

ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

A SENSOR AND TRANSDUCER EXPERIMENTAL SET  
FOR VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-ED-M-232-116

ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

A SENSOR AND TRANSDUCER EXPERIMENTAL SET  
FOR VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะครุศาสตรอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2558

KMITL-2015-ED-M-232-116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A SENSOR AND TRANSDUCER EXPERIMENTAL SET  
FOR VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION  
IN ELECTRONICS  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2015

KMITL-2015-ED-M-232-116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
A Sensor and Transducer Experimental Set  
for Vocational Certificate Students

นักศึกษา

นายฉวีรุติ ธรรมเจริญ

รหัสประจำตัว

53631618

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา





อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.กิติพงศ์	มะโน	
ดร.ไพบุลย์	พวงวงศ์ตระกูล	
รศ.ดร.วิสุทธิ	สุนทรกนกพงศ์	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัตถิน ณ อยุธยา	
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ

11 กรกฎาคม 2558 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ 24 เดือน กรกฎาคม 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตร
	นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
นักศึกษา	นายถิรภูมิ ธรรมเจริญ
รหัสประจำตัว	53631618
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ หาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัทธิบ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 20 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ใบงานการทดลองจำนวน 6 ใบงาน แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและประสิทธิภาพ ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีคุณภาพด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 คุณภาพด้านใบงาน อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 และมีประสิทธิภาพของชุดทดลอง เท่ากับ 82.48/84.17 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Sensor and Transducer Experimental Set for Vocational Certificate Students
Student	Mr.Tirawut Tamcharoen
Student ID.	53631618
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2015
Thesis Advisor	Dr. Paiboon Pongwongtragull
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof.Piya Supavarasuwat

## ABSTRACT

The purpose of this research was to develop and determine the quality and efficiency of a sensor and transducer experimental set for a vocational certificate students. The sample group in the study consisted of 20 third year electronics vocational certificate students purposively selected during their second academic year in 2015. The tools for data collection were the sensor and transducer experimental set, six lab sheets, formative and summative test evaluation forms, and an achievement test. The statistics utilized for data analysis were mean ( $\bar{X}$ ), standard deviation ( $S.D.$ ), and efficiency value of  $E_1/E_2$ . The results of this research revealed that the quality of the experimental set ( $\bar{X} = 4.10, S.D. = 0.35$ ) and the lab sheet content ( $\bar{X} = 4.23, S.D. = 0.30$ ) was at good level. The efficiency of the sensor and transducer experimental set or  $E_1/E_2$  was 82.48/84.17 which was congruent with the criteria of 80/80 as already identified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำช่วยเหลือ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านคือ รศ.กิติพงศ์ มะโน อาจารย์มนตรี ปัญจขันธ อาจารย์สุวิิน พงศ์พุทธชาติ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีความเหมาะสม

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าและเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้งพี่น้องและเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความสนใจ ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

ขอขอบคุณ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัสดีหีบ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณนักศึกษาที่ได้ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มตัวอย่างให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และครูอาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง

ถิรฤติ ธรรมเจริญ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 หลักสูตรวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม.....	5
2.2 ความรู้เกี่ยวกับเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์.....	6
2.3 ความรู้เกี่ยวกับการสอนภาคปฏิบัติ.....	15
2.4 ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดทดลอง.....	18
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
3.1 การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	27
3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	27
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	35
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด IV ว่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	39
4.1 คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ .....	39
4.2 คุณภาพของใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับ หลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.....	40
4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.....	41
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	42
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	42
5.2 อภิปรายผล.....	45
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	46
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	49
ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....	50
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตร นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.....	57
ภาคผนวก ค แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ.....	62
ภาคผนวก ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	66
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูล.....	80
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างใบงานการทดลอง.....	90
ภาคผนวก ช ภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ.....	120
ประวัติผู้เขียน.....	122

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลและที่มาขององค์ประกอบของใบงานการทดลอง.....	20
4.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรหลักสูตร นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากผู้ทรงคุณวุฒิ .....	38
4.2 ผลการประเมินคุณภาพใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากผู้ทรงคุณวุฒิ .....	39
4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตร นักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ .....	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของโพเทนซีโอมิเตอร์แบบเชิงเส้น .....	5
2.2 ลักษณะภายนอก โพเทนซีโอมิเตอร์แบบเชิงเส้น .....	6
2.3 วงจรแบ่งแรงดันที่ใช้กับโพเทนซีโอมิเตอร์ .....	6
2.4 ลักษณะโครงสร้างของแอลดีอาร์ .....	7
2.5 ลักษณะภายนอกของแอลดีอาร์ .....	7
2.6 เครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยการเซนเซอร์จากแอลดีอาร์ .....	8
2.7 วงจรควบคุมรีเลย์ด้วยแอลดีอาร์ .....	8
2.8 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิ .....	9
2.9 ลักษณะรูปร่างของเทอร์มิสเตอร์ .....	9
2.10 การวัดอุณหภูมิโดยการใชเทอร์มิสเตอร์ ร่วมกับวงจรบริดจ์ .....	9
2.11 ลักษณะภายนอกของสเตรนเกจ .....	10
2.12 การเกิดค่าความต้านทานอันเนื่องมาจากความเครียด .....	10
2.13 การต่อใช้งานสเตรนเกจร่วมกับวงจรวีส์โตนบริดจ์ .....	11
2.14 วงจรวีส์โตนบริดจ์ .....	12
2.15 โหลดเซลล์ .....	12
2.16 ลักษณะโครงสร้างโฟโตไดโอดและวงจรเทียบเท่าไดโอดทั่วไป .....	12
2.17 รูปร่างและสัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด .....	13
2.18 ลักษณะภายนอกของโฟโตไดโอด .....	13
2.19 ลักษณะภายนอกของฮอลล์เอฟเฟค .....	14
3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรหลักสูตรนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ .....	28
3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง .....	30
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	33

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบมีความเกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสิ้น จำเป็นต้องอาศัยเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในการตรวจวัดค่าต่างๆ ในกระบวนการ เช่น อุณหภูมิ แสงสว่าง ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ สนามแม่เหล็ก การนับจำนวน แรงกด ความดัน เป็นต้น จากนั้นนำค่าที่ได้ส่งไปยังระบบควบคุมเพื่อประมวลผลและสั่งงานไปยังเครื่องจักร ในกระบวนการควบคุมดังกล่าวมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ อุปกรณ์ที่มีคุณภาพ และบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเพื่อให้การควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามในส่วนของบุคลากร สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษามีเป้าหมายในการสร้างสมรรถนะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเพื่อให้มีความรู้ความสามารถและทักษะในการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งจะออกไปทำงานในสถานประกอบการ ก้าวเข้าสู่ตลาดแรงงานในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาจึงได้บรรจุวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมไว้ในหลักสูตรการเรียนการสอน เพื่อเป็นการเพิ่มพูนความรู้ ทักษะการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

จากการสัมภาษณ์อาจารย์แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยในสังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษาในจังหวัดชลบุรีและระยอง ที่สอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลักสูตรพุทธศักราช 2556 และข้อมูลจากประสบการณ์สอนของผู้วิจัยซึ่งได้รับผิดชอบการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ได้พบปัญหาในการสอนภาคปฏิบัติ ในส่วนชุดทดลองมีชิ้นส่วนเป็นจำนวนมาก มีการใช้งานที่ยุ่งยากซับซ้อนไม่สะดวกในการบำรุงรักษา วัสดุที่ใช้ไม่แข็งแรง ทำให้ชำรุดได้ง่าย ทำให้ชุดทดลองมีจำนวนไม่เพียงพอกับจำนวนเรียน เป็นผลให้ผู้เรียนไม่มีความชำนาญในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม

ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ หลักการทำงาน เพิ่มพูนทักษะการปฏิบัติงาน ที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ เช่น โฟเทนซิโอมิเตอร์ ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง เทอร์มิสเตอร์ ฮอลล์เอฟเฟกต์ เป็นต้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพให้มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

### 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ( $\bar{X} \geq 3.50$ )

1.3.2 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์  $E_1/E_2 = 80/80$

### 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวความคิดของ วัลลภ จันทรตระกูล (2552) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดทดลอง จำนวน 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชา
2. การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์
3. การออกแบบ และสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน
4. การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอน
5. การหาประสิทธิภาพ

### 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 80 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา การวิจัยครั้งนี้มีตัวแปรดังนี้

ตัวแปรต้น คือ ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ใบงานการทดลอง มีเนื้อหาสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
อุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ประกอบด้วยใบงานการทดลอง  
6 ใบงาน ดังนี้

- ใบงานที่ 1 โฟเทนซิโอมิเตอร์
- ใบงานที่ 2 สเตรนเกจ
- ใบงานที่ 3 เทอร์มิสเตอร์
- ใบงานที่ 4 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง
- ใบงานที่ 5 โฟโตไดโอด
- ใบงานที่ 6 ฮอลล์เอฟเฟค

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์การวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้  
ในการวิจัยดังนี้

1.6.1 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ หมายถึง ชุดทดลองที่ประกอบด้วย  
แผงวงจร โฟเทนซิโอมิเตอร์ แผงวงจรสเตรนเกจ แผงวงจรเทอร์มิสเตอร์ ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง  
แผงวงจรโฟโตไดโอด และแผงวงจรฮอลล์เอฟเฟคต์

1.6.2 ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้ปฏิบัติการทดลองประกอบด้วยวัตถุประสงค์  
รายละเอียด ขั้นตอนการทดลอง สรุปผลการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองของชุดทดลอง  
เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 6 ใบงาน

1.6.3 คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับ  
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ หมายถึง คุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์และใบงาน  
การทดลองที่ประเมินโดยทรงคุณวุฒิ

1.6.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น  
ประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เพื่อใช้สำหรับหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง  
หลังสิ้นสุดการทดลองทั้ง 6 ใบงาน

1.6.5 แบบทดสอบระหว่างการทดลอง หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ทดสอบระหว่าง  
การปฏิบัติแต่ละใบงานการทดลอง ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละใบงาน

1.6.6 แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ หมายถึง แบบบันทึก  
ผลการปฏิบัติการทดลองแต่ละใบงาน พร้อมเกณฑ์การให้คะแนน

1.6.7 ประสิทธิภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับ  
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ หมายถึง อัตราส่วนของประสิทธิภาพของกระบวนการระหว่างการทดลองต่อ  
ประสิทธิภาพพรบยอด ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยได้จากผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ  $E_1/E_2 = 80/80$

$E_1$  หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างการทดลอง และคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติตามใบงานการทดลอง 6 ใบงาน ไม่ต่ำกว่า 80

$E_2$  หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากการปฏิบัติตามใบงานการทดลองของชุดทดลองทั้งหมด ไม่ต่ำกว่า 80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทบทวนวรรณกรรม ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้สืบค้นเอกสารและงานวิจัยจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ของมหาวิทยาลัยและสถาบันการศึกษาต่างๆ และศึกษาเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งอ้างอิงอื่นๆ ในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- 2.1 หลักสูตรวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม
- 2.2 เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
- 2.3 การสอนภาคปฏิบัติ
- 2.4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 หลักสูตรวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

วิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2556

##### 2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

- 2.1.1.1 เข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม
- 2.1.1.2 มีทักษะในการวัด ทดสอบ ตรวจสอบ และบำรุงรักษาในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม และการประยุกต์การใช้งาน
- 2.1.1.3 เพื่อให้มีทัศนคติในการทำงานด้วยความเป็นระเบียบเรียบร้อย มีลำดับขั้นตอนในการทำงานอย่างถูกต้องและปลอดภัย

##### 2.1.2 มาตรฐานรายวิชา

- 2.1.2.1 เข้าใจหลักการทำงาน และการใช้งานของอุปกรณ์ปิด - เปิดวงจร และอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์
- 2.1.2.2 วัดและทดสอบระดับความเข้มของแสง อุณหภูมิ เสียง ความชื้น PH ความดัน ความเร็วรอบ
- 2.1.2.3 วัดและทดสอบอุปกรณ์ควบคุมการปิด - เปิดวงจรและอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์
- 2.1.2.4 ตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

##### 2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติ โครงสร้าง การทำงานและคุณลักษณะของอุปกรณ์ควบคุมการปิด - เปิดวงจร อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ ที่มีผลจากความร้อน แสง เสียง แรงกล สนามแม่เหล็ก ความชื้น ก๊าซควีน และการประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรควบคุมแบบอัตโนมัติและวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

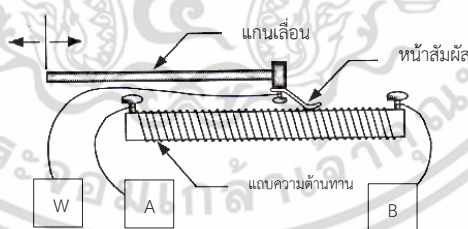
## 2.2 ความรู้เกี่ยวกับเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในระบบการวัดและควบคุมในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุ เช่น พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ เซนเซอร์ชนิดใช้แสง เซนเซอร์ชนิดใช้เสียงหรือ เซนเซอร์ชนิดอัลตราโซนิก นอกจากนี้ยังมีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ชนิดต่างๆ สำหรับการวัด อุณหภูมิ การวัดความดัน การวัดการไหล การวัดขนาด ตำแหน่งและระยะทาง การวัดความเครียด และน้ำหนัก การวัดระดับ และอื่นๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 6 ชนิด ดังนี้

- 2.2.1 โปเทนชิโอมิเตอร์
- 2.2.2 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง
- 2.2.3 เทอร์มิสเตอร์
- 2.2.4 สเตรนเกจ
- 2.2.5 โฟโตไดโอด
- 2.2.6 ฮอลล์เอฟเฟกต์

### 2.2.1 โปเทนชิโอมิเตอร์

โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือทรานสดิวเซอร์ชนิดเปลี่ยนค่าระยะการเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปของค่าความต้านทาน (Variable Resistance Transducer) เป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หลักการพื้นฐานในการเปลี่ยนค่าความต้านทานของโปเทนชิโอมิเตอร์ คือ การเปลี่ยนตำแหน่งของหน้าสัมผัส (Wiper) ที่เคลื่อนที่อยู่บนขดลวดที่พันอยู่บนเพลลาหรือเคลื่อนที่สัมผัสกับแผ่นฟิล์มตัวนำพลาสติก (Conductive Plastic Film) ที่วางอยู่ในตัวเรือน การเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส สามารถแบ่งออกเป็นได้ 2 ลักษณะคือ การเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นและแบบเชิงมุม ลักษณะโครงสร้างและลักษณะภายนอกของโปเทนชิโอมิเตอร์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 และ 2.2



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของโปเทนชิโอมิเตอร์แบบเชิงเส้น

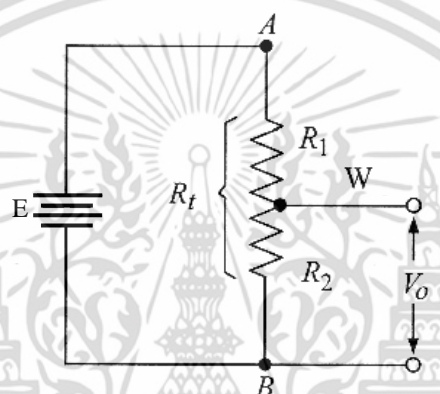
ค่าของแรงดันไฟฟ้าทางเอาต์พุต ( $V_o$ ) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโปเทนชิโอมิเตอร์ หาได้จากวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) สามารถหาค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตได้จากสมการ 2.1

$$V_o = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะภายนอก โฟเทนซิโอมิเตอร์แบบเชิงเส้น  
ที่มา (<http://www.directindustry.com/prod/thermosystems.html>)

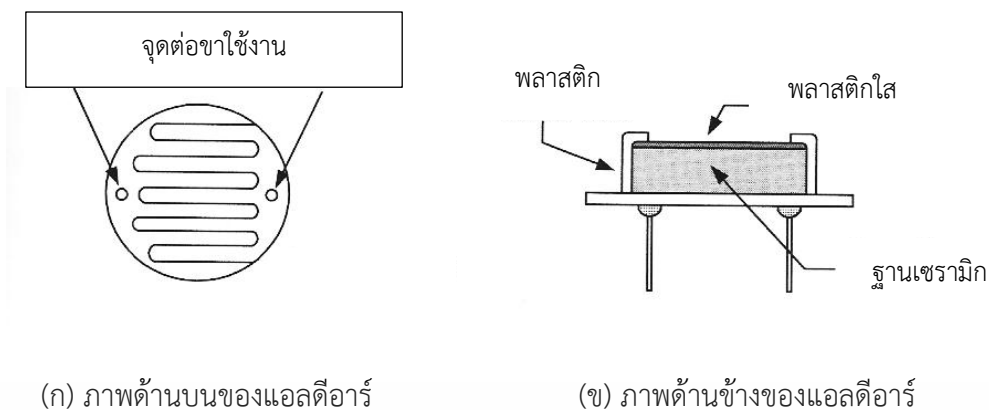


รูปที่ 2.3 วงจรแบ่งแรงดันที่ใช้กับโฟเทนซิโอมิเตอร์  
ที่มา (<http://www.directindustry.com/prod/thermosystems.html>)

ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากวงจรทั้งสองดังกล่าวข้างต้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหน้าสัมผัสบนตัวของอุปกรณ์โฟเทนซิโอมิเตอร์

### 2.2.2 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง

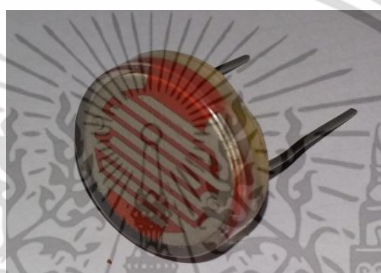
ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง (Light Dependent Resistor) เป็นทรานซิสเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟทรานซิสเตอร์ ซึ่งในบางครั้งเรียกว่า เซลล์นำพลังงานแสง หรือตัวต้านทานพลังงานแสง (Photo Resistor) แต่โดยทั่วไปมักนิยมเรียกว่า แอลดีอาร์ ดังแสดงลักษณะโครงสร้างและรูปร่างได้ในรูป 2.4 และ 2.5 เนื่องจากค่าความต้านทานภายในของวัสดุที่ใช้สร้างอุปกรณ์เซนเซอร์ชนิดนี้คือสารกึ่งตัวนำชนิดแคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide; CdS) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cadmium Selenite; CdSe) จะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง นั่นคือเมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบลงบนตัวแอลดีอาร์ จะทำให้ความต้านทานภายในของแอลดีอาร์มีค่าสูง ในทางตรงกันข้ามเมื่อมีแสงมาตกกระทบมากขึ้นค่าความต้านทานภายในของแอลดีอาร์ ก็จะลดต่ำลงจนเกิดเป็นสภาพความนำไฟฟ้า (Conductivity)



(ก) ภาพด้านบนของแอลดีอาร์

(ข) ภาพด้านข้างของแอลดีอาร์

### รูปที่ 2.4 ลักษณะโครงสร้างของแอลดีอาร์



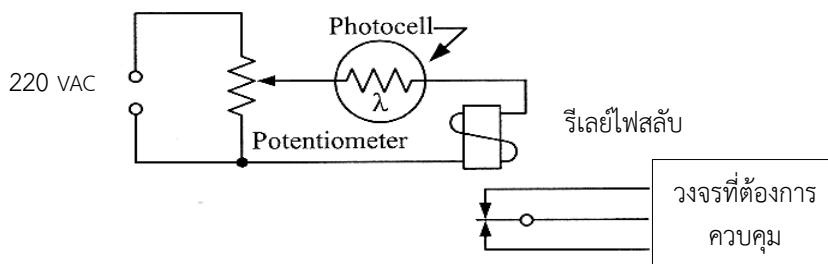
### รูปที่ 2.5 ลักษณะภายนอกของแอลดีอาร์

การประยุกต์ใช้งานแอลดีอาร์สามารถทำได้หลายลักษณะ เช่น ใช้เป็นเซนเซอร์ภายในเครื่องมือวัดความเข้มแสง (Lux meter) เพื่อตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 หรือใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมการเปิดและปิดหลอดไฟโดยอัตโนมัติในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ในรูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการต่อใช้งานแอลดีอาร์ ร่วมกับโพเทนทิโอมิเตอร์ ในลักษณะของวงจรแบ่งแรงดันเพื่อควบคุมรีเลย์ สำหรับปรับค่าชดเชยผลตอบสนองต่อความไวของแสงสว่างที่ตกกระทบบนแอลดีอาร์



รูปที่ 2.6 เครื่องมือวัดความเข้มแสงด้วยการเซนเซอร์จากแอลดีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



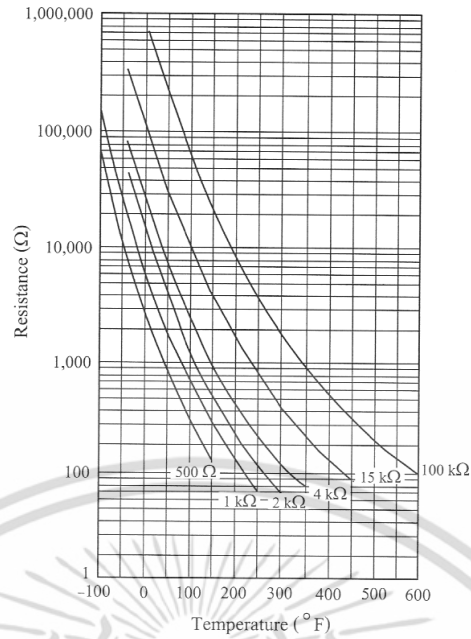
รูปที่ 2.7 วงจรควบคุมรีเลย์ด้วยแอลดีอาร์

ที่มา ( วิศรุต ศรีรัตนะ.2554 : 86 )

### 2.2.3 เทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) หรือตัวต้านทานแปรค่าตามอุณหภูมิ (Thermal Resistor) เป็นทรานซิสเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่สำคัญหลักการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณสมบัติทางไฟฟ้าจัดอยู่ในกลุ่มของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟทรานซิสเตอร์ซึ่งมีโครงสร้างทำมาจากออกไซด์ของโลหะที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นลบ (Negative Temperature Coefficient) หรือ NTC นั่นคือถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นค่าความต้านทานภายในเทอร์มิสเตอร์จะลดต่ำลง แต่ปัจจุบันมีการผลิตเทอร์มิสเตอร์ที่มีสัมประสิทธิ์ความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นบวกหรือ PTC (Positive Temperature Coefficient) ค่าความต้านทานภายในของเทอร์มิสเตอร์ ที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างประมาณ 100 Ω จนถึงมากกว่า 10 MΩ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 2.8 โดยรูปที่ 2.9 แสดงลักษณะและรูปร่างของ Thermistor ที่ใช้งานกันทั่วไป ออกไซด์ของโลหะที่ใช้ทำเป็นเทอร์มิสเตอร์ นั้นได้แก่ แมงกานีส นิเกิล โคบอล ยูเรเนียม ทองแดงและเหล็ก เป็นต้น โดยทั่วไปความต้านทานจะอยู่ในช่วง 0.5 Ω ถึง  $75 \times 10^6 \Omega$  ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่าง ซึ่งเทอร์มิสเตอร์ที่มีขนาดเล็กที่สุดจะเป็นแบบลูกปัดหรือลูกประคำ (Bead) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.15 -1.25 มม. เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จะติดตั้งอยู่ที่ปลายแท่งแก้วแข็งเพื่อสะดวกในการใช้งาน ส่วนเทอร์มิสเตอร์แบบอื่นๆ นั้นได้แก่แบบแผ่นกลม (Disk) และแบบวงแหวน (Washer) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5 - 25 มม.

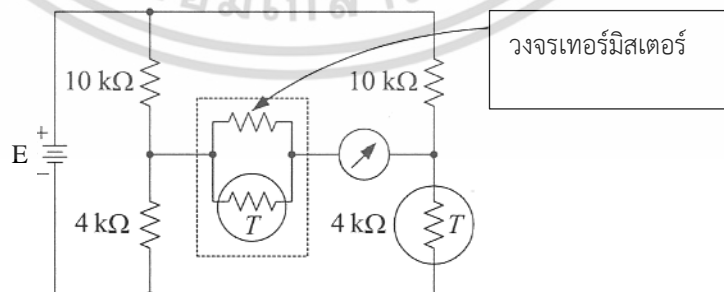
โดยปกติแล้วเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมนั้นจะมีค่าความต้านทานอยู่ในช่วง 2 kΩ ที่อุณหภูมิ 25 °C และมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 2.9%/ °C ซึ่งก็หมายความว่าค่าความต้านทานของตัวเทอร์มิสเตอร์จะเปลี่ยนไป 58 Ω ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุกๆ 1 °C ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดออกไซด์ของโลหะที่นำมาใช้ นอกจากนี้เทอร์มิสเตอร์สามารถนำมาใช้วัดอุณหภูมิได้อย่างง่าย คือการนำเอาเทอร์มิสเตอร์มาต่ออนุกรมกับแบตเตอรี่และไมโครแอมป์มิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ก็จะเปลี่ยนแปลง ผลคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถเปรียบเทียบค่าของกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไมโครแอมป์มิเตอร์ให้อยู่ในหน่วยของอุณหภูมิได้ อย่างไรก็ตามการวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้ เทอร์มิสเตอร์ นั้นจะนิยมใช้ร่วมกับวงจรบริดจ์ เนื่องจากทำให้มีความไวที่สูงขึ้นโดยรูปที่ 2.10 แสดงถึงการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์มิสเตอร์



รูปที่ 2.8 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์กับอุณหภูมิ  
ที่มา ( วิศรุต ศรีรัตนะ.2554 : 264 )



รูปที่ 2.9 ลักษณะรูปร่างของเทอร์มิสเตอร์

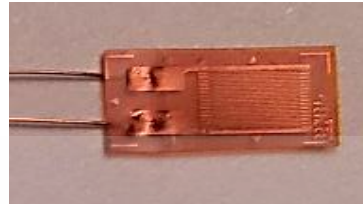


รูปที่ 2.10 การวัดอุณหภูมิโดยการใช้เทอร์มิสเตอร์ ต่อกับวงจรบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.4 สเตรนเกจ

สเตรนเกจ (Strain Gauge) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงทางกลให้เป็นการเปลี่ยนค่าความต้านทาน มีส่วนประกอบเป็นขดลวดความต้านทานขนาดเล็กขดไปมาบนฐานรองที่ยึดและหัดตัวได้ แสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะภายนอกของสเตรนเกจ

ซึ่งค่าความต้านทานภายในของเส้นลวด ( $R$ ) จะขึ้นอยู่กับความยาว พื้นที่หน้าตัด และค่าความต้านทานจำเพาะ (Specific Resistance ;  $\rho$ ) เมื่อสเตรนเกจถูกยืดออก ความยาวจะเพิ่มขึ้น พื้นที่หน้าตัดจะลดลง ทำให้ความต้านทานของเส้นลวดจะเพิ่มขึ้น ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ 2.2

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2.2)$$

เมื่อ

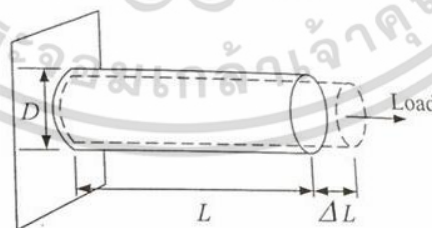
$R$  คือ ค่าความต้านทานของเส้นลวด ( $\Omega$ )

$\rho$  คือ ค่าความต้านทานจำเพาะของเส้นลวด ( $\Omega \cdot m$ )

$L$  คือ ความยาวของเส้นลวด (m)

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด ( $m^2$ )

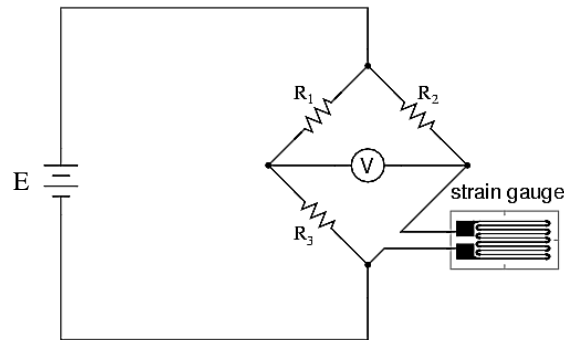
การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวนำที่มีลักษณะเป็นเส้นลวด แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การเกิดค่าความต้านทานอันเนื่องมาจากความเครียด  
ที่มา ( วิศรุต ศรีรัตนะ.2554 : 161 )

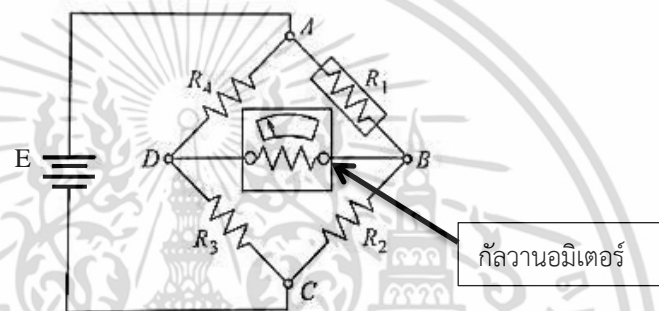
ในการนำสเตรนเกจไปใช้งานเนื่องจากค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงในตัวสเตรนเกจมีค่าต่ำมาก จำเป็นต้องใช้วงจรวีสโตนบริดจ์ เพื่อใช้ขยายค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าขณะที่นำสเตรนเกจไปใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การต่อใช้งานสเตรนเกจร่วมกับวงจรวีสโตนบริดจ์

หลักการทำงานของวงจรวีสโตนบริดจ์



รูปที่ 2.14 วงจรวีสโตนบริดจ์

ทีมา ( วิศรุต ศรีรัตนะ.2554 : 167 )

จากรูปที่ 2.14 สมมติให้  $R_1$  เป็นค่าความต้านทานของ สเตรนเกจ ส่วน  $R_3$  และ  $R_4$  เป็นค่าความต้านทานในแขนสัดส่วน (Ratio Arms)  $R_2$  เป็นค่าความต้านทานคงที่มาตรฐาน ซึ่งถ้าวงจรบริดจ์นี้อยู่ในสถานะที่สมดุลคือไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแต่ละตัวในวงจรดังสมการที่ 2.3 และ 2.4

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \quad (2.3)$$

หรือ

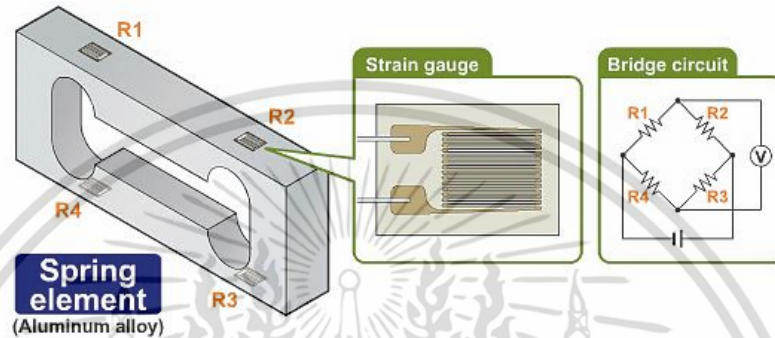
$$R_1 = \frac{R_4}{R_3} R_2 \quad (2.4)$$

เมื่อเกิดแรงกระทำต่อวัสดุที่มีสเตรนเกจยึดติดอยู่ค่าความต้านทานภายในของสเตรนเกจจะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ในที่นี้สมมติให้ค่าความต้านทาน  $R_1$  เปลี่ยนไปเป็น  $R_1 + \Delta R$  มีผลให้วงจรบริดจ์จะอยู่ในสถานะที่ไม่สมดุลและมีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ดังนั้นเพื่อให้วงจรบริดจ์อยู่ในสถานะสมดุลอีกครั้งจึงต้องปรับค่า  $R_4$  และ  $R_3$  ใหม่ โดยสมมติให้  $R'_4$  และ  $R'_3$  เป็นค่าความต้านทานใหม่ในแขนสัดส่วนที่ทำให้วงจรบริดจ์อยู่ในสถานะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ 2.5

แต่เนื่องจากทราบค่า  $R_1$  ดังนั้นจึงหาค่าของ  $\Delta R$   
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_1 + \Delta R = \frac{R'_4}{R'_3} R_2 \quad (2.5)$$

ในการประยุกต์ใช้งานสเตรนเกจในการตรวจวัดน้ำหนัก จะนำตัวสเตรนเกจยึดติดกับอลูมิเนียมที่สามารถยืดและหดตัวได้ เรียกว่าโหลดเซลล์ (Load Cell) ดังแสดงรูปที่ 2.15 ซึ่งแสดงการติดสเตรนเกจที่ตัวโหลดเซลล์ หลักการทำงานของโหลดเซลล์คือ เมื่อมีน้ำหนักกระทำหรือกดลงที่ตัวโหลดเซลล์ อลูมิเนียมที่มีสเตรนเกจติดอยู่นั้นก็จะยืดไปตามแรงที่มากระทำ ส่งผลทำให้ความต้านทานของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไป

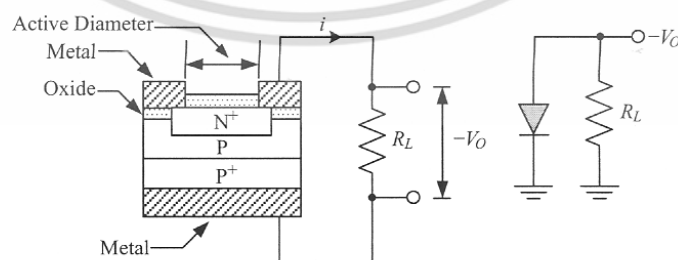


รูปที่ 2.15 โหลดเซลล์

ที่มา ( <http://www.ishida.com/technologies/loadcell/html.html> )

### 2.2.5 โฟโตไดโอด

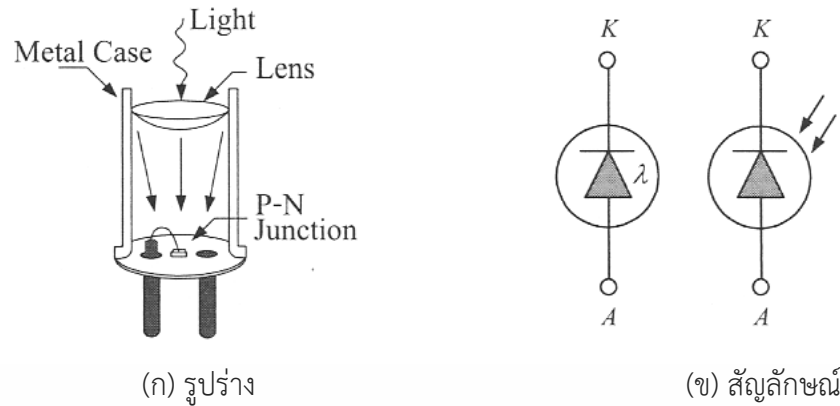
โฟโตไดโอด (Photo Diode) เป็นเซมิคอนดักเตอร์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทพาสซีฟทรานส์ดีวเซออร์ที่ประกอบด้วยรอยต่อพี (P-Junction) และรอยต่อเอ็น (N-Junction) มีลักษณะโครงสร้างคล้ายคลึงกับไดโอดธรรมดาทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.16 แต่การใช้งานโฟโตไดโอดนั้นจำเป็นต้องต่อวงจรในลักษณะไบอัสกลับ (Reverse Bias) เพื่อให้ช่วงปลอดพาหะ (Depletion Region) กว้างมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้กระแสที่ไหลผ่านจุดเชื่อมต่อเล็กน้อยมากในขณะที่ไม่มีแสงมาตกกระทบ และเมื่อมีแสงมาตกกระทบช่วงปลอดพาหะ ของโฟโตไดโอดจะแคบลง กระแสที่ไหลผ่านจุดเชื่อมต่อจึงเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามกระแสที่เพิ่มขึ้นเกือบทั้งหมด จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ



รูปที่ 2.16 ลักษณะโครงสร้างโฟโตไดโอดและวงจรเทียบเท่าไดโอดทั่วไป

ที่มา ( วิศวกรรม ศรียัตนะ.2554 : 95 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รูปร่างและสัญลักษณ์ของไฟโตไดโอด

ที่มา ( วิศรุต ศรีรัตน์.2554 : 95 )

รูปที่ 2.18 ลักษณะภายนอกของไฟโตไดโอด

รูปที่ 2.17 และ 2.18 แสดงสัญลักษณ์และรูปร่างของไฟโตไดโอดโดยทั่วไปที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เช่นเดียวกับแอลดีอาร์ แต่ไฟโตไดโอดจะมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าอยู่มากเนื่องจากมีผลตอบสนองที่เร็วและดีกว่า ดังนั้นจึงเหมาะอย่างมากที่จะนำไปใช้กับสภาพของแสงที่มีความถี่สูงและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ส่วนแอลดีอาร์จะเหมาะสมสำหรับการใช้งานเฉพาะในช่วงความถี่ต่ำๆ

### 2.2.6 ฮอลล์เอฟเฟกต์

ฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall Effect) เป็นอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์อยู่ในกลุ่มพวกรอกซิมีตี เช่น เซนเซอร์ (Proximity Sensor) เป็นเซนเซอร์ที่สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้า ให้เอาท์พุทออกมาเป็นแรงดัน ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเครื่องมือสำหรับความแม่นยำสูง สามารถวัดสัญญาณไฟฟ้าที่มีกระแสตรงและฮาร์มอนิกปะปนมาก หรือกระแสที่มีความซับซ้อนของสัญญาณปะปนสูง เหมาะสำหรับการวัดเพื่อวิเคราะห์หาฮาร์มอนิกต่างๆ ลักษณะรูปร่างของฮอลล์เอฟเฟกต์ดังแสดงในรูปที่ 2.19

ปรากฏการณ์ฮอลล์ มีหลักการโดยสรุป คือ แผ่นตัวนำที่มีกระแสไหลผ่านเมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux) มากระทำในทิศทางตั้งฉากกับแผ่นตัวนำ จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าหรือแรงดัน เรียกว่าแรงดันฮอลล์ (Hall Voltage) ขึ้นที่ตัวนำในทิศทางตั้งฉากกับกระแสและฟลักซ์แม่เหล็ก โดยขนาดของแรงดันที่ได้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กที่มากระทำ หากความเข้มสนามแม่เหล็กมากก็จะทำให้เกิดแรงดันมาก และถ้าความเข้มสนามแม่เหล็กน้อยแรงดันก็จะน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามไปด้วย ฮอลล์เอฟเฟกต์สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายแบบ เช่น ใช้สำหรับวัดตำแหน่ง ระยะทาง ความเร็วในการเคลื่อนที่ ความเร็วรอบ เป็นต้น



รูปที่ 2.19 ลักษณะภายนอกของฮอลล์เอฟเฟกต์

## 2.3 ความรู้เกี่ยวกับการสอนภาคปฏิบัติ

### 2.3.1 สื่อการสอน

สื่อ หมายถึง ตัวกลางหรือพาหะที่ใช้นำเรื่องราวหรือความรู้ของผู้ส่งสารหรือครูไปสู่ผู้รับหรือนักเรียนให้เข้าใจความหมายตรงกันในการเรียนการสอน สื่อที่ใช้เป็นตัวกลางนำความรู้ในกระบวนการสื่อความหมายระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนเรียกว่า “สื่อการเรียนการสอน” นอกจากนี้ นักการศึกษาหลายๆ ท่านได้ให้คำนิยามเอาไว้หลายๆ ลักษณะดังนี้คือ

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่เป็นตัวกลางหรือพาหะนำความรู้ไปสู่ผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี (วาสนา ชาวหา. 2533 : 77)

สื่อการเรียนการสอน หมายถึง สื่อต่างๆ ที่ผู้สอนและผู้เรียนนำมาใช้ในระบบการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. 2533 : 56)

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า สื่อการเรียนการสอน หมายถึง หนังสือ คู่มือการสอน เอกสาร สิ่งพิมพ์ กิจกรรมเสริมบางอย่าง ใบงานหรือใบปฏิบัติงาน ใบความรู้และรายการสอน ที่เป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดและทัศนคติระหว่างครูกับนักเรียน เพื่อให้ครูและนักเรียนเข้าใจสิ่งที่ถ่ายทอดซึ่งกัน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

### 2.3.2 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการ

2.3.2.1 บทบาทของผู้สอนในการเรียนการสอนปฏิบัติถึงแม้จะกำหนดให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเอง แต่ผู้สอนก็ยังมีบทบาทต่อการสอนด้วย โดยผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้ดูแลและช่วยเหลือผู้เรียนเมื่อผู้เรียนต้องการความช่วยเหลือ ผู้สอนจะมีบทบาทเพียงเป็นผู้ให้คำแนะนำคอยช่วยเหลือและสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจ ปฏิบัติการทดลอง โดยผู้สอนอยู่ในห้องที่ผู้เรียนทำการทดลองตลอดเวลา และควรยืนอยู่ในตำแหน่งที่ผู้เรียนทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง ผู้สอนไม่ควรมีบทบาทมากเกินไปควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำการค้นคว้าและปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ดังนั้นผู้สอนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องเตรียมการสอนอย่างดี นอกจากการเตรียมการสอนแล้วผู้สอนต้องเตรียมผู้เรียน โดยใช้วิธีสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากที่จะเรียนอยากที่จะทดลอง ผู้สอนอาจจะสาธิตเทคนิคหรืออธิบายหลักการ วิธีการในการทำงานให้ผู้เรียนได้เข้าใจเสียก่อน แนะนำผู้เรียนให้รู้จักใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการปฏิบัติการทดลองมาสรุปผล และประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง บทบาทของผู้สอนในกระบวนการเรียนการสอนที่มีการปฏิบัติการทดลอง แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

2.3.2.1.1 การอธิบายก่อนปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนต้องพยายามเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากรู้อะไร เห็น คิด สงสัย หรือแนะนำแนวทาง อาทิ ควรทำอะไรก่อนหรือไม่ ควรทำอะไรตลอดจนเตือนเรื่องความปลอดภัย เป็นต้น

2.3.2.1.2 การให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนจะต้องดูแลให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้นสนับสนุนและเป็นที่ปรึกษาอยู่ด้วย มิใช่ปล่อยให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองกันตามลำพังฝ่ายเดียว

2.3.2.1.3 การอภิปรายหลังปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลที่รวบรวมได้ สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎีหรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอภิปรายข้อผิดพลาด ของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วยผู้สอนจะมีบทบาทเพียงผู้ที่คอยช่วยให้คำแนะนำและคอยสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจทำปฏิบัติการทดลอง

2.3.2.2 ลำดับขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลองเป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงและส่งเสริมการค้นพบด้วยตนเอง อาจเป็นการพิสูจน์สิ่งที่คนอื่นค้นพบไว้แล้ว ขณะเดียวกันก็เป็นการค้นคว้าสิ่งใหม่ๆ เป็นการฝึกการใช้เครื่องมือการสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูล การแปลความหมายและการเสนอข้อมูล ขั้นตอนของการสอนปฏิบัติการทดลองสามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน คือ

2.3.2.2.1 ขั้นปฐมนิเทศและการสร้างแรงจูงใจ ผู้สอนเป็นผู้เสนอแนะสิ่งที่จะทำการทดลอง โดยอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจในวิธีการทดลอง และแจกคำแนะนำในปฏิบัติการทดลองให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจอย่างแจ่มแจ้งในสิ่งที่จะทำการทดลอง จะช่วยให้ผู้เรียนไม่เสียเวลาและทำการทดลองด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง

2.3.2.2.2 ขั้นปฏิบัติการทดลอง ผู้เรียนทุกคนอาจจะทำการทดลองในปัญหาเดียวกันหรือแตกต่างกันก็ได้ การทดลองจะกินเวลานานเท่าใดขึ้นอยู่กับลักษณะการทดลองและความแตกต่างระหว่างบุคคล ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำงานภายใต้การสนับสนุนผู้สอน ความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นสิ่งที่ควรจะต้องนำมาพิจารณาในการมอบหมายงานหรือเวลาในการทำงาน

2.3.2.2.3 ขั้นสรุปผล หลังจากปฏิบัติการทดลองเสร็จแล้วจะเป็นขั้นสรุปผลการปฏิบัติการทดลอง ซึ่งอาจจะดำเนินการโดยอธิบายถึงธรรมชาติและความสำคัญของปัญหาแต่ละกลุ่มหรือแต่ละคนที่ได้ทำการทดลอง รายงานข้อมูลหรือข้อค้นพบที่รวบรวมได้ แสดงตัวอย่างที่ได้จากผลงานและนิทรรศการพร้อมอธิบายประกอบ

### 2.3.3 วิธีการสอนปฏิบัติ

การสอนในโรงฝึกงานมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเสริมสร้างทักษะในการทำงานโดยตรง ก่อนลงมือสอนในโรงฝึกงานควรทำความเข้าใจ และเลือกรูปแบบการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหา และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ด้วย การจัดรูปแบบวิธีการสอนภาคปฏิบัติสามารถจัดแบ่งออกเป็น 8 วิธีการสอน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 วิธีสอนแบบควบคุมทุกขั้นตอน

การสอนภาคปฏิบัติในโรงฝึกงานภายใต้การควบคุมขั้นตอน คือ การสอนโดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานโดยตรง โดยต้องทำงานเป็นขั้นๆ ตามที่ผู้สอนเป็นผู้กำหนดให้ภายใต้การดูแลและให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

### 2.3.2 วิธีสอนแบบสาธิตก่อนปฏิบัติ

การสอนสาธิตการทำงานก่อนการปฏิบัติ เป็นการสาธิตกระบวนการทำงานให้ผู้เรียนได้เข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้ แล้วจึงให้ลงมือปฏิบัติ ในการสาธิตนั้น ผู้สอนจะต้องทำการศึกษาคู่มือครูให้เข้าใจ และต้องศึกษาเอกสารเนื้อหาก่อนทำการสาธิตและผู้เรียนก็สามารถที่จะกระทำการทบทวนหรือศึกษาเพิ่มเติมจากที่เรียนมาแล้ว เพื่อให้แม่นยำในเนื้อหายิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลในการทำงานต่อผู้ที่ทำการฝึกให้มีการทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

### 2.3.3 วิธีสอนแบบบรรยายก่อนปฏิบัติ

การสอนบรรยายก่อนการปฏิบัติเป็นการสอนโดยการอธิบายทฤษฎี หลักการและวิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานที่จะปฏิบัติให้ฟังพอสังเขปแล้วจึงให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง

### 2.3.4 วิธีสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน

การสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน เป็นการสอนให้ปฏิบัติโดยตรง มักจะใช้กับผู้เรียนที่มีประสบการณ์เรียนปฏิบัติมาแล้ว และเป็นการเรียนที่ต่อเนื่องจากการเรียนที่ผ่านมาแล้ว

### 2.3.5 วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม

การสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม เป็นการติดตามผลจากผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงข้อเสียของทักษะที่ฝึก รวมทั้งการวิจารณ์เสนอแนะในแนวทางการประยุกต์ต่อไปด้วย

### 2.3.6 วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน

การสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน เป็นการติดตามผลการปฏิบัติในรูปแบบของลายลักษณ์อักษรซึ่งสามารถเก็บไว้อ้างอิงต่อไปในภาพหลังได้

### 2.3.7 วิธีสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูป

การสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูปเป็นการติดตามผลการปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งนับวันจะมีจำนวนมากขึ้น ผู้สอนต้องทำความเข้าใจกับจุดหลักใหญ่ที่จะวัดทักษะในเรื่องปฏิบัติการใช้เครื่องและทำความเข้าใจกับแบบประเมินผลผู้เรียน

### 2.3.8 วิธีสอนแบบปฏิบัติตามโครงการงาน

การสอนแบบปฏิบัติในรูปของโครงการงาน เพื่อแก้ปัญหาเรื่องนักเรียนขาดความสามารถในการใช้ความคิดสร้างสรรค์ ขาดความสามารถในการแจกแจงปัญหาและรู้คุณค่าของการแก้ปัญหาหลายๆ ด้าน ขาดทักษะในการติดต่อประสานงานและขาดความร่วมมือ ไม่ยอมรับฟังความเห็นผู้อื่น ผู้สอนจะมีหน้าที่คอยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบงานด้วยตนเอง มีความเชื่อมั่น รู้จักรับผิดชอบในหมู่คณะ ไม่ใช่ครอบงำความคิดทั้งหมด ผู้สอนจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้จักคิดและเป็นตัวของตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างชุดทดลอง

แนวทางหนึ่งในการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนสาขาช่างอุตสาหกรรม คือ การมีสื่อการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักสูตร และผู้สอนได้นำไปใช้ได้อย่างถูกวิธี จะเป็นผลให้คุณภาพการสอนดีขึ้น

### 2.4.1 กรอบแนวความคิดในการสร้างชุดทดลอง

สำหรับแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวความคิดของวัลลภ จันทรตระกูล (วัลลภ จันทรตระกูล. 2552) และอรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์ (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

2.4.1.1 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ที่ดำเนินควบคู่กันไป คือ การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชาการศึกษาเปรียบเทียบกับหลักสูตร การสำรวจโรงงานและการสำรวจสถานศึกษา

2.4.1.1.1 การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชาเพื่อการวางโครงร่าง ลำดับความสัมพันธ์และแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาวิชาที่จะทำการออกแบบสร้างสื่อการสอน โดยศึกษาจากตำราเอกสารการสัมมนา ที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิ และศึกษาดูงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.4.1.1.2 การศึกษาเปรียบเทียบกับหลักสูตร เพื่อศึกษาความสอดคล้องและความแตกต่างของหลักสูตรที่ใช้เรียนของสถานศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัน โดยการศึกษาจากเอกสารหลักสูตร การสอบถามครูผู้สอน ผลที่ได้จะช่วยในการเลือกและกำหนดหัวข้อเรื่องได้สอดคล้องกับหลักสูตร

2.4.1.1.3 การสำรวจสถานศึกษา เป็นการเรียนรู้ วิธีการเรียนการสอน ความพร้อมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์

2.4.1.2 การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา เพื่อให้สามารถจำแนกเป็นส่วนต่างๆ เท่าที่จำเป็น กล่าวคือให้รู้ถึงจุดมุ่งหมายและหน้าที่ของชุดฝึกที่จะต้องทำอะไรจึงสามารถทำงานได้ตามต้องการและสามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาได้อย่างครบถ้วน

2.4.1.3 การออกแบบและสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของชุดทดลองที่ผ่านการวิเคราะห์และตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์การสอนหรือชุดทดลองที่ทำการออกแบบนี้สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การสอนของครูและอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมของนักเรียน ชุดทดลองจึงมีความสำคัญมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสามารถในการทำงานด้านช่างอุตสาหกรรม เนื่องจากนักเรียนช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องได้รับประสบการณ์จากการเรียนที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี การออกแบบและสร้างสื่อประเภทชุดทดลองนั้นจำเป็นต้องนำหลักการด้านการออกแบบทางด้านวิศวกรรมเชิงปฏิบัติมาประยุกต์กับงานที่ออกแบบสร้างตามลำดับดังนี้

2.4.1.3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดทดลองไปใช้ในการเรียนการสอน ควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การออกแบบสร้างจะสำเร็จผลตามเป้าหมายและใช้ได้จริงจะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ ประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียน ข้อมูลทางด้านวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกลุ่มผู้เรียน จากนั้นนำไปเขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆ และกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดทดลองที่จะออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

2.4.1.3.2 การกำหนดหน้าที่ของชุดทดลอง จากคุณลักษณะของชุดทดลองที่กำหนดขึ้น นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาค่าพื้นฐาน ซึ่งจะทำให้เราทราบถึงรายการหน้าที่ต่างๆ ของชุดทดลองและพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามกำหนด

2.4.1.3.3 การศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชุดทดลองทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ พลังงานและสัญญาณ สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ ภาพร่างต่างๆ หรือแบบของวงจร เพื่อให้สามารถทราบถึงส่วนประกอบอุปกรณ์ให้มากที่สุด ชิ้นส่วนหรือแบบของงานที่คิดค้นขึ้นควรพิจารณาถึงการนำมาประกอบและความยากง่ายในการผลิตอุปกรณ์

2.4.1.3.4 การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ โดยพิจารณาเกณฑ์ที่กำหนดเรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษาและราคา

2.4.1.3.5 การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ได้แล้วต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าวๆ หรือเป็นภาพงานชิ้นง่ายๆ จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบในขั้นตอนนี้จะต้องมีการทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ ตามรายการหน้าที่ที่กำหนดตามความจำเป็น

2.4.1.3.6 การเขียนแบบเพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไป งานเขียนแบบนี้ควรมีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดทดลองต้องมีแบบ ทั้งแบบภาพประกอบและการแยกชิ้นหรือแบบลายวงจรของแผ่นวงจรพิมพ์

2.4.1.3.7 การเตรียมเอกสารประกอบ อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปควรต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้าง

2.4.1.4 การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอนจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้วิจัยเพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่างๆ อาทิเช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน และความสะดวกในการลอกเลียนขึ้นมาทำใหม่

2.4.1.5 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 80-84) กล่าวไว้ว่า ในกรณีที่ได้ชุดทดลองที่สมบูรณ์แล้ว ก่อนนำชุดทดลองไปใช้กับผู้เรียน ควรจะได้นำชุดทดลองนั้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน แล้วอาจต้องปรับปรุงแก้ไขจนเป็นที่พอใจแล้วนำไปทดลอง โดยหากกลุ่มตัวอย่างเล็กๆ ประมาณ 2-3 คนก่อน เพื่อจะได้ตรวจสอบในด้านการใช้ถ้อยคำสำนวน หรือคำสั่งว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมจะต้องปรับปรุงแก้ไขใหม่ หลังจากนั้นจึงนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างประมาณ 10 คน เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนตามกระบวนการหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน

## 2.4.2 การสร้างใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้เป็นคำสั่งให้ปฏิบัติงาน หรือเป็นคำแนะนำให้ผู้เรียนดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ใบงานการทดลองที่ใช้กันอยู่ในสถาบันการศึกษา จะมีทั้งใบงานการทดลองที่สอนสร้างขึ้นมาใช้เองและประเภทใบงานการทดลองที่ผลิตโดยบริษัทผู้สร้างอุปกรณ์สำหรับการทดลองโดยเฉพาะ หรือจากผู้ผลิตตำราเอกสารการสอน

เป็นอาชีพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.2.1 รูปแบบใบงานการทดลอง

รูปแบบใบงานการทดลองแบบใช้ข้อมูลในการทดลอง ใบงานการทดลองประเภทนี้จะให้ข้อมูลละเอียดในการดำเนินงาน แต่ละขั้นตอนโดยตลอด ผู้ปฏิบัติการทดลองทำตามขั้นตอนที่กำหนดให้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการคิดหาวิธีการทดลองประกอบด้วยวัตถุประสงค์และขอบเขตการทดลอง ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการดำเนินการโดยละเอียด มีขั้นตอนการทดลองที่เหมาะสม คำถามให้ผู้ปฏิบัติใช้ความคิดตรรกะรองดำเนินการทดลอง

#### 2.4.2.2 ข้อมูลหลักของใบงานการทดลอง

รูปแบบใบงานการทดลองควรประกอบด้วยข้อมูลหลัก 5 ประการดังนี้

2.4.2.2.1 ข้อมูลทั่วไป หมายถึง ข้อมูลที่แจ้งให้ผู้เรียนได้รู้เรื่องทั่วไป ในการปฏิบัติใบงานการทดลองเป็นข้อมูลชี้แนะและสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติใบงานการทดลอง ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการทดลอง ความจำเป็นและขอบเขตของงานการทดลอง การวางแผนงาน

2.4.2.2.2 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง หมายถึง ข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้อาศัยเป็นหลักในการวางแผนดำเนินงานและเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจปรับปรุงตนเองในสิ่งที่ขาดเพื่อพัฒนาความรู้ให้พร้อมก่อนลงมือปฏิบัติใบงานการทดลอง ความรู้ดังกล่าวนี้ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน ความรู้ในเนื้อหาวิชา

2.4.2.2.3 ข้อมูลสำหรับดำเนินการ หมายถึง ข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินงานตามขั้นตอนของการดำเนินงานที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถ ในการปฏิบัติงานย่อย ตั้งแต่การวางแผนงานจริงจากการวิเคราะห์เนื้อหาการกำหนดดวงจรและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง จนถึงวิธีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติงาน

2.4.2.2.4 ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพธ์ หมายถึง ข้อมูลหรือคำแนะนำให้ผู้ปฏิบัติแสดงผลลัพธ์ที่ได้ อย่างมีระบบและสามารถสรุปผลของการทดลองได้ตามรูปแบบที่เหมาะสม ข้อมูลภายในงาน จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำรายงานและสรุปผลการทดลองได้ ลักษณะข้อมูลดังกล่าวอาจจะเป็นคำถามให้คิดหรือหัวข้อที่ให้ผู้เรียนหาข้อมูลมาสนับสนุน

2.4.2.2.5 ข้อมูลสำหรับการประเมินผล หมายถึง ข้อมูลที่เป็นคำถามใช้ในการตรวจสอบความรู้ความสามารถและความเข้าใจในเรื่องที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติงาน ลักษณะของคำถามอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ คำถามในเนื้อหาที่ทำการทดลองและคำถามประเภทนำไปใช้งาน (สุชิน ชินสีห์. 2548:12)

#### 2.4.2.3 องค์ประกอบของใบงานการทดลอง

ใบงานการทดลองที่ใช้สำหรับการสอนปฏิบัติการทดลองแบบใช้ข้อมูลในการทดลองมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

2.4.2.3.1 ชื่อเรื่อง แสดงถึงขอบเขตของการปฏิบัติใบงานการทดลองนั้น

2.4.2.3.2 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แสดงถึงสิ่งที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการปฏิบัติใบงานการทดลองนั้นสิ้นสุดลง

2.4.2.3.3 เนื้อหาแสดงถึงภาพรวมของเรื่องที่ต้องการศึกษา คืออะไร ทำอย่างไร และมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง

2.4.2.3.4 ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน แสดงถึงผู้ที่ปฏิบัติงานจะต้องมีความรู้ ความสามารถ อย่่างไรมาก่อน จึงปฏิบัติงานนั้นได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น กับสิ่งของหรือผู้ปฏิบัติงานได้

2.4.2.3.5 ชนิดและจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ต้องใช้กับใบงานการทดลอง

2.4.2.3.6 วงจรการทดลอง แสดงถึงลักษณะงานการทดลองนั้น

2.4.2.3.7 ข้อควรระวัง แสดงถึงสิ่งที่ต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ เครื่องมือ และอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

2.4.2.3.8 ลำดับขั้นตอนปฏิบัติการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการ ดำเนินงานที่เป็นจริงที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถในจากการปฏิบัติงาน

2.4.2.3.9 ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการทดลอง ที่ต้องการบันทึกลงในแบบฟอร์ม เพื่อนำผลไปสรุปต่อไป

2.4.2.3.10 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง แสดงถึงข้อสรุปที่ได้จากการทดลองนั้นและ วิจารณ์ผลการทดลองที่ได้ว่าสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือไม่

2.4.2.3.11 คำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติการทดลอง โดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลใน การปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอนเป็นการทดสอบความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลอง

2.4.2.4 การสร้างใบงานทดลอง

ข้อมูลหลักที่ใช้ในการสร้างใบงานทดลองมีอยู่ 5 ข้อมูล การจัดสรรข้อมูลเหล่านี้ให้เหมาะสม กับองค์ประกอบต่างๆ ของใบงานการทดลองที่ใช้กับการสอนปฏิบัติการทดลอง นั้นควรจัดแสดง ให้เห็นด้วยตารางเพื่อสะดวกต่อการหาข้อมูลต่างๆ มาสร้างใบงานการทดลอง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลและที่มาขององค์ประกอบของใบงานการทดลอง

องค์ประกอบ	ข้อมูล					แหล่งที่มา		
	1	2	3	4	5	C	T	O
1. ชื่อเรื่อง	X					X		
2. วัตถุประสงค์	X							X
3. เนื้อหา		X				X		
4. ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน		X					X	X
5. ชนิดและจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ		X					X	
6. วงจรการทดลอง			X				X	
7. ลำดับขั้นตอนปฏิบัติการทดลอง			X				X	
8. ตารางบันทึกข้อมูล			X				X	
9. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง				X			X	
10. คำถาม					X	X	X	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หมายเหตุ

- 1 = ข้อมูลทั่วไป
- 2 = ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทดลอง
- 3 = ข้อมูลสำหรับดำเนินการปฏิบัติงานย่อย
- 4 = ข้อมูลสำหรับการสรุปผลลัพธ์
- 5 = ข้อมูลสำหรับการประเมินผล
- C = ไบวิเคราะห์เนื้อหา
- T = ไบงานวิเคราะห์ความสามารถในการทดลอง
- O = ไบวิเคราะห์วัตถุประสงค์

#### 2.4.2.5 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

2.4.2.5.1 การวิเคราะห์เนื้อหารายวิชาที่จะสร้างใบงานการทดลอง โดยการศึกษา รายละเอียดของเนื้อหาวิชาที่จะสร้างใบงานการทดลอง ผู้สร้างใบงานการทดลองควรทราบ รายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาเป็นอย่างดีและเขียนออกมาเป็นภาษาไทย จะทำให้ผู้สร้างเห็นความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอดและหลักการภายในเนื้อหานั้นเป็นอย่างดี และมองเห็นขั้นตอนของการทดลองที่ควรจะเป็นได้อย่างชัดเจนจนสามารถกำหนดจุดสำคัญของการสอนที่เหมาะสมได้

2.4.2.5.2 การตั้งชื่อใบงานการทดลองจะกระทำหลังการวิเคราะห์เนื้อหาแล้วซึ่งจะได้ประเด็นสำคัญของเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการทดลองควรตั้งชื่อเรื่องที่มองเห็นภาพพจน์ของใบงานการทดลองและมีลักษณะท้าทายหรือชวนให้ศึกษา

2.4.2.5.3 การวิเคราะห์ความสามารถในปฏิบัติการย่อย การดำเนินขั้นนี้เพื่อหาข้อมูลสำหรับเขียนใบงานตามรูปแบบของใบงานการทดลองแบบให้ข้อมูลในการทดลอง

2.4.2.5.4 การกำหนดวัตถุประสงค์ของใบงานการทดลองกระทำหลังการวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานแล้ว ซึ่งจะได้ความรู้และทักษะที่ใช้ในการทำงานว่ามีอะไรบ้างจึงจะทำให้ผู้เรียนบรรลุผลตามเป้าหมายในการทำงานนั้นความรู้และทักษะจะนำไปใช้ในการเขียนใบงานได้ 2 กรณีคือ

(1) ความรู้และทักษะที่ใช้ในการทำงานนำไปกำหนดเป็นความรู้และความสามารถก่อนเรียน

(2) ความรู้และทักษะที่จะได้รับจากการทำงานนำไปกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่หวังจะให้ผู้เรียนได้รับ

2.4.2.5.5 เขียนใบงานการทดลอง ข้อมูลที่ใช้ในการเขียนใบงานการทดลองจะได้มาจากไบวิเคราะห์เนื้อหา ไบวิเคราะห์ความสามารถในการปฏิบัติงานและไบวิเคราะห์วัตถุประสงค์การสอน เอกสารต่างๆ เหล่านี้จะใช้ข้อมูลเพื่อเขียนองค์ประกอบของใบงานแบบให้ข้อมูลการทดลอง ซึ่งมีแนวทางการเขียนดังนี้

(1) ชื่อเรื่องแสดงถึงขอบเขตของการปฏิบัติการทดลองนั้น

(2) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแสดงถึงสิ่งที่คาดหวังให้เกิดแก่ผู้เรียนหลังจากการปฏิบัติการทดลองนั้นสิ้นสุดลง

(3) เนื้อหาแสดงถึงภาพรวมของเรื่องที่ต้องการศึกษาคืออะไร ทำงานอย่างไร และมีองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ความรู้ที่ควรมีก่อนเรียน แสดงถึงผู้ที่ปฏิบัติงานที่กำหนดได้ตั้งนั้น จะต้องมีความรู้ความสามารถอย่างใดอย่างหนึ่งมาก่อนจึงปฏิบัติงานนั้นได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งของและผู้ปฏิบัติงานได้

(5) ชนิด จำนวน วัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ วงจรการทดลอง แสดงถึงลักษณะงานของการทดลองนั้น

(6) ข้อควรระวัง แสดงถึงสิ่งที่ต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องมือและอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการทดลอง

(7) ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ละขั้นตอนของการทดลองที่เป็นจริงตามที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถจากการปฏิบัติงาน

(8) ตารางบันทึกข้อมูลการทดลอง แสดงถึงข้อมูลที่ได้แต่ทดลองที่ต้องบันทึกลงในแบบฟอร์ม เพื่อนำไปสู่ผลสรุปต่อไป

(9) สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง แสดงถึงข้อสรุปที่ได้จากการทดลองนั้นและการวิจารณ์ผลการทดลองที่ว่าสัมพันธ์กับทฤษฎีหรือไม่ได้ค้นพบอะไรจากการทดลองนั้น

(10) คำถามท้ายการทดลองเป็นคำถามในเรื่องเกี่ยวกับงานที่ได้ปฏิบัติการทดลองโดยเฉพาะเรื่องของเหตุผลในการปฏิบัติการทดลองความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลอง

2.4.2.5.6 การสร้างอุปกรณ์เพื่อใช้ประกอบใบงานการทดลอง

2.4.2.5.7 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.4.2.5.8 การสร้างคู่มือใบงานการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง

2.4.2.6 การหาคุณภาพแบบทดสอบ

แบบทดสอบถือเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาบทเรียน เนื่องจากจะต้องใช้แบบทดสอบวัดพฤติกรรมผู้เรียนในด้านสมอง เพื่อทราบว่าหลังจากผ่านการเรียนรู้เนื้อหาจากบทเรียนแล้วผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นอย่างไร การวัดพฤติกรรมของผู้เรียนด้วยแบบทดสอบสามารถวัดได้ทั้งก่อนเรียน หลังเรียนและระหว่างเรียน อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะใช้แบบทดสอบวัดในระยะเวลาใดแบบทดสอบทุกชนิดที่จะนำมาใช้ในบทเรียนจะต้องผ่านการหาคุณภาพก่อนที่จะนำไปใช้ในบทเรียน เนื่องจากแบบทดสอบเป็นเครื่องมือในการวัดพฤติกรรมของผู้เรียน ถ้าแบบทดสอบมีคุณภาพดีจะส่งผลให้บทเรียนมีคุณภาพเช่นกัน คุณภาพของแบบทดสอบเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ความเที่ยงตรง (Validity) ความเชื่อมั่น (Reliability) ความยากง่าย (Difficulty) และอำนาจจำแนก (Discrimination)

2.4.2.6.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงเป็นคุณภาพของแบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้สอนได้สร้างไว้สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการจะวัด แบบทดสอบทุกชนิดจะต้องนำไปทดสอบเพื่อหาคุณภาพด้านความเที่ยงตรง จะถือได้ว่าเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพตามวัตถุประสงค์ที่จะวัดและผลที่ได้จากการวัดจะถูกต้องตรงตามความต้องการ ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบจำแนกเป็น 3 แบบ ดังนี้

(1) ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หมายถึง การที่ผู้สอนออกแบบทดสอบได้ตรงตามเนื้อหาที่สอน ในการทดสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาสามารถดำเนินการได้โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญในด้านเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหา พิจารณาถึงความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบโดยพิจารณาเป็นรายข้อ การตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาสามารถกระทำโดย นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่อย่างไร ถ้ามีความ สอดคล้องผู้เชี่ยวชาญจะให้ค่าเป็น “+1” แต่ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อสอบข้อนั้นไม่มีความสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์จะให้ค่าเป็น “-1” และกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์หรือไม่ก็จะให้ค่าเป็น “0”

#### (2) ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ หมายถึง การวัดคุณภาพของแบบทดสอบโดย นำเอาผลการวัดของแบบทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่กำหนด เช่น ระดับผลการเรียน เป็นต้นถ้าผู้เรียนที่มีระดับผลการเรียนดี เมื่อทำข้อสอบชุดนั้นแล้วพบว่าได้คะแนนสูง แสดงว่า แบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ดี แต่ถ้ามีผลตรงกันข้ามแสดงว่า แบบทดสอบนั้น ไม่มีความเที่ยงตรง

#### (3) ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง

ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง หมายถึง การวัดคุณภาพของแบบทดสอบว่าตรง ตามลักษณะโครงสร้าง หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะโครงสร้างหรือไม่ โดยที่โครงสร้าง หมายถึง โครงสร้างของแบบทดสอบมาตรฐานโดยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจะมีมาตรฐานที่วัดลักษณะเดียวกัน กับแบบทดสอบมาตรฐานหรือไม่ สามารถคำนวณหาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างได้ โดยใช้สูตรการ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ซึ่งค่า  $X$  คือค่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้าง ขึ้นและค่า  $Y$  คือ ค่าคะแนนที่ได้จากแบบสอบตามมาตรฐานที่วัดลักษณะเดียวกัน เมื่อคำนวณค่าได้ แล้วพบว่า ถ้าค่าที่คำนวณได้เข้าใกล้ 1 หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นนั้นมีความเที่ยงตรงเชิง โครงสร้างสูง ในขณะที่เดียวกันถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าแบบทดสอบนั้นไม่มีความ เที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

#### 2.4.2.6.2 ความเชื่อมั่น

ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงเส้นคงวาของผลการวัดจากการที่นำแบบทดสอบชุดนั้น ไปทดสอบกับผู้เรียนไม่ว่าจะทดสอบจำนวนกี่ครั้งคะแนนที่ได้จะไม่แตกต่างกัน ความเชื่อมั่นสามารถ คำนวณเป็นตัวเลขได้หลายวิธี และแต่ละวิธีจะได้ค่าไม่เกิน 1 ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า แบบทดสอบนั้นมีความเชื่อมั่นสูง

#### 2.4.2.6.3 ความยากง่าย

ความยากง่าย หมายถึง ความยากหรือความง่ายของข้อสอบ โดยทั่วไปข้อสอบแต่ละข้อควร จะมีความยากหรือความง่ายพอเหมาะ คือมีสัดส่วนความยากร้อยละ 50 และสัดส่วนความง่ายร้อยละ 50 แต่การที่จะจัดทำข้อสอบให้มีความยากง่ายในอัตราส่วน 50/50 นั้นถือเป็นเรื่องที่ยากเพราะ ข้อสอบนั้นต้องนำไปทดสอบหลายๆ ครั้งและปรับปรุงจนกว่าจะได้ค่าความยากง่ายใกล้เคียงกับ ร้อยละ 50

ค่าความยาก จะมีค่าตั้งแต่ 0.00 - 1.00 ถ้า  $p$  เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย แต่ถ้าค่า  $p$  เข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก การแปลความหมายค่า  $p$  ใช้เกณฑ์ ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$p = 0.00 - 0.19$	หมายถึง	ข้อสอบยากเกินไป
$p = 0.20 - 0.39$	หมายถึง	ข้อสอบค่อนข้างยาก
$p = 0.40 - 0.59$	หมายถึง	ข้อสอบยากง่ายพอเหมาะ
$p = 0.60 - 0.80$	หมายถึง	ข้อสอบค่อนข้างง่าย
$p = 0.81 - 1.00$	หมายถึง	ข้อสอบง่ายเกินไป

โดยทั่วไปแบบทดสอบที่จะนำมาหาความยากง่ายนั้น เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือแบบทดสอบความถนัดที่มุ่งวัดสติปัญญาผู้เรียน ความยากง่ายของข้อสอบมีค่าไม่เกิน 1 แต่ค่าที่ยอมรับได้จะอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.8 ถ้าข้อสอบไม่มีค่าเกิน 0.80 แสดงว่าข้อสอบนั้นมีความง่ายมากเกินไปต้องตัดออกหรือปรับปรุงใหม่ แต่ถ้าข้อสอบมีค่าต่ำกว่า 0.2 ถือว่าข้อสอบนั้นมีความยากเกินไปต้องตัดออกหรือปรับปรุงเช่นเดียวกัน

#### 2.4.2.6.4 อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก หมายถึง การที่ข้อคำถามสามารถจัดแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่มได้โดยกลุ่มผู้เรียน 2 กลุ่มในที่นี้คือ ผู้เรียนกลุ่มเก่งและผู้เรียนกลุ่มอ่อน หรือกลุ่มที่ชอบและไม่ชอบ ค่าอำนาจจำแนกที่คำนวณได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง  $-1$  ถึง  $1$  โดยที่

ค่าอำนาจจำแนกมีค่ามากกว่า 0.40	ถือว่าข้อคำถามข้อนั้นมีอำนาจจำแนกดีมาก
ถ้าอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.39	ถือว่าข้อคำถามข้อนั้นมีอำนาจจำแนกดี
ถ้าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.29	ถือว่าข้อคำถามข้อนั้นควรปรับปรุงใหม่
และถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.20	ถือว่าข้อคำถามข้อนั้นมีค่าอำนาจจำแนกไม่ดี จะต้องตัดข้อสอบข้อนั้นทิ้งไป

#### 2.4.2.6.5 ประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษาเป็นการตรวจสอบว่า นวัตกรรมที่สร้างขึ้นไม่ว่าจะเป็นสื่อ อุปกรณ์ หรือรูปแบบวิธีการต่างๆ นั้นสามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยก่อนอื่นจะต้องเข้าใจก่อนว่าประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษานั้นประกอบด้วย 2 ส่วนหลักได้แก่ ประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ )

การกำหนดเกณฑ์  $E_1/E_2$  ให้มีค่าเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้จัดสร้างนวัตกรรมหรือผู้ทำการวิจัยว่าจะให้มาตรฐานหรือเกณฑ์มาตรฐานเท่าใด โดยยึดหลักเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดเกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้

ถ้าเป็นการสร้างนวัตกรรมสำหรับเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ ความจำ ควรตั้งเกณฑ์ให้สูงไว้คือ 80/80, 85/85 หรือ 90/90

ถ้าเป็นการสร้างนวัตกรรมสำหรับเนื้อหาวิชาที่เป็นทักษะหรือเจตคติ ควรตั้งเกณฑ์ให้ต่ำกว่าการวัดความรู้ความจำลงมาเล็กน้อย คือ 70/70, 75/75

การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรมนั้นจะมีการสรุปเป็น 3 กรณีได้แก่

- (1) สูงกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์  $E_1/E_2$  แล้วได้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 80/80 แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพได้ 85/85
- (2) เท่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์  $E_1/E_2$  แล้วได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้พอดี เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณหาประสิทธิภาพได้ 90/90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์  $E_1/E_2$  แล้วได้ค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้แต่อยู่ระหว่างไม่เกิน  $\pm$  ร้อยละ 2.5 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2521 : 6-58)

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการพัฒนาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในด้านต่างๆ ดังนี้

อนันต์ ชันธทอง (2553 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการสร้าง หาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการระบบโทรศัพท์ IP-PBX หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพด้านวิศวกรรม ( $\bar{X} = 5.00$ ) ใบงานการทดลอง ( $\bar{X} = 4.83$ ) และแบบทดสอบทักษะความสามารถ ( $\bar{X} = 4.86$ ) ของชุดปฏิบัติการระบบโทรศัพท์ IP-PBX จัดอยู่ในระดับดีมาก มีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 80/97.20 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ณัฐพงศ์ ศิริโรจน์ (2552 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับรวม หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคกระบี่ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพชุดทดลองทำด้วยวิธี  $E_1/E_2$  พบว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 83.21/81.66 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้

วิระศักดิ์ วัตฤ (2554 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่องการสร้างและการพัฒนาชุดทดลอง MCS - 51 ผ่านพอร์ต USB หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่า สถิติที่ใช้ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าประสิทธิภาพ ( $E_1/E_2$ ) ผลวิจัยคุณภาพชุดทดลอง MCS-51 ผ่านพอร์ต USB ( $\bar{X} = 4.69$ , S.D. = 0.41) และใบงาน ( $\bar{X} = 4.69$ , S.D. = 0.41) จัดอยู่ในระดับดีมาก ส่วนประสิทธิภาพของชุดทดลอง MCS-51 ผ่านพอร์ต USB ( $E_1$ ) เท่ากับร้อยละ 85.30 และ ( $E_2$ ) เท่ากับร้อยละ 87.50 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย  $E_1/E_2$  ไม่ต่ำกว่า 80/80

ณัฐพงศ์ แก้ววงศ์ (2553 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกวงจรขยายเสียง วิชาเครื่องเสียง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดฝึก โดยใช้เกณฑ์  $E_1/E_2 = 80/80$  ซึ่งชุดฝึกวงจรขยายเสียงที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 82.26/84.50 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

พรดา บุตรวงศ์ (2557 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิทยาลัยเทคนิคคูเมือง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.21 และผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ปฏิบัติมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 42.22 คะแนน จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน มีประสิทธิภาพร้อยละ 84.44 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

- 3.1 การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

### 3.1 การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยเรื่อง ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีการเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่างดังนี้

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 80 คน

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

### 3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

3.2.2 ใบงานการทดลอง

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 3.2.5 แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

### 3.2.1 การสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

#### 3.2.1.1 ศึกษาหลักสูตรและเนื้อหาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

3.2.1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์รายวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม เพื่อกำหนดหัวข้อใบงานการทดลองและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ทั้งหมด 6 ใบงาน ดังต่อไปนี้

ใบงานที่ 1 โพลีเทคโอมิเตอร์

ใบงานที่ 2 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง

ใบงานที่ 3 เทอร์มิสเตอร์

ใบงานที่ 4 สเตอรนเกจ

ใบงานที่ 5 โฟโตไดโอด

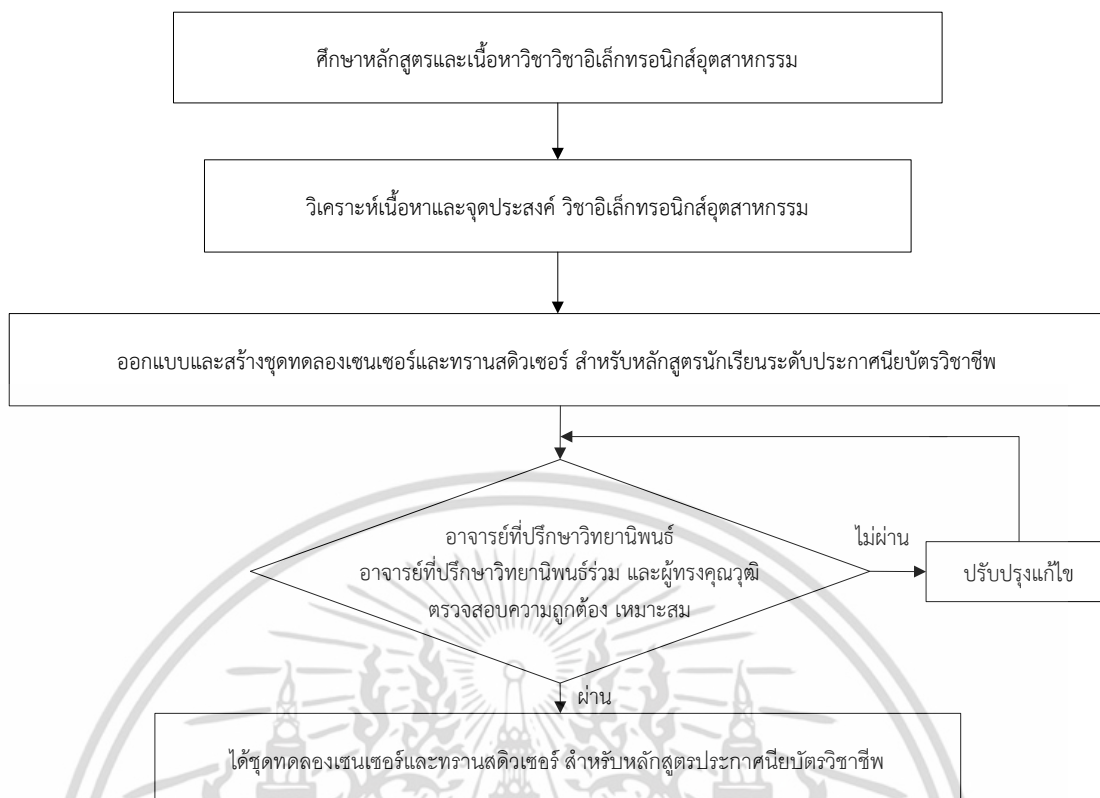
ใบงานที่ 6 ฮอลล์เอฟเฟกต์

3.2.1.3 ออกแบบและสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

3.2.1.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิร่วมตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม

3.2.1.5 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิ

รายละเอียดขั้นตอนการสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แสดงดังรูปที่ 3.1



### รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

#### 3.2.2 การสร้างใบงานการทดลอง

##### 3.2.2.1 ศึกษาทฤษฎีในการสร้างใบงานการทดลอง

##### 3.2.2.2 สร้างใบงานการทดลองตามการวิเคราะห์เนื้อหา และวัตถุประสงค์รายวิชา

อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

##### 3.2.2.3 นำใบงานการทดลองเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม

##### 3.2.2.4 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่

ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

##### 3.2.2.5 นำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ และเนื้อหาใบงานการทดลองเสนอ

ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและประเมินคุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

##### 3.2.2.6 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

##### 3.2.2.7 นำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อพิจารณา

##### 3.2.2.8 นำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับระดับ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพและใบงานการทดลองประเมินคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับ

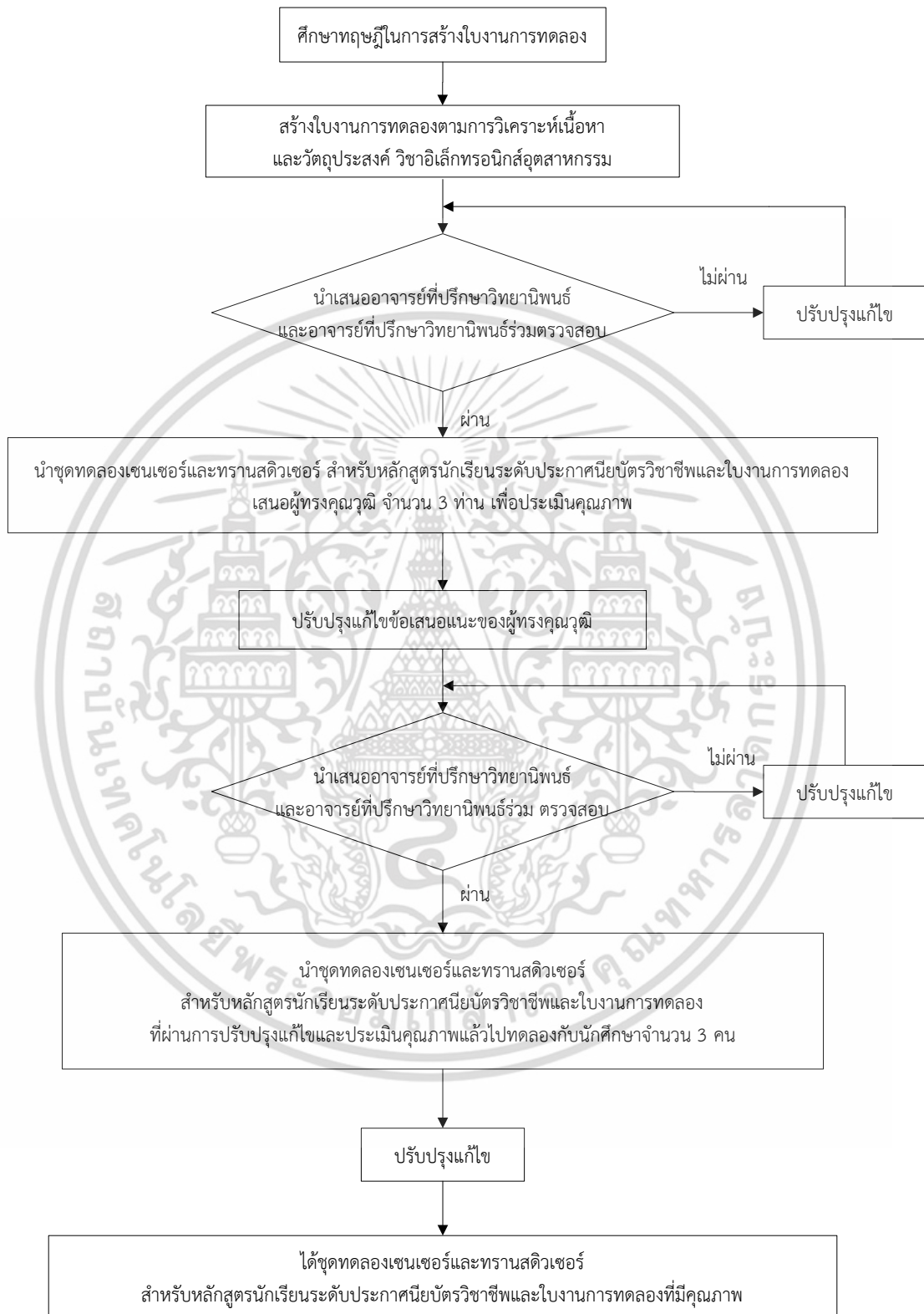
นักเรียนจำนวน 3 คน สังเกตการปฏิบัติหาข้อบกพร่องและรับฟังความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และใบงาน  
การทดลอง

3.2.2.9 นำข้อบกพร่องที่ได้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ  
รายละเอียดขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างโบบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.2.3.1 ศึกษาแบบประเมินคุณภาพจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพชุดทดลอง และสื่อการเรียนการสอน

3.2.3.2 กำหนดหัวข้อและสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเช่นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและใบงานการทดลอง โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนเฉลี่ยดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ดีมาก
ระดับ 4 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ดี
ระดับ 3 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ปานกลาง
ระดับ 2 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	พอใช้
ระดับ 1 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพ

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ดี
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	พอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับ	ปรับปรุง

3.2.3.3 นำแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเช่นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและใบงานการทดลองเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความถูกต้อง

3.2.3.4 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

### 3.2.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4.1 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรวัดและประเมินผลการศึกษา

3.2.4.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานจำนวน 70 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งตัวเลือกได้ 0 คะแนน

3.2.4.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง

3.2.4.4 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

3.2.4.5 หาค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน มีรายนามดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) รศ.กิติพงศ์ มะโน รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) นายมนตรี ปัญจพันธ์ ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัทหีบ

(3) นายสุวิน พงศ์พุทธชาติ ครูวิทยฐานะชำนาญการ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

สำหรับการหาค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

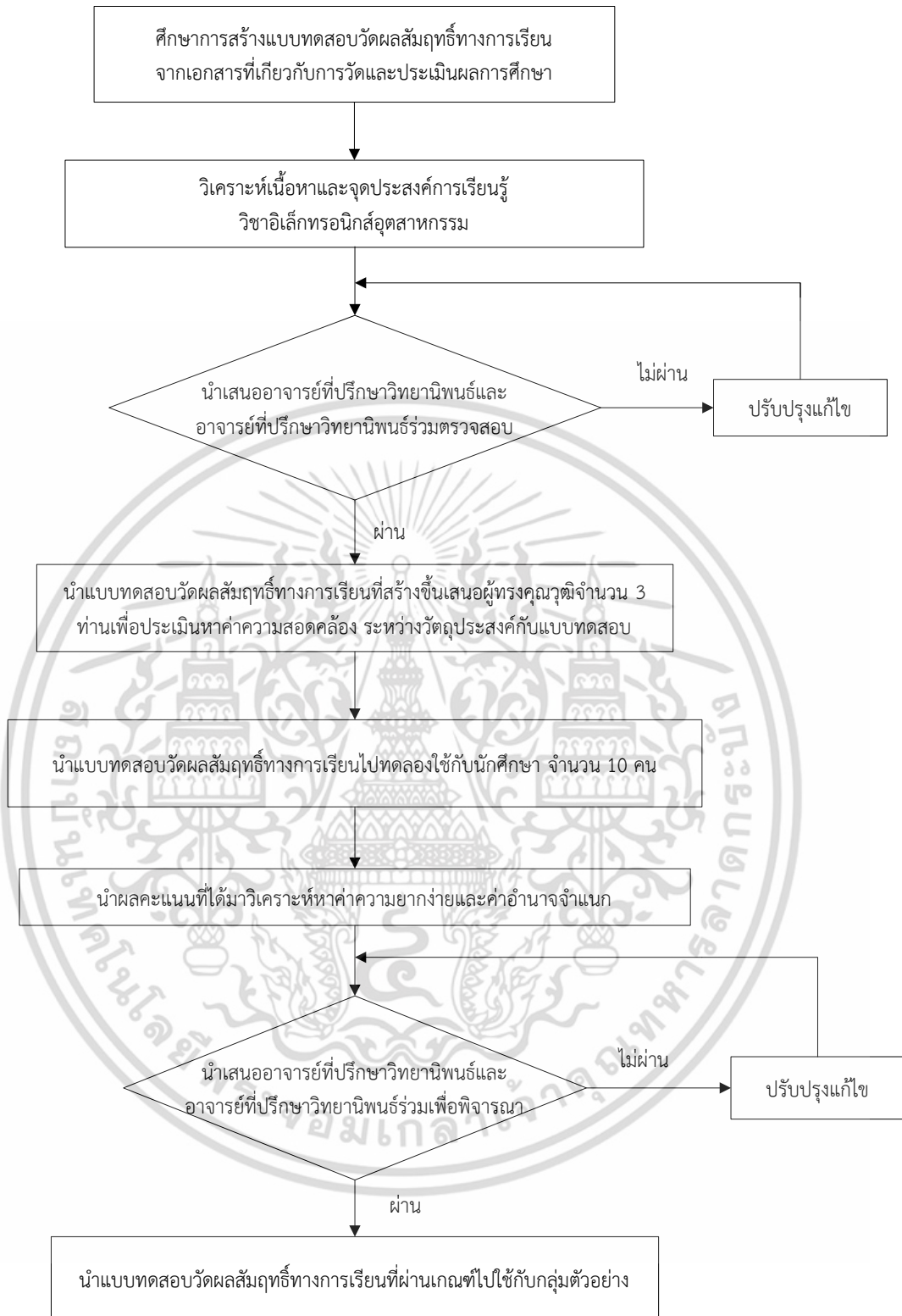
-1 คะแนน สำหรับข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

นำผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of item-Objective Congruence) โดยใช้สมการที่ 3.1

3.2.4.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 60 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัทหีบ ที่ผ่านการเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม จำนวน 10 คน นำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก คัดเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 - 1.00 ขึ้นไป โดยใช้สมการที่ 3.1 และ 3.2

3.2.4.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.70 -0.83 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.50 จำนวน 60 ข้อ ไปใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง

3.2.4.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 60 ข้อ ไปใช้ทดสอบระหว่างการปฏิบัติแต่ละใบงานการทดลอง โดยเลือกข้อที่ตรงกับจุดประสงค์มาใบงานละ 10 ข้อ โดยรายละเอียดขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 3.2.5 การสร้างแบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ

#### 3.2.5.1 ศึกษาการสร้างแบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติจาก

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.2 สร้างแบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงาน

3.2.5.3 กำหนดเกณฑ์และน้ำหนักการให้คะแนนแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติของแต่ละใบงานการทดลอง

3.2.5.4 นำแบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.2.5.5 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

3.2.5.6 นำแบบบันทึกและเกณฑ์การให้คะแนน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้บันทึกผลการปฏิบัติการทดลองของกลุ่มตัวอย่างต่อไป

เมื่อกลุ่มตัวอย่างปฏิบัติการทดลองในแต่ละใบงานเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำแบบทดสอบท้ายการทดลองและบันทึกคะแนน เมื่อปฏิบัติครบทั้ง 6 ใบงาน หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บันทึกคะแนนและเทียบอัตราส่วนของคะแนนเต็มจาก 60 คะแนนให้เท่ากับ 50 คะแนน

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพด้วยตนเองโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ยื่นคำร้องต่องานบริหารการวิจัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยแก่ผู้ทรงคุณวุฒิและกลุ่มตัวอย่าง

3.3.2 ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมไปติดต่อกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิและกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความอนุเคราะห์ และนัดหมายในการทำวิจัย

3.3.3 นำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่สร้างเสร็จแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินคุณภาพ

3.3.4 นำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและใบงานการทดลองไป ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่กำหนดร่วมกับชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในแต่ละใบงานการทดลอง ทำการบันทึกในคะแนนการปฏิบัติของกลุ่มตัวอย่างลงในแบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.4.1 หาคุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์สำหรับหลักสูตรนักเรียน ประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยนำแบบประเมินคุณภาพที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินแล้วมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผลที่ได้การประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิต้องมีค่า  $\bar{X} \geq 3.50$  จึงถือว่ามีความคุณภาพ

3.4.2 หาประสิทธิภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียน ประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยใช้สูตร  $E_1/E_2$

### 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 สูตรที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.5.1.1 การหาค่าความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับแบบทดสอบ IOC (สมชาย วรภิเษมสกุล. 2553 : 269)

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

เมื่อ

IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ  
 $\sum R$  หมายถึง ผลรวมของคะแนนจากการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ  
 $N$  หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.5.1.2 การวิเคราะห์ความยากง่าย ( $p$ ) เป็นการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 237)

$$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L} \quad (3.2)$$

เมื่อ

$p$  หมายถึง ดัชนีค่าความยากง่าย  
 $f_H$  หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง  
 $f_L$  หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ  
 $N_H$  หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง  
 $N_L$  หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.3 การหาค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) เป็นการดูความเหมาะสมของรายชื่อว่า ข้อคำถามสามารถจำแนกกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้จริง หรือจำแนกผู้ที่มีคุณลักษณะสูงจากผู้มีคุณลักษณะต่ำได้ (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 237)

$$r = \frac{f_H - f_L}{N_H} \quad (3.3)$$

เมื่อ

$r$	หมายถึง	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ
$f_H$	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
$f_L$	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
$N_H$	หมายถึง	จำนวนผู้ที่อยู่ในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

3.5.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.2.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 163)

โดยมีสูตรดังนี้

$$\bar{X} = \left( \frac{\sum x}{N} \right) \quad (3.4)$$

เมื่อ

$\bar{X}$	หมายถึง	แทนค่าเฉลี่ยเลขคณิต
$\sum x$	หมายถึง	แทนผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
$N$	หมายถึง	แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 162)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{(N-1)}} \quad (3.5)$$

เมื่อ

$S.D.$	หมายถึง	แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$N$	หมายถึง	แทนจำนวนข้อมูล
$X$	หมายถึง	แทนค่าคะแนนแต่ละคน
$\bar{X}$	หมายถึง	แทนค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด
$\sum$	หมายถึง	แทนผลรวมของคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 สูตรหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2521:136) โดยใช้สูตร  
ดังนี้

$$E_1 = \left( \frac{\sum x}{\frac{N}{A}} \right) \times 100 \quad (3.6)$$

$$E_2 = \left( \frac{\sum y}{\frac{N}{B}} \right) \times 100 \quad (3.7)$$

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้

$E_1$	หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างการทดลองตามใบงานการทดลอง 6 ใบงาน ไม่ต่ำกว่า 80
$E_2$	หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากการปฏิบัติตามใบงานการทดลองของชุดทดลองทั้งหมด ไม่ต่ำกว่า 80
$\sum x$	หมายถึง คะแนนรวมของผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างการทดลองระหว่างการปฏิบัติตามใบงานการทดลอง 6 ใบงาน
$\sum y$	หมายถึง คะแนนรวมของผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการปฏิบัติตามใบงานการทดลองของชุดทดลองทั้งหมด
A	หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างการทดลองระหว่างการปฏิบัติตามใบงานการทดลอง 6 ใบงาน
B	หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการปฏิบัติตามใบงานการทดลองของชุดทดลองทั้งหมด
N	หมายถึง จำนวนนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105 - 2111 ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

4.2 คุณภาพใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

#### 4.1 คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ขนาดความเหมาะสมของชุดทดลอง	4.67	0.58	ดีมาก
2	รูปแบบของชุดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ	3.67	0.58	ดี
3	ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งอุปกรณ์	4.33	0.58	ดี
4	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดทดลอง	4.00	0.00	ดี
5	ความแข็งแรงทนทานของชุดทดลอง	3.67	0.58	ดี
6	ความสะดวกในการเตรียมการทดลองใช้งานง่าย	4.00	0.00	ดี
7	ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานทดลอง	4.00	0.00	ดี
8	ความปลอดภัยขณะทำการทดลอง	4.33	0.58	ดี
9	ความสะดวกในการดูแลรักษาอุปกรณ์	4.33	0.58	ดี
10	คุณค่าของชุดทดลองทางวิชาการโดยภาพรวม	4.00	0.00	ดี
	รวม	4.10	0.35	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าคุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในภาพรวมจัดอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.35 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ พบว่า รายการที่มีคุณภาพในระดับดีมาก มี 1 รายการ ได้แก่ ขนาดความเหมาะสมของชุดทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 รายการที่มีคุณภาพในระดับดี มี 9 รายการดังนี้ รูปแบบของชุดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ และความแข็งแรงทนทานของชุดทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดการเรียนรู้ ความสะดวกในการเตรียมการทดลอง ความสัมพันธ์ของชุดการเรียนรู้กับใบงานทดลอง และคุณค่าของชุดทดลองทางวิชาการโดยภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0 ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งอุปกรณ์ ความปลอดภัยขณะทำการทดลอง ความสะดวกในการดูแลรักษาอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58

#### 4.2 คุณภาพของใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

การวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ประเมินคุณภาพใบงานการทดลองของชุดทดลอง ผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพเนื้อหาใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.43	0.30	ดี
2	ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	4.17	0.18	ดี
3	ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน	4.00	0.30	ดี
4	ความถูกต้องของเนื้อหา	4.39	0.25	ดี
5	ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ	4.61	0.25	ดีมาก
6	ความชัดเจนในการอธิบายแต่ละขั้นตอน	4.22	0.17	ดี
7	ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4.33	0.42	ดี
8	การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสม	4.11	0.46	ดี
9	ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4.06	0.33	ดี
10	สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.11	0.34	ดี
	รวม	4.23	0.30	ดี

จากตารางที่ 4.2 พบว่าคุณภาพใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 6 ใบงาน ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.30 เมื่อพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละรายการพบว่า รายการที่มีคุณภาพในระดับดีมาก มี 1 รายการ ได้แก่ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.25 รายการที่มีคุณภาพในระดับดีมี 9 รายการดังนี้ ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.30 ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.33 การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสมต่อการใช้งานและการสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 และ 0.34 ตามลำดับ ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.18 ความชัดเจนในการอธิบายแต่ละขั้นตอน และภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 และ 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.17 และ 0.42 ตามลำดับ ความถูกต้องของเนื้อหา และความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 และ 4.43 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.25 และ 0.30 ตามลำดับ

#### 4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

การวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสตัทท์บ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนปฏิบัติระหว่างการทดลองตามใบงานและคะแนนแบบทดสอบท้ายใบงาน (E <sub>1</sub> )	20	50	41.24	82.48	80
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองครบ 6 ใบงาน (E <sub>2</sub> )	20	50	42.08	84.17	80

จากตารางที่ 4.3 แสดงว่าชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่สร้างขึ้น นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างการปฏิบัติตามใบงานการทดลอง 6 ใบงาน (E<sub>1</sub>) เท่ากับ 41.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.48 และคะแนนเฉลี่ยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองครบ 6 ใบงาน (E<sub>2</sub>) เท่ากับ 42.08 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.17 ดังนั้นชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub> เท่ากับ 82.48/84.17

ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปเป็นหัวข้อดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

##### 5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

##### 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

##### 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

##### 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

#### 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

##### 5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

##### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อสร้างชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพให้มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

##### 5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

5.1.2.1 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ( $\bar{X} \geq 3.50$ )

5.1.2.2 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์  $E_1/E_2 = 80/80$

##### 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมรหัสวิชา 2105-2111 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 80 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

#### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

##### 5.1.4.1 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งประกอบด้วยวงจรวจรโพเทนชิโอมิเตอร์ วงจรสเตรนเกจ วงจรเทอร์มิสเตอร์ วงจรตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง วงจรโฟโตไดโอด และวงจรถอ์เอฟเฟกต์

5.1.4.2 ใบงานการทดลอง เป็นเอกสารเพื่อใช้กำหนดขั้นตอนการทดลอง ใช้กับชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 6 ใบงาน ซึ่งในแต่ละใบงานประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ได้แก่ ชื่อใบงานการทดลอง วัตถุประสงค์ ทฤษฎี อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง วงจรที่ใช้ทดลอง ลำดับขั้นการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง

5.1.4.3 แบบประเมินคุณภาพเพื่อหาคุณภาพของ ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

5.1.4.4 แบบประเมินคุณภาพเพื่อหาคุณภาพของใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

5.1.4.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อใช้สำหรับหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง เป็นแบบทดสอบรวมแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ทั้งหมดจำนวน 60 ข้อ โดยมีค่าความเที่ยงตรงทางด้านเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.70 -0.83 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 อำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.50 และความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.80

5.1.4.6 แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ เพื่อใช้บันทึกผลการทดลองตามเกณฑ์การให้คะแนนระหว่างการทดลองในแต่ละใบงาน

5.1.4.7 คู่มือการใช้งานชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

#### 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2105-2111 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีการศึกษา 1/2558 จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

5.1.5.1 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และใบงานการทดลอง เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบเครื่องมือก่อนนำไปใช้

5.1.5.2 นำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย โดยติดต่อขอรับที่งานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพ และเพื่อขออนุญาตในการนำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5.3 นำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วมาทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

5.1.5.4 แนะนำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และใบงานการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยแจ้งวัตถุประสงค์ ขอบข่ายเนื้อหาวิธีการทดลอง ทฤษฎีเบื้องต้นและข้อควรระวังในการทดลอง ทุกครั้งก่อนปฏิบัติการทดลองในแต่ละใบงาน

5.1.5.5 ดำเนินการทดลองโดยให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติตามใบงานครั้งละ 1 ใบงาน และบันทึกคะแนนการปฏิบัติงาน เมื่อนักเรียนปฏิบัติเสร็จแต่ละใบงาน ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบระหว่างการทดลองและบันทึกคะแนน

5.1.5.6 หลังการปฏิบัติตามใบงานจนครบ 6 ใบงานแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 60 ข้อ และบันทึกคะแนน

5.1.5.7 นำคะแนนระหว่างการทดลองที่ได้ทั้ง 6 ใบงาน และคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

### 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ และกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1.6.1 วิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยใช้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.6.2 วิเคราะห์หาคุณภาพของใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.6.3 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด  $E_1/E_2 = 80/80$

### 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.7.1 ได้ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่มีคุณภาพ

5.1.7.2 คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นต่อชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30

5.1.7.3 คุณภาพใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นต่อใบงานที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35

5.1.7.4 ผลการทดลองและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2 = 82.48/84.17$

## 5.2 อภิปรายผล

จากสรุปผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน พบว่าอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.23, S.D. = 0.30$ ) ซึ่งชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นมีขนาดความเหมาะสมของชุดทดลองที่ดีมาก มีการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม มีความปลอดภัยขณะทำการทดลอง การดูแลรักษาอุปกรณ์เป็นไปด้วยความสะดวก เลือกใช้วัสดุที่นำมาทำชุดทดลองได้อย่างเหมาะสม มีความสัมพันธ์กับใบงานการทดลอง และมีคุณค่าของชุดทดลองในภาพรวมอยู่ในระดับดี เนื่องจากผู้วิจัยได้มีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นผู้ดูแล และนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินและนำกลับมาปรับปรุงแก้ไข สอดคล้องกับงานวิจัยของพรดา บุตรวงศ์ (2557) เรื่องชุดปฏิบัติการเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิทยาลัยเทคนิคคูเมือง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ซึ่งมีคุณภาพของชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.80, S.D. = 0.21$ )

5.2.2 ด้านคุณภาพเนื้อหาใบงานการทดลองของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พบว่าคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.10, S.D. = 0.35$ ) ใบงานการทดลองมีความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติดีมาก ใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย มีความชัดเจนของการอธิบายแต่ละขั้นตอน มีความถูกต้องของเนื้อหาและมีความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงานน้อยกว่าด้านอื่นๆ แต่ยังคงอยู่ในระดับดี มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนันต์ ชันท์ทอง (2553) เรื่องชุดปฏิบัติการระบบโทรศัพท์ IP-PBX ที่มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.83, S.D. = 0.29$ ) แสดงว่าชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมได้

5.2.3 ด้านการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน พบว่าผลสัมฤทธิ์ระหว่างการทดลองใบงานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองใบงานทั้งหมด มีค่าประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 82.48/84.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 เนื่องจากชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่พัฒนาขึ้น ได้ขอเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิ ทำให้มีเนื้อหาขั้นตอนการปฏิบัติของใบงาน สอดคล้องกับผลการทดลองในแต่ละใบงาน มีการออกแบบให้ใช้งานง่าย มีความสะดวกในการทดลอง ทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทำงานของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติ หอมลำดวน (2556) เรื่อง ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสายพานจำแนกสีและแขนกลจำแนกวัตถุ วิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.21/81.46 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เช่นเดียวกัน

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ไปใช้งาน

5.3.1.1 การนำชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพไปใช้ ก่อนการทดลองควรมีการสาธิต อธิบายวิธีการใช้ชุดทดลองและอธิบายทฤษฎีเบื้องต้นของตัวเซนเซอร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและดำเนินการทดลองได้อย่างถูกต้อง

5.3.1.2 ในการทดลองใบงานของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ควรควบคุมปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อค่าที่ได้จากการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง

5.3.1.3 ใบงานการทดลองที่มีการวัดอุณหภูมิ ควรทำการทดลองด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 การพัฒนาชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับสำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ควรมีเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ให้ครบทุกชนิด

5.3.2.2 การออกแบบชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย มีวัสดุอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด มีราคาไม่สูงเกินไป เพื่อเพิ่มการเข้าถึงชุดทดลองของนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- อนันต์ ชันธ์ทอง, การสร้าง หาคณภาพ และประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการระบบโทรศัพท์ IP-PBX, วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553.
- ณัฐพงษ์ ศิโรโรจน์, การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับพร้อม, วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552.
- วิระศักดิ์ วัตถุ, การสร้างและการพัฒนาชุดทดลอง MCS – 51 ผ่านพอร์ต USB หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2546, วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2554.
- ณัฐพงษ์ แก้ววงศ์, การพัฒนาชุดฝึกวงจรขยายเสียง วิชาเครื่องเสียง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553.
- อลงกรณ์ หาญรินทร์, การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547
- ทิตานา แคมมณี. 2556. ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- สุวิมล ว่องวานิช. 2554. การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- นวลอนงค์ บุญฤทธิ์พงศ์. 2556. ระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. จุฬาทอง.
- วิศรุต ศรีรัตน์. 2554. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- พรพรณี ลีกิจวัฒน์. 2553. วิธีการวิจัยทางการศึกษา Research methods in education. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชวลิต แขงทอง. เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง สื่อการเรียนการสอน, สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์และคณะ 2521. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. ทฤษฎีและวิจัยทางเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538. วิธีวิจัยการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เพ็ญฟ้า พรินติ้ง.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. คู่มือการทำวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ล้วน สายยศ, อังคนา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วาสนา ขาวหา. 2533. **เทคโนโลยีการศึกษา**. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.
- วัลลภ จันทรตระกูล. 2543. **สื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วัลลภ จันทรตระกูล. 2552. **การออกแบบสร้างและประเมินประสิทธิภาพชุดการสอน : ทำอย่างไรให้เป็นตรรกะ**. เทคนิคศึกษา วารสารทางการศึกษาเพื่อสื่อมวลชน . กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิศรุต ศรีรัตน์. 2554. **เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ในงานอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2541ก.). รายงานการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของการอาชีวศึกษา : การจัดฝึกภาคปฏิบัติให้นักศึกษามีความสามารถสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. 2556. **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556** กรุงเทพฯ.
- อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : คราฟแมนเพรส.
- Bhattacharya, S.K. 1995. **Industrial electronics and control**. New Delhi : Tata McGraw-Hill.
- Peter Elgar, 1998. **Sensors for measurement and control**. Essex : Longman.
- Paul P.L. Regtien, 2012. **Sensors for mechatronics**. Amsterdam : Elsevier.
- D.V.S. Murty, 1995. **Transducers and instrumentation**. New Delhi : Prentice-Hall of India.

## ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย
- ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
- ภาคผนวก ค แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ
- ภาคผนวก ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูล
- ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างใบงานการทดลอง
- ภาคผนวก ช ภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศคณะกรรมการการศึกษาระดับ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการการศึกษาระดับ โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรการศึกษาระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อ วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2558 ให้ดำเนินการดังนี้

นายดิรุติ ธรรมเจริญ รหัสประจำตัว 53631618 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (A Sensor and Transducer Experimental Set for Vocational Certificate Curriculum)” โดยมี ดร.ไพบุลย์ พงษ์วงศ์ตระกูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2558

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)  
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คำสั่งคณะกรรมการคุศศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่ ๒๓๘ / 2558

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ  
เค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบสำรอง ของนายฉัตรวุฒิ ธรรมเจริญ

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ของนายฉัตรวุฒิ ธรรมเจริญ รหัสประจำตัว 53631618  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและ  
ประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อปรึกษาและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.ไพบุลย์	พวงวงศ์ตระกูล	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รศ.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

รศ.กิตติพงศ์	มะโน	ประธานกรรมการ
ดร.ไพบุลย์	พวงวงศ์ตระกูล	กรรมการ
รศ.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	กรรมการ
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพัสติน ณ ออยุธยา	กรรมการ
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	กรรมการ (กรรมการภายนอก)

3. คณะกรรมการสอบสำรอง

นอ.ดร.วีระชัย	เขาว์กำเนิด	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
รศ.ดร.วิสุทธิ	สุนทรกนกพงศ์	กรรมการ (อาจารย์บัณฑิตประจำ)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)  
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกวดำ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งให้นำไป



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / **1455** วันที่ ๑๖ เมษายน 2558

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เรียน รศ.กิตติพงศ์ มะโน

ด้วย นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง ดังกล่าว เป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์นี้ว่ามีความเหมาะสม มากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์มาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔๐๔/ 1455



คณะกรรมการอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๑๖ เมษายน ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เรียน นายมนตรี บัญจพันธ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

ด้วย นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์นี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)  
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร ๐๒-๓๒๙-๘๕๓๖

เอกสารนี้ได้รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ติดต่อนักศึกษา โทร ๐๘๖-๑๕๕-๖๐๗๗

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้เผยแพร่ข้อมูลนี้ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔๐๔/ 1455



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๒ เมษายน ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เรียน นายสุวิน พงศ์พุทธชาติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

ด้วย นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ” โดยมี ดร.ไพบุลย์ พวงวงศ์ตระกูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์นี้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒-๓๒๙-๘๔๓๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ติดต่อนักศึกษา โทร ๐๘๖-๑๕๕-๖๐๗๗

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04 / 1963

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

25 พฤษภาคม 2558

เรื่อง หนังสือตอบรับเพื่อนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 5

เรียน คุณธีรวุฒิ ธรรมเจริญ

ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความยินดีเรียนเชิญท่านเพื่อนำเสนอบทความ เรื่อง “ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ” ในการประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 5 “การพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง: ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตในศตวรรษที่ 21” ซึ่งจะจัดขึ้นในวันศุกร์ที่ 12 มิถุนายน 2558 ณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ธีรวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ  
คุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียน  
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชุดทดลองเซนเซอร์และสำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งจะใช้เป็นอุปกรณ์การเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ  
ผู้วิจัย

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	ขนาดความเหมาะสมของชุดทดลอง					
2	รูปแบบของชุดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ					
3	ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งอุปกรณ์					
4	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดทดลอง					
5	ความแข็งแรงทนทานของชุดทดลอง					
6	ความสะดวกในการเตรียมการทดลองใช้งานง่าย					
7	ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานทดลอง					
8	ความปลอดภัยขณะทำการทดลอง					
9	ความสะดวกในการดูแลรักษาอุปกรณ์					
10	คุณค่าของชุดทดลองทางวิชาการโดยภาพรวม					

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ  
 คุณภาพใบงานการทดลองชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
 สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผู้ทรงคุณวุฒินี้ ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งจะใช้เป็นอุปกรณ์การเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

นายถิรวุฒิ ธรรมเจริญ  
 ผู้วิจัย

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของใบงานการทดลอง ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ใบงานที่ ..... เรื่อง .....

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์					
3	ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน					
4	ความถูกต้องของเนื้อหา					
5	ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ					
6	ความชัดเจนในการอธิบายแต่ละขั้นตอน					
7	ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย					
8	การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสม ง่ายต่อการใช้งาน					
9	ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ					
10	สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ

ชื่อ.....ขอ.3/.....เลขที่.....ใบงานที่.....  
 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์                      วิทยาลัยเทคนิคสศทหีบ

คำชี้แจง ให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะที่ต้องการวัด	น้ำหนัก คะแนน	คะแนน					
		5	4	3	2	1	0
1. การปฏิบัติงาน							
1.1 ต่อบังคับตามใบงาน	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.2 ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลอง	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 การใช้เครื่องมือวัดทดสอบ	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.4 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20						
2. ผลงาน							
2.1 วังจรงทำงานได้ถูกต้อง	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2.2 บันทักผลการทดลองได้ถูกต้อง	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2.3 ตอบคำถามในใบงานได้ถูกต้อง	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2.4 สร้งผลการทดลองได้ถูกต้อง	5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รวมคะแนน	20						
คะแนนรวมทั้งการปฏิบัติงานและผลงาน	40						
คะแนนรวมทั้งมด	40						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

1. การปฏิบัติงานของใบงานทดลองที่.....

1.1 ต่อวงจรตามใบงาน

- 5 คะแนน เมื่อต่อวงจรได้ถูกต้อง
- 4 คะแนน เมื่อต่อวงจรผิด 1 จุด
- 3 คะแนน เมื่อต่อวงจรผิด 2 จุด
- 2 คะแนน เมื่อต่อวงจรผิด 3 จุด
- 1 คะแนน เมื่อต่อวงจรผิด 4 จุด
- 0 คะแนน เมื่อต่อวงจรไม่ถูกต้อง

1.2 ปฏิบัติตามขั้นตอน

- 5 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานตามขั้นตอนได้ถูกต้อง
- 4 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานตามขั้นตอน ผิด 1 ครั้ง
- 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานตามขั้นตอน ผิด 2 ครั้ง
- 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานตามขั้นตอน ผิด 3 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานตามขั้นตอน ผิด 4 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานผิดขั้นตอน

1.3 การใช้เครื่องมือวัดทดสอบ

- 5 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง
- 4 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัด ผิด 1 ครั้ง
- 3 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัด ผิด 2 ครั้ง
- 2 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัด ผิด 3 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัด ผิด 4 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ใช้เครื่องมือวัดไม่ได้

1.4 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

- 5 คะแนน เมื่องานเสร็จก่อนหรือภายในเวลาที่กำหนด
- 4 คะแนน เมื่องานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 5 นาที
- 3 คะแนน เมื่องานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกิน 5-10 นาที
- 2 คะแนน เมื่องานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 15 นาที
- 1 คะแนน เมื่องานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดเกิน 15 นาที
- 0 คะแนน เมื่อการปฏิบัติทดลองไม่สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ผลงานของใบงานทดลองที่.....

### 2.1 วงจรสามารถทำงานได้ถูกต้อง

- 5 คะแนน เมื่อวงจรทำงานได้ 100 %
- 4 คะแนน เมื่อวงจรทำงานได้ 80 %
- 3 คะแนน เมื่อวงจรทำงานได้ 60 %
- 2 คะแนน เมื่อวงจรทำงานได้ 40 %
- 1 คะแนน เมื่อวงจรทำงานได้ 20 %
- 0 คะแนน เมื่อวงจรไม่ทำงาน

### 2.2 บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง

- 5 คะแนน เมื่อบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด
- 4 คะแนน เมื่อบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง 3 ใน 4 ส่วน
- 3 คะแนน เมื่อบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง 2 ใน 4 ส่วน
- 2 คะแนน เมื่อบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง 1 ใน 4 ส่วน
- 1 คะแนน เมื่อบันทึกผลการทดลองโดยถูกต้องน้อยกว่า 1 ใน 4 ส่วน
- 0 คะแนน เมื่อไม่บันทึกผลการทดลอง

### 2.3 ตอบคำถามในใบงานได้ถูกต้อง

- 5 คะแนน เมื่อตอบคำถามในใบงานได้ 10 ข้อ
- 4 คะแนน เมื่อตอบคำถามในใบงานได้ 8-9 ข้อ
- 3 คะแนน เมื่อตอบคำถามในใบงานได้ 6-7 ข้อ
- 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามในใบงานได้ 4-5 ข้อ
- 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามในใบงานได้ 1-3 ข้อ
- 0 คะแนน เมื่อตอบคำถามผิดทุกข้อ

### 2.4 สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง

- 5 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องทั้งหมด
- 4 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง 3 ใน 4 ส่วน
- 3 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง 2 ใน 4 ส่วน
- 2 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง 1 ใน 4 ส่วน
- 1 คะแนน เมื่อสรุปผลการทดลองโดยถูกต้องน้อยกว่า 1 ใน 4 ส่วน
- 0 คะแนน เมื่อไม่สรุปผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
1. โฟเทนซิโอมิเตอร์มีหน้าทีอย่างไร ก. เปลี่ยนค่าความต้านทานโดยใช้ระยะเวลาเคลื่อนที่ ข. เปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ระยะเวลาเคลื่อนที่ ค. เปลี่ยนตำแหน่งระยะเวลาเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปแรงดันไฟฟ้า ง. เปลี่ยนตำแหน่งระยะเวลาเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปความต้านทาน	0.67	0.50	0.20
2. ค่าความต้านทานที่วัดได้กับตำแหน่งแกนของโฟเทนซิโอมิเตอร์มี ความสัมพันธ์กันอย่างไร ก. ระยะทางเพิ่มขึ้น ความต้านทานเพิ่มขึ้น ข. ระยะทางเพิ่มขึ้น ความต้านทานลดลง ค. ระยะทางเพิ่มขึ้น ความต้านทานคงที่ ง. ระยะทางและความต้านทานไม่สัมพันธ์กัน	1.00	0.50	0.40
3. แรงดันเอาต์พุตที่วัดได้กับตำแหน่งแกนของโฟเทนซิโอมิเตอร์มี ความสัมพันธ์กันอย่างไร ก. แรงดันเอาต์พุตลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ข. แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางลดลง ค. แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ง. แรงดันเอาต์พุตคงที่เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น	1.00	0.70	0.20
4. โฟเทนซิโอมิเตอร์มีความต้านทาน 10 k $\Omega$ ปรับแกนเลื่อนไปที่ ตำแหน่งกึ่งกลางของความยาวจะวัดความ ต้านทานระหว่างขา 1 กับขา 2 ได้เท่าไร ก. 2.5 k $\Omega$ ข. 5.0 k $\Omega$ ค. 7.5 k $\Omega$ ง. 10 k $\Omega$	1.00	0.70	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
5. โฟเทนซิโอมิเตอร์มีความต้านทาน $10\text{ k}\Omega$ มีความยาว $30\text{ cm}$ ปรับแกนเลื่อนไปที่ตำแหน่ง $\frac{3}{4}$ ของความยาวจะวัดความต้านทานระหว่างขา 2 กับขา 3 ได้เท่าไร ก. $2.5\text{ k}\Omega$ ข. $5.0\text{ k}\Omega$ ค. $7.5\text{ k}\Omega$ ง. $10\text{ k}\Omega$	1.00	0.40	0.40
6. จากข้อ 5 เมื่อจ่ายแรงดันด้านอินพุต ( $V_i$ ) เท่ากับ $20\text{ V}$ จะได้แรงดันเอาต์พุต ( $V_o$ ) เท่ากับข้อใด ก. $5\text{ V}$ ข. $10\text{ V}$ ค. $15\text{ V}$ ง. $20\text{ V}$	1.00	0.50	0.20
7. โฟเทนซิโอมิเตอร์ ถูกนำไปใช้งานตามข้อใด ก. วงจรเพิ่มแรงดัน ข. วงจรสร้างควมถี่ ค. วงจรพัลส์ ง. วงจรแบ่งแรงดัน	0.67	0.60	0.40
8. โฟเทนซิโอมิเตอร์ใช้ในการตรวจวัดงานในลักษณะใด ก. ความหนาของชิ้นงาน ข. การหมุนของเพลามอเตอร์กำลัง ค. ระยะเลื่อนของบานประตู ง. ระยะชักของกระบอกไฮดรอลิก	0.67	0.50	0.20
9. ความเป็นเชิงเส้นของโฟเทนซิโอมิเตอร์บอกถึงคุณสมบัติในด้านใด ก. การเคลื่อนที่ ข. ความต้านทาน ค. แรงดันเอาต์พุต ง. ถูกทุกข้อ	1.00	0.80	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
10. ข้อใดคือลักษณะการใช้งานโพเทนซิโอมิเตอร์ ก. ใช้เป็นองค์ประกอบหลักของวงจรกำลัง ข. ใช้ควบคุมค่าแรงดันหลักของวงจร ค. ใช้เป็นส่วนประกอบของวงจรปริคต์ ง. ใช้กระตุ้นภาวะเริ่มต้น	1.00	0.30	0.20
11. LDR คืออะไร ก. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง ข. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ ค. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแรงกด ง. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแรงดึง	0.67	0.70	0.20
12. LDR ย่อมาจาก ก. Light Detector Resistor ข. Lamp Dependent Resistor ค. Light Dependent Resistor ง. Light Diode Resistor	0.67	0.70	0.20
13. LDR มีคุณสมบัติเป็นอย่างไร ก. ความเข้มแสงน้อย ความต้านทานสูง ข. ความเข้มแสงน้อย ความต้านทานต่ำ ค. ความเข้มแสงมาก ความต้านทานสูง ง. ถูกทุกข้อ	1.00	0.50	0.20
14. สัญลักษณ์ลักษณะของ LDR คือข้อใด 	1.00	0.50	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
15. ในการทดลองวงจร LDR ต้องป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก เพราะเหตุใด ก. เพื่อให้ค่าที่วัดได้ไม่คลาดเคลื่อน ข. เพื่อให้ค่าความต้านทานที่วัดได้สูงขึ้น ค. เพื่อให้ค่าความต้านทานที่วัดได้ต่ำลง ง. เป็นไปได้ทุกข้อ	1.00	0.40	0.40
16. สารที่นำมาผลิต LDR ในข้อใดตอบสนองได้ดีที่สุดในย่านที่มนุษย์ มองเห็น ก. เซรามิก ข. แคดเมียมซัลไฟด์ ค. ซิลิกอนซัลไฟด์ ง. แคดเมียมซัลไนด์	0.67	0.50	0.20
17. การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของ LDR มีลักษณะอย่างไร ก. เป็นเชิงเส้น (Linear) ข. ไม่เชิงเส้น (Non-linear) ค. เป็นขั้นบันได (Step) ง. เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential)	1.00	0.60	0.40
18. ข้อใดเป็นการนำ LDR มาประยุกต์ใช้งาน ก. Lux Meter ข. สวิตช์แสง ค. เครื่องวัดความยาวคลื่นแสง ง. ถูกทั้ง ก และ ข	0.67	0.50	0.20
19. จากการทดลองวงจรเครื่องวัดความเข้มแสง แอมป์มิเตอร์มี กระแสไหลเพิ่มขึ้นได้เพราะเหตุใด ก. ต่ วงจรถูกต้อง ข. ปรับค่าแรงดันเพิ่มขึ้น ค. เพิ่มความเข้มของแสง ง. ลดความเข้มของแสง	1.00	0.60	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
20. เครื่องมือวัดความเข้มของแสงเรียกว่าอะไร ก. Flow meter ข. multi meter ค. Tachometer ง. Lux meter	0.67	0.80	0.40
21. เทอร์มิสเตอร์คืออะไร ก. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิด้วยการปิดตัวของโลหะ ข. เซนเซอร์เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามความดัน ค. อุปกรณ์ตรวจจับการปิดตัวของวัตถุ ง. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ	1.00	0.70	0.20
22. ข้อใดเป็นประเภทของเทอร์มิสเตอร์ ก. NTC ข. PCT ค. PTC ง. ถูกเฉพาะข้อ ก และ ค	0.67	0.50	0.20
23. เทอร์มิสเตอร์นิยมผลิตมาจากวัสดุจำพวกใด ก. แก้ว ข. สนิมโลหะ ค. เซรามิก ง. โลหะ	0.67	0.70	0.20
24. การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ มีลักษณะ อย่างไร ก. เป็นเชิงเส้น (Linear) ข. ไม่เชิงเส้น (Non-linear) ค. เป็นขั้นบันได (Step) ง. เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential)	1.00	0.50	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
25. คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์แบบ PTC คือข้อใด ก. อุณหภูมิลดลง ความต้านทานเพิ่มขึ้น ข. อุณหภูมิลดลง ความต้านทานลดลง ค. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานเพิ่มขึ้น ง. อุณหภูมิคงที่ ความต้านทานเพิ่มขึ้น	1.00	0.70	0.20
26. คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC คือข้อใด ก. อุณหภูมิลดลง ความต้านทานเพิ่มขึ้น ข. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานลดลง ค. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานเพิ่มขึ้น ง. อุณหภูมิคงที่ ความต้านทานลดลง	0.67	0.70	0.20
27. สัญลักษณ์ของเทอร์มิสเตอร์คือข้อใด ก.  ข.  ค.  ง. 	1.00	0.50	0.20
28. ข้อใดไม่ใช่ชนิดของเทอร์มิสเตอร์ ก. แบบลูกบิด ข. แบบกั้นหอย ค. แบบแคปซูลแก้ว ง. แบบโพรบ	0.67	0.60	0.40
29. เทอร์มิสเตอร์แบบใดนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมมากที่สุด ก. แบบลูกบิด ข. แบบกั้นหอย ค. แบบแคปซูลแก้ว ง. แบบโพรบ	1.00	0.50	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
30. การประยุกต์ใช้งานเทอร์มิสเตอร์ในข้อใดเหมาะสมที่สุด ก. วัดอุณหภูมิในน้ำ ข. วัดอุณหภูมิในตู้เย็น ค. วัดความร้อนในเตาหลอมโลหะ ง. วัดความร้อนเครื่องยนต์	1.00	0.60	0.40
31. สเตอรนเกจคืออะไร ก. เซนเซอร์วัดการติดตั้งของวัตถุ ข. อุปกรณ์ตรวจจับการสั่นสะเทือนของวัตถุ ค. อุปกรณ์เปลี่ยนแรงทางกลให้เป็นการเปลี่ยนค่าความต้านทาน ง. เซนเซอร์วัดน้ำหนักของวัตถุขนาดเล็ก	0.67	0.50	0.20
32. การต่อใช้งานสเตอรนเกจเพื่อให้ได้ค่าที่เที่ยงตรง จะต้องทำ อย่างไร ก. ต่อกับมัลติมิเตอร์ความละเอียดสูง ข. ต่อกับวงจรบริดจ์วีเคทีไฟเออร์ ค. ต่อร่วมกับวงจรวีสโตนบริดจ์แบบไม่สมดุล ง. ต่อร่วมกับวงจรวีสโตนบริดจ์แบบสมดุล	0.67	0.70	0.20
33. สเตอรนเกจมีโครงสร้างเป็นอย่างไร ก. ขดลวดความร้อนเพื่อรับความร้อนจากวัตถุ ข. ขดลวดความต้านทานขนาดเล็กขดเป็นวงกลมวางบนฐานรอง ค. ขดลวดความต้านทานขนาดเล็กขดไปมาเป็นเส้นตรงบนฐานรอง ง. ขดลวดตัวนำเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าในขณะที่ทำการวัดค่า	0.67	0.70	0.20
34. ข้อใดไม่ได้อยู่ในจำพวกสเตอรนเกจ ชนิดโลหะ ก. คอนสแตนแตน ข. ไดนาลอย ค. สเตบิลอย ง. ทังสแตน	0.67	0.60	0.40
35. สเตอรนเกจชนิดสารกึ่งตัวนำ ผลิตขึ้นโดยใช้สารประเภทใด ก. ทังสแตน ข. ซิลิคอน ค. สังกะสี ง. โลหะ	1.00	0.60	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
36. โหลดเซลล์ 2 ตัวประกอบด้วยสเตรนเกจอย่างน้อยกี่ตัว ก. 2 ข. 4 ค. 6 ง. 8	1.00	0.70	0.20
37. โหลดเซลล์คืออะไร ก. อุปกรณ์วัดความโค้งงอของโลหะ ข. อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน ค. อุปกรณ์ตรวจวัดน้ำหนัก ง. ถูกทุกข้อ	1.00	0.50	0.20
38. เอาต์พุตของโหลดเซลล์ขณะต่อใช้งานมีรูปแบบเป็นอย่างไร ก. กระแสไฟฟ้า ข. ความต้านทาน ค. แรงดันไฟฟ้า ง. กำลังไฟฟ้า	0.67	0.60	0.40
39. การประยุกต์ใช้งานข้อใดต่อไปนี้ไม่ได้ใช้สเตรนเกจเป็นส่วนประกอบ ก. เครื่องชั่งขนาดใหญ่ ข. เครื่องทดสอบสายไฟฟ้า ค. เครื่องทดสอบคอนกรีต ง. เครื่องปั๊มโลหะ	1.00	0.50	0.20
40. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับสัญญาณเอาต์พุตของโหลดเซลล์เป็นอย่างไร ก. แปรผันตรง ข. แปรผกผัน ค. แปรผันตาม ง. ไม่สัมพันธ์กัน	0.67	0.60	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
41. โฟโตไดโอดมีคุณสมบัติตรงตามข้อใด ก. สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนค่าความต้านทานตามแสง ข. สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนแสงเป็นแรงดันไฟฟ้า ค. สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการถ่ายภาพ ง. ความต้านทานเปลี่ยนค่าตามความเข้มแสง	1.00	0.70	0.20
42. สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอดคือข้อใด ก.  ข.  ค.  ง. 	0.67	0.50	0.20
43. โครงสร้างของโฟโตไดโอดมีลักษณะคล้ายอุปกรณ์ในข้อใด ก. Potentiometer ข. Transistor ค. LDR ง. Diode	1.00	0.60	0.40
44. โฟโตไดโอดและ LDR มีข้อแตกต่างกันในด้านใด ก. การรับแสง ข. การแยกสี ค. ความสะดวกในการใช้งาน ง. ผลตอบสนองต่อแสง	0.67	0.50	0.20
45. เมื่อต้องการให้โฟโตไดโอดทำงานได้จะต้องต่อวงจรในรูปแบบใด ก. ไบอัสตรง ข. ไบอัสกลับ ค. ไบอัสสลับ ง. ต่อแบบใดก็ได้	1.00	0.50	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
46. วงจรข้อใดมีความเหมาะสมที่จะใช้โฟโตไดโอด ก. วงจรความถี่สูง ข. วงจรความถี่ต่ำ ค. วงจรไฟกระแสตรง ง. วงจรไฟกระแสสลับ	1.00	0.70	0.20
47. โฟโตไดโอดจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อได้รับแสงจาก แหล่งใด ก. หลอดไส้ ข. แสงธรรมชาติ ค. หลอด LED ง. หลอดไฟภายในห้องที่ทดลอง	0.67	0.60	0.40
48. แร่งดันตกคร่อมโฟโตไดโอดขณะไม่ได้รับแสงจะมีค่าเป็น อย่างไร ก. ไม่มีแรงดันตกคร่อม ข. ครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย ค. เท่ากับแหล่งจ่าย ง. ประมาณ 0.7 โวลต์	0.67	0.60	0.40
49. แร่งดันตกคร่อมโฟโตไดโอดขณะได้รับแสงจะมีค่าเป็นอย่างไร ก. ไม่มีแรงดันตกคร่อม ข. ครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย ค. เท่ากับแหล่งจ่าย ง. ประมาณ 0.7 โวลต์	0.67	0.50	0.20
50. การประยุกต์ใช้งานโฟโตไดโอดข้อใดเหมาะสมที่สุด ก. การแยกสีวัตถุ ข. สวิตช์แสงแดด ค. มิเตอร์วัดความเข้มแสง ง. การนับรอบการหมุน	1.00	0.50	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
51. ฟร็อกซิมีตีเซนเซอร์ มีการวัดค่าอย่างไร ก. วัดค่าโดยไม่สัมผัสชิ้นงาน ข. วัดค่าโดยสัมผัสโดยตรงกับชิ้นงาน ค. วัดค่าโดยสัมผัสชิ้นงานบางส่วน ง. ถูกทุกข้อ	1.00	0.60	0.40
52. เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในลักษณะใด ก. ตั้งฉากกัน ข. ทิศทางตรงข้ามกัน ค. ทิศทางเดียวกัน ง. ทุกทิศทาง	1.00	0.60	0.40
53. ฮอลล์เอฟเฟคเซนเซอร์ใช้วัดค่าในข้อใด ก. ความเข้มแสง ข. สนามแม่เหล็ก ค. แรงทางกล ง. สนามไฟฟ้า	1.00	0.70	0.20
54. แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากฮอลล์เอฟเฟคขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในข้อใดต่อไปนี้ ก. ความเข้มของสนามไฟฟ้า ข. ทิศทางของสนามไฟฟ้า ค. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ง. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก	1.00	0.60	0.40
55. แรงดันเอาต์พุตของฮอลล์เอฟเฟค มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาเคลื่อนที่ของแม่เหล็กอย่างไร ก. ระยะเวลาเพิ่มขึ้น เอาต์พุตเพิ่มขึ้น ข. ระยะเวลาเพิ่มขึ้น เอาต์พุตลดลง ค. ระยะเวลาลดลง เอาต์พุตลดลง ง. ถูกทุกข้อ	1.00	0.70	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
56. ข้อใดไม่ใช่การประยุกต์ใช้งานฮอโลเฟคเซนเซอร์ ก. วัดระยะการเคลื่อนที่ ข. วัดความเข้มสนามแม่เหล็ก ค. วัดน้ำหนัก ง. วัดความเร็วรอบ	1.00	0.50	0.20
57. เมื่อติดแม่เหล็กไว้ที่ล้อ 1 จุด หมุนล้อไป 15 รอบ โดยต่อวงจร นับไว้กับตัวฮอโลเฟค วงจรจะนับได้จำนวนเท่าไร ก. 12 ข. 15 ค. 18 ง. 20	0.67	0.70	0.20
58. แรงดันเอาต์พุตของฮอโลเฟคที่ได้จากการวัดแม่สนามเหล็ก ที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงมีลักษณะอย่างไร ก. สามเหลี่ยม ข. คลื่นไซน์ (Sine Wave) ค. สี่เหลี่ยม ง. เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential)	0.67	0.50	0.20
59. ถ้าเรานำโวลต์มิเตอร์วัดเอาต์พุตของฮอโลเฟคแทนวงจรรับ รอบการหมุนของล้อ ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร ก. แรงดันลดลงเมื่อแม่เหล็กเข้ามาใกล้เซนเซอร์ ข. แรงดันขึ้น-ลงตามรอบที่หมุน ค. ไม่มีแรงดันเอาต์พุต ง. แรงดันคงที่ตลอดการหมุน	1.00	0.60	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคำถาม	ดัชนีความ สอดคล้อง (IOC)	ความ ยากง่าย (P)	อำนาจ จำแนก (r)
	ผู้ทรง คุณวุฒิ	กลุ่มทดลอง 10 คน	
<p>60. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กให้มากขึ้นแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะเป็นตามข้อใด</p> <p>ก. แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นสนามแม่เหล็กแต่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย</p> <p>ข. แรงดันเอาต์พุตลดลงตามความเข้มข้นสนามแม่เหล็กแต่ไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย</p> <p>ค. แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นสนามแม่เหล็กแต่ไม่มากกว่าแหล่งจ่าย</p> <p>ง. แรงดันเอาต์พุตลดลงตามความเข้มข้นสนามแม่เหล็กแต่ไม่น้อยกว่าแหล่งจ่าย</p>	1.00	0.50	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ผลการพิจารณาแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาใบงาน ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ใบงานที่ 1 เรื่อง โพลีเทนิโอ มิเตอร์

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ความสมบูรณ์ของวัสดุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	4	5	4.33	0.58	ดี
2. ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน	4	4	3	3.67	0.58	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
5. ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
6. ความชัดเจนในการอธิบายแต่ละขั้นตอน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
7. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4	4	4	4.00	0.00	ดี
8. การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสมต่อการใช้งาน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
9. ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4	4	4	4.00	0.00	ดี
10. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	5	4	3	4.00	1.00	ดี
	รวม			4.20	0.45	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ใบงานที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ความสมบูรณ์ของ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	4	5	4.33	0.58	ดี
2. ความสอดคล้องระหว่าง เนื้อหากับวัตถุประสงค์	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของ แต่ละใบงาน	4	4	3	3.67	0.58	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของลำดับ ขั้นตอนการปฏิบัติ	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
6. ความชัดเจนในการอธิบาย แต่ละขั้นตอน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
7. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4	4	4	4.00	0.00	ดี
8. การจัดรูปแบบใบงาน เนื้อหาเหมาะสมต่อการ ใช้งาน	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
9. ความถูกต้องและชัดเจน ของตัวอักษรและรูปภาพ	4	4	4	4.00	0.00	ดี
10. สร้างแรงจูงใจต่อการ เรียนรู้	4	4	3	3.67	0.58	ดี
	รวม			4.17	0.35	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ใบงานที่ 3 เรื่อง เทอร์มิสเตอร์

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ความสมบูรณ์ของ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความสอดคล้องระหว่าง เนื้อหากับวัตถุประสงค์	4	4	5	4.33	0.58	ดี
3. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของ แต่ละใบงาน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของลำดับ ขั้นตอนการปฏิบัติ	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
6. ความชัดเจนในการอธิบาย แต่ละขั้นตอน	4	5	4	4.33	0.58	ดี
7. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
8. การจัดรูปแบบใบงาน เนื้อหาเหมาะสมต่อการ ใช้งาน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
9. ความถูกต้องและชัดเจน ของตัวอักษรและรูปภาพ	4	4	3	3.67	0.58	ดี
10. สร้างแรงจูงใจต่อการ เรียนรู้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	รวม			4.37	0.40	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ใบงานที่ 4 เรื่อง สเตรนเกจ

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ความสมบูรณ์ของ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความสอดคล้องระหว่าง เนื้อหากับวัตถุประสงค์	4	5	4	4.33	0.58	ดี
3. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของ แต่ละใบงาน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	4	4	4	4.00	0.00	ดี
5. ความเหมาะสมของลำดับ ขั้นตอนการปฏิบัติ	4	4	5	4.33	0.58	ดี
6. ความชัดเจนในการอธิบาย แต่ละขั้นตอน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
7. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4	5	4	4.33	0.58	ดี
8. การจัดรูปแบบใบงาน เนื้อหาเหมาะสมต่อการ ใช้งาน	4	4	3	3.67	0.58	ดี
9. ความถูกต้องและชัดเจน ของตัวอักษรและรูปภาพ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
10. สร้างแรงจูงใจต่อการ เรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	ดี
	รวม			4.27	0.46	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ใบงานที่ 5 เรื่อง โฟโต้ไดโอด

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ความสมบูรณ์ของ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2. ความสอดคล้องระหว่าง เนื้อหากับวัตถุประสงค์	4	4	5	4.33	0.58	ดี
3. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของ แต่ละใบงาน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
5. ความเหมาะสมของลำดับ ขั้นตอนการปฏิบัติ	4	5	4	4.33	0.58	ดี
6. ความชัดเจนในการอธิบาย แต่ละขั้นตอน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
7. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	5	4	3	4.00	1.00	ดี
8. การจัดรูปแบบใบงาน เนื้อหาเหมาะสมต่อการ ใช้งาน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
9. ความถูกต้องและชัดเจน ของตัวอักษรและรูปภาพ	4	4	4	4.00	0.00	ดี
10. สร้างแรงจูงใจต่อการ เรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	รวม			4.17	0.33	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ใบงานที่ 6 เรื่อง ฮอล์เอฟเฟกต์

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ความสมบูรณ์ของ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2. ความสอดคล้องระหว่าง เนื้อหากับวัตถุประสงค์	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของ แต่ละใบงาน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
5. ความเหมาะสมของลำดับ ขั้นตอนการปฏิบัติ	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
6. ความชัดเจนในการอธิบาย แต่ละขั้นตอน	4	5	4	4.33	0.58	ดี
7. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
8. การจัดรูปแบบใบงาน เนื้อหาเหมาะสมต่อการ ใช้งาน	4	4	3	3.67	0.58	ดี
9. ความถูกต้องและชัดเจน ของตัวอักษรและรูปภาพ	4	4	4	4.00	0.00	ดี
10. สร้างแรงจูงใจต่อการ เรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	ดี
	รวม			4.23	0.29	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 คุณภาพเฉลี่ยรวมด้านเนื้อหาใบงานที่ 1-6 ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.33	0.30	ดี
2. ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	4.17	0.18	ดี
3. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน	4.00	0.30	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.39	0.25	ดี
5. ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ	4.61	0.25	ดีมาก
6. ความชัดเจนในการอธิบายแต่ละขั้นตอน	4.22	0.17	ดี
7. ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย	4.33	0.42	ดี
8. การจัดรูปแบบใบงานเนื้อหาเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.11	0.46	ดี
9. ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4.06	0.33	ดี
10. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.11	0.34	ดี
รวม	4.23	0.30	ดี

ตารางที่ จ.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ขนาดความเหมาะสมของชุดการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. รูปแบบของชุดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ	3	4	4	3.67	0.58	ดี
3. ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งอุปกรณ์	4	5	4	4.33	0.58	ดี
4. ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	ดี
5. ความแข็งแรงทนทานของชุดการเรียนรู้	3	4	4	3.67	0.58	ดี
6. ความสะดวกในการเตรียมการทดลอง	4	4	4	4.00	0.00	ดี
7. ความสัมพันธ์ของชุดการเรียนรู้กับใบงานทดลอง	4	4	4	4.00	0.00	ดี
8. ความปลอดภัยขณะทำการทดลอง	4	4	5	4.33	0.58	ดี
9. ความสะดวกในการดูแลรักษาอุปกรณ์	4	4	5	4.33	0.58	ดี
10. คุณค่าของชุดทดลองทางวิชาการโดยภาพรวม	4	4	4	4.00	0.00	ดี
รวม				4.10	0.35	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ สำหรับ  
หลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

คนที่	ใบงานทดลองที่ (คะแนนเต็ม)					
	1	2	3	4	5	6
	50	50	50	50	50	50
1	43	43	45	43	44	41
2	32	37	36	35	38	37
3	46	43	45	45	36	38
4	44	42	44	44	41	42
5	42	44	44	44	45	44
6	40	42	43	44	39	40
7	33	35	37	37	43	41
8	47	46	47	44	40	42
9	38	39	40	39	41	42
10	41	41	43	43	43	41
11	44	42	43	44	42	44
12	44	43	42	41	40	41
13	33	32	37	35	32	37
14	40	38	42	39	39	40
15	43	45	40	43	35	41
16	45	44	42	42	47	44
17	43	43	44	42	47	46
18	40	40	39	38	42	44
19	33	35	35	35	44	44
20	45	46	46	45	45	45
รวม	816	820	834	822	823	834
เฉลี่ย	40.80	41.00	41.70	41.10	41.15	41.70
เฉลี่ยร้อยละ	81.60	82.00	83.40	82.20	82.30	83.40
เฉลี่ยทั้งหมด	$E_1 = 82.48$					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.5 คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการทดลองครบทุกใบงาน

คนที่	คะแนนสอบ
	50 คะแนน
1	45.00
2	35.00
3	41.67
4	45.00
5	43.33
6	45.83
7	39.17
8	39.17
9	43.33
10	45.00
11	44.17
12	39.17
13	39.17
14	45.00
15	42.50
16	45.83
17	40.00
18	45.00
19	35.00
20	43.33
รวม	841.67
เฉลี่ย	42.08
เฉลี่ยร้อยละ	84.17
E2	84.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

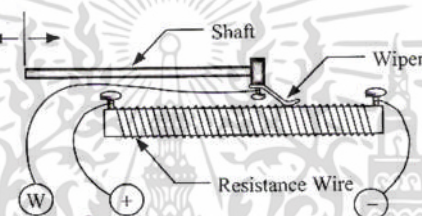
## ใบงานที่ 1 เรื่อง โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer)

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของโปเทนชิโอมิเตอร์
2. เพื่อศึกษาลักษณะของแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรโปเทนชิโอมิเตอร์
3. เพื่อให้สามารถนำโปเทนชิโอมิเตอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้

### ทฤษฎี

โปเทนชิโอมิเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนตำแหน่งและระยะการเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปค่าความต้านทาน โครงสร้างของโปเทนชิโอมิเตอร์ประกอบด้วยตัวต้านทาน ซึ่งทำมาจากคาร์บอนหรือขดลวดและหน้าสัมผัสที่สามารถเคลื่อนที่ไปมาบนแถบความต้านทาน โปเทนชิโอมิเตอร์ อุปกรณ์โปเทนชิโอมิเตอร์แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือแบบเชิงเส้นและเชิงมุม มีโครงสร้างดังรูปที่ 1.1

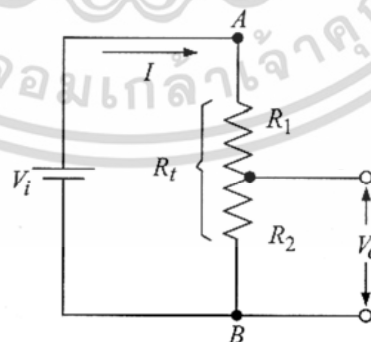


รูปที่ 1.1 โครงสร้างของโปเทนชิโอมิเตอร์แบบเชิงเส้น

การหาค่าแรงดันเอาต์พุต( $V_o$ ) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโปเทนชิโอมิเตอร์หาได้จากวงจรต่อไปนี้คือ

1. วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ค่าแรงดันเอาต์พุตสามารถหาได้จากสมการที่ 1

$$V_o = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$



รูปที่ 1.2 วงจรแบ่งแรงดันที่ใช้กับโปเทนชิโอมิเตอร์

โดยแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งหน้าสัมผัสของตัวอุปกรณ์โปเทนชิโอมิเตอร์

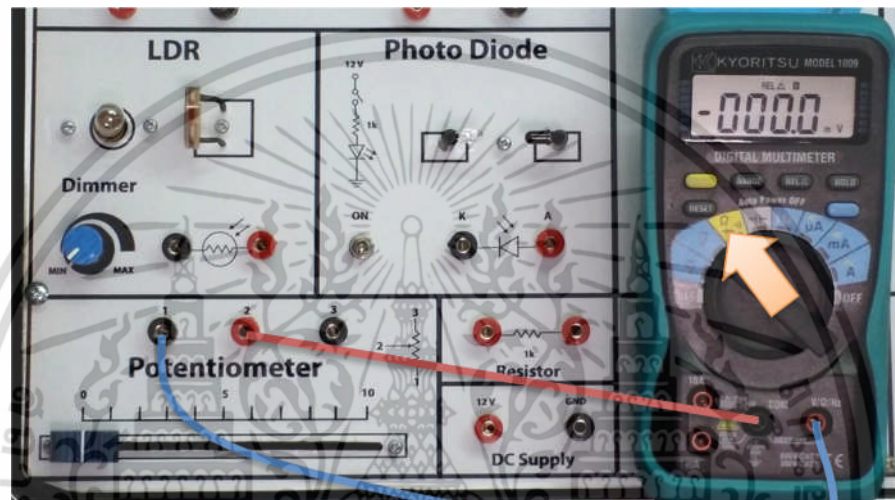
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                             |   |     |
|-----------------------------|---|-----|
| 1. ชุดทดลองโฟเทนซีโอมิเตอร์ | 1 | ชุด |
| 2. สายต่อวงจร               | 1 | ชุด |
| 3. มัลติมิเตอร์             | 1 | ตัว |

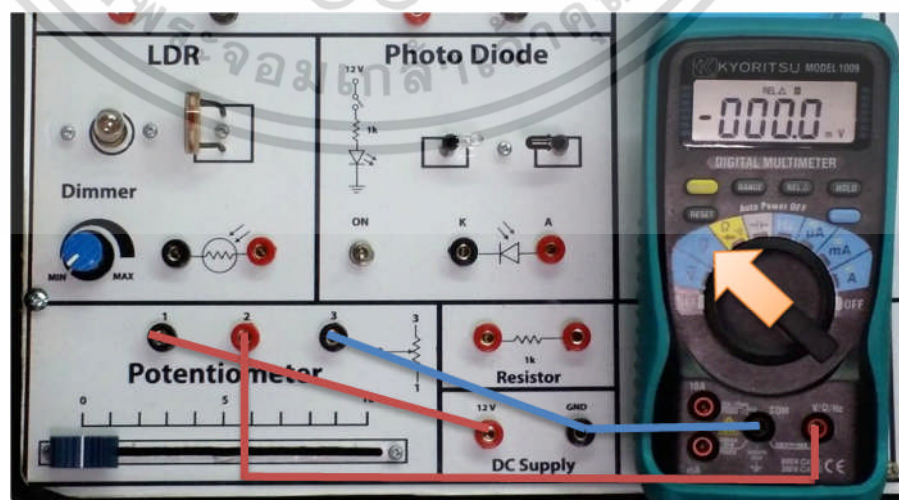
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3

2. เลื่อนแกนโฟเทนซีโอมิเตอร์ครั้งละ 1 ซม. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานที่หมายเลข 1 และหมายเลข 2 ทำการบันทึกค่าความต้านทานลงในตารางที่ 1



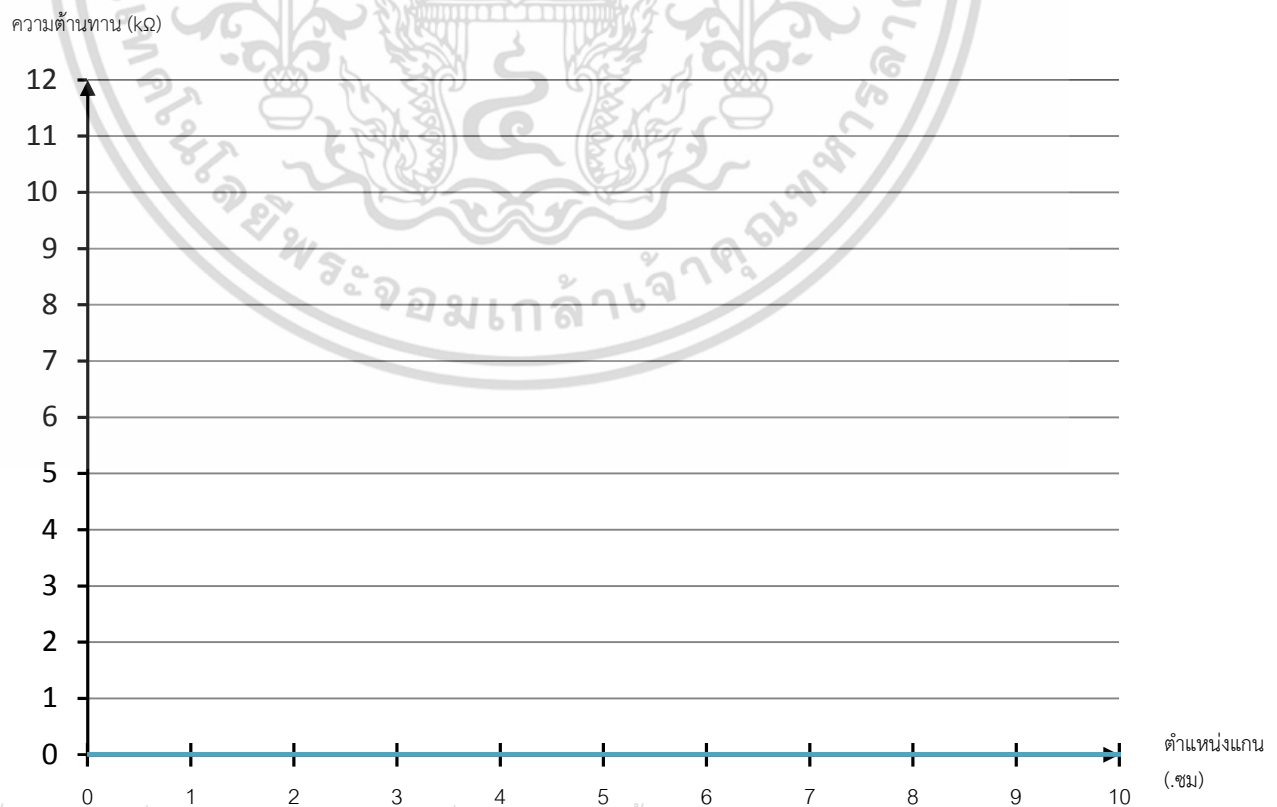
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 1.4

3. ต่อบางจรตามรูปที่ 1.4 จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร เลื่อนแกนโพเทนชิโอมิเตอร์ตามตารางที่กำหนดให้ ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันเอาต์พุต และบันทึกค่าแรงดันลงในตารางที่ 1
4. นำค่าที่ได้จากตาราง วาดกราฟลงในรูปที่ 1.5 และ 1.6

ตำแหน่งของแกน (ซม.)	ความต้านทาน( $\Omega$ )	แรงดันเอาต์พุต (โวลต์)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

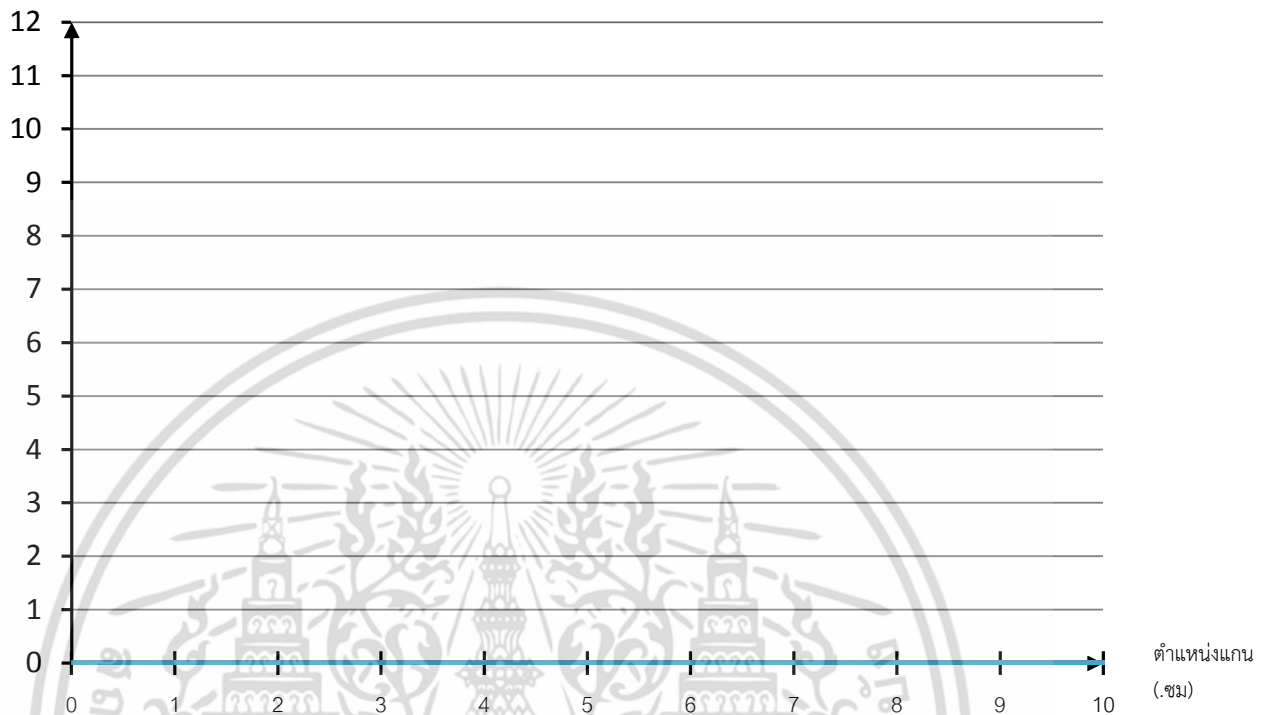
ตารางที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.5

แรงดันเอาต์พุต (โวลต์)



รูปที่ 1.6

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. โฟเทนซีโอมิเตอร์มีหน้าที่อย่างไร

- ก. เปลี่ยนตำแหน่งระยะการเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปแรงดันไฟฟ้า
- ข. เปลี่ยนตำแหน่งระยะการเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปความต้านทาน
- ค. เปลี่ยนค่าความต้านทานโดยใช้ระยะการเคลื่อนที่
- ง. เปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ระยะการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าความต้านทานที่วัดได้กับตำแหน่งแกนของโพเทนซีโอมิเตอร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- ระยะทางเพิ่มขึ้น ความต้านทานเพิ่มขึ้น
  - ระยะทางเพิ่มขึ้น ความต้านทานลดลง
  - ระยะทางเพิ่มขึ้น ความต้านทานคงที่
  - ระยะทางและความต้านทานไม่สัมพันธ์กัน
3. แรงดันเอาต์พุตที่วัดได้กับตำแหน่งแกนของโพเทนซีโอมิเตอร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
- แรงดันเอาต์พุตลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น
  - แรงดันเอาต์พุตคงที่เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น
  - แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น
  - แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางลดลง
4. โพเทนซีโอมิเตอร์มีความต้านทาน  $10\text{ k}\Omega$  ปรับแกนเลื่อนไปที่ตำแหน่งกึ่งกลางของความยาวจะวัดความต้านทานระหว่างขา 1 กับขา 2 ได้เท่าไร
- $2.5\text{ k}\Omega$
  - $5.0\text{ k}\Omega$
  - $7.5\text{ k}\Omega$
  - $10\text{ k}\Omega$
5. โพเทนซีโอมิเตอร์มีความต้านทาน  $10\text{ k}\Omega$  มีความยาว  $30\text{ cm}$  ปรับแกนเลื่อนไปที่ตำแหน่ง  $\frac{3}{4}$  ของความยาวจะวัดความต้านทานระหว่างขา 2 กับขา 3 ได้เท่าไร
- $2.5\text{ k}\Omega$
  - $5.0\text{ k}\Omega$
  - $7.5\text{ k}\Omega$
  - $10\text{ k}\Omega$
6. จากข้อ 5 เมื่อจ่ายแรงดันด้านอินพุต ( $V_i$ ) เท่ากับ  $20\text{ V}$  จะได้แรงดันเอาต์พุต ( $V_o$ ) เท่ากับข้อใด
- $5\text{ V}$
  - $10\text{ V}$
  - $15\text{ V}$
  - $20\text{ V}$
7. ความเป็นเชิงเส้นของโพเทนซีโอมิเตอร์บอกถึงคุณสมบัติในด้านใด
- การเคลื่อนที่
  - ความต้านทาน
  - แรงดันเอาต์พุต
  - ถูกทุกข้อ
8. โพเทนซีโอมิเตอร์ใช้ในการตรวจวัดงานในลักษณะใด
- ความหนาของชิ้นงาน
  - การหมุนของเพลามอเตอร์กำลัง
  - ระยะเลื่อนของบานประตู
  - ระยะชักของกระบอกไฮดรอลิก
9. โพเทนซีโอมิเตอร์ ถูกนำไปใช้งานตามข้อใด
- วงจรเพิ่มแรงดัน
  - วงจรสร้างความถี่
  - วงจรพัลส์
  - วงจรแบ่งแรงดัน
10. ข้อใดคือลักษณะการใช้งานโพเทนซีโอมิเตอร์
- ใช้เป็นองค์ประกอบหลักของวงจรกำลัง
  - ใช้เป็นส่วนประกอบของวงจรบริดจ์
  - ใช้ควบคุมค่าแรงดันหลักของวงจร
  - ใช้กระตุ้นภาวะเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง (LDR)

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง
2. เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามแสง
3. เพื่อให้สามารถนำตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสงไปประยุกต์ใช้งานได้

### ทฤษฎี

ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง บางครั้งเรียกว่า เซลล์นำพลังแสง หรือตัวต้านทานพลังแสง โดยทั่วไปมักนิยมเรียกว่าแอลดีอาร์ ดังแสดงในรูป 2.1 วัสดุที่ใช้สร้างตัวแอลดีอาร์คือ สารกึ่งตัวนำชนิดแคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide; Cds) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cadmium Selenide; CdSe) ซึ่งมีคุณสมบัติคือ ความต้านทานภายในของแอลดีอาร์จะเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าความเข้มของแสงสว่างที่ตกกระทบ



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง

การประยุกต์ใช้งานแอลดีอาร์สามารถทำได้หลายลักษณะเช่น ใช้เป็นตัวเซนเซอร์ภายในเครื่องมือวัดความเข้มแสง (Lux meter) เพื่อตรวจวัดความเข้มของแสงสว่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องมือวัดความเข้มแสง

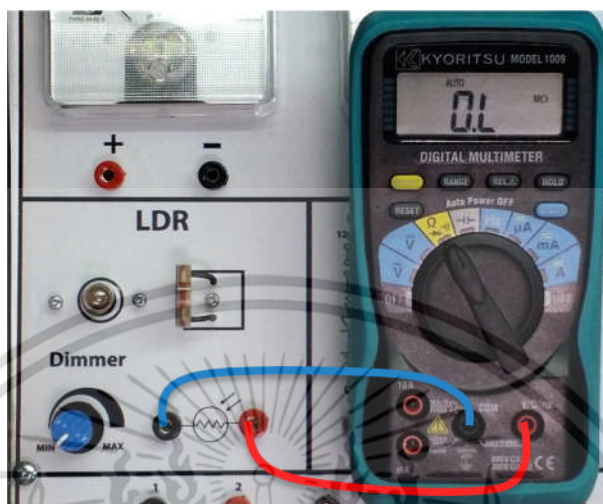
### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                                       |   |         |
|---------------------------------------|---|---------|
| 1. ชุดทดลองตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง | 1 | ชุด     |
| 2. สายต่อวงจร                         | 1 | ชุด     |
| 3. มัลติมิเตอร์                       | 1 | ตัว     |
| 4. เครื่องมือวัดความเข้มแสง           | 1 | เครื่อง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรตามรูปที่ 1 นำเครื่องมือวัดความเข้มแสงวัดความสว่างของหลอดไฟ และป้องกันแสงจากภายนอกกระทบตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง



รูปที่ 2.3

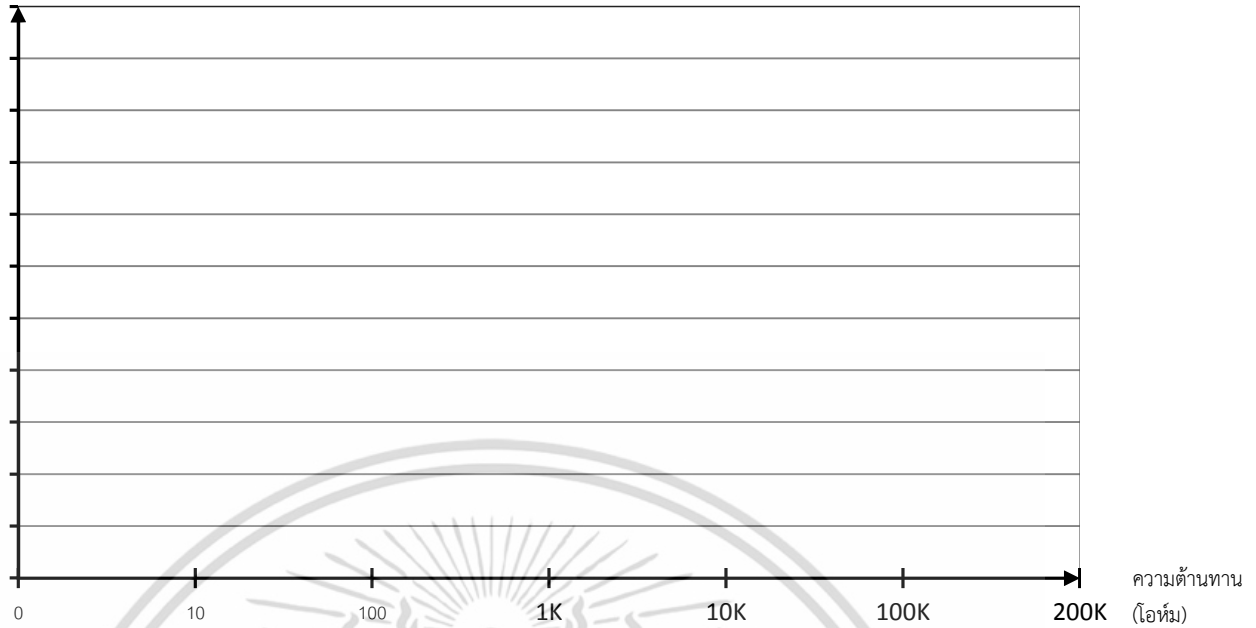
2. ปรับปุ่ม Dimmer เพื่อเพิ่มความเข้มแสงของหลอดไฟ ตามตารางที่ 1
3. อ่านค่าจากมิเตอร์วัดความเข้มแสง และค่าความต้านทานของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง จากมัลติมิเตอร์ บันทึกค่าลงในตารางที่ 1
4. นำค่าความเข้มแสงและความต้านทานจากตารางที่ 1 วาดลงในรูปที่ 2.4

ตำแหน่งของ Dimmer	ความเข้มแสง (ลักซ์)	ความต้านทาน (โอห์ม)	กระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)
Min			
9 นาฬิกา			
10 นาฬิกา			
11 นาฬิกา			
12 นาฬิกา			
13 นาฬิกา			
14 นาฬิกา			
15 นาฬิกา			
16 นาฬิกา			
Max			

ตารางที่ 1

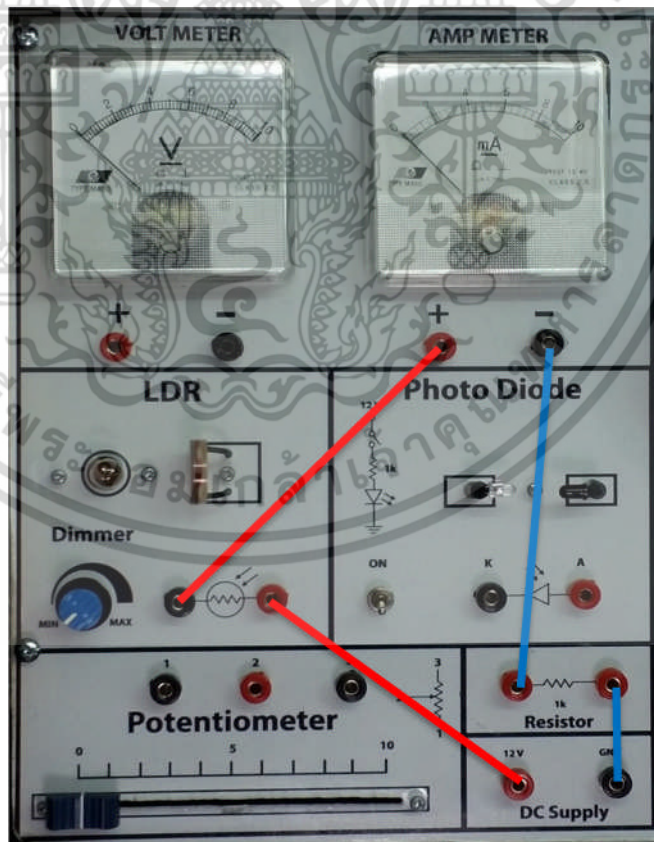
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มแสง (ลักซ์)



รูปที่ 2.4

5.ต่อวงจรดังรูปที่ 2.5 และป้องกันแสงภายนอกกระทบตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง

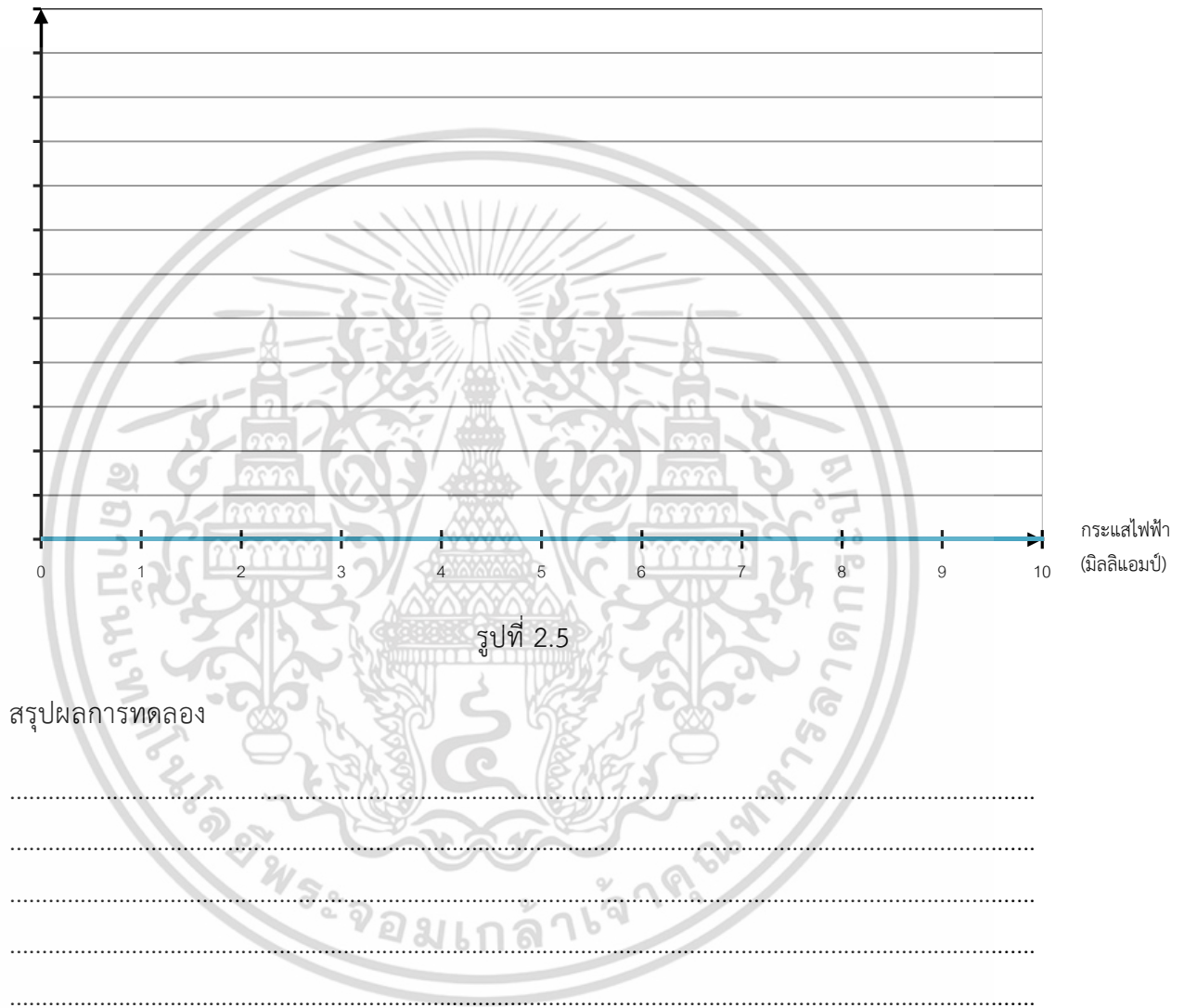


รูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปรับค่าความเข้มแสงตามตารางที่ 1 โดยอ่านค่าจากมิเตอร์วัดความเข้มแสง
7. อ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่แอมมิเตอร์และบันทึกลงในตารางที่ 1
8. นำค่าที่ได้จากตาราง วาดลงในรูปที่ 2.5

ความเข้มแสง (ลักซ์)



สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. LDR คืออะไร

- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| ก. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ | ข. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง    |
| ค. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแรงกด    | ง. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแรงดึง |

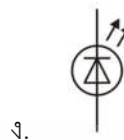
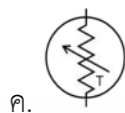
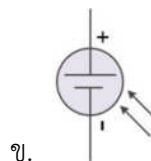
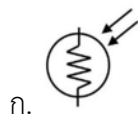
2. LDR ย่อมาจาก

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| ก. Light Detector Resistor | ข. Lamp Dependent Resistor |
|----------------------------|----------------------------|

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัย

3. สัญลักษณ์ของ LDR คือข้อใด



4. LDR มีคุณสมบัติเป็นอย่างไร

ก. ความเข้มแสงน้อย ความต้านทานสูง

ข. ความเข้มแสงน้อย ความต้านทานต่ำ

ค. ความเข้มแสงมาก ความต้านทานสูง

ง. ถูกทุกข้อ

5. ในการทดลองวงจร LDR ต้องป้องกันแสงรบกวนจากภายนอกเพราะเหตุใด

ก. เพื่อให้ค่าความต้านทานที่วัดได้ต่ำลง

ข. เพื่อให้ค่าความต้านทานที่วัดได้สูงขึ้น

ค. เพื่อให้ค่าที่วัดได้ไม่คลาดเคลื่อน

ง. เป็นไปได้ทุกข้อ

6. การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของ LDR มีลักษณะอย่างไร

ก. เป็นเชิงเส้น (Linear)

ข. ไม่เชิงเส้น (Non-linear)

ค. เป็นขั้นบันได (Step)

ง. เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential)

7. ข้อใดเป็นการนำ LDR มาประยุกต์ใช้งาน

ก. Lux Meter

ข. สวิตช์แสง

ค. เครื่องวัดความยาวคลื่นแสง

ง. ถูกทั้ง ก และ ข

8. จากการทดลองวงจรเครื่องวัดความเข้มแสง แอมป์มิเตอร์มีกระแสไหลเพิ่มขึ้นได้เพราะเหตุใด

ก. ต่อวงจรถูกต้อง

ข. ปรับค่าแรงดันเพิ่มขึ้น

ค. เพิ่มความเข้มของแสง

ง. ลดความเข้มของแสง

9. สารที่นำมาผลิต LDR ในข้อใดตอบสนองได้ดีในย่านที่มนุษย์มองเห็น

ก. แคดเมียมซัลไฟด์

ข. แคดเมียมซัลไฟด์

ค. ซิลิกอนซัลไฟด์

ง. เซรามิก

10. เครื่องมือวัดความเข้มของแสงเรียกว่าอะไร

ก. Flow meter

ข. Lux meter

ค. Tachometer

ง. multi meter

### ใบงานที่ 3 เรื่อง เทอร์มิสเตอร์

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเทอร์มิสเตอร์
2. เพื่อให้สามารถนำเทอร์มิสเตอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้

#### ทฤษฎี

เทอร์มิสเตอร์ หรือตัวต้านทานแปรค่าตามอุณหภูมิ (Thermal Resistor) เป็นทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งที่สำคัญหลักการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณสมบัติทางไฟฟ้า จัดอยู่ในกลุ่มของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟทรานซิสเตอร์ โดยมีโครงสร้างทางกายภาพเป็นทำมาจากออกไซด์ของโลหะ ค่าความต้านทานภายในของเทอร์มิสเตอร์ ที่ใช้กันทั่วไป ที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างประมาณ 100 Ω จนถึง 10 kΩ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ 1.ประเภทที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นลบ (Negative Temperature Coefficient) หรือ NTC นั่นคือถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นค่าความต้านทานภายในเทอร์มิสเตอร์จะลดต่ำลง 2. ประเภทที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นบวก (Positive Temperature Coefficient) หรือ PTC ซึ่งในแต่ละประเภทมีคุณสมบัติตรงข้ามกัน



รูปที่ 3.1 ลักษณะรูปร่างของเทอร์มิสเตอร์

การประยุกต์ใช้งาน อาจจะนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิได้อย่างง่าย คือนำเทอร์มิสเตอร์มาต่ออนุกรมกับแบตเตอรี่และไมโครแอมป์มิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ก็จะเปลี่ยนแปลง นั่นคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย



รูปที่ 3.2 เทอร์มิสเตอร์เทอร์โมมิเตอร์

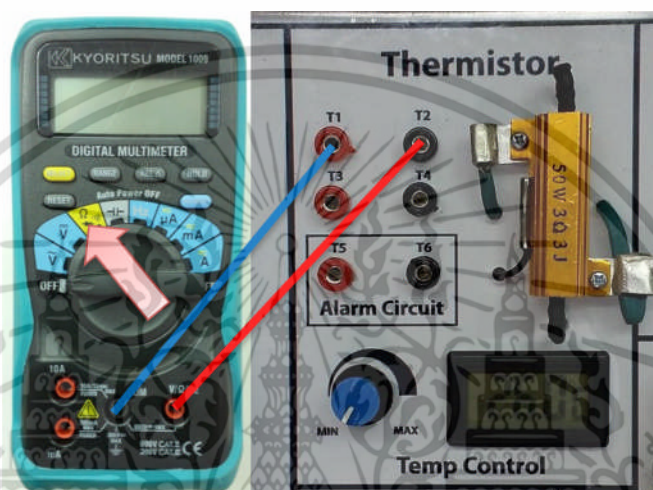
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                          |   |     |
|--------------------------|---|-----|
| 1. ชุดทดลองเทอร์มิสเตอร์ | 1 | ชุด |
| 2. สายต่อวงจร            | 1 | ชุด |
| 3. มัลติมิเตอร์          | 1 | ตัว |

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3

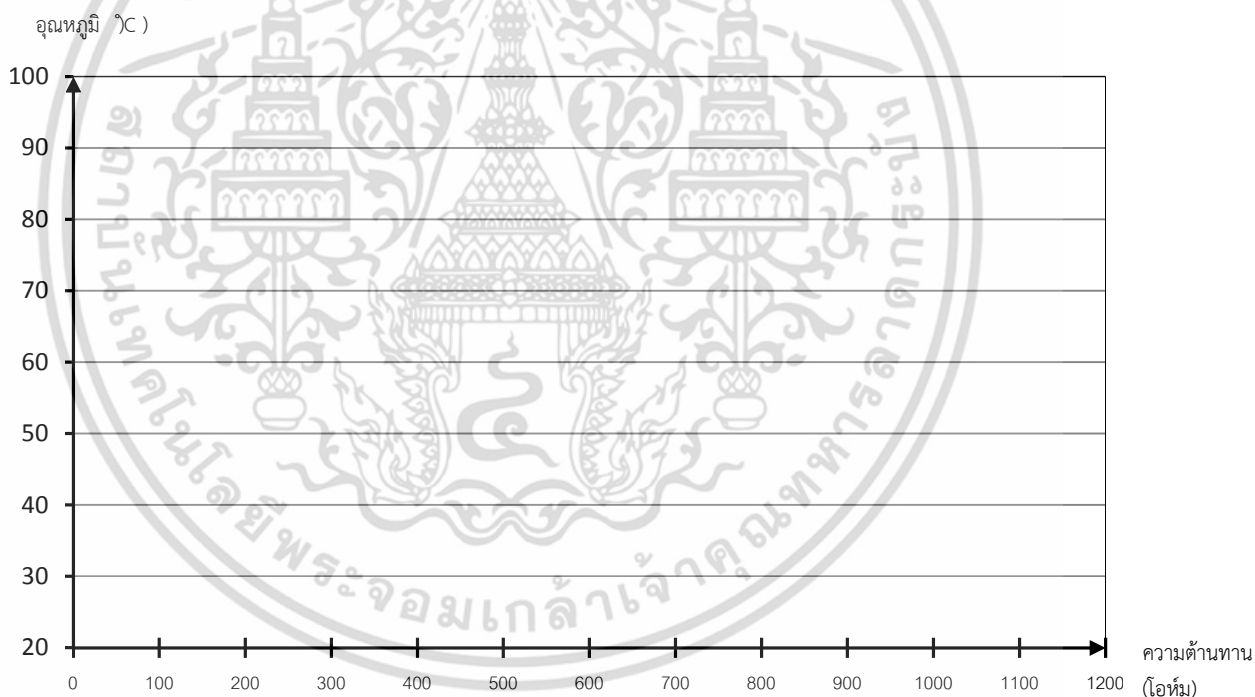
2. วัดค่าความต้านทานเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC ที่จุด T1 และ T2 ด้วยโอห์มมิเตอร์
3. เพิ่มอุณหภูมิของตัวต้านทาน 3.3 Ω 50 W โดยหมุนปุ่มปรับความร้อนไว้ประมาณ 10 นาที
4. บันทึกค่าความต้านทานลงในตารางที่ 1 นำค่าที่ได้จากตารางที่ 1
5. ปรับลดอุณหภูมิตัวต้านทาน 3.3 Ω 50 W เพื่อวัดค่าเทอร์มิสเตอร์ชนิด ชนิด PTC โดยย้ายจุดวัดค่าไปที่ T3 และ T4 และทำซ้ำข้อ 3 และ 4 และนำผลการทดลองวาดลงในรูปที่ 3.4
6. ลดอุณหภูมิตัวต้านทาน 3.3 Ω 50 W ให้ต่ำลง ต่อจุด T1 และ T2 เข้ากับจุด T5 และ T6 ตามลำดับ เพื่อทดลองวงจรเตือนอุณหภูมิเกิน
7. บันทึกผลลงในตารางที่ 1 พร้อมสรุปผลการทดลอง

\*\*\*ข้อควรระวัง ระหว่างการทดลอง ห้ามสัมผัสกับตัวต้านทาน 3.3 Ω 50 W เนื่องจากมีอุณหภูมิสูง อาจเป็นอันตรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC (โอห์ม)	เทอร์มิสเตอร์ชนิด PTC (โอห์ม)	เสียงเตือน (มี/ไม่มี)
อุณหภูมิห้อง			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

ตารางที่ 1



รูปที่ 3.4

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คำถามท้ายการทดลอง

#### 1. เทอร์มิสเตอร์คืออะไร

- ก. อุปกรณ์ตรวจจับการบิดตัวของวัตถุ
- ข. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ
- ค. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิด้วยการบิดตัวของโลหะ
- ง. เซนเซอร์เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามความดัน

#### 2. เทอร์มิสเตอร์นิยมผลิตมาจากวัสดุจำพวกใด

- ก. แก้ว
- ข. สนิมโลหะ
- ค. เซรามิก
- ง. โลหะ

#### 3. ข้อใดเป็นประเภทของเทอร์มิสเตอร์

- ก. NTC
- ข. PCT
- ค. PTC
- ง. ถูกเฉพาะข้อ ก และ ค

#### 4. การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ มีลักษณะอย่างไร

- ก. เป็นเชิงเส้น (Linear)
- ข. ไม่เชิงเส้น (Non-linear)
- ค. เป็นขั้นบันได (Step)
- ง. เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential)

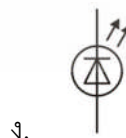
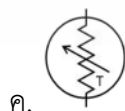
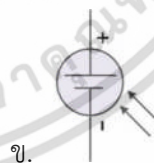
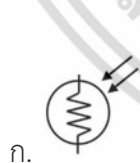
#### 5. คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์แบบ NTC คือข้อใด

- ก. อุณหภูมิลดลง ความต้านทานเพิ่มขึ้น
- ข. อุณหภูมิลดลง ความต้านทานลดลง
- ค. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานเพิ่มขึ้น
- ง. อุณหภูมิคงที่ ความต้านทานเพิ่มขึ้น

#### 6. คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์แบบ PTC คือข้อใด

- ก. อุณหภูมิลดลง ความต้านทานเพิ่มขึ้น
- ข. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานลดลง
- ค. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานเพิ่มขึ้น
- ง. อุณหภูมิคงที่ ความต้านทานลดลง

#### 7. สัญลักษณ์ของเทอร์มิสเตอร์คือข้อใด



#### 8. ข้อใดไม่ใช่ชนิดของเทอร์มิสเตอร์

- ก. แบบลูกบิด
- ข. แบบกันหอย
- ค. แบบแคปซูลแก้ว
- ง. แบบโพรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การประยุกต์ใช้งานเทอร์มิสเตอร์ในข้อใดเหมาะสมที่สุด

- |                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| ก. วัดอุณหภูมิในน้ำ         | ข. วัดอุณหภูมิในตัวเย็น   |
| ค. วัดความร้อนในเตาหลอมโลหะ | ง. วัดความร้อนเครื่องยนต์ |

10. เทอร์มิสเตอร์แบบใดนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมมากที่สุด

- |                  |              |
|------------------|--------------|
| ก. แบบลูกบิด     | ข. แบบกันหอย |
| ค. แบบแคปซูลแก้ว | ง. แบบโพรบ   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 4 เรื่อง สเตรนเกจ

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของสเตรนเกจ
2. เพื่อศึกษาแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรสเตรนเกจ
3. เพื่อให้สามารถนำสเตรนเกจไปประยุกต์ใช้งานได้

### ทฤษฎี

สเตรนเกจเป็นเซนเซอร์ที่อาศัยการยืดของเส้นลวดความต้านทานเพื่อใช้ในการวัดค่า แรงกด น้ำหนักและค่าอื่นๆ ภายในจะประกอบด้วยเส้นลวดเล็กๆ ขดไปมาดังแสดงในรูปที่ 4.1 การนำไปใช้งานทำได้โดยนำสเตรนเกจไปติดกับวัตถุที่ต้องการตรวจวัด เมื่อวัตถุมีความเครียดทำให้ตัวสเตรนเกจยืดออกทำให้พื้นที่หน้าตัดลดลงส่งผลให้ความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าความต้านทานจะแปรผกผันกับค่าของพื้นที่หน้าตัด โดยหาได้จากสูตรดังนี้

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

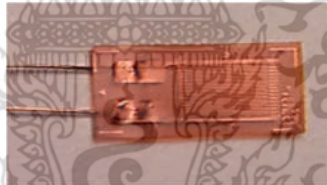
เมื่อ

$R$  คือค่าความต้านทานของเส้นลวด ( $\Omega$ )

$\rho$  คือค่าความต้านทานจำเพาะของเส้นลวด ( $\Omega \cdot m$ )

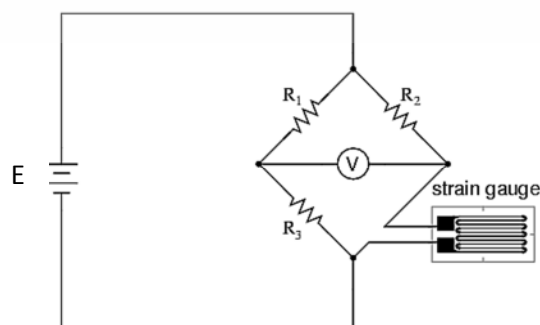
$L$  คือความยาวของเส้นลวด (m)

$A$  คือพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด ( $m^2$ )



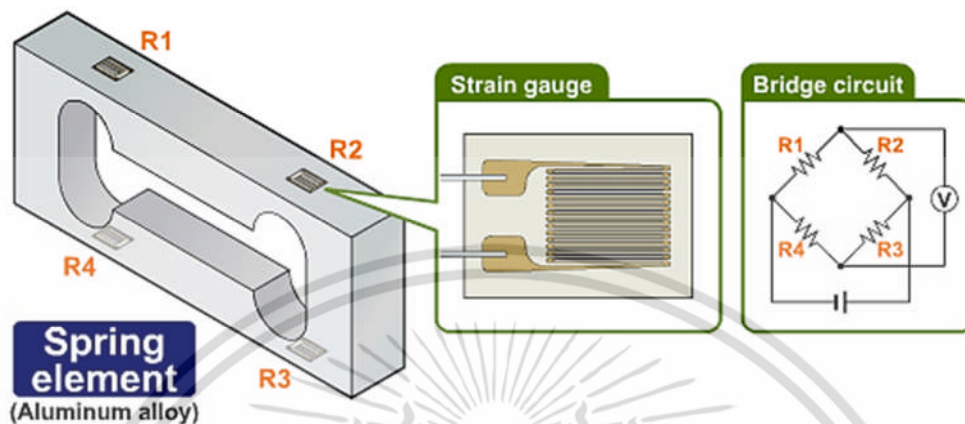
รูปที่ 4.1

ในการนำไปใช้งานเนื่องจากค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงในตัวสเตรนเกจมีค่าต่ำมาก จำเป็นต้องใช้วงจรวีสโตนบริดจ์ เพื่อใช้ขยายค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าขณะก็นำสเตรนเกจไปใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 4.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรูปที่ 4.2 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประยุกต์ใช้งานสเตรนเกจในด้านการตรวจวัดน้ำหนัก จะใช้สเตรนเกจติดกับอลูมิเนียมที่สามารถยืดและหดตัวได้ ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงการติดสเตรนเกจที่ตัวโหลดเซลล์ การทำงานของโหลดเซลล์คือ เมื่อมีน้ำหนักมากระทำที่ตัวโหลดเซลล์ ( Load Cell ) อลูมิเนียมที่มีสเตรนเกจติดอยู่ก็จะยืดไปตามแรงที่มากระทำ ส่งผลทำให้ความต้านทานของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 4.3

ที่มา ( <http://www.ishida.com/technologies/loadcell/html.html> )

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                     |   |     |
|---------------------|---|-----|
| 1. ชุดทดลองสเตรนเกจ | 1 | ชุด |
| 2. สายต่อวงจร       | 1 | ชุด |
| 3. มัลติมิเตอร์     | 1 | ตัว |

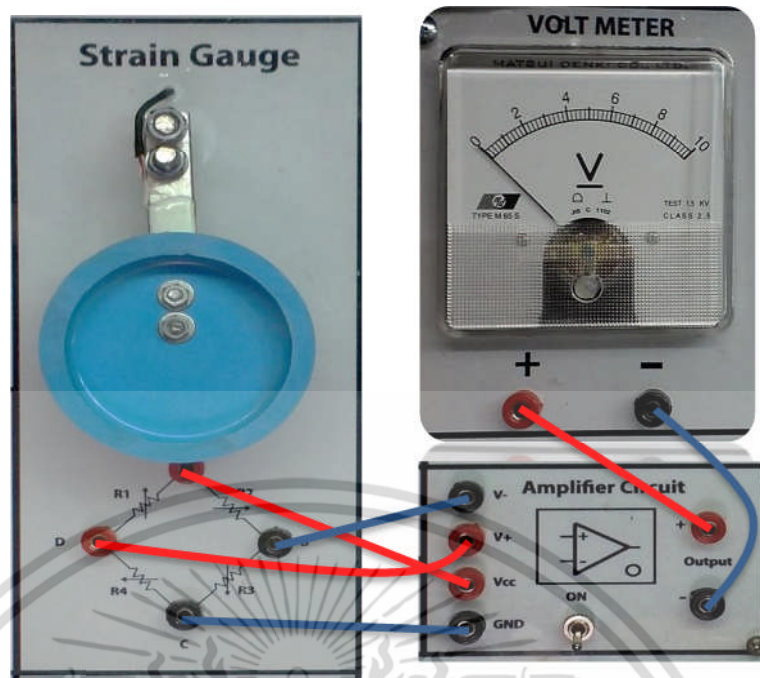
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 4.4
2. จ่ายไฟให้กับวงจรขยายสัญญาณสเตรนเกจ โดยโยกสวิตช์ไปที่ ON ไฟสีแดงจะติด
3. ปรับเลื่อนระยะตามตาราง วัดแรงดันเอาต์พุตด้วยมัลติมิเตอร์
4. บันทึกค่าแรงดันเอาต์พุตลงในตารางที่ 1 และนำค่าที่ได้จากตาราง มาลงในรูปที่ 2

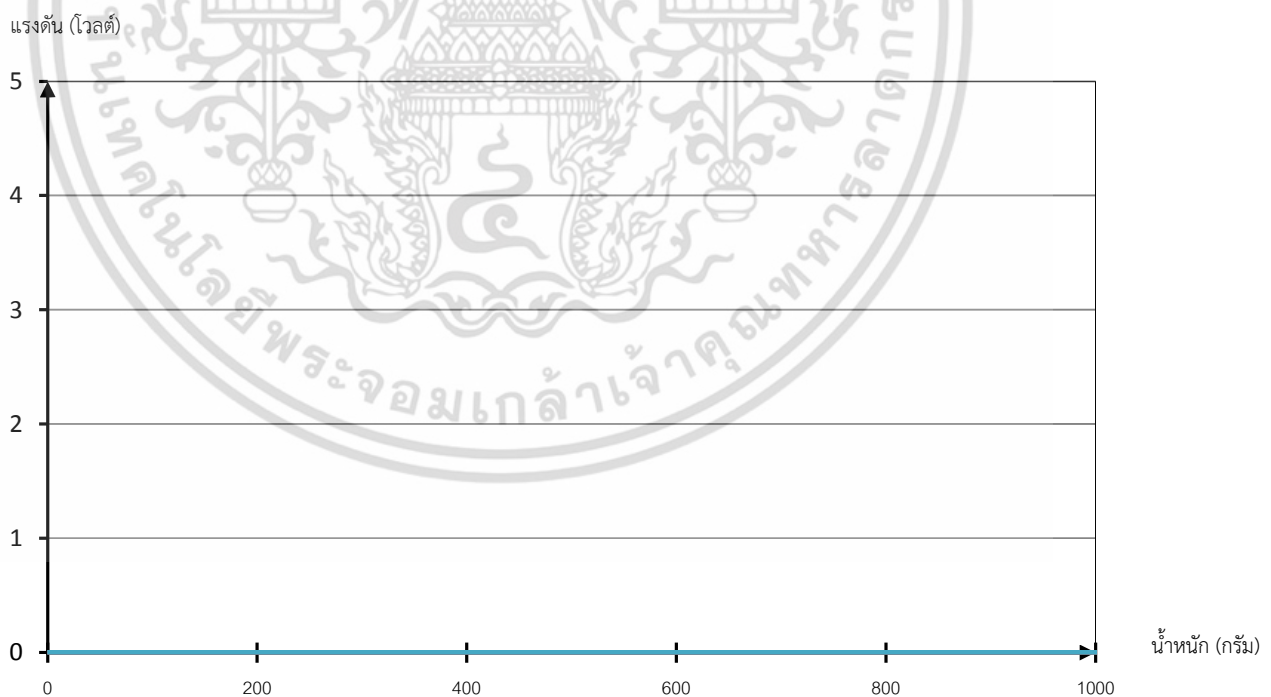
น้ำหนัก (กรัม)	แรงดันเอาต์พุต (โวลต์)
0	
200	
400	
600	
800	
1000	

ตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4



รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

## คำถามท้ายการทดลอง

## 1. สเตอรนเกจคืออะไร

- ก. อุปกรณ์ตรวจจับการสั่นสะเทือนของวัตถุ
- ข. เซนเซอร์วัดการดัดงอของวัตถุ
- ค. อุปกรณ์เปลี่ยนแรงทางกลให้เป็นการเปลี่ยนค่าความต้านทาน
- ง. เซนเซอร์วัดน้ำหนักของวัตถุขนาดเล็ก

## 2. สเตอรนเกจมีโครงสร้างเป็นอย่างไร

- ก. ขดลวดความต้านทานขนาดเล็กขดเป็นวงกลมวางบนฐานรอง
- ข. ขดลวดความต้านทานขนาดเล็กขดไปมาเป็นเส้นตรงบนฐานรอง
- ค. ขดลวดความร้อนเพื่อรับความร้อนจากวัตถุ
- ง. ขดลวดตัวนำเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าในขณะที่ทำการวัดค่า

## 3. ข้อใดไม่ได้อยู่ในจำพวกสเตอรนเกจ ชนิดโลหะ

- ก. คอนสแตนแตน
- ข. ไดนาลอย
- ค. สเตบิลอย
- ง. ทังสแตน

## 4. สเตอรนเกจชนิดสารกึ่งตัวนำ ผลิตขึ้นโดยใช้สารประเภทใด

- ก. ซิลิคอน
- ข. ทังสแตน
- ค. สังกะสี
- ง. โลหะ

## 5. การต่อใช้งานสเตอรนเกจเพื่อให้ได้ค่าที่เที่ยงตรง จะต้องทำอย่างไร

- ก. ต่อร่วมกับวงจรวีสโตนบริดจ์แบบไม่สมดุล
- ข. ต่อร่วมกับวงจรวีสโตนบริดจ์แบบสมดุล
- ค. ต่อกับมัลติมิเตอร์ความละเอียดสูง
- ง. ต่อกับวงจรบริดจ์เร็คตีไฟเออร์

## 6. โหลดเซลล์ 1 ตัวประกอบด้วยสเตอรนเกจอย่างน้อยกี่ตัว

- ก. 2
- ข. 3
- ค. 4
- ง. 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. โหลดเซลล์คืออะไร
- ก. อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน  
ข. อุปกรณ์ตรวจวัดน้ำหนัก  
ค. อุปกรณ์วัดความโค้งงอของโลหะ  
ง. ถูกทุกข้อ
8. เอาต์พุตของโหลดเซลล์ขณะต่อใช้งานมีรูปแบบเป็นอย่างไร
- ก. กระแสไฟฟ้า  
ข. ความต้านทาน  
ค. แรงดันไฟฟ้า  
ง. กำลังไฟฟ้า
9. จากผลการทดลอง ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับสัญญาณเอาต์พุตเป็นอย่างไร
- ก. แปรผกผัน  
ข. แปรผกผัน  
ค. แปรผันตาม  
ง. ไม่สัมพันธ์กัน
10. การประยุกต์ใช้งานข้อใดต่อไปไม่ได้ใช้สเตรนเกจเป็นส่วนประกอบ
- ก. เครื่องชั่งขนาดใหญ่  
ข. เครื่องทดสอบสายไฟฟ้า  
ค. เครื่องทดสอบคอนกรีต  
ง. เครื่องปั๊มโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 5 เรื่อง โฟโตไดโอด

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของโฟโตไดโอด
2. เพื่อให้สามารถนำโฟโตไดโอดไปประยุกต์ใช้งานได้

### ทฤษฎี

โฟโตไดโอด (Photo Diode) มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับไดโอดธรรมดา ซึ่งในการใช้งานโฟโตไดโอดจะต้องต่อวงจรแบบไบอัสกลับ (Reverse Bias) เพื่อให้โฟโตไดโอดทำงาน โดยในรูปที่ 5.1 แสดงสัญลักษณ์และลักษณะรูปร่างของโฟโตไดโอด โดยทั่วไปสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เช่นเดียวกับแอลดีอาร์ แต่โฟโตไดโอดจะมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าอยู่มากเนื่องจากมีผลตอบสนองที่เร็วและดีกว่า ดังนั้นจึงเหมาะสมอย่างมากที่จะนำไปใช้กับสภาพของแสงที่มีความถี่สูงและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา



(ก) รูปร่าง

(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 5.1 รูปร่างและสัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด

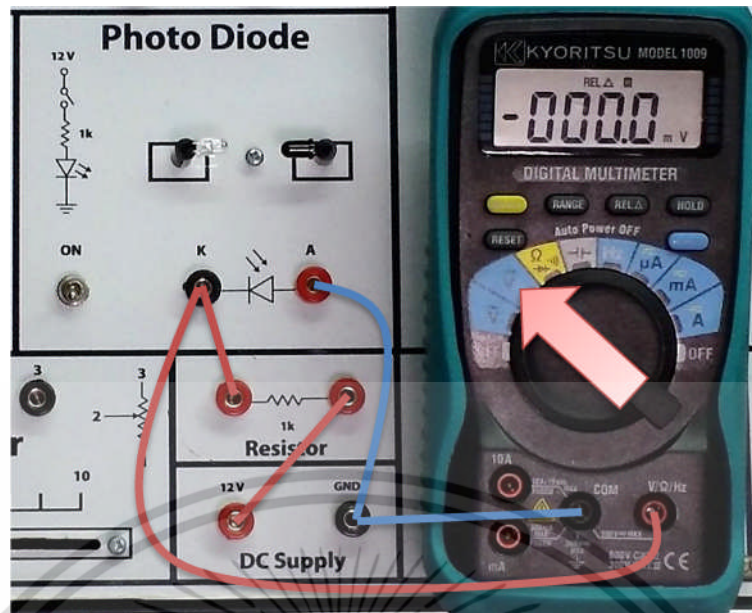
### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                      |   |     |
|----------------------|---|-----|
| 1. ชุดทดลองโฟโตไดโอด | 1 | ชุด |
| 2. สายต่อวงจร        | 1 | ชุด |
| 3. มัลติมิเตอร์      | 1 | ตัว |

### ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 5.2 และจ่ายไฟให้กับชุดทดลอง
2. ผลักสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ON เพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรตัวส่งสัญญาณ ไฟแสงผลจะติดสีแดง
3. อ่านค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวโฟโตไดโอด บันทึกค่าลงในตารางที่ 5.1
4. นำกระดาษหรือวัสดุทึบแสงคั่นระหว่างตัวรับและตัวส่ง บันทึกค่าแรงดันลงในตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2

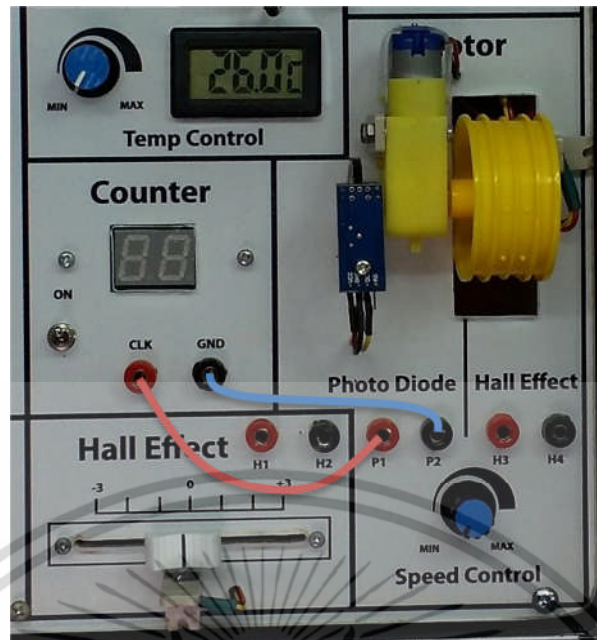
การทดลอง	แรงดันตกคร่อม โฟโตไดโอด (โวลต์)
ปิดไฟตัวส่ง	
เปิดไฟตัวส่ง	
นำวัสดุมาบัง	

ตารางที่ 5.1

การประยุกต์ใช้งานโฟโตไดโอดในใบงานการทดลองนี้ จะใช้เป็นตัวนับรอบของการหมุนของเพลาล้อ จะมีสัญญาณเอาต์พุตเป็นพัลส์ นำไปต่อกับวงจรรนับ (Counter) ดังรูปที่ 5.3 โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ต่อยวงจรตามรูปที่ 2 โดยต่อ จุด P1 กับ CLK และต่อจุด P2 เข้ากับ GND ตามลำดับ
2. จ่ายไฟให้กับชุดทดลอง และเปิดสวิทช์วงจรนับ
3. ปรับความเร็วมอเตอร์ที่ปุ่ม Speed Control เพื่อให้มอเตอร์หมุน
4. นับจำนวนพัลส์ที่ได้ใน 1 รอบการหมุนจากวงจรรนับ ได้จำนวน.....พัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3

สรุปผลการทดลอง

.....

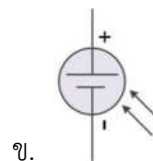
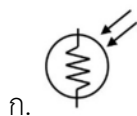
.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. โฟโตไดโอดมีคุณสมบัติตรงตามข้อใด
  - ก. ความต้านทานเปลี่ยนค่าตามความเข้มแสง
  - ข. สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนค่าความต้านทานตามแสง
  - ค. สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนแสงเป็นแรงดันไฟฟ้า
  - ง. สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการถ่ายภาพ
2. สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอดคือข้อใด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบงานที่ 6 เรื่องฮอลล์เอฟเฟกต์

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของฮอลล์เอฟเฟกต์
2. เพื่อให้สามารถนำฮอลล์เอฟเฟกต์ไปประยุกต์ใช้งานได้

### ทฤษฎี

ฮอลล์เอฟเฟกต์ (Hall Effect) เป็นอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์อยู่ในกลุ่มพารามิตีเซนเซอร์ (Proximity Sensor) เป็นเซนเซอร์ที่สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้า ให้เอาต์พุตออกมาเป็น ลักษณะรูปร่างและสัญลักษณ์ของฮอลล์เอฟเฟกต์ดังแสดงในรูปที่ 6.1

ปรากฏการณ์ฮอลล์ มีหลักการโดยสรุป คือ แผ่นตัวนำที่มีกระแสไหลผ่านเมื่อมีฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux) มากกระทำในทิศทางตั้งฉากกับแผ่นตัวนำ จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าหรือแรงดันเรียกว่าแรงดันฮอลล์ (Hall Voltage) ขึ้นที่ตัวนำในทิศทางตั้งฉากกับกระแสและฟลักซ์แม่เหล็ก โดยขนาดของแรงดันที่ได้จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กที่มากกระทำ หากความเข้มสนามแม่เหล็กมากก็จะทำให้เกิดแรงดันมาก และถ้าความเข้มสนามแม่เหล็กน้อยแรงดันก็จะน้อยตามไปด้วย โดยฮอลล์เอฟเฟกต์สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายแบบ เช่น ใช้สำหรับวัดตำแหน่ง ระยะทาง ความเร็วรอบ เป็นต้น



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 6.1 ลักษณะภายนอกและสัญลักษณ์ของฮอลล์เอฟเฟกต์

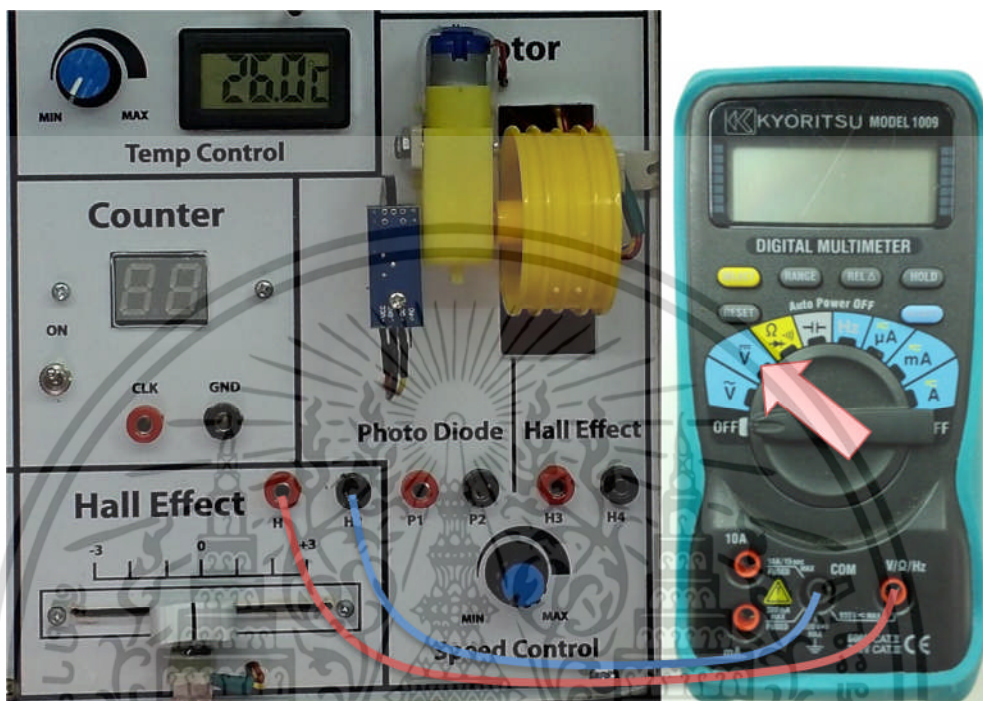
### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                          |   |     |
|--------------------------|---|-----|
| 1. ชุดทดลองฮอลล์เอฟเฟกต์ | 1 | ชุด |
| 2. สายต่อวงจร            | 1 | ชุด |
| 3. มัลติมิเตอร์          | 1 | ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดังรูปที่ 6.2 และจ่ายไฟให้กับชุดทดลอง



รูปที่ 6.2

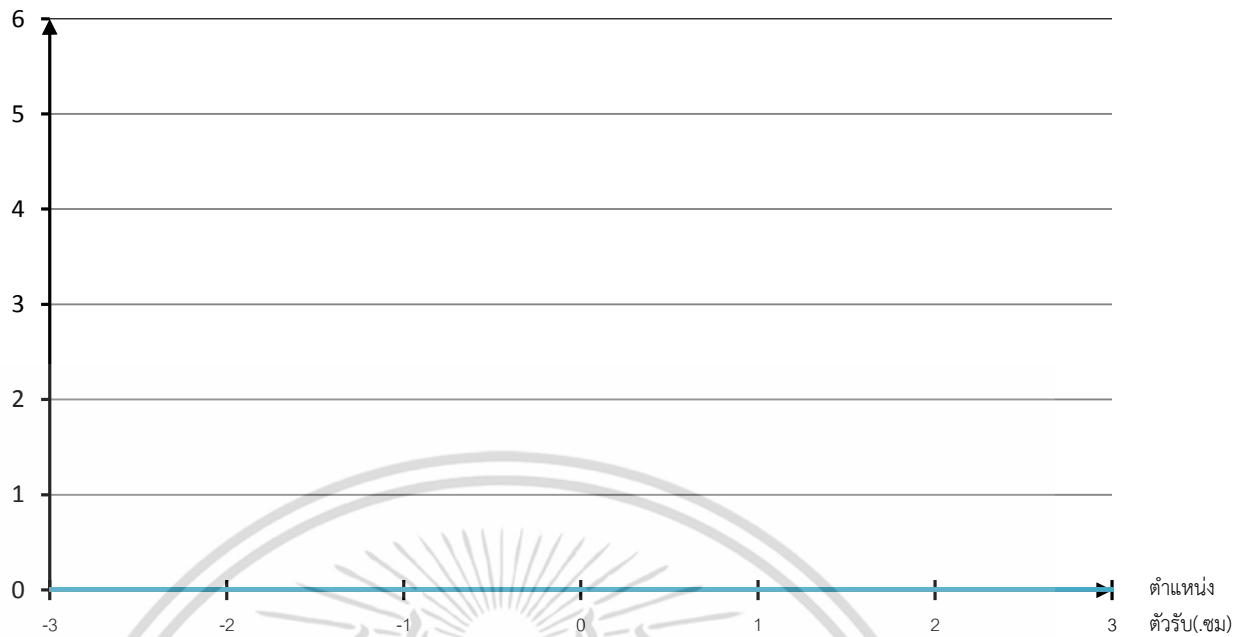
2. วัดแรงดันเอาต์พุต ที่จุด H1 และ H2 ด้วยโวลต์มิเตอร์
3. ปรับเลื่อนระยะ และบันทึกผลลงในตารางที่ 6.1
4. นำค่าที่ได้จากตาราง วาดลงในรูปที่ 6.3

ตำแหน่งของแม่เหล็ก (ซม.)	แรงดันเอาต์พุต (โวลต์)
-3	
-2	
-1	
0	
+1	
+2	
+3	

ตารางที่ 6.1

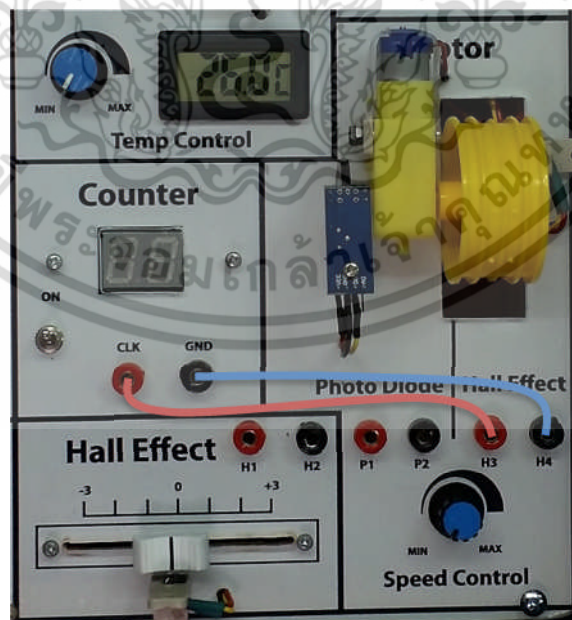
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดัน (โวลต์)



รูปที่ 6.3

การประยุกต์ใช้งานฮอลล์เอฟเฟกต์ในใบงานการทดลองนี้ จะใช้เป็นตัวนับรอบของการหมุนของเพลาล้อ ซึ่งจะนำสัญญาณเอาต์พุตไปต่อกับวงจรรนับ (Counter) ดังรูปที่ 6.4 โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้



รูปที่ 6.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 6.4 โดยต่อ จุด H3 กับ CLK และต่อจุด H4 เข้ากับ GND ตามลำดับ
2. จ่ายไฟให้กับชุดทดลอง และเปิดสวิทช์วงจรนับ
3. ปรับความเร็วมอเตอร์ที่ปุ่ม Speed Control เพื่อให้มอเตอร์หมุน
4. นับจำนวนสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ใน 1 รอบการหมุนจากวงจรนับ ได้จำนวน.....พัลส์

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

#### คำถามท้ายการทดลอง

1. ฮอลล์เอฟเฟคเซนเซอร์ใช้วัดค่าในข้อใด
 

ก. ความเข้มแสง	ข. แรงทางกล
ค. สนามแม่เหล็ก	ง. สนามไฟฟ้า
2. ฟร็อกซิมิตีเซนเซอร์ มีการวัดค่าอย่างไร
 

ก. วัดค่าโดยไม่สัมผัสชิ้นงาน	ข. วัดค่าโดยสัมผัสโดยตรงกับชิ้นงาน
ค. วัดค่าโดยสัมผัสชิ้นงานบางส่วน	ง. ถูกทุกข้อ
3. เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในลักษณะใด
 

ก. ทิศทางเดียวกัน	ข. ทิศทางตรงข้ามกัน
ค. ตั้งฉากกัน	ง. ทุกทิศทาง
4. แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากฮอลล์เอฟเฟคต์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในข้อใดต่อไปนี้
 

ก. ความเข้มของสนามไฟฟ้า	ข. ทิศทางของสนามไฟฟ้า
ค. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก	ง. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก
5. แรงดันเอาต์พุตของฮอลล์เอฟเฟคต์ มีความสัมพันธ์กับระยะการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กอย่างไร
 

ก. ระยะทางเพิ่มขึ้น เอาต์พุตลดลง	ข. ระยะทางเพิ่มขึ้น เอาต์พุตเพิ่มขึ้น
ค. ระยะทางลดลง เอาต์พุตลดลง	ง. ถูกทุกข้อ
6. ข้อใดไม่ใช่การประยุกต์ใช้งานฮอลล์เอฟเฟคเซนเซอร์
 

ก. วัดระยะการเคลื่อนที่	ข. วัดความเข้มสนามแม่เหล็ก
ค. วัดน้ำหนักร	ง. วัดความเร็วรอบ

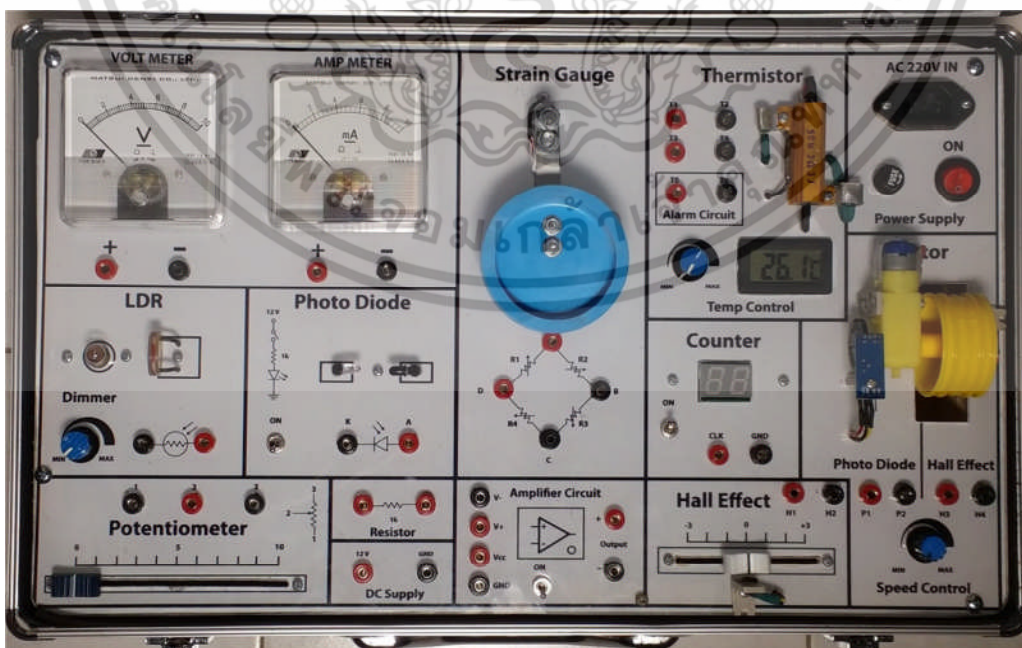
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดลองเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์  
สำหรับหลักสูตรนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายฉัตรวุฒิ ธรรมเจริญ
วัน เดือน ปี เกิด	22 ตุลาคม 2529
สถานที่เกิด	จ.ระยอง
ที่อยู่ปัจจุบัน	22/2 หมู่ที่ 5 ต.นาตาขวัญ อ.เมือง จ.ระยอง 21000
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2550 สำเร็จการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษา อุดสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อส.บ.) สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์กำลัง มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตรอุตสาหกรรม มหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถานที่ทำงาน	ครูพิเศษสอน สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พ.ศ. 2554-ปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้