ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

BASIC DIGITAL AND MICROCONTROLLERS LABORATORY SET FOR A VOCATIONAL CERTIFICATE PROGRAM, 2019

สกุลวัฒน์ จำปาเงิน

SAKUNWAT JAMPANGOEN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2564

KMITL-2021-ED-M-232-045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BASIC DIGITAL AND MICROCONTROLLERS LABORATORY SET FOR A VOCATIONAL CERTIFICATE PROGRAM, 2019

SAKUNWAT JAMPANGOEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRONICS
SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2021

KMITL-2021-ED-M-232-045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021
SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
นักศึกษา	นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน
รหัสประจำตัว	58603061
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กิติพงค์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 หาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และประเมินความพึงพอใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาคเรียนที่ 2/2563 จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย แผงอุปกรณ์ ใบงาน 8 ชุด แบบประเมินคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น หรือ E1/E1

จากผลการวิจัย พบว่าคุณภาพใบงานอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.58, S.D. = 0.51) และแผงอุปกรณ์อยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.48, S.D.= 0.53) ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น หรือ E1/E2 เท่ากับ 82.42/83.67 สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 ความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49)

คำสำคัญ: ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์, ชุดปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Basic Digital and Microcontrollers Laboratory Set for a Vocational Certificate Program, 2019
Student	Mr.Sakunwat Jampangoen
Student ID.	58603061
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kitipong Mano
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Somchai Maunsaiyat

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a basic digital and microcontroller laboratory set for a Vocational Certificate Program, 2019; and to determine quality and efficiency; and to evaluate the learner satisfaction. The sample consisted of fifteen first-year undergraduate students majoring in electrical power, Saraburi Polytechnic College, who were enrolled in a digital and microcontroller subject during the second academic year of 2019. The tools used in this study were a panel equipment, eight experiment worksheets, a quality evaluation form, an achievement test, and an evaluative questionnaire on student satisfaction. The statistics utilized for data analysis were $\overline{X}$, S.D., and the efficiency of basic digital and microcontroller laboratory set or E1/E2.

The research results showed that the quality of the experiment worksheets aspect was at the great level ($\overline{X}$ = 4.58, S.D. = 0.51) and the panel equipment aspect was at the good level ($\overline{X}$ = 4.48, S.D. = 0.53) were at the great level. The efficiency of the basic digital and microcontroller laboratory set or E1/E2 was 82.42 / 83.67, in accordance with the specified hypothesis 80/80. Learner satisfaction was at the most level ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49).

Keywords: Basic Digital and Microcontrollers, Laboratory Set

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.กิติพงค์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำแนวทางแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา พร้อมกันนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขและปรับปรุงเครื่องมือในการวิจัยให้มีคุณภาพ พร้อมทั้งขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ เพื่อนำมาปรับปรุงและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการวิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี ที่ได้อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ข้อคิดต่าง ๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า ขอขอบพระคุณคณะครูสาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี รวมทั้งนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี ในการทดลองใช้เครื่องมือ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจ ในการสนับสนุน และช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา ขอขอบพระคุณ บิดา ที่เคารพรัก รวมทั้ง พี่ ๆ น้องๆ และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย ดูแลเอาใจใส่ คอยช่วยเหลือ สนับสนุน ให้กำลังใจ และส่งเสริมด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัย

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลมาจากวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สกุลวัฒน์ จำปาเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....3
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 วิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์.....5
2.2 เนื้อหาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์.....6
2.3 การออกแบบอุปกรณ์ทดลอง-สาธิต.....24
2.4 การประเมินสื่อการสอน.....27
2.5 การหาประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.....30
2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล.....33
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....36

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....38
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....38
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....38
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....39
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....50
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....51
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....53
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์.....53
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์....56
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์.....56

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....58
5.1 สรุปผลการวิจัย.....58
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....61
5.3 ข้อเสนอแนะ.....63

บรรณานุกรม.....65

ภาคผนวก.....67
ภาคผนวก ก หนังสือราชการงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม.....68
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น.....76
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....82
ภาคผนวก ง ผลประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น..... 90
ภาคผนวก จ แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น..... 95
ภาคผนวก ฉ คู่มือชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น..... 99

ประวัติผู้เขียน.....102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณสมบัติเชิงเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266-12F 20
3.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....39
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน 54
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์.....54
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยรวม.....55
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้นสำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562.....56
4.5 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562.....57
ข.1 ผลการประเมินหาคุณภาพชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน.....80
ข.2 ผลการประเมินหาคุณภาพชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์.....81
ค.1 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....83
ง.1 คะแนนผลการทดลอง.....91
ง.2 กำหนดการทดลองชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562.....92
จ.1 ผลการประเมินหาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562.....98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ตัวกระทำทางลอจิก....6
2.2 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบระหว่างเกตชนิดต่างๆ....7
2.3 สัญลักษณ์แอนด์เกต....8
2.4 สัญลักษณ์ออร์เกต....8
2.5 สัญลักษณ์แนนด์เกต....9
2.6 สัญลักษณ์นอร์เกต....9
2.7 สัญลักษณ์น็อตเกต....9
2.8 สัญลักษณ์เอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต....10
2.9 สัญลักษณ์เอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต....10
2.10 ฟลิปฟลอปแบบ RS สร้างจากเกต NOR....11
2.11 ฟลิปฟลอปแบบ RS สร้างจากเกต NAND....12
2.12 ฟลิปฟลอปแบบ RS ชนิดมีสัญญาณนาฬิกาควบคุม....12
2.13 ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดมีสัญญาณนาฬิกาควบคุม....13
2.14 ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดควบคุมด้วยขอบของสัญญาณนาฬิกา....13
2.15 ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดมีสัญญาณควบคุมพรีเซ็ตและเคลียร์....14
2.16 วงจรฟลิปฟลอปแบบ JK ไดอะแกรมเวลา สัญลักษณ์และตารางการทำงาน....15
2.17 ฟลิปฟลอปแบบ T สัญลักษณ์....16
2.18 ฟลิปฟลอปแบบ JK Master-Slave....16
2.19 แผนผังแสดงการทำงานของคอมพิวเตอร์....18
2.20 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัว....18
2.21 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino....19
2.22 ตัวอย่างชิพ ESP8266....20
2.23 รุ่นต่างๆ ของ ESP8266....20
2.24 ตัวอย่างลักษณะภายนอกของ Node MCU....21
2.25 ตัวอย่างลักษณะภายนอกของ Ultrasonic Sensor....22
2.26 ตัวอย่างลักษณะภายนอกของ LDR....23
2.27 โปรแกรม Arduino IDE....23
3.1 ขั้นตอนการสร้างแผงอุปกรณ์....42
3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงาน....43
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านแผงอุปกรณ์และด้านใบงาน....45
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน....47
3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ....48
ง.1 กิจกรรมนักเรียนทดลองชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกพัฒนามาใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมโรงงานโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเข้าในกระบวนการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม ส่งผลให้การผลิตสินค้ามีความเที่ยงตรงแม่นยำมากขึ้น และอุตสาหกรรมในครัวเรือนก็ได้นำคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ แท็บเล็ตโปรแกรมคอมพิวเตอร์และสื่อออนไลน์ต่างๆ เข้ามาเพื่อสั่งงานควบคุมการเปิด-ปิด การแจ้งเตือน การเก็บค่าต่าง ๆ และการวิเคราะห์ เพื่อให้งานหรือกระบวนการต่าง ๆ ง่ายและสะดวกสบายขึ้น ทั้งดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์จึงได้ถูกบรรจุลงในหลักสูตรอาชีวศึกษาโดยหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เป็นหลักสูตรที่ยกระดับการศึกษาวิชาชีพของบุคคลให้สูงขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12, แผนการศึกษาแห่งชาติ, กรอบคุณวุฒิแห่งชาติ, มาตรฐานการศึกษาของชาติ และกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติเป็นต้น ตลอดจนยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ โดยเน้นการเรียนรู้สู่การปฏิบัติเพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับฝีมือ รวมทั้งคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน ให้ตามกับความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และสามารถประกอบอาชีพอิสระได้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2562 : 2)

การจัดการศึกษาในบริบทของวิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ได้มีการจัดการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเฉพาะ (ปวพ.) โดยในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ได้เปิดสอนนักเรียน แบบระบบทวิศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนคู่ขนานร่วมกันระหว่างอาชีวศึกษากับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (วัลยา นาสาร.2561:1) สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 การฝึกภาคปฏิบัติเป็นการสอนอีกรูปแบบหนึ่ง ที่เน้นการเรียนการสอนเชิงการศึกษา เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาทฤษฎีที่เรียนมา โดยที่ผู้เรียนจะได้พิสูจน์หลักการทางทฤษฎีด้วย การทดลองจริง ช่วยให้เกิดประสบการณ์ตรง เกิดทักษะ และสามารถพิสูจน์หาข้อเท็จจริงได้ การปฏิบัติจึงเป็นวิธีที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการเรียนการสอนด้านอาชีวศึกษา ในทุกสาขาวิชาชีพ (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล 2541:2) รายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 เวลาเรียน 4 คาบต่อสัปดาห์ ทฤษฎี 1 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบ ในคำอธิบายรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 เป็นการรวม 2 รายวิชาเข้าด้วยกัน คือรายวิชาดิจิทัลและรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้มีเนื้อหาเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ในด้านการจัดการเรียนการสอนผู้สอนจะต้องมีการพัฒนาให้ผู้เรียนมีสมรรถนะตามรายวิชา ได้แก่ แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง สัญลักษณ์และหลักการทำงานของอุปกรณ์วงจรดิจิทัล หาคุณลักษณะของลอจิกเกตและไมโครคอนโทรลเลอร์จากคู่มือของผู้ผลิต ทดสอบวงจรลอจิกและไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนแบบระบบทวิศึกษา นักเรียนจะเรียนรายวิชาสามัญที่โรงเรียนคู่ขนานกับการเรียนของนักเรียน ส่วนรายวิชาในสาขาวิชาชีพช่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมเป็นการเรียนที่เน้นการปฏิบัติ เมื่อนักเรียนต้องเดินทางมาเรียนที่วิทยาลัย ทำให้นักเรียนทวิศึกษาเรียนได้ไม่เต็มเวลา ดังนั้นถ้าสถานศึกษาไม่มีความพร้อมด้านเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนปฏิบัติการทำให้ใช้เวลาในการจัดเตรียมและการเรียนรู้มากและไม่สามารถเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาและสมรรถนะที่กำหนด ทำให้นักเรียนขาดทักษะในการปฏิบัติงานในรายวิชา ขาดแรงจูงใจและไม่สนใจเรียนในรายวิชาดังกล่าวนี้ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรายวิชาอื่นด้วย

จากสภาพปัญหาผู้วิจัยได้ตระหนักถึงการเรียนการสอนในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ให้ผู้เรียนมีทักษะในการต่อวงจรและทดสอบการทำงานของวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสนใจออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการโดยรวมเอาส่วนของวงจรดิจิทัลมารวมกับส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์มาไว้ในชุดเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการเรียนรู้ และการประยุกต์การเรียนรู้และให้ผู้เรียนเห็นการเชื่อมโยงของทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันเพื่อทำให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ในการเรียนและเกิดแรงจูงใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น ช่วยลดขั้นตอนการเตรียมการสอนและการเรียนรู้ ซึ่งน่าจะช่วยให้ลดเวลาการเรียนรู้ได้ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีคุณภาพ และประสิทธิภาพ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีคุณภาพในระดับดี ($\bar{x}$ =3.50) ขึ้นไป

1.3.2 ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

1.3.3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ =3.50) ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีกรอบแนวคิด ดังนี้

1.4.1 การออกแบบและสร้างชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวความคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 110-114) และอรพันธ์ ประสิทธิรัตน์ (2546 : 29) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายในการนำชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
2. การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกอุปกรณ์
3. การสร้างต้นแบบและตรวจสอบตัดสินใจเลือกอุปกรณ์
4. การเขียนแบบ
5. การหาข้อมูลอุปกรณ์ที่ออกแบบจัดสร้าง
6. การสร้างใบงานเป็นใบสั่งงานให้กับนักเรียน
7. การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาปฏิบัติ
8. การทดลองถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้วิจัย
9. การปรับปรุงข้อมูลประสบการณ์ที่ได้จากการทดลอง

1.4.2 การหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ได้แนวคิดมาจาก ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556: 6-19) เป็นการหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ โดยเกณฑ์ประสิทธิภาพหาได้จากการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน E1 (Efficiency of Process) ประสิทธิภาพของกระบวนการ เทียบกับ E2 (Efficiency of Product) ประสิทธิภาพผลลัพธ์

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2563 ในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 90 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชา ช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2563 ในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 15 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

1.5.3 ตัวแปร

1. ตัวแปรต้น คือ ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

2. ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

1.5.4 เนื้อหาชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เป็นส่วนหนึ่งของวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ประกอบไปด้วย 8 ใบงาน

1. การบวก ลบ เลขไบนารี
2. วงจรลอจิกเกตและการลดรูปสมการ
3. ไอซีฟลิปฟลอป
4. วงจรเลื่อนข้อมูลและวงจรนับ
5. การติดตั้ง Arduino IDE
6. การรับสัญญาณจากการกดสวิตช์และการแสดงผลที่ LED
7. การใช้งานแอนะล็อกและ PWM ของบอร์ด Arduino
8. การควบคุมมอเตอร์ด้วย Auduino

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายถึง ชุดปฏิบัติการที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประกอบด้วย แผงอุปกรณ์ ใบงาน และคู่มือในการใช้งาน

1.6.2 แผงอุปกรณ์ หมายถึง แผงวงจรและอุปกรณ์สำหรับต่อวงจรที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติตามลำดับขั้นการทดลองในใบงาน

1.6.3 ใบงาน หมายถึง ใบสั่งงานเพื่อให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง โดยมีจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ลำดับการทดลอง ส่วนบันทึกผลตามขั้นตอนการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

1.6.4 คุณภาพ หมายถึง ผลการประเมินใบงานและแผงอุปกรณ์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1.6.5 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ ในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิและมีคุณภาพ เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน และวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

1.6.7 ประสิทธิภาพ หมายถึง ประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการที่วัดได้จากค่าคะแนนเฉลี่ยของ แบบทดสอบท้ายใบงานจากการปฏิบัติทดลองระหว่างการเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมหลังปฏิบัติการทดลองครบใบงานตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 80/80 โดยที่ เกณฑ์ 80 ตัวแรก หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบระหว่างเรียน คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป เกณฑ์ 80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 80 ขึ้นไป

1.6.8 ความพึงพอใจ หมายถึง แบบแสดงความรู้สึกของนักเรียนต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตรส่วนประเมินค่า 5 ระดับ หลังเรียนครบทุกหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยการพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ารายละเอียดข้อมูล เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเรียงลำดับดังนี้

2.1 วิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์
2.2 เนื้อหาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์
2.3 การออกแบบอุปกรณ์ทดลอง-สาธิต
2.4 การประเมินสื่อการสอน
2.5 การประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน
2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.1 **รหัสวิชา 20104 - 2107** วิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการวงจรลอจิกและไมโครคอนโทรลเลอร์
2. มีทักษะการหาคุณลักษณะของลอจิกเกตจากคู่มือของผู้ผลิต
3. มีทักษะการต่อวงจรและทดสอบวงจรลอจิกและไมโครคอนโทรลเลอร์
4. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง สัญลักษณ์และหลักการทำงานของอุปกรณ์วงจรดิจิทัล
2. หาคุณลักษณะของลอจิกเกตและไมโครคอนโทรลเลอร์จากคู่มือของผู้ผลิต
3. ทดสอบวงจรลอจิกและไมโครคอนโทรลเลอร์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับระบบเลขฐานและรหัส ฟังก์ชันลอจิก ตารางความจริง สัญลักษณ์ลอจิกเกต พิชคณิตบูลลีน แผนผังคาร์โนห์ คุณลักษณะของลอจิกเกตจากคู่มือของผู้ผลิตและวงจรลอจิกต่าง ๆ งานแปลงระบบตัวเลขฐานสอง ฐานแปด ฐานสิบ ฐานสิบหก งานอ่านคู่มือไอซีดิจิทัล งานคำนวณระบบเลขฐานและรหัสไบนารี งานประกอบ ทดลองวงจรลอจิกเกต วงจรฟลิปฟลอป วงจรเลื่อนข้อมูลและวงจรนับ หลักการทำงาน สถาปัตยกรรมของคอนโทรลเลอร์ Arduino ใช้คำสั่งในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ภายนอก งานเชื่อมต่อบอร์ดคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุต เอาต์พุต และทดสอบการทำงาน

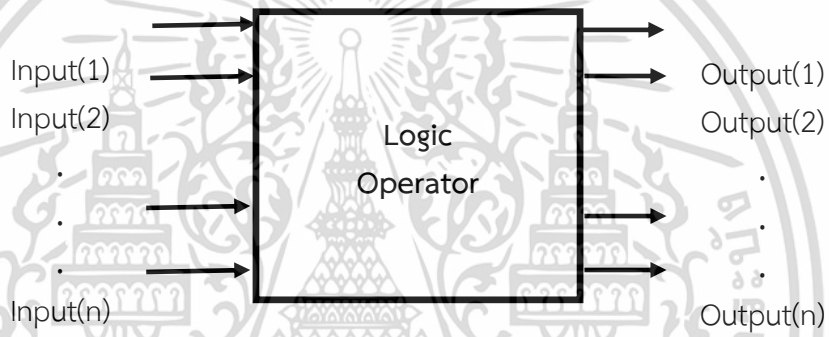
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เนื้อหาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.1 การทำงานของระบบดิจิทัล

สามารถอธิบายได้โดยใช้สมการพีชคณิตลอจิก (Logic Equation) ซึ่งประกอบด้วย ตัวแปรลอจิก (Logic Variable) เป็นตัวแปรที่รับค่าเพียงสองค่า หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวแปรสองสถานะ (Bi-State Variable) โดยมีข้อกำหนดคือ สามารถมีสถานะได้เพียงสองสถานะเท่านั้นและจะอยู่ในสถานะใดสถานะหนึ่งเท่านั้น จะอยู่พร้อมกันทั้งสองสถานะในเวลาเดียวกันไม่ได้สถานะดังกล่าวอาจแทนความหมายต่างๆ เช่น เปิด-ปิด,สูง-ต่ำ, หนึ่ง-ศูนย์เป็นต้น

ตัวกระทำทางลอจิก (Logic Operators) เป็นตัวรับเอาตัวแปรลอจิกมาดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์โดยผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกระทำและสถานะของตัวแปรลอจิกที่ถูกกระทำ เขียนแทนด้วยไดอะแกรมได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ตัวกระทำทางลอจิก

ตัวแปรอินพุท 1 ตัว สามารถทำให้เกิดสถานะที่แตกต่างกันได้ 2 กรณีเช่น ตัวแปร A มีสถานะที่แตกต่างกันได้ 2 กรณีคือ A=0 หรือ A=1 เมื่อเพิ่มจำนวนตัวแปรอินพุทเป็น 2 ตัว เช่น A และ B สถานะที่แตกต่างกันจะเพิ่มเป็น 4 กรณีหรือ 2 กรณีคือ A=0, B=0 หรือ A=0, B=1 หรือ A=1, B=0 และ A=1, B=1 ดังนั้นถ้ามีตัวแปรอินพุทจำนวน n ตัว จะสถานะที่แตกต่างกันทั้งหมด 2^n กรณีตัวกระทำทางลอจิกพื้นฐานได้แก่ AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR และ XNOR

ตารางค่าความจริง (Truth Table) เป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ค่าตรรกะระหว่างอินพุตและเอาต์พุตที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่เกิดจากสมการลอจิก ตารางค่าความจริงประกอบด้วย ค่าสถานะของตัวแปรอินพุตที่เป็นไปได้ทั้งหมด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2^n กรณีเมื่อ n คือจำนวนตัวแปรลอจิกด้านอินพุตและสถานะของตัวแปรด้านเอาต์พุต ที่เกิดจากการกระทำทางลอจิกระหว่างตัวแปรด้านอินพุตค่าต่างๆ

2.2.2 พื้นฐานระบบดิจิทัล

สัญญาณพื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์อยู่ 2 แบบ คือ สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิตอล ในระบบดิจิตอลจะเป็นการแทนที่สภาวะกระแสไฟฟ้า โดยมีการสร้างระบบตัวเลข มีเลข 2 จำนวน คือ “0” และ “1” นำมาแทนที่สภาวะต่างๆ ของกระแสไฟฟ้า เรียกว่าระบบเลขฐานสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลข “0” ใช้แทนสภาวะไม่มีกระแสไฟฟ้าหรือปิด (OFF) ตัวเลข “1” แทนสภาวะมีกระแสไฟฟ้าหรือเปิด (ON) แต่ในชีวิตประจำวันของมนุษย์จะคุ้นเคยกับตัวเลขที่มี 10 จำนวน คือ เลข 0 – 9 เรียกว่าระบบเลขฐานสิบ จึงจำเป็นต้องศึกษาระบบเลขฐานและจำนวนเลขต่างๆ เช่น

ระบบตัวเลขจะมีจำนวนตัวเลขที่ใช้เหมือนกับชื่อของระบบตัวเลขนั้น มีฐาน (Base) ของจำนวนเลขตามชื่อด้วย เช่น

เลขฐานสอง (Binary number system) มีเลข 2 ตัว คือ 0 และ 1

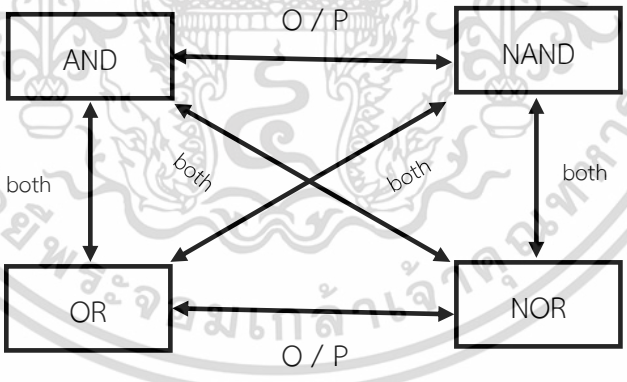
เลขฐานแปด (Octal number system) มีเลข 8 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7

เลขฐานสิบ (Decimal number system) มีเลข 10 ตัว คือ 0, 1, 2, 3,4, 5, 6, 7, 8 และ 9

เลขฐานสิบหก (Hexadecimal number system) มีเลข 15 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E และ F (เมื่อ A = 10, B = 11, C = 12, D = 13, E = 14, F = 15)

2.2.3 วงจรลอจิกเกต (Logic Gate)

ลอจิกเกต คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีการทำงานเหมือนสวิตช์ นั่นคือมีสถานะเปลี่ยนแปลงไปมาได้เพียง 2 สถานะ โดยใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าในการแทนสถานะของตัวแปรลอจิก โดยแรงดันไฟฟ้าสูง (High : H) และแรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low : L) แทนระดับลอจิก 0 และ 1 วงจรเกตเป็นวงจรขนาดเล็กที่สุดของวงจรดิจิตอลและคอมพิวเตอร์วงจรเกตพื้นฐานมีอยู่ 3 ชนิด คือ AND Gate, OR Gate และ NOT Gate เกตประเภท AND, OR และ NOT นั้นจะเป็นเกตพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเกตตัวอื่นๆ และเกตต่าง ๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ NAND Gate ได้ดังภาพที่ 2.2 จะเป็นการแสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนรูปร่างระหว่างเกตชนิดต่าง ๆ



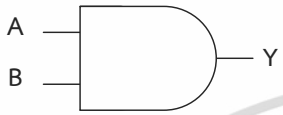
ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบระหว่างเกตชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ 2.2 O/P หมายความว่า เอาต์พุตจะได้รับการเปลี่ยนแปลง เช่น จะเปลี่ยน AND Gate ไปเป็น NAND Gate ก็ให้ใส่ NOT ที่เอาต์พุตของ AND Gate ทำนองเดียวกันหากจะเปลี่ยน NAND Gate มาเป็น AND Gate ก็ให้ใส่ NOT ที่เอาต์พุตของ NAND Gate เช่นกัน นอกจากนั้น I/P จะหมายถึงมีการเปลี่ยนแปลงที่อินพุตและอักษรกำกับลูกศรที่เขียนว่า “both” ก็คือการเปลี่ยนแปลงที่ให้ใส่ NOT ทั้งอินพุตและเอาต์พุตของลอจิกนั้น ๆ

เกตต่างๆ ซึ่งเป็นหลักการเบื้องต้นที่เป็นพื้นฐานของวงจรลอจิกนั้น แบ่งได้ตามคุณสมบัติการทำงานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แอนด์เกต เป็นเกตที่มีสภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เมื่ออินพุตทุกอินพุตเป็นลอจิก 1 ถ้าอินพุตใดอินพุตหนึ่งมีสภาวะเป็นลอจิก 0 เอาต์พุตก็จะมีสภาวะเป็นลอจิก 0 และสามารถแทนค่าในสมการ Y = A • B ดังภาพที่ 2.3



สมการ Y = A.B

(ก)

ตารางความจริง		
Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(ข)

ภาพที่ 2.3 สัญลักษณ์แอนด์เกตและตารางความจริง

2. ออร์เกต เป็นเกตที่มีสภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 0 เมื่อสภาวะอินพุตทุกตัวเป็นลอจิก 0 และมีสภาวะ เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เมื่อสภาวะอินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็นลอจิก 1 สามารถแทนค่าในสมการ Y = A + B และ ตารางความจริงของออร์เกต ดังภาพที่ 2.4

สมการ Y = A+B

(ก)

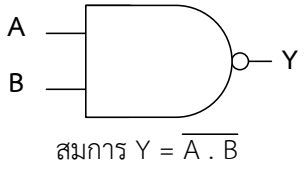
ตารางความจริง		
Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(ข)

ภาพที่ 2.4 สัญลักษณ์ออร์เกตและตารางความจริง

3. แนนต์เกต เป็นเกตที่มีสภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 0 เมื่อสภาวะอินพุตทุกตัวเป็นลอจิก 1 ให้สภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เมื่อสภาวะอินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็นลอจิก 0 ตารางความจริงของแนนต์เกต ดังภาพที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สมการ $Y = \overline{A \cdot B}$

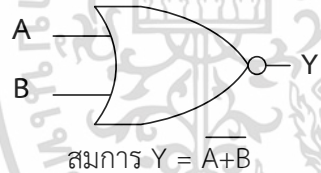
(ก)

ตารางความจริง		
Input		Output
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(ข)

ภาพที่ 2.5 สัญลักษณ์แนนด์เกตและตารางความจริง

4. นอร์เกต เป็นเกตที่มีสภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เมื่อสภาวะอินพุตทุกตัวเป็นลอจิก 0 ให้สภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 0 เมื่อสภาวะอินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็นลอจิก 1 ตารางค่าความจริงของนอร์เกต ดังภาพที่ 2.6



สมการ $Y = \overline{A+B}$

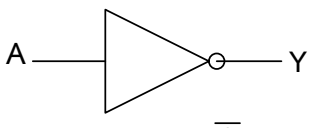
(ก)

ตารางความจริง		
Input		Output
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(ข)

ภาพที่ 2.6 สัญลักษณ์นอร์เกตและตารางความจริง

5. อินเวอร์เตอร์ หรือ น็อตเกต สัญลักษณ์เป็นเกตที่มี 1 อินพุต 1 เอาต์พุต ให้เอาต์พุตที่ตรงข้ามกับอินพุต เช่น ถ้าอินพุตมีสภาวะเป็นลอจิก 0 เอาต์พุตจะมีสภาวะเป็นลอจิก 1 ถ้าอินพุตมีสภาวะเป็นลอจิก 1 เอาท์พุตจะมีสภาวะเป็นลอจิก 0 ดังภาพที่ 2.7



สมการ $Y = \overline{A}$

(ก)

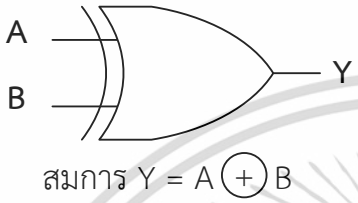
ตารางความจริง	
Input	Output
A	Y
0	1
1	0

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.7 สัญลักษณ์น็อตเกตและตารางความจริง

6. เอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต คือเกตที่ให้สภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เมื่อสภาวะอินพุตต่างกัน และให้สภาวะเอาต์พุตเป็น 0 เมื่อสภาวะอินพุตเหมือนกัน ดังภาพที่ 2.8



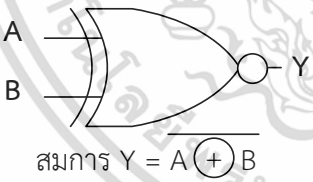
(ก)

ตารางความจริง		
Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(ข)

ภาพที่ 2.8 สัญลักษณ์เอ็กซ์คลูซีฟออร์เกตและตารางความจริง

7. เอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต คือเกตที่ให้สภาวะเอาต์พุตเป็นลอจิก 0 เมื่อสภาวะอินพุตต่างกัน และให้ สภาวะเอาต์พุตเป็น 1 เมื่อสภาวะอินพุตเหมือนกัน ดังภาพที่ 2.9



(ก)

ตารางความจริง		
Input		Output
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(ข)

ภาพที่ 2.9 สัญลักษณ์เอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกตและตารางความจริง

2.2.4 ฟลิปฟลอป (Flip-flop)

ฟลิปฟลอป หรือ ไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ที่วงจรมีสถานะคงที่ (Stable) ในการทำงานอยู่ 2 สถานะ โดยวงจรส่วนหนึ่งทำงานตลอดเวลา วงจรอีกส่วนหนึ่งหยุดทำงานตลอดเวลา การเปลี่ยนสถานการณ์ทำงานของวงจรแต่ละครั้งต้องมีสัญญาณส่งจากภายนอกเข้ามาควบคุมการเปลี่ยนแปลง สัญญาณป้อนเข้ามาหนึ่งครั้งสถานการณ์ทำงานของวงจรจะถูกเปลี่ยนไปเป็นตรงกันข้าม เมื่อมีสัญญาณป้อนเข้ามาควบคุมครั้งที่สองสถานะการทำงานของวงจรก็จะ

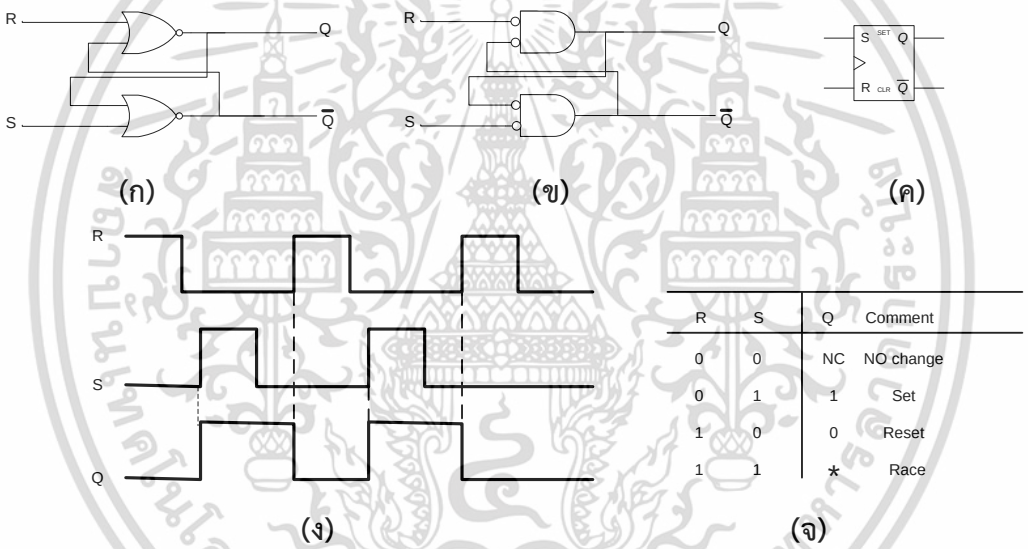
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกเปลี่ยนไปเป็นตรงข้ามอีกครั้ง คือเปลี่ยนมาอยู่ในสถานะเดิมจากครั้งแรก การทำงานของวงจรจึงเปลี่ยนไปเปลี่ยนมาระหว่างสถานะคงที่ทั้งสองนี้

การทำงานของวงจรฟลิปฟลอปอยู่ในรูปของลอจิก 0 หรือ 1 ฟลิปฟลอปที่วงจรทำงานถือเป็นลอจิก 0 ส่วนฟลิปฟลอปที่วงจรไม่ทำงานถือว่าเป็นลอจิก 1 เอาต์พุตถูกส่งออก 2 ค่า เป็น 2 สถานะคือ Q และ $\overline{Q}$ เอาต์พุตทั้งสองจะมีคุณสมบัติตรงข้ามกันเสมอ วงจรฟลิฟลอปที่นำมาใช้งานจะอยู่ในรูปแบบของดิจิทัลไอซี

2.2.4.1 ฟลิปฟลอปแบบ RS (RS Flip-flop)

ฟลิปฟลอปแบบ RS เป็นฟลิปฟลอปแบบที่ง่ายที่สุด ประกอบด้วยสัญญาณอินพุท R สัญญาณอินพุท S สัญญาณเอาท์พุท Q สัญญาณอินพุท R มีหน้าที่ทำให้เอาท์พุท Q เป็น 0 และสัญญาณอินพุท S มีหน้าที่ทำให้เอาท์พุท Q เป็น 1 ลักษณะของวงจรสร้างได้จากเกต NOR หรือเกต NAND ก็ได้ ภาพที่ 2.10 (ก) และ (ข) เป็นไดอะแกรมโลจิกหรือวงจรฟลิปฟลอปแบบ RS ที่สร้างจากเกต NOR ภาพที่ 2.10 (ค) เป็นสัญลักษณ์ของฟลิปฟลอปแบบ RS



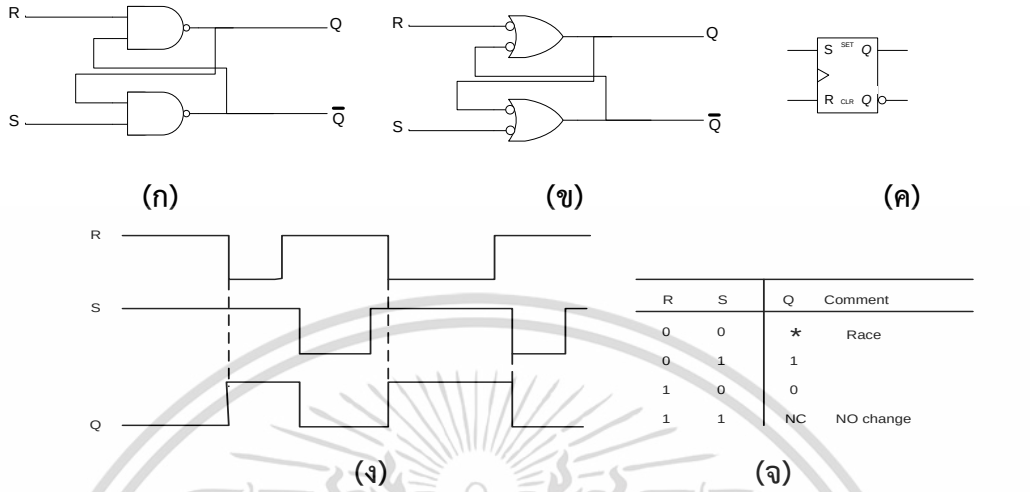
ภาพที่ 2.10 ฟลิปฟลอปแบบ RS สร้างจากเกต NOR

การทำงานของวงจรขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุท R และ S ถ้าสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งเป็นโลจิก 1 สัญญาณนั้นจะเป็นตัวกำหนดค่าเอาท์พุท Q เช่นถ้า S เป็น 1และ R เป็น 0 ก็เป็นการเซ็ต ให้เอาท์พุท Q เป็น 1 แต่ถ้า S เป็น 0 แล้ว R เป็น 1 จะเป็นการรีเซ็ตเอาท์พุท Q ให้เป็น 0 แต่ถ้าเป็น 0 ทั้งคู่ สัญญาณเอาท์พุท Q จะคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง สภาวะนี้ใช้เป็นสภาวะการจำข้อมูลของอุปกรณ์ใช้สภาวะนี้สำหรับให้อุปกรณ์จดจำข้อมูลเดิมส่วนสภาวะสุดท้ายที่ Rและ S เป็น 1 ทั้งคู่ เป็นสภาวะที่จะไม่นำมาใช้งานเพราะว่าการทำงานของวงจรจะไม่เหมือนกันเมื่อเปลี่ยนเกตที่นำมาสร้างฟลิปฟลอป ดังนั้นจึงไม่สามารถจะทำนายการทำงานของวงจรได้ เงื่อนไขนี้เรียกว่า “Race condition” ไดอะแกรมเวลาและตารางการทำงานของวงจรแสดงอยู่ในภาพที่ 2.10 (ง) และ (จ) ตามลำดับ

สำหรับฟลิปฟลอปแบบ RS ที่สร้างจากเกต NAND ก็มีการทำงานเช่นเดียวกับฟลิปฟลอปแบบ RS ที่สร้างจากเกต NOR แต่แตกต่างกันในสภาวะเก็บข้อมูลกรณีที่ใช้เกต NAND สภาวะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

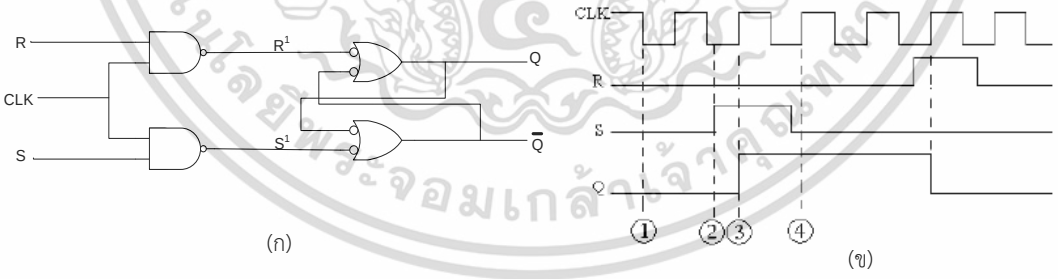
ข้อมูลไม่เปลี่ยนจะเกิดเมื่ออินพุท R และ S เป็น 1 ทั้งคู่ ส่วนสภาวะ Race จะเกิดเมื่ออินพุทเป็น 0 ทั้งคู่



R	S	Q	Comment
0	0	*	Race
0	1	1	
1	0	0	
1	1	NC	NO change

ภาพที่ 2.11 ฟลิปฟลอปแบบ RS สร้างจากเกต NAND

ฟลิปฟลอปแบบ RS ชนิดมีสัญญาณนาฬิกาควบคุมสัญญาณเอาท์พุท Q ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่า CLK จะเป็น 0 หรือ 1 เพราะว่าอินพุท R และ S เป็น 0 ทั้งคู่ เมื่อถึงเวลาตำแหน่งที่ 2 S เปลี่ยนจาก 0 ไปเป็น 1 ซึ่งเป็นการทำงานเซ็ตเอาท์พุทแต่ขณะนี้ CLK ยังเป็น 0 อยู่ Q จึงยังไม่เปลี่ยนแปลง Q จะกลายเป็น 1 เมื่อ CLK เป็น 1 ตรงเวลาตำแหน่งที่ 3 และเช่นเดียวกับเวลาที่ 1 ตรงเวลาที่ 4 R และ S เป็น 0 ทั้งคู่ ฟลิบฟลอปจึงอยู่ในสภาวะเก็บข้อมูล



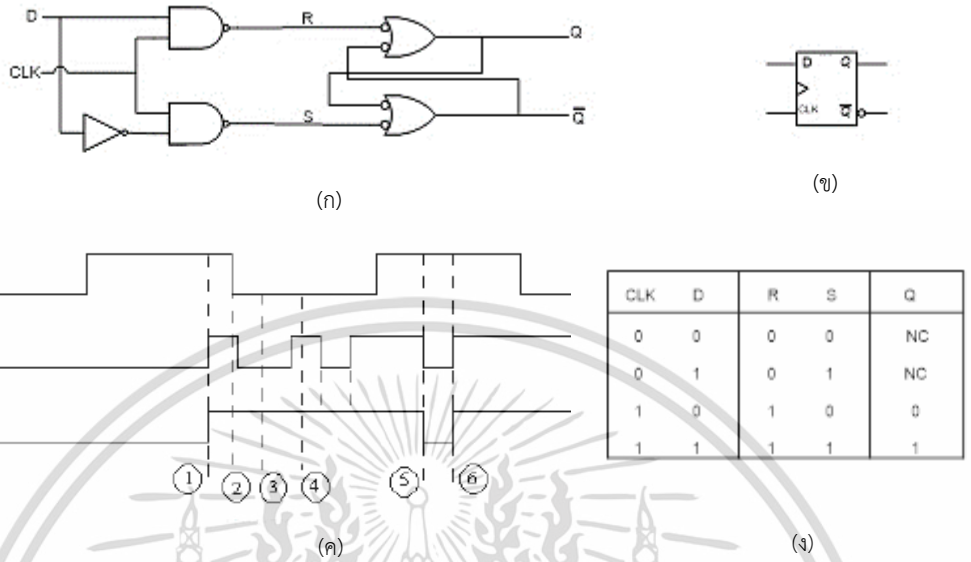
ภาพที่ 2.12 ฟลิปฟลอปแบบ RS ชนิดมีสัญญาณนาฬิกาควบคุม

2.2.4.2. ฟลิปฟลอปแบบ D (D Flip-flop)

ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดมีสัญญาณนาฬิกาควบคุมในทำนองเดียวกับฟลิปฟลอปแบบ RS เมื่อเพิ่มสัญญาณนาฬิกาควบคุม ทำให้เอาท์พุท Q ขึ้นอยู่กับอินพุท D แต่สัญญาณนาฬิกา CLK ต้องเป็น 1 ถ้าสัญญาณนาฬิกาเป็น 0 เอาท์พุท Q จะคงค่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลงจากไดอะแกรมเวลาในภาพที่ 2.6 (ค) ตำแหน่งที่ 15 และ 6 สัญญาณนาฬิกาเป็น 1 เมื่อ D เปลี่ยนแปลง Q จะเปลี่ยน

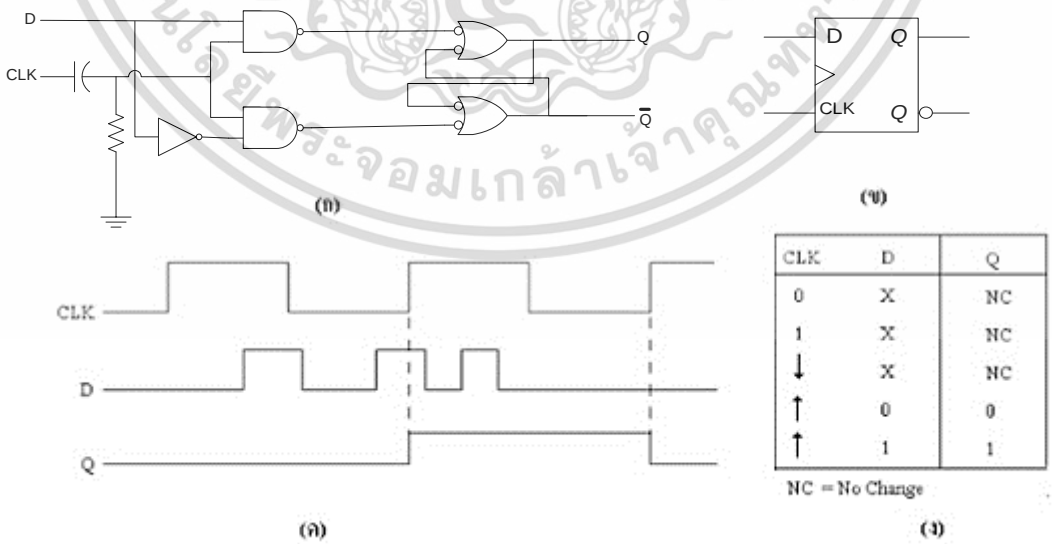
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามแต่ในตำแหน่งที่ 3 และ 4 สัญญาณนาฬิกาเป็น 0 สัญญาณ D จะเปลี่ยนไปอย่างไร Q ยังคงค่าเดิมตลอดจากการทำงานนี้เขียนเป็นตารางการทำงานได้ตามภาพที่ 2.13 (ง)



ภาพที่ 2.13 ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดมีสัญญาณนาฬิกาควบคุม (ก) วงจร (ข) สัญลักษณ์

ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดควบคุมด้วยขอบของสัญญาณนาฬิกาถ้าต้องการให้สัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานของฟลิปฟลอปแบบ D ในลักษณะที่เมื่อมีสัญญาณนาฬิกามา 1 ไซเคิลจะยอมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Q เพียง 1 ครั้ง วงจรฟลิปฟลอปตามรูปที่ 2.13 (ก) ไม่สามารถทำได้ ดังจะเห็นได้จากไดอะแกรมเวลาในภาพที่ 2.13 (ค) ตามตำแหน่งที่ 5 และ 6

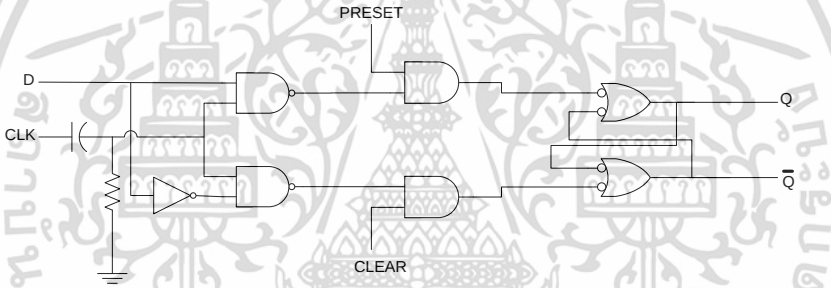


ภาพที่ 2.14 ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดควบคุมด้วยขอบของสัญญาณนาฬิกา (ก) วงจร (ข) สัญลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้วงจรตามรูปที่ 2.14 (ก) เมื่อเพิ่มวงจร RC เข้าไปในส่วนของสัญญาณนาฬิกา ด้วยคุณสมบัติของวงจร RC ทำให้สัญญาณนาฬิกาที่มีรูปร่างเป็นพัลซ์กลายเป็นสัญญาณสไปค์ (Spike) ป้อนให้แก่อินพุทของเกต NAND ดังนั้นอินพุทของ NAND จะได้รับโลจิก 1 เพียงชั่วขณะ ในเวลาที่ CLK เปลี่ยนจากโลจิก 0 ไปเป็น 1 เท่านั้น เพราะว่าช่วงนี้เท่านั้นที่ระดับแรงดันของสไปค์ จะสูงพอที่มีค่าเป็น 1 ส่วนช่วงอื่นระดับแรงดันมีค่าต่ำเป็นโลจิก 0 ดังนั้นในทุกๆ 1ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาจะมีผลทำให้ Q เปลี่ยนแปลงค่าเพียง 1 ครั้งเท่านั้น การกระตุ้นการทำงานของฟลิปฟลอปแบบนี้เรียกว่า การกระตุ้นด้วยขอบบวก(Positive Edge)แต่ถ้าเพิ่มเกต NOT เข้าที่ CLK ก่อนเข้าวงจร RC ก็จะเป็นการกระตุ้นด้วยขอบลบ (Negative Edge)คือช่วงที่สัญญาณเปลี่ยนจากโลจิก 1 ไปเป็น 0 สัญลักษณ์ไดอะแกรมเวลา และตารางการทำงานแสดงอยู่ในรูปที่ 2.14 (ข),(ค) และ (ง) ตามลำดับ

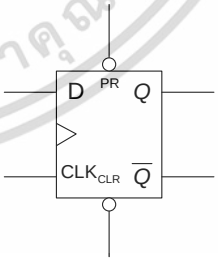
ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดมีสัญญาณควบคุมพรีเซ็ตและเคลียร์ (Preset and Clear) วงจรชนิดนี้เพิ่มสัญญาณควบคุมการเซ็ตและการเคลียร์ถ้าสัญญาณ Preset เป็น 0และ Clear เป็น 1 จะทำให้ Q เป็น 1 โดยไม่สนใจว่า D กับ CLK จะเป็นอะไร ในทำนองเดียวกันถ้า Clear เป็น 0 และ Preset เป็น 1 จะทำให้ Q เป็น 0 โดยไม่สนใจว่า D กับ CLK จะเป็นอะไรเช่นกันแต่ถ้าเป็น 1 ทั้งคู่ Q จะขึ้นอยู่กับ D



(ก)

Preset	Clear	CLK	D	Q
0	0	X	X	*
0	1	X	X	1
1	0	X	X	0
1	1	0	X	NC
1	1	1	X	NC
1	1	↓	X	NC
1	1	↑	0	0
1	1	↑	1	1

(ข)



(ค)

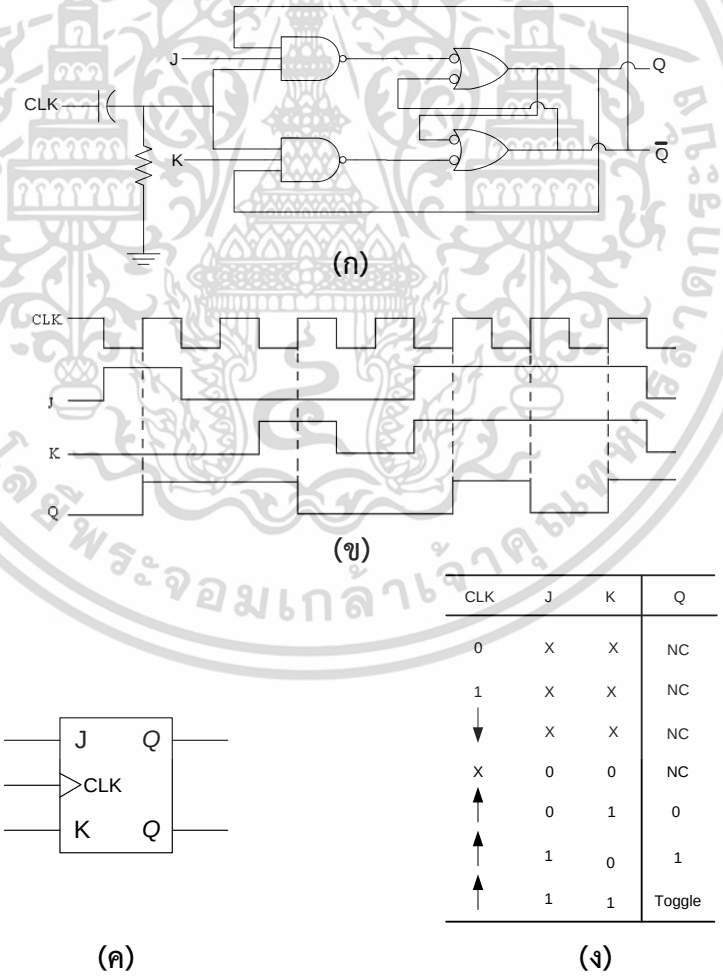
ภาพที่ 2.15 ฟลิปฟลอปแบบ D ชนิดมีสัญญาณควบคุมพรีเซ็ตและเคลียร์ (ก) วงจร (ข) ตารางการทำงานและ (ค) สัญลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ CLK เหมือนกับฟลิปฟลอปแบบ D ที่ได้กล่าวมาแล้วสรุป Preset เป็นสัญญาณใช้ทำให้ Q เป็น 1 ทันที และ Clear ก็ใช้ทำให้ Q เป็น 0 ทันที ส่วนใหญ่จะใช้สัญญาณทั้งสองนี้สำหรับการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับฟลิปฟลอปก่อนที่จะทำงานตามปกติและการที่สัญญาณทั้งสองทำงานเมื่อได้รับโลจิก 0 จึงกล่าวได้ว่าสัญญาณ Preset และ Clear ทั้งสองนี้แอคทีฟ 0 ดังแสดงด้วยสัญลักษณ์ในรูป 2.15 (ค) ข้อควรระวังจะต้องไม่ให้ Preset และ Clear เป็น 0 พร้อมกันเพราะว่าไม่สามารถจะกำหนดได้ว่า Q จะเป็นอะไร

2.2.4.3. ฟลิปฟลอปแบบ JK (JK Flip-flop)

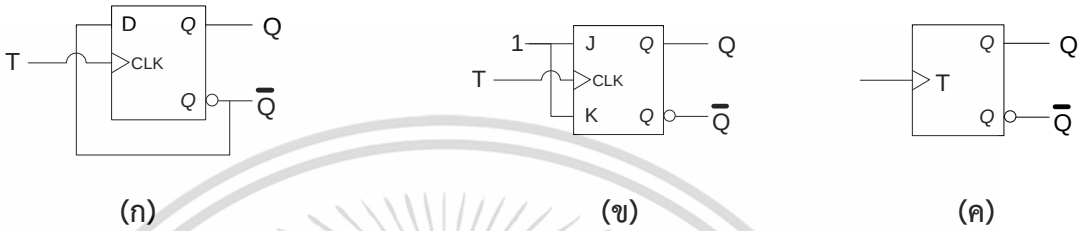
ฟลิปฟลอบแบบนี้การทำงานจะขึ้นอยู่กับเอาท์พุท Q อินพุท J K และ ขอบบวกของสัญญาณนาฬิกา CLK ถ้า CLK มีค่าเป็นโลจิก 1 หรือ 0 หรือ ขอบลบค่า Q จงคงค่าเดิมไม่ว่า J และ K จะเป็นอะไรก็ตามแต่ถ้า CLK เป็นขอบบวกการทำงานการทำงานจะขึ้นกับอินพุท J K และค่า Q เดิม เช่นถ้า J เป็น 1 และ K เป็น 0 จะเซ็ตฟลิปฟลอปทำให้ Q เป็น 1 แต่ถ้า J เป็น 0 และ K เป็น 1 จะเป็นการรีเซ็ตฟลิปฟลอปทำให้ Q เป็น 0 แต่ถ้า J เป็น 0 และ K เป็น 0 ฟลิปฟลอปจะอยู่ในสภาวะจำค่าเดิม Q ไม่เปลี่ยนและถ้า J เป็น 1 และ K เป็น 1 ฟลิปฟลอปจะอยู่ในสภาวะกลับตัว (Toggle)คือ Q จะเปลี่ยนเป็นค่าตรงข้ามกับค่าเดิม



ภาพที่ 2.16 วงจรฟลิปฟลอปแบบ JK ไดอะแกรมเวลา สัญลักษณ์และตารางการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

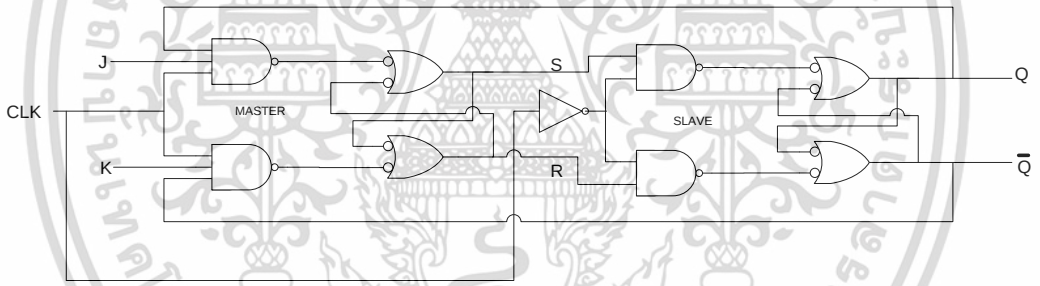
การทำงานที่กล่าวถึงทั้งหมดนี้สามารถตรวจสอบการทำงานได้จากวงจรไดอะแกรมเวลาและตารางการทำงานในภาพที่ 2.17 การทำงานของฟลิปฟลอปในสภาวะกลับตัว คือ Q เปลี่ยนเป็นจากค่าเดิมเป็นค่าตรงข้ามนี้ สามารถพิจารณาให้เป็นฟลิปฟลอปอีกแบบหนึ่งได้เรียกว่า "ฟลิปฟลอปแบบ T (T Flip-flop)" ตามภาพที่ 2.17 (ก) เป็นฟลิปฟลอปแบบ T ที่สร้างจาก ฟลิปฟลอปแบบ D และภาพที่ 2.17 (ข) เป็นฟลิปฟลอปแบบ T ที่สร้างจากฟลิปฟลอปแบบ JK สำหรับสัญลักษณ์ของฟลิปฟลอป แบบ T อยู่ในภาพที่ 2.17 (ค)



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2.17 วงจรฟลิปฟลอปแบบ T และสัญลักษณ์

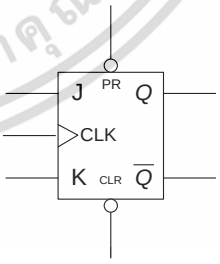
ฟลิปฟลอปแบบ JK Master-Slave



(ก)

PR	CLR	CLK	J	K	Q
0	0	X	X	X	*
0	1	X	X	X	1
1	0	X	X	X	0
1	1	X	0	0	NC
1	1	⎍	0	1	0
1	1	⎍	1	0	1
1	1	⎍	1	1	Toggle

(ข)



(ค)

ภาพที่ 2.18 วงจรฟลิปฟลอปแบบ JK Master-Slave ตารางการทำงานและสัญลักษณ์

จากวงจรเมื่ออินพุท J และ K เป็น 1ทั้งคู่ การทำงานของวงจรอยู่ในสภาวะกลับตัว Q จะเปลี่ยนค่าเป็นค่าตรงข้าม (คือจาก 1กลายเป็น 0 หรือจาก 0 กลายเป็น 1) ทุกครั้งที่มีสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

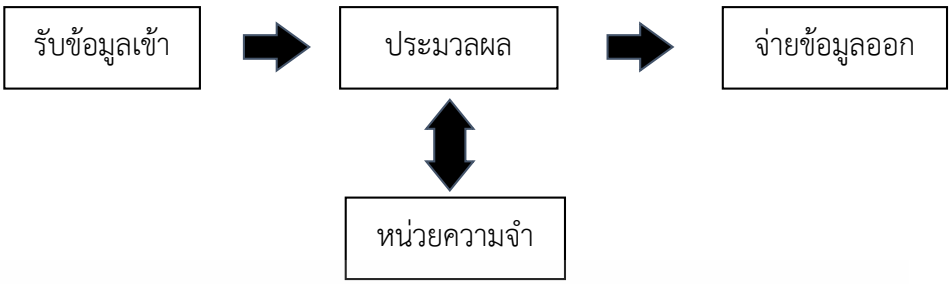
CLK มากระตุ้น ดังนั้นวงจรในรูปนี้จึงต้องใช้สัญญาณนาฬิกาที่กระตุ้นด้วยขอบไม่ว่าจะเป็นขอบบวกหรือขอบลบก็ตามเพื่อว่าใน 1 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาจะเกิดการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวแต่ถ้าเอาวงจร R C ออกเพื่อให้เป็นการกระตุ้นด้วยระดับโลจิก (1 หรือ 0 ก็ได้) การทำงานจะเกิดอาการที่เรียกว่าสัญญาณวิ่ง (Racing) คือสัญญาณจะเปลี่ยนค่าตลอดเวลาที่สัญญาณนาฬิกาเป็นระดับที่วงจรทำงานได้

ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้จึงเปลี่ยนแปลงวงจรฟลิปฟลอปแบบ JK เป็นฟลิปฟลอปแบบ JK ชนิด Master-Slave ดังภาพที่ 2.18 (ก) วงจรแบบนี้การทำงานในแต่ละครั้งต้องใช้สัญญาณครบไซเคิลคือต้องมีทั้งระดับโลจิก 1 และ 0 โดยชุด master ที่มีอินพุทเป็น JK และเอาท์พุทเป็น RS จะทำงานได้ต้องใช้การกระตุ้นด้วยระดับโลจิก 1 ของ CLK ส่วนชุด slave ที่มีอินพุทเป็น RS และเอาท์พุทเป็น Q จะทำงานได้ต้องใช้การกระตุ้นด้วยระดับโลจิก 0 ของ CLK ดังนั้นถึงแม้ว่าสัญญาณ Q ถูกป้อนกลับไปยังอินพุทด้าน JK ก็จะยังไม่เกิดการทำงานขึ้นเพราะว่าในขณะที่ชุด slave ทำงาน CLK เป็น 0 ต้องรอให้ CLK เป็น 1 ชุด master จึงจะทำงานได้ซึ่งเมื่อถึงตอนนั้นชุด slave ก็จะหยุดทำงานบ้างเมื่อเป็นเช่นนี้ก็ไม่เกิดการวิ่งของสัญญาณขึ้น

2.2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมัน โดยมีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ คือ ภายในประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวอุปกรณ์ ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็กและคำว่าคอนโทรลเลอร์ (Controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับ ระบบคอมพิวเตอร์ ที่คนโดยส่วนใหญ่คุ้นเคย กล่าวคือภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกันความแตกต่างของ Microcontroller กับ Microcomputer คือ Microcontroller นั้นมีความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเอง คือ มีส่วนประกอบต่างๆ ครบถ้วน ส่วน Microcomputer นั้นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ข้างเคียงที่เชื่อมต่อจากภายนอก เช่น แป้นพิมพ์ เครื่องอ่านเขียนแผ่นบันทึก หน่วยความจา I/O ฯลฯ ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) เป็นระบบที่มีการทำงานที่มีความคล้ายคลึงกับคอมพิวเตอร์ แต่ไม่ใช่คอมพิวเตอร์ กล่าวคือ มีการรับข้อมูลเข้า (input) การประมวลผล (process) การส่งข้อมูลออก (output) และหน่วยความจำ (memory) แสดงได้ดังภาพที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.19 แผนผังแสดงการทำงานของคอมพิวเตอร์

โดยการทำงานจากภาพที่ 2.19 หากเป็นคอมพิวเตอร์ก็จะสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่ในงานบางลักษณะนั้น ไม่ได้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้การทำงานหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ยกตัวอย่างเช่น การนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงานของเครื่องซักผ้า ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการควบคุมดังกล่าวสามารถนำระบบสมองกลฝังตัวเข้ามาทดแทนได้เป็นอย่างดี เพราะนอกจากจะช่วยให้ลดในเรื่องของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการสร้างระบบควบคุมได้แล้ว อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมยังมีความกะทัดรัด ประหยัดพลังงาน และสะดวกในการซ่อมบำรุง ซึ่งนับเป็นข้อดีของการนำระบบสมองกลฝังตัวมาใช้งาน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวแสดงดังภาพที่ 2.20

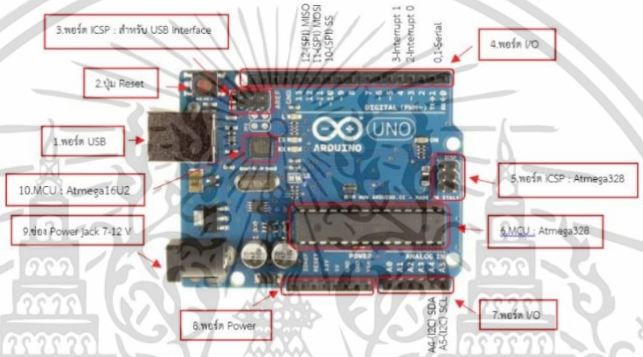
ภาพที่ 2.20 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัว
(ที่มา : https://www.hblok.net)

จากภาพที่ 2.20 จะพบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวนั้นอยู่รอบตัวเรา เช่น โทรศัพท์มือถือ วิทยุ จีพีเอส เครื่องกระจายสัญญาณไร้สาย และอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งล้วนต้องมีการประมวลผลทั้งสิ้น แต่อุปกรณ์ดังกล่าวนั้นก็มิได้ต้องมีการใช้คอมพิวเตอร์ เมาส์ และคีย์บอร์ด เพื่อต่อใช้งานแต่อย่างใด เพราะได้มีการใช้ระบบสมองกลฝังตัวในการทำงานเฉพาะด้านร่วมกับอุปกรณ์นั้นๆ อยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Music Shield, Arduino Relay Shield Arduino GPRS Shield เป็นต้นมาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย Layout & Pin out Arduino Board (Model; Arduino UNO R3)



ภาพที่ 2.21 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino
(ที่มา : https://www.maker.pro)

(1) USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

(2) Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

(3) ICSP Port ของ Atmega 16U2 เป็นพอร์ตใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega 16U2

(4) I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา DO ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทาหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป้นขา PWM

(5) ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

(6) MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

(7) I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้วยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0-A5

(8) Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3V, +5V,GND, Vin

(9) Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7- 12 V

(10) MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.2.5.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับสัญญาณ WIFI ร่วมถึงรองรับการควบคุมและใช้งานร่วมกับ GPIO ได้ และมีราคาที่ถูก โดยลักษณะภายนอกของชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 แสดงได้ดังภาพที่ 2.22

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างชิพ ESP8266
(ที่มา : https://www.maker.pro)

ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ได้ถูกผลิตออกมาหลายรูปแบบซึ่งแต่ละรุ่นย่อยก็จะมีลักษณะภายนอกแตกต่างกันไป โดยแสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 2.23

ภาพที่ 2.23 รุ่นต่างๆของ ESP8266
(ที่มา : https://www.maker.pro)

2.2.5.3 คุณสมบัติของ ESP8266

จากภาพที่ 2.23 นั้นจะพบว่า ESP8266 นั้นถูกผลิตขึ้นมาหลากหลายรุ่น หลากหลายรูปแบบ โดยทุกรุ่นนั้นมีจุดที่เหมือนกันคือสามารถควบคุม GPIO และเชื่อมต่อ WIFI ได้ โดยจะยกตัวอย่างคุณสมบัติของ ESP9266-12F แสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติเชิงเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266-12F

ชื่อคุณสมบัติ	รายละเอียด
Wireless Standard	802.11 b/g/n
Frequency Range	2.4GHz-2.5GHz (2400M-2483.5M)
Data access	UART/HSPI/I2C/I2S/GPIO/PWM
Operating Voltage	3.0~3.6V （Suggested 3.3V）
Wireless Network Mode	station/softAP/SoftAP+station
Security Mechanism	WPA/WPA2
Encryption Type	WEP/TKIP/AES

2.2.5.4 โมดูลที่ใช้งานสำหรับพัฒนาร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

สำหรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 สามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อขาสัญญาณไปที่ตัวชิพโดยตรง แต่อาจยุ่งยากและไม่สะดวกในการพัฒนานัก จึงได้มีผู้ผลิตหลายบริษัทได้สร้างโมดูลที่ใช้สำหรับพัฒนาร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ซึ่งช่วยให้นักพัฒนาที่จะใช้งานตัว ESP8266 สามารถมุ่งไปที่การพัฒนาโปรแกรมได้ทันที ไม่ต้องเชื่อมต่อขาสัญญาณเบื้องต้นด้วยตนเอง โดยโมดูลดังกล่าวมีด้วยกันหลายชื่อ เช่น NodeMCU, ESPino, WeMos เป็นต้น โดยตัวอย่างโมดูลแสดงดังภาพที่ 2.24

ภาพที่ 2.24 ตัวอย่างลักษณะภายนอกของ NodeMCU
(ที่มา : https://www.maker.pro)

2.2.6 เซนเซอร์

เซ็นเซอร์ (Sensor) เป็นวัตถุชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่ตรวจจับเหตุการณ์หรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมของตัวมันเอง จากนั้นมันก็จะให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกันออกมาและส่งไปยังศูนย์ควบคุม ตัวรับรู้เป็นตัวแปรสัญญาณชนิดหนึ่ง มันสามารถให้สัญญาณออกมาได้หลากหลายชนิด แต่โดยทั่วไปจะใช้สัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณแสง ยกตัวอย่างเช่นคู่ควบความร้อน (Thermocouple) จะแปลงค่าอุณหภูมิ(สิ่งแวดล้อม) ให้เป็นแรงดันไฟฟ้าที่สอดคล้องกัน

2.2.6.1 เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Sensor)

เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค คือ เซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจจับวัดถุต่างๆ โดยอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นความถี่เสียง และ คำนวณหาค่าระยะทางได้จากการเดินทางของคลื่นและนำมาเทียบกับเวลา ด้วยกลไกดังกล่าวทำให้เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่างๆได้อย่างมากมาย เช่น งานวัดระดับน้ำ งานตรวจจับชิ้นงาน งานตรวจจับความหนาของวัตถุ คลื่นความถี่ที่ใช้ในตัว Ultrasonic Sensor คือ คลื่นความถี่เสียงในช่วง Ultrasound ซึ่งเป็นคลื่นความถี่เสียงที่มนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สามารถได้ยิน โดยมีย่านความถี่ตั้งแต่ 20 KHz ขึ้นไป ซึ่งข้อดีของการใช้ Ultrasonic Sensor ในการตรวจจับวัตถุนั้น คือ เรื่องของการเดินทางของคลื่น Ultrasound ที่สามารถเดินทางผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ก๊าซ ของเหลว หรือ ของแข็งได้ ยกเว้นในสภาวะสุญญากาศ ทำให้สามารถใช้งานตรวจจับวัตถุได้หลากหลาย และสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี

ภาพที่ 2.25 ตัวอย่างลักษณะภายนอกของ Ultrasonic Sensor
(ที่มา : http://www.scelandd.net/product/29)

หลักการทำงานของโมดูลวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิค โมดูล HC-SR04 เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ราคาถูก สำหรับวัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิค (ใช้คลื่นเสียงความถี่ ประมาณ 40kHz) มีสองส่วนหลักคือ ตัวส่งคลื่นที่ทำหน้าที่สร้างคลื่นเสียงออกไปในการวัดระยะแต่ละครั้ง แล้วเมื่อไปกระทบวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง คลื่นเสียงถูกสะท้อนกลับมายังตัวรับแล้วประมวลผลด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในโมดูล ถ้าจับเวลาในการเดินทางของคลื่นเสียงในทิศทางไปและกลับ และถ้าทราบความเร็วเสียงในอากาศ ก็จะสามารถคำนวณระยะห่างจากวัตถุกีดขวางได้ โมดูล HC-SR04 ทำงานที่แรงดันประมาณ +5V (4.5V ถึง +5.5V) โดยป้อนให้ขา VCC และ GND โมดูลนี้ มีขาสัญญาณดิจิทัล TRIG (อินพุต) และ ECHO (เอาต์พุต) ที่นำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ อย่างเช่น Arduino ในการวัดระยะห่างแต่ละครั้ง จะต้องสร้างสัญญาณแบบ Pulse ที่มีความกว้าง (Pulse Width) อย่างน้อย 10 usec ป้อนให้ขา TRIG และหลังจากนั้นให้วัดความกว้างของสัญญาณช่วง HIGH จากขา ECHO ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ ความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่ได้ก็จะน้อย แต่ถ้าวัตถุอยู่ไกลออกไป ก็จะได้ค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่มากขึ้น การเลือกใช้งานโมดูลประเภทนี้ มีประเด็นที่สำคัญ เช่น ช่วงระยะห่างของการวัด ความกว้างของมุมเมื่อคลื่นเสียงเดินทางออกไปจากตัวส่ง (เรียกว่า Beam Angle) นอกจากนั้น การสะท้อนกลับของคลื่นเสียงที่วัตถุกีดขวาง ขนาดและรูปทรงของวัตถุ และการสะท้อนกลับของเสียงจากหลายทิศทาง หรือต่างระยะกัน ก็มีผลต่อความถูกต้องหรือความผิดพลาดในการวัดค่าระยะห่างได้เช่นกัน

2.2.6.2 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

แอลดีอาร์ (Light Dependent Resistor: LDR) เป็นเซนเซอร์วัดความเข้มแสงในรูปแบบของค่าความด้านทาน ตัวเซนเซอร์ทำจากสารกึ่งตัวนำฉาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นหลักฐานรองค่าความต้านทานของเซนเซอร์มีค่าแปรผกผันกับความเข้มแสง ช่วงความยาวคลื่นของแสงครอบคลุมช่วงที่ตามองเห็นแต่ตอบสนองได้ดีเฉพาะช่วงความยาวคลื่นที่ค่อนข้างแคบ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของแอลดีอาร์ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงมีค่าสูง ความเป็นเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและความเข้มแสงมีค่าต่ำ ข้อเด่น ของเซนเซอร์แบบแอลดีอาร์คือมีขนาดเล็ก ราคาถูก และต้องการวงจรประกอบในการวัดที่ไม่ซับซ้อน

ภาพที่ 2.26 ตัวอย่างลักษณะภายนอกของ LDR
(ที่มา : http://www.scelandd.net/product/29)

2.2.7 ซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนางานสำหรับบอร์ด arduino ที่นิยมใช้กันคือ arduino IDE สำหรับการเขียนโปรแกรม การคอมไพล์และดาวน์โหลดลงบอร์ด ซึ่งขนาดของโปรแกรม arduino จะมีขนาดโตกว่า AVR เพราะว่าจากโค้ด AVR จะเป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์ (register) โดยตรง แต่โค้ดของ arduino จะเข้าถึงผ่านฟังก์ชันเพื่อให้สามารถเขียนโค้ดได้ง่ายมากกว่าการเขียนโค้ดภาษา C แบบ AVR คำย่อของ IDE ย่อมาจาก Integrate development Environment คือ ส่วนประกอบหลาย ๆ ส่วนของระบบการพัฒนาหรือตัวช่วยต่างๆที่จะคอยช่วยเหลือเพื่อเสริมให้เกิดความรวดเร็วถูกต้องแม่นยำตรวจสอบระบบที่จะทำได้ทำให้การพัฒนางานต่าง ๆ ได้ง่ายและทำได้รวดเร็วมากขึ้น

ภาพที่ 2.27 โปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino IDE เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการเขียนซอฟต์แวร์สำหรับแพลตฟอร์มโอเพ่นซอร์สนี้ แพลตฟอร์มArduino เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ยอดนิยมที่ออกแบบมาเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานทั่วไป ได้แก่ หุ่นยนต์เทคโนโลยีการปรับปรุงบ้านคอมพิวเตอร์ที่สวมใส่ได้และแอปพลิเคชันอิเล็กทรอนิกส์ที่แปลกใหม่ สิ่งประดิษฐ์Arduino ส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนาโดยใช้ Arduino IDE ภาษาการเขียนโปรแกรมที่รองรับได้หลากหลาย Arduino IDE มีสภาพแวดล้อมที่อนุญาตให้โปรแกรมเมอร์ใช้โปรแกรมเดี่ยวตั้งแต่ต้นจนจบ มันสามารถติดตามไฟล์หลาย ๆ ไฟล์ในโครงการซึ่งช่วยให้โปรแกรมเมอร์เขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนมากขึ้นหรือโมดูลาร์เพื่อจัดการโครงการของพวกเขา IDE ยังรวบรวมรหัสตัวเองทำการดีบักพื้นฐานและส่งรหัสโดยตรงไปยังบอร์ด Arduino ซึ่งจะใช้ bootloader Arduino เพื่อเขียนโปรแกรมใหม่ลงในหน่วยความจำ การกำหนดหมายเลขบรรทัดที่มองเห็นโดยอัตโนมัติซึ่งจะช่วยให้โปรแกรมเมอร์สามารถอ้างถึงส่วนที่เฉพาะเจาะจงของซอร์สโค้ดได้ง่ายเมื่อประเมินข้อความแสดงข้อผิดพลาดหรือการสื่อสารกับโปรแกรมเมอร์อื่น ๆ คุณลักษณะที่ขาดหายไปอื่น ๆ ได้แก่ ข้อความแสดงข้อผิดพลาดโดยละเอียดซึ่งมีประโยชน์สำหรับการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดในการเขียนโค้ดและการพับโค้ดซึ่งทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถตรวจสอบเฉพาะบางส่วนของซอร์สโค้ดที่เกี่ยวข้องโดยการซ่อน pars ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบเพื่อจัดการกับข้อ จำกัด เหล่านี้โปรแกรมเมอร์ Arduino บางคนใช้ IDE อื่น ๆ เพื่อเขียนโปรแกรม ผู้ใช้เหล่านี้มีปลั๊กอินซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้นสำหรับ IDE วัตถุประสงค์ทั่วไปที่เพิ่มการสนับสนุนสำหรับการเขียนโปรแกรมเฉพาะ Arduino นี่เป็นการเพิ่มคุณสมบัติมากมายที่โปรแกรมเมอร์พลาดใน Arduino IDE แต่โซลูชันยังมาพร้อมกับข้อ จำกัด หลายประการ เพื่อรักษาความสามารถในการใช้ IDE ทั่วไปสำหรับรหัส Arduino โปรแกรมเมอร์จะต้องอัพเดตปลั๊กอินของตนเป็นประจำด้วยซอฟต์แวร์ Arduino รุ่นใหม่แต่ละตัว

2.3 การออกแบบอุปกรณ์ทดลอง-สาธิต

การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิต ได้นำแนวคิดและวิธีของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 110-114) มาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นการออกแบบดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลอง-สาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เขียนแบบงาน
7. การเตรียมเอกสารประกอบ

ขั้นตอนงานต่าง ๆ มีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

2.3.1 ขั้นตอนงานที่ 1 กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน

จากการตัดสินใจที่จะใช้อุปกรณ์ทดลองสำหรับการสอนในหัวเรื่องหรือเนื้อหานั้น ๆ ก็จะทำให้ทราบด้วยว่า อุปกรณ์ทดลอง-สาธิตใช้กับผู้เรียนกลุ่มใด และโดยปกติก็ควรจะได้ทราบรายการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของบทเรียนส่วนนั้นด้วย ข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการดำเนินงานพัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง-สาธิต โดยการกำหนดจุดประสงค์ของอุปกรณ์เพื่อให้คุณลักษณะของอุปกรณ์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน

ในขั้นตอนอาจจะกล่าวได้ว่า เป็นขั้นตอนที่จะต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง-สาธิตนั้นเกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้น ในบางครั้งถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์มาแล้วโดยผู้อื่น ควรศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ด้วย

เมื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ แล้ว จึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ในลักษณะคำบรรยาย แต่จะไม่ระบุร่างลักษณะทางด้านเทคนิคอย่างเฉพาะเจาะจง ข้อมูลต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขตคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้างที่ได้ บางครั้งอาจจะกำหนดเป็นข้อๆ ก็ได้ และสุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่าเกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

2.3.2 ขั้นตอนงานที่ 2 กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์

จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนงานที่ 1 จะนำมาดำเนินการในขั้นตอนงานที่ 2 โดยการวิเคราะห์คำบรรยายดังกล่าว เพื่อค้นหาค่าพื้นฐาน ค่าพื้นฐานต่าง ๆ ที่ได้จะทำให้ทราบรายการหน้าที่ ของอุปกรณ์ อย่างไรก็ตาม เฉพาะค่าพื้นฐานก็อาจจะไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะของอุปกรณ์ ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์ค่าประกอบสัมพันธ์ด้วย

สรุปได้ว่า ในขั้นตอนงานที่ 2 จะทำให้ได้รายการหน้าที่ของอุปกรณ์ และได้กำหนดตัวรายการหน้าที่เป็นกลางทั่ว ๆ ไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่า ต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใด รูปร่างอย่างไรเพราะจะดำเนินการในขั้นตอนงานที่ 3 ต่อไป

2.3.3 ขั้นตอนงานที่ 3 ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด

ในขั้นตอนนี้เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์ สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ วัสดุ(Materials) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) วิทยาการที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้คือ วิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ทางด้านกลไก (Mechanic) เคมี ไฟฟ้า แสง เสียง ความร้อน ฯลฯ

สิ่งที่ต้องกำหนดอาจจะเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตซ์ง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับเป็นทางเลือกต่าง ๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือกต่าง ๆ คือ การศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปทรงแบบต่าง ๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้น ๆ

2.3.4 ขั้นตอนงานที่ 4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายสำคัญคือ ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือก ซึ่งอาจจะมีวิธีการแตกต่างกันไป การตัดสินใจเลือกมีสิ่งสำคัญก็คือแนวทางหรือมาตรการในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนนำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์แตกต่างกันไปตามแต่ความสำคัญ หรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น จะเน้นทางด้านเทคนิคหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านเศรษฐศาสตร์ การตัดสินใจเลือกจะต้องมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ ในการตัดสินใจเลือกจึงควรประกอบด้วยบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น

การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะประกอบต่าง ๆ จำนวนมาก อาจต้องทำการตัดสินใจเลือกถึงสองขั้นตอนกล่าวคือขั้นตอนแรกตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น ขั้นตอนที่สองจะต้องวิเคราะห์ความเข้ากันได้หรือประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้เลือกมา แล้วจึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบย่อย ๆ แต่ละชุด

2.3.5 ขั้นตอนงานที่ 5 สร้างต้นแบบและตรวจสอบ

จากผลลัพธ์การตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบในขั้นตอนงานที่ 4 จะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบโดยคร่าวๆ หรือจะร่างเป็นแบบง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในบางครั้งขั้นตอนนี้อาจจะต้องมีการประลอง หรือต้องทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่างเพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนงานที่ 3 บางครั้งอาจไม่ทำงานได้ตามต้องการ การประลองทดสอบจะทำให้ได้ข้อมูลด้านขนาด ระยะ รูปร่างของอุปกรณ์นี้ด้วย

อุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิคค้นหาข้อมูลบางอย่าง เพื่อทำให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการ นอกจากนั้นก็จะศึกษาพิจารณาเรื่องแนวทางการผลิตต่อไป รวมทั้งกฎความปลอดภัยต่างๆด้วย ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบจะนำไปใช้ประกอบในการเขียนเอกสารประกอบของอุปกรณ์นั้น

2.3.6 ขั้นตอนงานที่ 6 เขียนแบบงาน

ในกรณีที่พัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียวงานเขียนแบบอาจไม่จำเป็น แต่ถ้าหากจะทำการผลิต หรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก

แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของอุปกรณ์จะต้องมีแบบแยกชิ้นจนเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วน สำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ เช่น ขนาด พิกัดความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น นอกจากนั้นต้องมีข้อมูล หมายเลขแบบ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อย และแบบชิ้นเดียว ระบบในงานเขียนมีความสำคัญต่อการคำนวณราคา การวางแผน การผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนของหน่วยงาน

2.3.7 ขั้นตอนงานที่ 7 การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบ และคู่มือการใช้งานเพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและสอดคล้องตามจุดประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนจะต้องเตรียมเอกสารประกอบสำหรับใช้ในงานสอนด้วย

ในขั้นตอนงานที่ 5 คือ การสร้างต้นแบบและตรวจสอบจะได้รับข้อมูลส่วนหนึ่งจะนำมาใช้ในการจัดเตรียมเอกสารประกอบ และในภายหลังเมื่อได้ผลิตออกมาเป็นอุปกรณ์จริงๆ แล้วจะต้องนำมาหาข้อมูลต่างๆ ต่อไปอีก

เอกสารประกอบที่จะต้องจัดเตรียมอาจจะกำหนดให้มีในลักษณะต่างๆ กัน ตามแต่ความมุ่งหมายของงาน โดยอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ คู่มือแนะนำการใช้งาน เอกสารประกอบในการศึกษาทดลอง (ตำรา ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ใบเฉลยของผู้สอน) และผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การประเมินสื่อการสอน

การออกแบบสร้างสื่อการสอนได้แนวคิดจากวัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 135-140) ให้มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ มีคุณลักษณะเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค (Technical Points of View) ด้านการเรียนการสอน (Pedagogical Points of View) และด้านการพาณิชย์หรือการค้า (Economical Points of View) จะทำได้อย่างไร สามารถทราบคุณลักษณะด้านต่างๆ โดยการประเมินสื่อการสอนนั้น ซึ่งอาจจะทำควบคู่ในระหว่างกระบวนการออกแบบ หรือเมื่อสิ้นสุดการออกแบบสำเร็จเป็นงานต้นแบบก่อนดำเนินการผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์ ในเรื่องการประเมินสื่อมีประเด็นที่จะกล่าวดังนี้ เหตุผลทำไมต้องประเมินสื่อ ประเมินได้อะไร กระทำเมื่อใด ประเมินในเรื่องอะไร มีวิธีการและเทคนิคอย่างไร ใช้เครื่องมือและเกณฑ์อะไร มีเงื่อนไของค์ประกอบที่ควรคำนึงอะไรบ้าง

2.4.1 วัตถุประสงค์ในการประเมินสื่อการสอน

การประเมินสื่อการสอนมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ในด้านต่างๆ ของสื่อการสอน
2. นำข้อมูลที่ได้จากการประเมิน ไปแก้ไขพัฒนาปรับปรุงสื่อการสอนนั้น
3. วางแผนในการพัฒนาสื่อการสอนเพิ่มเติม ให้เกิดความสมบูรณ์ ในการเรียนการสอนตามหัวข้อ หรือสาขาวิชานั้น

2.4.2 ประเด็นในการประเมิน

ประเด็นในการประเมินอาจแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเทคนิค ด้านการเรียนการสอน และด้านการพาณิชย์ ในแต่ละประเด็นสามารถแตกออกเป็นประเด็นย่อย การคิดค้นประเด็นต่างๆ อาจใช้แผนภูมิปะการัง เป็นเครื่องมือ ร่วมประชุม ระดมความคิด หรืออาจค้นคว้าประเด็นได้จากงานวิจัยต่างๆ ด้านการประเมินสื่อการสอน ประเด็นที่นำเสนอนี้ เป็นประเด็นหลักๆ รวมๆ สามารถเลือกไปใช้กับสื่อประเภทต่างๆ ได้และจะเขียนในลักษณะด้านบวก หรืออุดมคติ

2.4.3 ประเด็นด้านเทคนิค มีประเด็นด้านต่างๆ ดังนี้

1. ขนาดสื่อ
   - ไม่ใหญ่ ไม่เล็ก มีขนาดเหมาะสม สอดคล้องกับมาตรฐาน
   - สะดวกต่อการเก็บรักษา
   - ไม่ใช้เนื้อที่มากเกินไป
2. น้ำหนัก
   - มีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้าย นำไปใช้สอน ได้สะดวก
   - ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขนย้าย ผู้สอนนำไปได้ด้วยตนเอง
3. ชิ้นส่วนประกอบ
   - ทำหน้าที่ได้ถูกต้องแม่นยำ
   - นอกจากทำหน้าที่หลัก สามารถทำหน้าที่รอง
   - มีรูปร่างง่ายต่อการผลิต
   - เป็นมาตรฐาน หาอะไหล่ง่าย
   - มีจำนวนชิ้นไม่มาก
   - การเคลื่อนที่ ขอชิ้นส่วน มั่นคง
   - รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีอายุการใช้งานเหมาะสม
- มีความเรียบร้อยสวยงาม

4. ชนิดวัสดุ
- มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประเภทสื่อ
- เป็นวัสดุหาง่าย
- คุณสมบัติวัสดุ มีความแข็งแรงคงทน
- ราคาไม่แพง
- ทนต่อความร้อน ฝุ่น ความชื้น
- ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และตัวสื่อ

5. การดูแลรักษา
- ง่ายต่อการดูแลรักษา และซ่อมบำรุง
- มีระบบการจัดเก็บ การจัดจำแนก
- มีถุง ซอง กล่อง ในการจัดเก็บ
- มีระบบการเบิก ยืม ที่มีประสิทธิภาพ
- ไม่สิ้นเปลือง ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

6. กระบวนการผลิต
- ผลิตง่าย ใช้เครื่องมือง่ายๆ
- มีระบบแบบงาน ระบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ)
- ผลิตออกมาเรียบร้อยสวยงาม
- สอดคล้องตามหลักการสอน สามารถใช้สอนกับวิธีการต่างๆ
- นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้
- ชิ้นงานออกมา มีขนาด คุณภาพผิวงาน มีความละเอียดสูง
- สามารถเป็นต้นแบบในการผลิตเชิงพาณิชย์

7. มาตรฐาน
- สอดคล้องกับมาตรฐานในหน่วยงาน
- มีความเป็นสากล
- มี Format

8. ความปลอดภัย
- มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และต่อสื่อ

2.4.4 ประเด็นทางด้านการเรียนการสอน จะเกี่ยวข้องกับผู้สอน ผู้เรียน และตัวสื่อเอง ดังนี้

1. ต่อผู้สอน
- ใช้ง่าย
- ใช้เวลาในการสอนน้อย
- ไม่มีความจำเป็นต้องฝึกอบรมด้านการใช้
- สอดคล้อง ตามรายการวัตถุประสงค์ และเนื้อหาวิชา
- มีคู่มือการสอน สำหรับครู

2. ต่อผู้เรียน
- เข้าใจง่าย
- สอดคล้องกับพื้นฐานความรู้ และประสบการณ์
- ผู้เรียนเกิดความเร้าใจ น่าสนใจ อยากเรียน
- กระตุ้นให้ค้นคว้า และประสบการณ์
- เกิดความคิดสร้างสรรค์
- สามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหา
- ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการเรียน
- มีคู่มือผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต่อสื่อการสอน

- เป็นสื่อการสอนที่มีความสำคัญต่อเนื้อหานั้นๆ และควรมีอย่างยิ่ง
- มีความสำคัญต่อการเรียนรู้
- มีเนื้อหาสาระที่ทันสมัย ตามวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สามารถนำไปใช้สอนในหัวเรื่องอื่นได้ด้วย
- ให้เนื้อหาสาระชัดเจน ในตัว ไม่ต้องอธิบายเพิ่มเติมมาก
- ใช้เวลาในการประกอบน้อย
- ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นประกอบช่วย
- มีคู่มือคำแนะนำในการใช้ การดูแลรักษา
- ต้องมี Software ประกอบ
- ตัวอักษร สีสัน ฟอร์ม Format ชัดเจน

2.4.5 เกณฑ์ในการประเมินสื่อการเรียนการสอน

เมื่อกำหนดประเด็นต่างๆ ที่จะประเมินสื่อแล้วก็ต้องมากำหนดเกณฑ์ ในการประเมิน ซึ่งมีสิ่งที่ควรพิจารณาดังนี้

1. เกณฑ์ที่กำหนดจะเน้นคุณลักษณะไปด้านใด เช่น ด้านเทคนิค ด้านการเรียนการสอน หรือด้านพาณิชย์ หรือจะให้น้ำหนักเท่ากันทั้ง 3 ด้าน

2. ในแต่ละประเด็นอาจจะประเมินโดยการทำเป็น รายการตรวจสอบ (Check list) เช่น ว่าใช่/ไม่ใช่ มี/ไม่มี มีคำตอบให้เลือก สองทางเลือก อีกลักษณะหนึ่งเป็นการให้ความคิดเห็นว่าคุณลักษณะด้านนั้นๆ ดีมาก ดี พอใช้ ใช้ไม่ได้ เป็นต้น

3. จากผลการประเมินในข้อ 2 นำมาประมวลผล โดยใช้หลักการทางสถิติ เป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ ในแต่ประเด็น หรือลักษณะภาพรวม

การประเมินจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากจากนั้นค่าที่ได้ควรมีความเชื่อมั่นเที่ยงตรง มีเป้าหมาย มีความชัดเจน น่าเชื่อถือ สามารถคำนวณและปฏิบัติ หน่วยงานหรือ ทีมงานจะต้องกำหนดเกณฑ์เพื่อจะประเมินสื่อการสอนได้ผลสำเร็จตามเป้าหมาย

2.4.6 องค์ประกอบในการประเมินสื่อ

นอกจากการกำหนดเกณฑ์แล้ว ก็ควรคำนึงถึงองค์ประกอบในการประเมินสื่อซึ่งมีหลายประการได้แก่

1. เครื่องมือ เป็นเอกสารหรืออุปกรณ์ที่สามารถบันทึกแสดงข้อมูลที่จะได้จากการประเมินสื่อว่าอยู่ในระดับใด ควรมีการทดลองใช้ วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ค่าความเที่ยงตรง มีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องมือให้เหมาะสม

2. วิธีการ การประเมินทำได้โดยการกำหนดประเด็นต่าง ๆ แล้วให้คะแนนในประเด็นนั้นๆ วิธีการประเมินโดยใช้ความรู้สึกอาจขาดความเชื่อถือ มีคำแนะนำขั้นตอนในการประเมิน

3. เกณฑ์ กำหนดระดับค่าคะแนนว่าระดับใดที่จะยอมรับได้ ขึ้นกับเป้าหมายว่าต้องการเน้นด้านใด หน่วยงานเอกชนอาจมุ่งทางการค้า หน่วยงานการศึกษาอาจมุ่งด้านการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผู้ประเมิน ทำหน้าที่ใช้เครื่องมือประเมิน อาจเป็นบุคคลภายในและภายนอกหน่วยงาน เป็นผู้เชี่ยวชาญมีประสบการณ์และมีจำนวนเหมาะสม มาจากหลายๆ ฝ่ายเช่น ฝ่ายตลาด ฝ่ายผลิต มีความเข้าใจในวิธีประเมิน

5. ผู้สอน ผู้ที่ทำหน้าที่สอนโดยใช้สื่อการสอนนั้น ก็เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการประเมิน ที่ผู้ประเมินมีข้อมูลเกี่ยวกับผู้สอนอย่างไร

6. ผู้เรียน ผู้ประเมินหรือแบบประเมินมีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนอย่างไร คาดการณ์ว่าผู้เรียนจะมีพื้นฐาน มีความรู้ ประสบการณ์เพียงใด และต้องการคาดหวังต่อผู้เรียนอย่างไร

7. เนื้อหาวิชา เป็นสาขาวิชาใดมีรายการ วัตถุประสงค์ของบทเรียนอย่างไร

8. ประเภทของสื่อ สื่อมีความแตกต่างกันหลายประเภท เช่น เอกสารสิ่งพิมพ์ แผ่นใส แผ่นภาพ อุปกรณ์ทดลองสาธิต แผ่นดิสก์ ซีดี เป็นต้น ประเด็นการประเมินจะแตกต่างกัน

2.5 การประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

การหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติได้แนวคิดมาจาก ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556: 6-19) การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพพียงใด มีความสัมพันธ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้นผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นต้องจะนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ

2.5.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

2.5.1.1 ความหมายของประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือ ร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการและผลลัพธ์ (Ratio between input, process and output) ประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการ ที่ถูกต้องหรือกระทำสิ่งใดๆ อย่างถูกวิธี(Doing the thing right)

2.5.1.2 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน จึงหมายถึงการหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้นตรงกับภาษาอังกฤษว่า “Developmental Testing” คือ การทดสอบคุณภาพตามพัฒนาการของการผลิตสื่อ หรือชุดการสอนตามลำดับขั้น เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงานให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำแบบ ประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

2.5.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพใช้ เบื้องต้น

เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้น เป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2.5.1.4 การทดสอบประสิทธิภาพ สอนจริง

การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ ทดสอบประสิทธิภาพใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็น อย่างน้อยเพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การทดสอบประสิทธิภาพทั้งสองขั้นตอน จะต้องผ่านการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development-R&D) โดยต้องดำเนินการวิจัยในขั้นทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นและอาจทดสอบประสิทธิภาพซ้ำในขั้นทดสอบประสิทธิภาพใช้จริง

2.5.2 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุด การสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

2.5.2.1 สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุดการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพ ของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูงเหมาะสมที่จะ ลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบ ประสิทธิภาพเสียก่อนแล้วเมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ ไม่ได้ดีก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่เป็นการสิ้นเปลือง ทั้งเวลา แรงงานและเงินทอง

2.5.2.2 สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอน

สื่อหรือชุดการสอนที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพ จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดีในการสร้างสภาพการเรียนให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ตามที่มุ่งหวัง บางครั้งชุดการสอนต้องช่วยครูสอน ดังนั้นก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนจริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มี คุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.5.2.3 สำหรับผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่า เนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อหรือชุดการสอนมีความเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมอง แรงงาน เวลาและเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

2.5.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

2.5.3.1 ความหมายของเกณฑ์ (Criterion)

เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือ พฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลาดเคลื่อน ต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่า ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบ ประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2.5.3.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E1 = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E2 = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

(1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบ กิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่มและรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

(2) ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่ ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน จะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E1/E2 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

2.5.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตร

สูตรที่ 1

$$E1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\overline{X}}{A} \times 100 \qquad (2.1)$$

เมื่อ $E1$ แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัดปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียน ทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

N แทน จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2

$$E2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\overline{F}}{B} \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ $E2$ แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B แทน คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย ประกอบด้วย ผลการสอบหลังเรียนและคะแนนประเมินงานสุดท้าย

N แทน จำนวนผู้เรียน

2.5.5 การเลือกนักเรียนมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

นักเรียนที่ผู้สอนจะเลือกมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน ควรเป็นตัวแทนของนักเรียนที่เราจะนำสื่อหรือชุดการสอนนั้นไปใช้ ดังนั้นจึงควรพิจารณาประเด็นต่อไปนี้

2.5.5.1 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ แบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ ครู 1 คน ต่อเด็ก 1-3 คน ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนเสียก่อน ทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบ ประสิทธิภาพกับเด็กปานกลาง และนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่ง อย่างไรก็ตามหากเวลา ไม่อำนวยและสภาพการณ์ไม่เหมาะสม ก็ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนหรือเด็กปานกลาง โดยไม่ต้องทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่งก็ได้แต่การ ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กทั้งสามระดับจะเป็นการ สะท้อนธรรมชาติการเรียนที่แท้จริง ที่เด็กเก่ง กลาง อ่อนจะได้ช่วยเหลือกัน เพราะเด็กอ่อนบางคนอาจจะเก่งในเรื่องที่เด็กเก่งทำไม่ได้

2.5.5.2 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ แบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ครู 1 คนทดสอบประสิทธิภาพกับเด็ก 6–12 คน โดยให้มีผู้เรียนคละกันทั้งเด็กเก่ง ปานกลาง เด็กอ่อน ห้ามทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนล้วน หรือเด็กเก่งล้วน ขณะทำการทดสอบประสิทธิภาพ ผู้สอนจะต้องจับเวลาด้วยว่ากิจกรรมแต่ละกลุ่มใช้เวลาเท่าไร ทั้งนี้เพื่อให้ทุกกลุ่มกิจกรรมใช้เวลาใกล้เคียงกัน

2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลได้แนวคิดมาจากพิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551: 139-160) เครื่องมือวัดผลเป็นชุดของสิ่งเร้าที่ใช้วัดพฤติกรรม หรือคุณลักษณะของคน สัตว์ หรือสิ่งของเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของสิ่งนั้นตามที่ผู้วัดต้องการ ในงานวิจัยนี้หาคุณภาพเครื่องมือโดยใช้วิธีดังนี้

2.6.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงหรือความตรง (Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) หมายถึงคุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และเมื่อรวบรวมข้อคำถามทุกข้อเป็นเครื่องมือทั้งฉบับจะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการวัดด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุด โดยเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพราะแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่ำนักเรียนไม่สามารถแสดงความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ได้ เพราะความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ไม่ได้ถูกวัด ข้อสอบวัดในสิ่งที่ครูไม่ได้สอน หรือครูสอนแต่ไม่ได้วัด ผลที่ตามมาคือผู้สอบตอบข้อสอบไม่ถูกเป็นส่วนใหญ่ส่งผลให้คะแนนที่ได้จากการวัดครั้งนั้นๆ ขาดความเชื่อถือ วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดจริงๆ ไม่ได้และเมื่อนำผลการวัดครั้งนั้นๆ ไปประเมินผล ผลการประเมินครั้งนั้นๆ ก็ขาดความเชื่อถือตามไปด้วยมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบว่าข้อคำถามในแบบทดสอบมีความเป็นตัวแทนของเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการจะวัดหรือไม่ และตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาที่แบ่งเป็นหมวดหรือหน่วยย่อยๆ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากน้ำหนักของพฤติกรรมที่จะวัดกับจำนวนข้อคำถามในพฤติกรรมนั้นซึ่งดูจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร

2. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาที่วัดกับจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัดหรือไม่ วิธีนี้เป็นการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญไม่น้อยกว่า 3 คน เป็นผู้พิจารณาให้คะแนนแต่ละข้อดังนี้

-1	เมื่อแน่ใจว่า	ข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์
0	เมื่อไม่แน่ใจว่า	ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์
+1	เมื่อแน่ใจว่า	ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

จากนั้นนำคะแนนผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์โดยใช้สูตรของโรวิเนลลี และแฮมเบลตัน ดังนี้ (Rowinelli and Hambleton 1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2539 : 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad (2.3)$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามดังนี้

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5-1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

2.6.2 ความเชื่อมั่น

ความเชื่อมั่น (reliability) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่แสดงให้ทราบว่าเครื่องมือนั้นๆ ให้ผลการวัดที่คงที่ไม่ว่าจะใช้วัดกี่ครั้งก็ตามกับกลุ่มเดิม ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ด (Kuder – Richardson) เป็นวิธีที่ที่นิยมใช้เนื่องจากทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว โดยมีข้อตกลงว่าแบบทดสอบฉบับนี้ค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อไม่เท่ากัน และมีระบบการให้คะแนน ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน โดยใช้สูตร KR-20

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

เมื่อ r_{tt} แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
n แทน จำนวนข้อสอบ
S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ
p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ (q = 1 - p)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ความยากง่าย

ความยากง่าย (difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นก็ง่ายและถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่ดีควรมีความยากง่ายพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

$$\text{ความยากง่ายของข้อสอบ } (P) = \frac{\text{จำนวนคนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ}}{\text{จำนวนคนทั้งหมดที่ทีทำข้อสอบในแต่ละข้อ}} \qquad (2.5)$$

เกณฑ์การพิจารณาความยากง่าย

ค่าความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบทีมีความยากง่ายพอเหมาะควรมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$0.80 < P \leq 1.00$ แสดงว่า เป็นข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

$0.60 < P \leq 0.80$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ดี)

$0.40 < P \leq 0.60$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากง่ายปานกลาง (ดีมาก)

$0.20 < P \leq 0.40$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก (ดี)

$0.00 < P \leq 0.20$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

2.6.4 อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก (discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนได้ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูงด้วย

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \qquad (2.6)$$

เมื่อ r แทน ค่าความจำแนก

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบทีดีควรมีอำนาจจำแนกตั้ง 0.20 ขึ้นไป ส่วนค่าอื่น ๆ มีความหมายดังนี้

$0.40 < r \leq 1.00$ แสดงว่า จำแนกได้ดีเป็นข้อสอบที่ดี

$0.30 < r \leq 0.39$ แสดงว่า จำแนกได้เป็นข้อสอบที่ดีพอสมควรอาจต้องปรับปรุงบ้าง

$0.20 < r \leq 0.29$ แสดงว่า จำแนกพอใช้ได้ แต่ต้องปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-1.00 < r ≤ 0.19 แสดงว่า ไม่สามารถจำแนกได้ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

ถ้า r มีค่าเป็นลบหรือน้อยกว่า 0 แสดงว่า ข้อสอบนั้นจำแนกกลับ แสดงว่าคนเก่งทำไม่ได้ คนอ่อนทำได้ ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จินตนา อำนาจกิติกร (2551 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ชุดปฏิบัติการออกแบบวงจรดิจิตอล สำหรับการเรียนการสอนวิชาดิจิตอล ระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ผู้วิจัยได้สร้างชุดปฏิบัติการออกแบบวงจรดิจิตอลและสร้างใบงานที่มีความสัมพันธ์กับชุดปฏิบัติการจำนวน 5 ใบงาน การหาคุณภาพของชุดปฏิบัติการออกแบบวงจรดิจิตอลและเครื่องมือกระทำโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่าน เป็นผู้ประเมิน ซึ่งผลการประเมินในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับดี มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ จากนั้นนำชุดปฏิบัติการไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการปฏิบัติการออกแบบวงจรดิจิตอลที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.42 / 87.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

ภัทรดานันท์ อินทร์นุช (2560 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลอง หาประสิทธิภาพชุดทดลองและความพึงพอใจของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยชุดทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ใบงานทดลองจำนวน 7 ใบงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินผลการปฏิบัติทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ที่สร้างขึ้นด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.00, S.D. = 0.46) และในด้านการผลิตสื่อชุดทดลอง อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.30, S.D. = 0.62) และมีประสิทธิภาพ 81.83/80.17 ตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และด้านความพึงพอใจของนักเรียนที่ใช้ชุดทดลองอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.16, S.D. = 0.7) ตามสมมติฐานการวิจัย

จิรวัฒน์ แสงคุณธรรม (2560 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกอบรมเรื่องอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่งที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยเอกสารการฝึกอบรม สื่อชุดฝึกอบรมเรื่องอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่งและใบงานการทดลอง 7 ใบงาน การกำหนดเนื้อหาสำหรับการฝึกอบรมได้จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์เนื้อหาที่สำคัญในการจัดลำดับการเรียนรู้ เพื่อนำมากำหนดสร้างเครื่องมือการวิจัย โดยผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ประกอบด้วยบุคลากรทางการศึกษา 3 ท่าน และบุคลากรจากภาคเอกชน จำนวน 2 ท่าน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดฝึกอบรมเรื่องอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่งที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในบอร์ดเดียวกันสามารถทำงานได้ดี ใช้งานได้ง่ายและสอดคล้องกับใบงานการทดลอง โดยมีคุณภาพในด้านสื่อและใบงานอยู่ในเกณฑ์ระดับดี ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 4.44 และ 4.48 ตามลำดับ ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมเรื่องอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่ง หรือ E1/E2 มีค่าเท่ากับ 89.06 / 89.25 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และมีความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.61 ซึ่งแสดงว่าชุดฝึกอบรมฯที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จักรกริช แก้ววิจิตร (2560 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้ชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino เป็นสื่อการเรียนการสอน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ (ชลบุรี) จำนวน 37 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sapling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่า t-test และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองด้วยค่า E1/E2 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 85.40 / 87.28 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยชุดทดลองนี้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สุวิทย์ อัฐกุลชัย (2563 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาคุณภาพ หาประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ผลการวิจัยพบว่า 1. คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ได้ผลการประเมินด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.74, S.D. = 0.30) และด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดีมาก($\bar{X}$ = 4.96, S.D. = 0.04) 2. ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 เท่ากับ 82.89 / 83.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนเข้า รับการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นการเรียนชุดปฏิบัติการหรือชุดทดลองส่วนด้านดิจิทัลจะแยกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และยังมีระดับความยากง่ายของเนื้อหาที่สอดคล้องตามรายวิชาอาจจะไม่เหมาะสมกับเนื้อหาที่ผู้วิจัยสนใจแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามโดยส่วนใหญ่งานวิจัยดังกล่าวมุ่งเน้นการพัฒนาให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน และสนใจศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน เพื่อเชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาการจูงใจผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับผู้วิจัยที่สนใจการพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยสนใจออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการโดยรวมเอาส่วนของวงจรดิจิทัลมารวมกับส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์มาไว้ในชุดเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการเรียนรู้ และการประยุกต์การเรียนรู้ เพื่อให้เห็นการเชื่อมโยงของทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันเพื่อทำให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ในการเรียนและเกิดแรงจูงใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นทำให้ลดขั้นตอนการเตรียมการสอนและการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้ลดเวลาของการเรียนรู้ลงได้ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดกับนักเรียนระบบทวิศึกษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติ เรื่องชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดปฏิบัติการที่มีคุณภาพ หาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ และหาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการ ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2563 ในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 90 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชา ช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2563 ในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 15 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.2.1 ชุดปฏิบัติการ ประกอบด้วย
- 3.2.1.1 แผงอุปกรณ์
- 3.2.1.2 ใบงาน
- 3.2.1.3 คู่มือการใช้งาน

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการ ประกอบด้วย
- 3.2.2.1 คุณภาพด้านใบงาน
- 3.2.2.2 คุณภาพด้านแผงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3.2.4 แบบประเมินผลความพึงพอใจ

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาศึกษาหลักสูตรการสอน สังเขปรายวิชา งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง กับการสร้างชุดปฏิบัติการเรื่องชุดปฏิบัติการ และวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับการทดลองที่เหมาะสมกับจุดประสงค์รายวิชา และสมรรถนะรายวิชา โดยนำมาสรุปเป็นหัวข้อในการสร้างเนื้อหาการทดลองได้ดังตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ใบงานการทดลองที่ 1 การบวก ลบ เลขไบนารี	1) อธิบายหลักการทำงานวงจรบวก ลบเลขไบนารี 2) เขียนวงจรบวก ลบเลขไบนารี 3) ต่อวงจรบวก ลบเลขไบนารี 4) ทดสอบการทำงานของวงจรบวก ลบเลขไบนารี
ใบงานการทดลองที่ 2 วงจรลอจิกเกตและการลดรูปสมการ	1) อธิบายหลักการวงจรลอจิกเกตชนิดต่างๆ 2) เขียนวงจรของไอซีลอจิกแต่ละชนิดได้ 3) ประกอบวงจรลอจิกแบบใช้ไอซีชนิดต่างๆ ได้ 4) ทดสอบวงจรลอจิกเกตได้ 5) อธิบายการลดรูปสมการโดยใช้พีชคณิตบูลีน 6) อธิบายการลดรูปสมการโดยใช้แผนผังคาร์โนห์ 7) แสดงวิธีการลดรูปสมการ 8) ต่อวงจรลอจิกเกตจากสมการ 9) ทดสอบวงจรลอจิกเกตจากสมการ
ใบงานการทดลองที่ 3 ไอซีฟลิปฟลอป	1) อธิบายหลักการทำงานไอซีฟลิปฟลอปแบบต่างๆ 2) เขียนวงจรฟลิปฟลอปแต่ละแบบ 3) ต่อวงจรฟลิปฟลอปแบบต่างๆ 4) ทดสอบวงจรฟลิปฟลอปแบบต่างๆ
ใบงานการทดลองที่ 4 วงจรเลื่อนข้อมูลและวงจรนับ	1) อธิบายหลักการทำงานวงจรเลื่อนข้อมูล 2) อธิบายหลักการทำงานวงจรนับ 3) ทดสอบวงจรเลื่อนข้อมูล 4) ทดสอบวงจรวงจรนับ
ใบงานการทดลองที่ 5 การติดตั้ง Arduino IDE	1) อธิบายหลักการทำงาน Arduino IDE 2) อธิบายขั้นตอนการติดตั้ง Arduino IDE 3) เขียนโปรแกรมทดสอบ Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ใบงานการทดลองที่ 6 การรับสัญญาณจากการกดสวิตช์และการแสดงผลที่ LED	1) อธิบายหลักการทำงานวงจรสวิตช์และวงจร LED ที่พอร์ตของบอร์ด Arduino 2) ใช้ฟังก์ชั่นพื้นฐานสำหรับรับสัญญาณจากการกดสวิตช์ 3) ใช้ฟังก์ชั่นพื้นฐานสำหรับการควบคุมการสว่างของ LED 4) เขียนโปรแกรมภาษาซีตามเงื่อนไขที่กำหนด 5) ทดสอบวงจรสวิตช์และวงจร LED
ใบงานการทดลองที่ 7 การใช้งานแอนะล็อกและ PWM ของบอร์ด Arduino	1) อธิบายการทำงานวงจรรับสัญญาณแอนะล็อกของบอร์ด 2) อธิบายต่อวงจรสำหรับรับสัญญาณแอนะล็อก 3) ใช้ฟังก์ชั่นสำหรับการรับสัญญาณแอนะล็อกและ PWM 4) เขียนโปรแกรมภาษาซีเพื่อรับค่าสัญญาณแอนะล็อกและ PWM 5) ทดสอบวงจรสำหรับรับสัญญาณแอนะล็อก
ใบงานการทดลองที่ 8 การควบคุมมอเตอร์ด้วย Auduino	1) อธิบายการทำงานวงจรควบคุมมอเตอร์ 2) ใช้ฟังก์ชั่นภาษาซีสำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์ 3) เขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์ 4) ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์เข้ากับบอร์ด Arduino 5) ทดสอบวงจรควบคุมมอเตอร์ด้วย Auduino 6) ประยุกต์ใช้งานวงจรในงานอุตสาหกรรม

โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกการจัดทำชุดปฏิบัติการ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แผงอุปกรณ์ และใบงาน

3.3.1 แผงอุปกรณ์

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เนื้อหารายวิชา รูปแบบและการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดปฏิบัติการ หลักการสร้างวงจร และรายละเอียดต่าง ๆ

2. ผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกการจัดทำแผงอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยพิจารณาจากการเลือกใช้อุปกรณ์ที่จัดหาได้ง่าย แข็งแรง และน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้ และผู้วิจัยได้ออกแบบโดยรวมเอาส่วนของวงจรดิจิทัลมารวมกับส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาไว้ในชุดเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการเรียนรู้ และการประยุกต์การเรียนรู้ เพื่อให้เห็นการเชื่อมโยงของทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน

3. ทำการทดลองวงจรต่าง ๆ ให้เป็นไปตามทฤษฎีและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. นำแผงอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยออกแบบเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ร่วมพิจารณาและนำข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวางตำแหน่งและการเชื่อมโยงวงจรดิจิทัลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ มาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแผงอุปกรณ์ เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพด้านแผงอุปกรณ์ โดยขั้นตอนนี้ได้นำเสนอพร้อมกับด้านใบงานด้วย โดยรายนามผู้ทรงคุณวุฒิมีดังนี้

5.1 ครูทันพงษ์ ภู่รักษ์ ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี
5.2 ครูกฤษณา เฮ้งฉุน ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคนครนายก
5.3 ครูจารุวัฒน์ มณีศรี ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา
5.4 ครูพัชรินทร์ วิลัยโรจน์ ครูชำนาญการ วิทยาลัยการอาชีพนครนายก
5.5 ครูพงษ์ศักดิ์ ย้อยเสริฐสุทธิ์ ครูชำนาญการ วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี

6. ปรับปรุงแก้ไขแผงอุปกรณ์ ตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะได้แก่ การเพิ่มจุดต่อแหล่งจ่ายไฟ บอร์ด Arduino ที่ติดตั้งในแผงอุปกรณ์ควรถอดเปลี่ยนได้ด้วยผู้ใช้งานและสวิตช์อินพุตควรนำมารวมกันอยู่ด้านล่างของแผงอุปกรณ์

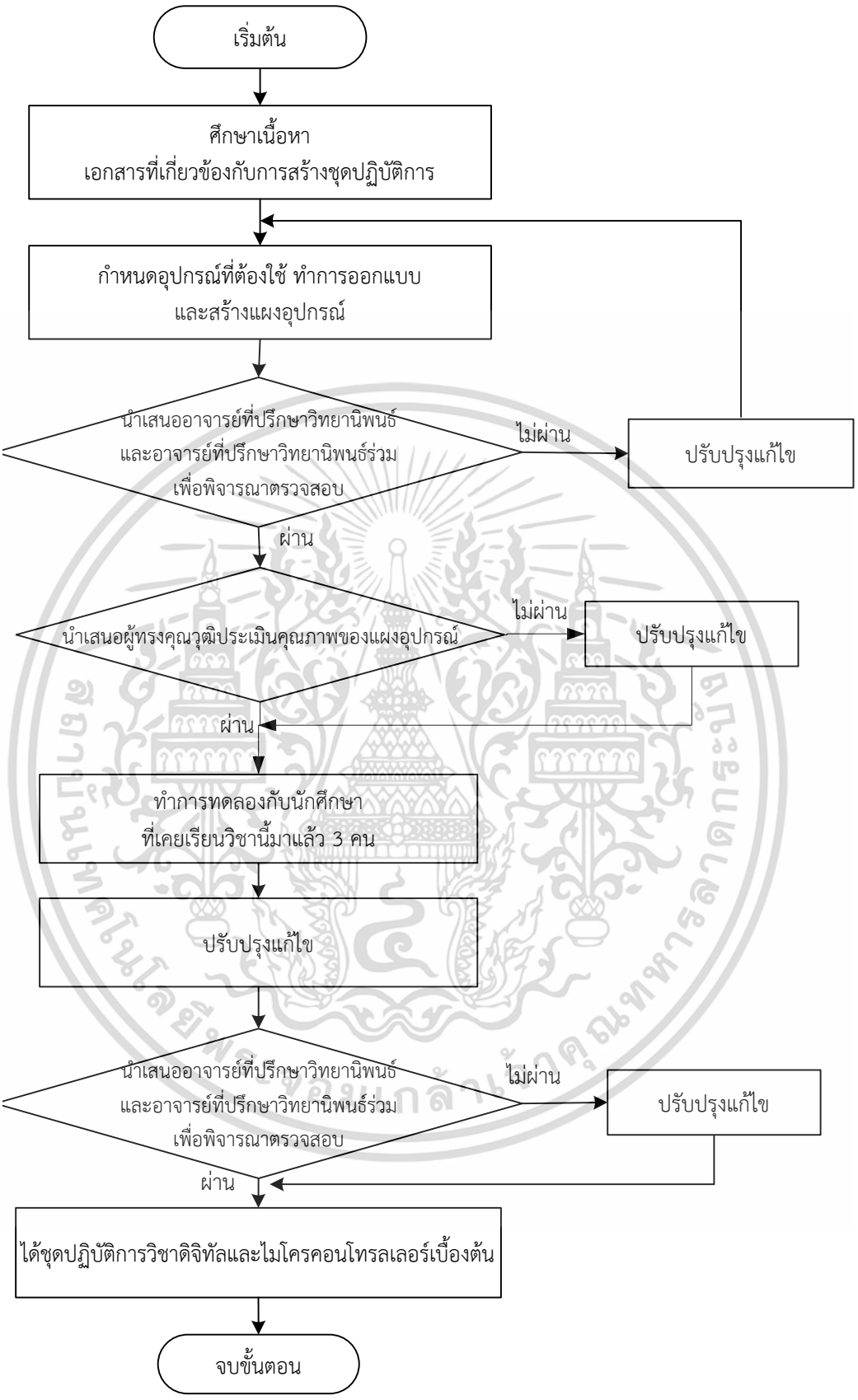
7. นำแผงอุปกรณ์ ทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ที่เคยเรียนมาแล้ว จำนวน 3 คน โดยการคัดเลือกนักเรียนมีผลการเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน โดยสังเกตการปฏิบัติร่วมกับใบงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อหาข้อบกพร่องของการใช้แผงอุปกรณ์ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

8. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

9. เมื่อผ่านการตรวจสอบและแก้ไขเรียบร้อย ได้แผงอุปกรณ์ นำไปใช้ในการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการต่อไป

ลำดับขั้นการสร้างแผงอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแผงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การสร้างใบงาน

การสร้างใบงานการทดลองผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างให้ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับชุดปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดการสร้างดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากตำราเอกสารต่าง ๆ เกี่ยวกับ คำอธิบายรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักการสร้างสื่อการเรียนการสอน นำทฤษฎีเหล่านั้นมากำหนดวัตถุประสงค์และเนื้อหาใบงาน ดังตารางที่ 3.1

2. ออกแบบใบงาน จำนวน 8 ใบงาน ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และแผงอุปกรณ์ โดยในขั้นตอนนี้ได้ทดสอบลำดับการปฏิบัติงานร่วมกับแผงอุปกรณ์ และนำใบงานที่ผู้วิจัยออกแบบ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อพิจารณาตรวจสอบ

3. ปรับปรุงรายละเอียดลำดับการทดลองตามข้อเสนอแนะ ของที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

4. นำใบงานจำนวน 8 ใบงาน เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านประเมินคุณภาพ โดยขั้นตอนนี้ได้นำเสนอพร้อมกับแผงอุปกรณ์ด้วย

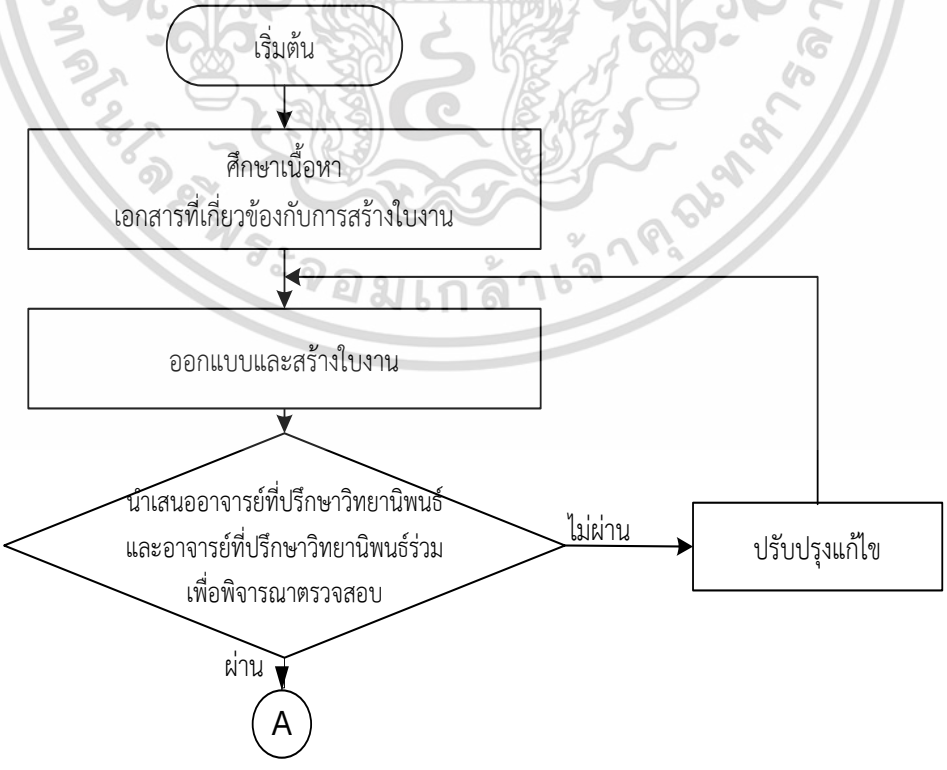
5. นำใบงานมาปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

6. ทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เคยเรียนมาแล้ว จำนวน 3 คน โดยการคัดเลือกนักเรียนมีผลการเรียน เก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อทดลองปฏิบัติตามใบงาน (โดยใช้ร่วมแผงอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น) หาข้อบกพร่องของใบงานและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

7. เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและผู้วิจัยแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

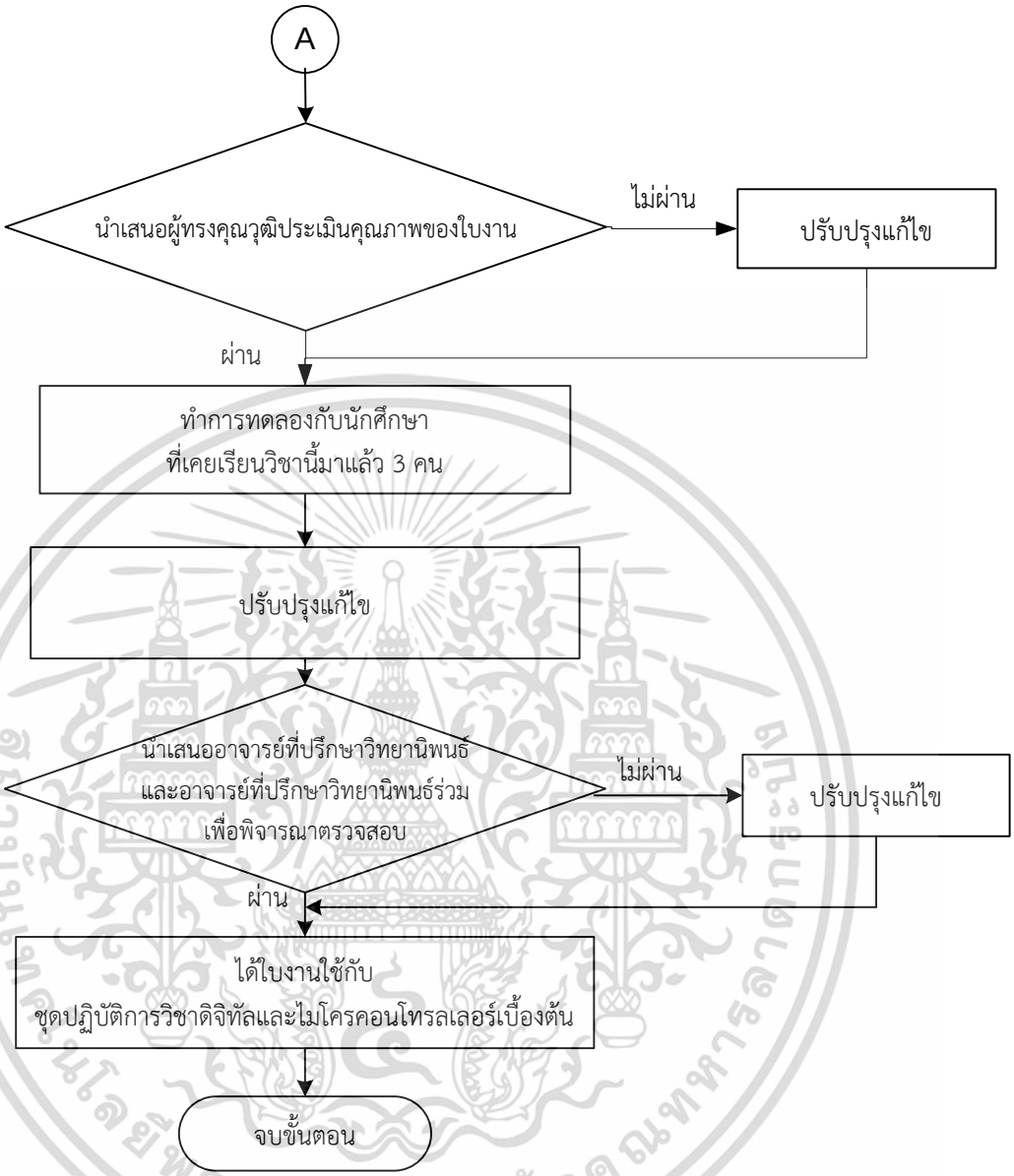
8. ได้ใบงาน จำนวน 8 ใบงาน ที่พร้อมจะนำไปใช้เพื่อการวิจัยต่อไป

ลำดับขั้นตอนการสร้างใบงานแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 (ต่อ)

3.3.3 การสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านใบงานและแผงอุปกรณ์ชุดปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านใบงาน และด้านแผงอุปกรณ์ตามขั้นดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

2. สร้างแบบประเมินคุณภาพด้านใบงานและแผงอุปกรณ์ของชุดปฏิบัติการ โดยใช้ประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพระดับปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

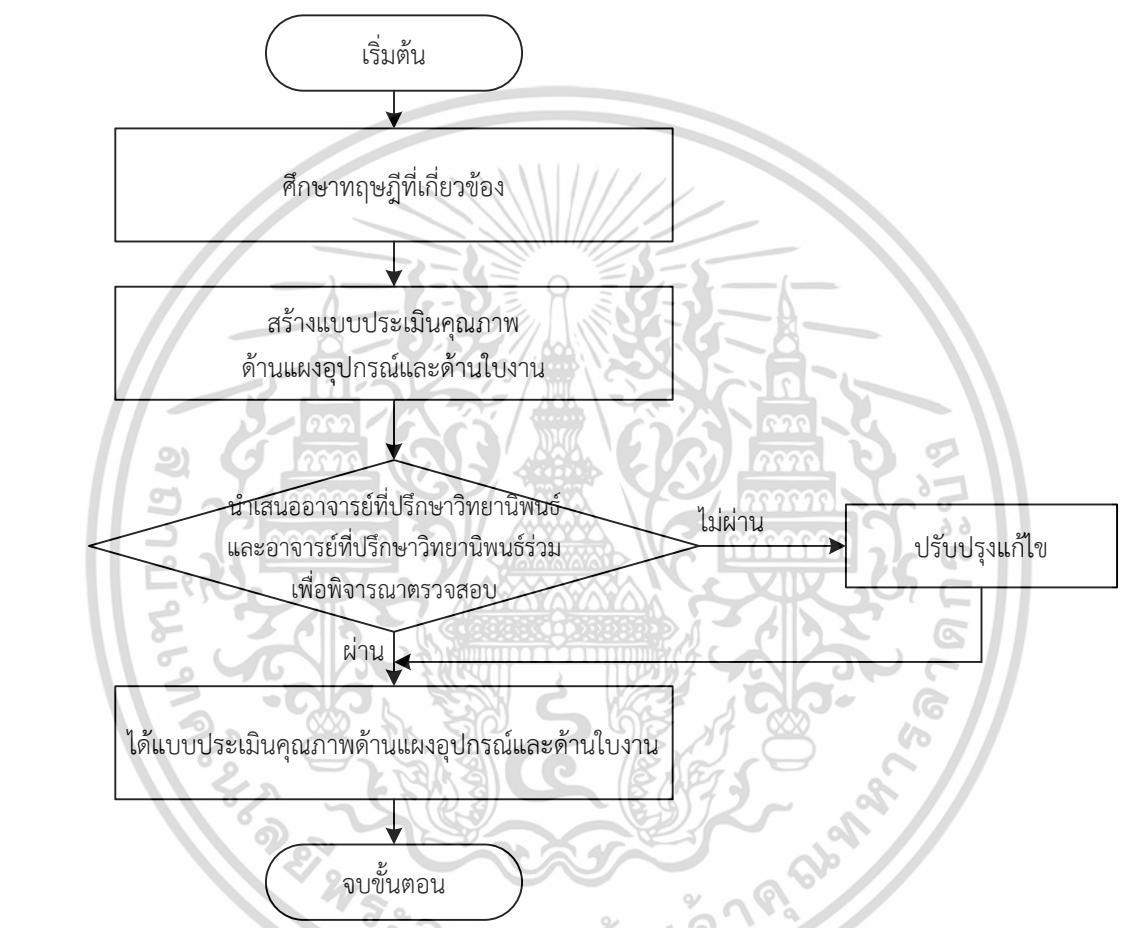
ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพระดับควรปรับปรุง

3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบและผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

4. ได้แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานและแผงอุปกรณ์ของชุดปฏิบัติการ พร้อมให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านแผงอุปกรณ์และใบงานแสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านแผงอุปกรณ์และด้านใบงาน

3.3.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งได้สร้างตามลำดับดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นทำการวิเคราะห์หลักสูตรและกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยผู้วิจัยใช้แนวคิดของ Bloom (จิตราพร ลีละวัฒน์. 2556) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประยุกต์ใช้ 3 ระดับ ได้แก่ ความรู้ ความจำ และการนำความรู้ไปประยุกต์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งแบบทดสอบมีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว และคำตอบลวง 3 คำตอบ ให้ครอบคลุมจุดประสงค์ ตรงตามเนื้อหาใบงาน จำนวน 80 ข้อ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ คือ ข้อที่ตอบถูกเป็น 1 และข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้คะแนนเป็น 0 และสร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาตรวจสอบ และนำมาปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปหาคุณภาพ ดังนี้

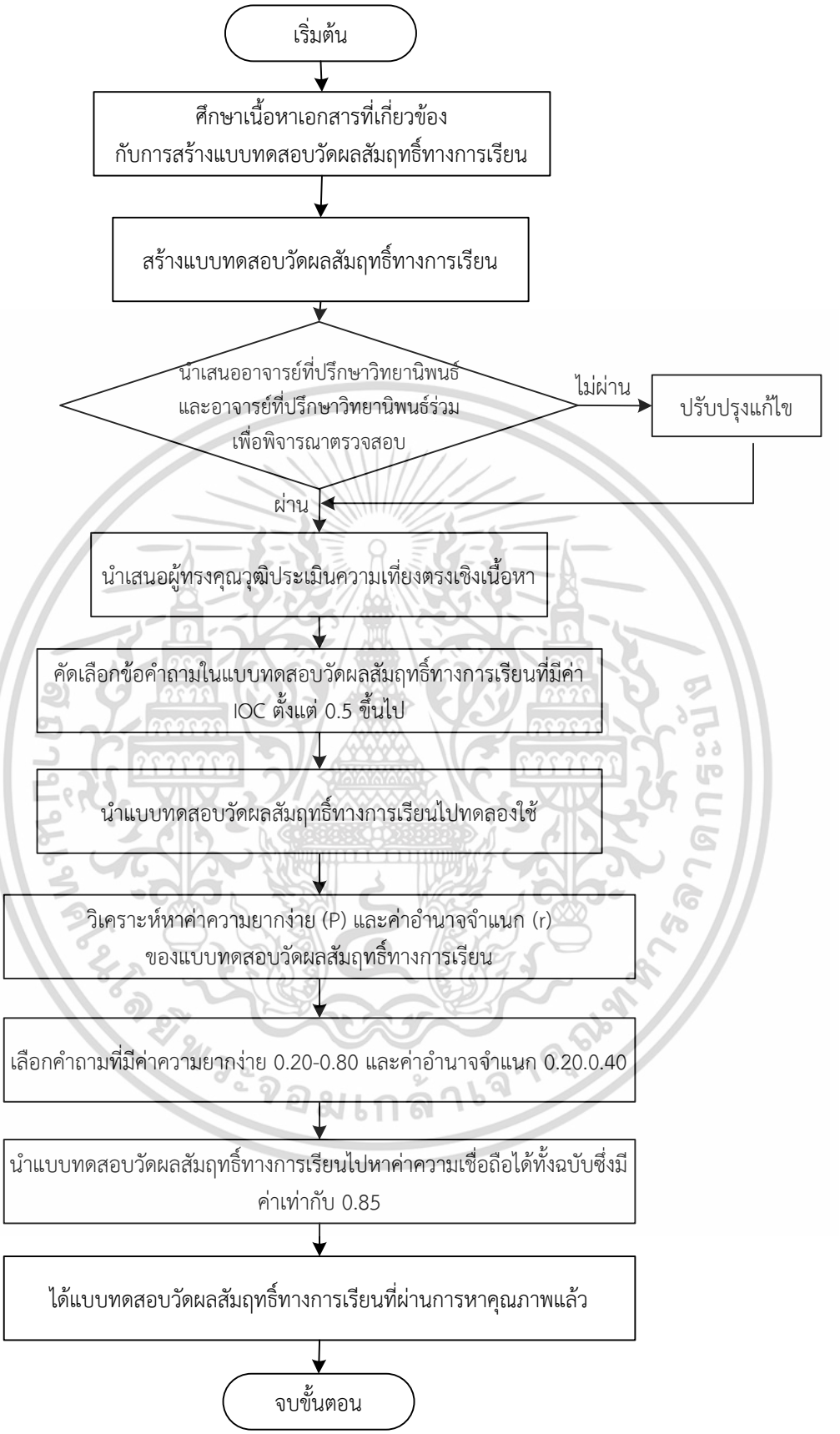
4.1 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน ซึ่งทั้ง 5 ท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิชุดเดียวกันกับที่ประเมินคุณภาพด้านใบงานและด้านแผงอุปกรณ์ จากผลการคำนวณได้ทำการคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.06 จำนวน 12 ข้อ, 0.80 จำนวน 30 ข้อ และข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 จำนวน 38 ข้อ รวมได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 80 ข้อ

4.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่เคยเรียนวิชานี้มาแล้ว จำนวน 15 คน เพื่อนำผลที่ได้จากการสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยผลการหาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.40 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 80 ข้อ และนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.85

5. ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในการทำวิจัยต่อไป

ซึ่งลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงได้ดังภาพที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

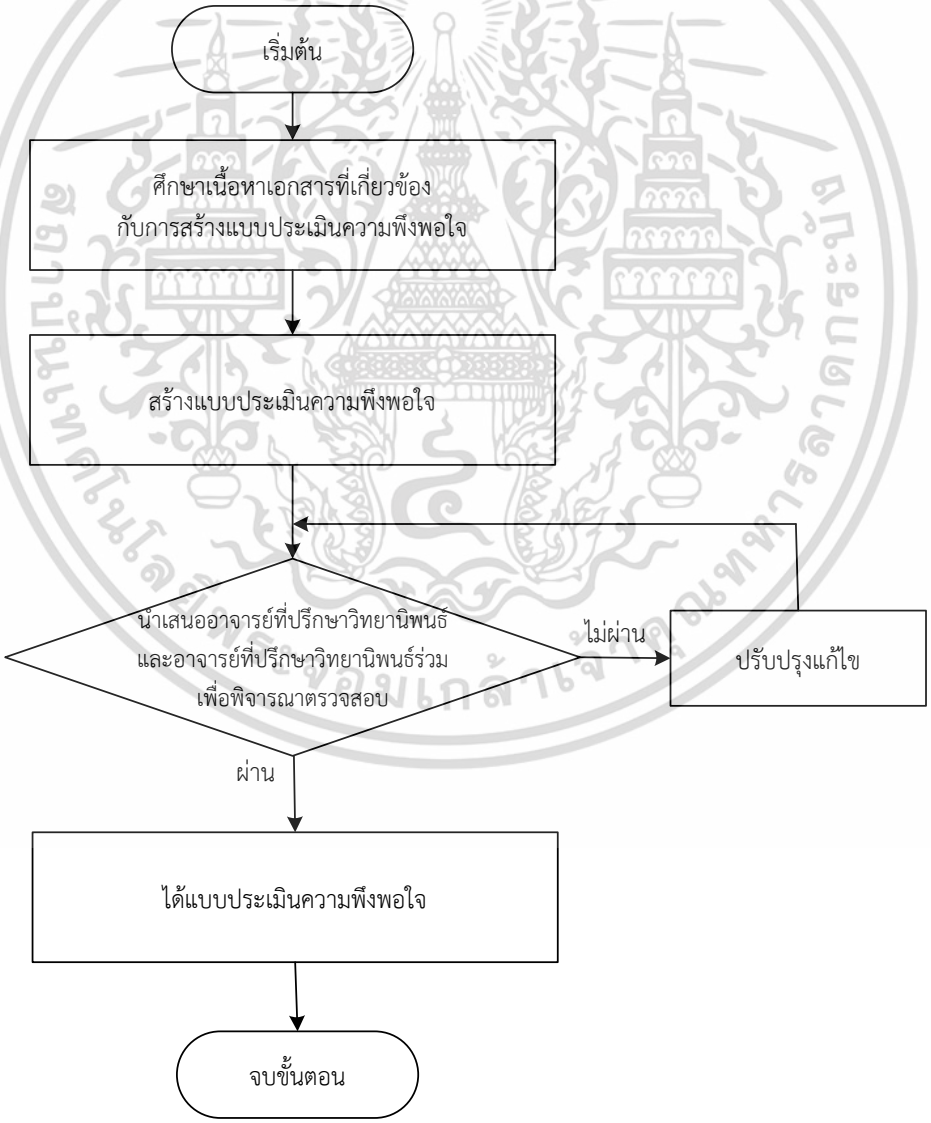
3.3.5 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

2. ดำเนินการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดปฏิบัติการ โดยใช้แบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ความพึงพอใจระดับมากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง ความพึงพอใจดีระดับมาก
ระดับ 3 หมายถึง ความพึงพอใจระดับปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อย
ระดับ 1 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อยมาก

3. นำแบบประเมินความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาตรวจสอบแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ซึ่งลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจได้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้ในขั้นตอนของการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจและประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ในการประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการด้านแผงอุปกรณ์และด้านใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิกลุ่มเดียวกัน

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการทดลองชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจ มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.4.1 ยื่นคำร้องต่องานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการออกหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อให้นักเรียนทดลองเครื่องมือเพื่องานวิจัย

3.4.2 ทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่เคยเรียนเนื้อหาวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์มาแล้ว

3.4.3 นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.4 ให้นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแต่เคยเรียนเนื้อหาวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ มาแล้ว ทดลองใช้ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น โดยผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจจุดประสงค์ของการทดลอง การใช้งานของแผงอุปกรณ์ ขั้นตอนการทดลอง เกณฑ์การประเมิน ในการนี้ให้นักเรียนทดลองใบงานครั้งละ 1 ใบงาน แล้วทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน จนครบ 8 ใบงาน เก็บคะแนนแบบทดสอบสะสมรวมเป็นคะแนนของกระบวนการ จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เก็บคะแนนแบบทดสอบเป็นคะแนนของผลลัพธ์ อนึ่งในระหว่างการปฏิบัติทดลองผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และข้อบกพร่องต่าง ๆ แล้วนำมาปรับปรุงชุดปฏิบัติการวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.4.5 แบ่งกลุ่มตัวอย่าง 5 กลุ่มๆ ละ 3 คน เพื่อกำหนดเวลาการทดลอง ให้สอดคล้องกับจำนวนชุดปฏิบัติการวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น มีรายละเอียดดังภาคผนวก ง.

3.4.6 นัดหมายกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจจุดประสงค์ของการทดลอง การใช้งานของแผงอุปกรณ์ ขั้นตอนการทดลอง เกณฑ์การประเมิน ในการนี้ให้นักเรียนทดลองใบงานครั้งละ 1 ใบงาน แล้วทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน จนครบ 8 ใบงาน เก็บคะแนนแบบทดสอบสะสมรวมเป็นคะแนนของกระบวนการ จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เก็บคะแนนแบบทดสอบเป็นคะแนนของผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 ประเมินความพึงพอใจของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดปฏิบัติการ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ทำการวิเคราะห์ในการประมวลผลค่าทางสถิติของแบบประเมินคุณภาพของชุดปฏิบัติการ มีการแปลความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้แปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับ ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพชุดปฏิบัติการ อยู่ในระดับ ดี

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพชุดปฏิบัติการ อยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพชุดปฏิบัติการ อยู่ในระดับ พอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง คุณภาพชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพชุดปฏิบัติการ ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E1/E2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ทำการวิเคราะห์ในการประมวลผลค่าทางสถิติของแบบประเมินความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการ มีการแปลความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้แปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการอยู่ในระดับ น้อยมาก

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการ ที่ใช้ได้ต้องอยู่ในระดับมากขึ้นไป คือมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติดังต่อไปนี้

3.6.1 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549 : 113)

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{N} \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็น

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549 : 113)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (3.2)$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดเห็น

X คือ ค่าคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

3.6.3 การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2539 : 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.3)$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติ E1:E2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556:10)

$$E1 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{A} \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ $E1$ คือ ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

$$E2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E2 คือ ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีคุณภาพ หาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 และหาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยประชากร นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 90 คน และทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี จำนวน 15 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย แผงอุปกรณ์ ใบงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินคุณภาพด้านแผงอุปกรณ์และด้านใบงาน และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้นสำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

4.1.1 คุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน

คุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน

รายการประเมิน	N = 5		ระดับคุณภาพ
	$\bar{x}$	S.D.	
1. มีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.80	0.45	ดีมาก
2. อธิบายแต่ละขั้นตอนชัดเจน	4.40	0.55	ดี
3. ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา	4.40	0.55	ดี
4. มีคำอธิบายการจัดลำดับขั้นการปฏิบัติเข้าใจง่าย	4.60	0.55	ดีมาก
5. มีความถูกต้องของเนื้อหา	4.60	0.55	ดีมาก
6. มีการเชื่อมโยงความรู้เก่า	4.20	0.45	ดี
7. การบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง	4.60	0.55	ดีมาก
8. ภาษาที่ใช้ถูกต้องชัดเจน สื่อความหมายเข้าใจได้ง่าย	4.80	0.45	ดีมาก
9. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้	4.80	0.45	ดีมาก
10. รูปแบบใบงานง่ายต่อการใช้งาน	4.60	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.58	0.51	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน มีคุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.58 , S.D.= 0.51) ซึ่งเมื่อแยกเป็นรายข้อมีคุณภาพระดับดีมาก ได้แก่ มีความเหมาะสมกับผู้เรียน ภาษาที่ใช้ถูกต้องชัดเจน สื่อความหมายเข้าใจได้ง่าย กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ($\bar{x}$ = 4.80, S.D.= 0.45) มีคำอธิบายการจัดลำดับขั้นการปฏิบัติเข้าใจง่าย มีความถูกต้องของเนื้อหา การบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง รูปแบบใบงานง่ายต่อการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.60, S.D.= 0.55) คุณภาพระดับดี ได้แก่ อธิบายแต่ละขั้นตอนชัดเจน ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.55) มีการเชื่อมโยงความรู้เก่า ($\bar{x}$ = 4.20, S.D. = 0.45) ตามลำดับ

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์

คุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์ ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์

รายการประเมิน	N = 5		ระดับคุณภาพ
	$\bar{x}$	S.D.	
1. มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานทดลอง	4.40	0.55	ดี
2. มีความเหมาะสมการจัดวางอุปกรณ์	4.20	0.45	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	N = 5		ระดับคุณภาพ
	$\bar{X}$	S.D.	
3. มีความสะดวกในการดูแล รักษา และซ่อมบำรุง	4.60	0.55	ดีมาก
4. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.60	0.55	ดีมาก
5. มีความสะดวกในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	4.60	0.55	ดีมาก
6. มีอุปกรณ์การทดลองครอบคลุมใบงานการทดลอง	4.60	0.55	ดีมาก
7. สะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.60	0.55	ดีมาก
8. รูปร่างแผงทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ	4.20	0.45	ดี
9. มีความแข็งแรง ทนทาน	4.40	0.55	ดี
10. ความสะดวกง่ายต่อการใช้งาน	4.60	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.48	0.53	**ดี**

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์ ในภาพรวมจัดอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.48 , S.D. = 0.53) ซึ่งเมื่อแยกเป็นรายข้อมีคุณภาพระดับดีมาก ได้แก่ มีความสะดวกในการดูแล รักษา และซ่อมบำรุง มีความปลอดภัยในการใช้งาน มีความสะดวกในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ สะดวกในการเคลื่อนย้าย ความสะดวกง่ายต่อการใช้งาน ($\bar{X}$ = 4.60, S.D.=0.55) คุณภาพระดับดี ได้แก่ มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานทดลอง มีความแข็งแรง ทนทาน ($\bar{X}$ = 4.40, S.D.=0.55) มีความเหมาะสมการจัดวางอุปกรณ์ รูปร่างแผงทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ ($\bar{X}$ = 4.20, S.D.=0.45) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยรวม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านใบงาน	4.58	0.51	ดีมาก
2. ด้านแผงอุปกรณ์	4.48	0.53	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.53	0.52	ดีมาก

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยรวม มีคุณภาพในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.53 , S.D. = 0.52)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

การทดลองใช้ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เป็นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ตามเกณฑ์ที่กำหนด (E1/E2 ไม่น้อยกว่า 80/80) ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ประสิทธิภาพ	N	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		ร้อยละ (ประสิทธิภาพ)
		คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้รับ	
ด้านกระบวนการ (ระหว่างการเรียน หรือ E1)	15	1,200	989	82.42
ด้านผลลัพธ์ (หลังการเรียน หรือ E2)	15	1,200	1,004	83.67

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 พบว่าประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีประสิทธิภาพของกระบวนการเท่ากับ 82.42 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์เท่ากับ 83.67 แสดงว่าชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 82.42/83.67 สอดคล้องกับเกณฑ์ ที่กำหนด คือ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 80/80

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ทดสอบโดยนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 15 คน ดำเนินการหลังจากที่นักเรียนได้ปฏิบัติทดลองเสร็จสิ้นทุกใบงาน แสดงดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ความพึงพอใจ	N = 15		ระดับคุณภาพ
	$\bar{X}$	S.D.	
1. ตำแหน่งอุปกรณ์มีความชัดเจน	4.60	0.51	มากที่สุด
2. ตัวอักษรมีขนาดเหมาะ	4.73	0.46	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้น่าสนใจชวนติดตาม	4.53	0.52	มากที่สุด
4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา	4.67	0.49	มากที่สุด
5. สร้างแรงจูงใจในการเรียน	4.73	0.46	มากที่สุด
6. มีความสะดวกในการทดลอง	4.53	0.52	มากที่สุด
7. นักเรียนร่วมกิจกรรมด้วยความตั้งใจ	4.47	0.52	มาก
8. ง่ายต่อการเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
9. เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ	4.60	0.51	มากที่สุด
10. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ได้	4.67	0.49	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.63	0.49	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.63, S.D.=0.49) ซึ่งเมื่อแยกเป็นรายข้อมีคุณภาพ ระดับมากที่สุด ได้แก่ ตัวอักษรมีขนาดเหมาะ สร้างแรงจูงใจในการเรียน ง่ายต่อการเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 4.73, S.D.=0.46) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ได้ ($\bar{X}$ = 4.67, S.D.=0.49) ตำแหน่งอุปกรณ์มีความชัดเจน เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ ($\bar{X}$ = 4.60, S.D.=0.51) กิจกรรมการเรียนรู้น่าสนใจชวนติดตาม มีความสะดวกในการทดลอง ($\bar{X}$ = 4.53, S.D.=0.52) คุณภาพระดับมาก ได้แก่ นักเรียนร่วมกิจกรรมด้วยความตั้งใจ ($\bar{X}$ = 4.47, S.D.=0.52) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีคุณภาพ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 และ 3) เพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยสามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

5.1.1.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.1.2.1 ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำหรับใช้ในการเรียนการสอนวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีคุณภาพในระดับดี ($\bar{x} \geq 3.50$) ขึ้นไป

5.1.2.2 ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำหรับใช้ในการเรียนการสอนวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีประสิทธิภาพ E1/E2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

5.1.2.3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2563 ในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 90 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชา ช่างไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนภาคเรียนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจำปีการศึกษา 2563 ในรายวิชาดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20104-2107 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 15 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย แผงอุปกรณ์ ใบงาน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินคุณภาพด้านแผงอุปกรณ์และด้านใบงาน และแบบประเมินผลความพึงพอใจ รายละเอียดดังนี้

5.1.4.1 แผงอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลอง

5.1.4.2 ใบงานการทดลอง ซึ่งออกแบบให้มีเนื้อหาสาระสำคัญเกี่ยวกับการทำงานของวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น โดยจัดลำดับหัวข้อการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และทักษะตามวัตถุประสงค์ จำนวน 8 ใบงาน ประกอบด้วย

ใบงานที่ 1 การบวก ลบ เลขไบนารี

ใบงานที่ 2 วงจรลอจิกเกตและการลดรูปสมการ

ใบงานที่ 3 ไอซีฟลิปฟลอป

ใบงานที่ 4 วงจรนับ

ใบงานที่ 5 การติดตั้ง Arduino IDE

ใบงานที่ 6 การรับสัญญาณจากการกดสวิตช์และการแสดงผลที่ LED

ใบงานที่ 7 การใช้งานแอนะล็อกและ PWM ของบอร์ด Arduino

ใบงานที่ 8 การควบคุมมอเตอร์ด้วย Arduino

5.1.4.3 แบบประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงานและด้านแผงอุปกรณ์

5.1.4.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1.4.5 แบบประเมินผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

5.1.5.1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ซึ่งประกอบด้วยแผงอุปกรณ์และใบงาน 8 ใบงาน เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินหาคุณภาพ

5.1.5.2 ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี จำนวน 15 คน ในการหาประสิทธิภาพ ของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 หรือ E1/E2

5.1.5.3 ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อประเมินหาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.6.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการประเมินคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.6.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประสิทธิภาพของ E1 ได้มาจากคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ระหว่างการทดลองใบงานที่ 1-7 และประสิทธิภาพของ E2 ได้มาจากคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากทดลองใบงานที่ 8 ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานในภาพรวม หาประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2

5.1.6.3 วิเคราะห์ข้อมูลหาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าวสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2562 ในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.53, S.D. = 0.52) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านใบงาน มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.58 , S.D.= 0.51) และด้านแผงอุปกรณ์มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.48 , S.D. = 0.53)

2. ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 82.42/83.67 สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ E1/E2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63, S.D. = 0.49) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 การพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประกอบด้วย แผงอุปกรณ์สำหรับการทดลองและใบงานการทดลองสำหรับใช้ในการทดลอง สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ทั้ง 8 ใบงานการทดลอง โดยผู้วิจัยได้ออกแบบแผงอุปกรณ์สำหรับการทดลองวัสดุและสายต่อวงจรให้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อบรรจุในกล่องพลาสติกที่สามารถพกพาได้สะดวก ส่วนใบงานการทดลองทั้ง 8 ใบงาน ได้รวมเป็นเล่มเพื่อสะดวกในการจัดเก็บและการใช้งาน

การพัฒนาชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพโดยรวมในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.53, S.D. = 0.52) โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1.1 คุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน มีคุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.58 , S.D.= 0.51) โดยรายการที่มีคุณภาพระดับดีมาก มีจำนวน 7 รายการ เนื่องจากผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาที่มีความจำเป็นในการเริ่มเรียนรู้และสามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างไม่ซับซ้อน ทำให้ความสำคัญของขนาดและความคมชัดของรูปภาพในใบงานมีคุณภาพ เพราะเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้ทดลองเข้าใจถึงวิธีการทดลองได้มากขึ้นกว่าการอ่านตัวหนังสือ โดยก่อนที่ผู้วิจัยจะแทรกรูปลงในใบงาน ต้องปรับแนวหรือขอบของหน้ากระดาษให้เหมาะสมกับแนวหรือขอบของรูปภาพก่อน เพื่อไม่ให้รูปภาพผิดเพี้ยนจากการแทรกภาพและการบีบขนาดของรูปภาพ และมีการแจ้งจุดประสงค์แต่ละใบงานอย่างชัดเจนทุกครั้ง อย่างไร ก็ตามในรายการที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ มีการเชื่อมโยงความรู้เก่า เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย มีความรู้ทักษะที่ไม่ซับซ้อนมาก จึงทำให้จำนวนใบงานการประยุกต์ใช้งานไม่สามารถครอบคลุมได้ทุกอุตสาหกรรม และการเชื่อมโยงความรู้เก่าที่ใช้ในใบงานอาจไม่ชัดเจน อาจจะทำให้นักเรียนบางคนไม่สามารถนำความรู้เก่ามาเชื่อมโยงความรู้ใหม่ได้เท่าที่ควร จึงทำให้ได้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิทย์ อัฐกุลชัย (2560) ที่ได้วิจัยเรื่องชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink พบว่าคุณภาพด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.96, S.D. = 0.04) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรวัฒน์ แสงคุณธรรม (2560 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกอบรมเรื่องอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่ง พบว่า คุณภาพในด้านใบงานอยู่ในเกณฑ์ระดับดี ($\bar{x}$ = 4.46, S.D.= 0.51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1.2 ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ ด้านแผงอุปกรณ์ ในภาพรวมจัดอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.48 , S.D. = 0.53) โดยรายการที่มีคุณภาพระดับดีมาก มีจำนวน 6 รายการ เนื่องจากผู้วิจัยได้คำนึงถึงความสะดวกในการดูแล รักษา และซ่อมบำรุง ให้ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน มีความสะดวกในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ สะดวกในการเคลื่อนย้าย ความสะดวกง่ายต่อการใช้งาน เลือกวัสดุและอุปกรณ์ขนาดเล็กและมีความแข็งแรง ทำให้แผงอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่สร้างขึ้นให้มีน้ำหนักเบา มีขนาดเหมาะสมและออกแบบให้มีลักษณะเป็นกล่องแบบมีที่มือจับ สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายมีความสะดวกของทั้งผู้สอนและผู้เรียนหรือผู้ใช้งาน มีความปลอดภัยในการใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิทย์ อัฐกุลชัย (2560) ที่ได้วิจัยเรื่องชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink พบว่าคุณภาพด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.74, S.D. = 0.30) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรวัฒน์ แสงคุณธรรม (2560 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกอบรมเรื่องอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่ง พบว่า คุณภาพในด้านสื่ออยู่ในเกณฑ์ระดับดี ($\bar{x}$ = 4.44, S.D.= 0.63)

5.2.2 ประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผู้วิจัยได้ยึดหลักการของ ชัยยงค์ พรหมวงค์ (2556: 6-19) มาเป็นกรอบแนวคิดในการหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 พบว่า ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีประสิทธิภาพของกระบวนการเท่ากับ 82.42 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์เท่ากับ 83.67 แสดงว่าชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 82.42/83.67 สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ทั้งนี้เพราะว่าการจัดทำชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 เป็นสื่อที่ทันสมัย มีความน่าสนใจ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความตั้งใจและสนใจเรียนมากขึ้น พร้อมมีใบงานให้ฝึกเป็นขั้นตอนอีก 8 ใบงาน ซึ่งทำให้นักเรียนได้มีความเข้าใจมากขึ้น และยังผ่านการประเมินตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน หาคุณภาพของชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงานและด้านชุดทดลองให้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของจักรกริช แก้ววิจิตร (2560 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้ชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino เป็นสื่อการเรียนการสอน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino สำหรับนักศึกษาระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 85.40/87.28 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิทย์ อัฐกุลชัย (2563 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาคุณภาพ หาประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 เท่ากับ 82.89/83.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

5.2.3 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผู้วิจัยออกแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติ โดยใช้แบบการประเมินโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63, S.D. = 0.49) ซึ่งเมื่อแยกเป็นรายข้อมีคุณภาพ ระดับมากที่สุด ได้แก่ ตัวอักษรมีขนาดเหมาะ สร้างแรงจูงใจในการเรียน ง่ายต่อการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ได้ ตำแหน่งอุปกรณ์มีความชัดเจน เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ กิจกรรมการเรียนรู้น่าสนใจชวนติดตาม มีความสะดวกในการทดลอง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าผู้วิจัยมีความใส่ใจในเนื้อหาเป็นอย่างดี ได้นำแบบประเมินความพึงพอใจของชุดปฏิบัติการเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ร่วมตรวจสอบและผู้วิจัยนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ทำให้นักเรียนที่ได้เรียนด้วยชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 มีความพึงพอใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรวัฒน์ แสงคุณธรรม (2560 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกอบรมเรื่องอินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่ง พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.61, S.D.= 0.67)

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ก่อนการใช้ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ควรมีการแนะนำให้นักเรียนมีความเข้าใจในการใช้งานและทำความคุ้ยเคยกับการใช้ชุดปฏิบัติการ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งาน

2. อธิบายใบงาน และการใช้ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ก่อนที่จะให้นักเรียนปฏิบัติตามใบงาน และให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้ข้อควรระวัง และความปลอดภัยของการใช้ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาสร้างชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 โดยใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น ที่สามารถใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้น

2. ควรสร้างชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ที่มีอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ให้มากขึ้น เพื่อสร้างความน่าใจสนให้กับผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จักรกริช แก้ววิจิตร. 2560. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอลโทรลเลอร์ Arduino สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จินตนา อำนาจกิติกร. 2551. “ชุดปฏิบัติการออกแบบวงจรดิจิตอล สำหรับการเรียนการสอนวิชาดิจิตอล.” ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

จิรวัฒน์ แสงคุณธรรม. 2560. “การพัฒนาชุดฝึกอบรมเรื่องอินเตอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่ง.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จันทิมา วรรณโชติ, นพศร ไยรัตน์. 2558. **ดิจิตอลเทคนิค**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556. “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.” วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 5(1) : 7-19.

โชติกา ภาษีผล, ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนากานนท์. 2558. **การวัดและประเมินผลการ เรียนรู้**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาญชัย แสงโพธิ์. 2559. ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปิติภาคย์ ปิ่นรอด. 2556. **วงจรพัลส์และดิจิตอล.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด.

ประภาส สุวรรณเพชร. 2560. เรียนรู้และลองเล่น Auduino เบื้องต้น. วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2551. **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เฮาส์ ออฟ เคอร์มีสท์.

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

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2557. **วงจรดิจิตอล.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2562. **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : แผนกวิชาการพิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี.

ภัทรดานันท์ อินทร์นุช. 2560. “การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องอุปกรณ์ไทริสเตอร์ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร.” **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม**. 16(3) : 53-58.

ยุทธพิชัย กล้าหาญ. 2547. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการวงจรกรองความถี่วิชาออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539. **เทคนิควิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เรื่องคุณภาพของแบบทดสอบ สำหรับนักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง." ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

วัลยา นาสาร. 2561. โครงการเรียนร่วมหลักสูตรอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย (ทวิศึกษา). [Online] Available:https://sesa.obec.go.th/index.php?name=project&file=detail&id=3876

ศราวุธ ไหลหาโคตร. 2552. "ชุดฝึกปฏิบัติวงจรขยาย วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์." ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุวิทย์ อัฐกุลชัย. 2563. "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Slimulink." ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุชิน ชินสีห์. 2563. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Microcontrollers). นนทบุรี : บริษัท ศูนย์หนังสือ เมืองไทย จำกัด.

เสกสรรค์ ศิวิลัย. **Internet of Things เมื่อสรรพสิ่งล้วนเชื่อมต่อ (อินเตอร์เน็ต)**. [Online]. Available : http://km.psru.ac.th/wp-content/uploads/2016/11/IoT-1-1.pdf

อนิวรรตน์ พลรักษ์. 2555**. การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์และประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์พื้นฐาน.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Ching Hisang Chang. 2011."Smart Classroom Roll Caller System with IOT Architecture", **Second International Conference on Innovations in Bioinspired Computing and Applications**, IEEE Computer Society

D. Gachet, M. de Buenaga, F. Aparicio and V. Padron. 2012. "Integrating Internet of Things and Cloud Computing for Health Services Provisioning: The Virtual Cloud Carer Project"**. Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS),** 2012 Sixth International Conference on, 4-6 July 2012.

.Digital circuit and Logic Design. 2017. (Online)
Available : https://ice04digital.blogspot.com/2018/04/blog-post_86.html.

Electronics and Tech. 2017. (Online)
Available : https://www.hblok.net

ESP8266 Projects & Tutorials. 2021. (Online)
Available : https://www.maker.pro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาคผนวก ง ผลประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ภาคผนวก จ แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ภาคผนวก ฉ คู่มือชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 / **0295**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 มีนาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายทันพงษ์ ภู่รักษ์

ด้วย นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-514-7464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 / **0484**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

22 เมษายน 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นางพัชรินทร์ วิลัยโรจน์

ด้วย นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-514-7464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 /0484

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

22 เมษายน 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นางกฤษณา เฮ้งฉุน

ด้วย นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-514-7464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 /**0484**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

22 เมษายน 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายจารุวัฒน์ มณีศรี

ด้วย นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-514-7464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 / **0295**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 มีนาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายพงษ์ศักดิ์ ย้อยเสริฐสุทธิ์

ด้วย นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-514-7464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 / **0501**

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

7 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี

ด้วย นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องมือเพื่อการวิจัยกับนักเรียนแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพโดยใช้แบบสอบถาม แบบทดสอบ เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-514-7464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี
เลขที่รับ ๙๘๙
วันที่ 11 พ.ค. 2564
เวลา ๐๙.๐๐

ที่ อว 7004 / 0501

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

7 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี

ด้วย นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องมือเพื่อการวิจัยกับนักเรียนแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพโดยใช้แบบสอบถาม แบบทดสอบ เพื่อประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-514-7464

เรียน ผู้อำนวยการ
เพื่อโปรด (✓) ทราบ (✓) พิจารณา
สั่นควรมอบ
(✓) ฝ่ายวิชาการ
( ) ฝ่ายแผนงานและความร่วมมือ
( ) ฝ่ายพัฒนากิจการนักเรียน
( ) ฝ่ายบริหารทรัพยากร
- แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
11 พ.ค. 2564

☑ ทราบ
☐ มอบตามเสนอ
☐ มอบ/แจ้ง.....

ผู้อำนวยการวิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี
11 พ.ค. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ

ชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผู้วิจัยทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขอรับความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขางานช่างไฟฟ้ากำลัง

นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน

ผู้วิจัย

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. อ่านคำแนะนำในการตอบแบบประเมินอย่างละเอียด
2. ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียว ที่ตรงกับความคิดเห็นของผู้ประเมิน โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานทดลอง					
2. มีความเหมาะสมการจัดวางอุปกรณ์					
3. มีความสะดวกในการดูแล รักษา และซ่อมบำรุง					
4. มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
5. มีความสะดวกในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์					
6. มีอุปกรณ์การทดลองครอบคลุมใบงานการทดลอง					
7. สะดวกในการเคลื่อนย้าย					
8. รูปร่างแผงทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ					
9. มีความแข็งแรง ทนทาน					
10. ความสะดวกง่ายต่อการใช้งาน					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงานการทดลอง

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. มีเหมาะสมกับผู้เรียน					
2. อธิบายแต่ละขั้นตอนชัดเจน					
3. ความเหมาะสมของการจัดลำดับเนื้อหา					
4. มีคำอธิบายการจัดลำดับขั้นการปฏิบัติเข้าใจง่าย					
5. มีความถูกต้องของเนื้อหา					
6. มีการเชื่อมโยงความรู้เก่า					
7. การบันทึกผลการทดลองสัมพันธ์กับขั้นตอนการทดลอง					
8. ภาษาที่ใช้ถูกต้องชัดเจน สื่อความหมายเข้าใจได้ง่าย					
9. กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้					
10. รูปแบบใบงานง่ายต่อการใช้งาน					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ผลการประเมินหาคุณภาพชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านใบงาน

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 3	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 4	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 5			
1	4	5	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
2	4	4	4	5	5	4.40	0.55	ดี
3	5	4	4	4	5	4.40	0.55	ดี
4	5	5	5	4	4	4.60	0.55	ดีมาก
5	5	5	4	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
6	4	4	4	4	5	4.20	0.45	ดี
7	4	4	5	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
8	5	5	4	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
9	5	4	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
10	5	5	4	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย						**4.58**	**0.51**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ผลการประเมินหาคุณภาพชุดปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ด้านแผงอุปกรณ์

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					$\overline{X}$	SD.	แปลผล
	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 3	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 4	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 5			
1	4	4	4	5	5	4.40	0.55	ดีมาก
2	4	4	4	4	5	4.20	0.45	ดี
3	5	4	4	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
4	5	5	5	4	4	4.60	0.55	ดีมาก
5	5	5	4	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
6	4	5	5	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
7	4	4	5	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
8	5	4	4	4	4	4.20	0.45	ดี
9	5	4	4	5	4	4.40	0.55	ดีมาก
10	5	5	4	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย						**4.48**	**0.53**	**ดี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 1 ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
1. ระบบจำนวนเลขฐานสองใช้สัญลักษณ์ตัวเลขสองตัวตรงตามข้อใด ก. 0 และ 1 ข. 0 และ 2 ค. -1 และ 1 ง. 1 และ 2	1
2. เลขฐานสองค่า 101112 เขียนเป็นเลขฐานสิบได้เท่าไร ก. 20 ข. 21 ค. 22 ง. 23	1
3. สัญลักษณ์ D ของเลขฐานสิบหก มีค่าตรงกับเลขฐานสิบในข้อใด ก. 10 ข. 11 ค. 12 ง. 13	1
4. เลขฐานสิบถูกนำไปใช้งานในระบบดิจิตอลใช้สำหรับทำอะไร ก. สั่งการทำงาน ข. หยุดการทำงาน ค. เปลี่ยนการทำงาน ง. ควบคุมการทำงาน	1
5. ระบบจำนวนที่แสดงไว้ข้อใดถูกต้อง ก. เลขฐานสองมีตัวเลขสัญลักษณ์ 0 - 2 ข. เลขฐานสองมีตัวเลขสัญลักษณ์ 1 – 2 ค. เลขฐานสิบมีตัวเลขสัญลักษณ์ 0 - 9 ง. เลขฐานสิบมีตัวเลขสัญลักษณ์ 1 – 9	1
6. สัญญาณ Output จะเป็นลอจิกตรงกันข้ามกับ Input คือลอจิกเกตแบบใด ก. OR GATE ข. Exclusive NOR GATE ค. NOT GATE ง. Exclusive OR GATE	1
7. สัญญาณ Output จะเป็นลอจิก“0” เมื่อสัญญาณ Input ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองตัวมีลอจิกเป็น“0” คือลอจิกเกตแบบใด ก. OR GATE ข. AND GATE ค. NOR GATE ง. NAND GATE	1

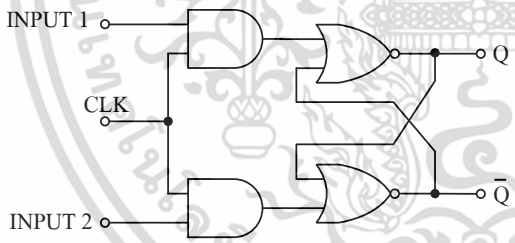
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
8. สัญญาณ Output จะเป็นลอจิก“1” เมื่อสัญญาณ Input ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองตัวมีลอจิกเป็น“1” คือลอจิกเกตแบบใด ก. OR GATE ข. AND GATE ค. NOR GATE ง. NAND GATE	1
9. สัญญาณ Output จะเป็นลอจิก“1” เมื่อสัญญาณ Input ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสองตัวมีลอจิกเป็น“0” คือลอจิกเกตแบบใด ก. OR GATE ข. AND GATE ค. NOR GATE ง. NAND GATE	1
10. $Y = \left[(A+B)(\bar{A}+B)\right](A+\bar{B})$ สามารถลดรูปสมการได้ดังข้อใด ก. $Y = (A+\bar{B})$ ข. $Y = AB$ ค. $Y = A\bar{B}$ ง. $Y = (A+B)$	1
11. การทำงานของฟลิปฟล็อป ใช้อะไรเป็นตัวควบคุม ก. รีเลย์ ข. สัญญาณนาฬิกา ค. ทรานซิสเตอร์ ง. แรงดันไฟเลี้ยง 5 VDC	1
12. ข้อใดคือลักษณะของสัญญาณนาฬิกา ก. มีขอบขาขึ้นและขอบลง ข. ให้สัญญาณเดียวตลอด ค. ให้สัญญาณเสียง ง. ให้สัญญาณต่อเนื่อง	1
13. ข้อใดคือลักษณะการสร้าง RS ฟลิปฟล็อป ก. ออร์เกตต่อไขว้กัน ข. แอนด์เกตต่อไขว้กัน ค. นอตเกตต่อไขว้กัน ง. ใช้นอร์เกตหรือแนนด์เกตต่อไขว้กัน	1

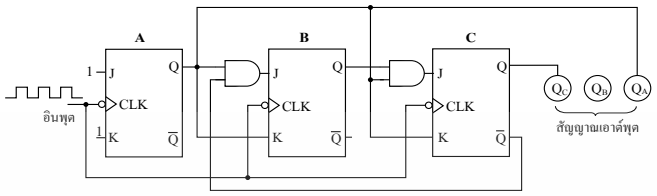
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
14. อินพุตเคลียร์ คืออะไร ก. ควบคุมให้เอาต์พุตเปลี่ยนสภาวะจาก 0 เป็น 1 ข. ควบคุมให้เอาต์พุตเปลี่ยนสภาวะจาก 1 เป็น 0 ค. ใช้ควบคุมให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 โดยไม่คำนึงถึงสัญญาณอินพุตและสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้ CK ง. ใช้ควบคุมให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 โดยไม่คำนึงถึงสัญญาณอินพุตและสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้ CK	1
15. ข้อใดคือลักษณะการทำงานของ D ฟลิปฟลอป ก. เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 เท่านั้น ข. เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เท่านั้น ค. เอาต์พุตเป็นลอจิก ตรงกันข้ามกับอินพุต ง. เอาต์พุตเป็นลอจิก ตรงกับกับอินพุต	1
16. จากรูปวงจรเป็นโครงสร้างของฟลิปฟลอปชนิดใด  ก. RS F/F ข. RS F/F width Clock ค. JK F/F ง. JK F/F width Clock	1
17. วงจรนับในระบบดิจิตอลนิยมใช้อุปกรณ์ชนิดใดในการทำงาน ก. ออร์เกต ข. แอนด์เกต ค. ฟลิปฟลอบ ง. หน่วยความจำ	1
18. ไอซีเบอร์ใดเป็นไอซีนับสิบ ก. 7493 ข. 7490 ค. 7486 ง. 74193	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
19. จากรูปวงจร ข้อใดกล่าวผิด  ก. เป็นวงจรนับแบบซิงโครนัส ข. เป็นวงจรนับขนาด 3 บิต ค. เป็นวงจรนับ 8 ง. เอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงเมื่อขอบขาลงของสัญญาณพัลส์	1
20. วงจรเปลี่ยนรหัสจากเลขฐานสองเป็น 7-Segment ถูกเรียกว่าอะไร ก. วงจรเข้ารหัส ข. วงจรถอดรหัส ค. วงจรเปลี่ยนรหัส ง. วงจรส่งผ่านรหัส	1
21. การติดตั้ง Arduino IDE ต้องไป Download ที่ใด ก. Arduinotronic.cc ข. Arduinoall.cc ค. Arduinothailand.cc ง. Arduino.cc	1
22. โปรแกรม Arduino IDE โดย IDE ย่อมาจาก ก. Integral development environment ข.Integer development environment ค. Intent development environment ง. Integrated development environment	1
23. เมนู File ใน Arduino จะเรียกโปรแกรมที่สร้างขึ้นใหม่ว่าอะไร ก. Notebook ข. Facebook ค. Sketchbook ง. Handbook	1

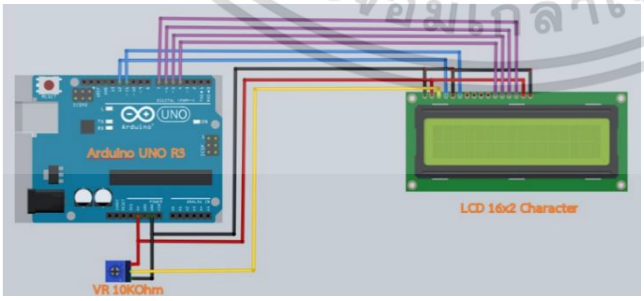
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
24. เมนู File > Example ใช้สำหรับ ก. ใช้ในการเลือกเปิดไฟล์ Sketch ตัวอย่างที่บรรจุและรวบรวมไว้ ข. ใช้กำหนดค่าการทำงานของโปรแกรม ค. ใช้เปิดไฟล์ Sketch ล่าสุดที่เปิดใช้งานเสมอ ง. ใช้สร้างไฟล์ Sketch ตัวใหม่เพื่อเริ่มเขียนโปรแกรมใหม่	0.8
25. คำสั่งใดเป็นคำสังหน่วงเวลา ก. delay ข. pin mode ค. digital Write ง. Output	1
26. คำสั่ง digitalRead ใช้ทำอะไร ก. ส่งสัญญานลองจิกออกไปที่ pin output Arduino ข. รับสัญญานลอจิกจาก pin input Arduino ค. ส่งสัญญาน PWM ออกไปที่ output Arduino ง. รับค่าของสัญญาน analog จาก pin input Arduino	1
27. คำสั่งใด ที่จำเป็นต้องใช้หากต้องการตั้งค่า PIN D5 ของ Arduino ให้ทำหน้าที่เป็น Digital Input ก. Delay(D5); ข. pinMode(D5); ค. pinMode(D5, INPUT); ง. digitalWrite(D5);	1
28. จำนวน PIN ที่สามารถใช้ในการ รับสัญญาณ Digital ของ Arduino มีทั้งหมด กี่ PIN ก. 6 ข. 13 ค. 14 ง. 20	1
29. PIN ใดของ Arduino ที่จะไม่สามารถใช้งานได้ หากมีการใช้งาน ร่วมกับ จอ LCD หรืออุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อด้วย I2C ก. D0, D1 ข. D12, D13 ค. A0, A1 ง. A4, A5	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
30. การต่อ ตัวต้านทาน ระหว่าง PIN กับไฟ +5V คือการต่อแบบใด ก. PULL DOWN ข. PULL UP ค. INPUT ง. OUTPUT	0.8
31. ในการเชื่อมต่อแบบขนาน Pin 7 – 14 จอ Character LCD ใช้สาหรับ ก. RW ข. RS ค. Data ง. E/EN	1
32. โปรแกรมสำหรับทดสอบการทำงานของ MQTT บนคอมพิวเตอร์ชื่อว่าอะไร ก. HIVE MQ ข. MQTT.fx ค. mqtt.org ง. MQTT BROKER	1
33. lcd.noDisplay() คือฟังก์ชั่นอะไร ก. ใช้เลื่อนตัวอักษรไปทางขวา 1 ตัว ข.ใช้ปิดการแสดงตัวอักษรบนหน้าจอ ค. ใช้ลบล้างตัวอักษรทั้งหมดออกจากหน้าจอ ง.ใช้ปิดดการแสดงเคอเซอร์บนหน้าจอ	1
34. จากภาพขา Data pin ของโมดูล LCD ต่อขาใดของอาดุยโน่  ก. 11, 12 ข. 4, 5, 6, 7 ค. 6, 7, 11, 12 ง. +5V, GND	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 1 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
35. อุปกรณ์ใดที่สามารถป้อนค่า Analog ให้บอร์ด Arduino ก. สวิตซ์ ข. ตัวต้านทานปรับค่าได้ ค. รีเลย์ ง. ถูกทุกข้อ	1
36. PWM ย่อมาจากอะไร ก. pulse-duration modulation ข. Pulse-width modulation ค. Pulse-code modulation ง. Pulse Position Modulation	1
37. คำสั่งใดที่ใช้สร้างสัญญาณ PWM สำหรับ Arduino ก. digitalWrite(); ข. digitalRead(); ค. analogWrite(); ง. analogRead ();	1
38. หากจ่ายสัญญาณลอจิกดังนี้ เข้าที่ PIN ของชุดขับมอเตอร์ IN1: HIGH, IN2:HIGH, EN: HIGH จงบอกการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ก. หยุดหมุนแบบ ปล่อยฟรี ข. หมุนซ้าย ค. หมุนขวา ง. หยุดหมุนแบบ ปล่อยเบรก (ล๊อคแกนของมอเตอร์)	1
39. PIN ใดของชุดขับมอเตอร์ที่ใช้ในการเปิด / ปิดการทำงานของชุดขับของมอเตอร์ ก. IN1 ข. IN2 ค. EN ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข	1
40. PIN ใดต่อไปนี้ไม่สามารถใช้สร้าง สัญญาณ PWM ได้ ก. 3 ข. 5 ค. 7 ง. 9	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 คะแนนผลการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง n=15	คะแนนใบงานที่ 1	คะแนนใบงานที่ 2	คะแนนใบงานที่ 3	คะแนนใบงานที่ 4	คะแนนใบงานที่ 5	คะแนนใบงานที่ 6	คะแนนใบงานที่ 7	คะแนนใบงานที่ 8	**คะแนนระหว่างเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
	10	10	10	10	10	10	10	10	80	80
1	10	10	9	10	10	10	10	9	78	76
2	10	9	10	10	8	9	9	10	75	74
3	6	7	7	9	7	8	8	8	60	60
4	9	8	8	10	9	9	10	8	71	70
5	8	9	10	8	8	8	8	9	68	68
6	7	8	8	9	8	9	9	7	65	64
7	9	9	9	10	8	9	10	9	73	74
8	7	8	8	9	7	7	7	7	60	60
9	7	7	7	8	7	7	8	7	58	58
10	7	7	9	8	8	8	8	8	63	66
11	7	8	9	8	7	8	9	8	64	68
12	9	10	10	10	9	10	10	9	76	76
13	10	10	9	9	9	10	10	10	78	76
14	6	6	7	6	7	6	6	7	51	58
15	6	7	6	7	5	6	6	6	49	56
รวม	118	123	126	131	117	124	128	122	989	1004
เฉลี่ย	7.87	8.2	8.4	8.73	7.8	8.27	8.53	8.13	65.93	66.93
เฉลี่ยร้อยละ	82.67	81.11	82.22	82.78	84.67	81.67	82.22	67.78	82.42	83.67
E1/E2	82.42									83.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 กำหนดการทดลองชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

วันที่	เวลา	กลุ่ม	ใบงาน
1	09.00 – 12.00 น.	G1	ใบงานที่ 1
	13.00 – 16.00 น.	G1	ใบงานที่ 2
2	09.00 – 12.00 น.	G1	ใบงานที่ 3
	13.00 – 16.00 น.	G1	ใบงานที่ 4
3	09.00 – 12.00 น.	G1	ใบงานที่ 5
	13.00 – 16.00 น.	G1	ใบงานที่ 6
4	09.00 – 12.00 น.	G1	ใบงานที่ 7
	13.00 – 16.00 น.	G1	ใบงานที่ 8
5	09.00 – 12.00 น.	G2	ใบงานที่ 1
	13.00 – 16.00 น.	G2	ใบงานที่ 2
6	09.00 – 12.00 น.	G2	ใบงานที่ 3
	13.00 – 16.00 น.	G2	ใบงานที่ 4
7	09.00 – 12.00 น.	G2	ใบงานที่ 5
	13.00 – 16.00 น.	G2	ใบงานที่ 6
8	09.00 – 12.00 น.	G2	ใบงานที่ 7
	13.00 – 16.00 น.	G2	ใบงานที่ 8
9	09.00 – 12.00 น.	G3	ใบงานที่ 1
	13.00 – 16.00 น.	G3	ใบงานที่ 2
10	09.00 – 12.00 น.	G3	ใบงานที่ 3
	13.00 – 16.00 น.	G3	ใบงานที่ 4
11	09.00 – 12.00 น.	G3	ใบงานที่ 5
	13.00 – 16.00 น.	G3	ใบงานที่ 6
12	09.00 – 12.00 น.	G3	ใบงานที่ 7
	13.00 – 16.00 น.	G3	ใบงานที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

วันที่	เวลา	กลุ่ม	ใบงาน
13	09.00 – 12.00 น.	G4	ใบงานที่ 1
	13.00 – 16.00 น.	G4	ใบงานที่ 2
14	09.00 – 12.00 น.	G4	ใบงานที่
	13.00 – 16.00 น.	G4	ใบงานที่ 4
15	09.00 – 12.00 น.	G4	ใบงานที่ 5
	13.00 – 16.00 น.	G4	ใบงานที่ 6
16	09.00 – 12.00 น.	G4	ใบงานที่ 7
	13.00 – 16.00 น.	G4	ใบงานที่ 8
17	09.00 – 12.00 น.	G5	ใบงานที่ 1
	13.00 – 16.00 น.	G5	ใบงานที่ 2
18	09.00 – 12.00 น.	G5	ใบงานที่ 3
	13.00 – 16.00 น.	G5	ใบงานที่ 4
19	09.00 – 12.00 น.	G5	ใบงานที่ 5
	13.00 – 16.00 น.	G5	ใบงานที่ 6
20	09.00 – 12.00 น.	G5	ใบงานที่ 7
	13.00 – 16.00 น.	G5	ใบงานที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ง.1 กิจกรรมนักเรียนทดลองชุดฝึกปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความพึงพอใจ
ชุดฝึกปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
พุทธศักราช 2562

คำชี้แจง

แบบประเมินความพึงพอใจชุดฝึกปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ผู้วิจัยทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขอรับความคิดเห็น และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชุดฝึกปฏิบัติการ ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขางานช่างไฟฟ้ากำลัง

นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน
ผู้วิจัย

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. อ่านคำแนะนำในการตอบแบบประเมินอย่างละเอียด
2. ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียว ที่ตรงกับความคิดเห็นของผู้ประเมิน โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 5	หมายถึง	ระดับ ดีมาก
ระดับที่ 4	หมายถึง	ระดับ ดี
ระดับที่ 3	หมายถึง	ระดับ ปานกลาง
ระดับที่ 2	หมายถึง	ระดับ พอใช้
ระดับที่ 1	หมายถึง	ระดับ ควรปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ความพึงพอใจของนักเรียน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. ตำแหน่งอุปกรณ์มีความชัดเจน					
2. ตัวอักษรมีขนาดเหมาะ					
3. กิจกรรมการเรียนรู้น่าสนใจชวนติดตาม					
4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา					
5. สร้างแรงจูงใจในการเรียน					
6. มีความสะดวกในการทดลอง					
7. นักเรียนร่วมกิจกรรมด้วยความตั้งใจ					
8. ง่ายต่อการเรียนรู้					
9. เป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ					
10. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ได้					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.1 ผลการประเมินหาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ข้อที่	กลุ่มตัวอย่าง N=15															$\overline{X}$	S.D.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	5	4	5	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4.60	0.51
2	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4.73	0.46
3	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4.53	0.52
4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	4.67	0.49
5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4.73	0.46
6	4	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4.53	0.52
7	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4.47	0.52
8	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4.73	0.46
9	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4.67	0.49
10	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4.67	0.49
$\overline{X}$	4.60	4.50	4.70	4.50	4.70	4.60	4.80	4.40	4.80	4.60	4.50	4.70	4.80	4.70	4.60	4.63	0.49
S.D.	0.52	0.53	0.48	0.53	0.48	0.52	0.42	0.52	0.42	0.52	0.53	0.48	0.42	0.48	0.52		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

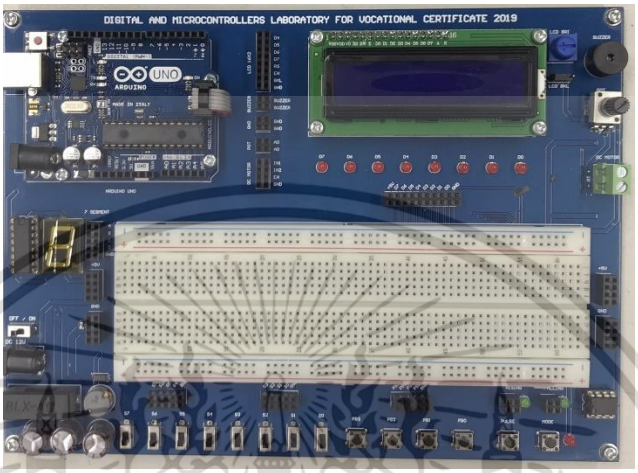
คู่มือชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

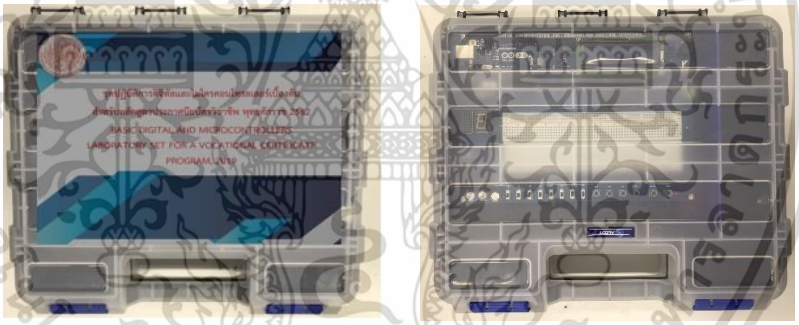
คู่มือ
ชุดปฏิบัติการดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ส่วนประกอบ

1. แผงอุปกรณ์



2. กล่องอุปกรณ์

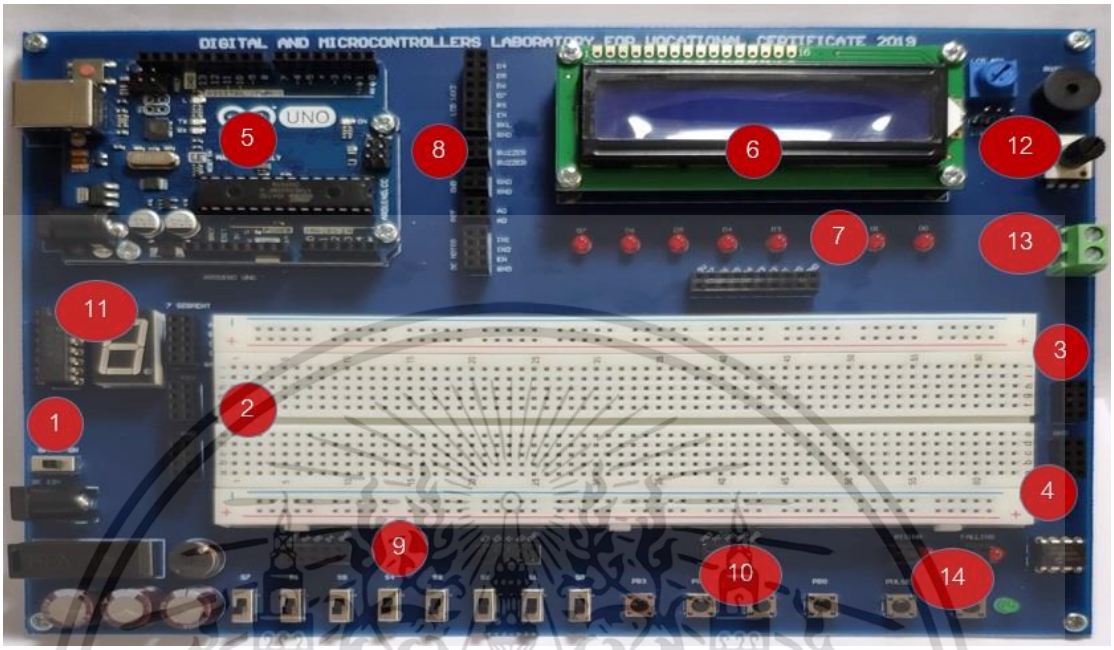


ด้านหน้า **ด้านหลัง**

3. ใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งและหน้าที่ในแผงอุปกรณ์



หมายเลข	หน้าที่	หมายเลข	หน้าที่
1	สวิตช์ ปิด-เปิด ภาคจ่ายไฟ	8	จุดต่อ Output
2	Project Board สำหรับต่อวงจร	9,10	สวิตช์ Input
3	จุดต่อ +5V	11	Display 7-Segment
4	GND ของภาคจ่ายไฟ	12	Buzzer
5	บอร์ด Arduino	13	จุดต่อ DC Motor
6	จอแสดงผล LCD Display	14	Pulse switch
7	จุดต่อหลอด LED		

การใช้งานแผงทดลอง

1. เสียบ อะแดปเตอร์ เข้าที่ภาคจ่ายไฟ
2. ประกอบวงจรตามใบงานลงแผงโพรโต้บอร์ด หมายเลข 2
3. เลือกการเชื่อมต่อแหล่งจ่ายแรงดันของวงจร หมายเลข 3, 4
4. เลือกการเชื่อมต่อจุดต่อ Input หมายเลข 9, 10 ,14 ตามวงจรการทดลอง
5. เลือกการเชื่อมต่อจุดต่อ Output หมายเลข 8, 7, 13 ตามวงจรการทดลอง
6. เปิดสวิตช์หมายเลข 1
7. ใบงานที่ 5 ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino จะมีแรงดันไฟเลี้ยงบอร์ด โดยไม่ต้องเชื่อมต่ออะแดปเตอร์ให้กับแผงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายสกุลวัฒน์ จำปาเงิน
วัน-เดือน-ปีเกิด	23 กันยายน 2524
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 5/29 ตำบลปากเพรียว อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2544 สำเร็จการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (ค.อ.บ.) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีการศึกษา 2564 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสากรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.)สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถานที่ทำงาน	ครู แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี พ.ศ. 2550-2559 ปัจจุบัน ครู แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยสารพัดช่างสระบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้