

ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์
ตระกูลอาร์ม

DIGITAL CIRCUIT APPLICATIONS AND ARM MICROCONTROLLER
TRAINING SET



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะครุศาสตรบัณฑิตและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2564

KMITL-2021-ED-M-232-039

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL CIRCUIT APPLICATIONS AND ARM MICROCONTROLLER
TRAINING SET



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-232-039

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	ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม
นักศึกษา	นายสนธิ์ สุขประชา
รหัสประจำตัว	59603126
ปริญญา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาการศึกษา
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กิตติพงศ์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.พิชญ์สินี มะโน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ และศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย บอร์ดทดลองและใบงานการทดลองจำนวน 7 ใบงาน แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และแบบประเมินความพึงพอใจ การกำหนดเนื้อหาสำหรับการฝึกอบรมได้จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์เนื้อหาที่สำคัญในการจัดลำดับการเรียนรู้เพื่อนำมากำหนดสร้างเครื่องมือการวิจัย โดยผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 15 คน

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล อาร์มที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น บอร์ดทดลองสามารถทำงานได้ดี ใช้งานได้ง่ายและสอดคล้องกับใบงานการทดลอง โดยคุณภาพด้านบอร์ดทดลองและด้านใบงานการทดลองในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับดี ($\bar{X}=4.49, S.D=0.16$) ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มหรือ E_1/E_2 มีค่าเท่ากับ 82.47/82.07 เป็นไปตามเกณฑ์ $\square$ 80/80 และมีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}=4.60, S.D=0.62$) ซึ่งแสดงว่าชุดฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการอบรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Thesis Title	Digital Circuit Applications and Arm Microcontroll Tranning Set
Student	Mr.San Sookpracha
Student ID.	59603126
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kitipong Mano
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Pitsini Mano

ABSTRACT

This research aims to develop a digital circuit and ARM of microcontroller application training kits that provide quality, efficiency, and satisfaction of the participants. The research instrument which used in this research consisted of an experimental board, 7 experimental worksheets, quality evaluation form, achievement test evaluation form, performance evaluation form and satisfaction assessment form. The content for training is determined by reviewing relevant research and analyzing important content in order of learning which can be used to create research instrument. These are evaluated by 5 experts and research samples are the undergraduate students in the first year of the Bachelor of Technology program electronics, from Minburi Technical College Institute of Vocational Education Bangkok, in total 15 people.

The result of this research found that a digital circuit application and arm microcontroller tranning set which researcher have developed, the trial board could work well with easily to use and in accordance with experimental worksheets. The quality of the experimental board and the experimental worksheet were at a good level. ($\bar{X}=4.49$, $S.D=0.16$) Moreover, the performance of the digital circuit application and arm microcontroller tranning set or E1/E2 was 82.47/82.07, which meet the criteria of 80/80. In addition, the most satisfactory has ($\bar{X}=4.60$, $S.D=0.62$), which indicates that the developed training set can be used in training effectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.กิตติพงศ์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.พิชญ์สินี มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาสับสนุนการทำวิจัยในการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมินบุรี สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ได้เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ ตลอดจนครู อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สัณห์ สุขประชา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	4
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	8
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	9
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	7
2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์STM32Nucleo	11
2.3 โปรแกรม STM32Cube IDE.....	12
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการฝึกอบรม.....	13
2.5 การสอนภาคปฏิบัติ.....	14
2.6 การสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึก.....	16
2.7 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล.....	18
2.8 การหาประสิทธิภาพ.....	22
2.9 การประเมินคุณภาพสื่อ.....	23
2.10 ความพึงพอใจ.....	24
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	29
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	30
3.4 การดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	43
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	44
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	45
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	49
4.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	49
4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	51
4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	54
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	54
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	57
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	59
บรรณานุกรม.....	61
ภาคผนวก.....	64
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ.....	65
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง.....	70
ภาคผนวก ค แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน.....	75
ภาคผนวก ง แบบประเมินความพึงพอใจ.....	79
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	81
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ.....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ช คู่มือชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล อาร์ม.....	103
ภาคผนวก ช ภาพประกอบการฝึกอบรม.....	108
ประวัติผู้เขียน.....	112



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 หัวข้อและจำนวนครั้งที่ถูกอ้างถึงในงานวิจัย.....	30
3.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	31
4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งาน วงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	50
4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งาน วงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	51
4.3 ผลการประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งาน วงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	52
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งาน วงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	53
จ.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าความดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม.....	82
จ.2 ผลการวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกและความยากง่าย.....	85
จ.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนและความเชื่อมั่น.....	88
ฉ.1 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างฝึกอบรม.....	96
ฉ.2 คะแนนการประเมินผลปฏิบัติงานระหว่างฝึกอบรม.....	97
ฉ.3 ผลรวมคะแนนระหว่างฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ.....	98
ฉ.4 คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานหลังฝึกอบรม (E_2).....	99
ฉ.5 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังฝึกอบรม (E_2).....	100
ฉ.6 ผลรวมคะแนนหลังฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ.....	101
ซ.1 ตารางการอบรม.....	105

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
2.2 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนพิเศษอื่น.....	9
2.3 กราฟส่วนแบ่งการตลาดและเป้าหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	10
2.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 Nucleo.....	11
2.5 ตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรม STM32Cube IDE	12
3.1 ฟังก์ชันตอนการสร้างชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัล และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม.....	35
3.2 ฟังก์ชันตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ.....	37
3.3 ฟังก์ชันตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	39
3.4 ฟังก์ชันตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน.....	41
3.5 ฟังก์ชันตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ.....	42
ซ.1 ภาพแสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ดทดลอง.....	103
ซ.2 ลักษณะของบอร์ดทดลองจริง.....	104
ซ.3 ส่วนที่สำคัญสำหรับการใช้งาน Nucleo64.....	105
ซ.1 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 1.....	108
ซ.2 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 2.....	108
ซ.3 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 3.....	109
ซ.4 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 4.....	109
ซ.5 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 5.....	110
ซ.6 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 6.....	110

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากแผนพัฒนาฉบับที่ 12 มุ่งสร้างความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน โดยกำหนดยุทธศาสตร์ไทยแลนด์ 4.0 เพื่อมุ่งให้ประเทศก้าวข้ามกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ดังนั้นจึงส่งเสริมให้นวัตกรรมที่สำคัญๆ รวมทั้งการกำเนิดอุตสาหกรรมใหม่ (New S-Curve) และพัฒนากลุ่มอุตสาหกรรมเดิม (First S-Curve) ส่งผลให้ในปีพ.ศ.2561 ประเทศไทยมีดัชนีการแข่งขันระดับโลกทางด้านทิศทางไปสู่การเติบโตทางเทคโนโลยีในอนาคตอยู่ในอันดับที่ 38 ของโลก (Thailand ranks 38th in revamped Global Competitiveness Index. 2018. 2) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมใน “กลุ่มที่ 3 เครื่องมืออัจฉริยะและหุ่นยนต์ ใช้เทคโนโลยีเมคาทรอนิกส์ (Smart Devices & Robotics – Mechatronics)” ที่ “ผลักดันให้ประเทศไทยเป็นผู้นำของอาเซียนด้านระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมและหุ่นยนต์บริการ”(กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา. 2560.)

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมและระบบอัตโนมัติ จำเป็นต้องมีระบบการควบคุม ระบบการวัด ระบบการแสดงผล และการเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นต้น และจากการค้นคว้าข้อมูลระบุว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมในการพัฒนาพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการใช้งานในอุตสาหกรรมหลายระบบ เช่น อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence , AI) อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น และในปัจจุบันการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือการสร้างนวัตกรรมส่วนใหญ่ใช้ระบบดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม (ARM) เป็นตระกูลหนึ่งที่มีความนิยมมาก ในปี 2020 มีส่วนแบ่งการตลาด 41 เปอร์เซ็นต์

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มีภารกิจหลักที่สำคัญในการพัฒนา กำลังคนของประเทศ เล็งเห็นถึงปัญหาและผลกระทบดังกล่าว และเห็นความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องเป็นกลไกหลัก ของประเทศในการพัฒนาทักษะกำลังคนของประเทศ เพื่อการมีงานทำและ

เตรียมความพร้อมรองรับการทำงานในอนาคตหลังวิกฤตการระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอกการดำเนินงานใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19) เพื่อให้สามารถสร้างงาน สร้างอาชีพ ด้วยตนเอง รวมทั้งเพิ่มทักษะขั้นสูงและการทำงานสมัยใหม่ ให้กับกำลังคนในภาคอุตสาหกรรม และ SME ซึ่งสอดคล้องกับ งานสัมมนา ปรับโฉมแรงงานอนาคต สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ (กุมภาพันธ์ 2561) ได้กล่าวถึงกระบวนการ (Process) ไว้ว่า เมื่อเทคโนโลยีมีความสามารถเพิ่มมากขึ้นโดยที่ราคาต่ำลง กระบวนการ ผลิตในยุคอุตสาหกรรม 4.0 จึงมีแนวโน้มนำเทคโนโลยีมาใช้มากขึ้น ใช้หุ่นยนต์มาทำงานแทนที่คนในการผลิต เครือข่ายคอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์จึงเป็นหัวใจในการจัดการข้อมูลและบริหารองค์กร ดังนั้นจึงเป็นโอกาสในการปรับปรุง กระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งต้องพิจารณาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และเตรียมพร้อมคนให้มีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะด้านดิจิทัลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนาทักษะ ทางด้านดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของเทคโนโลยีที่ดิจิทัล มีแนวทางการ พัฒนาและเพิ่มทักษะได้หลายรูปแบบ ได้แก่การฝึกอบรม การให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อพัฒนา ยกระดับทักษะและความเป็นมืออาชีพ (Upskilling) พัฒนาทักษะใหม่ให้เหมาะสมกับงานที่เปลี่ยน จากเดิม (Reskilling) พัฒนาทักษะใหม่กับตำแหน่งงานใหม่ (Newskilling) เป็นต้น โดยวิธีการพัฒนา และเพิ่มทักษะที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งคือการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนากำลังคนของประเทศ ให้สามารถตอบสนองอุตสาหกรรม 4.0 โดยเฉพาะในกลุ่มที่ 3 ด้านเครื่องมืออัจฉริยะและหุ่นยนต์ ซึ่ง มีประโยชน์ต่อกลุ่มอุตสาหกรรมในหลายๆ ด้าน และตอบโจทย์การมีงานทำและเตรียมความพร้อม รองรับการงานในอนาคตหลังวิกฤตการระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) เพื่อให้สามารถ สร้างงาน สร้างอาชีพได้

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจร ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม เพื่อใช้ฝึกอบรมกับผู้ที่สนใจหรือต้องการความรู้ทางด้าน ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งชุดฝึกอบรมที่ผู้วิจัยจะพัฒนาขึ้นประกอบไปด้วยวงจรดิจิทัล อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตพื้นฐาน จอแสดงผล การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม รวมถึงการประยุกต์ใช้ งานไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความรู้ ทักษะและสามารถนำไปต่อยอดใช้งาน ที่เกี่ยวข้องได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลอาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

1.2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

1.3 สมมุติฐานงานวิจัย

1.3.1 ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} = \geq 3.50$)

1.3.2 ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

1.3.3 ผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} > 3.50$)

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

1.4.1 การพัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดการวิจัยของ วัลลภ จันทรตระกูล (2543) โดยมีรายละเอียดลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำชุดฝึกอบรมไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่อุปกรณ์ของชุดฝึกอบรม
3. ศึกษาปัจจัยที่จะทำให้ชุดฝึกอบรมทำงานได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เตรียมเอกสารประกอบการสอน ใบงานการทดลอง
7. ทดลองใช้เพื่อหาข้อบกพร่องต่างๆ
8. ปรับปรุงชุดฝึกอบรมให้มีประสิทธิภาพ

1.4.2 และใช้การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดปฏิบัติการของชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2551) มาประยุกต์ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ดังนี้

1. ประสิทธิภาพกระบวนการ หรือ E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน
2. ประสิทธิภาพผลลัพธ์ หรือ E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียน

1.4.3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เป็นเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) โดยใช้กรอบแนวคิดของ Bloom (จิตราพร สิละวัฒน์. 2556) นำมาปรับใช้ตามระดับพฤติกรรม 3 ระดับ ได้แก่

1. ความรู้ความจำ (Knowledge)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. การนำความรู้มาใช้ (Application)

และผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ พรณี ลิกิจวัฒน์ (2553) เกี่ยวกับการประเมินความพึงพอใจที่กล่าวว่า แบบประเมิน หมายถึง ชุดของข้อความที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อความสำหรับผู้ตอบ ตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ดังนี้

1. กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจ
2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ
3. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง หรือผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทางสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 15 คน โดยเลือกตัวอย่าง

แบบเจาะจง(Purposive Sampling) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น คือ ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานด้านวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

1.5.4 ใบงานการทดลอง ประกอบด้วย 7 ใบงาน โดยใบงานสุดท้ายเป็นใบงานรวมเพื่อทดสอบการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการทำวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์การวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1.6.1 ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม หมายถึง เนื้อหา ใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง เพื่อใช้สำหรับการฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

1.6.2 บอร์ดทดลอง หมายถึง บอร์ดทดลองที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นแบบไม่มีระบบปฏิบัติการ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ARM Cortex-M0 เบอร์ STM32L053R8T6 ของ STMicroelectronics และอุปกรณ์เชื่อมต่อทางด้านอินพุตและเอาต์พุต

1.6.3 ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้ปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม รายละเอียด ขั้นตอนการทดลอง สรุปผลการทดลอง ประกอบด้วยใบงานทั้งหมด 7 ใบงาน โดยในใบงานที่ 7 เป็นใบงานทดสอบรวมซึ่งสร้างขึ้นโดยประยุกต์จากใบงานการทดลองที่ 1- 6 เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้รับการอบรม

1.6.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผ่านการหาประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิโดยผู้ทรงคุณวุฒิและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งระหว่างอบรมการปฏิบัติแต่ละใบงานและหลังการอบรมครบ 6 ใบงาน

1.6.5 แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน หมายถึง แบบบันทึกผลการปฏิบัติการทดลองและเกณฑ์การให้คะแนนระหว่างปฏิบัติการทดลองแต่ละใบงาน เพื่อใช้ประเมินผลการปฏิบัติงานตามใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.6 คุณภาพ หมายถึง ผลการประเมินการพัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง

1.6.7 ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม โดยมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่ต่ำกว่า 80/80

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรม (ร้อยละ 33) รวมกับการประเมินผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานของใบงานที่ 1-6 (ร้อยละ 67)

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ร้อยละ 33) รวมกับการประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 7 (ร้อยละ 67) (หลังจากอบรมใบงาน 1-6 เรียบร้อยแล้ว)

1.6.8 ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมี 3 ด้าน คือ ด้านบอร์ดทดลอง ด้านใบงานการทดลอง และด้านความรู้ความเข้าใจ

1.6.9 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ทางด้านการสอนหรือมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ในด้านงานวิจัยและพัฒนา รวมไปถึงผู้ที่ออกแบบเครื่องมือและสื่อการสอนที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำรา หนังสือ บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

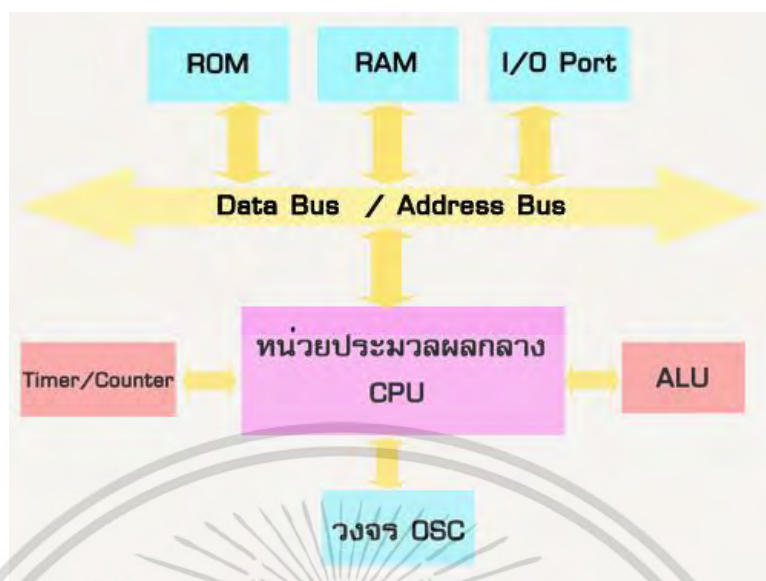
- 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32Nucleo
- 2.3 โปรแกรม STM32Cube IDE
- 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการฝึกอบรม
- 2.5 การสอนปฏิบัติ
- 2.6 การสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึก
- 2.7 การหาประสิทธิภาพ
- 2.8 การประเมินคุณภาพสื่อ
- 2.9 การหาความพึงพอใจ
- 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน และบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่างๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขาอินพุตและเอาต์พุต เพื่อสั่งงานให้ ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้อีกด้วย ซึ่งนับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้านดิจิทัลและแอนะล็อก ยกตัวอย่างเช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ ระบบ บัตรคิว และระบบตอกบัตรพนักงาน เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์

ที่มา : <https://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html>

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนดังแสดงในภาพที่ 2.1 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำงาน ประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผล

2.1.2 หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่ง คือ หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำ (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแฟลช ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

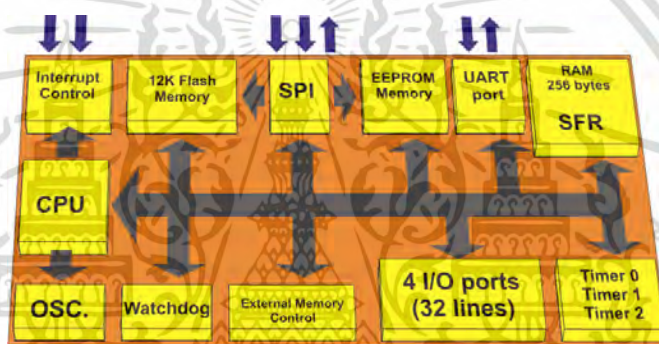
2.1.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะ คือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผล เช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

2.1.4 ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (BUS) คือ เส้นทางในการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

2.1.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนัดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานจะสามารถทำได้ถี่ขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนพิเศษอื่น

ที่มา : <https://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html>

นอกจากนี้ยังมีส่วนพิเศษอื่นๆ จะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่จะผลิตขึ้นมาใส่คุณสมบัติพิเศษลงไปดังภาพที่ 2.2 เช่น

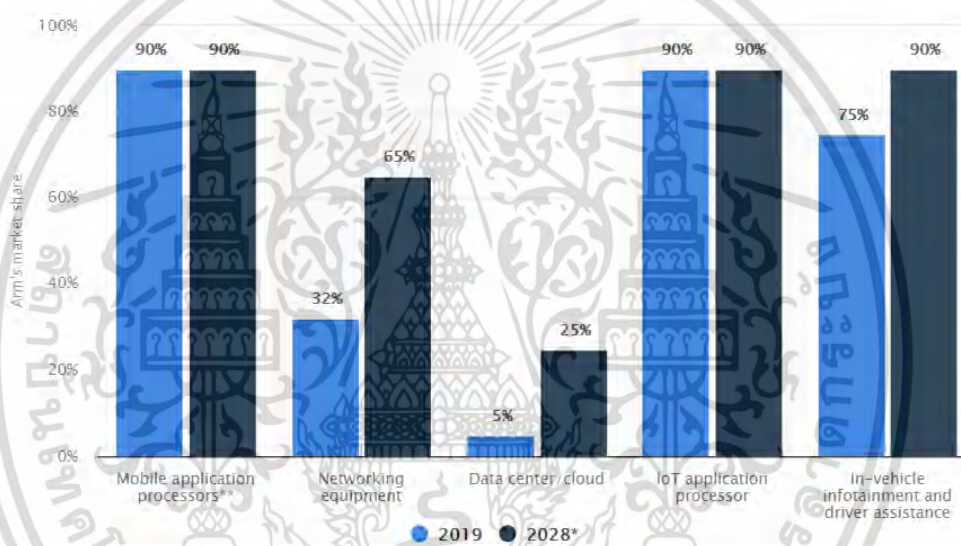
- ADC (Analog to Digital) ส่วนภาครับสัญญาณแอนะล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิทัล
- DAC (Digital to Analog) ส่วนภาคส่งสัญญาณดิจิทัลแปลงไปเป็นสัญญาณแอนะล็อก
- I2C (Inter Integrate Circuit Bus) เป็นการสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสาร โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เท่านั้น คือ Serial Data (SDA) และสาย Serial Clock (SCL)

- **SPI** (Serial Peripheral Interface) เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือจะเป็นอุปกรณ์ภายนอกที่มีการรับส่งข้อมูล

- **PWM** (Pulse Width Modulation) การสร้างสัญญาณพัลส์แบบรูปสี่เหลี่ยม ที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่และความกว้างของลูกคลื่นได้ เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ เป็นต้น

- **UART** (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส สำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS-232

แม้ว่าตัวประมวลผลจะมีจำนวนมาก หลากๆ ตระกูลแต่ตัวประมวลผลตระกูลอาร์ม(ARM) เป็นตระกูลหนึ่งที่มีความนิยมมาก โดยมีส่วนแบ่งและเป้าหมายในการตลาดเทคโนโลยีที่สำคัญในปี 2019 และการคาดการณ์ในปี 2028 แสดงได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 กราฟส่วนแบ่งการตลาดและเป้าหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ที่มา : <https://www.statista.com/statistics/1132112/arm-market-share-targets/>

2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 Nucleo



ภาพที่ 2.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 Nucleo

ที่มา : <https://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32-nucleo-boards.html>

บอร์ด STM32 Nucleo เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ขนาด 32 bit จากบริษัท STMicroelectronics จุดเด่นของบอร์ด Nucleo คือใช้การพัฒนาอยู่บนแพลตฟอร์ม mbed สำหรับบอร์ดตระกูล ARM Cortex-M จากบริษัท STMicroelectronics ผ่านโปรแกรมบนหน้าเว็บไซต์ os.mbed.com ผู้ใช้สามารถสามารถสร้างโปรเจกต์ เขียน แก้ไข หรือบันทึก โค้ดโปรแกรมผ่านเว็บไซต์ แล้วดาวน์โหลดโปรแกรมไปที่บอร์ดได้โดยตรงโดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมสำหรับการพัฒนาบนคอมพิวเตอร์เลย ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาดาวน์โหลดหรืออัปเดตโปรแกรมในการพัฒนา และไม่ต้องจ่ายเงินซื้อลิขสิทธิ์ของโปรแกรม รวมทั้งรูปแบบการเขียนโค้ดเป็นภาษา C/C++ ที่เข้าใจง่าย เหมาะสำหรับผู้ใช้งานเริ่มต้นที่ต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิตหรือผู้ใช้งานทั่วไปที่ต้องการพัฒนาบนแพลตฟอร์มที่ใช้งานง่ายและสะดวกรวดเร็ว

คุณสมบัติของบอร์ด Nucleo-64 ไมโครคอนโทรลเลอร์

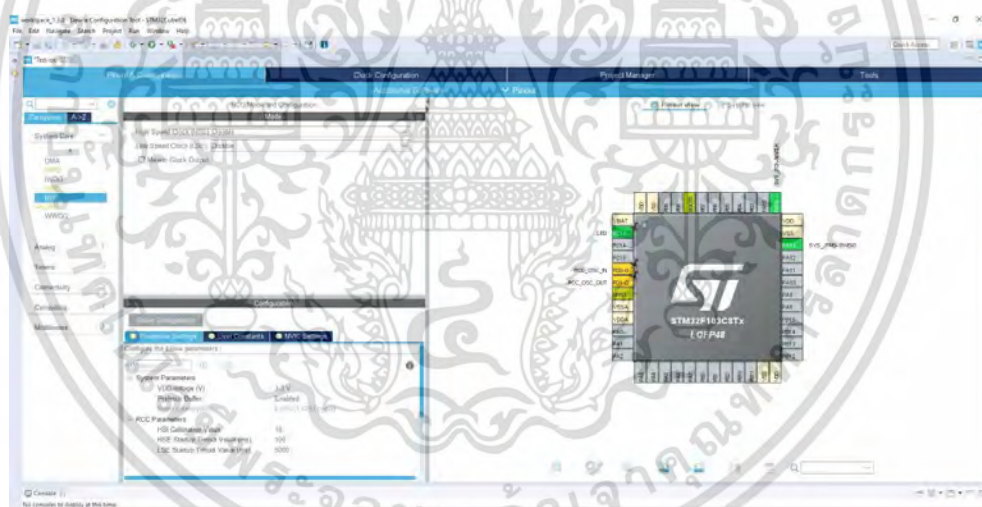
1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ARM Cortex-M0 เบอร์ STM32L053R8T6 ของ STMicroelectronics
2. มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 64 กิโลไบต์ หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม 2 กิโลไบต์ และหน่วยความจำแรม 8 กิโลไบต์
3. มีวงจรไทมเมอร์รวม 5 ชุด
4. มีวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านบัส SPI, I²C, UART, LPUART, และ USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (GPIO) รวม 51 ขา
6. มีอินพุตแอนะล็อกสำหรับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล 16 ช่อง มีความละเอียดในการแปลงสัญญาณ 12 บิต
7. ความถี่สัญญาณนาฬิกา 32MHz
- 8.) แรงดันไฟเลี้ยง 1.8 ถึง 3.6V

2.3 โปรแกรม STM32Cube IDE

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล STM32 สามารถใช้โปรแกรม STM32Cube IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทางบริษัท STMicroelectronics เป็นผู้พัฒนาระบบแบบ (Open Source) สามารถดาวน์โหลดเพื่อนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อการทำงานหรือศึกษาได้ตามความต้องการ ซึ่งเป็นโปรแกรม STM32CubeIDE ใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมซึ่งง่ายต่อเรียนรู้และการพัฒนา ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมSTM32CubeIDE ได้ฟรีที่เว็บไซต์ www.st.com นอกจากนี้ยังมีวิธีการใช้งานที่ไม่ยุ่งยากเหมาะสมกับการเรียนรู้ โดยตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรม STM32Cube IDE

ที่มา : <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>

2.4 การทฤษฎีเกี่ยวกับการฝึกอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ความหมายของการฝึกอบรม

มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวความหมายเกี่ยวกับการฝึกอบรมไว้ ดังเช่น Goldstein (1993 อ้างถึงใน ชูชัย สมิตโรกร. 2549:5) ได้กล่าวไว้เกี่ยวกับการฝึกอบรมว่า เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบเพื่อสร้าง หรือเพิ่มพูนความรู้ ทักษะ และความสามารถ รวมถึงเจตคติ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น นอกจากนี้ ศุภรางค์ อินทนะ (2545:17) ให้ความหมายไว้ว่าเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นอย่างมีระบบ เพื่อให้บุคคลที่เข้ารับการฝึกอบรมได้เพิ่มพูนความรู้ความสามารถ ทักษะ และประสบการณ์ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งอาจสรุปได้ว่า การฝึกอบรมนั้น เป็นกระบวนการที่จะช่วยพัฒนาหรือฝึกฝนให้บุคคลหรือกลุ่มบุคคล มีความรู้ความสามารถรวมถึงทักษะในการทำงานที่สูงขึ้น

2.4.2 ปัจจัยในการฝึกอบรม

ในการฝึกอบรมนั้นจะสำเร็จหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ โดย ญฐริกา นวมทอง (2545 : 11) ได้กล่าวถึงปัจจัยในการฝึกอบรมที่ผู้จัดฝึกอบรมและผู้เข้าร่วมอบรมควรคำนึงถึง ดังนี้

1. ลักษณะองค์กร เนื่องจากการจัดอบรมขององค์กรขนาดใหญ่และขนาดเล็กจะมีรูปแบบการจัดที่แตกต่างกัน
2. การวางแผนการฝึกอบรม ซึ่งการวางแผนที่ดีจะช่วยให้เกิดความผิดพลาดน้อยลงได้
3. การคัดเลือกผู้เข้าฝึกอบรม ทั้งนี้ เพื่อให้การอบรมนั้นตรงตามกลุ่มเป้าหมายและเกิดประโยชน์แก่ผู้เข้าอบรมมากที่สุด
4. กฎและหลักเกณฑ์ในการฝึกอบรม เช่น การจัดเวลา เช่น ควรมีเวลาพักไม่น้อยกว่า 10 นาทีเป็นครั้งคราว รวมถึงการเลือกใช้เทคนิคต่างๆในการอบรมซึ่งจะทำให้การอบรมนั้นไม่น่าเบื่อ

2.4.3 ประสิทธิภาพในการจัดอบรม

ในการจัดการอบรมให้มีประสิทธิภาพ ปิยรัตน์ ชุนหศรี (2548 : 32) ได้กล่าวถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. หลักสูตร จะต้องตรงกับวัตถุประสงค์ขององค์กรและผู้เข้ารับการอบรม โดยจะต้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ มีวิธีการฝึกอบรมที่ง่าย และทดลองปฏิบัติได้จริง รวมถึงมีระบบทดสอบความรู้หลักเรียนและก่อนเรียน
2. วิทยากร จะต้องมีความรู้และทักษะที่ตรงกับหลักสูตร โดยสามารถถ่ายทอดความรู้ให้เข้าใจได้ง่าย รวมถึงสามารถนำเอาเทคนิคต่างๆที่เกี่ยวข้องมาใช้ให้ผู้เข้าอบรมเกิดความสนใจและเข้าใจได้ง่าย
3. เวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม ควรมีความเหมาะสมคือ มีช่วงพักและช่วงอบรมอย่างพอเหมาะ
4. สถานที่ที่ใช้ในการฝึกอบรมจะต้องมีความพร้อม เช่น ระบบเสียง ระบบภาพ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เอกสารการฝึกอบรม จะต้องสอดคล้องกับหลักสูตรเพื่อที่ผู้เข้าอบรมจะได้มีความเข้าใจ และสามารถบันทึกข้อมูลประกอบการทบทวนในภายหลังได้

6. สื่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรม ซึ่งการที่มีเครื่องมือประกอบการอบรม จะช่วยให้การฝึกอบรมง่ายขึ้น สะดวก รวดเร็ว และช่วยให้ผู้เข้าร่วมอบรมเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

7. วิธีการฝึกอบรม ควรจะต้องมีความสอดคล้องกับหลักสูตรตามความเหมาะสม เช่น จัดลักษณะ Workshop หรือ แบบบรรยาย เป็นต้น

2.5 การสอนภาคปฏิบัติ

ในการสอนภาคปฏิบัติ มีสิ่งที่ควรรู้อย่างนี้

2.5.1 สื่อการสอน

ได้มีการกล่าวและนิยามไว้หลายลักษณะดังนี้

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่เป็นตัวกลางหรือพาหะ นำความรู้ไปสู่ผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี (วาสนา 2533 : 77)

สื่อการเรียนการสอน หมายถึง สื่อต่างๆที่ผู้สอนและผู้เรียน นำมาใช้ในระบบการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ไชยยศ 2533 : 56)

ซึ่งสามารถสรุปความหมายของสื่อการสอนจากนิยามดังกล่าวได้ว่า สื่อการสอนหมายถึง สิ่งที่เป็นตัวกลางหรือตัวนำ เพื่อพาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดความเข้าใจตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งได้แก่ ใบงาน หนังสือ กิจกรรมเสริมบางอย่าง เป็นต้น

2.5.2 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการ

2.5.2.1 บทบาทในการสอนปฏิบัติ ผู้สอนจะมีหน้าที่ในการดูแล แนะนำ ให้การช่วยเหลือในระหว่างการทำงานปฏิบัติ โดยผู้สอนจะต้องไม่มีบทบาทมากเกินไป ต้องมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าและทดลองด้วยตนเอง ซึ่งบทบาทของผู้สอนในการสอนปฏิบัติสามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การอธิบายก่อนการทดลอง โดยผู้สอนต้องมีการเตรียมเนื้อหาและหัวข้อที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียนรู้ และอยากทดลอง รวมถึงแจ้งข้อควรระวังต่างๆ

(2) การควบคุมดูแลระหว่างการทดลอง โดยผู้สอนต้องคอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดเวลาการทดลอง เพื่อให้การทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้

(3) การอภิปรายหลังการทดลอง ผู้สอนต้องมีการเตรียมคำถามและทฤษฎีต่างๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการทดลอง และสรุปเป็นกฎเกณฑ์ภายหลังจากการอภิปรายอีกครั้ง

2.5.2.2 ลำดับขั้นตอน โดยจะต้องเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองและเรียนรู้จากประสบการณ์ด้วยตนเอง ซึ่งลำดับขั้นตอนของผู้สอนสำหรับการสอนแบบปฏิบัติสามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

- (1) ขั้นปฐมนิเทศและสร้างแรงจูงใจ ซึ่งผู้สอนจะต้องอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการทดลองให้ชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนรู้ขั้นตอนและสามารถดำเนินการทดลองได้ตามระบบ
- (2) ขั้นปฏิบัติการทดลอง โดยในขั้นนี้ผู้สอนจะต้องคอยสนับสนุนและพิจารณาการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งอาจเกิดปัญหาในระหว่างการเรียนรู้และทดลองได้
- (3) ขั้นสรุปผล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้ทดลองจะได้สรุปถึงสิ่งที่ได้ดำเนินการปฏิบัติ ซึ่งอาจจะพบปัญหาหรือสิ่งที่ได้ค้นพบระหว่างการทดลอง รวมถึงสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลอง

2.5.3 วิธีการสอนปฏิบัติ

การจัดรูปแบบการสอนภาคปฏิบัติสามารถจัดแบ่งออกเป็น 8 วิธีการสอนดังนี้

1. วิธีการสอนแบบควบคุมทุกขั้นตอน คือ การสอนโดยให้ผู้เรียนทดลองหรือปฏิบัติโดยตรง แต่ต้องทำงานเป็นขั้นตอนตามที่ผู้สอนกำหนดอย่างใกล้ชิด
2. วิธีการสอนแบบสาธิตก่อนปฏิบัติ คือ การสอนที่เน้นให้ผู้เรียนดูการสาธิตให้เข้าใจแล้วจึงปฏิบัติตามในภายหลัง แต่ทั้งนี้ผู้สอนต้องศึกษาเนื้อหาและขั้นตอนก่อนสาธิตให้แม่นยำ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถเข้าใจและทำตามได้อย่างถูกต้อง
3. วิธีการสอนแบบบรรยายก่อนปฏิบัติ คือ การสอนโดยใช้การอธิบายทฤษฎี หลักการและวิธีการให้ผู้ปฏิบัติฟังก่อนแล้วจึงให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง
4. วิธีสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน คือ การสอนโดยใช้แนวทางการปฏิบัติตามใบงาน ให้ผู้เรียนได้ทดลองตามขั้นตอนด้วยตนเอง
5. วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม คือ การสอนที่เน้นการอภิปรายและสรุปผลหลังการลงมือปฏิบัติ ซึ่งเป็นการติดตามผู้เรียนและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงข้อดีและข้อเสียจากการปฏิบัติ
6. วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน คือ การสอนที่เน้นการสรุปผลในรูปแบบของลายลักษณ์อักษร ซึ่งมีข้อดีคือสามารถเก็บในอ้างอิงต่อไปในภายหลังได้
7. วิธีสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูป คือ การสอนแบบเน้นการติดตามผลการปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งมีเครื่องมือสำหรับวัดผลและวัดความเข้าใจ
8. วิธีสอนแบบปฏิบัติตามโครงงาน คือ การใช้โครงงานมาเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์และการทดลองจริงได้เป็นอย่างดี

2.6 การสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึก

ชาญชัย แสวงโพธิ์ (2559:21-24) ได้แนะนำเกี่ยวกับการผลิตสื่อเพื่อการสอน โดยเฉพาะสื่อในวิชาการทดลองปฏิบัติการ เช่น ชุดปฏิบัติการ หรือ ชุดฝึกทดลอง เป็นต้น ไว้ว่านอกจากจะพิจารณาถึงระบบและวิธีสอนที่จะต้องใช้อีกแล้วต้องคำนึงถึง

2.6.1 เทคนิคการผลิตสื่อการเรียนการสอน

2.6.2 ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิตสื่อการเรียนการสอน

2.6.3 การออกแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการสอน จุดมุ่งหมายการสอนและลักษณะที่จะนำไปใช้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ.2529:4) ซึ่งแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพนั้นประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน (วัลลภ จันทรตระกูล.2529:44 - 46) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชาประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ที่ดำเนินควบคู่กันไป คือการศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชา การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร การสำรวจโรงงาน และการสำรวจสถานศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาเชิงวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อการวางโครงร่าง ลำดับความสัมพันธ์ และแบ่งระดับความยากง่ายของเนื้อหาวิชาที่จะทำการออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอน โดยการศึกษาจากตำรา เอกสารการสัมมนา ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญและศึกษางานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบหลักสูตร เพื่อศึกษาความสอดคล้องและความแตกต่างของหลักสูตรใช้เรียนของสถานศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน โดยการศึกษาจากเอกสารหลักสูตร การสอบถามครูผู้สอน ผลที่ได้จะช่วยในการเลือก และกำหนดหัวข้อเรื่องได้สอดคล้องกับหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 4 การสำรวจโรงงาน เป็นการสำรวจสภาพการทำงานเครื่องมืออุปกรณ์ และเทคนิคที่ใช้ในการทำงาน ตามหัวข้อเรื่องของชุดสื่อการเรียนการสอน โดยสอบถามวิศวกรโรงงาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดรายละเอียดของการวิเคราะห์งาน ความสามารถในการงาน ความรู้และทักษะที่ต้องการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 5 การสำรวจสถานศึกษา เป็นการเรียนรู้วิธีการเรียนการสอน ความพร้อมเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในสถานศึกษา ตลอดจนปัญหา และอุปกรณ์ในการเรียนการสอนโดยการสำรวจหรือสอบถามจากครูผู้สอน

2.6.4 การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ จากขอบข่ายเนื้อหาที่ได้นำมาศึกษา เพื่อให้สามารถจำแนกเป็นส่วนต่าง ๆ เท่าที่จำเป็น กล่าวคือ ให้รู้ถึงจุดมุ่งหมายและหน้าที่ (Purpose and Function) ของชุดปฏิบัติการว่าทำอะไร จึงจะสามารถทำงานได้ตามต้องการ และสามารถตอบสนองจุดมุ่งหมายของเนื้อหาวิชาได้อย่างครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 การออกแบบและการสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของชุดปฏิบัติการ ที่ผ่านการวิเคราะห์ และตรวจสอบแล้ว เป็นแนวทางในการออกแบบ และสร้างอุปกรณ์การสอนหรือชุดปฏิบัติการที่ทำการออกแบบนี้ สามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การสอนของครูและอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมของผู้เรียนชุดปฏิบัติการเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากผู้เรียนช่างอุตสาหกรรมจำเป็นต้องได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี การออกแบบและสร้างสื่อประเภทชุดปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องนำหลักการด้านการออกแบบทางด้านวิศวกรรมเชิงปฏิบัติ มาประยุกต์กับงานที่ออกแบบสร้าง ตามลำดับดังนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์ ในการนำชุดปฏิบัติการไปใช้ในการเรียนการสอน ควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การออกแบบสร้างจะสำเร็จผลตามเป้าหมายและใช้ได้จริง จะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ ประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียนการสอนข้อมูลทางด้านวิชาการและกลุ่มผู้เรียน จากนั้นนำไปเขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆ และกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดปฏิบัติการที่จะออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

- การกำหนดหน้าที่ของชุดปฏิบัติการ จากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดปฏิบัติการ ที่กำหนดขึ้น นำมาวิเคราะห์ เพื่อค้นหาคำพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งจะช่วยให้เราทราบถึงรายการหน้าที่ต่าง ๆ ของชุดทดลองและพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามกำหนด

- การศึกษาปัจจัยที่ทำให้ชุดปฏิบัติการทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนด โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ พลังงานและสัญญาณสิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ ภาพสเก็ชต่างๆ หรือแบบของวงจร เพื่อให้สามารถทราบถึงส่วนประกอบของอุปกรณ์ให้มากที่สุด ขึ้นส่วนหรือแบบของงานที่คิดค้นขึ้นมา ควรจะพิจารณาถึงการนำมาประกอบความยากง่ายในการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้และค่าใช้จ่าย

- การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ นำมาหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาเกณฑ์กำหนดเรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษา และราคา

- การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ได้แล้วก็นำมาสเก็ชเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าว ๆ หรือเป็นภาพงานชิ้นง่าย ๆ จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการทดสอบการทำงานของส่วนต่าง ๆ ตามรายการหน้าที่ที่กำหนดตามความจำเป็น

- การเขียนแบบเพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไปงานเขียนแบบพบว่ามีความสำคัญอย่างมากแบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดปฏิบัติการต้องมีแบบทั้งแบบภาพประกอบและการแยกชิ้นหรือแบบสายวงจรของแผ่นวงจรพิมพ์

- การเตรียมเอกสารประกอบอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรต้องจัดเอกสารประกอบหรือคู่มือการใช้งานเพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 การทดลองใช้ชุดสื่อการเรียนการสอนจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษา โดยผู้วิจัยเพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่าง ๆ อาทิ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน และความสะดวกในการลอกเลียนขึ้นมาทำใหม่

2.6.7 การปรับปรุง ข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองข้างต้น จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดสื่อการเรียนการสอนให้มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับได้

วิธีการสร้างชุดทดลองปฏิบัติการและใบงาน มีลำดับขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมเอกสารข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นเตรียมการจะต้องหาบุคลากรที่จะช่วยการสร้างชุดทดลองปฏิบัติการและใบงานซึ่งประกอบด้วย

- ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญการในสาขาวิชานั้น
- วิทยากร วิศวกรหรือครูผู้สอนและนักเทคโนโลยีทางการศึกษา

3. ขั้นตอนดำเนินการ

- เลือกเนื้อหาวิชา
- กำหนดเวลา
- กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- จัดลำดับเนื้อหา
- วางแผนวิธีการสอน สอนแบบใด ใช้สื่ออะไรบ้าง กิจกรรมอะไร ประเมินผลอย่างไร
- นำชุดทดลองปฏิบัติการและใบงานไปทดลองใช้
- นำกลับมาแก้ไข(ถ้ามี)
- ปรับปรุง
- ผลิชุดปฏิบัติการที่สมบูรณ์ให้เพียงพอกับการใช้งานต่อไป

2.7 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลได้แนวคิดมาจาก พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551) เครื่องมือวัดผลเป็นชุดของสิ่งเร้าที่ใช้วัดพฤติกรรม หรือคุณลักษณะของคน สัตว์ หรือสิ่งของเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของสิ่งนั้นตามที่ต้องการ ในงานวิจัยนี้หาคุณภาพเครื่องมือโดยใช้วิธีดังนี้

2.7.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงหรือความตรง (Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึงคุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อรวบรวมข้อคำถามทุกข้อเป็นเครื่องมือทั้งฉบับจะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการวัดด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุด โดยเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพราะแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาถ้านักเรียนไม่สามารถแสดงความรู้หรือพฤติกรรมที่เขาทำได้ เพราะความรู้หรือพฤติกรรมที่เขาอยู่ไม่ได้ถูกวัด ข้อสอบวัดในสิ่งที่ครูไม่ได้สอน หรือครูสอนแต่ไม่ได้วัด ผลที่ตามมาคือผู้สอบตอบข้อสอบไม่ถูกเป็นส่วนใหญ่ส่งผลให้คะแนนที่ได้จากการวัดครั้งนั้นๆ ขาดความเชื่อถือ วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดจริงๆ ไม่ได้และเมื่อนำผลการวัดครั้งนั้นๆ ไปประเมินผล ผลการประเมินครั้งนั้นๆ ก็ขาดความเชื่อถือตามไปด้วยมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบว่าข้อคำถามในแบบทดสอบมีความเป็นตัวแทนของเนื้อหาหรือครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการจะวัดหรือไม่ และตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาที่แบ่งเป็นหมวดหรือหน่วยย่อยๆ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากน้ำหนักของพฤติกรรมที่จะวัดกับจำนวนข้อคำถามในพฤติกรรมนั้นซึ่งดูจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร

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

- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์
- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

จากนั้นนำคะแนนผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์โดยใช้สูตรของโรวินสกี และแอมเบลตัน อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ดังนี้

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

- | | | |
|-------|----------|--|
| เมื่อ | IOC | คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ |
| | $\sum R$ | คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ |
| | N | คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ |

โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามดังนี้

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ค่าความยากง่าย

ค่าความยากง่าย (Level of Difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นก็ง่ายและถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่ดีควรมีความยากง่ายพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากง่ายหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

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

เมื่อ	P	หมายถึง ค่าความยากง่าย
	R	หมายถึง จำนวนคนที่ตอบถูก
	N	หมายถึง จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

เกณฑ์การพิจารณาความยากง่าย ค่าความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

0.81 < P ≤ 1.00 แสดงว่า เป็นข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

0.60 < P ≤ 0.80 แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ดี)

0.40 < P ≤ 0.60 แสดงว่า เป็นข้อสอบยากง่ายปานกลาง (ดีมาก)

0.20 < P ≤ 0.40 แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก (ดี)

0.00 < P ≤ 0.19 แสดงว่า เป็นข้อสอบยากมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

2.7.3 ค่าอำนาจจำแนก

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

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \quad (2.3)$$

เมื่อ

r คือ อำนาจจำแนก

P_H คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.12 ขึ้นไป ส่วนค่าอื่นๆ 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

$-1.00 < r \leq 0.19$ แสดงว่า ไม่สามารถจำแนกได้ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

ถ้า r มีค่าเป็นลบหรือน้อยกว่า 0 แสดงว่า ข้อสอบนั้นจำแนกกลับ แสดงว่าคนเก่งทำไม่ได้คนอ่อนทำได้ ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

2.7.4 ความเชื่อมั่น

ความเชื่อมั่น คือ คุณสมบัติของเครื่องมือที่วัดผลได้สม่ำเสมอ คำว่าความเชื่อมั่นนี้บางตำราอาจเรียกว่า ความเชื่อถือหรือความเที่ยง การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นเป็นรูปแบบของตัวเลขทศนิยมที่มีค่าไม่เกิน 1.00 การหาค่าความเชื่อมั่นสามารถหาได้หลายวิธี โดยผู้วิจัยได้ใช้วิธีของ Kuder-Richardson

วิธีของ Kuder-Richardson เป็นวิธีการหาความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในเป็นวิธีที่ทำการวัดเพียงครั้งเดียว แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์โดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson ซึ่งมี 2 สูตร คือ KR 20 และ KR 21 ใช้กับเครื่องมือวัดที่มีการให้คะแนนแบบ 0 1 คือ ผิดให้ 0 ถูกให้ 1

สูตร KR 20 เป็นสูตรดั้งเดิม ซึ่งจะต้องมีการหาสัดส่วนของผู้ตอบถูกและผู้ตอบผิดของแต่ละข้อ โดยผู้วิจัยเลือกใช้สูตร KR 20 รายละเอียดของแต่ละสูตรมีดังนี้

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

เมื่อ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

k คือ จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum pq$ คือ ผลรวม

p คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

q คือ สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

เกณฑ์การแปลความหมายของค่าความเชื่อมั่นค่าความเชื่อมั่นมีค่าตั้งแต่ ต่ำกว่า 0.30 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ส่วนค่าอื่น ๆ มีความหมายดังนี้

$0.80 < r_{tt} \leq 1.00$ แสดงว่าค่าความเชื่อมั่น สูงมาก สามารถนำไปใช้ได้ดีมาก

$0.70 < r_{tt} \leq 0.79$ แสดงว่าค่าความเชื่อมั่น สูง สามารถนำไปใช้ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$0.50 < r_{tt} \leq 0.69$ แสดงว่าค่าความเชื่อมั่น ปานกลาง สามารถนำไปใช้ได้

$0.30 < r_{tt} \leq 0.49$ แสดงว่าค่าความเชื่อมั่น ต่ำ ไม่ควรนำไปใช้

$r_{tt} \leq 0.30$ แสดงว่าค่าความเชื่อมั่น ต่ำมาก ไม่สามารถนำไปใช้ได้

2.8 การหาประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2551: 134-140) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการหาประสิทธิภาพชุดการสอนโดยใช้สูตร E_1/E_2 ดังนี้

2.8.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ ทำโดยการประเมินพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยการกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 ประสิทธิภาพกระบวนการ และ E_2 (ประสิทธิภาพผลลัพธ์) ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่า ผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พอใจ โดยกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ได้ จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดนั้นคือ E_1/E_2 หรือ ประสิทธิภาพกระบวนการ/ประสิทธิภาพผลลัพธ์

การที่กำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความจำ มักตั้งไว้ที่ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะ หรือเจตคติอาจตั้งไว้ที่ 70/70 หรือ 75/75

การกำหนดประสิทธิภาพบทเรียนโปรแกรมนิยมกำหนดเป็น 80/80 สำหรับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความจำ โดยมีความคลาดเคลื่อน ± 2.5

80 ตัวแรก หมายถึง ผู้เรียนทั้งหมดสามารถทำแบบทดสอบใบงานและฝึกหัดระหว่างเรียนระหว่างเรียนได้ผลเฉลี่ย 80%

80 ตัวหลัง หมายถึง ผู้เรียนทั้งหมดสามารถทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ย 80%

2.8.2 คำนวณหาประสิทธิภาพ โดยการใช้สูตร E_1/E_2 โดย E_1 และ E_2 สามารถหาได้จาก

$$E_1 = \left[\frac{\sum X}{N} \right] \times 100 \quad (2.5)$$

$$E_2 = \left[\frac{\sum F}{N} \right] \times 100 \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดค่าของตัวแปรดังนี้

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการหมายถึง คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบใบงานและฝึกหัดระหว่างเรียนเรียนคิดเป็นร้อยละ

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบใบงานและฝึกหัดระหว่างเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบใบงานและฝึกหัดระหว่างเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

2.9 การประเมินคุณภาพสื่อ

เพื่อให้รู้ว่าสื่อที่เลือกหรือผลิตขึ้นมานั้นสามารถใช้สอนได้ตามที่ต้องการหรือไม่ จำเป็นต้องมีการประเมินคุณภาพสื่อ (พิสิฐ เมธาภัทร และ ชีรพล เมธิกุล. 2529:171-173) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.9.1 ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)

1. ด้านวัตถุประสงค์

- สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์
- สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์

2. ด้านเนื้อหา

- เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด
- เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้
- เนื้อหาวิชาเรียงลำดับเป็นตรรกะ (Logic)

3. ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลในการสื่อความหมาย

- บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
- สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอย (Abstract) ให้มีความหมายและ

เป้าหมาย (Concrete) มากขึ้น

- ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น

- ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับคน (Human Factor)

1. ด้านผู้เรียน สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน

2. ด้านผู้สอน

- สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน
- สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน

2.9.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อม และการนำไปใช้งาน

1. ด้านวัสดุและอุปกรณ์

- ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น
- ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น

2. ด้านเวลา

- เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
- เวลาที่ใช้ในการแสดงสื่อไม่น่าเบื่อเกินไป

3. ด้านการใช้งาน

- สามารถนำไปใช้อย่าง สะดวก
- ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน
- ไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยพิเศษอื่นๆ ขณะไปใช้งาน

2.10 ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจในงานเป็นตัวแปรหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการจูงใจ จะมีผลย้อนกลับให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานด้วย

2.10.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคลากรมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับ ซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น และการแสดงความคิดเห็นนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึกที่แท้จริงจึงสามารถวัดความพึงพอใจนั้นได้ พจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2552 กล่าวไว้ว่า “พึง” คำช่วยกริยาอื่น หมายความว่า ยอมตาม แปลว่า ควร เช่น พึงไป ว่า ควรไป หมายความว่า จำเป็น แปลว่า ต้อง เช่น พึงใจ หมายความว่า พอใจ ชอบใจ และคำว่า “พอ” หมายความว่า เท่าที่ความต้องการเต็มความต้องการ ถูกชอบ เมื่อนำคำสองคำมาผสมกัน “พึงพอใจ” จะหมายถึง ชอบใจถูกใจตามที่ต้องการ สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง (2542) กล่าวว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความพึงพอใจเป็นผลรวมของความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับระดับความชอบหรือไม่ชอบต่อสภาพต่างๆ
2. ความพึงพอใจเป็นผลของทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆ
3. ความพึงพอใจในการทำงานเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานที่ดีและสำเร็จจนเกิดเป็นความภูมิใจและได้ผลตอบแทนในรูปแบบต่างๆ ตามที่หวังไว้ วัฒนา เพ็ชรวงศ์ (2542) ได้ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึก หรือทัศนคติทางด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลนั้นได้ แต่ทั้งนี้ความพึงพอใจของแต่ละบุคคล ย่อมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่านิยมและ ประสบการณ์ที่ได้รับ

จากการศึกษาความหมายความพึงพอใจ และทัศนะว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกสองแบบของมนุษย์ คือ ความรู้สึกในทางบวกและความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกทางบวกเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความสุข ความรู้สึกทางลบเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความทุกข์หรือความไม่พอใจ โดยแต่ละบุคคลจะมีทัศนคติความพึงพอใจในแต่ละเรื่องไม่เหมือนกัน เนื่องจากหลายสาเหตุ

2.10.2 การวัดความพึงพอใจ

การประเมินความแตกต่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริงตั้งนั้นการวัดความพึงพอใจจึงเป็นการวัดทัศนคติ หรือความรู้สึกของบุคคล ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

1. แบบสอบถาม หมายถึง ชุดของข้อความที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อความสำหรับผู้ตอบตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด ข้อมูลที่วัดโดยใช้แบบสอบถามมีได้หลายประการทั้งข้อเท็จจริง ความรู้ ความคิดเห็น และการปฏิบัติ (พรณี ลีกิจวัณนะ. 2553) การวัดความพึงพอใจแบบนี้ คุณภาพของข้อมูลที่ได้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบสอบถาม ผู้วิจัยต้องมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบสอบถาม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้อง ครบถ้วนและตรงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2. การสัมภาษณ์ หมายถึง วิธีการสนทนาที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย การสัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายทำนองเดียวกันกับการใช้แบบสอบถาม จึงมีผู้เรียกการสัมภาษณ์ว่าเป็นแบบสอบถามปากเปล่า (Oral Questionnaire) แต่มีความแตกต่างกันตรงวิธีการ กล่าวคือการสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์หรือผู้ถามเป็นฝ่ายซักถามโดยการพูด ผู้ให้สัมภาษณ์หรือผู้ตอบก็ตอบโดยการพูด แล้วผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายบันทึกคำตอบ ส่วนการใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบโดยการเขียนตอบลงในแบบสอบถาม การสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลที่ดีหรือไม่เพียงใดขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญ ในการสัมภาษณ์บางกรณีมีการใช้แบบสัมภาษณ์ช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้สัมภาษณ์ (พรณี ลีกิจวัณนะ. 2555) ซึ่งเป็นการวัดความพึงพอใจทางตรง โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์และพูดคุยกับกลุ่มตัวอย่างโดยตรง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

3. การสังเกต หมายถึง วิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยการใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกต แล้วผู้สังเกตเป็นฝ่ายบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ วิธีการสังเกตเหมาะสมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการศึกษาปรากฏการณ์และพฤติกรรมต่างๆ เช่น พฤติกรรมการเรียนการสอน (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2555) การสังเกตนั้นเป็นวิธีการวัดความพึงพอใจอีกวิธีหนึ่งโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการพูดจา กริยา ท่าทาง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเวลาค่อนข้างมากและต้องอาศัยการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

2.10.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

1. ศึกษาเนื้อหาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจ

2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert ระดับความคิดเห็น

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลระดับความคิดเห็นของ Likert

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3. นำแบบประเมินความพึงพอใจไปหาคุณภาพ ดังนี้

3.1 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อ ของแบบประเมินความพึงพอใจ โดยนำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญประเมิน

3.2 นำแบบประเมินความพึงพอใจ มาปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

4. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

ซึ่งนักวิชาการที่ศึกษาเรื่องความพึงพอใจส่วนใหญ่จะใช้วิธีการวัดโดยใช้แบบประเมิน โดยนำรูปแบบของแบบประเมินมาจากแบบประเมินที่มีผู้พัฒนาขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลในการวัดความพึงพอใจที่ได้รับความนิยมและน่าเชื่อถือ

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

จงเจริญ คัมบุญ (2550 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาติจิตอลตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ได้ออกแบบและสร้างชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาติจิตอลจำนวน 15 การทดลองซึ่งทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้งานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่าผลการประเมินคุณภาพด้านการนำไปใช้ของชุดปฏิบัติการมีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.31

ชาญ จัปพันธ์ (2562 : บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพเอกสารประกอบการสอนวิชาติจิตอลเทคนิค รหัสวิชา 3105-2002 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเอกสารประกอบการสอนวิชาติจิตอลเทคนิคให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ศึกษาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้เอกสารประกอบการสอนวิชาติจิตอล ซึ่งผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยร้อยละ 85.96/81.53 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้

ชาญชัย แสงโพธิ์ (2559:บทคัดย่อ) ทำวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) พุทธศักราช 2556 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจะประกอบด้วย ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ใบงานทดลอง แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินการปฏิบัติงาน จากผลการวิจัยพบว่า ชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดี และประสิทธิภาพของชุดฝึกมีค่าเท่ากับ 81.10/86.45 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

สุวิทย์ อัฐกุลชัย (2560:บทคัดย่อ) ทำวิจัยเรื่องชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพ หาประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษา แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จำนวน 40 คน ชุดทดลองประกอบด้วยใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ผลวิจัยพบว่า 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) ประสิทธิภาพของชุดทดลองเท่ากับ 82.89/83.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนเข้ารับการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สนธยา เกษสมบัติ และคณะ (2550:บทคัดย่อ) ทำวิจัยเกี่ยวกับการสร้างสื่อที่ใช้ในเรื่องของการตรวจจับและควบคุมในอุตสาหกรรม ซึ่งได้ออกแบบใบงานประกอบชุดทดลองและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนโดยชุดทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากการทดสอบก่อนเรียนร้อยละ 10.76 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการตรวจจับและควบคุมในงานอุตสาหกรรมแบบหลังได้รับการเรียนรู้สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ทางด้านวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม แสดงให้เห็นว่าการอบรมด้วยชุดฝึกนั้นจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและทักษะที่ดีขึ้น ทางผู้วิจัยเห็นว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปเร็วมาก และยังไม่มีชุดฝึกอบรมที่รองรับการพัฒนาของเทคโนโลยีดังกล่าว จึงได้ตัดสินใจเลือกพัฒนาสื่อที่มีคุณสมบัติทางด้านวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์รวมถึงการประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ทางผู้วิจัยจึงได้จัดทำชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความรู้และสามารถนำไปต่อยอดใช้งานได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมที่มีคุณภาพ หาประสิทธิภาพ และศึกษาความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มโดยผู้วิจัยได้เรียบเรียงขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.5 การดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง หรือผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทางสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมินบุรี สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 15 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆ ดังนี้

3.2.1 ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 บอร์ดทดลอง

3.2.1.2 ใบงานการทดลอง จำนวน 7 ใบงาน

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพ โดยแบ่งเป็น

3.2.3.1 แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง

3.2.3.2 แบบประเมินคุณภาพบอร์ดทดลอง

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4.1 แบบทดสอบระหว่างฝึกอบรม

3.2.4.2 แบบทดสอบหลังฝึกอบรม

3.2.4 แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.2.5 แบบประเมินผลความพึงพอใจ

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้มีการกำหนดขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 ศึกษาเนื้อหาสำหรับการอบรมที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากงานวิจัย บทความ รวมถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สำคัญๆ และคัดมาทั้งสิ้น 6 ชิ้น แหล่งข้อมูลออนไลน์ Tools & Software and Solution (บริษัท ST Electronics. 2564) และหนังสือปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex-M3 กับ STM32 และงานวิจัย (ชาญชัย แสงโพธิ์. 2559), (กิตติศักดิ์ อังคนาวิน. 2561), (จงเจริญ คุ่มบุญ. 2550) และ (สุวิทย์ อัฐกุลชัย. 2560) โดยสามารถนำมาสรุปหัวข้อที่มีความถี่การอ้างอิงมากมาใช้เป็นหัวข้อในการสร้างเนื้อหาการอบรม แสดง ได้ดังตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 หัวข้อและจำนวนครั้งที่ถูกอ้างอิงในงานวิจัย

ลำดับ	หัวข้อ	จำนวนครั้งที่ถูกอ้างอิง
1	อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต	6
2	เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์	5
3	สัญญาณดิจิทัลและสัญญาณแอนะล็อก	4
4	การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	3
5	การอินเตอร์เฟส	2
6	การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.1 ศึกษาทฤษฎีการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกอบรม รวมทั้งหลักการสร้างและออกแบบวงจรต่าง ๆ โดยในการผู้วิจัยได้พัฒนา ชุดฝึกอบรมวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มซึ่งประกอบไปด้วย บอร์ดทดลองและใบงานการทดลอง

3.3.1.2 ออกแบบและสร้างใบงานการทดลอง โดยออกแบบใบงานการทดลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและสอดคล้องกับการปฏิบัติของบอร์ดทดลอง ซึ่งได้ใบงานการทดลองทั้งหมด 7 ใบงานดังนี้

ใบงานที่ 1 เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม STcube IDEและไมโครคอนโทรลเลอร์

Nucleo

ใบงานที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต

ใบงานที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอ LCD และ LED Dotmatrix

ใบงานที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลนาฬิกา DS1307

ใบงานที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์

ใบงานที่ 6 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

ใบงานที่ 7 การประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม
(สำหรับทดสอบ)

ตารางที่ 3.2 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละใบงานการทดลอง

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ใบงานที่ 1 เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม STM32CubeIDE และไมโครคอนโทรลเลอร์ Nucleo	1) อธิบายความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้นได้อย่างถูกต้อง 2) อธิบายโครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 3) จำแนกตระกูลและหน้าที่ส่วนต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 4) สร้างโปรเจกจากโปรแกรม STM32CubeIDE ได้
ใบงานที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต	1) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหลอด LED ได้อย่างถูกต้อง 2) เขียนโปรแกรมรับค่าจากสวิตช์ปุ่มกดได้อย่างถูกต้อง 3) ต่อวงจรอุปกรณ์อินพุตกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง 4) ต่อวงจรอุปกรณ์เอาต์พุตกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ใบงานที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอ LCD และ LED Dotmatrix	1) อธิบายการเชื่อมต่อจอ LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง 2) อธิบายการเชื่อมต่อ LED Dotmatrix กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง 3) เขียนโปรแกรมแสดงข้อมูลผ่านจอ LCD ได้อย่างถูกต้อง 4) เขียนโปรแกรมแสดงผล LED Dotmatrix ได้อย่างถูกต้อง 5) อธิบายหลักการทำงานของจอ LCD และ LED Dotmatrix ได้อย่างถูกต้อง
ใบงานที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลนาฬิกา DS1307	1) อธิบายการเชื่อมต่อโมดูลนาฬิกา DS1307 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง 2) เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับ-ส่งข้อมูลกับโมดูลนาฬิกา DS1307 ได้อย่างถูกต้อง 3) ต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลนาฬิกา DS1307 ได้อย่างถูกต้อง
ใบงานที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์	1) อธิบายการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์แอนะล็อกได้อย่างถูกต้อง 2) เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากโมดูล ADXL355 ได้อย่างถูกต้อง 3) ต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูล ADXL355 ได้อย่างถูกต้อง 4) อธิบายการทำงานของโมดูล ADXL355 ได้อย่างถูกต้อง
ใบงานที่ 6 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	1) อธิบายการเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมได้อย่างถูกต้อง 2) เขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมได้อย่างถูกต้อง 3) เขียนโปรแกรม รับ-ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรมได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ใบงานที่ 7 ประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม	1) เขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซนเซอร์ ADXL355 และแสดงผลออกจอ LCD ได้อย่างถูกต้อง 2) ต่อวงจรโมดูล ADXL355 และจอ LCD ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง 3) เขียนโปรแกรมรับค่าจากเอ็นโค้ดเดอร์และแสดงผลทาง LED Dotmatrix ได้อย่างถูกต้อง

3.3.1.3 ออกแบบบอร์ดทดลอง โดยผู้วิจัยเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 Nucleo ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม รุ่น ARM Cortex-M0 เบอร์ STM32L053R8T6 ของ STMicroelectronics มาพัฒนารวมมีการเชื่อมต่อกับ อุปกรณ์เชื่อมต่อทางด้านอินพุตและเอาต์พุตบนบอร์ดเดียวกันเพื่อความสะดวกในการใช้งานและการเก็บรักษาและมีความคงทนต่อการใช้งาน ซึ่งได้บอร์ดทดลองดังภาพผนวก ข ภาพที่ ข.1

3.3.1.4 ทดสอบการทำงานและตรวจสอบความถูกต้องของบอร์ดทดลองและของใบงานการทดลองและปรับปรุงแก้ไขให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องทุกใบงานการทดลอง

3.3.1.5 นำชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มที่ประกอบด้วยบอร์ดทดลองและใบงานการทดลองเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.3.1.6 นำชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองและด้านใบงานการทดลอง ดังรายนามต่อไปนี้

- 1) ผศ.ดร.วรวงษ์ ไพรินทร์ ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3) ดร.สุนทร ก้องสินธุ์ หัวหน้างานหลักสูตร วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
- 4) นายอาทร คุ่มฉายา หัวหน้าแผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี
- 5) นายชาญชัย แสงโพธิ์ หัวหน้างานศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การตีความของการแสดงความคิดเห็น จากผู้ทรงคุณวุฒิตามเกณฑ์ในการวิเคราะห์ตามแนวความคิดของ เบสท์ (Best W. John. 1997 : 190) ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้ของการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อแปลความหมายของการแสดงความคิดเห็น ดังนี้

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

ในการประเมินคะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละด้าน จะต้องได้เกณฑ์ 3.50 ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

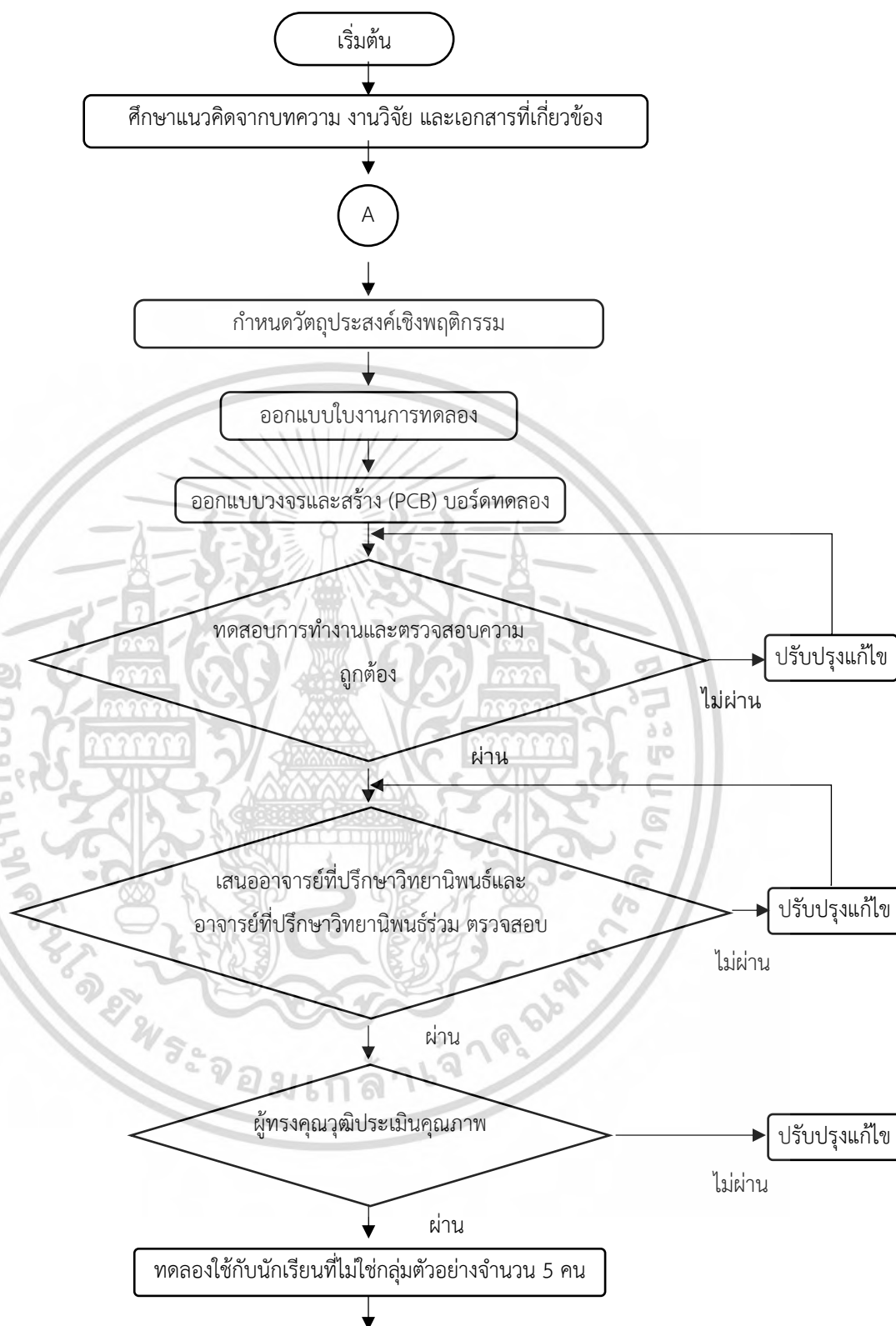
3.3.1.7 ปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ความเหมาะสมและตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของบอร์ดทดลองและปรับปรุงความชัดเจนของรูปภาพและลำดับขั้นตอนทดลองของใบงานการทดลอง

3.3.1.8 นำชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม มาทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน เพื่อสังเกตพฤติกรรมการใช้งานของนักศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาการใช้งาน เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข เช่น ลำดับการทดลองวิธีการ และลำดับการใช้โปรแกรม เป็นต้น

3.3.1.9 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อสังเกต

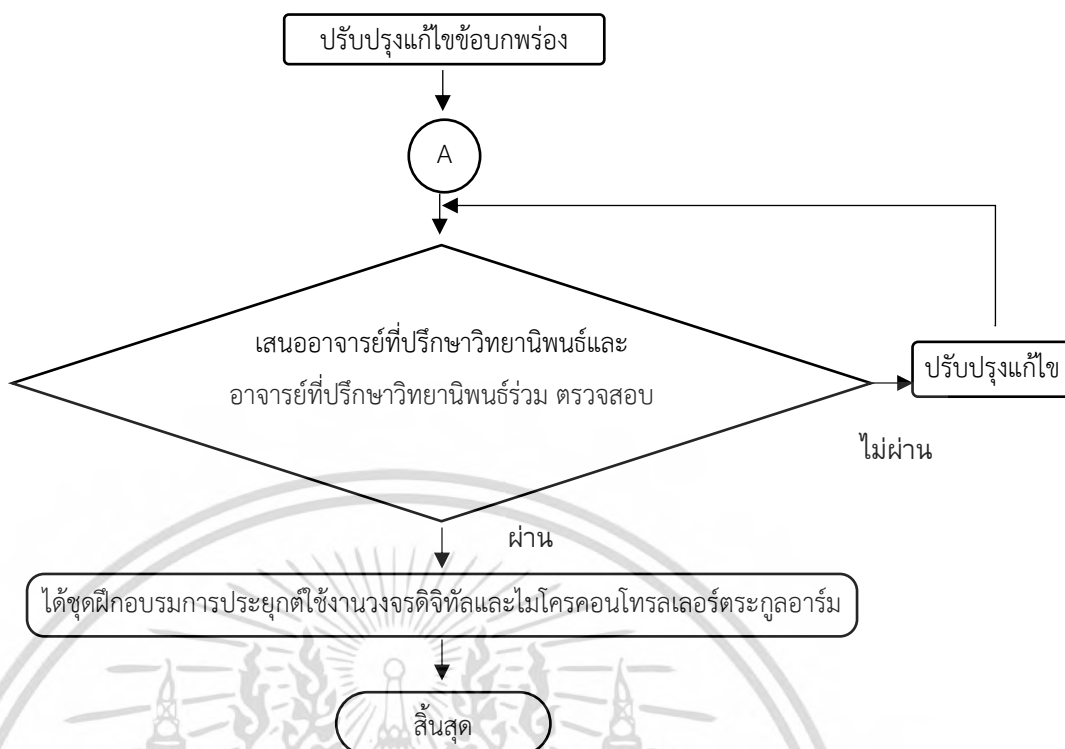
3.3.1.10 นำชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่ได้แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง และปรับปรุงแก้ไข

3.3.1.11 ได้ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม สำหรับนำไปใช้ในการฝึกอบรมต่อไป โดยขั้นตอนในการพัฒนาและหาคุณภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มที่กล่าวในข้างต้นสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ผังขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ผังขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม (ต่อ)

3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

3.3.2.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองและใบงานการทดลอง

3.3.1.2 ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มโดยใช้แบบการประเมินโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนน ดังนี้

ระดับความเห็น 5 ระดับ แบ่งเป็น

ระดับ 5 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก

ระดับ 4 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ดี

ระดับ 3 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับ 2 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ พอใช้

ระดับ 1 ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับ ต้องปรับปรุง

โดยหลังจากประเมินแล้วจะนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยสามารถตีความหมายของคุณภาพได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.50 – 5.00 มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50 – 4.49 มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดี

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50 – 3.49 มีคุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง

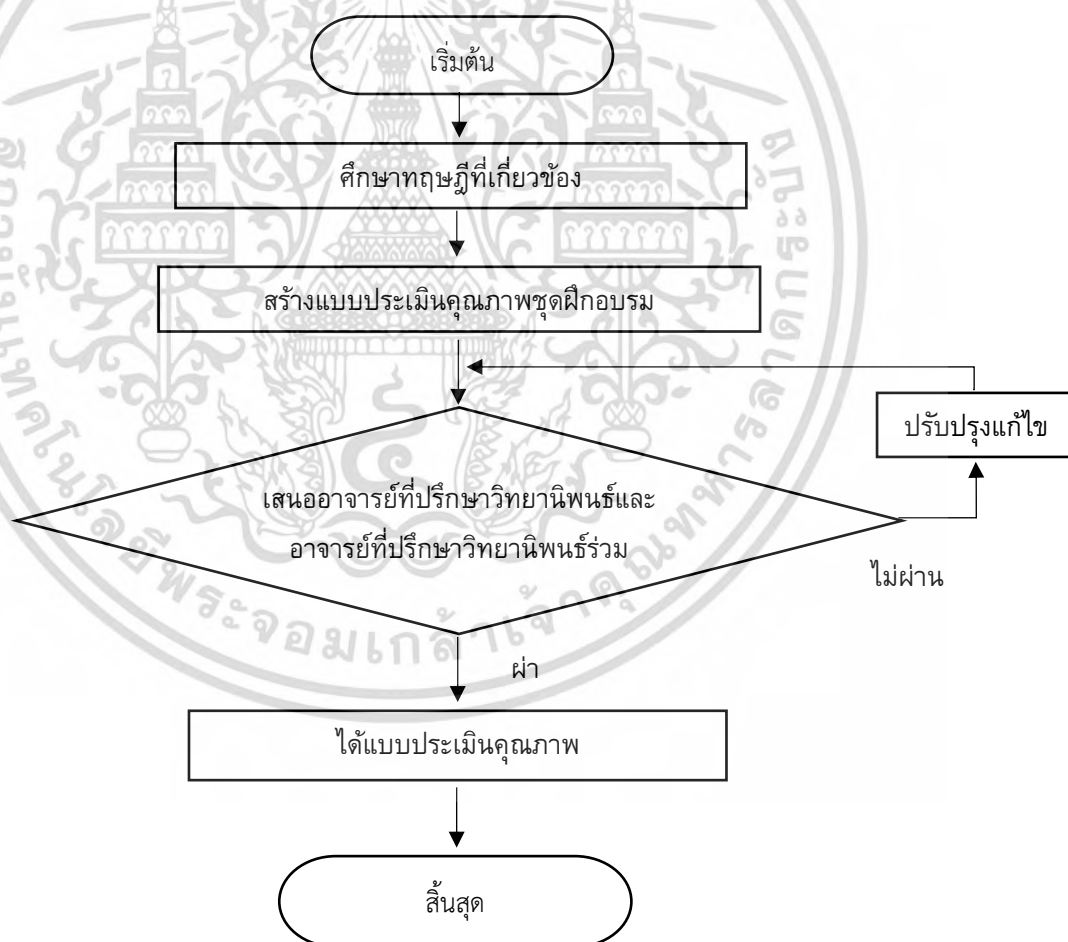
ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.50 – 2.49 มีคุณภาพอยู่ในระดับ พอใช้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 – 1.49 มีคุณภาพอยู่ในระดับ ต้องปรับปรุง

3.3.1.3 นำแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มเสนอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ร่วมตรวจสอบและนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.3.1.4 ได้แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วดังแสดงในภาคผนวก ข

ซึ่งลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มแสดงได้ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะนำมาใช้ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนท้ายใบงานการทดลอง เพื่อประเมินผู้เข้ารับการอบรมและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ผู้วิจัยหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีขั้นตอนดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลทางการศึกษา

3.3.3.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานจำนวน 67 ข้อ ซึ่งเป็นคำตอบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.3.3.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.4 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน โดยมีรายชื่อดังนี้

(1) ผศ.ดร.วราพงษ์ ไพรินทร์ ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(3) ดร.สุนทร ก้องสินธุ์ หัวหน้างานหลักสูตร วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี

(4) นายอาทร คุ่มฉายา หัวหน้าแผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

(5) นายชาญชัย แสงโพธิ์ หัวหน้างานศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี

โดยการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เลือกให้คะแนน +1 สำหรับข้อคำถามที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เลือกให้คะแนน 0 สำหรับข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่

เลือกให้คะแนน -1 สำหรับข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

และนำผลการประเมินที่ได้ไปหาค่าความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อทดสอบ IOC (สมชาย วรภิเษมสกุล. 2533 : 269) โดยพิจารณาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

0.50 – 1.00 แล้วนำมาจัดลำดับ ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 60 ข้อ

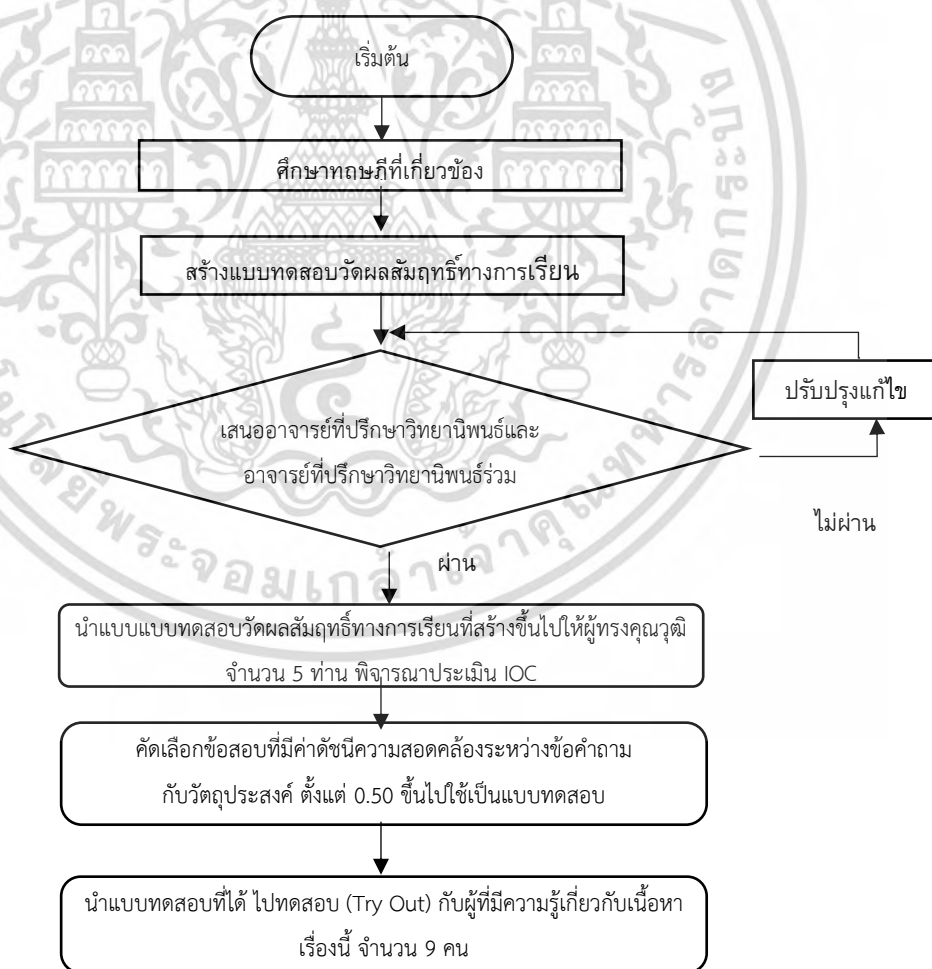
3.3.3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 60 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ทดสอบ (Try Out) กับผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 9 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 60 ข้อ มาวิเคราะห์รายข้อ หาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจ จำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อที่มีความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปโดยคำนึงถึงความครอบคลุมของเนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัดหาค่าความยากง่าย (P) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538) ผลการหาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 ขึ้นไป และได้ข้อสอบจำนวน 60 ข้อ

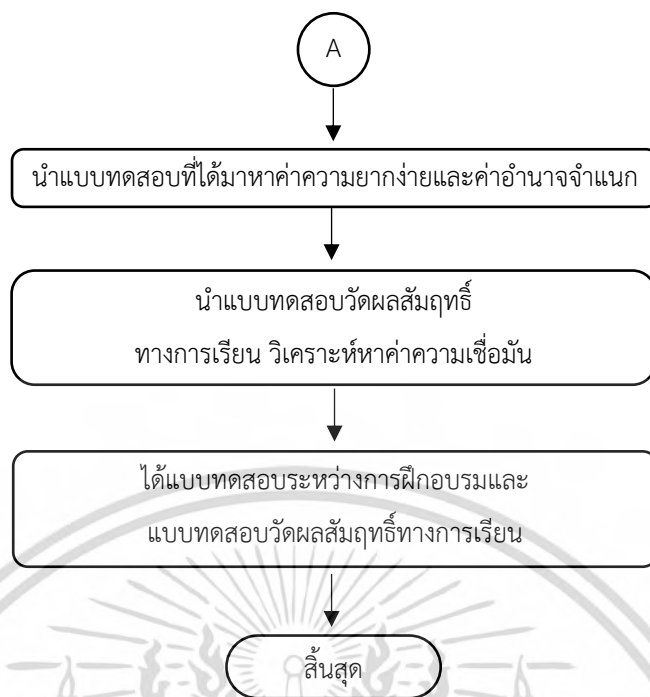
3.3.3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกแล้วจำนวน 60 ข้อ และนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับโดยค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 โดยใช้ สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543) ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.90

3.3.3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการหาค่าความเชื่อมั่นแล้วเพื่อนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ต่อไป โดยสามารถสรุปขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 ผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

3.3.4 การสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

การสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน เพื่อจะนำมาใช้ประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการอบรมในทุกๆ ใบบางงานการทดลอง แล้วนำผลที่ได้ไปหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และทักษะการปฏิบัติงาน

3.3.4.2 สร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบบางงานการทดลอง โดยกำหนดเกณฑ์และน้ำหนักการให้คะแนนพิจารณาจากความซับซ้อนและความสำคัญของการปฏิบัติงาน 3 ระดับ (คู่มือการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริงเพื่อการปฏิรูปการเรียนการสอนสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. 2557) ดังนี้

ระดับ 2 คะแนน หมายถึง สำหรับปฏิบัติงานตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดตามแบบประเมินผลการปฏิบัติงานได้ครบถ้วนและถูกต้อง

ระดับ 1 คะแนน หมายถึง สำหรับปฏิบัติงานตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดตามแบบประเมินผลการปฏิบัติงานครบถ้วนบางส่วนและถูกต้องบางส่วน

ระดับ 0 คะแนน หมายถึง สำหรับปฏิบัติงานตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดตามแบบประเมินผลการปฏิบัติงานไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง

สำหรับใบบางงานที่ 7 ได้ปรับเปลี่ยนน้ำหนักการให้คะแนนจากระดับคะแนนเต็ม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

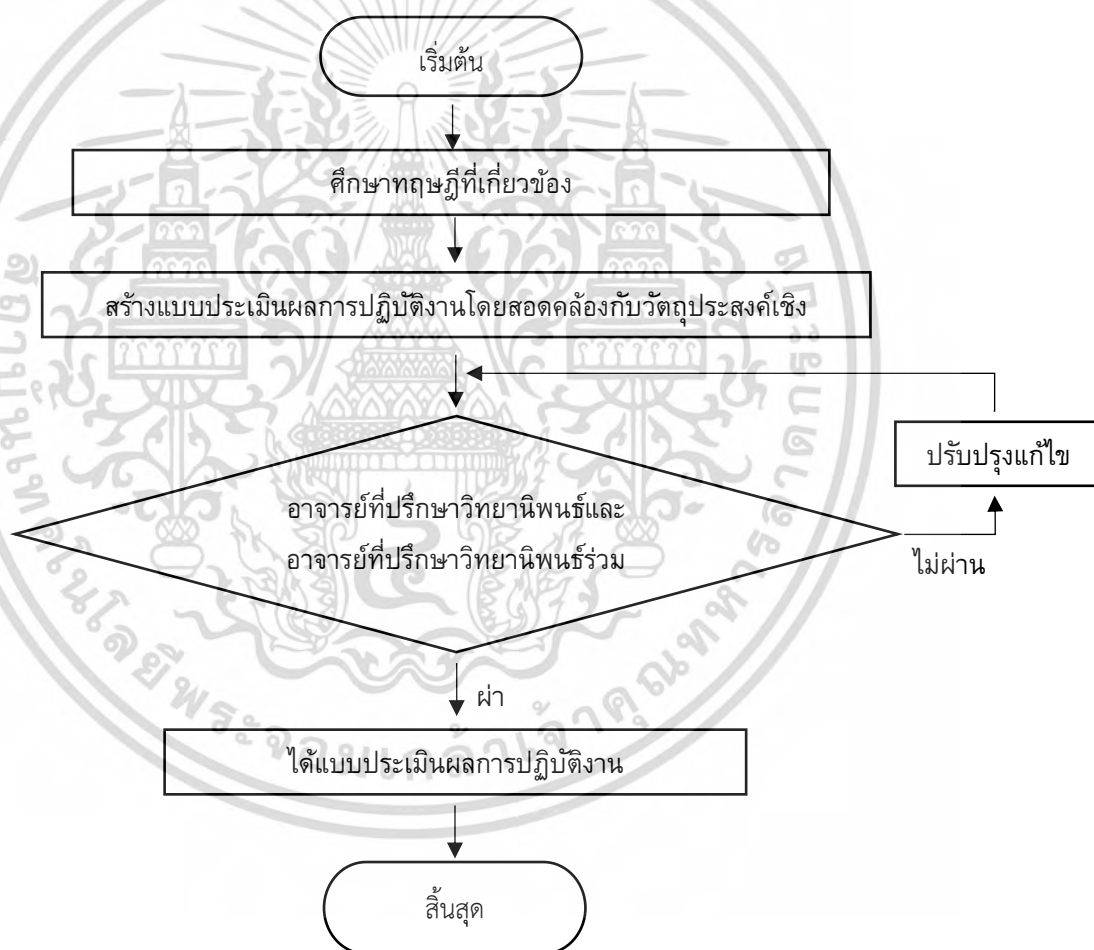
ระดับ 2 คะแนน จะได้นำหนักคะแนนเท่ากับ 14 คะแนน

ระดับ 1 คะแนน จะได้นำหนักคะแนนเท่ากับ 7 คะแนน

ระดับ 0 คะแนน จะได้นำหนักคะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

3.3.4.3 นำเสนอแบบประเมินผลการปฏิบัติงานเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและปรับปรุงแก้ไข

3.3.4.4 ได้แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยสามารถสรุปขั้นตอนแบบประเมินผลการปฏิบัติงานได้ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.3.5 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3.3.5.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.2 ดำเนินการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มโดยใช้แบบการประเมินโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนดังนี้

ระดับความเห็น 5 ระดับ แบ่งเป็น

ระดับ 5 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

ระดับ 4 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ระดับ 3 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับ 2 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย

ระดับ 1 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยมาก

โดยหลังจากประเมินความพึงพอใจแล้วจะนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งสามารถตีความหมายระดับความพึงพอใจได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.50 – 5.00 ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50 – 4.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50 – 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง

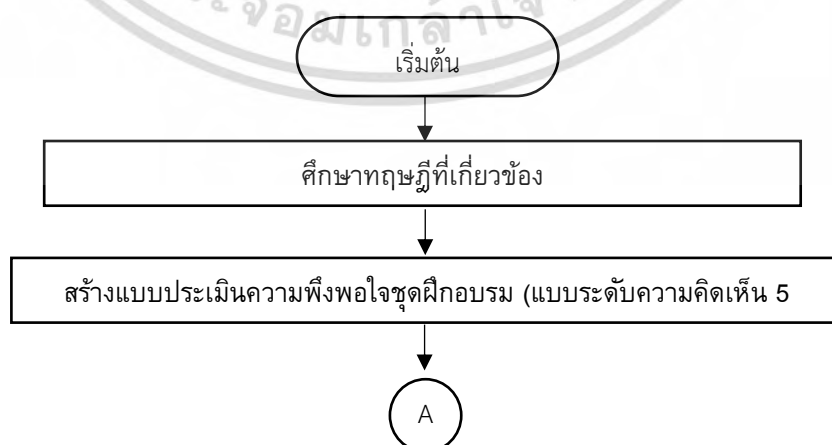
ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.50 – 2.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 – 1.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยมาก

3.3.5.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ร่วมตรวจสอบและนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

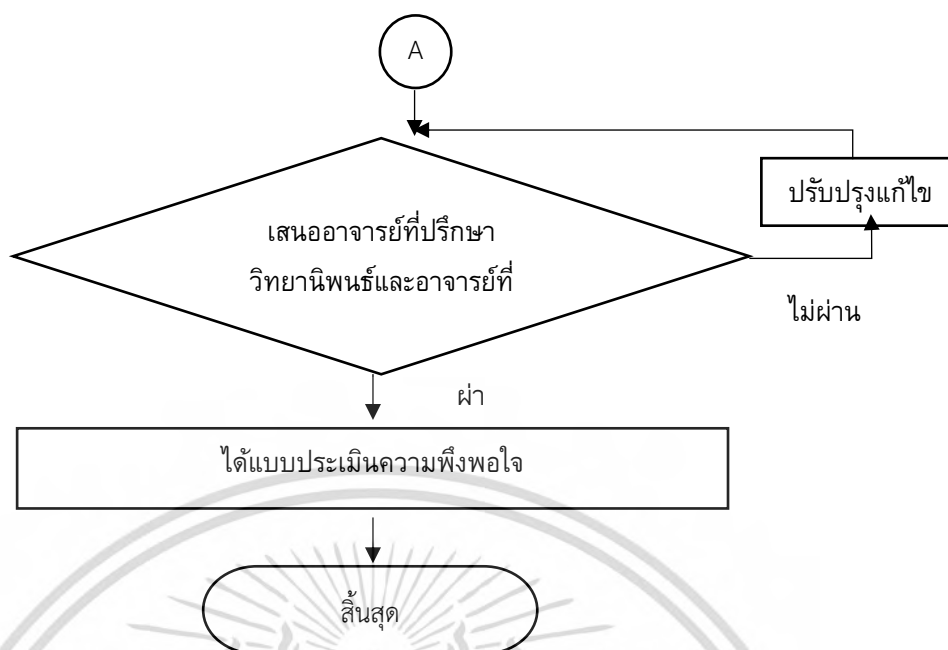
3.3.5.4 ได้แบบประเมินความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มที่ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ดังแสดงในภาคผนวก ง.

ซึ่งลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มแสดงได้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ฟังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 ผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ (ต่อ)

3.4 การดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยเพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์สนับสนุนการทำวิจัย ได้แก่ หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมและขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบแก่ผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.2 ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ติดต่อผู้ทรงคุณวุฒิและขอความอนุเคราะห์รวมทั้งนัดหมายวันเวลาและสถานที่

3.4.3 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มเพื่อหาคุณภาพและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)

3.4.4 นัดหมายกับกลุ่มทดลองจำนวน 5 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดลองใช้ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มโดยชี้แจงวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งได้ทดลองอบรมโดยใช้ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น และจดบันทึกข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 นัดหมายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จากผู้ที่มีความสนใจ เพื่อนำชุดฝึกอบอรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มาฝึกอบอรมตามตารางกิจกรรมที่กำหนด ซึ่งมีการบรรยายเนื้อหาและการใช้ชุดฝึกอบอรมที่สร้างขึ้น โดยการอบอรมในการวิจัยครั้งนี้เป็นการอบอรมแบบออนไลน์ ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ผู้เข้ารับการอบอรมมารับชุดฝึกอบอรมและนำกลับไป มีผู้เข้ารับการอบอรมจำนวน 15 คน

3.4.6 หลังจากผู้เข้ารับการอบอรมได้ทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละใบงาน ผู้วิจัยได้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างฝึกอบอรม โดยเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละใบงานจำนวน 10 ข้อ มีคะแนนรวม 10 คะแนน และประเมินผลการปฏิบัติงานโดยใช้แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน 20 คะแนน รวมคะแนนระหว่างเรียนแต่ละใบงานเท่ากับ 30 คะแนน และหลังจากทำการทดลองเสร็จสิ้นทุกใบงานแล้ว ผู้วิจัยได้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) โดยใช้แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานการทดลองที่ 7 เท่ากับ 120 คะแนน และรวมกับคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ที่มีการสลับข้อและสลับคำตอบ) จำนวน 60 ข้อ 60 คะแนน รวมทั้งหมดเท่ากับ 180 คะแนน และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบอรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มาต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 ในการหาคุณภาพของชุดฝึกอบอรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มาผู้วิจัยได้นำผลของแบบประเมินคุณภาพที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยเกณฑ์ในการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิจะต้องมีค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่ามีความคุณภาพ

3.5.2 ในการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบอรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มาใช้เกณฑ์ E_1/E_2 โดยกำหนดให้ต้องไม่น้อยกว่า 80/80 จึงจะถือว่ามีประสิทธิภาพ

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบอรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบอรมร้อยละ 33 และการประเมินผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานของใบงานที่ 1-6 รวมกันร้อยละ 67

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบอรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบอรมร้อยละ 33 และการประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 7 ร้อยละ 67 (หลังจากอบอรมใบงาน 1-6 เรียบร้อยแล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ในการหาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและให้กลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจหลังจากเข้ารับการอบรมแล้ว แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยเกณฑ์ที่กำหนดความพึงพอใจต้องอยู่ในระดับอยู่ในระดับดี หรือจะต้องมีค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้สูตรและสมการประกอบในงานวิจัยดังนี้

3.6.1 หาค่าความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อทดสอบ IOC (สมชาย วรภิเษมสกุล. 2533 : 269) ใช้สมการดังนี้

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

เมื่อ

IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อทดสอบ

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนจากการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ
N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.2 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 163) โดยมีสมการดังนี้

$$\bar{X} = \left(\frac{\sum X}{N} \right) \quad (3.2)$$

เมื่อ

$\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนทั้งหมด

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้

3.6.3 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 163) โดยมีสมการ

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (3.3)$$

เมื่อ

S.D. หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N หมายถึง ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

X หมายถึง ค่าคะแนนของแต่ละคน

$\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขของคะแนนทั้งหมด

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

3.6.4 การหาค่าร้อยละ (Percentage) ใช้หาค่าร้อยละของค่าคะแนน (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549 : 113)

$$P = \left(\frac{f}{N} \times 100 \right) \quad (3.4)$$

เมื่อ

P หมายถึง ร้อยละของค่าคะแนน

f หมายถึง คะแนนที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ

N จำนวนคะแนนทั้งหมด

3.6.5 การหาค่าความยากง่าย ใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543 : 185)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.5)$$

เมื่อ

P หมายถึง ค่าความยากง่าย

R หมายถึง จำนวนคนที่ตอบถูก

N หมายถึง จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

เกณฑ์การพิจารณาความยากง่าย ขอบเขตของค่า P ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

0.81 - 1.00 แสดงว่า ข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 0.60 - 0.80 แสดงว่า ข้อสอบค่อนข้างง่าย (ดี)
 0.40 - 0.59 แสดงว่า ข้อสอบยากง่ายปานกลาง (ดีมาก)
 0.20 - 0.39 แสดงว่า ข้อสอบค่อนข้างยาก (ดี)
 0.00 - 0.19 แสดงว่า ข้อสอบยากมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

3.6.6 ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตร

$$r = \frac{P_H + P_L}{n} \quad (3.6)$$

เมื่อ

- r คือ ค่าอำนาจจำแนก
 P_H คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
 P_L คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 n คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

3.6.7 สมการสำหรับหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556:136) มีสมการดังนี้

$$E_1 = \left[\frac{\sum X}{\frac{N}{A}} \right] \times 100 \quad (3.7)$$

$$E_2 = \left[\frac{\sum Y}{\frac{N}{B}} \right] \times 100 \quad (3.8)$$

เมื่อ

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียน

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนผลการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ΣY หมายถึง ผลรวมคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและผลการปฏิบัติงาน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนทั้ง 6 ใบงานและผลการปฏิบัติงาน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (ใบงานที่ 7) และผลการปฏิบัติงาน

N หมายถึง จำนวนผู้เข้ารับการอบรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา หาคณภาพ ประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มโดยหาคณภาพจากการประเมินด้วยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสิ้น 5 ท่าน และหาประสิทธิภาพจากกลุ่มตัวอย่าง 15 คน โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 รวมถึงความพึงพอใจจากผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 15 คน โดยนำผลการทดลองต่างๆ มาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

4.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านใบงานการทดลองและด้านบอร์ดทดลอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งาน
วงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม (N=5)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง	4.50	0.57	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของวัตถุประสงค์	4.50	0.57	ดีมาก
3. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.75	0.50	ดีมาก
4. ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ	4.25	0.50	ดี
5. ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน	4.50	0.57	ดีมาก
6. รูปแบบใบงานง่ายต่อการใช้งาน	4.50	0.57	ดีมาก
7. ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4.25	0.50	ดี
8. ความเหมาะสมของคำถามและคำตอบ	4.50	0.57	ดีมาก
9. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.75	0.50	ดีมาก
10. มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม	4.25	0.50	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.47	0.18	ดี

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ในภาพรวมอยู่ในระดับดี ซึ่งโดยมีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.18 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีด้วยกัน 2 รายการ อยู่ในระดับดีมาก คือ (3) ความถูกต้องของเนื้อหาและ (9) สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ ($\bar{X}=4.75$, S.D.=0.50) รองลงมาได้แก่ (1) ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง (2) ความเหมาะสมของวัตถุประสงค์ (6) รูปแบบใบงานง่ายต่อการใช้งาน (8) ความเหมาะสมของคำถามและคำตอบ อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.50$, S.D.=0.57) และรายการที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 2 รายการ คือ (7) ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ (10) มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม อยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.25$, S.D.=0.50)

4.1.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านบอร์ตทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม แสดงดังตารางที่ 4.2 (N=5)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ	4.50	0.57	ดีมาก
2. รูปร่างของชุดฝึกฯ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ	4.50	0.57	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของตำแหน่งอุปกรณ์	4.25	0.50	ดี
4. ความแข็งแรงของชุดฝึกฯ	4.50	0.57	ดีมาก
5. ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4.50	0.57	ดีมาก
6. ความสัมพันธ์ของชุดฝึกฯ ต่อใบงาน	4.50	0.57	ดีมาก
7. ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง	4.75	0.50	ดีมาก
8. ความสะดวกในการติดตั้งใช้งานเพื่อการทดลอง	4.50	0.50	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดฝึกฯ	4.75	0.57	ดีมาก
10. คุณค่าทางวิชาการของชุดฝึกฯ	4.50	0.57	ดีมาก
รวม	4.52	0.14	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.14 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ รายการที่มีค่าสูงสุด มีด้วยกัน 2 รายการคือ (7) ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลองและ (9) ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดฝึกฯ อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.75, S.D=0.57$) รองลงมาได้แก่ (1) ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ (2) รูปร่างของชุดฝึกฯ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ (4) ความแข็งแรงของชุดฝึกฯ (5) ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง (6) ความสัมพันธ์ของชุดฝึกฯ ต่อใบงาน (8) ความสะดวกในการติดตั้งใช้งานเพื่อการทดลอง (10) คุณค่าทางวิชาการของชุดฝึกฯ อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.50, S.D=0.57$) และรายการที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 1 รายการคือ (3) ความเหมาะสมของตำแหน่งอุปกรณ์ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.25, S.D=0.50$)

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรมชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ใ้กับกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาชั้นปีที่1 หลักสูตรเทคโนโลยี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมินบุรี สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพ จำนวน 15 คน โดยระหว่างฝึกอบรมได้มีประเมินผลการปฏิบัติงานและทำแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรม เพื่อวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และหลังจากฝึกอบรมไปงานทดลองที่ 1-6 เรียบร้อยแล้ว ให้ผู้เข้ารับการอบรมทดลองไปงานสุดท้ายเพื่อประเมินผลการปฏิบัติงานและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโคร

คอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ประสิทธิภาพ	N	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		ผลการปฏิบัติงาน		รวม		%
		คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้รับ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้รับ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้รับ	
ด้านกระบวนการ (ระหว่างการฝึกอบรมและ ผลการปฏิบัติงานหรือ E_1)	15	60	45.66	120	102.80	180	148.46	82.47
ด้านผลลัพธ์ (หลังการฝึกอบรมและ ผลการปฏิบัติงานหรือ E_2)	15	60	46.13	120	101.60	180	147.73	82.07

จากตารางที่ 4.3 พบว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม จำนวน 15 คน มีคะแนนระหว่างฝึกอบรม (E_1) จากการประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 45.66 คะแนน และจากการประเมินด้านผลการปฏิบัติงานเฉลี่ย 102.80 คะแนน รวมกันเฉลี่ยร้อยละ 82.47 และมีคะแนนหลังฝึกอบรม (E_2) จากการประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 46.13 คะแนน และจากการประเมินด้านผลการปฏิบัติงานเฉลี่ย 101.60 รวมกันเฉลี่ยร้อยละ 82.07 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้

4.3 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

การสำรวจความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้เข้ารับการอบรมจำนวน 15 คน ซึ่งมีการประเมินความพึงพอใจแสดงดังตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ความพึงพอใจในด้านต่างๆที่มีต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งาน
วงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม (N=15)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านบอร์ตการทดลอง			
1. ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ	4.70	0.67	มากที่สุด
2. รูปร่างของชุดฝึกฯ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ	4.70	0.67	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของตำแหน่งอุปกรณ์	4.70	0.67	มากที่สุด
4. ความแข็งแรงของชุดฝึกฯ	4.70	0.67	มากที่สุด
5. ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4.60	0.70	มากที่สุด
รวม	4.68	0.68	มากที่สุด
ด้านใบงานการทดลอง			
1. ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง	4.50	0.85	มากที่สุด
2. ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน	4.80	0.42	มากที่สุด
3. มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม	4.70	0.48	มากที่สุด
4. ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4.80	0.42	มากที่สุด
5. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.80	0.42	มากที่สุด
รวม	4.72	0.52	มากที่สุด
ด้านความรู้ความเข้าใจ			
1. ความรู้และความเข้าใจในการใช้งาน Nucleo	4.40	0.70	มาก
2. ความรู้และความเข้าใจในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ	4.40	0.84	มาก
รวม	4.40	0.77	มาก
โดยรวม	4.60	0.62	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจในด้านใบงานการทดลอง อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ($\bar{X}=4.72, S.D=0.52$) ถัดมากคือด้านบอร์ตการทดลอง อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด ($\bar{X}=4.68, S.D=0.68$) และด้านความรู้ความเข้าใจอยู่ในเกณฑ์มาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}=4.40, S.D=0.77$) ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมทุกด้านแล้วพบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.60, S.D=0.62$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา เรื่องชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ได้สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

5.1.1.3 เพื่อหาความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.1.2.1 ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} = \geq 3.50$)

5.1.2.2 ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

5.1.2.3 ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นมีความพึงพอใจเฉลี่ยทุกด้านอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} = \geq 3.50$)

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง หรือผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทางสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 15 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

5.1.4.1 ใบงานการทดลอง

5.1.4.2 บอร์ดทดลอง

5.1.4.3 แบบประเมินคุณภาพ โดยแบ่งเป็น

(1) แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง

(2) แบบประเมินคุณภาพบอร์ดทดลอง

5.1.4.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

(1) แบบทดสอบระหว่างฝึกอบรม

(2) แบบทดสอบหลังฝึกอบรม

5.1.4.5 แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

5.1.4.6 แบบประเมินความพึงพอใจ

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการปฏิบัติและการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม มีรายละเอียดดังนี้

5.1.5.1 ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์สนับสนุนการทำวิจัย ได้แก่ หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมและขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบแก่ผู้ทรงคุณวุฒิ

5.1.5.2 ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ติดต่อผู้ทรงคุณวุฒิและขอความอนุเคราะห์รวมทั้งนัดหมายวันเวลาและสถานที่

5.1.5.3 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม เพื่อหาคุณภาพและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาความตรงเชิงเนื้อหา (IOC)

5.1.5.4 นัดหมายกับกลุ่มทดลองจำนวน 5 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดลองใช้ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งได้ทดลองอบรมโดยใช้ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น และจดบันทึกข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5.5 นั้ดหมายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จากผู้ที่มีความสนใจ เพื่อนำชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มาฝึกอบรมตามตารางกิจกรรมที่กำหนด ซึ่งมีการบรรยายเนื้อหาและการใช้ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น โดยการอบรมในการวิจัยครั้งนี้เป็นการอบรมแบบออนไลน์ ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ผู้เข้ารับการอบรมมารับชุดฝึกอบรมและนำกลับไป มีผู้เข้ารับการอบรมจำนวน 15 คน

5.1.5.6 หลังจากผู้เข้ารับการอบรมได้ทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละใบงาน ผู้วิจัยได้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างฝึกอบรม โดยเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละใบงานจำนวน 10 ข้อ มีคะแนนรวม 10 คะแนน และประเมินผลการปฏิบัติงานโดยใช้แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน 20 คะแนน รวมคะแนนระหว่างเรียนแต่ละใบงานเท่ากับ 30 คะแนน และหลังจากทำการทดลองเสร็จสิ้นทุกใบงานแล้ว ผู้วิจัยได้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) โดยใช้แบบประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานการทดลองที่ 7 เท่ากับ 120 คะแนน และรวมกับคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ที่มีการสลับข้อและสลับคำตอบ) จำนวน 60 ข้อ 60 คะแนน รวมทั้งหมดเท่ากับ 180 คะแนน และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์มต่อไป

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

5.1.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ซึ่งประกอบไปด้วยคุณภาพด้านบอร์ดทดลองและคุณภาพด้านใบงานการทดลอง โดยใช้แบบประเมินคุณภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านประเมินคุณภาพ แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมร้อยละ 33 และการประเมินผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานของใบงานที่ 1-6 รวมกันร้อยละ 67

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรมร้อยละ 33 และการประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 7 ร้อยละ 67 (หลังจากอบรมใบงาน 1-6 เรียบร้อยแล้ว)

5.1.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างหลังฝึกอบรมแล้วมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าวสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.7.1 คุณภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ คุณภาพด้านใบงานการทดลองซึ่งอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.47$, $S.D = 0.18$) และคุณภาพด้านบอร์ดทดลองอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.52$, $S.D = 0.50$) ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนด

5.1.7.2 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ซึ่งทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน พบว่าชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.47/82.07 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนด

5.1.7.3 ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน มีค่าความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, $S.D = 0.62$) ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนด

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 ผลการพัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม โดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมากำหนดเนื้อหาการฝึกอบรมและรายละเอียดของบอร์ดทดลองให้มีความสอดคล้องกับใบงานการทดลอง โดยในการออกแบบผู้วิจัยคำนึงถึงต้นทุนต้องมีราคาต่ำและใช้งานง่าย การซ่อมและบำรุงรักษาง่าย มีขนาดเล็ก พกพาได้สะดวก ผู้วิจัยได้ออกแบบชิ้นส่วนต่างๆไว้บนแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นเดียวกัน ทั้งตัวควบคุมและอุปกรณ์ต่อพ่วง นอกจากนั้น ระบบจ่ายพลังงานสามารถจ่ายได้โดยตรงเมื่อเชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB กับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือสามารถต่อกับแหล่งจ่ายภายนอกได้

5.2.2 คุณภาพของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ผู้วิจัยแบ่งผลประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ คุณภาพด้านใบงานการทดลองและคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2.1 คุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.18) เนื่องจากใบงานและความถูกต้องของเนื้อหา มีความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติมีความชัดเจนในคำอธิบาย แต่ละขั้นตอน มีความถูกต้อง ชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ ซึ่งจะช่วยสร้างแรงจูงใจให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความสนใจต่อการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการดำเนินการพัฒนา และแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้ได้ใบงานที่สามารถใช้ส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกับชุดฝึกอบรมต่อไป

5.2.2.2 คุณภาพด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.52$, S.D. = 0.50) เนื่องจากบอร์ดทดลองที่สร้างขึ้นมีรูปร่างกายภาพที่มีความลงตัว ทั้งสี ขนาดและอุปกรณ์สำหรับการใช้งาน ซึ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน นอกจากนี้ยังมีความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง รวมทั้งการหาอุปกรณ์ทดแทนเมื่อเกิดความเสียหาย อีกทั้งในการนำไปใช้งานยังมีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายติดตั้ง และมีคุณค่าทางวิชาการทั้งด้านความรู้ ทักษะและความคิดสร้างสรรค์ที่เกิดจากการจินตนาการและเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิทย์ อัฐกุลชัย (2560) ซึ่งได้พัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีผลการประเมินคุณภาพบอร์ดทดลองของชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.74$, S.D. = 0.37) ซึ่งชุดฝึกอบรมฯ มีข้อที่ควรปรับปรุงคือในเรื่องของตำแหน่งการวางอุปกรณ์ ซึ่งได้ผลการประเมินต่ำที่สุด (4.25) เนื่องจากบอร์ดทดลองมีขนาดเล็กจึงไม่สามารถจัดตำแหน่งอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการดำเนินการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน มีการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อให้ได้บอร์ดทดลองที่มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้สำหรับฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

5.2.3 ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ผู้วิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทำแบบทดสอบท้ายใบงานระหว่างฝึกอบรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังปฏิบัติใบงานรวมของผู้เข้ารับการอบรมมีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 82.47/82.07 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ที่สร้างขึ้นผ่านการออกแบบและผ่านการแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำให้มีบอร์ดทดลอง และเนื้อหาด้านใบงานการทดลอง รวมถึงขั้นตอนการทดลองที่ครอบคลุมและเป็นลำดับขั้นตอนทุกใบงาน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการทดลองต่อวงจรและการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม นอกจากนี้จากการสังเกตพฤติกรรมการทดลองยังพบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความสนใจผลการทดลองที่ตนเองปฏิบัติเนื่องจากสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆบนบอร์ดทดลองได้และสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้ จึงส่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งระหว่างเรียนและหลังเรียนครั้งนี้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองและการหาประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเตอร์เฟส ของกิตติศักดิ์ อังคะนาวัน (2561) โดยผลการทดลองหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่าชุดทดลองการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.78/92.36 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

5.2.4 ความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ผู้วิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ซึ่งประกอบด้วยด้านบอร์ดทดลองที่มีคะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.68$, S.D.=0.68) ด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.72$, S.D. =0.52) และด้านความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.40$, S.D.=0.77) ซึ่งเมื่อรวมคะแนนในทุก ๆ ด้านแล้วมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ ($\bar{X} = 4.60$, S.D.=0.62) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ รูปร่างของชุดฝึกฯ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ มีความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ มีความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน และมีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์พื้นฐาน ของอนิวรรต พลรัักษ์ (2555) ใช้กลุ่มตัวอย่าง 20 คน ความพึงพอใจของผู้เรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$)

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ควรมีการจัดอบรมพื้นฐานการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์พื้นฐานก่อน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถเข้าใจและอำนวยความสะดวกแก่วิทยากรได้มากยิ่งขึ้น

5.3.1.2 ผู้เรียนควรฟังบรรยายและแนวทางการทดลองจากวิทยากรก่อนดำเนินการตามขั้นตอนในแต่ละใบงาน ซึ่งวิทยากรผู้อบรมมีหน้าที่คอยกำกับดูแลการปฏิบัติงาน ให้คำปรึกษา และประเมินผลการปฏิบัติงานตามรูปแบบประเมินผลการปฏิบัติของแต่ละใบงาน จะช่วยให้การอบรมโดยใช้ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม มีความเข้าใจมากขึ้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่หลากหลายของตระกูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรพัฒนาชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้บอร์ดสมองกลฝังตัวตระกูลอื่นๆ เช่น บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) บอร์ดลาเต้แพนด้า (Latte Panda) เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ อังคนาวิน. 2561. “การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองของการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ วิชามิโครคอนโทรลเลอร์และอินเตอร์เฟส.”
- วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย. ปีที่ 2 (2). : 117-128.**
- จงเจริญ คุ่มบุญ. 2550. การพัฒนาชุดปฏิบัติการเสมือนวิชาดิจิทัล. วิทยานิพนธ์ สาขาไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556. “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.” **วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย ปีที่ 5. นครปฐม : โรงพิมพ์ ส เจริญ การพิมพ์.**
- ชาญ จัปปัน. 2562. “การสร้างและหาประสิทธิภาพเอกสารประกอบการสอนวิชาดิจิทัลเทคนิครหัสวิชา 3105-2002.” **วารสารการอาชีวศึกษามัธยมศึกษา ปี 2562.**
- ชาญชัย แสงโพธิ์. 2559. “ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชูชัย สมितिไกร. 2549. **การฝึกอบรมบุคลากรในองค์กร.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2529. **เทคโนโลยีทางการศึกษา : หลักและแนวปฏิบัติ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.
- ณัฐริกา นวมทองและคณะ. 2545. **ปัจจัยในการสร้างประสิทธิภาพของการฝึกอบรม.** วิทยาลัยการจัดการ.
- นคร รักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2553. **ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex-M3 กับ STM32.** กรุงเทพฯ : อินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- ปิยรัตน์ ชุนทศรี. 2548. **การเพิ่มพูนสมรรถนะของพนักงานระดับปฏิบัติการโดยการฝึกอบรมกรณีศึกษา 5 บริษัทในเครือซีเมนต์ไทย.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิสิฐ เมธากัทร, ธีระพล เมธิกุล. 2532. **การพัฒนาหลักสูตรอาชีวและเทคนิคศึกษา.** กรุงเทพฯ .
- ไพฑูรย์ บุญใส. 2550. “การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดอบรม เรื่อง การออกแบบ PCB ด้วยโปรแกรม Protel DXP 2004.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ และนายกตัญญู วัฒนศิริ. 2556. **ระบบที่ทำงานชาญฉลาดด้วยสมองกลฝังตัวอัจฉริยะ. สาขาวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ. สารสนเทศคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รวีวรรณ ชินะตระกูล.2538. **วิธีวิจัยการศึกษา**.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เพื่องฟ้า พร้นตั้ง.
 ล้วน สายยศ, อังคณา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ .
 วัลลภ จันทรตระกูล. 2543. **สื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
 เกล้าพระนครเหนือ
 วัลลภ จันทรตระกูล.2552. **การออกแบบสร้างและประเมินประสิทธิภาพชุดการสอน ทำอย่างไรให้
 เป็นตรรกะ (Logic)**. เทคนิคศึกษาวารสารทางการศึกษาเพื่อมวลชน, 21(71) . 24-32.
 วาสนา ขาวหา. 2533. **เทคโนโลยีทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
 วิชาญ เพ็ชรทอง. 2554. การศึกษาแนวโน้มนการจัดการศึกษาด้านระบบสมองกลฝังตัวใน
 ประเทศไทย.
 วารสารการอาชีวและเทคนิคศึกษา ปีที่ 1 (1) .42-50.
 ศุภชัย หอวิมานพร และคณะ . 2555. การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติ
 ในทางวิศวกรรมหลักเพื่อใช้ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐาน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะครุ
 ศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.
 ศุภรางค์ อินทนะ. 2545. พฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร ยกระดับ
 ฝีมือแรงงานของศูนย์พัฒนาฝีมือแรงงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารวิทยาการจัดการ
 บริหาร ปีที่ 8 (8) .มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
 สนธยา เกษสมบัติ, บุญศรี ไหลศิริกุล. 2550. ชุดทดลองการตรวจจับและควบคุมในอุตสาหกรรม.
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
 สุขิน ชินสีห์. 2548. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เรื่องการรับส่ง
 ข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์
 อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์
 อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
 สุวิทย์ อัฐกุลชัย. 2560. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย
 MATLAB Simulink. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง.
 อนิวรรณ พลรักษ์. 2555. การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่องไมโครคอน
 โทรลเลอร์และประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์พื้นฐาน. วิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
 อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :
 สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.

Boris Sullivan. 2018. Thailand ranks 38th in revamped Global Competitiveness

Index. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://bit.ly/3bf1Jdi> (วันที่ค้นข้อมูล 22 กุมภาพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไป
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2564)

Best John W. 1997. **Research in Education**. 3rd ed. Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

ST Electronics จำกัด. ตัวอย่างระบบที่พัฒนา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

https://www.st.com/content/st_com/en/search.html#q=STM32F429-t=tools-

page=1 (วันที่ค้น ข้อมูล: 22 กุมภาพันธ์ 2564)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน
- ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง
- ภาคผนวก ค แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
- ภาคผนวก ง แบบประเมินความพึงพอใจ
- ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ
- ภาคผนวก ช คู่มือชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม
- ภาคผนวก ซ ภาพกิจกรรมที่อบรมด้วยชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ภาคผนวก ก

หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิ
จำนวน 5 ท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ อว 7004 / 0504

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนอโศก
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

11 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ดร.สุนทร ก้องสินธุ

ด้วย นายสันต์ สุขประชก นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความ
ประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรงและประเมินชุดฝึกอบรม ใบงานการทดลอง และแบบ
ประเมินคุณภาพ เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกอบรม
พัฒนาทักษะการประยุกต์ใช้งานด้านดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่ง
ว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รพพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 088-006-6821

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ อว 7004 / 0504

คณะกรรมการอุดมศึกษาและเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนปทุมทอง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

11 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน นายชาญชัย แสงโพธิ์

ด้วย นายสมิทธิ์ สุขประชา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินชุดฝึกอบรม ในงานการทดลอง และแบบประเมินคุณภาพ เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกอบรมพัฒนาทักษะการประยุกต์ใช้งานด้านดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ โพธิ์ทวี)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 088-006-6821

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจส. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692

ที่ อว 7004/ 0504

วันที่ 11 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ผศ.ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์

ด้วย นายสัมพันธ์ สุขประชา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรงและประเมินชุดฝึกอบรม ในงานการทดลอง และแบบประเมินคุณภาพ เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกอบรมพัฒนาทักษะการประยุกต์ใช้งานด้านดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 088-006-6821

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692

ที่ อว 7004/0504

วันที่ 11 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ด้วย นายสันต์ สุขประชา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรงและประเมินชุดฝึกอบรม ในงานการทดลอง และแบบประเมินคุณภาพ เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกอบรมพัฒนาทักษะการประยุกต์ใช้งานด้านดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 088-006-6821

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ

ด้านใบงานการทดลอง

ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล

อาร์ม

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพ ด้านใบงานการทดลอง ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ซึ่งผู้วิจัยทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขอรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางพัฒนาและแก้ไขปรับปรุงชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม อีกทั้งเป็นการประเมินให้คะแนนของใบงานการทดลองในแต่ละด้านตามความเหมาะสม

นายสันต์ สุขประชา

ผู้วิจัย

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. อ่านคำแนะนำในการตอบแบบประเมินอย่างละเอียด
2. ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียว ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของใบงานการทดลอง
ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง					
2	ความเหมาะสมของวัตถุประสงค์					
3	ความถูกต้องของเนื้อหา					
4	ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ					
5	ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน					
6	รูปแบบใบงานง่ายต่อการใช้งาน					
7	ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ					
8	ความเหมาะสมของคำถามและคำตอบ					
9	สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					
10	มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ

ด้านบอร์ดทดลอง

ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพ ด้านบอร์ดทดลองชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม ซึ่งผู้วิจัยทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขอรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาและแก้ไขปรับปรุงชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม อีกทั้งเป็นการประเมินให้คะแนนบอร์ดทดลองในแต่ละด้านตามความเหมาะสม

นายสันต์ สุขประชา

ผู้วิจัย

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. อ่านคำแนะนำในการตอบแบบประเมินอย่างละเอียด
2. ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงข้อเดียว ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ

ด้านบอร์ตทดลอง

ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ					
2	รูปร่างของชุดฝึกฯ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ					
3	ความเหมาะสมของตำแหน่งอุปกรณ์					
4	ความแข็งแรงของชุดฝึกฯ					
5	ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง					
6	ความสัมพันธ์ของชุดฝึกฯ ต่อใบงาน					
7	ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง					
8	ความสะดวกในการติดตั้งใช้งานเพื่อการทดลอง					
9	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดฝึกฯ					
10	คุณค่าทางวิชาการของชุดฝึกฯ					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แบบประเมินผลการปฏิบัติงานชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม**

ใบงานที่

เรื่อง

ชื่อผู้ปฏิบัติ รหัส

คำชี้แจง ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน

ลำดับ	คุณลักษณะที่ต้องการวัด	ระดับคะแนน		
		2	1	0
1	การเตรียมวัสดุอุปกรณ์			
2	การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์			
3	การเตรียมซอฟต์แวร์			
4	ความปลอดภัยและรอบคอบในการทดลอง			
5	ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน			
6	ทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองได้ถูกต้อง			
7	บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง			
8	การสรุปผลการทดลอง			
9	ทำแบบทดสอบการปฏิบัติได้ถูกต้อง			
10	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและปฏิบัติงาน			
รวมคะแนนการประเมิน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

ข้อที่ 1 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ครบถ้วน ถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง
- 0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ได้

ข้อที่ 2 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ครบถ้วน ถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่ออุปกรณ์ไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง
- 0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้

ข้อที่ 3 การเตรียมซอฟต์แวร์

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ครบถ้วน ถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่ออุปกรณ์ไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง
- 0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้

ข้อที่ 4 ความปลอดภัยและรอบคอบในการทดลอง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ ไม่เกิดความเสียหายและป้องกันการความเสียหายจากการทดลอง
- 1 คะแนน เมื่อ ไม่เกิดความเสียหาย แต่ ไม่ป้องกันการความเสียหายจากการ

ทดลอง

- 0 คะแนน เมื่อ เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ข้อที่ 5 ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอน ทุกขั้นตอน
- 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานผิดจากขั้นตอนที่กำหนดไม่เกิน 2 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานผิดจากขั้นตอนที่กำหนดมากกว่า 2 ครั้ง

เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ) (ต่อ)

ข้อที่ 6 ทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองได้ถูกต้อง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ ทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองได้อย่างถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อ ทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง
- 0 คะแนน เมื่อ ทำแบบฝึกหัดระหว่างการทดลองได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่ง

ข้อที่ 7 บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อ บันทึกผลการทดลองและมีจุดไม่ถูกต้อง แต่น้อยกว่า 2 จุด
- 0 คะแนน เมื่อ บันทึกผลการทดลองและมีจุดไม่ถูกต้อง มากกว่า 2 จุด

ข้อที่ 8 การสรุปผลการทดลอง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้องมีเหตุผล
- 1 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง แต่มีจุดที่ยังต้องปรับปรุง
- 0 คะแนน เมื่อ สรุปผลการทดลองได้อย่างไม่ถูกต้อง และต้องปรับปรุง

ข้อที่ 9 ทำแบบทดสอบปฏิบัติได้ถูกต้อง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ สามารถทำแบบทดสอบปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อ สามารถทำแบบทดสอบปฏิบัติได้บางส่วน
- 0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถทำแบบทดสอบปฏิบัติได้เลย

ข้อที่ 10 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและปฏิบัติงาน

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จในระยะเวลาที่กำหนด
- 1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จ แต่ใช้เวลาเพิ่มเติมไม่เกิน 10 นาที
- 0 คะแนน เมื่อ งานไม่เสร็จ หรือเสร็จ แต่ใช้เวลามากกว่า 10 นาที



ภาคผนวก ง

แบบประเมินผลความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม

เรื่อง ชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

คำชี้แจง ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจ / ความรู้ความเข้าใจ / การนำไปใช้

ของท่านเพียงระดับเดียว

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ / ความรู้ความเข้าใจ / การนำไปใช้				
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
ด้านสื่อทดลอง					
1. ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ					
2. รูปร่างของชุดฝึกฯ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ					
3. ความเหมาะสมของตำแหน่งอุปกรณ์					
4. ความแข็งแรงของชุดฝึกฯ					
5. ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง					
ด้านใบงานการทดลอง					
1. ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง					
2. ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน					
3. มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม					
4. ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ					
5. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					
ด้านความรู้ความเข้าใจ					
1. ความรู้และความเข้าใจในการใช้งานNucleo					
2. ความรู้และความเข้าใจในการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าความดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่					ΣR	IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
1	1	0	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3	1	1	1	-1	1	3	0.60	สอดคล้อง
4	1	1	0	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6	1	1	0	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7*	-1	1	1	0	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
8*	1	-1	0	1	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
9	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
10	1	1	0	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
13	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
15	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
16	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
17	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
18	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
19	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
20	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
21	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
22	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
23*	-1	0	0	1	1	1	0.20	ไม่สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่					ΣR	IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
24	0	1	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
25	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
26	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
25	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
26	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
27	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
28	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
29	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
30*	-1	1	0	1	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
31	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
32	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
33	0	1	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
34	1	0	0	0	1	2	0.40	สอดคล้อง
35	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
36	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
37	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
38*	1	0	0	0	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
39*	1	1	0	0	0	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
40	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
41	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
42	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
43	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่					ΣR	IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
44	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
45	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
46	0	1	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
47	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
48	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
49	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
50*	1	0	1	0	0	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
51	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
52	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
53	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
54	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
55	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
56	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
57	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
58	0	1	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
59*	1	0	0	0	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
60	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
61	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
62	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
63	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
64*	1	0	0	1	0	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
65	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
66*	1	0	0	0	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
67	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 อำนาจจำแนกและความยากง่าย

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน PH	กลุ่ม เก่ง PL	ความ ยากง่าย P	แปล ความหมาย	ค่าอำนาจ จำแนก r	ค่า q	ค่า pq	แปล ความหมาย	ผลการ ประเมิน
1	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.40	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
2	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
3	2	4	0.67	ค่อนข้าง ง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
4	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
5	3	3	0.67	ค่อนข้าง ง่าย	0.00	0.33	0.22	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
6	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
7	2	4	0.67	ค่อนข้าง ง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
8	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
9	2	2	0.44	ยากปาน กลาง	0.00	0.56	0.25	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
10	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
11	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
12	3	3	0.67	ค่อนข้าง ง่าย	0.00	0.33	0.22	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
13	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน PH	กลุ่ม เก่ง PL	ความ ยากง่าย P	แปล ความหมาย	ค่าอำนาจ จำแนก r	ค่า q	ค่า pq	แปล ความหมาย	ผลการ ประเมิน
14	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
15	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
16	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
17	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
18	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
19	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
20	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
21	3	3	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.00	0.33	0.22	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
22	4	4	0.89	ง่ายเกินไป	0.00	0.11	0.10	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
23	4	5	1.00	ง่ายเกินไป	0.25	0.00	0.00	ปานกลาง	ยอมรับ
24	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
				ยอมรับ					
25	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
26	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
27	2	5	0.78	ค่อนข้างง่าย	0.75	0.22	0.17	ดีมาก	ยอมรับ
28	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
29	1	2	0.33	ค่อนข้างยาก	0.25	0.67	0.22	ปานกลาง	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน PH	กลุ่ม เก่ง PL	ความ ยากง่าย P	แปล ความหมาย	ค่าอำนาจ จำแนก r	ค่า q	ค่า pq	แปล ความหมาย	ผลการ ประเมิน
30	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
31	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
32	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
33	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
34	1	1	0.22	ค่อนข้างยาก	0.00	0.78	0.17	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
35	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
36	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
37	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
38	1	2	0.33	ค่อนข้างยาก	0.25	0.67	0.22	ปานกลาง	ยอมรับ
39	1	1	0.22	ค่อนข้างยาก	0.00	0.78	0.17	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
40	1	4	0.56	ยากปาน กลาง	0.75	0.44	0.25	ดีมาก	ยอมรับ
41	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
42	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
43	1	2	0.33	ค่อนข้างยาก	0.25	0.67	0.22	ปานกลาง	ยอมรับ
44	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน PH	กลุ่ม เก่ง PL	ความ ยากง่าย P	แปล ความหมาย	ค่าอำนาจ จำแนก r	ค่า q	ค่า pq	แปล ความหมาย	ผลการ ประเมิน
45	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
46	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
47	1	1	0.22	ค่อนข้างยาก	0.00	0.78	0.17	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
48	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
49	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
50	1	4	0.56	ยากปาน กลาง	0.75	0.44	0.25	ดีมาก	ไม่ ยอมรับ
51	1	2	0.33	ค่อนข้างยาก	0.25	0.67	0.22	ปานกลาง	ยอมรับ
52	3	2	0.56	ยากปาน กลาง	-0.25	0.44	0.25	ใช้ไม่ได้	ยอมรับ
53	1	1	0.22	ค่อนข้างยาก	0.00	0.78	0.17	ควร ปรับปรุง	ไม่ ยอมรับ
54	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
55	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
56	1	3	0.44	ยากปาน กลาง	0.50	0.56	0.25	ดี	ยอมรับ
57	2	3	0.56	ยากปาน กลาง	0.25	0.44	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
58	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
59	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน PH	กลุ่ม เก่ง PL	ความ ยากง่าย P	แปล ความหมาย	ค่าอำนาจ จำแนก r	ค่า q	ค่า pq	แปล ความหมาย	ผลการ ประเมิน
60	2	4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.50	0.33	0.22	ดี	ยอมรับ
ค่าเฉลี่ยรวม			0.53		0.34	0.47	0.23		

ตารางที่ จ.3 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

ผู้ทดสอบ	X	X ²
กลุ่มสูงคนที่ 1	56	3136
กลุ่มสูงคนที่ 2	43	1849
กลุ่มสูงคนที่ 3	40	1600
กลุ่มสูงคนที่ 4	37	1369
กลุ่มอ่อนคนที่ 1	31	961
กลุ่มอ่อนคนที่ 2	29	841
กลุ่มอ่อนคนที่ 3	24	576
กลุ่มอ่อนคนที่ 4	24	576
กลุ่มอ่อนคนที่ 5	21	441
รวม	305	11349

จากสูตรค่าความแปรปรวน

$$S_t^2 = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(8 \times 11349) - (305)^2}{9(9-1)}$$

$$S_t^2 = 126.61$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

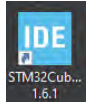
การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร $KR = 20$

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

$$r_{tt} = \frac{60}{60-1} \left[1 - \frac{13.58}{126.61} \right]$$

$$r_{tt} = 0.90$$

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- | | |
|---|--|
| <p>1. STM32 Nucleo ถูกผลิตขึ้นจากหน่วยงานใด</p> <p>ก. บริษัท intel</p> <p>ข. บริษัท Microchip</p> <p>ค. บริษัท Motorola</p> <p>ง. บริษัท STMicroelectronics</p> <p>2. STM32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใด</p> <p>ก. Z80 ข. ARM</p> <p>ค. MCS51 ง. PIC</p> <p>3. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 Nucleo มีพอร์ตดิจิทัลจำนวนเท่าใด</p> <p>ก. 19 ขา ข. 51 ขา</p> <p>ค. 35 ขา ง. 33 ขา</p> <p>4. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 Nucleo มีพอร์ตแอนาล็อกจำนวนเท่าใด</p> <p>ก. 4 ขา ข. 5 ขา</p> <p>ค. 6 ขา ง. 7 ขา</p> <p>5. ข้อใดเป็นไอคอนการเขียนโปรแกรม STMCubeIDE</p> | <p>ค.  </p> <p>6. ฟังก์ชัน main() หมายถึงข้อใด</p> <p>ก. เป็นส่วนการทำงานของโปรแกรมหลัก</p> <p>ข. เป็นคำสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามเงื่อนไข</p> <p>ค. เป็นฟังก์ชันการกำหนดค่าต่างๆ</p> <p>ง. เป็นชื่อเรียกแทนพื้นที่เก็บข้อมูลในหน่วยความจำ</p> <p>7. ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ STM32L053R8T6 มีขนาดกี่บิต</p> <p>ก. 8 บิต</p> <p>ข. 16 บิต</p> <p>ค. 32 บิต</p> <p>ง. 64 บิต</p> <p>8. MCU เป็นชื่อเรียกของอุปกรณ์อะไร</p> <p>ก. ไมโครคอนโทรลเลอร์</p> <p>ข. ไมโครโปรเซสเซอร์</p> <p>ค. หน่วยประมวลผลกลาง</p> <p>ง. หน่วยความจำ</p> |
|---|--|

ก.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์
ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของโครงสร้าง

ก. หน่วยความจำข้อมูล

ข. หน่วยประมวลผลกลาง

ค. วงจรกำเนิดสัญญาณไชน์

ง. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต

10. ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)
มีความหมายตรงกับข้อใด

ก. ระบบโทรศัพท์ที่มาประยุกต์ใช้งานได้
หลากหลาย

ข. ระบบโทรศัพท์ที่มาประยุกต์ใช้งานได้
หลากหลาย

ค. ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มา
ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย

ง. ระบบเครื่องเสียงที่มาประยุกต์ใช้งานได้
หลากหลาย

11. ข้อใดคือคำสั่งกลับสภาวะลอจิก

ก. HAL_GPIO_TogglePin

ข. HAL_GPIO_Write_Pin

ค. HAL_GPIO_Read_Pin

ง. HAL_GPIO_Pin

12. ไวยากรณ์ภาษาCเซมิโคลอน(;)ใช้ทำ
หน้าที่ใด

ก. ใช้เขียนแจ้งว่าจบคำสั่ง

ข. ใช้เขียนแจ้งว่าเริ่มคำสั่ง

ค. ใช้เขียนแจ้งว่าลบคำสั่ง

ง. ใช้เขียนแจ้งว่าเพิ่มคำสั่ง

13. ถ้าต้องการส่งลอจิก “1” ออกที่พอร์ต
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องใช้คำสั่งใด

ก. HAL_GPIO_Write_Pin

ข. digitalWrite(ledPin, LOW);

ค. LOW PORTB.0

ง. HIGH PORTB.0

14. ถ้าต้องการหน่วงเวลา 0.5 วินาที ต้อง
ใช้คำสั่งใด

ก. HAL_Delay(5);

ข. HAL_Delay(5000);

ค. HAL_Delay(500);

ง. HAL_Delay(0.5);

15. ถ้าต้องการเซ็ตพอร์ตดิจิทัลให้เป็นพอร์ต
เอาต์พุต ต้องใช้คำสั่งใด

ก. GPIO_MODE_INPUT

ข. GPIO_MODE_OUTPUT

ค. pinMode(ledPin, OUTPUT);

ง. GPIO_MODE_ANALOG

16. ถ้าต้องการเซ็ตพอร์ตดิจิทัลให้เป็นพอร์ต
อินพุต ต้องใช้คำสั่งใด

ก. GPIO_MODE_INPUT

ข. GPIO_MODE_OUTPUT

ค. pinMode(ledPin, OUTPUT);

ง. GPIO_MODE_ANALOG

17. การต่อวงจรหลอดLEDกับ
ไมโครคอนโทรลเลอร์มีกี่แบบ

ก. 2 แบบ

ข. 3 แบบ

ค. 4 แบบ

ง. 5 แบบ

18. การต่อวงจรสวิตช์อินพุตแบบดิจิทัลมีกี่
แบบ

ก. 2 แบบ

ข. 3 แบบ

ค. 4 แบบ

ง. 5 แบบ

19. เมื่อกดสวิตช์แล้วได้ลอจิก “0”
ต้องต่อแบบใด

ก. Pullup

ข. Pulldown

ค. Common Anode ง. Common
Cathode

20. เมื่อกดสวิตช์แล้วได้ลอจิก “1”
ต้องต่อแบบใด

ก. Pullup ข. Pulldown

ค. Common Anode ง. Common

Cathode

21. การเชื่อมต่อใช้งานบอร์ด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดฝึกอบรมเข้ากับ

คอมพิวเตอร์สำหรับทดลองใช้สาย USB ชนิดใด

ก. Micro USB

ข. Mini USB

ค. Nano USB

ง. Type C USB

22. โมดูล LCD เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่

ก. รับค่าอินพุต

ข. เก็บค่าตัวแปร

ค. หน่วยความจำ

ง. แสดงผลข้อมูล

23. ฟังก์ชัน voidlcd_blacklight(char on)

หมายถึงอะไร

ก. โชว์ตัวอักษร

ข. คำสั่งกระพริบจอ LCD

ค. ปิด-เปิด ไฟพื้นหลังจอ LCD

ง. คำสั่งตัวอักษรวิ่ง

24. การกำหนดตำแหน่งของเคอร์เซอร์ใน

การแสดงผลข้อความให้ถูกต้อง

ก. void lcd_cursor()

ข. voidlcd_blacklight()

ค. voidlcd_clear()

ง. voidlcd_putc(char data)

25. ฟังก์ชัน voidlcd_clear() หมายถึงอะไร

ก. เคลียร์หน้าจอ

ข. คำสั่งกระพริบจอ LCD

ค. ปิด-เปิด ไฟพื้นหลังจอ LCD

ง. คำสั่งตัวอักษรวิ่ง

26. IC ที่เชื่อมต่อกับ LED Dotmatrix คือ

เบอร์อะไร

ก.74LS01

ข.74HC595

ค.74LS194

ง.74HC155

27. IC CD4017 ทำหน้าที่อะไร

ก.Timer

ข.Reset

ค.Counter

ง.Driver

28. IC 74HC595 ทำหน้าที่อะไร

ก.Shift Register

ข.Counter

ค.Timer

ง.Driver

29. การเชื่อมต่อจอ LCD กับบอร์ดSTM32

Nucleo เชื่อมต่อแบบใด

ก. แบบ I2C

ข. แบบ SPI

ค. แบบขนาน

ง. แบบ RS-232

30. LED Dotmatrix ที่ใช้ในการทดลองมี

ขนาดเท่าไร

ก. 8x8

ข.16x16

ค. 5x5

ง.10x10

31. ฟังก์ชันแสดงผลออกหน้าจอ 1

ตัวอักษร

ก. void lcd_cursor()

ข. voidlcd_blacklight()

ค. voidlcd_clear()

ง. voidlcd_putc()

32. จอ LCD ที่ใช้ในการทดลองขนาด

เท่าไร

ก. 16x2

ข.16x4

ค. 20x2

ง.20x4

33. โมดูล DS1307 สื่อสารข้อมูลแบบใด

ก.I2C

ข.SPI

ค.RS-232

ง.RS-485

34. โมดูล DS1307 เป็นโมดูลเกี่ยวกับอะไร

ก.สัญญาณนาฬิกา

ข.อุณหภูมิ

ค.แสงสว่าง

ง.การแสดงผล

35. โปรโตคอล I2C การรับส่งข้อมูลมี

สายสัญญาณ 2 เส้น คืออะไรบ้าง

ก. SCLK, SCL

ข. SCL, SDA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. MOSI, SDL ง. SCLK, SDA

36. การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C BUS
ขาสัญญาณทั้ง 2 จะต้องต่อกับตัวต้านทาน
แบบใด

ก. ไม่มีการต่อตัวต้านทาน

ข. ต่อตัวต้านทานแบบ Pull down และ Pull
up

ค. ต่อตัวต้านทานแบบ Pull down

ง. ต่อตัวต้านทานแบบ Pull up

37. คำสั่งการเขียนโปรแกรมให้เขียนข้อมูล
สื่อสารผ่านโปรโตคอล I2C ของ
STM32CubeIDE ใช้คำสั่งอะไร

ก. HAL_I2C_Write

ข. HAL_I2C_Mem_Write

ค. HAL_I2C_Read

ง. HAL_I2C_Read_Write

38. คำสั่งการเขียนโปรแกรมให้อ่านข้อมูล
สื่อสารผ่านโปรโตคอล I2C ของ
STM32CubeIDE ใช้คำสั่งอะไร

ก. HAL_I2C_Write

ข. HAL_I2C_Mem_Write

ค. HAL_I2C_Read

ง. HAL_I2C_Read_Write

39. คำสั่ง TM_DS1307_SetMonth(5);
หมายถึงอะไร

ก. กำหนดเดือนให้กับโมดูล DS1307

ข. กำหนดปีให้กับโมดูล DS1307

ค. กำหนดเวลาให้กับโมดูล DS1307

ง. อ่านค่าเวลาของโมดูล DS1307

40. ขา SDA ของโมดูล DS1307 ต่อกับขาใด
ของบอร์ด STM32 Nucleo

ก. PB1

ข. PB2

ค. PB6

ง. PB7

41. ขา SCK ของโมดูล DS1307 ต่อกับขาใด
ของบอร์ด STM32 Nucleo

ก. PB1

ข. PB2

ค. PB6

ง. PB7

42. การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนาล็อก
ขนาด 12 บิต สามารถเปลี่ยนค่าสูงสุดได้ค่า
เท่าไร

ก. 1024 ข. 512

ค. 256 ง. 4096

43. อุปกรณ์เบื้องต้นที่ใช้ในการส่งค่าแอนาล็อก
คือข้อใด

ก. ทรานซิสเตอร์

ข. โฟโตนีโอมิเตอร์

ค. มัลติมิเตอร์

ง. คาปาซิเตอร์

44. ADXL335 คือโมดูลอะไร

ก. โมดูลนาฬิกา

ข. เซนเซอร์วัดความเร่ง

ค. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ง. เซนเซอร์แสง

45. โมดูล ADXL335 วัดความเร่งได้กี่แกน

ก. 1 แกน ข. 2 แกน

ค. 3 แกน ง. 4 แกน

46. โมดูล ADXL335 สื่อสารกับ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยสัญญาณอะไร

ก. I2C ข. SPI

ค. RS-232 ง. Analog

47. บอร์ด STM32 Nucleo สามารถรับ

แรงดันแอนาล็อกได้สูงสุดกี่โวลต์

ก. 10 V ข. 5 V

ค. 15 V ง. 3.3 V

48. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 Nucleo มีความละเอียดของ ADC กี่บิต

ก. 8 บิต

ข. 10 บิต

ค. 12 บิต

ง. 16 บิต

49. ข้อใดเป็นรูปแบบของการใช้คำสั่ง if ที่ถูกต้อง

ก. if (เงื่อนไข) คำสั่งที่ต้องการให้ทำ;

ข. if (เงื่อนไข) ; คำสั่งที่ต้องการให้ทำ;

ค. if (เงื่อนไข) คำสั่งที่ต้องการให้ทำ ถ้าเงื่อนไขนั้นเป็นเท็จ;

ง. if (เงื่อนไข) คำสั่งที่ต้องการให้ทำ ถ้าเงื่อนไขนั้นเป็นจริง;

50. บอร์ด STM32 Nucleo มีขา ADC ทั้งหมดกี่ช่อง

ก. 8 ช่อง

ข. 16 ช่อง

ค. 24 ช่อง

ง. 48 ช่อง

51. โปรโตคอล RS232 การรับส่งข้อมูลนั้นใช้สายสัญญาณทั้งหมด 3 เส้น คืออะไรบ้าง

ก. SCL, Tx, GND

ข. SDA, Rx, GND

ค. Tx, Rx, GND

ง. CLK, SCL, GND

52. โปรโตคอล RS232 ถ้าไม่มีการสื่อสาร ข้อมูลระดับแรงดันจะอยู่ในสถานะใด กรณีใช้แรงดัน 0-5V

ก. 5 V

ข. 0 V

ค. 2.5 V

ง. ไม่มีแรงดัน

53. มาตรฐานการต่อใช้งาน RS232 ระหว่าง 2 ระบบมีการเชื่อมต่อแบบใด

ก. Tx เชื่อมต่อกับ Rx, Rx เชื่อมต่อกับ Tx, GND เชื่อมต่อกับ GND

ข. Tx เชื่อมต่อกับ Tx, Rx เชื่อมต่อกับ Rx, GND เชื่อมต่อกับ GND

ค. Tx เชื่อมต่อกับ GND, Rx เชื่อมต่อกับ GND, Tx เชื่อมต่อกับ Rx

ง. ข้อ ก. และ ข. ถูก

54. คำสั่งการเขียนโปรแกรมให้ส่งข้อมูลออกผ่านโปรโตคอล RS232 ของ STM32CubeIDE ใช้คำสั่งอะไร

ก. HAL_UART_Transmit(&huart1, uint8_t *pData);

ข. HAL_UART_Transmit(&huart1, uint8_t *pData, uint16_t Size);

ค. HAL_UART_Transmit(&huart1, uint8_t *pData, uint16_t Size, uint32_t Timeout);

ง. ข้อ ข. และ ค. ถูก

55. การเขียนโปรแกรมรับข้อมูลแบบอินเทอร์พท์ผ่านโปรโตคอล RS232 ของ STM32CubeIDE เขียนอยู่ในฟังก์ชันใด

ก. HAL_UART_TxCpltCallback(*huart);

ข.

HAL_UART_TxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart);

ค. HAL_UART_RxCpltCallback(*huart);

ง.

HAL_UART_RxCpltCallback(UART_HandleTypeDef *huart);

56. Baudrate หมายถึงอะไร

ก. อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 1 บิตต่อ 1 วินาที

ข. อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 1 บิตต่อ 1 นาฬิกา

ค. อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 1 ไบต์ต่อ 1 วินาที

ง. อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 1 ไบต์ต่อ 1 นาที

57. ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท

STMicroelectronics โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาร่วมกับ STM32 คือโปรแกรมอะไร

ก. AVR Studio

ก. ATMEGA88A

ข. ATMEGA328

ค. STM32F429VGT6

ง. PIC16F877

59. บอร์ด STM32 Nucleo มีวงจรเชื่อมต่อ

UART ทั้งหมดกี่ชุด

ก. 1 ชุด

ข. 3 ชุด

ค. 2 ชุด

ง. 4 ชุด

ข. STM32CubeIDE

ค. Microcode Studio

ง. CCS

58. บอร์ดชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งาน วงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล อาร์มใช้ชิพเบอร์อะไรในการพัฒนา

60. บอร์ด STM32 Nucleo มีวงจรเชื่อมต่อ I2C ทั้งหมดกี่ชุด

ก. 1 ชุด

ข. 3 ชุด

ค. 2 ชุด

ง. 4 ชุด

ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างฝึกอบรม

คน	ใบงานการทดลอง(คะแนน)						รวม (60)
	1(10)	2(10)	3(10)	4(10)	5(10)	6(10)	
1	7	9	8	8	7	7	46
2	7	9	7	7	8	6	44
3	8	9	7	8	9	6	47
4	8	7	8	6	7	6	42
5	9	9	8	6	7	9	48
6	7	8	6	8	6	8	43
7	6	7	8	9	6	8	44
8	9	8	8	7	8	9	49
9	8	9	7	8	6	6	44
10	6	9	9	8	8	8	48
11	6	6	7	8	7	9	43
12	8	8	8	7	8	9	48
13	9	7	8	9	7	9	49
14	6	6	8	8	9	8	45
15	7	7	8	7	8	8	45
คะแนนรวมทั้งหมด							685
คะแนนเฉลี่ย							45.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 คะแนนการประเมินผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงาน

คน	ใบงานการทดลอง						รวม (120)
	1 (20)	2 (20)	3 (20)	4 (20)	5 (20)	6 (20)	
1	17	17	17	18	16	18	103
2	16	17	17	18	16	18	102
3	18	17	17	18	18	19	107
4	16	16	16	17	17	17	99
5	16	15	16	18	18	17	100
6	18	17	18	19	16	18	106
7	16	17	18	16	19	19	105
8	18	17	19	17	18	17	106
9	16	15	17	16	17	17	98
10	17	16	17	18	18	17	103
11	16	17	19	17	19	16	104
12	17	18	19	18	17	18	107
13	17	16	16	17	17	17	100
14	15	16	17	17	16	18	99
15	16	17	18	19	15	18	103
คะแนนรวมทั้งหมด							1,542
คะแนนเฉลี่ย							102.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.3 ผลรวมคะแนนระหว่างฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ

รายการ	คะแนนคิดเป็นร้อยละ
คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานระหว่างฝึกอบรม (E_1)	102.80
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างฝึกอบรม (E_1)	45.66
ผลรวมคะแนนระหว่างฝึกอบรม (E_1)	148.46
ผลรวมคะแนนระหว่างฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ (E_1)	82.47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.4 คะแนนประเมินผลปฏิบัติงานหลังฝึกอบรม

คน	คะแนนประเมินผล ปฏิบัติงานในงาน ทดลองที่ 7 (120)
1	102
2	102
3	96
4	96
5	108
6	108
7	96
8	96
9	102
10	108
11	96
12	108
13	108
14	96
15	102
คะแนนรวมทั้งหมด	1524
คะแนนเฉลี่ย	101.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.5 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกอบรม

คน	คะแนนแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน (60)
1	50
2	43
3	41
4	52
5	54
6	44
7	47
8	46
9	51
10	44
11	49
12	38
13	47
14	44
15	42
คะแนนรวมทั้งหมด	692
คะแนนเฉลี่ย	46.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.๖ ผลรวมคะแนนหลังฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ

รายการ	คะแนนคิดเป็นร้อยละ
คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานหลังฝึกอบรม (E_2)	101.60
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังฝึกอบรม (E_2)	46.13
ผลรวมคะแนนหลังการฝึกอบรม (E_2)	147.73
ผลรวมคะแนนหลังฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ (E_2)	82.07



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

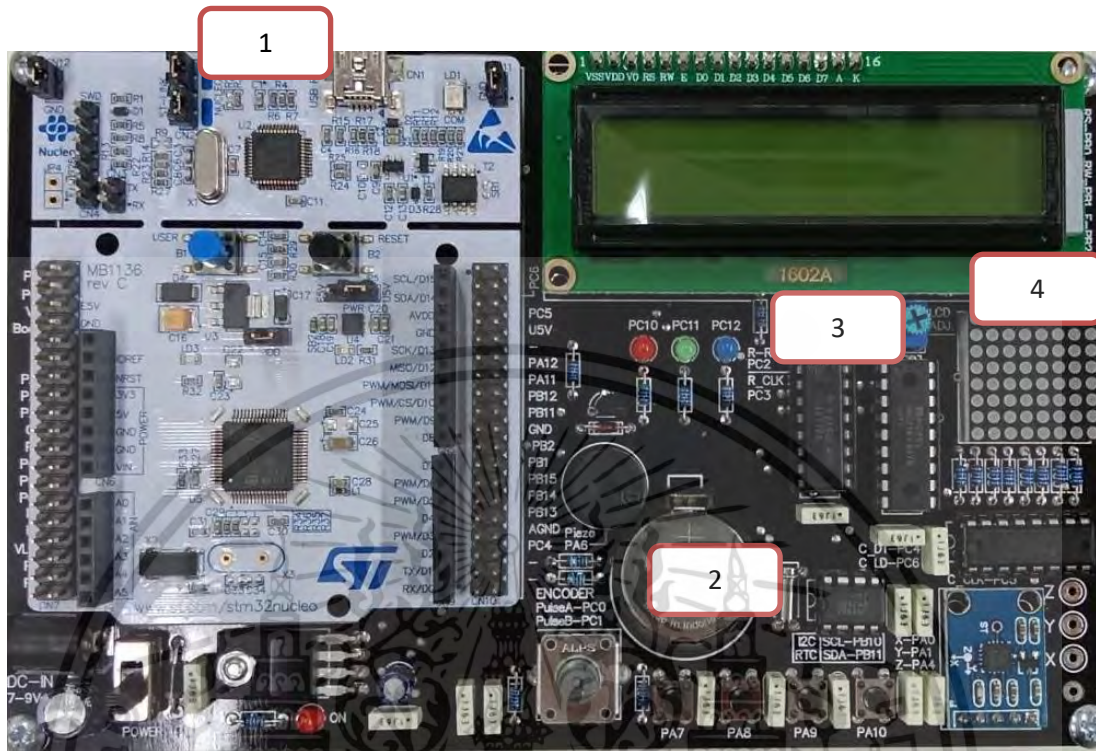
ภาคผนวก ข

คู่มือชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โครงสร้างและรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม



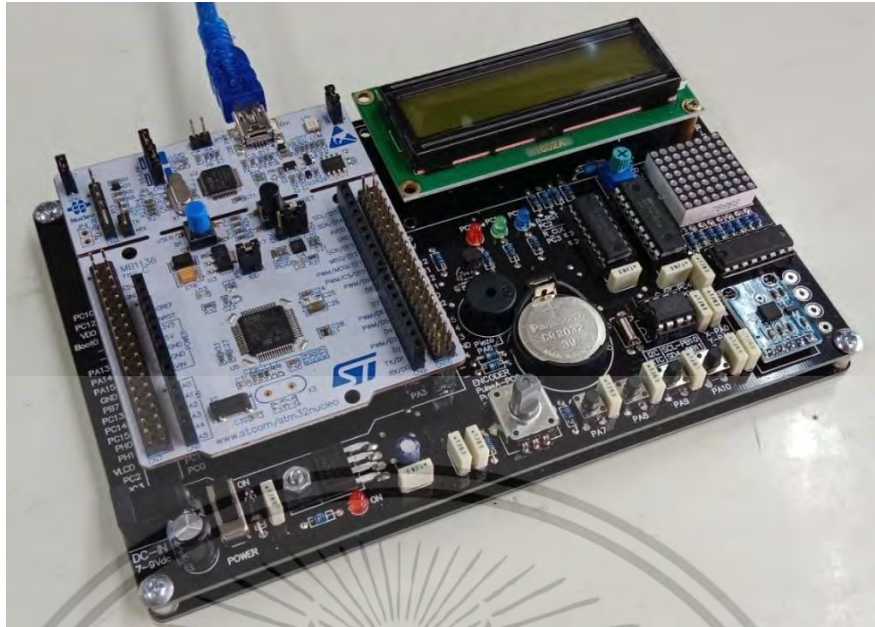
ภาพที่ ข.1 ภาพแสดงส่วนต่าง ๆ บนบอร์ดประกอบชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

บอร์ดทดลอง ถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ โดยจากภาพที่ ข.1 สามารถแบ่งได้ดังนี้
หมายเลข 1 เป็นส่วนของภาคจ่ายไฟเลี้ยง และส่วนเชื่อมต่อบอร์ด Nucleo64 โดยในการใช้งานสามารถใช้ไฟเลี้ยงได้จากช่องเสียบภายนอกรองรับแรงดัน 6-9VDC หรือช่องเสียบ micro usb

หมายเลข 2 เป็นส่วนของภาคสำหรับใช้เรียนรู้อินพุตและเอาต์พุตพื้นฐานและการทำงานสัญญาณแบบดิจิทัล ประกอบด้วยสวิทช์ที่ต่อแบบ pull-up และ pull-down

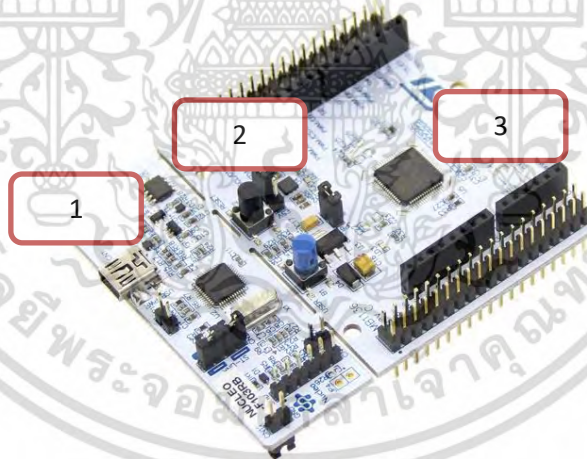
หมายเลข 3 เป็นส่วนของภาคสำหรับใช้เรียนรู้เซนเซอร์และการอ่านค่าแอนะล็อก ประกอบด้วยเซนเซอร์สำหรับวัดความเอียง และ TRIMPOT สำหรับทดสอบวงจรแบ่งแรงดัน

หมายเลข 4 เป็นส่วนของภาคสำหรับใช้เรียนรู้การใช้งานเอาต์พุตและการแสดงผล ประกอบด้วยจอแสดงผล LED Dot ขนาด 8x8 การสร้างเสียงด้วยบัสเซอร์ และหน้าจอLCD



ภาพที่ ข.2 ลักษณะของบอร์ดทดลองจริง

2. รายละเอียดของบอร์ด Nucleo64



ภาพที่ ข.3 ส่วนที่สำคัญสำหรับการใช้งาน Nucleo64

หมายเลข 1 เป็นช่องเสียบแบบ micro USB รองรับการสื่อสารข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ในการโปรแกรมข้อมูลและรองรับไฟเลี้ยงจากช่องเสียบแบบ USB

หมายเลข 2 ปุ่ม สำหรับ Reset การทำงานของบอร์ด

หมายเลข 3 ชิป STM32F446 ซึ่งเป็นส่วนประมวลผลการทำงาน

3. วิธีการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ให้ปฏิบัติงานตามคำอธิบายและขั้นตอนการทดลองของใบงานและฟังคำอธิบายของวิทยากรก่อนทดลองทุกครั้ง
2. ต้องจริงทดลองตามคำสั่งและภาพประกอบตามใบงานทดลองอย่างระมัดระวัง
3. หากมีข้อสงสัยในการปฏิบัติงานให้สอบถามวิทยากร หรือผู้ช่วยวิทยากรเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4. ตารางและกำหนดการอบรม

การอบรมถูกแบ่งออกเป็น 7 ใบงานการทดลอง แบ่งได้ตามตารางที่ ข.1 ดังนี้

ตารางที่ ข.1 ตารางการอบรม

เวลา	เนื้อหาการอบรม
วันที่ 1	
09.00 – 09.30	เริ่มการอบรมและกล่าวนำเข้าสู่การอบรม
09.30 – 10.30	การทดลองที่ 1 เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม ST32CubeIDE
10.30 – 10.45	พักทานอาหารว่าง
10.45 – 12.00	การทดลองที่ 1 เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม ST32CubeIDE
12.00 – 13.00	พักกลางวัน
13.00 – 14.30	การทดลองที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต
14.30 – 14.45	พักทานอาหารว่าง
14.45 – 15.45	การทดลองที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอ LCD และ LED Dotmatrix
15.45 – 16.00	สรุปเนื้อหาจากการอบรม
วันที่ 2	
09.00 – 09.30	ทบทวนความรู้และเตรียมความพร้อมในการอบรม
09.30 – 10.30	ไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลนาฬิกา DS1307
10.30 – 10.45	พักทานอาหารว่าง
10.45 – 12.00	ไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์
12.00 – 13.00	พักทานอาหารกลางวัน
13.00 – 14.30	การทดลองที่ 6 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ตารางการอบรม (ต่อ)

14.30 – 15.00	พักทานอาหารว่าง
15.00 – 16.30	การทดลองที่ 7 การประยุกต์การใช้งานวงจรดิจิทัลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม
16.30 – 17.00	สรุปเนื้อหาจากการอบรมและปิดการอบรม

5. การบำรุงรักษา

4.1 ควรตรวจสอบสภาพของบอร์ดทดลองหรือจุดเชื่อมต่อให้พร้อมเสมอก่อนการทดลอง

4.2 หลังการทดลองทุกครั้งให้แยกสายเชื่อมต่อและจัดเก็บให้เป็นระเบียบเรียบร้อย

6. ข้อควรระวัง/คำเตือนในการใช้งาน

5.1 การเชื่อมต่อบอร์ดทดลองทุกครั้งควรระมัดระวังการเชื่อมต่อลัดวงจร

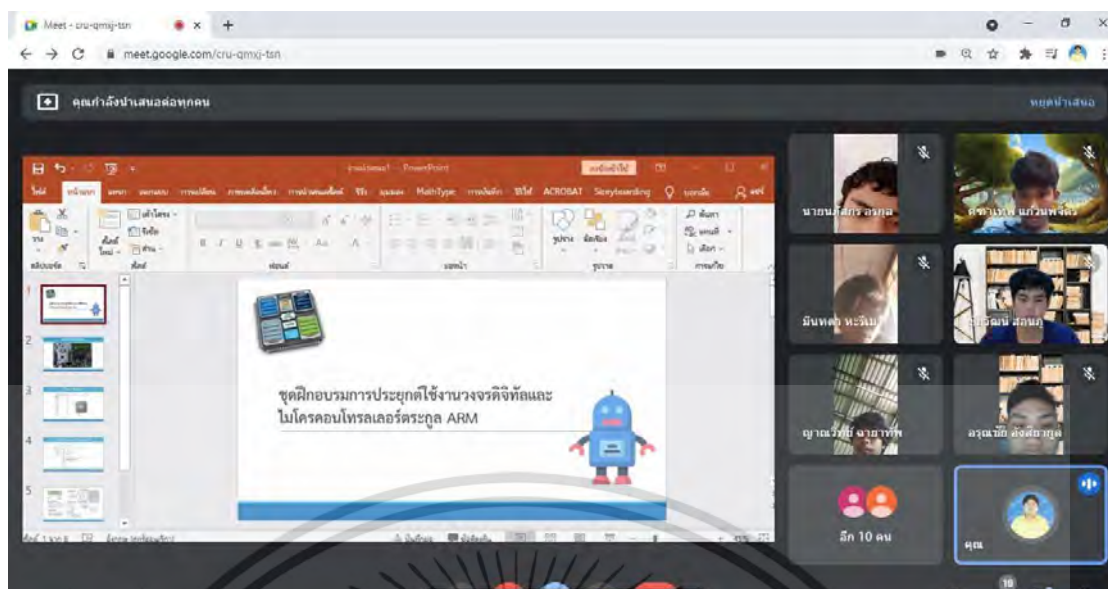
5.2 ควรระมัดระวังในการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าจาก adapter เนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าที่

สูง

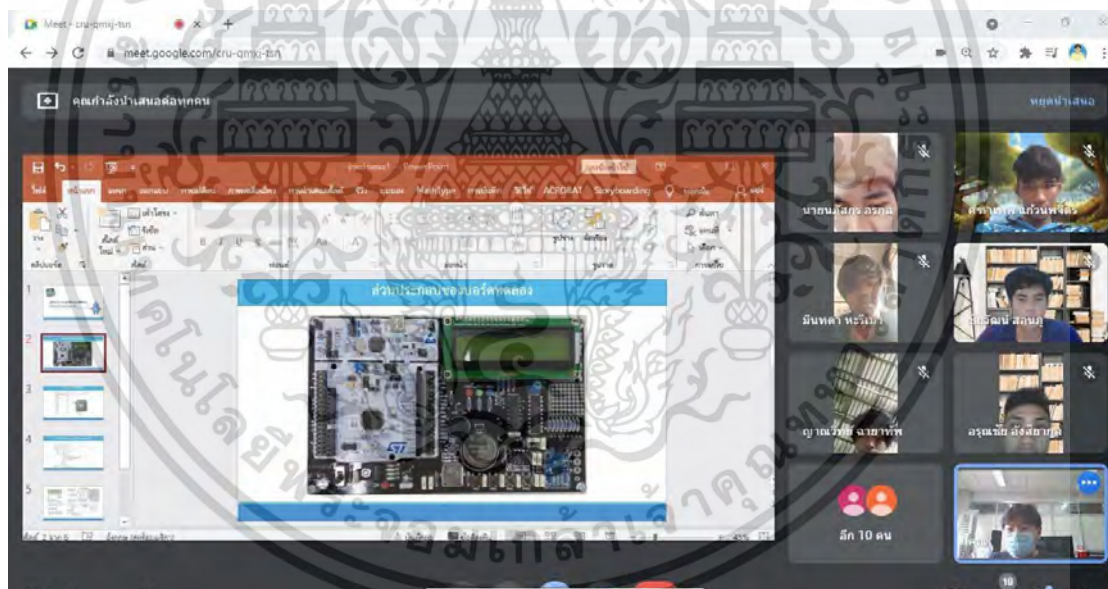
ภาคผนวก ซ

ภาพการอบรมแบบออนไลน์ใช้งานชุดฝึกอบรมการประยุกต์ใช้งานวงจรดิจิทัลและ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

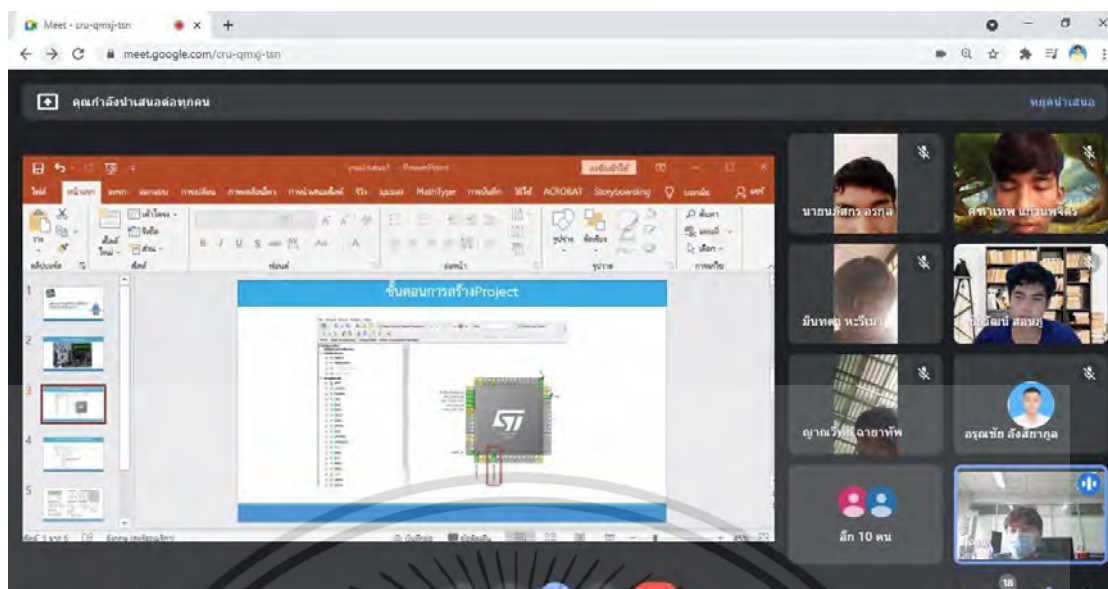


ภาพที่ ข.1 กิจกรรมการอบรมออนไลน์

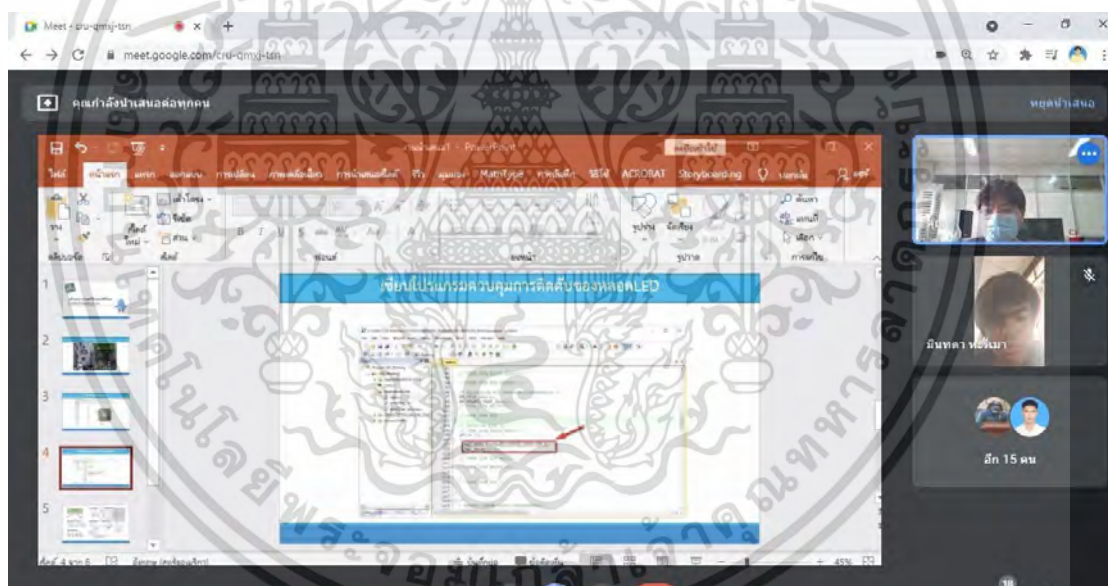


ภาพที่ ข.2 กิจกรรมการอบรมออนไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

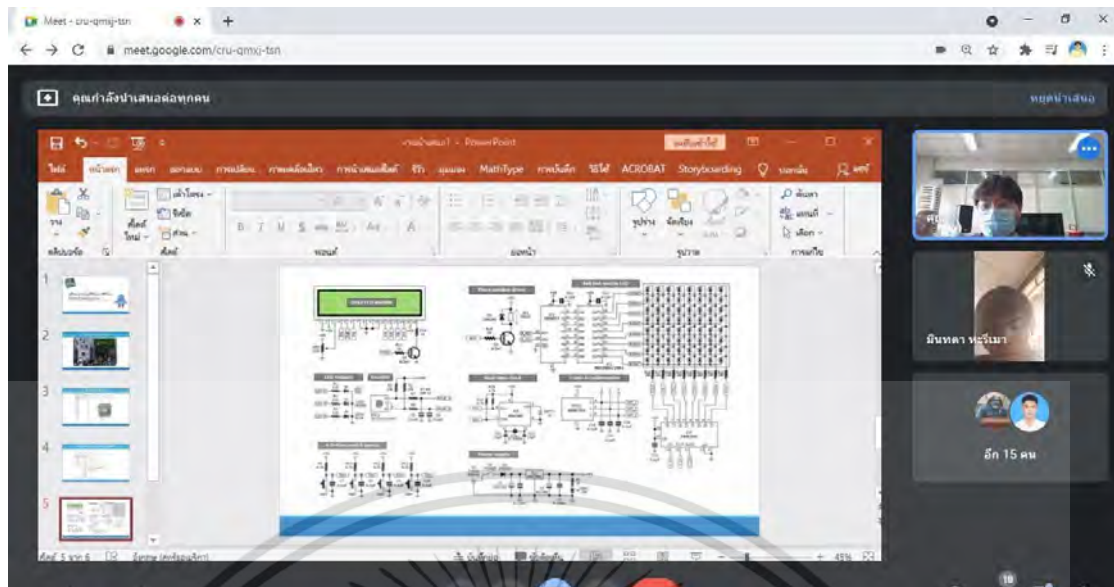


ภาพที่ ซ.3 กิจกรรมการอบรมออนไลน์



ภาพที่ ซ.4 กิจกรรมการอบรมออนไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.5 กิจกรรมการอบรมออนไลน์



ภาพที่ ข.6 กิจกรรมการอบรมออนไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายสันต์ สุขประชา
วัด เดือน ปี เกิด วันพฤหัสบดีที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2536
ภูมิลำเนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
การศึกษา ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี
 ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาครุศาสตรวิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
 คณะครุศาสตรอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถานที่ทำงาน เลขที่ 57 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ถนนสีหบุรานุกิจ แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี
 กรุงเทพมหานคร 10510
ที่อยู่ปัจจุบัน 24/71 ม.3 ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12130
E-mail sanbakery@gmail.com, 59603126@kmitl.ac.th
โทรศัพท์ 088-006-6821

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้