนน	คิดเป็น (20%)
	โตโตด (10 คะแนน)	ซีเนอร์โตโตด (10 คะแนน)	ทรานซิสเตอร์ (10 คะแนน)	เฟด (20 คะแนน)	เอสซีอาร์ (10 คะแนน)		
1	7	6	7	12	6	38	12.67
2	6	7	6	14	6	39	13.00
3	7	7	7	14	7	42	14.00
4	8	7	6	15	7	43	14.33
5	7	6	7	14	7	41	13.67
6	7	6	7	15	7	42	14.00
7	6	5	6	14	6	37	12.33
8	7	6	6	13	6	38	12.67
9	9	8	7	14	8	46	15.33
10	7	7	7	12	7	40	13.33
11	6	6	6	11	6	35	11.67
12	6	5	5	11	6	33	11.00
13	6	6	7	12	6	37	12.33
14	7	7	7	13	7	41	13.67
15	8	8	8	15	8	47	15.67
16	7	7	7	12	7	40	13.33
17	6	7	7	15	7	42	14.00
18	6	6	6	12	5	35	11.67
19	7	6	7	14	7	41	13.67
20	7	6	6	14	7	40	13.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.24 แสดงผลการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติของกลุ่มควบคุม

คนที่	คะแนนจากการประเมินความสามารถการฝึกปฏิบัติ					คะแนนเต็ม 96 คะแนน	คิดเป็น (80%)
	ไดโอด (18 คะแนน)	ซีเนอร์ไดโอด (15 คะแนน)	ทรานซิสเตอร์ (18 คะแนน)	เฟด (30 คะแนน)	เอสซีอาร์ (15 คะแนน)		
1	15	13	13	21	13	75	62.50
2	14	13	14	22	14	77	64.17
3	14	12	13	21	12	72	60.00
4	17	14	13	24	13	81	67.50
5	13	12	13	21	15	74	61.67
6	13	13	14	23	13	76	63.33
7	15	14	15	23	14	81	67.50
8	15	13	16	24	14	82	68.33
9	15	14	15	24	14	82	68.33
10	15	15	14	25	13	82	68.33
11	15	15	16	25	14	85	70.83
12	14	13	16	22	14	79	65.83
13	15	14	15	25	14	83	69.17
14	14	14	16	24	12	80	66.67
15	15	13	15	27	14	84	70.00
16	14	12	15	24	12	77	64.17
17	14	15	15	23	14	81	67.50
18	15	14	16	22	13	80	66.67
19	12	14	15	22	14	77	64.17
20	13	14	16	22	13	78	65.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.25 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มควบคุม

คนที่	ภาคทฤษฎี (20%)	ภาคปฏิบัติ (80%)	รวมคะแนน (100%)
1	12.67	62.50	75.17
2	13.00	64.17	77.17
3	14.00	60.00	74.00
4	14.33	67.50	81.83
5	13.67	61.67	75.34
6	14.00	63.33	77.33
7	12.33	67.50	79.83
8	12.67	68.33	81.00
9	15.33	68.33	83.66
10	13.33	68.33	81.66
11	11.67	70.83	82.50
12	11.00	65.83	76.83
13	12.33	69.17	81.50
14	13.67	66.67	80.34
15	15.67	70.00	85.67
16	13.33	64.17	77.50
17	14.00	67.50	81.50
18	11.67	66.67	78.34
19	13.67	64.17	77.84
20	13.33	65.00	78.33
เฉลี่ย	13.28	66.08	79.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณเปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน โดยมีวิธีวิเคราะห์ดังนี้

### สมมติฐานการวิจัย

สมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะสูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่เรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

ตั้งสมมติฐานทางสถิติ  $H_0$  และ  $H_1$

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

โดยที่

$\mu_1$  คือ กลุ่มทดลอง

$\mu_2$  คือ กลุ่มควบคุม

$H_0$  คือ สมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลองต่ำกว่าหรือเท่ากับกลุ่มควบคุม

$H_1$  คือ สมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

กำหนดระดับนัยสำคัญ

ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) = 0.01 หมายความว่า การทดสอบครั้งนี้มีระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่  $(1 - \alpha) \cdot 100\% = 99\%$

คำนวณหาค่า t (Independent Sample t-test)

ผู้วิจัยได้พิจารณาจากกลุ่มตัวอย่าง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ( $N \leq 30$ ) และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีจำนวนเท่ากับ 20 คน เท่ากัน จึงสามารถตั้งข้อตกลงได้ว่า ความแปรปรวนของกลุ่มทดลองและของกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากัน ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ) จึงสามารถใช้สูตร t-test ชนิด Pooled Variance ได้เลย โดยไม่ต้องหาค่าความแปรปรวน เพื่อเลือกใช้สูตร t-test ดังนั้นการคำนวณหาค่า t จึงใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

ผลการคำนวณเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงดังตารางที่ ง.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.26 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบคะแนนจากการ ทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

T-Test

### Group Statistics

Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
score TEST	20	85.1755	2.27351	.50837
CONTROL	20	79.3670	3.06269	.68484

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					99% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
score	Equal variances assumed	3.491	.069	6.810	38	.000	5.80850	.85290	3.49580	8.12120
	Equal variances not assumed			6.810	35.062	.000	5.80850	.85290	3.48559	8.13141

จากตารางที่ ง.26 เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ข้อมูลที่ได้มีสองส่วนคือส่วนที่เป็นผลของการคำนวณหาค่าสถิติทั่วไป ( Group Statistics ) และส่วนที่เป็นผลการคำนวณหาค่า t ในส่วนของ Independent Samples t-test สามารถแสดงผลลัพธ์ต่างๆ ในตารางได้ดังนี้

#### ค่าสถิติทั่วไป ( Group Statistics )

N หมายถึง จำนวนข้อมูล โดยมีกลุ่มทดลอง( TEST) จำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุม ( CONTROL ) จำนวน 20 คน

Mean หมายถึง ค่าเฉลี่ยคะแนนสอบของกลุ่มทดลองเท่ากับ 85.18 และค่าเฉลี่ยคะแนนสอบของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 79.37

Std. Deviation หมายถึง คะแนนสอบเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2.27 และคะแนนสอบเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 3.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

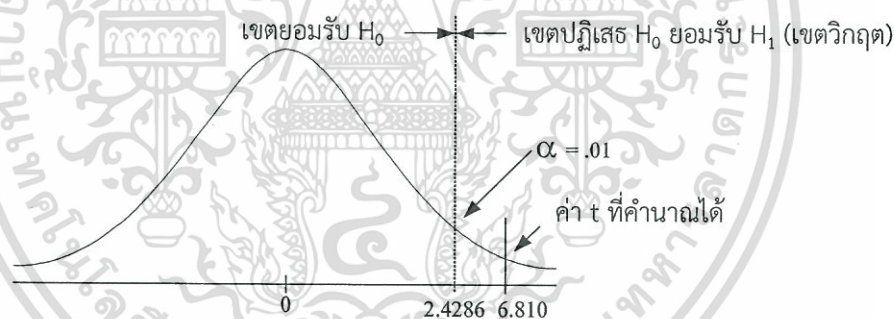
Std. Error Mean หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของกลุ่มทดลองเท่ากับ 0.508 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 0.685

### การแปลความหมายผลลัพธ์

การแปลความหมายผลลัพธ์จากตารางที่ ง.26 ที่คำนวณได้ โดยดูผลลัพธ์จากในส่วนของ Independent Samples t-test ซึ่งเป็นการทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนของกลุ่มทั้งสอง โดยวิธี Levene ' Test for Equality of Variances จะเห็นว่าค่า  $F = 3.491$  ค่า Sig เท่ากับ .069 ซึ่งมากกว่าระดับความมีนัยสำคัญ ( $\alpha = 0.01$ ) นั่นคือความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มนั้นเท่ากัน

เมื่อเราพบว่าความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มนั้นเท่ากัน ดังนั้นจึงดูผลในบรรทัด Equal variance assumed ในการสรุปผล จะเห็นว่าค่า  $t = 6.810$  ค่า  $t$  นี้คำนวณโดยสูตร t-test ชนิด Pooled Variance ถ้าพิจารณาที่ค่า Sig (one-tail) จากการเปิดตารางเท่ากับ 2.4286 ซึ่งค่า  $t$  ที่ได้จากการคำนวณ มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ ( $\alpha = 0.01$ ) จึงสรุปได้ว่า ค่า  $t$  ที่โปรแกรม SPSS คำนวณได้นี้ตกอยู่ในเขตวิกฤต (เขตปฏิเสธ  $H_0$ ) ต้องยอมรับ  $H_1$  คือ :  $\mu_1 > \mu_2$  ดังนั้นจึงหมายความว่าสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

โดยผลลัพธ์จากตารางที่ ง.26 ที่คำนวณได้ สามารถนำมาวิเคราะห์ โดยการ Plot Curve ได้ดังภาพที่ ง.1



ภาพที่ ง.1 แสดงค่า  $t$  ที่คำนวณได้ อยู่ในเขตวิกฤต

จากภาพที่ ง.1 สามารถสรุปได้ว่าเป็นการทดสอบแบบ One-tailed test โดยเขตวิกฤตมีเพียงส่วนเดียว (เท่ากับ  $\alpha = 0.01$ ) และอยู่ทางขวา ซึ่งพิจารณาในแง่ความแตกต่างมากกว่าหรือน้อยกว่าเพียงอย่างเดียว ผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ค่า  $t = 6.810$  และจากการเปิดตารางที่  $t_{0.01, 38}$  ( $\alpha = 0.01$ ,  $df = 38$ ) ได้  $t = 2.4286$  ดังนั้นค่า  $t$  ที่คำนวณ มีค่ามากกว่า  $t$  จากตาราง จึงปฏิเสธ  $H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$  ยอมรับ  $H_1 : \mu_1 > \mu_2$  แสดงว่าสมรรถนะทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

จากผลดังกล่าวสรุปได้ว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ มีสมรรถนะทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนจากการสอนปกติ ในเนื้อหาเรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

## ภาคผนวก จ

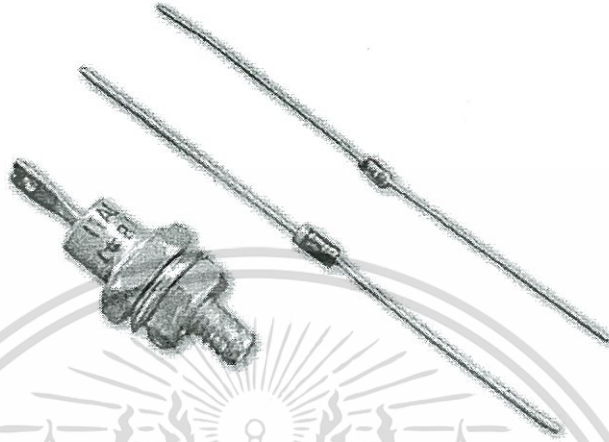
- ใบความรู้ เรื่อง ไตโอด
- ใบงาน เรื่อง ไตโอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

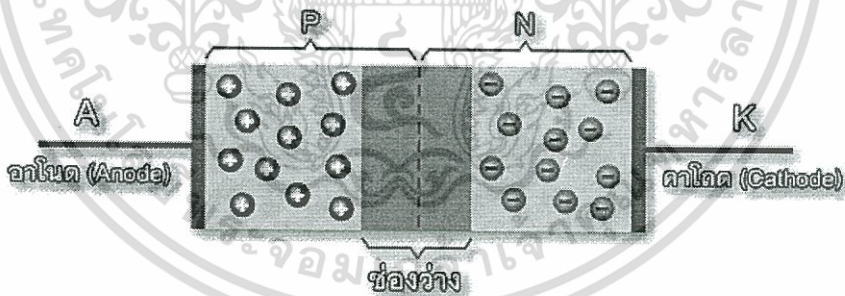
## ใบความรู้ เรื่อง ไดโอด

### 1. ไดโอด (Diode)



ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจากคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำพี-เอ็น ไดโอดมีขั้ว 2 ขั้ว มีหลายขนาด เราจะพบไดโอดได้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป เช่น วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่ เป็นต้น

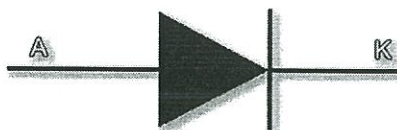
#### 1.1 โครงสร้างของไดโอด



ไดโอด ทำมาจากผลึกของสารกึ่งตัวนำ P และ N มีขา 2 ขา คือ

1. อาโนด เป็นขาที่ต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี
2. คาโทด เป็นขาที่ต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

#### 1.2 สัญลักษณ์ของไดโอด

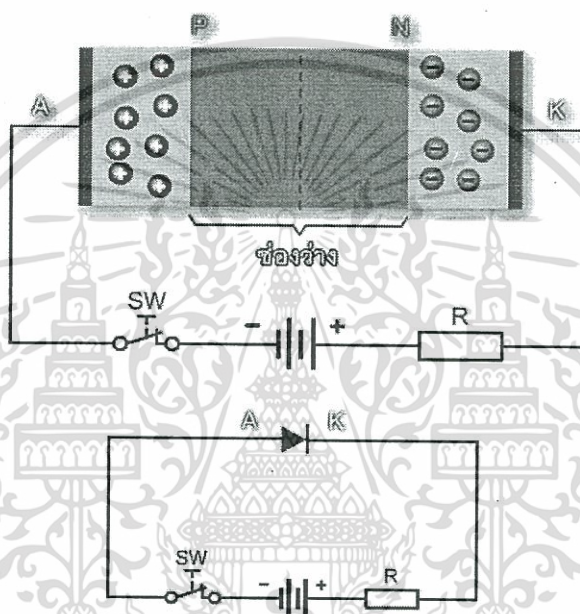


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เคลื่อนที่เข้าหารายต่อ P-N เช่นกัน ทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อแคบลง อิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปรวมตัวกับโฮลได้ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเป็นหลัก จะเห็นได้ว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลจากศักย์ไฟฟ้าลบผ่านไดโอดไปยังศักย์ไฟฟ้าบวก ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของโฮลเป็นหลัก กระแสไฟฟ้าในวงจรจะไหลจากศักย์ไฟฟ้าบวกไปยังศักย์ไฟฟ้าลบ ซึ่งจะสอดคล้องกับทิศทางของหัวลูกศรในสัญลักษณ์ ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการทำความเข้าใจการทำงานของไดโอด ในบทเรียนต่อไปนี้จะอธิบายโดยใช้กระแสโฮลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

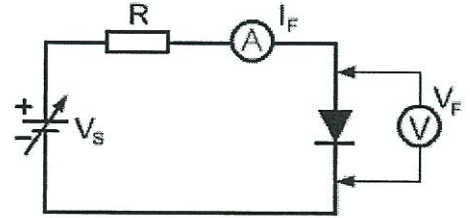
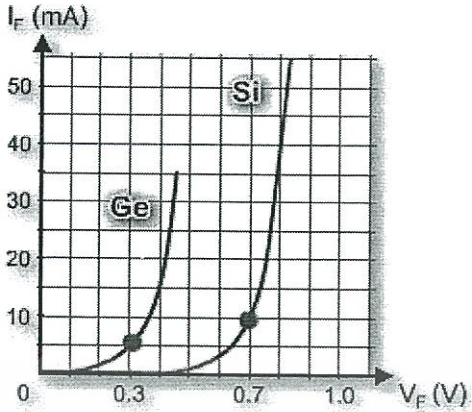
## 2.1 ไดโอดในวงจรไบอัสกลับ



เมื่อต่อศักย์ไฟฟ้าบวกให้กับคาโทด และต่อศักย์ไฟฟ้าลบให้กับอโนด อิเล็กตรอนอิสระจะเคลื่อนที่ไปหาศักย์ไฟฟ้าบวก โฮลจะเคลื่อนที่เข้าหาศักย์ไฟฟ้าลบ ทำให้ช่องว่างบริเวณรอยต่อ P-N กว้างขึ้น อิเล็กตรอนอิสระและโฮล จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไม่ได้ ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด

## 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด

### 3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสตรง

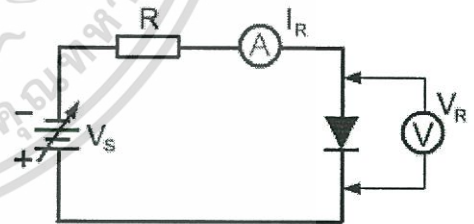
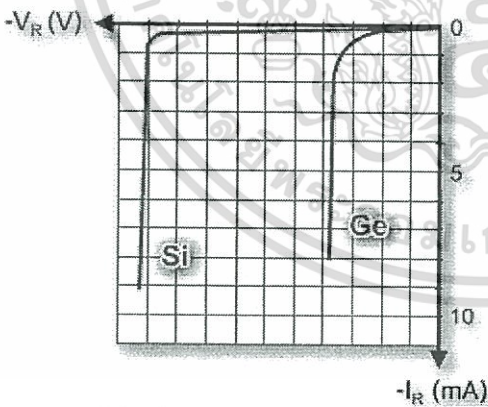


จากวงจรไบอัสตรง ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ  $V_S$  จะทำให้แรงดันฟอร์เวิร์ดที่ตกคร่อมไดโอด และกระแสฟอร์เวิร์ดที่ไหลผ่านไดโอดเปลี่ยนแปลงสรุปได้ดังนี้

1. เยอรมันเนียมไดโอดนำกระแสเมื่อมีแรงดันตกคร่อมมีค่าประมาณ 0.3 โวลต์
2. ซิลิกอนไดโอดนำกระแสเมื่อมีแรงดันตกคร่อมมีค่าประมาณ 0.7 โวลต์
3. เมื่อไดโอดนำกระแส แรงดันตกคร่อมไดโอดจะคงที่แต่กระแสฟอร์เวิร์ดจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

ดังนั้นเมื่อนำไดโอดไปใช้งาน จึงจำเป็นจะต้องมีความต้านทานหรือภาระต่ออนุกรมในวงจรไว้ด้วยเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไหลเกินพิกัดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ จนเป็นเหตุให้ไดโอดเสียหาย

### 3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดในวงจรไบอัสกลับ



จากวงจรไบอัสกลับ ถ้าเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ  $V_S$  จะทำให้แรงดันรีเวิร์สที่ตกคร่อมไดโอด และกระแสรีเวิร์สที่ไหลผ่านไดโอดเปลี่ยนแปลงสรุปได้ดังนี้

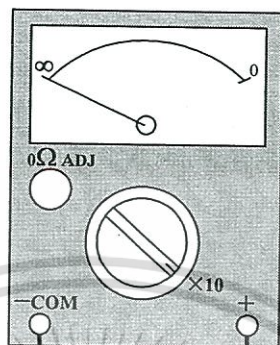
1. ขณะที่แรงดันรีเวิร์สตกคร่อมไดโอดสูงขึ้น จะมีกระแสรั่วไหลจำนวนหนึ่งไหลจากคาโอดไปยังแอนโนด ซึ่งมีค่าน้อยมากเป็นไมโครแอมแปร์
2. เมื่อแรงดันรีเวิร์สตกคร่อมไดโอดสูงถึงค่าหนึ่งๆ จะมีกระแสรีเวิร์สสูงมากไหลผ่านไดโอดได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ไดโอดเสียหาย แรงดันรีเวิร์สที่จุดนี้เรียกว่าแรงดันเบรกดาวน์

#### 4. วิธีตรวจสอบไดโอด

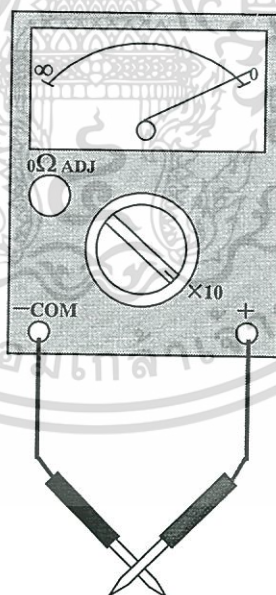
การวัดหาขาและชนิดของไดโอด

ขั้นตอน

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10

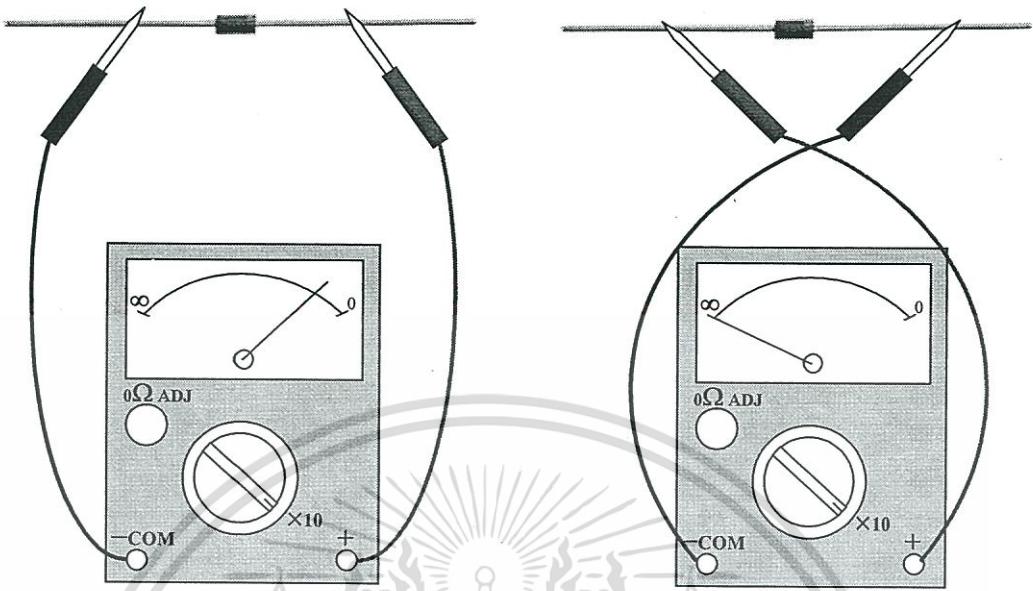


2. ปรับ 0 โอห์ม



3. นำสายวัด วัดคร่อมขาไดโอดทั้ง 2 ข้าง ให้วัด 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 2 ให้สลับสายวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วัดครั้งที่ 1

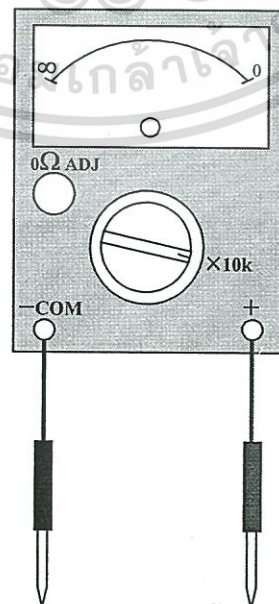
วัดครั้งที่ 2

ผลการวัด

- วัดแล้วเข็มขึ้น แสดงว่าสายสีดำเป็นขา A และสายสีแดงเป็นขา K และจะอ่านค่าความต้านทานได้ประมาณ 70 Ω

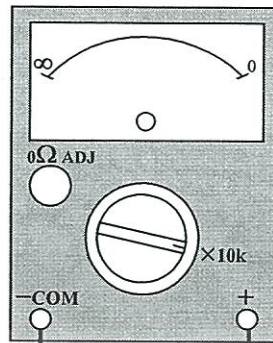
การหาชนิดของไดโอด  
ขั้นตอน

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน X10k

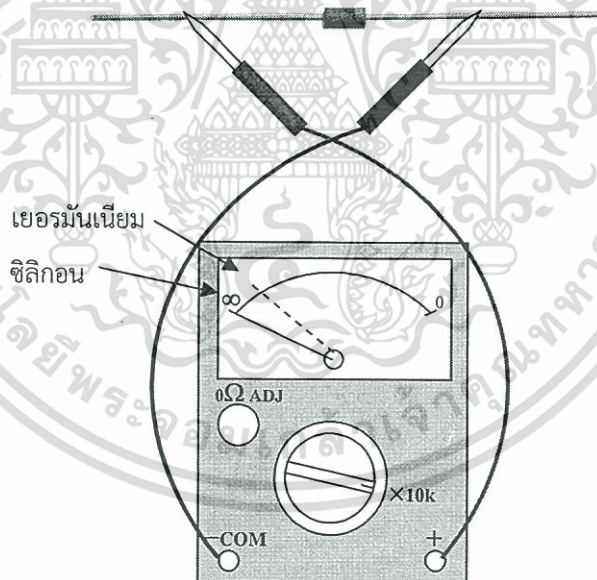


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ปรับ 0 โอห์ม



## 3. นำสายวัดสีดำวัดที่ขา K และสายสีแดงวัดที่ขา A



## ผลการวัด

- วัดค่าความต้านทานได้ประมาณ  $500\text{ K}\Omega$  เป็นไดโอดชนิดเยอรมันเนียม
- วัดค่าความต้านทานได้อินฟินิตี้ ( $\infty$ ) เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน

## การตรวจสอบไดโอด

เมื่อตั้งมิเตอร์ย่านวัด  $\times 10$  แล้วนำสายวัด วัดคร่อมขาไดโอดทั้ง 2 ข้าง ให้วัด 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 2 ให้สลับสายวัด แล้วให้พิจารณาผลการวัดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัดแล้วเข็มขึ้นมาก 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าไดโอดดี
- วัดแล้วเข็มไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าไดโอดขาด
- วัดแล้วเข็มขึ้นสุดสเกลทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าไดโอดช็อต
- วัดแล้วเข็มขึ้นทั้งสองครั้งไม่เท่ากัน แสดงว่าไดโอดรั่ว

#### การวัดหาชนิดของไดโอด

- เมื่อตั้งมิเตอร์ย่านวัด X10 เพื่อวัดความต้านทานขณะไบอัสตรง เข็มของมัลติมิเตอร์ จะมีค่าความต้านทานประมาณ 70  $\Omega$
- เมื่อตั้งมิเตอร์ย่านวัด X10k เพื่อวัดความต้านทานขณะไบอัสกลับ เข็มของมัลติมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานได้สูงมากหรือค่าอนันต์(Infinity, $\infty$ ) จะเป็นชนิดซิลิกอน หากว่าวัดค่าความต้านทานได้ประมาณ 500 K $\Omega$  จะเป็นชนิดเยอรมันเนียม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 1 เรื่อง การวัดและตรวจสอบไดโอด

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

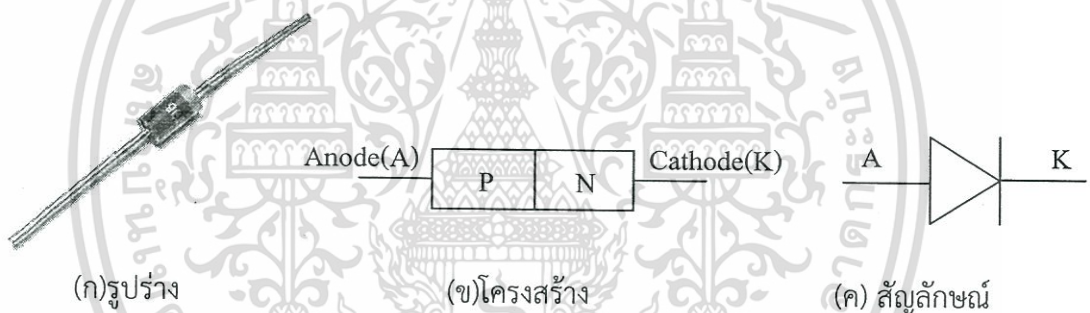
- 1.สามารถวัดหาค่าและชนิดของไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
- 2.สามารถตรวจสอบไดโอดดีหรือเสียด้วยมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

### เครื่องมือและอุปกรณ์

- |  |   |         |
|--|---|---------|
| 1. มัลติมิเตอร์  | 1 | เครื่อง |
| 2. ไดโอด เบอร์ 1N4001, 1N4002, 1N4407, 1N5407 และ 1N60 อย่างละ | 1 | ตัว     |

### ทฤษฎี

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้เพียงทิศทางเดียว ไดโอดทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด N-Type และ P-Type โดยนำธาตุที่นิยมใช้มากที่สุด คือ เยอรมันเนียม (Germanium : Ge) และซิลิกอน (Silicon : Si) มาเจือปนสาร (Dope) และทำเป็นไดโอด



### การวัดหาค่าไดโอด

จากหลักการของไดโอดที่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ทางเดียวนั้น โดยการที่ไดโอดจะนำกระแสได้นั้นต้องต่อไดโอดแบบไบอัสตรง (Forward Bias) คือ ศักย์บวกต่อเข้ากับ A (Anode) ศักย์ลบต่อเข้ากับขา K (Cathode) (ขั้วบวกมิเตอร์คือไฟลบ และขั้วลบคือไฟบวก)

การใช้มัลติมิเตอร์วัดหาค่าของไดโอด ถ้าขั้วลบของมิเตอร์จับที่ขาหนึ่งและขั้วบวกจับอีกขาหนึ่ง และเข็มมิเตอร์ขึ้นนั้น แสดงว่าขั้วลบของมิเตอร์ที่จับกับขาไดโอดขาหนึ่งเป็นขา A ส่วนขั้วบวกของมิเตอร์ที่จับอีกขาหนึ่งเป็นขา K ต่อจากนั้นลองกลับขั้วของมิเตอร์สลับการวัดขาใหม่ ถ้าวัดแล้วเข็มไม่ขึ้นนั้นแสดงว่าไดโอดดี

### การวัดหาชนิดของไดโอด

เมื่อตั้งสเกล Rx10 เพื่อวัดความต้านทานไบอัสตรง เข็มของมัลติมิเตอร์จะมีค่าความต้านทานต่ำประมาณ  $70 \Omega$

เมื่อตั้งสเกล Rx10k เพื่อวัดความต้านทานไบอัสกลับ เข็มของมัลติมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานได้สูงมากหรือค่าอนันต์ (Infinity :  $\infty$ ) จะเป็นชนิดซิลิกอน หากว่าวัดค่าความต้านทานได้

ประมาณ  $500 K\Omega$  จะเป็นชนิดเยอรมันเนียม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การตรวจสอบไดโอดดีหรือเสีย

1. ถ้าวัดแล้วเข็มมิเตอร์ขึ้น 1 ครั้ง ไม่ขึ้น 1 ครั้ง แสดงว่าไดโอดดี
2. ถ้าวัดแล้วเข็มมิเตอร์ไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าไดโอดขาด
3. ถ้าวัดแล้วเข็มมิเตอร์ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าไดโอดชอร์ต
4. ถ้าวัดแล้วเข็มมิเตอร์ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ไม่เท่ากัน แสดงว่าไดโอดรั่ว

### ลำดับขั้นการทดลอง

1. ตั้งมัลติมิเตอร์ไปที่สเกล Rx10 จากนั้นทำการปรับสู่ตำแหน่งศูนย์ (Zero Adjust)
2. วัดค่าความต้านทานของไดโอดเบอร์ต่างๆ ตามตาราง ในลักษณะไปอัสตรง บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
3. วัดค่าความต้านทานของไดโอดเบอร์ต่างๆ ตามตาราง ในลักษณะไปอัสกลับ บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
4. ตั้งมัลติมิเตอร์ไปที่สเกล Rx10k จากนั้นทำการปรับสู่ตำแหน่งศูนย์ (Zero Adjust)
5. วัดค่าความต้านทานของไดโอดเบอร์ต่างๆ ตามตาราง ในลักษณะไปอัสตรง บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
6. วัดค่าความต้านทานของไดโอดเบอร์ต่างๆ ตามตาราง ในลักษณะไปอัสกลับ บันทึกผลการทดลองลงในตาราง





## ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

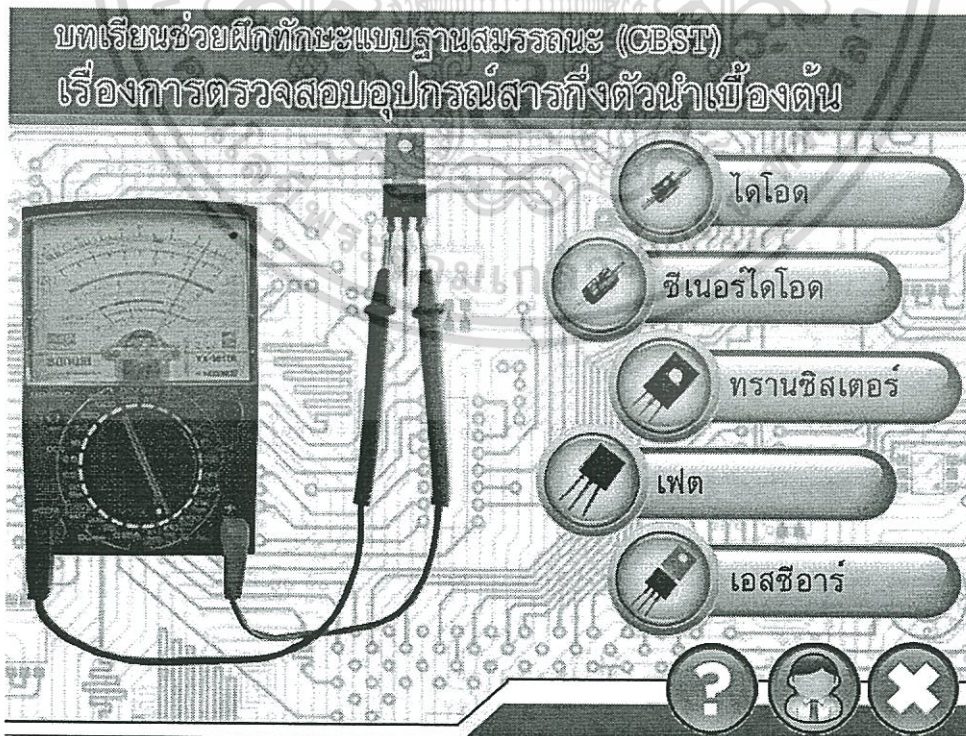


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างหน้าจอบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น



ภาพที่ ฉ.1 แสดงชื่อของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบ  
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับอาจารย์ผู้สอนเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงเนื้อหาให้สอดคล้องกับนโยบายด้านการค้า  
ภาพที่ ฉ.2 แสดงเมนูหลักของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดโอด (Diode)

### จุดประสงค์บทเรียน

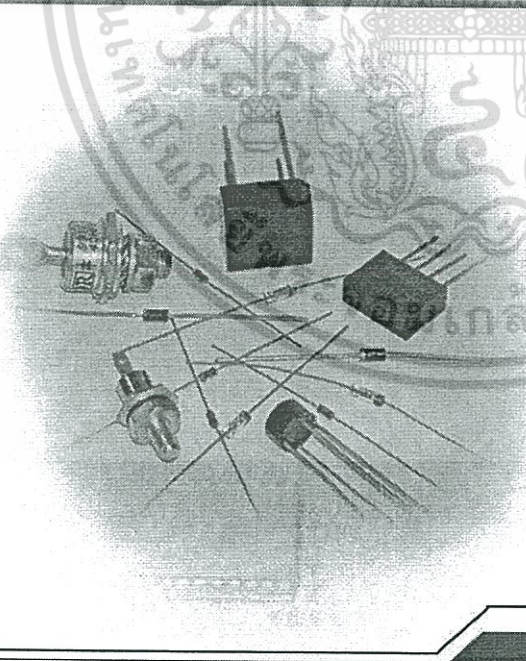
เมื่อจบบทเรียนแล้วผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 1.บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของไดโอดได้
- 2.อธิบายการทำงานของไดโอดเมื่อต่อวงจรไบอัสตรงและไบอัสกลับได้
- 3.บอกคุณสมบัติของไดโอดในสภาวะไบอัสตรงและไบอัสกลับได้
- 4.บอกวิธีการวัดและตรวจสอบไดโอดได้




ภาพที่ ฉ.3 แสดงจุดประสงค์ของบทเรียน เรื่องไดโอด

## ไดโอด (Diode)



- ▶ 1. ไดโอด (Diode)
- ▶ 2. การทำงานของไดโอด
- ▶ 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด
- ▶ 4. การตรวจสอบไดโอด

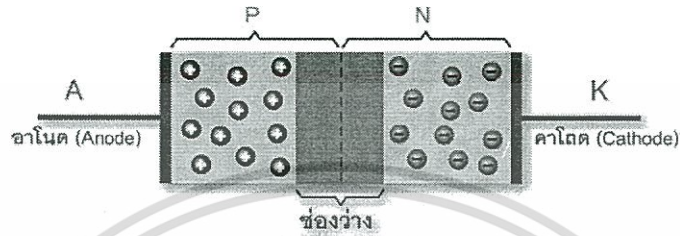


ภาพที่ ฉ.4 แสดงเมนูของบทเรียน เรื่องไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดโอด (Diode)

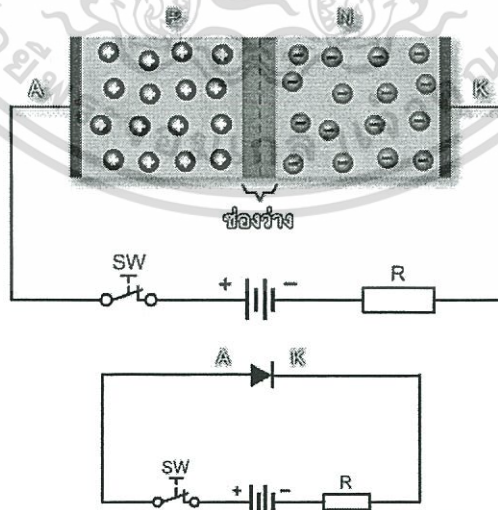
### 1.1. โครงสร้างของไดโอด



ภาพที่ ๑.5 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด

## ไดโอด (Diode)

### 2.1. ไดโอดในวงจรไบแอสแบบฟอร์เวิร์ด

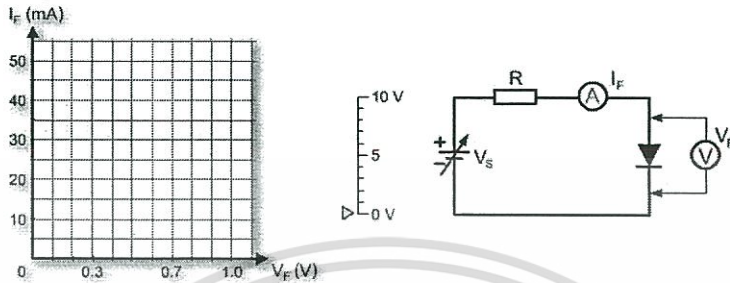


ภาพที่ ๑.6 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่เป็นภาพเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดโอด (Diode)

### 3.1. คุณสมบัติของไดโอดในวงจรไบแอสแบบฟอร์เวิร์ด



เยอรมันเนียมไดโอด (Ge)

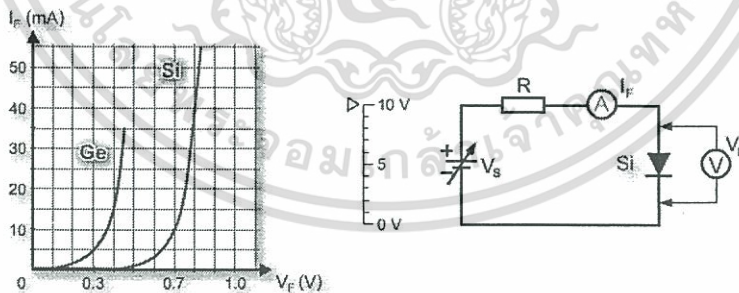
ซิลิกอนไดโอด (Si)

คำอธิบาย

ภาพที่ ฉ.7 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่ผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนได้

## ไดโอด (Diode)

### 3.1. คุณสมบัติของไดโอดในวงจรไบแอสแบบฟอร์เวิร์ด



เยอรมันเนียมไดโอด (Ge)

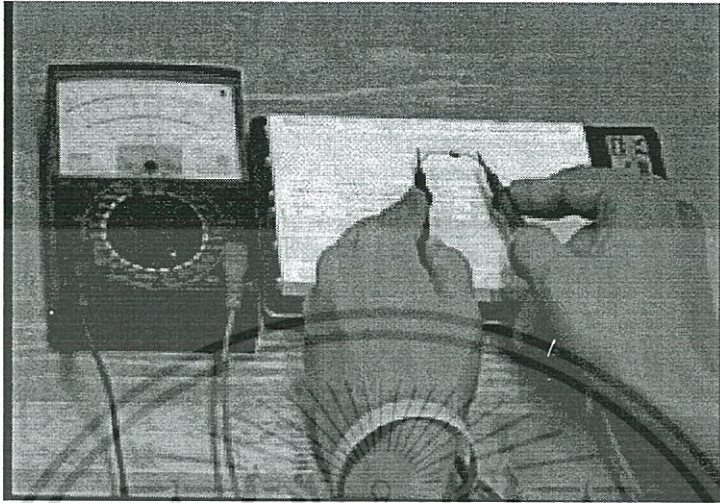
ซิลิกอนไดโอด (Si)

คำอธิบาย

ภาพที่ ฉ.8 แสดงเนื้อหาของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ไดโอด (Diode)



ภาพที่ ฉ.9 แสดงวิดีโอของบทเรียน เรื่องไดโอด ที่ผู้เรียนสามารถเรียนและฝึกปฏิบัติกับอุปกรณ์จริงได้

## แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ไดโอด

1.รูปโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอดในข้อใดที่มีความสัมพันธ์กัน

- |  |   |
|--|---|
| <p><input checked="" type="radio"/> A) </p> | <p><input type="radio"/> B) </p> |
| <p><input type="radio"/> C) </p>            | <p><input type="radio"/> D) </p> |



เอกสารนี้เป็นเอกสารภาพที่ ฉ.10 แสดงแบบทดสอบภาคทฤษฎีของบทเรียน เรื่องไดโอด ระเบียบด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ช

คู่มือการใช้งานบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

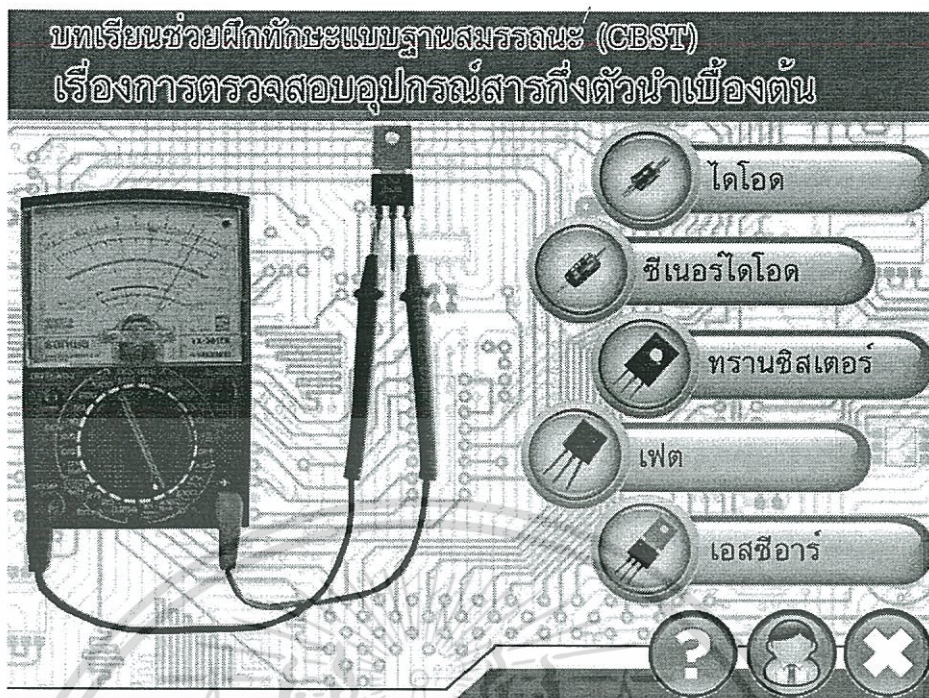
คู่มือการใช้งานบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น  
วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (2104-2205)

บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Adobe Captivate 6 โดยบรรจุลงบนแผ่น CD-ROM ซึ่งเมื่อผู้เรียนใส่ในช่อง CD Drive ของเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วบทเรียนจะ Autorun แล้วจะหน้าจอแสดงชื่อบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น ขึ้นมาดังภาพ



ภาพที่ ข.1 แสดงชื่อของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบ  
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น

หลังจากนั้นจะเข้าสู่หน้าจอเมนูหลัก ที่จะเข้าไปเรียนเนื้อหาบทเรียนเรื่องต่างๆ ประกอบด้วย เรื่อง ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต และเอสซีอาร์ นอกจากนั้นยังมีเมนูคู่มือการใช้งาน เมนูผู้จัดทำ และเมนูออกจากโปรแกรม ดังภาพ



ภาพที่ ข.2 แสดงเมนูหลักของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ  
รายละเอียดของปุ่มต่างๆ ในหน้าจอเมนูหลัก

ปุ่ม	คำอธิบาย
 ไดโอด	ปุ่มเข้าสู่เนื้อหาบทเรียนเรื่องไดโอด
	ปุ่มคู่มือการใช้งาน
	ปุ่มรายละเอียดผู้จัดทำ
	ปุ่มออกจากโปรแกรม

ถ้าคลิกเมาส์ไปที่เมนูเนื้อหาเรื่อง ไดโอด ก็จะเป็นการเข้าสู่การเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง ไดโอด โดย  
ในบทเรียนจะแจ้งจุดประสงค์ของบทเรียน ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดโอด (Diode)

### จุดประสงค์บทเรียน

เมื่อจบบทเรียนแล้วผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 1.บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดของไดโอดได้
- 2.อธิบายการทำงานของไดโอดเมื่อต่อวงจรไบอัสตรงและไบอัสกลับได้
- 3.บอกคุณสมบัติของไดโอดในสภาวะไบอัสตรงและไบอัสกลับได้
- 4.บอกวิธีการวัดและตรวจสอบไดโอดได้

ภาพที่ ข.3 แสดงจุดประสงค์ของเนื้อหา เรื่องไดโอด

เมื่อคลิกปุ่มต่อไปจะเข้าหน้าจอเมนูของเนื้อหา เรื่องไดโอด ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนเนื้อหา หัวข้อต่างๆ โดยการคลิกที่ปุ่มต่างๆ ดังภาพ

## ไดโอด (Diode)



- 1. ไดโอด (Diode)
- 2. การทำงานของไดโอด
- 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด
- 4. การตรวจสอบไดโอด

ภาพที่ ข.4 แสดงเมนูของเนื้อหา เรื่องไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

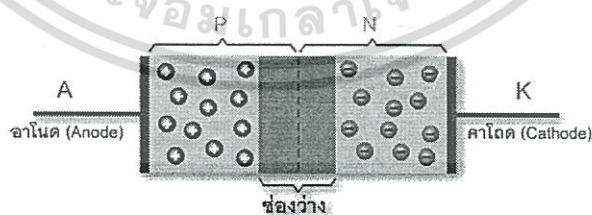
รายละเอียดของปุ่มต่างๆ ในหน้าจอเมนูเนื้อหา เรื่องไดโอด

ปุ่ม	คำอธิบาย
 1. ไดโอด (Diode)	ปุ่มเข้าสู่การเรียนรู้เนื้อหาไดโอด
	ปุ่มไปหน้าต่อไป
	ปุ่มกลับไปหน้าที่แล้ว
	ปุ่มศึกษาเนื้อหาหน้านั้นอีกครั้ง
	ปุ่มกลับไปเมนูเนื้อหา เรื่องไดโอด
	ปุ่มออกจากบทเรียน

เนื้อหาบทเรียน เรื่องไดโอด จะประกอบด้วยเนื้อหา ส่วนต่างๆ เช่น ไดโอด การทำงานของไดโอด คุณสมบัติของไดโอด และการตรวจสอบไดโอด ซึ่งจะเป็นในลักษณะเดียวกันกับเนื้อหาเรื่องอื่นๆ ที่มีอยู่ในบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่องการตรวจสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเบื้องต้น คือ ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต และเอสซีอาร์ ดังภาพ

## ไดโอด (Diode)

### 1.1. โครงสร้างของไดโอด

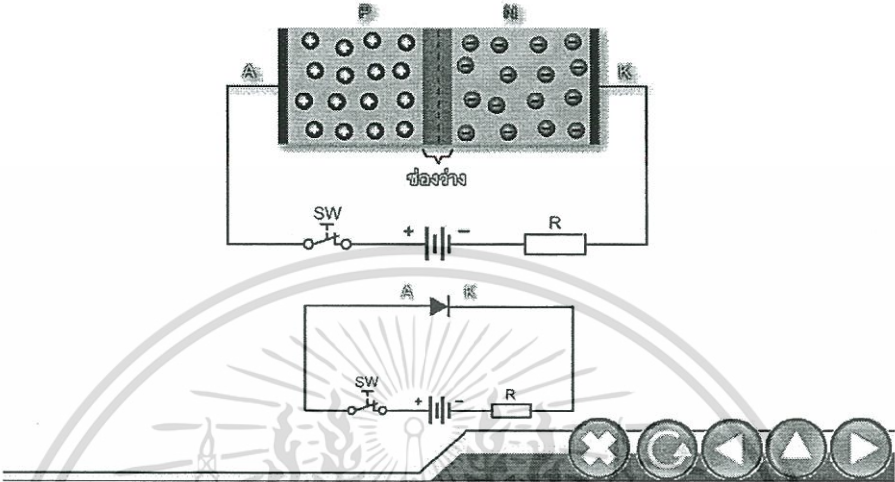


ภาพที่ ข.5 แสดงเนื้อหา หัวข้อ ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดโอด (Diode)

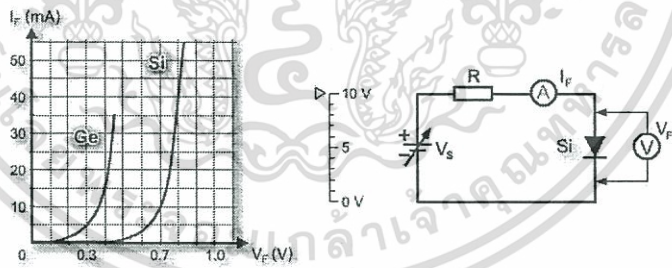
### 2.1. ไดโอดในวงจรไบแอสแบบฟอร์เวิร์ด



ภาพที่ ข.6 แสดงเนื้อหา หัวข้อ การทำงานของไดโอด

## ไดโอด (Diode)

### 3.1. คุณสมบัติของไดโอดในวงจรไบแอสแบบฟอร์เวิร์ด

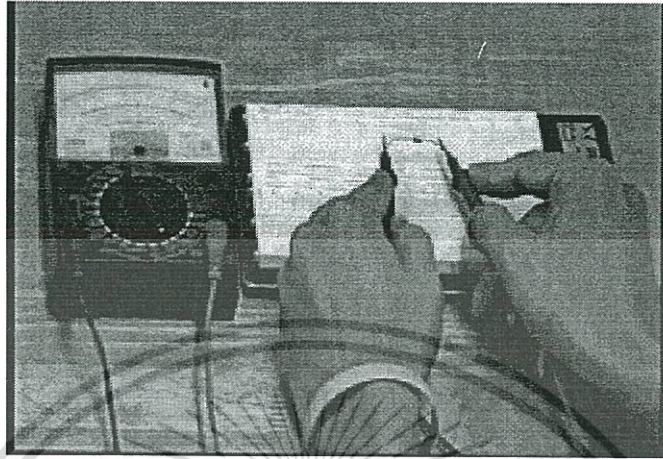


- เยอรมันเนียมไดโอด (Ge)
  - ซิลิกอนไดโอด (Si)
- คำอธิบาย

ภาพที่ ข.7 แสดงเนื้อหา หัวข้อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไดโอด (Diode)



ภาพที่ ข.8 แสดงเนื้อหา หัวข้อการตรวจสอบไดโอด

เมื่อผู้เรียนศึกษาเนื้อหาบทเรียนจบแล้ว ให้ผู้เรียนคลิกเพื่อไฟล์แบบทดสอบหลังเรียน เพื่อทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคทฤษฎี ดังภาพ

### แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ไดโอด

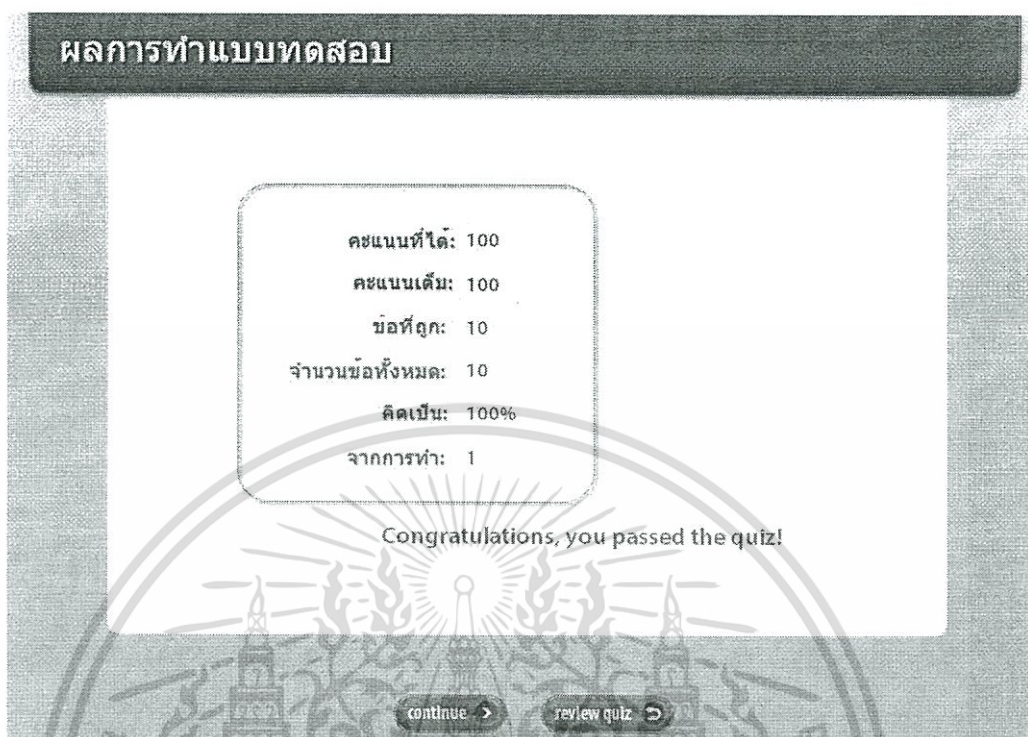
1. รูปโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอดในข้อใดที่มีความสัมพันธ์กัน



clear X back < skip > submit v

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประโยชน์เฉพาะในชั้นเรียนเท่านั้น หากนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียนจะทราบผลการสอบของตนเอง จากการรายงานผลการสอบให้ทราบทันที ดังภาพ



ภาพที่ ข.10 แสดงรายงานผลการทดสอบ เรื่องไดโอด

เมื่อเรียนจบเรื่องไดโอด ก็ให้ผู้เรียนคลิกปุ่มออกจากบทเรียนเพื่อกลับสู่หน้าเมนูหลัก และสามารถเรียนในเรื่องอื่นๆ ได้ต่อไป ซึ่งในบทเรียนเรื่องอื่นๆ ก็จะมีลักษณะของบทเรียนเหมือนกับเรื่องไดโอด

หากว่าผู้เรียนต้องการออกจากโปรแกรม ก็ให้กดปุ่มออกจากโปรแกรมที่หน้าเมนูหลัก บทเรียนก็จะปิดทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายอภิชาติ อนุกุลเวช
วัน เดือน ปีเกิด	2 กรกฎาคม 2513
สถานที่เกิด	อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	16 หมู่ 3 ตำบลหนองอิรุณ อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ( 20220 )
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษา อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อ.ส.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2544 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2556 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	อาจารย์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี พ.ศ. 2536-ปัจจุบัน ปัจจุบัน ตำแหน่งครูชำนาญการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้