

ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว
COMMUNICATION PROTOCOLS FOR EMBEDDED SYSTEMS TRAINING SET



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะครุศาสตรบัณฑิตและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2564

KMITL-2021-ED-M-232-050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMMUNICATION PROTOCOLS FOR EMBEDDED SYSTEMS
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-232-050

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	ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบ สมองกลฝังตัว
นักศึกษา	นายไพบุลย์ สิริเสถียรวัฒนา
รหัสประจำตัว	59603125
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กิตติพงศ์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.พิชญ์สินี มะโน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา หาคูณภาพ และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมชุดฝึกอบรมนี้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย บอร์ดทดลองการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ใบงานการทดลอง จำนวน 7 ใบงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินคุณภาพ แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และแบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมหรือ (E_1 / E_2)

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้านบอร์ดทดลอง ($\bar{X} = 4.69, S.D. = 0.29$) และด้านใบงานการทดลอง ($\bar{X} = 4.66, S.D. = 0.24$) ประสิทธิภาพของการจัดการฝึกอบรมเรียนรู้ด้านกระบวนการ E_1 มีค่าเท่ากับ 81.02 และด้านผลลัพธ์ E_2 มีค่าเท่ากับ 83.91 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 และระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59, S.D. = 0.45$) สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

Thesis Title	Communication Protocols for Embedded Systems Training Set
Student	Mr.Paiboon Sirisathianwattana
Student ID.	59603125
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

The purpose of this research was to develop a communication protocols for an embedded systems training set, to determine quality and efficiency, and to evaluate the learner satisfaction. The sample consisted of fifteen undergraduate students majoring in electronics technology (a Continuing Program), School of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. The tools used in this study were a panel equipment, seven experiment worksheets, a quality evaluation form, an achievement test, and an evaluative questionnaire on student satisfaction. The statistics utilized for data analysis were \bar{X} , S.D., and the efficiency or E_1/E_2

The results of this research showed that the quality of the panel equipment aspect ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.29) and experiment worksheets aspect ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.24) were at the great level, The efficiency of the communication protocols for an embedded systems training set or E_1/E_2 was 81.02/83.91, which was not less than the set criteria of 80/80. Learner satisfaction was at the most level ($\bar{X} = 4.5$, S.D. = 0.45) corresponding to the provided assumptions.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.กิติพงศ์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.พิชญ์สินี มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผศ.ดร.วรวงษ์ ไพรินทร์ รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด นายยุทธพงษ์ จิตโสภณกุล นายรัตนเลขาพันธ์รัตน์ และนายพีรพงษ์ ชื่นใส ที่กรุณาสนับสนุนการทำวิจัยในการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ได้เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ไพบุลย์ สิริเสถียรวัฒนา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 แนวคิดและทฤษฎีโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว.....	8
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการฝึกอบรมชุดฝึกอบรม.....	35
2.3 การสอนปฏิบัติ.....	36
2.4 การออกแบบและการสร้างสื่อประเภทชุดฝึกอบรม.....	38
2.5 การประเมินคุณภาพสื่อและการหาประสิทธิภาพ.....	39
2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล.....	42
2.7 ความพึงพอใจ.....	45
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	51
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	52
3.4 การดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	68
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	69
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
4.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรบการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว.....	73
4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรบการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว.....	76
4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรบการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว.....	77
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	79
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	79
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	83
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	85
บรรณานุกรม.....	86
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ.....	91
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง.....	97
ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง.....	102
ภาคผนวก ง แบบประเมินความพึงพอใจ.....	106
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน...109	
ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังฝึกอบรบ).....	117
ภาคผนวก ช แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน.....	123
ภาคผนวก ซ คู่มือชุดฝึกอบรบการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว.....	127
ภาคผนวก ฌ ผลการประเมินความพึงพอใจ.....	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ญ ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ.....	135
ภาคผนวก ฎ ภาพประกอบการฝึกอบรม.....	141
ประวัติผู้วิจัย.....	145



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อธิบายบิตเฟรมในการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล CAN-BUS.....	17
2.2 แสดงความเร็ว Bit Rate ความยาวสายไฟสูงสุดโปรโตคอล CAN-BUS.....	19
2.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F429VGT6.....	32
3.1 หัวข้อและจำนวนครั้งที่ถูกอ้างถึงในงานวิจัย.....	52
3.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	53
4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัว.....	73
4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับ ระบบสมองกลฝังตัว.....	74
4.3 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว.....	76
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบ สมองกลฝังตัว.....	77
ค.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวจาก ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลอง.....	103
ค.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกล ฝังตัวจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดทดลอง.....	104
ค.3 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกล ฝังตัวโดยรวมจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดทดลอง.....	105
จ.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าความดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม.....	110
จ.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบ.....	112
จ.3 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	114
จ.4 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความแปรปรวน.....	116
ช.1 เวลาการฝึกอบรม.....	130
ฅ.1 ผลการประเมินความพึงพอใจ.....	133
ญ.1 คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานระหว่างฝึกอบรม (E_1).....	136
ญ.2 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างการฝึกอบรม (E_1).....	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ญ.3 ผลรวมคะแนนระหว่างฝีกอบรมคิดเป็นร้อยละ.....	137
ญ.4 คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานหลังฝีกอบรม (E_2).....	138
ญ.5 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังฝีกอบรม (E_2).....	138
ญ.6 ผลรวมคะแนนหลังฝีกอบรมคิดเป็นร้อยละ.....	139
ญ.7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2).....	140



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ Embedded Eystems.....	9
2.2 การเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
2.3 TTL (Transistor - Transistor Logic) ระดับแรงดันที่ 0-3.3V และ 0-5V.....	10
2.4 เฟรมของการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส.....	11
2.5 การส่งข้อมูล ASCII สื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส.....	12
2.6 พอร์ตอนุกรม (DB9) PC ตัวผู้ (Male).....	12
2.7 พอร์ตอนุกรมอุปกรณ์ภายนอก (DB9) ตัวเมีย (Female).....	13
2.8 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (RS232).....	13
2.9 ระบบการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในรถยนต์แบบดิจิทัล CAN-BUS.....	15
2.10 การเชื่อมต่อโปรโตคอล CAN-BUS สำหรับมีหลายๆ โหนดในสื่อสารข้อมูล.....	15
2.11 ผลต่างแรงดันระหว่าง CAN High และ CAN Low.....	16
2.12 รูปแบบการส่งข้อมูลเฟรมโปรโตคอล CAN-BUS.....	16
2.13 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์โปรโตคอล I2C.....	20
2.14 การเขียน-อ่านข้อมูลกับอุปกรณ์โปรโตคอล I2C.....	20
2.15 เงื่อนไขสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดโปรโตคอล I2C.....	21
2.16 รูปแบบการส่งโปรโตคอลแบบ I2C (Control Byte)	21
2.17 การเขียนข้อมูลโปรโตคอล I2C Master ส่งไปให้ I2C Slave.....	22
2.18 การเขียนข้อมูลโปรโตคอล I2C Slave ส่งไปให้ I2C Master.....	23
2.19 การเชื่อมต่อการสื่อสารโปรโตคอล SPI ระหว่างมาสเตอร์ (Master) – สเลฟ (Slave).....	23
2.20 การรับส่งข้อมูลของโปรโตคอล SPI.....	24
2.21 มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับสาย USB.....	26
2.22 มาตรฐาน USB Connector Type.....	29
2.23 แผนผังแสดงการทำงานของ Embedded Systems.....	30
2.24 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัว.....	30
2.25 ตัวอย่างชิพ STM32F429VGT6.....	31
2.26 ตัวอย่างบอร์ด STM32F429I-Discovery.....	31
2.27 ตัวอย่างบอร์ด STM32F469I-EVAL.....	32
2.28 ตัวอย่างหน้าต่างการเปิดใช้งานขาอุปกรณ์โปรแกรม STM32CubeIDE.....	34
2.29 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม STM32CubeIDE.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.1 ผังขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว.....	56
3.2 ผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ.....	58
3.3 ผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	62
3.4 ผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน.....	65
3.5 ผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ.....	66
5.1 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว.....	82
ซ.1 ภาพการวางตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ดทดลองประกอบชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองฝังตัว.....	128
ซ.2 ลักษณะของบอร์ดทดลองจริง.....	129
ฎ.1 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 1.....	142
ฎ.2 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 2.....	142
ฎ.3 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 3.....	143
ฎ.4 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 4.....	143
ฎ.5 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 5.....	144
ฎ.6 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 6.....	144

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลมีการพัฒนาประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้แก่ ความเร็วการประมวลผล หน่วยความจำที่เพิ่มมากขึ้น ใช้พลังงานต่ำ และมีส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้หลายช่องทาง โดยแต่ละช่องทางการสื่อสารจะมีข้อกำหนดรูปแบบเฉพาะเรียกว่าโปรโตคอล (Protocol) ทำให้ระบบโปรโตคอลสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งนี้ต้องออกแบบระบบให้เหมาะกับการใช้ควบคุมสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้า ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ ระบบบัตรคิว ระบบตอกบัตรพนักงาน ระบบเน็ตเวิร์คคอมพิวเตอร์รวมถึงยานพาหนะสมัยใหม่เป็นต้น จะเห็นได้ว่างานวิจัยของ Vakil, M. Conrad (2006 : T3G-25 - T3G-29) ได้มีการพัฒนาบอร์ดสื่อสารระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการศึกษาและการวิจัย โดยระบบสมองกลฝังตัวจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อควบคุมและสั่งงานผ่านโปรโตคอลที่สำคัญ ได้แก่ โปรโตคอล RS232 I2C SPI CAN-BUS และ USB โดยโปรโตคอลเหล่านี้มีข้อกำหนดและกฎระเบียบในการใช้งาน ดังนั้นผู้ออกแบบระบบหรือผู้ใช้งานต้องมีความรู้และเข้าใจจึงสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังเช่น งานวิจัยของ Kommu, Rao Kanchi (2014) ได้พัฒนางานวิจัยที่มีการออกแบบแพลตฟอร์มการเรียนรู้ที่เป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลอนุกรมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM นอกจากนี้ในภาคอุตสาหกรรมและสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องต้องการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และทักษะด้านการใช้งานโปรโตคอลในระบบสมองกลฝังตัวเป็นจำนวนมาก และสถาบันการศึกษาตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายถึงระดับปริญญาได้บรรจุเนื้อหาดังกล่าวไว้ในหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง จึงทำให้เกิดการกระตุ้นการเรียนรู้และการใช้งานเป็นวงกว้าง ทั้งสถานประกอบการที่สนใจ บุคลากรในภาคอุตสาหกรรมหรืองานด้านวิจัยและพัฒนา

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร พบว่าการสอนหรือการฝึกอบรมการใช้งานอย่างเป็นระบบด้านโปรโตคอลการสื่อสารระบบสมองกลฝังตัวส่วนใหญ่มีการสอนโปรโตคอลและการประยุกต์ใช้งานเพียงบางโปรโตคอลยังไม่ครอบคลุมเนื้อหาและมีตัวอย่างน้อยมาก รวมถึงไม่มีชุดฝึกอบรมประกอบการเรียนที่เต็มระบบครบทุกโปรโตคอล หรือถ้ามียังมีราคาที่สูงและใช้งานไม่สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงทำให้ผู้ที่สนใจระบบสมองกลฝังตัวขาดแรงจูงใจในการพัฒนาระบบการประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับโปรโตคอลและไม่เพียงพอในการปฏิบัติงานจริงในภาคอุตสาหกรรม

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อใช้สอนฝึกอบรมผู้ที่สนใจการประยุกต์ใช้งานพื้นฐาน การสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ 5 โปรโตคอล ได้แก่ โปรโตคอล RS232 I2C SPI CAN-BUS และ USB เพื่อให้ผู้สนใจเรียนรู้มีความรู้และทักษะการประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับโปรโตคอลดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความพึงพอใจ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

1.2.3 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = \geq 3.50$) ขึ้นไป

1.3.2 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1 / E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

1.3.3 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่สร้างขึ้นผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.50$) ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด ดังรายละเอียดในหัวข้อดังต่อไปนี้

1.4.1 การออกแบบและการพัฒนาชุดฝึกอบรม

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของวัลลภ จันทรตระกูล (2543) มาประยุกต์เป็นแนวทางในพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวให้มีคุณภาพ โดยมีรายละเอียดลำดับขั้นตอนดังนี้

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

1.4.2 การสร้างและการพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและวิเคราะห์เนื้อหาจากเอกสารและแหล่งความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังเช่นแหล่งข้อมูลออนไลน์ Tools & Software and Solution (บริษัท ST Electronics. 2564) และหนังสือปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex-M3 กับ STM32 (นคร ภัคศิชาติ และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2553) บทความที่เกี่ยวข้องงานวิจัย ได้แก่ การพัฒนาบอร์ดสื่อสารระบบสมองกลฝังตัวเพื่อการศึกษาและการวิจัยของ (Vakil, M. Conrad. 2006) และการออกแบบแพลตฟอร์มการเรียนรู้ที่เป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลอนุกรมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM งานวิจัยของ (Kommu, Rao Kanchi. 2014) ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบการใช้งานระบบสมองกลฝังตัวควบคุมการทำงานผ่านโปรโตคอลการสื่อสาร โดยผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางกำหนดกรอบแนวคิดการสร้างชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware) มีเนื้อหาและชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่สร้างขึ้นเป็นบอร์ดทดลอง รวมถึงอุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบสมองกลฝังตัว และรวมไว้ในบอร์ดเดียวกัน ส่วนซอฟต์แวร์ (Software) โปรแกรมชุดคำสั่ง เพื่อสั่งงานและควบคุมให้ฮาร์ดแวร์โปรโตคอลทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสามารถสื่อสารได้ถูกต้อง โดยในงานวิจัยนี้การเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา C ผ่านโปรแกรม STM32CubeIDE

1.4.3 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม

ผู้วิจัยนำแนวคิดมาของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 7-19) เพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ดังนี้

1. ประสิทธิภาพกระบวนการ หรือ E_1 ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างฝึกอบรม
2. ประสิทธิภาพผลลัพธ์ หรือ E_2 ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกอบรม

1.4.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ของผู้เข้ารับการอบรมผ่านชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ได้ใช้แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เป็นเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) โดยใช้กรอบแนวคิดของ Bloom (จิตรพร ลิละวัฒน์, 2556) นำมาปรับใช้ตามระดับพฤติกรรม 3 ระดับคือ

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

1.4.5 การสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยได้นำแนวทางขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของ จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย (2558) มาปรับใช้ โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์สำคัญที่ต้องการประเมินผลการปฏิบัติงาน
2. กำหนดรูปแบบของวิธีการประเมินให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการ
3. สร้างเครื่องมือบันทึกผลการประเมินตามรายการที่วิเคราะห์ไว้
4. กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินและสรุปผลการปฏิบัติงาน
5. ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน แล้วนำไปเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4.6 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของพรรณิ ลีกิจวัฒน์ (2553) เกี่ยวกับประเมินความพึงพอใจ ที่กล่าวว่าแบบประเมิน หมายถึง ชุดของข้อความที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อความ สำหรับให้ผู้ตอบตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ดังนี้

1. กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ
3. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาปริญญาตรีในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ หรือผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และความพิวเตอร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจำนวน 15 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่สนใจลงทะเบียนเข้ารับการอบรม

1.5.3 ตัวแปรที่จะศึกษา ในการวิจัยนี้ประกอบด้วย

ตัวแปรต้น คือ ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

1.5.4 ใบบางการทดลอง ประกอบด้วย 7 ใบบาง โดยใบบางสุดท้ายเป็นใบบางรวมเพื่อทดลองประยุกต์ใช้งานการสื่อสารหลายโปรโตคอลในระบบสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย

ใบบางที่ 1 แนะนำเกี่ยวกับการลงโปรแกรมซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการพัฒนา

ใบบางที่ 2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล RS232

ใบบางที่ 3 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล I2C

ใบบางที่ 4 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล SPI

ใบบางที่ 5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล CAN-BUS

ใบบางที่ 6 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล USB

ใบบางที่ 7 การประยุกต์ใช้งานการสื่อสารหลายโปรโตคอลในระบบสมองกลฝังตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์การวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1.6.1 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว หมายถึง บอร์ดทดลองและเนื้อหาใบงานการทดลองชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

1.6.2 บอร์ดทดลอง หมายถึง บอร์ดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบบไม่มีระบบปฏิบัติการ และมีอุปกรณ์การเชื่อมต่อการสื่อสารโปรโตคอลและพอร์ตอินพุตเอาต์พุต

1.6.3 ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้ฝึกอบรมปฏิบัติการทดลองร่วมกับบอร์ดทดลองเรื่องชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการทดลอง สรุปผลการทดลอง จำนวน 7 ใบงาน โดยใบงานที่ 7 ใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังจากเรียนครบ 6 ใบงาน

1.6.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง

1.6.5 แบบทดสอบระหว่างการศึกษา หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละใบงานการทดลอง เพื่อใช้ประเมินผู้เข้ารับการอบรมหลังจากเรียนสำเร็จแต่ละใบงานทั้ง 6 ใบงานการทดลอง

1.6.6 แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน หมายถึง รายการประเมินผลการปฏิบัติงานการทดลองและเกณฑ์การให้คะแนนระหว่างการศึกษาแต่ละใบงานการทดลอง

1.6.7 คุณภาพ หมายถึง ผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง

1.6.8 ประสิทธิภาพการพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว โดยมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่ต่ำกว่า 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E₁ หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรม (ร้อยละ 40) และการประเมินผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานของใบงานที่ 1-6 รวมกัน (ร้อยละ 60)

E₂ หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม (ร้อยละ 40) และการประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 7 (ร้อยละ 60) หลังจากอบรมใบงาน 1-6 เรียบร้อยแล้ว

1.6.9 ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว 4 ด้าน คือ ด้านบอร์ดทดลอง ด้านใบงานการทดลอง ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านการนำความรู้ไปใช้ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตรฐานประเมินค่า 5 ระดับ

1.6.10 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ทางการสอนหรือมีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบสมองกลฝังตัว ด้านงานวิจัยและพัฒนาในอุตสาหกรรม หรือการออกแบบเครื่องมือและสื่อการสอนที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 3 ปี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารงานและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำรา หนังสือ บทความ และงานวิจัยต่างๆ โดยเรียงลำดับดังนี้

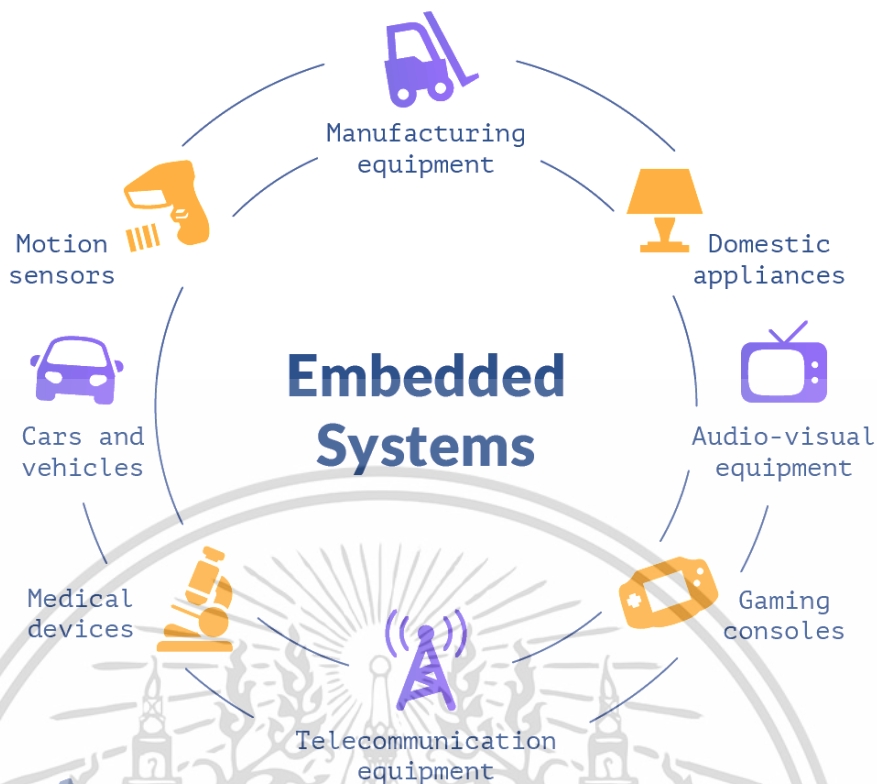
- 2.1 แนวคิดและทฤษฎีโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว
- 2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการฝึกอบรมชุดฝึกอบรม
- 2.3 การสอนปฏิบัติ
- 2.4 การออกแบบและการสร้างสื่อประเภทชุดฝึกอบรม
- 2.5 การประเมินคุณภาพสื่อและการหาประสิทธิภาพ
- 2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล
- 2.7 ความพึงพอใจ
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว

2.1.1 สมองกลฝังตัว

ระบบฝังตัว หรือสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) คือ ระบบประมวลผลที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เพื่อเพิ่มความฉลาด ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่างๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจากการที่ระบบนี้เป็น ระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่นๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครโพรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัด เช่น โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่างๆ แตกต่างกันไป ดังนั้น ระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2564) แนวคิดดังกล่าวแสดงได้ดังภาพที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ Embedded Systems

ที่มา : <https://www.sam-solutions.com/blog/all-you-need-to-know-about-embedded-system-programming>

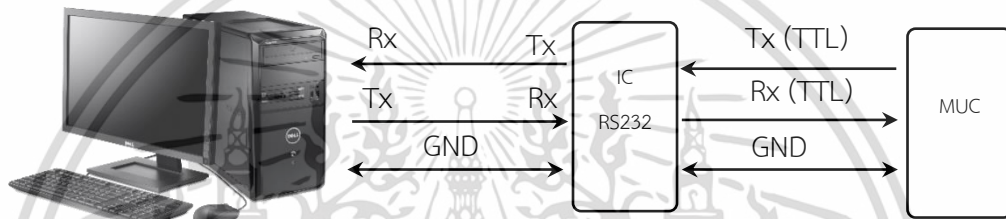
ในการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ใดๆ นั้นจำเป็นต้องใช้โปรโตคอลในการสื่อสาร เพื่อใช้ในการพัฒนาติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในปัจจุบันมีโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมอยู่ 5 แบบ คือ โปรโตคอล RS232 I2C SPI CAN-BUS และ USB โดยในงานวิจัยนี้จะนำมาใช้ทั้งหมด 5 โปรโตคอล โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.2 โปรโตคอล RS232 (UART/TTL)

โปรโตคอล RS232 (Recommended Standard no. 232) คือ มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม (Serial Communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 โดย EIA (Electronic Industries Association) หรือ สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ซึ่งในยุคแรก RS232 เป็นที่นิยมมาก และคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต้องมี Serial Port สำหรับการสื่อสารมาตรฐานนี้ และคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ทุกๆ เครื่องยังมี Port เชื่อมต่อนี้อยู่ โดยหลักการทำงานมาตรฐาน RS232 เป็นมาตรฐานที่รับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex คือ สามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อมกันทั้งคู่ในเวลาเดียวกัน โดยการรับส่งข้อมูลนั้นจะใช้สายไฟทั้งหมด 3 เส้น ได้แก่ Tx (Transmit Data) คือ สายส่งข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้จะมีหน้าที่ในการส่งข้อมูลเท่านั้น Rx (Receive Data) คือ สาย

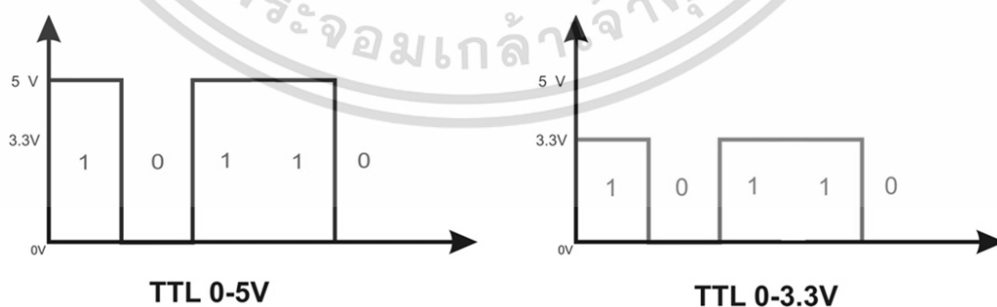
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้มีหน้าที่ในการรับข้อมูลเท่านั้น GND (Signal Ground) คือ สายกราวด์ เป็นสายเทียบหรืออ้างอิงแรงดันไฟฟ้า 0V เพื่อให้มีการใช้งานในการเชื่อมต่อที่สอดคล้องกันระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ การรับส่งสัญญาณจะมีระดับสัญญาณตั้งแต่ 3 โวลต์ จนถึง 15 โวลต์ สำหรับลอจิก 0 และมีระดับแรงดันที่ -3 โวลต์ จนถึง -15 โวลต์ สำหรับลอจิก 1 ดังนั้น สังเกตได้ว่า จะมีระดับแรงดันที่ใช้ในสถานะลอจิก 0 และ ลอจิก 1 แตกต่างออกไปจากระบบไอซีดิจิตอลทั่วไป การต่อใช้งานกับวงจรไอซีดิจิตอลจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนระดับแรงดันจาก 3 - 15 โวลต์ ให้มีระดับแรงดัน 0 - 5 โวลต์ ในภาคการส่งข้อมูล ส่วนในภาคของการรับข้อมูล จะต้องเปลี่ยนระดับแรงดัน 0 - 5 โวลต์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นระดับแรงดันที่สูงกว่า +3 หรือต่ำกว่า -3 โวลต์ โดยจะมีไอซีสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน โดยแนวคิดดังกล่าวแสดงได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

TTL (Transistor- Transistor Logic) เป็นระดับแรงดันที่ถูกกำหนดขึ้นในยุคแรกๆ เพื่อใช้ระหว่างทรานซิสเตอร์กับทรานซิสเตอร์ภายในวงจรรวม ดังนั้น TTL จะใช้ระดับแรงดันอยู่ที่ 0-5 V ในปัจจุบันมีอุปกรณ์หลายเบอร์ที่ทำงานในช่วง 0 - 3.3 V (เรียกแรงดันระดับนี้ว่า LVTTTL) ซึ่งผู้ใช้ควรตรวจสอบจาก Datasheet ของอุปกรณ์ที่ใช้ก่อนว่าเป็นระดับแรงดันแบบใด แนวคิดดังกล่าวแสดงได้ดังภาพที่ 2.3

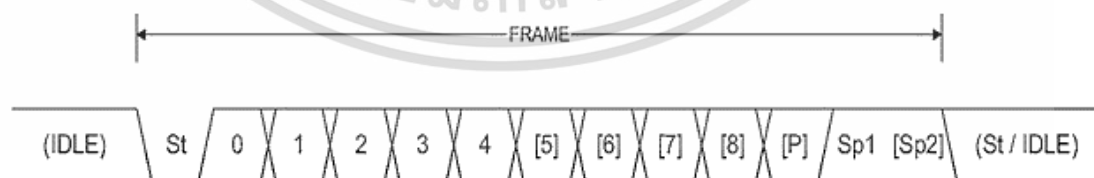


ภาพที่ 2.3 TTL (Transistor - Transistor Logic) ระดับแรงดันที่ 0-3.3V และ 0-5V

ที่มา : <https://blog.thaieasyelec.com/whats-about-uart-ttl-rs232-max232-max3232>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UART หรือชื่อเต็ม (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) เป็นการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Serial Communication) ระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งนิยมใช้เป็นการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกัน การทำงานแบบอะซิงโครนัสหมายความว่า จะไม่มีสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal) ส่งออกมาจากตัวส่งหรือตัวรับเพื่อกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล แต่จะกำหนดผ่านโดยการตั้งความเร็วในการรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์แทน การทำงาน UART จะอนุญาตให้มีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เพียงสองชิ้นเท่านั้น ซึ่งได้แก่ตัวส่ง (Transmitter) และตัวรับ (Receiver) และยังเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) หรือสามารถสื่อสารได้สองทิศทางในเวลาเดียวกัน เมื่อการทำงานเริ่มต้นขึ้น ตัวส่งจะแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรม แล้วส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังตัวรับ ซึ่งจะแปลงข้อมูลอนุกรมนั้นกลับเป็นแบบขนานตามเดิม การกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ผ่านการเพิ่มบิตเริ่มต้น (Start Bit) และบิตปิดท้าย (Stop Bit) ลงไปในข้อมูล บิตเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวบ่งบอกถึงจุดเริ่มต้นและจุดจบของข้อมูลที่จะส่งออกไป ซึ่งจะทำให้ตัวรับรู้ว่าจะต้องเริ่มอ่านข้อมูลดังกล่าวได้เมื่อใด เมื่อตัวรับสามารถตรวจจับบิตเริ่มต้นได้ ตัวรับจะเริ่มอ่านบิตที่ตามมาด้วยความถี่ที่เรียกว่าอัตราบอดเรต (Baud Rate) ทั้งตัวรับและตัวส่งจะต้องทำงานในอัตราบอดเรตเดียวกัน หรือต้องมีค่าคลาดเคลื่อนไม่สูงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น อัตราบอดเรตที่นิยมใช้จะอยู่ที่ 9,600 บิตต่อวินาที ข้อมูลที่ส่งผ่าน UART จะถูกจัดระเบียบให้เป็นแพ็คเกจ (Packet) แต่ละแพ็คเกจจะประกอบด้วยบิตเริ่มต้น 1 ตัว (Start Bit) บิตข้อมูล 5 ถึง 9 ตัว (Data Bit) บิตพาริตี 0 ถึง 1 ตัว (Parity Bit) และบิตปิดท้าย (Stop Bit) 1 หรือ 2 ตัว ส่วนใหญ่สายสื่อสารแบบ UART จะมีศักย์ไฟฟ้าสูงเมื่อไม่ได้ส่งข้อมูล หากผู้ใช้ต้องการส่งข้อมูลแล้ว ตัวส่งจะดึงศักย์ไฟฟ้าลงใน 1 รอบสัญญาณนาฬิกา เมื่อตัวรับตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ ตัวรับจะเริ่มอ่านบิตที่เหลื้อมตามมา โดยจะเริ่มอ่านบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit) ก่อนเป็นส่วนมาก เมื่อตัวส่งตรวจจับบิตปิดท้ายได้ ตัวส่งจะดันศักย์ไฟฟ้าในสายสื่อสารให้สูงขึ้นเหมือนเดิมในระยะเวลาขั้นต่ำที่ 2 ระยะบิต โดยรูปแบบเฟรมการรับส่งข้อมูลดังกล่าวแสดงได้ตามภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เฟรมของการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

ที่มา : <https://slideplayer.com/slide/9941835>

ความเร็วในการสื่อสาร หมายถึง จำนวนบิตที่ใช้รับส่งข้อมูลต่อวินาทีโดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 110 300 600 1200 2400 4800 9600 14400 19200 38400 57600 115200 128000 และ 256000 บิตต่อวินาที ทั้งตัวส่งและตัวรับต้องกำหนดให้มีความเร็วในการสื่อสารเท่ากัน ตัวอย่างข้อมูลส่งด้วยความเร็ว $1/115200 = 8.68$ ไมโครวินาที โดย 115200 8N1 คือ อัตราเร็วการถ่ายโอนข้อมูล 115200 บิตต่อวินาที ในเฟรมมีบิตข้อมูลจำนวน 8 บิต ไม่กำหนดบิตตรวจสอบข้อมูล และบิตสิ้นสุดคือ 1 มีตัวอย่างดังนี้ ต้องการส่งข้อมูล ASCII ที่เป็นตัวอักษร 'H' และ 'I' ออกไป โดยตัวอักษร 'H' นั้นมีค่า 48 ในเลขฐานสิบหก หรือมีค่าเท่ากับ 01001000 ในเลขฐานสอง และตัวอักษร 'I' มีค่า 49 ในเลขฐานสิบหก หรือมีค่า 01001001 ในเลขฐานสอง ส่วนที่เหลือจะเป็นซิงโครไนเซชันบิตที่เริ่มก่อนแพ็กเก็ต และปิดท้ายแพ็กเก็ตในแต่ละเฟรม ตัวอย่างนี้จะเป็นการเรียงลำดับแบบบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือ LSB แสดงได้ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การส่งข้อมูล ASCII สื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส
ที่มา : <https://blog.thaieasyelec.com/espino32-ch7-how-to-use-uart>

การใช้งานพอร์ตอนุกรม RS232 การสื่อสารแบบอนุกรมนี้มีความสำคัญต่อการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์มาก เพราะสามารถใช้เป็นพิมพ์ และจอภาพของ PC เป็นอินพุต และเอาต์พุตในการติดต่อ หรือควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยปกติพอร์ตอนุกรม RS-232C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุต โดยประมาณขึ้นอยู่กับชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน ซึ่งพอร์ตอนุกรม (DB9) ตัวผู้ (Male) แสดงดังภาพที่ 2.6 (DB9) ตัวเมีย (Female) แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.6 พอร์ตอนุกรม (DB9) PC ตัวผู้ (Male)

ที่มา : <https://www.cablesnmore.com/db9-male-solder-connector-10-pack>

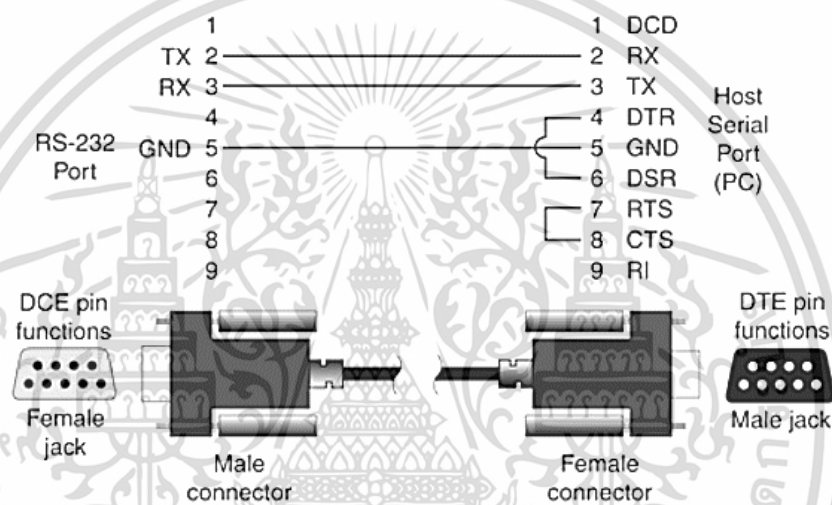
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 พอร์ตอนุกรมอุปกรณ์ภายนอก (DB9) ตัวเมีย (Female)

ที่มา : <https://rarecomponents.com/store/1505>

การเชื่อมต่ออุปกรณ์อุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย DB9 แสดงได้ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (RS232)

ที่มา : <http://www.apexscales.com/Tech%20info/rs232%20wiring.html>

2.1.3 โพรโทคอล CAN-BUS

CAN-BUS ย่อมาจาก (Control Area Network Bus) เป็นโพรโทคอลที่ออกแบบมาเพื่ออุตสาหกรรมยานพาหนะเป็นหลัก เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สื่อสารกับอุปกรณ์และแอปพลิเคชันของกันและกันโดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์โฮสต์ เป็นโพรโทคอลติดต่อสื่อสารและการรับส่งข้อมูลกับโมดูลต่างๆ ที่รวดเร็วที่ช่วยลดปัญหาการเดินสายไฟในรถยนต์ที่มีจำนวนมากและยุ่งยาก จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้กับสถาปัตยกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ปัจจุบันมีการใช้งาน CAN-BUS อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องการความเร็วในการติดต่อสื่อสารและรับส่งข้อมูล

CAN-BUS ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี 1983 โดย Robert Bosch ได้รับการเผยแพร่อย่างเป็นทางการในปี 1986 การประชุม Society of Automotive Engineers (SAE) ในเมืองดีทรอยต์ รัฐมิชิแกน ชิพคอนโทรลเลอร์ CAN-BUS ตัวแรกเปิดตัวโดยบริษัท Intel ในปี 1987 และตามด้วยบริษัท

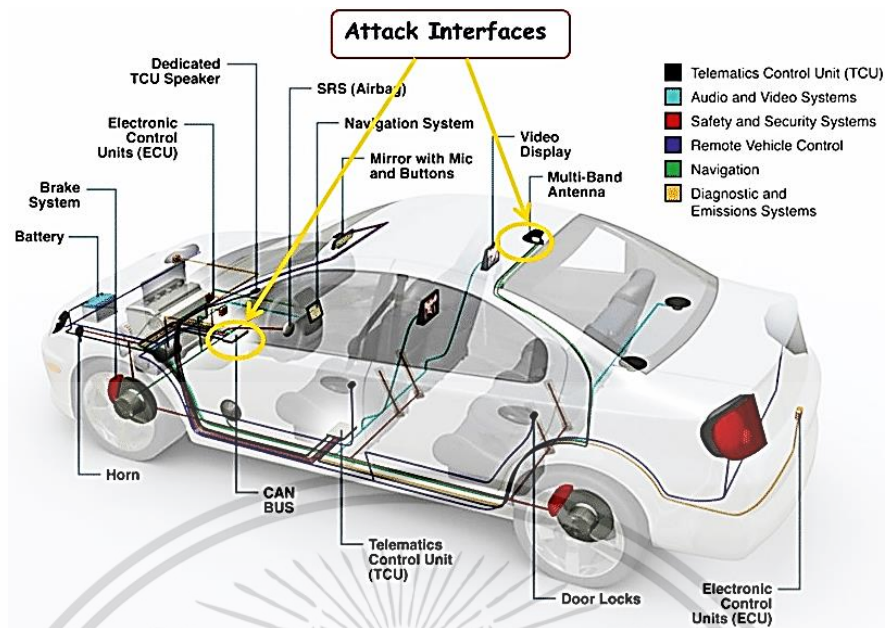
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Philips และได้นำไปใช้ในรถยนต์ในปี 1991 โดย Benz Mercedes-Benz W140 เป็นรถยนต์รุ่นแรกที่มีระบบ CAN-BUS ในการเดินสายไฟแบบมัลติเพล็กซ์

ในปี 1991 Robert Bosch ได้เขียนข้อกำหนด CAN-BUS หลายเวอร์ชันและล่าสุดคือ CAN-BUS 2.0 โดยข้อกำหนดนี้มีสองส่วน คือ ส่วน A เป็นมาตรฐานที่มีตัวระบุบิต 11 บิตและส่วน B เป็นมาตรฐานที่มีตัวระบุบิตเพิ่มเติมที่มีตัวระบุบิต 29 บิต อุปกรณ์ CAN-BUS ที่ใช้ตัวระบุบิต 11 บิต โดยทั่วไปเรียกว่า CAN-BUS 2.0A และอุปกรณ์ CAN-BUS ที่ใช้ตัวระบุบิต 29 บิต เรียกว่า CAN-BUS 2.0B พร้อมกับข้อกำหนดอื่น ๆ

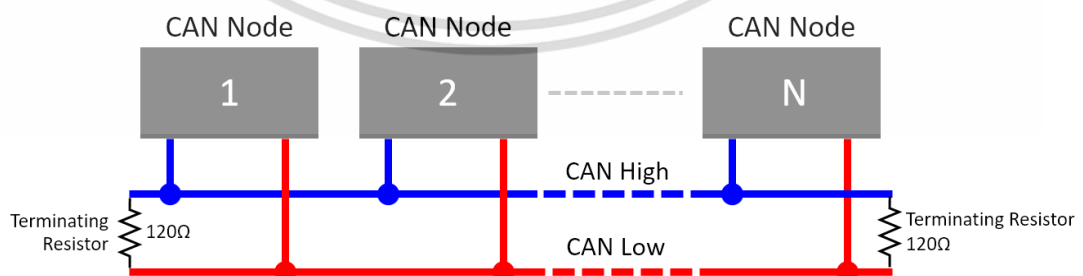
ในปี 1993 เพื่อความเป็นมาตรฐาน องค์การระหว่างประเทศได้กำหนดการมาตรฐาน CAN-BUS ISO 11898 ต่อมาได้รับการปรับโครงสร้างเป็นสองส่วน ISO 11898-1 ซึ่งครอบคลุมเลเยอร์ลิงก์ข้อมูลและ ISO 11898-2 ซึ่งครอบคลุมเลเยอร์ทางกายภาพของ CAN-BUS สำหรับ CAN-BUS ความเร็วสูง ISO 11898-3 ได้รับการเผยแพร่ในภายหลังและครอบคลุมชั้นฟิสิกส์ของ CAN-BUS สำหรับ CAN-BUS ที่มีความเร็วต่ำและทนทานต่อความผิดพลาด มาตรฐานชั้นฟิสิกส์ ISO 11898-2 และ ISO 11898-3 ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของข้อกำหนด Bosch CAN-BUS 2.0

รถยนต์ที่ผลิตตั้งแต่ปี 2003 เป็นต้นมาได้เริ่มนำระบบสื่อสารแบบ CAN-BUS มาใช้ในการสื่อสารระหว่างโมดูลต่างๆของระบบรถยนต์ เช่น ระบบต้นกำลังเครื่องยนต์ (Power Train Control Module) ระบบเบรก (ABS) ระบบ SCS (Stability Control System) หรือ ESP (Electronic Stability Program) หรือระบบปรับสมดุลของช่วงล่างในสภาพถนนต่างๆ ระบบแอร์แบคและตลอดจนระบบเกียร์อัตโนมัติ ซึ่งได้ถูกนำมาติดตั้งใช้งานในรถยนต์กันมากขึ้น ดังนั้น การติดต่อสื่อสารระหว่างโมดูลต่างๆ ต้องมีความรวดเร็วตอบสนองการขับขี่ได้อย่างดีเยี่ยมระบบ CAN-BUS เป็นคำตอบสำหรับสถาปัตยกรรมของรถยนต์สมัยใหม่ ด้วยการสื่อสารผ่าน (Serial Data Bus) ของระบบสายไฟในรถยนต์ด้วยคุณสมบัติที่ดีของระบบ CAN-BUS คือความเร็วในการสื่อสารของข้อมูล ดังนั้นจึงเหมาะที่ใช้ในรถยนต์ที่มีโมดูล (ECU) หลากๆกล่อง เช่น เครื่องยนต์ เกียร์ (Power train Control Module) ABS, AIR Bag, TPMS (Tire Pressure Monitoring System), ESP (Electronic Stability Program) แสดงได้ดังภาพที่ 2.9



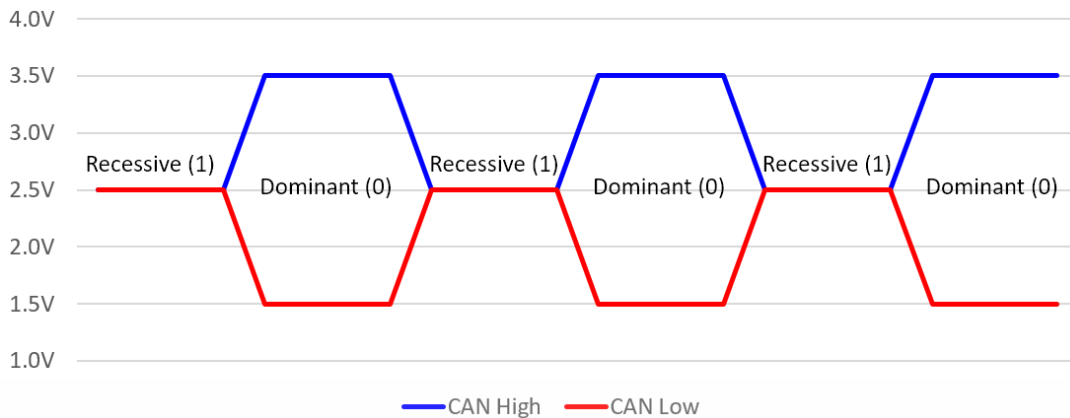
ภาพที่ 2.9 ระบบการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในรถยนต์แบบดิจิทัล CAN-BUS
ที่มา : <https://www.ridebuster.com/how-can-bus-work-in-modern-car>

โมดูลต่างๆในระบบ CAN-BUS จะถูกจัดเป็นโนดและมีแอดเดรส (Address) ที่แน่นอนแต่
ละโนดสื่อสารกันจะรู้ว่ามีจากโนดใดด้วยการส่งโค้ดของโนดนั้นๆ ไปด้วยทำให้แต่ละโมดูลหรือโนด
รู้จักกัน แสดงดังภาพที่ 2.10 การสื่อสารข้อมูลจะส่งเป็นสัญญาณดิจิทัล หรือ 0 1 คือ แรงดันไฟฟ้า
ระดับต่ำ คือ 0 และแรงดันไฟฟ้าระดับสูงคือ 1 ซึ่งจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ผู้ผลิตรถยนต์ โดย CAN-
BUS เปลี่ยนวิธีการอ้างอิงจาก 0V เป็นการอ้างอิงจากผลต่างแรงดันระหว่างสายสองเส้นโดยสายสอง
เส้นเรียกว่า CAN High และ CAN Low โดยปกติทั้งสองเส้นจะมีแรงดันที่ 2.5V เมื่อมีการส่งข้อมูล
สายที่เป็น CAN High จะมีแรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 3.75V และสายที่เป็น CAN Low จะมีแรงดันลดลงเป็น
1.25V เมื่อคิดแรงดันผลต่างระหว่างเส้นจะกลายเป็น 2.5V แสดงดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.10 การเชื่อมต่อโปรโตคอล CAN-BUS สำหรับมีหลายๆ โหนดในสื่อสารข้อมูล
ที่มา : <https://www.ioxhop.com/article/117/can-bus>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



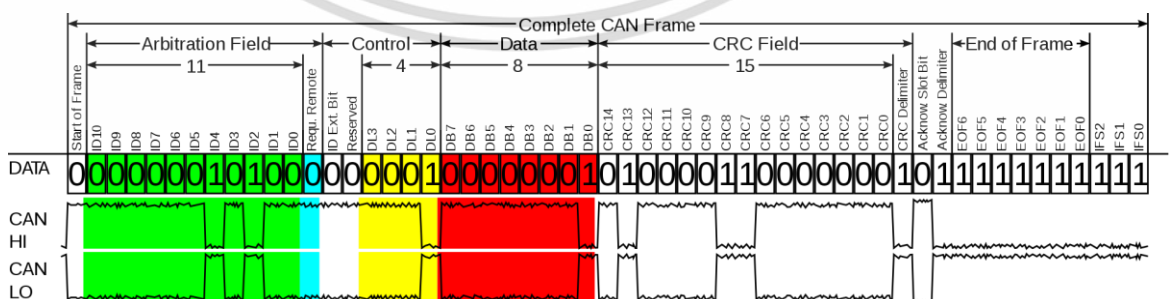
ภาพที่ 2.11 ผลต่างแรงดันระหว่าง CAN High และ CAN Low

ที่มา : <https://www.ioxhop.com/article/117/can-bus>

เมื่อสายแต่ละเส้นมีแรงดันที่ลดลงจากระยะทางที่มากขึ้นของสายไฟ เช่น ลดลงไป 1.2V เท่าๆกัน CAN High จะเหลือ 2.55V CAN Low จะเหลือ 0.05V ผลต่างแรงดันทั้งคู่ก็ยังคงเป็น 2.5V เท่าเดิม ในสถานะ Dominant (ส่งลอจิก 0) แรงดันของสาย CAN High มีค่าประมาณ 3.5V ส่วน CAN Low มีค่าประมาณ 1.5V ในสถานะ Recessive (ส่งลอจิก 1) แรงดันของสาย CAN High และ CAN Low มีค่าเท่ากันคือ 2.5V สาย CAN High และ CAN Low มีแรงดันแตกต่างกัน 0V

รูปแบบการส่งข้อมูลเฟรมโปรโตคอล CAN-BUS

CAN-BUS ได้กำหนดรูปแบบทำงานการส่งข้อมูล (หรือ "เฟรม") 2 รูปแบบ การส่งข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน คือรูปแบบเฟรมมาตรฐาน (CAN-BUS 2.0 A และ CAN-BUS 2.0 B) CAN-BUS 2.0 A มีบิตสำหรับตัวระบุ " CAN-BUS Base Frame" รองรับความยาว 11 และ CAN-BUS 2.0 B รองรับความยาว 29 บิตสำหรับตัวระบุ ประกอบด้วยตัวระบุ 11 บิต ("ตัวระบุฐาน") และส่วนขยาย 18 บิต ("ส่วนขยายตัวระบุ") เฟรมทั้งหมดเริ่มต้นด้วยบิตเริ่มต้นของเฟรม (SOF) แสดงถึงจุดเริ่มต้นของการส่งเฟรม รูปแบบการส่งข้อมูลเฟรมโปรโตคอล CAN-BUS แสดงดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 รูปแบบการส่งข้อมูลเฟรมโปรโตคอล CAN-BUS

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 บิตเฟรมในการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล CAN-BUS

ชื่อลำดับชั้น	จำนวน (Bits)	ความหมาย
Start-Of-Frame	1	ส่ง Dominant (ส่งลอจิก 0) เพื่อบอกให้ทุกอุปกรณ์บนบัสรับรู้ว่กำลังจะมีการส่งข้อมูล
Identifier (Green)	11	หมายเลขเฉพาะของชุดข้อมูลนี้ โดยอาจกำหนดเป็นหมายเลขอุปกรณ์ หรือหมายเลขของข้อมูลที่ตั้งขึ้นมาเฉพาะก็ได้ โดยหมายเลขนี้จะเป็นตัวกำหนดความสำคัญของข้อมูลด้วย หากมีค่าน้อย หมายถึงมีความสำคัญมาก
Remote Transmission Request (RTR) (Blue)	1	บิตกำหนดว่าเป็น Remote Frame หรือไม่ ดังนี้ RTR = Dominant (ลอจิก 0) หมายถึง ข้อมูลชุดนี้เป็น Data Frame RTR = Recessive (ลอจิก 1) หมายถึง ข้อมูลชุดนี้เป็น Remote Frame
Start-Of-Frame	1	ส่ง Dominant (ส่งลอจิก 0) เพื่อบอกให้ทุกอุปกรณ์บนบัสรับรู้ว่กำลังจะมีการส่งข้อมูล
Identifier (Green)	11	หมายเลขเฉพาะของชุดข้อมูลนี้ โดยอาจกำหนดเป็นหมายเลขอุปกรณ์ หรือหมายเลขของข้อมูลที่ตั้งขึ้นมาเฉพาะก็ได้ โดยหมายเลขนี้จะเป็นตัวกำหนดความสำคัญของข้อมูลด้วย หากมีค่าน้อย หมายถึงมีความสำคัญมาก
Remote Transmission Request (RTR) (Blue)	1	บิตกำหนดว่าเป็น Remote Frame หรือไม่ ดังนี้ RTR = Dominant (ลอจิก 0) หมายถึง ข้อมูลชุดนี้เป็น Data Frame RTR = Recessive (ลอจิก 1) หมายถึง ข้อมูลชุดนี้เป็น Remote Frame
Identifier Extension Bit (IDE)	1	ใช้ตรวจจ้บว่าเป็น Standard Frame หรือ Extended Frame
Reserved Bit (R0)	1	สงวนบิตนี้ไว้สำหรับพีเจอร้ในอนาคต มีค่าเป็น Dominant (ลอจิก 0) เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชื่อลำดับชั้น	จำนวน (Bits)	ความหมาย
Data Length Code (DLC) (Yellow)	4	แบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้ 1. ถ้า RTR = Dominant (ลอจิก 0 Data Frame) ใช้บอกความยาวของข้อมูลที่ส่ง 2. ถ้า RTR = Recessive (ลอจิก 1 Remote Frame) ใช้บอกความยาวของข้อมูลที่ร้องขอ
Data Field (Red)	0-64 (0-8 Bytes)	(0 ถึง 64 บิต หรือ 0 ถึง 8 ไบต์) – ข้อมูลที่ต้องการส่ง
CRC	15	ตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูล
CRC Delimiter	1	มีค่าเป็น Recessive (ลอจิก 1) เสมอ
ACK Slot	1	ฝั่งส่งจะปล่อยให้บัสเป็นสถานะ Recessive (ลอจิก 1) หากมีอุปกรณ์ใดๆ ในบัสได้รับ และยืนยันว่าข้อมูลที่ส่งถูกต้อง บิตนี้จะถูกดึงเป็น Dominant (ลอจิก 0)
ACK Delimiter	1	มีค่าเป็น Recessive (ลอจิก 1) เสมอ
End-Of-Frame (EOF)	7	ใช้ส่งเพื่อบอกสิ้นสุด CAN-BUS Frame

ความเร็วในการสื่อสาร (Speed Class of Data Bus)

1. Class A ความเร็วในการรับส่งข้อมูลน้อยกว่า 10 kbps ระบบที่ใช้คือ กระแสไฟฟ้า เบาะไฟฟ้า ระบบล็อกต่างๆ รีโมทและระบบไฟส่องสว่าง เป็นต้น

2. Class B ความเร็วในการสื่อสารอยู่ระหว่าง 10 – 125 kbps ระบบที่ใช้คือ Protocol ISO 9141 – 2 หรือ SAE J 1850 (ใช้ในรถตระกูล Ford GM และรถยนต์ญี่ปุ่นทั่วไป) ระบบนี้จะมีความเร็วเพียงพอในการสื่อสารข้อมูลที่มีความซับซ้อน เช่นระบบเกียร์อัตโนมัติ ระบบปรับอากาศ ระบบ Immobilize และระบบอิเล็กทรอนิกส์บริเวณแผงควบคุมต่างๆ

3. Class C ทำความเร็วในการสื่อสารอยู่ที่ประมาณ 1 Mbps หรือ 1000 kbps หรือประมาณ 10 เท่าของ Class B แต่โดยทั่วไปจะใช้ที่ความเร็วประมาณ 500 Kbps ซึ่งมีความเร็วเพียงพอสำหรับระบบ Air Bag, ABS Stability Control Traction Control และระบบต้นกำลังเครื่องยนต์กับเกียร์ (Power Train Control Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Class D ความเร็วในการสื่อสารประมาณ 1 Mbps ใช้ในระบบ Onboard Entertainment เช่น Video Streaming ระบบติดต่อสื่อสารกับดาวเทียมระบบอินเทอร์เน็ต 3 G ที่อนาคตจะนำมาใช้

ในรถยนต์โปรโตคอลที่มีความเร็วใกล้เคียงกับ CAN-BUS ได้แก่ SAE J 1939 GMLAN OBD 2 SAE J 1587 LIN ซึ่งเป็นหน้าที่ของวิศวกรยานยนต์ที่จะเลือกใช้โปรโตคอลให้เหมาะสมกับยานยนต์ ถ้ายานยนต์นั้นต้องการความเร็วในการสื่อสารมากๆ การเลือกใช้ Fiber Optic แทนสายไฟธรรมดา อาจเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาต่อไป

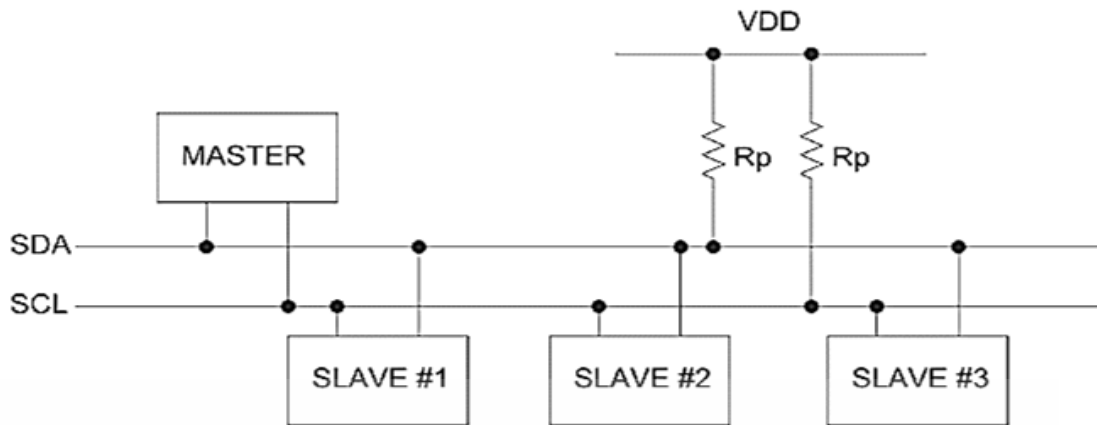
ตารางที่ 2.2 ความเร็ว Bit Rate ความยาวสายไฟสูงสุดโปรโตคอล CAN-BUS

ความเร็ว Bit Rate	ความยาวสายไฟสูงสุด (เมตร)
1Mbit/s	25
800Kbit/s	50
500Kbit/s	100
250Kbit/s	250
125Kbit/s	500
50Kbit/s	1000

2.1.4 โปรโตคอล I2C

I2C ย่อมาจาก Inter Integrate Circuit (IIC) เรียกสั้นๆว่า I2C (ไอ-แอสคว-ซี) เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips -Semiconductors โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ Serial Data (SDA) และสาย Serial Clock (SCL) สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลายๆ ตัวเข้าด้วยกันได้ ทำให้ MCU ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น

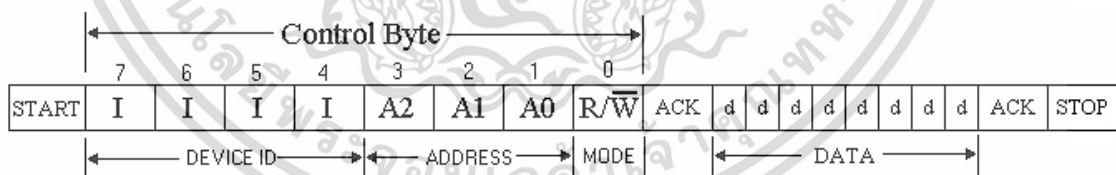
การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ SCL SDA สำหรับติดกับอุปกรณ์แบบ 2 ทิศทาง โดยที่ขาสัญญาณทั้ง 2 จะต้องต่อกับตัวต้านทานแบบ Pull Up 2-10K เนื่องจากเอาต์พุตมีลักษณะเป็น แบบ Open Darin หรือเป็นแบบ Open Collector เพื่อให้เอาต์พุตเชื่อมต่อกันได้หลายตัว แนวคิดแสดงได้ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์โปรโตคอล I2C

ที่มา : <https://www.analog.com/en/technical-articles/i2c-primer-what-is-i2c-part-1.html>

การเขียน-อ่านข้อมูลกับอุปกรณ์โปรโตคอล I2C และการรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C MCU จะเริ่มต้นการส่งข้อมูลด้วยการส่งสถานะเริ่มต้น (Start Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัสแล้วตามด้วยรหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วย รหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID Device Address และ Mode ในการเขียนหรืออ่านข้อมูล เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่า MCU ต้องการจะติดต่อก็ต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ MCU รับรู้ว่าข้อมูลที่ได้ส่งมามีความถูกต้องและเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (Stop Conditions) เพื่อบอกกับอุปกรณ์สิ้นสุดการใช้บัสแนวคิดแสดงได้ดังภาพที่ 2.14



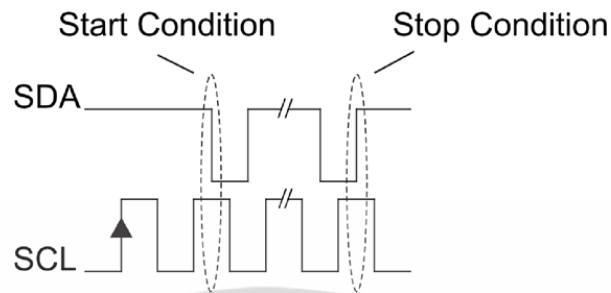
ภาพที่ 2.14 การเขียน-อ่านข้อมูลกับอุปกรณ์โปรโตคอล I2C

ที่มา : <http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Reference/I2CBUS.htm>

สถานะบัสว่าง คือ เมื่อบัสไม่ได้ถูกใช้งาน ทั้ง SCL และ SDA จะเป็น 1 ทั้งคู่ การกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดของบัส (Start and Stop Conditions) ลักษณะการกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดของ I2C เมื่อต้องการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะเริ่มต้น (Start Conditions) คือให้ SDA เปลี่ยนจาก 1 มาเป็น 0 ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการการใช้บัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

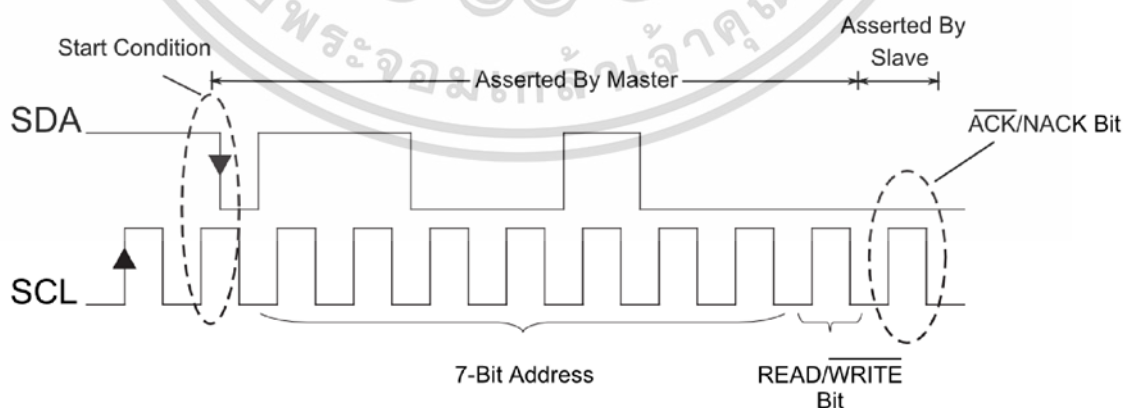
MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (Stop Conditions) คือ ให้ SDA เปลี่ยนจาก 0 มาเป็น 1 ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1 แนวคิดแสดงได้ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 เงื่อนไขสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดโปรโตคอล I2C

ที่มา : <https://www.analog.com/en/technical-articles/i2c-primer-what-is-i2c-part-1.html>

รูปแบบการส่งโปรโตคอลแบบ I2C Control Byte รหัสควบคุมของ I2C ประกอบด้วย รหัสประจำตัวของอุปกรณ์ (Device ID) ประกอบด้วยบิต 1-7 และบิต 0 เป็นบิตควบคุมการเขียนอ่าน รหัสประจำตัวของอุปกรณ์ ประกอบด้วยรหัสประจำตัวจากผู้ผลิต Product ID 4 บิต (บิต 4-7) ที่เปลี่ยนแปลงแก้ไขไม่ได้ และ Device Address 3 บิต (บิต 1-3) ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ รวมแล้วเป็นรหัส 7 บิต ใช้ระบุตัวอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส จะมีค่าซ้ำกันไม่ได้บิตควบคุมการเขียนอ่าน (Mode) บิต 0 เมื่อ MCU ต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 0 และเมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 1 แนวคิดแสดงได้ดังภาพที่ 2.16

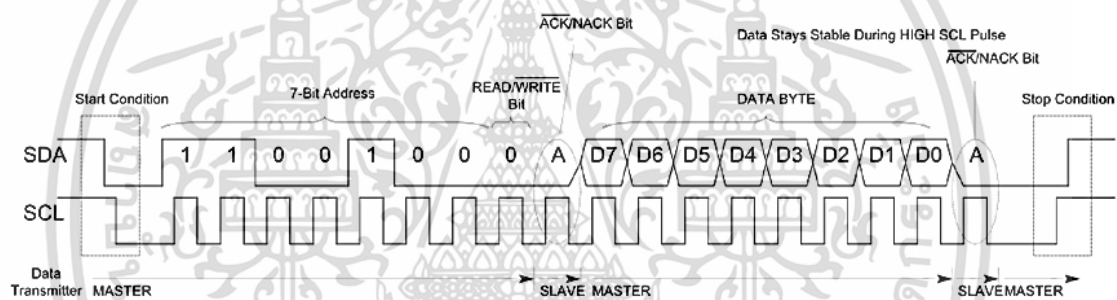


ภาพที่ 2.16 รูปแบบการส่งโปรโตคอลแบบ I2C (Control Byte)

ที่มา : <https://www.analog.com/en/technical-articles/i2c-primer-what-is-i2c-part-1.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

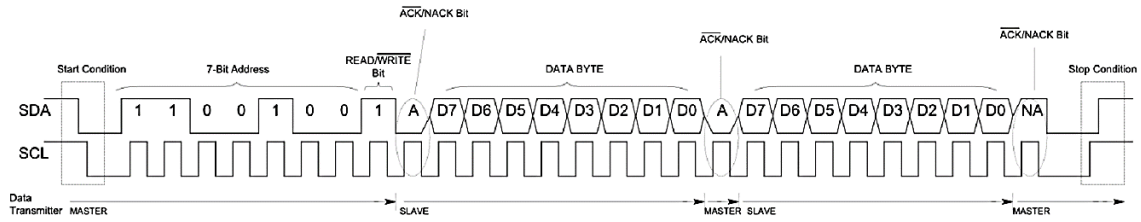
การเขียนข้อมูลจากฝั่ง Master โดยให้ Slave เป็นฝั่งรับข้อมูล แรกเริ่ม Master จะส่งสัญญาณ Start เพื่อให้ Slave ทุกตัวรอรับข้อมูล 7 บิตแรกจะเป็น Address ของ Slave ที่จะเรียกใช้ ตัวที่จะทำงานคือตัวที่ Address ตรงกันกับตัวของมันเท่านั้น สัญญาณการอ่านเขียน เพื่อบอก Slave ว่าข้อมูลที่ Master ส่งมาต้องอ่านหรือเป็นสัญญาณบอกเพื่อให้เขียนข้อมูลกลับไป (0 คือให้อ่าน 1 คือให้ส่งข้อมูลกลับไป) เมื่อ Slave ทุกตัวได้รับข้อมูลจะตรวจสอบ Address ว่าตรงกับของตนหรือไม่ ถ้าตรงกันจะส่งสัญญาณ ACK กลับไปให้ Master เพื่อบอกว่า Address ที่เรียกมีการเชื่อมต่ออยู่ เพราะอุปกรณ์ที่ Address ไม่ตรงกันจะส่งสัญญาณ NACK กลับไป ซึ่งมีความหมายว่าไม่ต้องทำอะไรในขั้นถัดไปจากนี้จะเป็นการส่งสัญญาณมาให้ทีละ 8 Bit (1 Byte) หลังจากโอนข้อมูลแต่ละ 1 Byte Slave จะต้องตอบสนองด้วยสัญญาณ ACK เพื่อให้รู้ว่าการส่งข้อมูลไม่ผิดพลาดหรือสูญหายหากไม่ส่งกลับ Master จะส่งข้อมูลชุดเดิมมาใหม่ เมื่อ Master ส่งข้อมูลเสร็จสิ้นก็จะส่งสัญญาณ STOP มาให้ Slave รับรู้ แนวคิดแสดงได้ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 การเขียนข้อมูลโปรโตคอล I2C Master ส่งไปให้ I2C Slave

ที่มา : <https://www.analog.com/en/technical-articles/i2c-primer-what-is-i2c-part-1.html>

การเขียนข้อมูลจากฝั่งของ Slave ให้ Master เป็นฝั่งรับข้อมูลขึ้นตอนช่วงแรกก็จะคล้ายกับการอ่านข้อมูล เพียงแค่ Bit ที่บอกการอ่านเขียน นั้นจะแตกต่างกันเพราะทำคณลະหน้าทีส่งสัญญาณ ACK กลับไปเพื่อบอกว่าอุปกรณ์ Address ที่เรียกมีอยู่ในการเชื่อมต่อส่วนของข้อมูลตรงนี้ Slave จะเป็นคนเขียนกลับไปให้ Master ดูได้จากเส้น Data Transmitter เราจะเห็นว่า Slave จะส่งข้อมูลกลับไปให้ Master 8 bit เมื่อครบ 8 bit แล้ว Master จะต้องส่งสัญญาณตอบสนองต่อการส่งแต่ละ Byte ด้วยสัญญาณ ACK แต่เมื่อ Master ไม่ต้องการข้อมูลแล้ว หลัง Byte สุดท้าย Master จะต้องส่งสัญญาณ NACK กลับมา สุดท้าย Master จะส่งสัญญาณ Stop มาเพื่อสิ้นสุดการส่ง แนวคิดแสดงได้ดังภาพที่ 2.18

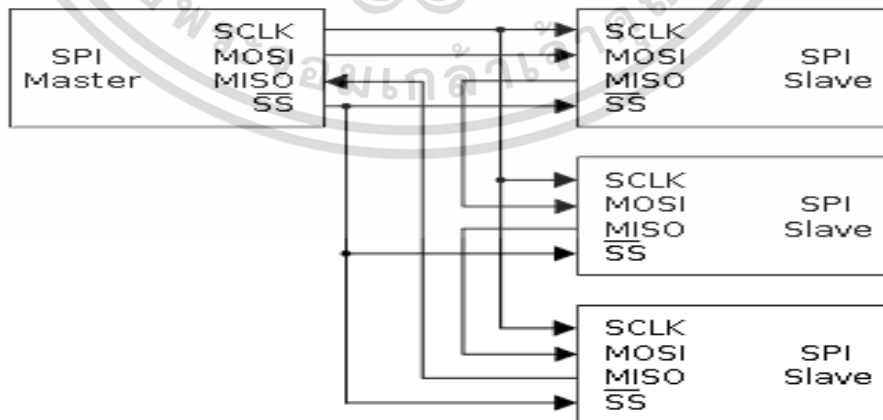


ภาพที่ 2.18 การเขียนข้อมูลโปรโตคอล I2C Slave ส่งไปให้ I2C Master

ที่มา : <https://www.analog.com/en/technical-articles/i2c-primer-what-is-i2c-part-1.html>

2.1.5 โปรโตคอล SPI

SPI ย่อมาจาก (Serial Peripheral Interface) เป็นวิธีการสื่อสารอนุกรมแบบเข้าจังหวะ ซึ่งทำงานในรูปแบบที่ให้อุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) ในขณะที่อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นสเลฟ (Slave) สามารถส่งข้อมูลในโหมดฟูลดูเพล็กซ์ (Full-Duplex) หมายความว่า สัญญาณสามารถส่งหากันได้ระหว่างมาสเตอร์ และสเลฟได้อย่างต่อเนื่อง รูปแบบข้อมูลการสื่อสารโปรโตคอล SPI ไม่ได้มาตรฐานกำหนดตายตัวว่าข้อมูลที่ส่งหากันต้องอยู่ในรูปแบบไหน เป็นการคิดโปรโตคอลการสื่อสารด้วยตนเอง การเชื่อมต่อการสื่อสารแบบ SPI ระหว่างอุปกรณ์มาสเตอร์ - สเลฟ โดยมีสายสัญญาณ 4 เส้น (Four Wire) ประกอบด้วย SCLK (Serial Clock) ใช้ส่งสัญญาณนาฬิกาจากอุปกรณ์มาสเตอร์ไปยังอุปกรณ์สเลฟ เพื่อกำหนดจังหวะ การรับส่งข้อมูล MOSI (Master Out Slave In) ใช้ส่งข้อมูลจากอุปกรณ์มาสเตอร์ไปยังอุปกรณ์สเลฟ MISO (Master In Slave Out) ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ SS (Slave Select) หรือ CS (Chip - Select) ใช้ส่งสัญญาณ Low ไปยังอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการรับส่งข้อมูล แสดงได้ดังภาพที่ 2.19



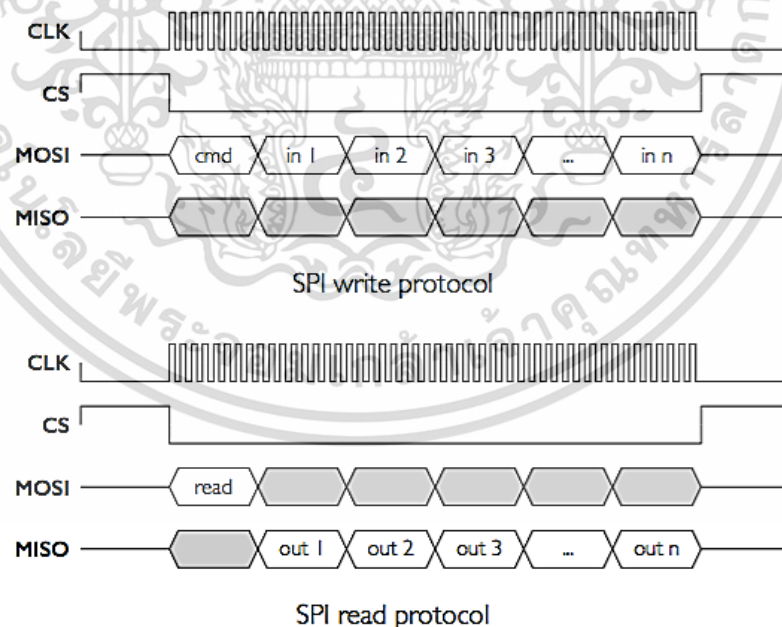
ภาพที่ 2.19 การเชื่อมต่อการสื่อสารโปรโตคอล SPI ระหว่าง มาสเตอร์ (Master) – สเลฟ (Slave)

ที่มา : <https://aticleworld.com/spi-communication-protocol>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มการสื่อสารอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องจัดเตรียมสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้กับอุปกรณ์สเลฟ โดยความถี่ที่ใช้ต้องไม่มากกว่าหรือน้อยกว่าความถี่ที่อุปกรณ์สเลฟจะสามารถทำงานได้โดยปกติจะอยู่ในช่วง 1-70 เมกะเฮิรตซ์ (1-70 MHz) จากนั้นอุปกรณ์มาสเตอร์ส่งสัญญาณควบคุม CS เพื่อระบุอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อด้วยและรอในช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้อุปกรณ์สเลฟอยู่ในสถานะพร้อมทำงานหรือในกรณีของ ADC คือช่วงเวลาที่ใช้ในการแปลงข้อมูล จากนั้นจึงส่งสัญญาณนาฬิกาออกไปสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกจะทำให้เกิดการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์มาสเตอร์และอุปกรณ์สเลฟขึ้นโดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ อุปกรณ์มาสเตอร์ส่งบิตข้อมูลไปบนสายสัญญาณ MOSI และอุปกรณ์สเลฟอ่านค่านี้จากสายสัญญาณเดียวกัน และอุปกรณ์สเลฟส่งบิตข้อมูลไปบนสายสัญญาณ MISO และอุปกรณ์มาสเตอร์อ่านค่านี้จากสายสัญญาณเดียวกัน โดยปกติในการสื่อสารจะประกอบด้วยชิพตรีจิสเตอร์ 2 ตัวทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันโดยตัวแรกอยู่ที่อุปกรณ์มาสเตอร์และอีกตัวอยู่ที่อุปกรณ์สเลฟทำการเชื่อมต่อกันเป็นวงรอบดังรูปที่ 2.20 โดยบิตข้อมูลที่มีนัยสำคัญสูงสุด (MSB) จะถูกเลื่อนออกไปก่อนขณะเดียวกันก็จะนำข้อมูลใหม่ใส่เข้าไปยังบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) แล้วเลื่อนบิต MSB ออกไปอีกทำอย่างนี้จนครบทุกบิตที่ต้องการส่ง จากนั้นอุปกรณ์แต่ละตัวจึงนำเอาข้อมูลที่ได้ออกไปใช้งานและหากว่ามีข้อมูลที่ต้องการส่งอีกชิพตรีจิสเตอร์ก็จะทำการโหลดข้อมูลชุดใหม่และเริ่มกระบวนการดังกล่าวอีกครั้ง



ภาพที่ 2.20 การรับส่งข้อมูลของโปรโตคอล SPI

ที่มา : <https://wiki.opsoro.be/hardware/shield/communication-protocol.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับ - ส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกาหลายลูกซึ่งจะทำหน้าที่ให้จังหวะในการสื่อสารและเมื่อการรับ-ส่งข้อมูลสิ้นสุดลงอุปกรณ์มาสเตอร์จะหยุดสัญญาณนาฬิกาพร้อมๆ กับทำให้สัญญาณ SC หยุดลง สำหรับอุปกรณ์สเลฟที่ไม่อยู่ในสถานะทำงานหรือไม่มีสัญญาณ CS จะต้องไม่สนใจกับสัญญาณนาฬิกาและ MOSI ที่เกิดขึ้นในขณะเดียวกันก็ต้องไม่ส่งสัญญาณ MISO ออกมาด้วยสำหรับอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องเลือกที่จะติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟได้ที่ละหนึ่งตัวเท่านั้น

2.1.6 โพรโทคอล USB

USB (Universal Serial Bus) คือ บัสอนุกรมชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาให้ง่ายต่อการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยจุดประสงค์หลักในการออกแบบในเบื้องต้นนั้น คือเพื่อสร้างการเชื่อมต่อแบบพิเศษสำหรับอุปกรณ์ต่อพ่วงคนละชนิดกันแต่สามารถเชื่อมต่อกับคอนเน็คเตอร์ใดๆ ในคอมพิวเตอร์ก็ได้ โดยคุณสมบัติแต่ละตัวสามารถกำหนดได้จากซอฟต์แวร์ USB แบ่งกลุ่มตามชนิดของการเชื่อมต่อออกเป็นสองคลาสคือ ฮับและฟังก์ชันฮับ ฮับมีจุดเชื่อมต่อที่เรียกว่าพอร์ตซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อกับฟังก์ชันสำหรับฟังก์ชันนั้นเป็นอุปกรณ์ทั่วไป เช่น คีย์บอร์ด เมาส์ เครื่องพิมพ์ เป็นต้น

หลักการทำงานของระบบ USB จะทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงทาง Port USB แล้วจะกำหนด Address ให้แต่ละอุปกรณ์ เรียกว่ากระบวนการ “Enumeration” หรือเมื่อทำการ Plug อุปกรณ์เข้าไปยัง Port USB ระบบจะทำการตรวจสอบด้วยกระบวนการ “Enumeration” ทันที เพื่อตรวจสอบชนิดของข้อมูลที่จะทำการรับ หรือจัดส่งให้กับอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้ามา ซึ่งแบ่งชนิดของข้อมูลได้เป็น 3 แบบ คือ

1. Interrupt เหมือนเป็นการตอบรับกวน โดยส่งข้อมูลที่น้อยๆ เช่น อุปกรณ์จำพวก Mouse หรือ Keyboard หรือ Gamepad ต่างๆ จะทำการส่งข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์คราวละเล็กน้อยเท่านั้น และจะส่งแบบไม่ต่อเนื่องตามแต่ลักษณะการใช้งาน

2. Bulk หรือการส่งข้อมูลคราวละมากๆ เป็นก้อนๆ เช่นการพิมพ์งาน ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์คราวละมากๆ เป็นต้น ซึ่งระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลทั้งความถูกต้อง และความครบถ้วนด้วย

3. Isochronous หรือการส่งข้อมูลแบบต่อเนื่องเป็น Stream เช่น พวกร Speaker หรือ Webcam ที่จะมาการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องแบบ Real-Time ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ Host กับอุปกรณ์ต่อพ่วง ซึ่งใน Mode นี้จะไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ว่าได้รับครบถ้วนถูกต้องหรือไม่ เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ Host นั้นจะส่งคำสั่ง หรือซักคำถาม (Query) ไปยังอุปกรณ์ผ่านทาง (Control Packet) โดยเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จะทำการกินเนื้อที่ 90% ของ Bandwidth ทั้งหมด (Speed USB 1.1) ที่ 12 Mbps และ USB 2.0 ที่ 480 Mbps สำหรับใช้งานการส่งข้อมูล

แบบ Isochronous หากมีการใช้งานถึง 90% เมื่อไรระบบจะทำการปฏิเสธการร้องขอในแบบ Interrupt และ Isochronous ที่เข้ามาใหม่ทันที โดย 10% ที่กันไว้ นั้น จะไว้ใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบ Bulk และสำหรับ Control Packet ของ Host

การเชื่อมต่อระหว่างสาย USB มีอยู่ 4 เส้นคือ สายสีแดง เพื่อใช้ในการจ่ายไฟ Vbus (+5V) สายสีดำ เพื่อใช้เป็นสายกราวด์ (GND) สายสีเขียว เพื่อใช้เป็นสายข้อมูลขั้วบวก (D+) สายสีขาว เพื่อใช้เป็นสายข้อมูลขั้วลบ (D-) การที่ USB มีการสนับสนุนการส่งถ่ายข้อมูลหลายรูปแบบดังกล่าวจึงทำให้ USB สามารถรองรับอุปกรณ์ I/O ได้หลากหลาย เช่น เม้าส์ คีย์บอร์ด กล้องถ่ายภาพ และอุปกรณ์เชื่อมต่อ ISDN นอกจากนี้ USB ยังยอมให้มีการเชื่อมต่อแบบ Hot Plug ซึ่งในที่นี้หมายถึงสามารถติดตั้งอุปกรณ์ I/O ได้ทันทีโดยไม่ต้องปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ แสดงได้ดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับสาย USB

ที่มา : <https://www.quora.com/How-many-wires-are-in-a-USB>

ความเร็วในการถ่ายเทข้อมูลของ USB มีรูปแบบความเร็วในการถ่ายเทข้อมูลได้ 2 แบบดังนี้ ความเร็ว 12 MB/sec ได้แก่อุปกรณ์ความเร็วสูง เช่น Zip Drive Scanner และ Printer ความเร็ว 1.5 MB/sec ได้แก่อุปกรณ์ความเร็วต่ำ เช่น คีย์บอร์ด เม้าส์ เป็นต้น

ส่วนประกอบขั้นพื้นฐานของ USB ทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประกอบด้วย USB ฮาร์ดแวร์

USB Controller /Root Hub และ USB Hubs

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ USB ประกอบไปด้วย USB Software USB Device Drivers USB Driver Host Controller Driver

1. ตัวควบคุม/ฮับ

การสื่อสารข้อมูลทั้งหมดบนระบบ USB เริ่มมาจาก Host ที่ติดตั้งอยู่บนเมนบอร์ดซึ่งทำงานภายใต้การควบคุมของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ซึ่ง Host นี้ประกอบด้วย USB Host Controller ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระบบควบคุมที่ทำให้เกิดการถ่ายเทข้อมูลบน USB นอกจากนี้ก็มี Root Hub ซึ่งเป็น Port ซึ่งใช้เป็นที่ยึดต่อกับอุปกรณ์ USB บนเมนบอร์ด ซึ่งจะมีชิปที่ทำหน้าที่เป็น USB Host Controller

2. ตัวควบคุมโฮส

ตัวควบคุมโฮสมีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการดูแลการขนถ่ายข้อมูลที่ถูกกำหนดโดยซอฟต์แวร์ของ Host Controller Driver หรือ HCD ซอฟต์แวร์จะจัดสร้างรายการที่ใช้เชื่อมโยงกับชุดของข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ในหน่วยความจำที่ได้กำหนดเรียบร้อยแล้วจะมีการถ่ายเทกันเกิดขึ้นเมื่อใด โครงสร้างของข้อมูลนี้เราเรียกว่า Transfer Descriptor ประกอบด้วยข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นสำหรับ Host Controller ในอันที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทข้อมูลขึ้น ข้อมูลข่าวสารดังกล่าวประกอบด้วยตำแหน่ง Address หรือที่อยู่ของอุปกรณ์ USB

ชนิดของการถ่ายเทข้อมูลโปรโตคอล USB

ทิศทางการไหลของข้อมูลข่าวสารว่าจะไหลจากไหนไปไหน ตำแหน่ง Address ของ Memory Buffer สำหรับ Device Driver เมื่อ Host Controller จะส่งข้อมูลไปที่อุปกรณ์ USB ปลายทาง ก็ทำได้โดยการอ่านข้อมูลจาก Memory Buffer ซึ่ง USB Device Driver เป็นผู้จัดสรรให้ที่ซึ่งข้อมูลจะถูกจัดส่งไปที่อุปกรณ์ปลายทาง โดย Host Controller จะทำหน้าที่เป็นผู้แปลงข้อมูลจากขนานไปเป็นแบบอนุกรม จากนั้นก็จัดให้มีการถ่ายเทข้อมูลโดยส่งออกไปที่ Root Hub เพื่อส่งต่อไปที่บัลในกรณีที่ต้องการจะอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ USB ตัว Host Controller จะสร้างสถานะการติดต่อเพื่ออ่านข้อมูลขึ้น จากนั้นก็จะส่งคำขอการอ่านข้อมูลไปที่ Root Hub ซึ่ง Root Hub ก็จะส่งผ่านการขออ่านนี้ไปบน USB Bus ดังนั้นอุปกรณ์ปลายทางจะรู้ตัวตัวเองว่ากำลังถูกเรียกใช้งานและได้รับการร้องขอให้ปลดปล่อยข้อมูลออกมา อุปกรณ์ปลายทางนี้จะปล่อยข้อมูลตามที่ต้องการไปที่ Root Hub ซึ่งก็จะส่งต่อข้อมูลนี้ไปที่ Host Controller อีกทีหนึ่ง จากนั้น Host Controller ก็จะนำข้อมูลที่ได้รับมาเป็นแบบอนุกรมนี้มาทำการแปลงให้เป็นขนาน จากนั้นก็จะนำไปเก็บไว้ที่ Memory Buffer ของ Device Driver อีกทีหนึ่ง

1. รูทฮับ (Root Hub) การติดต่อเพื่อสื่อสารข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นโดย Host Controller จะถูกส่งต่อไปที่ Root Hub เพื่อให้ส่งต่อไปที่ USB Bus ซึ่งเป็นที่ ๆ อุปกรณ์ USB ได้เชื่อมต่อกับตัว Root Hub ซึ่งจัดได้ว่าเป็นจุดเชื่อมต่อที่สำคัญสำหรับอุปกรณ์ USB และมีหน้าที่ทำงานหลักดังนี้ ควบคุมการเชื่อมต่อที่ USB Port ทำหน้าที่ Enable/Disable Port (ทำให้ Port ทำงานหรือไม่ทำงาน) ทำหน้าที่ตรวจสอบดูว่าแต่ละ Port ของ Root Hub ติดตั้งอุปกรณ์อะไรบ้าง สามารถจัดตั้งหรือรายงานสถานะของแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นขณะทำงานของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ Port ต่างๆ

2. ยูเอสบีอัส (USB Bus) นอกเหนือจาก Root Hub แล้ว ระบบ USB ยังสนับสนุน Hub อีกแบบหนึ่งซึ่งเป็นส่วนขยายของระบบ USB จุดประสงค์เพื่อขยายขนาดการเชื่อมต่อเพื่อติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ USB ได้มากยิ่งขึ้น ลักษณะการเชื่อมต่อจะเป็นแบบพวง Hub กันไปเรื่อยๆ Hub ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับ Root Hub นี้มีไว้เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB ต่างๆ เช่นคีย์บอร์ดหรือจอภาพ ยิ่งไปกว่านั้น Hub เหล่านี้สามารถมีแหล่งจ่ายไฟเป็นของตนเองเป็นการเฉพาะ หรือจะใช้แรงดันไฟจากสาย USB ก็ได้การจ่ายไฟให้กับ Hub เหล่านี้โดยผ่านทางสาย USB จะมีข้อจำกัดปริมาณของกำลังงานที่จ่ายออกมาที่ Bus และ ด้วยกำลังที่จ่ายออกมาที่ Bus นี้เองทำให้เกิดข้อจำกัดที่ไม่สามารถติดตั้งได้เกิน 4 USB Port

ส่วนประกอบของ Hub มี 2 แบบ คือ Hub Controller และ Hub Repeater

ตัวควบคุมฮับประกอบด้วย USB Interface ซึ่งเป็นแผงควบคุมภายใน Hub บางที่จะเรียกว่า Serial Interface Engine (SIE) ซึ่งแผงควบคุมนี้จะติดตั้ง Firmware ซึ่งเป็นอุปกรณ์หน่วยความจำประเภท EEPROM ที่สามารถโปรแกรมได้ ภายในหน่วยความจำประกอบด้วยข้อมูลข่าวสารเรียกว่า Descriptor ที่มีไว้เพื่อใช้ซอฟต์แวร์อ่านเพื่อพิสูจน์ความมีตัวตนของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ Port ของ Hub นอกจากนี้ Hub Controller ยังรวบรวมเอาข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานะของ Hub และ Port ซึ่งซอฟต์แวร์ของ USB Host นำไปใช้เพื่อตรวจสอบดูว่าอุปกรณ์มีการเชื่อมต่อหรือได้ถอดออกไปจาก Port ของ Hub แล้ว รวมทั้งตรวจสอบดูสถานะ การทำงานของ Hub นอกจากนี้ Hub Controller ยังรับเอาคำสั่งจากซอฟต์แวร์ของ Host เพื่อควบคุมการทำงานของ Hub อีกด้วย

Hub Repeater ข้อมูลข่าวสารที่วิ่งอยู่บน USB Bus จะต้องวิ่งไปข้างหน้า ไม่ว่าจะวิ่งไปตามกระแสจากล่างขึ้นบน (วิ่งจากอุปกรณ์ไปยัง Host) หรือวิ่งไปตามกระแสขั้วกลาง (วิ่งจาก Host มายังอุปกรณ์ USB) โดยที่การส่งกระจายข้อมูลจาก Host จะต้องวิ่งไปที่ Root Port ของ Hub และจะวิ่งไปยัง Port ทั้งหมดของ Hub ที่ยังทำงานอยู่ เมื่ออุปกรณ์ USB ปลายทางได้รับการติดต่อจาก Host แล้ว จะส่งข่าวสารที่เป็นการตอบสนอง วิ่งเป็นกระแสขึ้นบนกลับมาที่ Host โดยที่ Hub จะส่งต่อไปที่ Port ของ USB ที่เชื่อมต่อกับ Root Hub (เรียกว่า Downstream Port) เพื่อส่งต่อไปที่ Root Hub จากนั้น Root Hub ก็จะส่งต่อไปที่ Host อีกที

การเชื่อมต่อและสาย USB Connector ได้ถูกออกแบบมาเพื่อยอมให้อุปกรณ์รอบข้างหรือ Peripheral สามารถเชื่อมต่อเข้ามาที่ทางช่องเสียบของฮับได้ ช่องเสียบของฮับนี้ติดตั้งอยู่ที่ด้านหลังของคอมพิวเตอร์ หรืออาจเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์รอบข้างอื่น ๆ เช่น จอภาพ และ เครื่องพิมพ์ หรือ อาจจะเป็นช่องเสียบของฮับแบบโดดเดี่ยว 1 Connector อุปกรณ์รอบข้างแบบ USB จะต้องมีการเชื่อมต่อกับช่องเสียบด้วยสัญญาณหาก Connector ที่ปลายทั้งสองด้านของสาย USB เป็นแบบเดียวกัน แสดงว่ามีการเชื่อมต่อสายระหว่าง ช่องเสียบ USB มาตรฐาน USB ซึ่งได้ออกแบบ Connector เพื่อใช้งานอยู่ 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Series A Connector เป็น Connector เพื่อการเชื่อมต่อระหว่าง USB Port กับสายเชื่อมต่ออุปกรณ์รอบข้าง (Peripheral)

2. Series B Connector ถูกนำมาใช้กับอุปกรณ์รอบข้างแสดงลักษณะของ USB Port ที่ด้านหลังของคอมพิวเตอร์ 2 สายของ USB มาตรฐานของ USB ได้กำหนดอัตราความเร็วสูงสุดสำหรับช่องทาง USB ไว้ที่ 12 MB/s ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดและช่องทางย่อยที่ความเร็ว 1.5 MB/s สายสัญญาณที่ใช้เพื่อการถ่ายเทที่ความเร็วสูงสุดจะต้องถูกออกแบบเป็นพิเศษเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ขณะที่สายสัญญาณที่ใช้เพื่อการส่งข้อมูลความเร็วต่ำถูกนำมาใช้กับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ความเร็วต่ำ เช่น เมาส์และคีย์บอร์ด

1. สายสัญญาณสำหรับส่งถ่ายข้อมูลความเร็วต่ำ สายสัญญาณชนิดนี้จะส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 1.5 MB/s ถูกนำมาใช้งานที่ไม่ต้องการแบนวิธหรือช่องสัญญาณกว้าง และความยาวของสายสัญญาณจะต้องไม่เกิน 3 เมตร ขนาดของเส้นลวดคือ 28 AWG

2. สายสัญญาณสำหรับส่งถ่ายข้อมูลความเร็วสูง สายสัญญาณประเภทนี้เป็นสายตีเกลียวประเภท Shield Twisted Pair หรือ สายตีเกลียวที่ห่อหุ้ม มาตรฐาน USB Connector Type แสดงดังภาพที่ 2.22

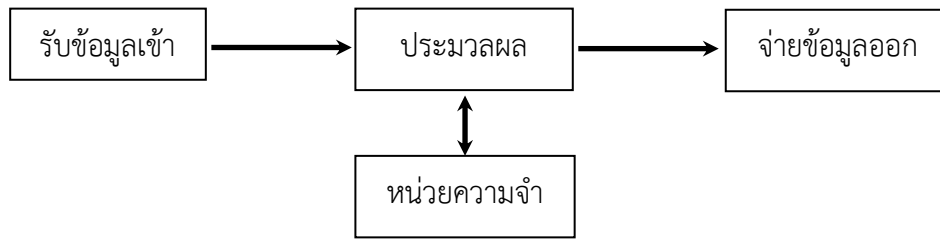


ภาพที่ 2.22 มาตรฐาน USB Connector Type

ที่มา : <http://www.supportict.co.uk/usbconnectors>

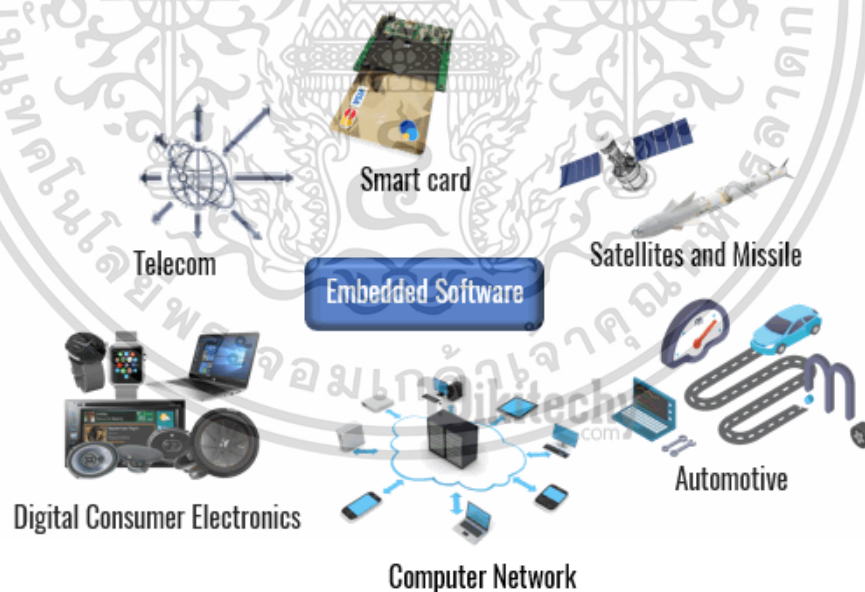
2.1.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น STM32F429VGT6

คือ ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) เป็นระบบที่มีการทำงานที่มีความคล้ายคลึงกับคอมพิวเตอร์ แต่ไม่ใช่คอมพิวเตอร์ กล่าวคือ มีการรับข้อมูลเข้า (Input) การประมวลผล (Process) การส่งข้อมูลออก (Output) และหน่วยความจำ (Memory) แสดงได้ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 แผนผังแสดงการทำงานของ Embedded Systems

โดยการทำงานจากภาพที่ 2.23 หากเป็นคอมพิวเตอร์ก็จะสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่ในงานบางลักษณะนั้น ไม่ได้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้การทำงานหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ยกตัวอย่างเช่น การนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงานของเครื่องซักผ้า ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการควบคุมดังกล่าวสามารถนำระบบสมองกลฝังตัวเข้ามาทดแทนได้เป็นอย่างดี เพราะนอกจากจะช่วยให้ลดในเรื่องของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการสร้างระบบควบคุมได้แล้ว อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมยังมีความกะทัดรัด ประหยัดพลังงาน และสะดวกในการซ่อมบำรุง ซึ่งนับเป็นข้อดีของการนำระบบสมองกลฝังตัวมาใช้งาน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวแสดงดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัว

ที่มา : <https://www.wikitechy.com/tutorials/embedded-systems/software-for-embedded-in-a-system-part-2>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.24 จะพบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวนั้นอยู่รอบตัวเรา เช่น โทรศัพท์มือถือ ระบบสื่อสารโทรคมนาคม นาฬิกาข้อมือ เครื่องกระจายสัญญาณไร้สาย และอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งล้วนต้องมีการประมวลผลทั้งสิ้น

2.1.7.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น STM32F429VGT6

ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F429VGT6 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับโปรโตคอลต่างๆ รวมถึงรองรับการควบคุมและใช้งานร่วมกับ GPIO ได้ และมีราคาที่ถูกโดยลักษณะภายนอกของชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F429VGT6 แสดงได้ดังภาพที่ 2.25



ภาพที่ 2.25 ตัวอย่างชิพ STM32F429VGT6

ที่มา : <https://www.newegg.com/Seller-Store/starsail-century>

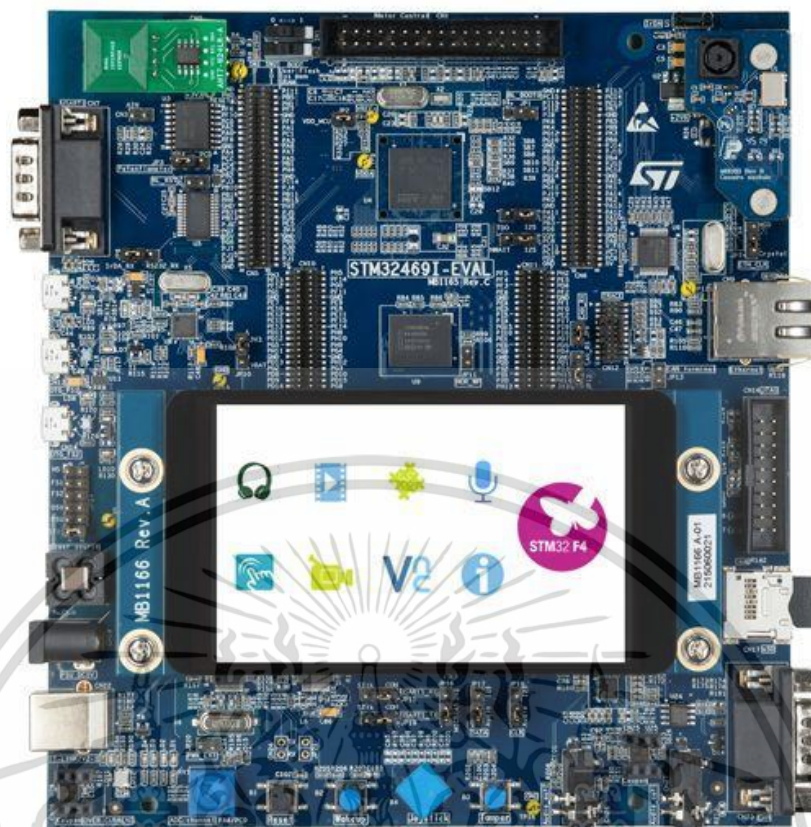
ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F429VGT6 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยประมวลผล Arm® Cortex®-M4 32 บิต ผลิตโดยบริษัท STMicroelectronics ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานสูง เน้นหลักการของการนำเอาชุดคำสั่งง่ายๆ เพียงไม่กี่คำสั่ง (RISC) สามารถทำงานด้วยความเร็วความถี่สูงถึง 180 MHz และมี Cortex-M4 ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนที่เกี่ยวกับเลขทศนิยมหรือตัวเลขที่เป็นเศษส่วน และมีมาตรฐานการสื่อสารโปรโตคอลแบบต่างๆ โดยบริษัท STMicroelectronics ได้ผลิตออกมาหลากหลายรุ่นให้เลือกใช้ตามลักษณะการใช้งานบอร์ดสำหรับการทดลองหลายรูปแบบซึ่งแต่ละรุ่นจะมีลักษณะภายนอกแตกต่างกันไป แสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 2.26 และภาพที่ 2.27



ภาพที่ 2.26 ตัวอย่างบอร์ด STM32F429I-Discovery

ที่มา : <https://th.aliexpress.com/item/32754485004.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.27 ตัวอย่างบอร์ด STM32F469I-EVAL

ที่มา : <https://th.mouser.com/ProductDetail/STMicroelectronics/STM32469I-EVAL?qs=kWQV1gtkNndSrlku0vjlag%3D%3D>

2.1.7.2 คุณสมบัติของ STM32F429VGT6

จากภาพที่ 2.25 จะพบว่า STM32F429VGT6 นั้นถูกผลิตขึ้นมาหลากหลายบอร์ด หลากหลายรูปแบบ โดยทุกรุ่นนั้นมีจุดที่เหมือนกันคือสามารถควบคุม GPIO และมีมาตรฐานการสื่อสารโปรโตคอลแบบต่างๆ โดยคุณสมบัติของ STM32F429VGT6 แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F429VGT6

คุณสมบัติ	รายละเอียด
Core	มีหน่วยประมวลผล Arm® Cortex®-M4 32 บิต ซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานสูงเน้นหลักการของการนำเอาชุดคำสั่งง่ายๆเพียงไม่กี่คำสั่ง (RISC) สามารถทำงานด้วยความเร็วความถี่สูงถึง 180 MHz DMIPS/1.25 DMIPS/MHz (Dhystone 2.1), and DSP instructions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

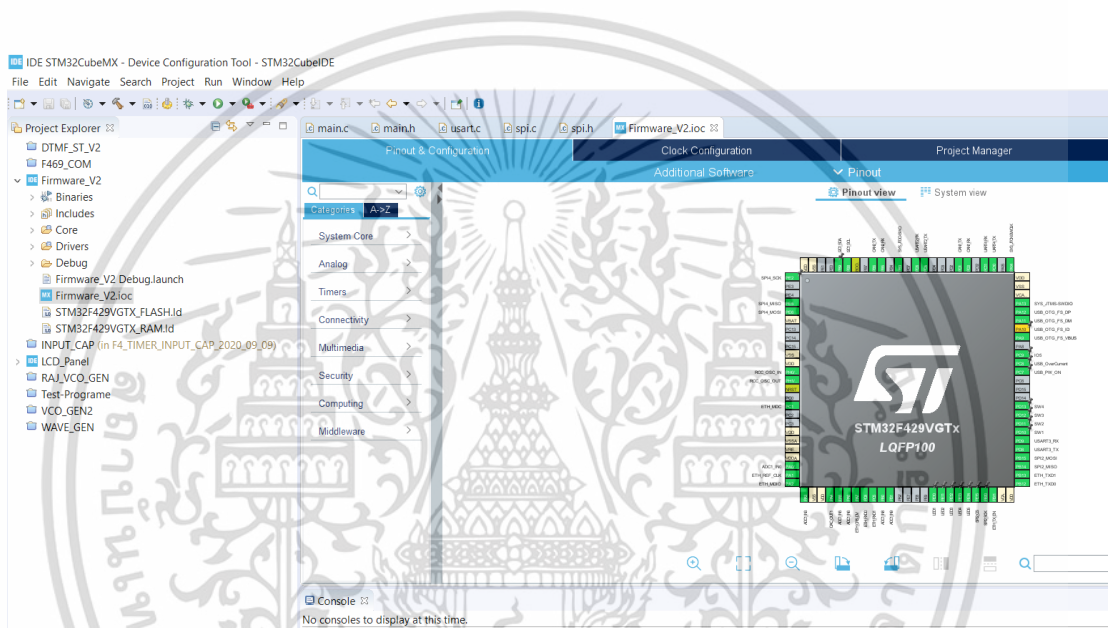
คุณสมบัติ	รายละเอียด
หน่วยความจำ	<ul style="list-style-type: none"> - เพิ่มหน่วยความจำ 2 MB ของหน่วยความจำแฟลชที่จัดเป็นสองช่องช่วยให้สามารถอ่านขณะเขียนได้ - Up to 256+4 KB of SRAM including 64-KB of CCM data RAM - มีความยืดหยุ่นหน่วยความจำสำหรับควบคุมข้อมูลจากภายนอกได้ 32 บิต: SRAM, PSRAM, SDRAM/LPSDR, SDRAM Compact Flash/NOR/NAND memories
อินเทอร์เฟซการสื่อสาร	<ul style="list-style-type: none"> - 3 I2C อินเทอร์เฟซ (SMBus/PMBus) - 4 USARTs/4 อินเทอร์เฟซ UARTs (11.25 Mbit/s ISO7816 interface LIN IrDA modem control) - 6 SPIs (45 Mbits/s) อินเทอร์เฟซ และ 2 with muxed full-duplex I2S for audio class accuracy via internal audio PLL or external clock - 1 x SAI (serial audio interface) - 2 x CAN (2.0B Active) and SDIO interface
ระดับแรงดันไฟที่ทำงานได้	1.7V to 3.6V
สถาปัตยกรรมของที่ยินยอมให้ข้อมูลสามารถส่งโดยตรงจากอุปกรณ์ที่ติดต่อกับการเชื่อมต่อขั้นสูง	16-stream DMA controller with FIFOs and burst support
พอร์ต อินพุตและเอาต์พุต interrupt capability	<ul style="list-style-type: none"> - เพิ่มพอร์ต อินพุตและเอาต์พุต ที่ทำงานด้วยความเร็วสูง 164 ขา ด้วยความถี่สูงถึง 90 MHz - เพิ่มพอร์ต อินพุตและเอาต์พุต รองรับการทำงานแรงดันไฟ 5 V 166 ขา
ไทม์เมอร์	มีไทม์เมอร์ 16-bit และ 32-bit ทำงานด้วยความถี่สูงถึง 180 MHz และเพิ่ม 4 IC/OC/PWM หรือตัวนับพัลส์และอินพุตที่เข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

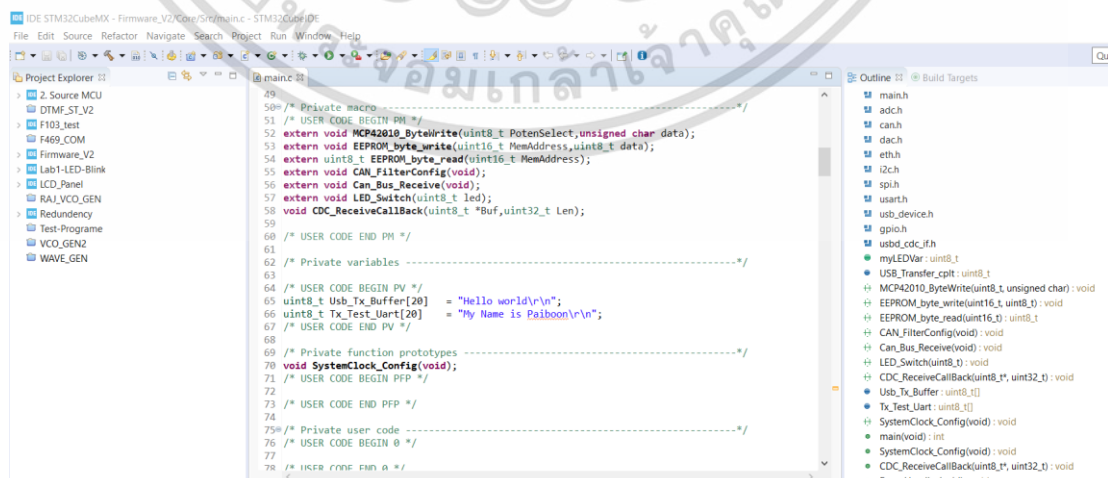
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 โปรแกรม STM32CubeIDE

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล STM32 สามารถใช้โปรแกรม STM32CubeIDE ซึ่งเป็นโปรแกรมที่บริษัท STMicroelectronics เป็นผู้พัฒนาแบบ (Open Source) สามารถดาวน์โหลดเพื่อนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อการทำงานหรือศึกษาได้ตามความต้องการใช้งาน ซึ่งเป็นโปรแกรม Hal Library Stm32 ใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรม ซึ่งง่ายต่อการเรียนรู้ และพัฒนาผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดได้ที่เว็บไซต์ WWW.ST.COM นอกจากนี้ยังมีวิธีการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก โดยตัวอย่างหน้าต่างการเปิดใช้งานซอฟต์แวร์โปรแกรม แสดงดังภาพที่ 2.28 และหน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 2.29



ภาพที่ 2.28 ตัวอย่างหน้าต่างการเปิดใช้งานซอฟต์แวร์โปรแกรม STM32CubeIDE



ภาพที่ 2.29 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม STM32CubeIDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการฝึกอบรมชุดฝึกอบรม

2.2.1 ความหมายของการฝึกอบรม

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

2.2.2 ปัจจัยในการฝึกอบรม

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

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

2.2.3 ประสิทธิภาพในการจัดอบรม

ในการจัดการอบรมให้มีประสิทธิภาพ ปิยรัตน์ ชุนหศรี (2548 : 32) ได้กล่าวถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. หลักสูตร จะต้องตรงกับวัตถุประสงค์ขององค์กรและผู้เข้ารับการอบรม โดยจะต้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ มีวิธีการฝึกอบรมที่ง่าย และทดลองปฏิบัติได้จริง รวมถึงมีระบบทดสอบความรู้หลังเรียนและก่อนเรียน
2. วิทยากร จะต้องมีความรู้และทักษะที่ตรงกับหลักสูตร โดยสามารถถ่ายทอดความรู้ให้เข้าใจได้ง่าย รวมถึงสามารถนำเอาเทคนิคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ให้ผู้เข้าฝึกอบรมเกิดความสนใจและเข้าใจได้ง่าย
3. เวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม ควรมีความเหมาะสมคือ มีช่วงพักและช่วงฝึกอบรมอย่าง

พอเหมาะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สถานที่ที่ใช้ในการฝึกอบรมจะต้องมีความพร้อม เช่น ระบบเสียง ระบบภาพ เป็นต้น
5. เอกสารการฝึกอบรม จะต้องสอดคล้องกับหลักสูตรเพื่อที่ผู้เข้าฝึกอบรมจะได้มีความเข้าใจและสามารถบันทึกข้อมูลประกอบการทบทวนในภายหลังได้
6. สื่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรม ซึ่งการที่มีเครื่องมือประกอบการฝึกอบรม จะช่วยให้การฝึกอบรมง่ายขึ้น สะดวก รวดเร็ว และช่วยให้ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น
7. วิธีการฝึกอบรม ควรจะต้องมีความสอดคล้องกับหลักสูตรตามความเหมาะสม เช่น จัดลักษณะ Workshop หรือ แบบบรรยาย เป็นต้น

2.3 การสอนภาคปฏิบัติ

ในการสอนภาคปฏิบัติ มีสิ่งที่ควรรู้อย่างนี้

2.3.1 สื่อการสอน

ได้มีการกล่าวและนิยามไว้หลายลักษณะดังนี้

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่เป็นตัวกลางหรือพาหะ นำความรู้ไปสู่ผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี (วาสนา ชาวหา 2533 : 77) สื่อการเรียนการสอน หมายถึง สื่อต่างๆที่ผู้สอนและผู้เรียน นำมาใช้ในระบบการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2529 : 56) ซึ่งสามารถสรุปความหมายของสื่อการสอนจากนิยามดังกล่าวได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวกลางหรือตัวนำ เพื่อพาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดความเข้าใจตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งได้แก่ ใบงาน หนังสือ กิจกรรมเสริมบางอย่าง เป็นต้น

2.3.2 องค์ประกอบการสอนปฏิบัติการ

2.6.2.1 บทบาทในการสอนปฏิบัติ ผู้สอนจะมีหน้าที่ในการดูแล แนะนำ ให้การช่วยเหลือในระหว่างการทำงานปฏิบัติ โดยผู้สอนจะต้องไม่มีบทบาทมากเกินไป ต้องมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าและทดลองด้วยตนเอง ซึ่งบทบาทของผู้สอนในการสอนปฏิบัติสามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

- (1) การอธิบายก่อนการทดลอง โดยผู้สอนต้องมีการเตรียมเนื้อหาและหัวข้อที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียนรู้ และอยากทดลอง รวมถึงแจ้งข้อควรระวังต่างๆ
- (2) การควบคุมดูแลระหว่างการทำงานทดลอง โดยผู้สอนต้องคอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดเวลาการทำงานทดลอง เพื่อให้การทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้
- (3) การอภิปรายหลังการทำงานทดลอง ผู้สอนต้องมีการเตรียมคำถามและทฤษฎีต่างๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการทดลอง และสรุปเป็นกฎเกณฑ์ภายหลังจากการอภิปรายอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 ลำดับขั้นตอน โดยจะต้องเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองและเรียนรู้จากประสบการณ์ด้วยตนเอง ซึ่งลำดับขั้นตอนของผู้สอนสำหรับการสอนแบบปฏิบัติสามารถแบ่งออกได้ 3 ชั้น ดังนี้

- (1) ชั้นปฐมนิเทศและสร้างแรงจูงใจ ซึ่งผู้สอนจะต้องอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการทดลองให้ชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนรู้ขั้นตอนและสามารถดำเนินการทดลองได้ตามระบบ
- (2) ชั้นปฏิบัติการทดลอง โดยในขั้นนี้ผู้สอนจะต้องคอยสนับสนุนและพิจารณาการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งอาจเกิดปัญหาในระหว่างการเรียนรู้และทดลองได้
- (3) ชั้นสรุปผล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้ทดลองจะได้สรุปถึงสิ่งที่ได้ดำเนินการปฏิบัติ ซึ่งอาจจะระบุปัญหาหรือสิ่งที่ได้ค้นพบระหว่างการทดลอง รวมถึงสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลอง

2.3.3 วิธีการสอนปฏิบัติ

การจัดรูปแบบการสอนภาคปฏิบัติสามารถจัดแบ่งออกเป็น 8 วิธีการสอน ดังนี้

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. วิธีสอนแบบปฏิบัติตามโครงการ คือ การใช้โครงการมาเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์และการทดลองจริงได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การออกแบบและการสร้างสื่อประเภทชุดฝึกอบรม

2.4.1 ความหมายของสื่อ

กิดานันท์ มลิทอง (2531) กล่าวว่าสื่อเป็นคำที่มาจากภาษาลาตินคำว่า Medium แปลว่า ระหว่าง (Between) หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่บรรจุข้อมูลเพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับสามารถสื่อสารกันได้ตรงตามวัตถุประสงค์ เมื่อมีการนำสื่อมาใช้ในการเรียนการสอน จึงเรียกว่าสื่อการสอน (Instructional Media) หมายถึง สื่อชนิดใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิดยู โทรทัศน์ วีดิทัศน์ แผนภูมิ ภาพนิ่ง ฯลฯ ซึ่งบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอน สิ่งเหล่านี้เป็นวัสดุอุปกรณ์ทางกายภาพที่นำมาใช้ในเทคโนโลยีการศึกษา เป็นสิ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับการสอนของผู้สอนส่งไปถึงผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ผู้สอนวางไว้ได้เป็นอย่างดี

2.5.2 การออกแบบและสร้างสื่อประเภทชุดฝึกอบรม

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543) ได้อธิบายขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกอบรมดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการนำชุดฝึกอบรมไปใช้ในการสอน ควรกำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน ซึ่งการออกแบบสร้างจะสำเร็จผลตามเป้าหมาย และใช้ได้จริง จะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ ประกอบ ได้แก่ สภาพการณ์ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลด้านวิชาการ และกลุ่มผู้เรียน จากนั้นก็นำไปใช้เขียนวัตถุประสงค์เป็นข้อๆ และกำหนดขอบเขตคุณลักษณะของชุดฝึกอบรมที่จะออกแบบสร้าง สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง

2. กำหนดหน้าที่ (Function) ของชุดฝึกอบรมจากคำบรรยายคุณลักษณะของชุดฝึกอบรมที่กำหนดขึ้นในข้อที่ 1 นำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงรายการหน้าที่ต่างๆของชุดฝึกอบรม ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่

3. การศึกษาปัจจัยที่จะทำให้ชุดฝึกอบรมทำงานได้ตามรายการหน้าที่ ในขั้นนี้เป็น การคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามที่กำหนด โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของวัสดุ อุปกรณ์ พลังงานและสัญญาณ สิ่งที่ต้องกำหนดอาจเขียนเป็นคำสั้นๆ เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์มากที่สุด ชิ้นส่วนที่คิดค้นขึ้นมาควรพิจารณาถึงการประกอบความยากง่ายในการผลิตและค่าใช้จ่าย

4. การวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนของอุปกรณ์ ที่จะนำมาสร้างชุดฝึกอบรมนำมาเลือกหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยพิจารณาในเรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง ความคงทน การบำรุงรักษาและราคา

5. การสร้างต้นแบบและตรวจสอบ เมื่อเลือกชิ้นส่วนได้แล้วจะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบคร่าวๆ หรือเป็นภาพงานชิ้นง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในตอนนี้ออกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องมีการทดลองซึ่งต้องทดลองกลไกหน้าที่อุปกรณ์บางอย่าง การทำชุดฝึกอบรมต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางเทคนิค ค้นหาข้อมูลบางอย่างเพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการ

6. การเขียนแบบ เพื่อประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไปงานเขียนแบบนี้ว่ามีความสำคัญมากแบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของชุดฝึกอบรมจะต้องมีแบบทั้งแบบภาพประกอบและการแยกชิ้น

7. การเตรียมเอกสารประกอบชุดฝึกที่ออกแบบ โดยทั่วไปควรต้องจัดเอกสารประกอบ หรือคู่มือการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์

2.5 การประเมินคุณภาพสื่อและการหาประสิทธิภาพ

เพื่อให้รู้ว่าสื่อที่เลือกหรือผลิตขึ้นมาสามารถใช้สอนได้ตามที่ต้องการหรือไม่ จำเป็นต้องมีการประเมินคุณภาพสื่อพิสิฐ เมธาภัทร และธีรพล เมธิกุล (2529 : 171-173) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.5.1 ประสิทธิภาพในการสื่อความหมาย (ด้านวิชาการ)

1. ด้านวัตถุประสงค์

- สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์
- สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์

2. ด้านเนื้อหา

- เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด
- เนื้อหาวิชาแยกย่อยได้
- เนื้อหาวิชาเรียงลำดับเป็นตรรกะ (Logic)

3. ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลในการสื่อความหมาย

- บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์
- สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอย (Abstract) ให้มีความหมายและเป้าหมาย (Concrete) มากขึ้น
- ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น
- ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้ดีขึ้น

2.5.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน (Human Factor)

1. ด้านผู้เรียน สื่อที่ใช้เหมาะสมกับจำนวนผู้เรียน

2. ด้านผู้สอน

- สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สื่อที่ใช้เหมาะสมกับประสบการณ์ของผู้สอน

2.5.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อม และการนำไปใช้งาน

1. ด้านวัสดุและอุปกรณ์

- ใช้วัสดุราคาพอสมควรกับความจำเป็น
- ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น

2. ด้านเวลา

- เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
- เวลาที่ใช้ในการแสดงสื่ออื่นไม่มากเกินไป

3. ด้านการใช้งาน

- สามารถนำไปใช้ง่าย และสะดวก
- ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน
- ไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยพิเศษอื่นๆ ขณะไปใช้งาน

2.5.4 การหาประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติได้แนวคิดมาจาก ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้น ผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นต้องจะนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ

2.5.4.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ความหมายของเกณฑ์ (Criterion) เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ ดังนั้น หากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือ พฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อน ต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.50 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่า ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีความคุ้มค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรม 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1 = \text{Efficiency of Process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เข้ารับการอบรม เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบ กิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่มและรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เข้ารับการอบรม โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่ ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน จะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เข้ารับการอบรม ทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ $E_1/E_2 =$ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

2.5.4.2 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ โดยการใช้สูตร E_1/E_2 โดย E_1 และ E_2 สามารถหาได้จาก

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum x}{N} \right)}{A} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ

E_1 แทน ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียนของผู้เข้ารับการอบรมทุก (N คน)
 A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ระหว่างการทดลองทั้ง 6 ใบบาง และผลการปฏิบัติงาน
 N แทน จำนวนผู้เข้ารับการอบรม

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum y}{N} \right)}{B} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ

E_2 แทน ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Σy	แทน ผลรวมของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังเรียนชุดทดลองของผู้เข้ารับการอบรมทุกคน (N คน)
B	แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
N	แทน จำนวนผู้เข้ารับการอบรม

2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลได้แนวคิดมาจากพิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551) เครื่องมือวัดผลเป็นชุดของสิ่งเร้าที่ใช้วัดพฤติกรรม หรือคุณลักษณะของคน สัตว์ หรือสิ่งของเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของสิ่งนั้นตามที่ผู้วัดต้องการ ในงานวิจัยนี้หาคุณภาพเครื่องมือโดยใช้วิธีดังนี้

2.6.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงหรือความตรง (Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึงคุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และเมื่อรวบรวมข้อคำถามทุกข้อเป็นเครื่องมือทั้งหมดจะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการวัดด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุด โดยเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพราะแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่อนักเรียนไม่สามารถแสดงความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ได้ เพราะความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ไม่ได้ถูกวัด ข้อสอบวัดในสิ่งที่ครูไม่ได้สอน หรือครูสอนแต่ไม่ได้วัด ผลที่ตามมาคือผู้สอบตอบข้อสอบไม่ถูกเป็นส่วนใหญ่ส่งผลให้คะแนนที่ได้จากการวัดครั้งนั้นๆ ขาดความเชื่อถือ วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดจริงๆ ไม่ได้และเมื่อนำผลการวัดครั้งนั้นๆ ไปประเมินผลผลการประเมินครั้งนั้นๆ ขาดความเชื่อถือตามไปด้วย มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้

1. การตรวจสอบว่าข้อคำถามในแบบทดสอบมีความเป็นตัวแทนของเนื้อหาหรือครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการจะวัดหรือไม่ และตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาที่แบ่งเป็นหมวดหรือหน่วยย่อยๆ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากน้ำหนักของพฤติกรรมที่จะวัดกับจำนวนข้อคำถามในพฤติกรรมนั้นซึ่งดูจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์
- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

จากนั้นนำคะแนนผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์โดยใช้สูตรของโรบินสัน และแฮมเบลตัน อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
 N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามดังนี้

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

2.6.2 ค่าความยากง่าย

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

$$P = \frac{R}{N} \quad (2.4)$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย
 R แทน จำนวนคนที่ตอบถูก
 N แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

เกณฑ์การพิจารณาความยากง่าย ค่าความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$0.81 < P \leq 1.00$ แสดงว่า เป็นข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$0.00 < P \leq 0.19$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

2.6.3 ค่าอำนาจจำแนก

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

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \quad (2.5)$$

เมื่อ

r แทน อำนาจจำแนก

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีอำนาจจำแนกตั้ง 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 แสดงว่าคนเก่งทำไม่ได้ คนอ่อนทำได้ ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

2.6.4 ความเชื่อมั่น

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

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

สูตร KR 20 เป็นสูตรดั้งเดิม ซึ่งจะต้องมีการหาสัดส่วนของผู้ตอบถูกและผู้ตอบผิดของแต่ละข้อ โดยผู้วิจัยเลือกใช้สูตร KR 20 รายละเอียดของแต่ละสูตรมีดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (2.6)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด
	k	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	$\sum pq$	แทน	ผลรวม
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

เกณฑ์การแปลความหมายของค่าความเชื่อมั่นค่าความเชื่อมั่นมีค่าตั้งแต่ ต่ำกว่า 0.30 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีค่าความเชื่อมั่นตั้ง 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

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

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

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

2.7 ความพึงพอใจ

ความพึงพอใจในงานเป็นตัวแปรหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการจูงใจ จะมีผลย้อนกลับให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานด้วย

2.7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่จะทราบว่าบุคลากรมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น และการแสดงความคิดเห็นนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึกที่แท้จริงจึงสามารถเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดความพึงพอใจนั้นได้ 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 เท่าที่ต้องการเต็ม ความต้องการ ถูกชอบ เมื่อนำคำสองคำมาผสมกัน “พึงพอใจ” จะหมายถึง ชอบใจถูกใจตามที่ต้องการ สมศักดิ์ คง เทียง และอัญชลี โพธิ์ทอง (2542) กล่าวว่า

1. ความพึงพอใจเป็นผลรวมของความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับระดับความชอบหรือไม่ชอบ ต่อสภาพต่างๆ
2. ความพึงพอใจเป็นผลของทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆ
3. ความพึงพอใจในการทำงานเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานที่ดีและสำเร็จจนเกิดเป็นความภูมิใจและได้ผลตอบแทนในรูปแบบต่างๆ ตามที่หวังไว้ วิวัฒนา เพ็ชรวงค์ (2542) ได้ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึก หรือทัศนคติทางด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ สิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลนั้นได้ แต่ทั้งนี้ความพึงพอใจของแต่ละบุคคล ย่อม มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่านิยมและ ประสบการณ์ที่ได้รับ

จากการศึกษาความหมายความพึงพอใจ และทัศนะว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกสองแบบ ของมนุษย์ คือ ความรู้สึกในทางบวกและความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกทางบวกเป็น ความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความสุข ความรู้สึกทางลบเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความทุกข์ หรือความไม่พอใจ โดยแต่ละบุคคลจะมีทัศนคติความพึงพอใจในแต่ละเรื่องไม่เหมือนกัน เนื่องจาก หลายสาเหตุ

2.7.2 การวัดความพึงพอใจ

การประเมินความแตกต่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริงดังนั้นการวัดความพึงพอใจ จึงเป็นการวัดทัศนคติ หรือความรู้สึกของบุคคล ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

1. แบบสอบถาม หมายถึง ชุดของข้อความที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อความ สำหรับให้ผู้ตอบตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตาม เงื่อนไขที่กำหนด ข้อมูลที่วัดโดยใช้แบบสอบถามนี้ได้หลายประการทั้งข้อเท็จจริง ความรู้ ความคิดเห็น และการปฏิบัติ (พรณี ลีกิจวิวัฒนะ. 2553) การวัดความพึงพอใจแบบนี้ คุณภาพของข้อมูลที่ได้จะ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบสอบถาม ผู้วิจัยต้องมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบสอบถาม เพื่อให้ ข้อมูลที่ได้ถูกต้อง ครบถ้วนและตรงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2. การสัมภาษณ์ หมายถึง วิธีการสนทนาที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย การ สัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายทำนองเดียวกันกับการใช้แบบสอบถาม จึงมีผู้เรียกการสัมภาษณ์ว่าเป็น แบบสอบถามปากเปล่า (Oral Questionnaire) แต่มีความแตกต่างกันตรงวิธีการ กล่าวคือการ สัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์หรือผู้ถามเป็นฝ่ายซักถามโดยการพูด ผู้ให้สัมภาษณ์หรือผู้ตอบก็ตอบโดยการ พูดแล้วผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายบันทึกคำตอบ ส่วนการใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบโดยการเขียนตอบลงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถาม การสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลที่ดีหรือไม่เพียงใดขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญ ในการสัมภาษณ์บางกรณีมีการใช้แบบสัมภาษณ์ช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้สัมภาษณ์ (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2555) ซึ่งเป็นการวัดความพึงพอใจทางตรง โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์และพูดคุยกับกลุ่มตัวอย่างโดยตรง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

3. การสังเกต หมายถึง วิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยการใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกต แล้วผู้สังเกตเป็นฝ่ายบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ วิธีการสังเกตเหมาะสำหรับการศึกษาปรากฏการณ์และพฤติกรรมต่างๆ เช่น พฤติกรรมการเรียนการสอน (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2555) การสังเกตนั้นเป็นวิธีการวัดความพึงพอใจอีกวิธีหนึ่งโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการพูดจา กริยา ท่าทาง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเวลาค่อนข้างมากและต้องอาศัยการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

2.7.3 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. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

ซึ่งนักวิชาการที่ศึกษาเรื่องความพึงพอใจส่วนใหญ่จะใช้วิธีการวัดโดยใช้แบบประเมิน โดยนำรูปแบบของแบบประเมินมาจากแบบประเมินที่มีผู้พัฒนาขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลในการวัดความพึงพอใจที่ได้รับความนิยมและน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กิตติศักดิ์ อังคะนาวิน (2561 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองของการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเทอร์เน็ตเฟส อีกทั้งยังปรับปรุงและพัฒนาสื่อสำหรับการเรียนการสอนให้ทันสมัยมีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน ตลอดจนสามารถกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ชุดทดลองบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครื่องมือที่ใช้หาประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วยแบบประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองสำหรับ 5 ผู้เชี่ยวชาญ และแบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์และอินเทอร์เน็ตเฟส หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ทั้งหมดจำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่าการใช้ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น ผ่านการประเมินจาก 5 ผู้เชี่ยวชาญ ในระดับดีมาก ด้านการประเมินความพึงพอใจผ่านการประเมินจากนักศึกษาในระดับดีมาก และประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีค่าเท่ากับ $82.78/92.36$ ซึ่งพบว่าสูงกว่ากับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด $80/80$ โดยภาพรวมถือว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้พัฒนาการเรียนการสอนในวิชาไมโครโปรเซสเซอร์และอินเทอร์เน็ตเฟสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติ เสือแพรว และพัฒพงษ์ อมรวงศ์ (2559 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ด้วยภาษาซี สำหรับนักศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรม แบ่งการดำเนินงานเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมสร้างชุดฝึกอบรมโดยการศึกษาเอกสารและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลที่ได้มากำหนดองค์ประกอบในการสร้างชุดฝึกอบรม ซึ่งประกอบไปด้วย หลักสูตรการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ แผนการอบรม เอกสารประกอบการอบรมแบบทดสอบก่อนและหลังการอบรม แบบประเมินความพึงพอใจและสื่อหุ่นยนต์ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่านตรวจสอบและให้คำแนะนำพบว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี ขั้นตอนที่ 3 นำชุดฝึกอบรมไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อพิจารณาความสมบูรณ์ของชุดฝึกอบรม จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง และขั้นตอนที่ 4 นำชุดฝึกอบรมไปใช้จริง ทำการประเมินความรู้ของผู้เข้ารับการอบรมโดยใช้แบบทดสอบก่อนและหลังการอบรม พบว่าผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบความรู้ด้วยค่าสถิติที่ เท่ากับ 6.26 แสดงว่าคะแนนหลังการฝึกอบรมสูงกว่าคะแนนก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผลการประเมินความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมพบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งเอาไว้ แสดงว่าชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทำให้ผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้เพิ่มมากขึ้นและเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาญชัย แสงโพธิ์ (2559 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 2105-2105 จำนวน 25 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ และสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ มีคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานอยู่ใน ระดับดี ($\bar{X} = 4.48$, S.D. = 0.39) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ใน ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.51$, S.D.=0.31) ประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์หรือ $E_1 E_2$ มีค่าเท่ากับ 81.10/86.45 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ได้ตั้งสมมุติฐานของการวิจัยไว้

ไพฑูรย์ บุญใส (2550 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแผ่น PCB ด้วยโปรแกรม Protel DXP 2004 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ชุดฝึกอบรมซึ่งประกอบด้วย เอกสารประกอบการอบรมสำหรับผู้เข้าอบรม และสำหรับวิทยากร สไลด์ประกอบการอบรม ชุดสาธิต แบบทดสอบหลังบทเรียน แบบทดสอบหลังฝึกอบรม สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิธีการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้นำชุดการฝึกอบรมที่สร้างขึ้นมาใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนกองอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันการบินพลเรือน จำนวน 20 คน โดยเลือกแบบเจาะจง ในระหว่างการเรียนการสอนเมื่อจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้ให้ผู้เข้าอบรมทำแบบฝึกหัด และเมื่อจบทุกหน่วยการเรียนรู้ ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบ หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของชุดการฝึกอบรม

ผลการวิจัยพบว่า ชุดการฝึกอบรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.40/81.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และการวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อบทเรียนชุดฝึกอบรมและรูปแบบการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.05 ซึ่งในระดับความพึงพอใจมาก

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2552 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาชุดการสอนด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้ที่มาใช้งานไม่ต้องมีความรู้มาก่อน ซึ่งระหว่างการวิจัยได้มีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของรายวิชา นำข้อมูลมากำหนดหัวข้อหลักและหัวข้อย่อย แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็น หลังจากนั้นจึงทำการร่าง วิเคราะห์รายการวัตถุประสงค์การสอนและสร้างแบบทดสอบแล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง โดยผลการวิจัยเกี่ยวกับคะแนนสอบคือ ก่อนเริ่มทำการสอนได้คะแนนร้อยละ 3 และเมื่อดำเนินการสอนตามแผนที่ระบุไว้และทำการทดสอบในช่วงกลางเทอมได้คะแนนร้อยละ 37.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำแบบทดสอบปลายเทอมอีกครั้งได้คะแนนร้อยละ 84.5 โดยกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นที่ดีต่อชุดการสอน และผู้วิจัยได้เสนอว่าควรจัดเตรียมปัจจัยเสริม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ทางด้านเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล แสดงให้เห็นส่วนใหญ่การอบรมหรือการเรียนการสอนเกี่ยวกับโปรโตคอลและการประยุกต์ใช้งานมีเพียงบางโปรโตคอลยังไม่ครอบคลุมเนื้อหาและมีตัวอย่างน้อยมาก รวมถึงไม่มีชุดฝึกอบรมประกอบการเรียนที่เต็มระบบครบทุกโปรโตคอล จึงทำให้ผู้ที่สนใจระบบสมองกลฝังตัวขาดแรงจูงใจในการพัฒนาระบบการประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับโปรโตคอล ด้วยชุดฝึกอบรมที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และความเข้าใจมีทักษะที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจการพัฒนาชุดฝึกอบรมการเรียนรู้โปรโตคอลโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่ครบทุกโปรโตคอลรวมในบอร์ดทดลองเดียวกัน จึงได้ตัดสินใจเลือกพัฒนาสื่อที่มีคุณสมบัติและสร้างชุดฝึกอบรมเรื่อง ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะตลอดจนการประยุกต์ใช้งานพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำโปรโตคอล ได้แก่ RS232 I2C SPI CAN-BUS และ USB โดยสามารถเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะการประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับโปรโตคอลและสามารถนำไปต่อยอดใช้งานได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมที่มีคุณภาพ หาประสิทธิภาพ และศึกษาความพึงพอใจ โดยผู้วิจัยขอเสนอวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

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

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาปริญญาตรีในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือ สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ หรือผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และความพิวเตอร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจำนวน 15 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้สนใจลงทะเบียนเข้ารับการอบรม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี ดังนี้

1. บอร์ดทดลอง
2. ใบงานการทดลอง จำนวน 7 ใบงาน ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใบงานที่ 1 แนะนำเกี่ยวกับการลงโปรแกรมซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการพัฒนา
 ใบงานที่ 2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล RS232
 ใบงานที่ 3 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล I2C
 ใบงานที่ 4 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล SPI
 ใบงานที่ 5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล CAN-BUS
 ใบงานที่ 6 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล USB
 ใบงานที่ 7 การประยุกต์ใช้งานการสื่อสารหลายโปรโตคอลในระบบสมองกลฝังตัว

3. แบบประเมินคุณภาพ โดยแบ่งเป็น

(1) ด้านใบงานการทดลอง

(2) ด้านบอร์ดทดลอง

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

6. แบบประเมินความพึงพอใจ

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกอบรม และศึกษาเนื้อหาสำหรับการทดลองที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากงานวิจัย บทความ ที่เกี่ยวข้องโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว (Kommu, Rao Kanchi. 2014), (Vakil, M. Conrad. 2006), (Sha, Lin. 2015), (Sun, Jianyun Ni, Chen. 2015), (วิชัย พิศุทธิ์หิรัญ. 2550), (ชาญชัย แสงโพธิ์. 2559), (จตุรงค์ นวลแก้ว. 2547), (เจษฎา คตชาคร. 2546) และ (พรพจน์ ทาอิฐ. 2545) โดยสามารถนำมาสรุปหัวข้อที่มีความถี่การอ้างอิงมาก มาใช้เป็นหัวข้อในการสร้างเนื้อหาการทดลองแสดง ได้ดังตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 หัวข้อและจำนวนครั้งที่ถูกอ้างอิงในงานวิจัย จำนวน 9 ฉบับ

ลำดับ	หัวข้อ	จำนวนครั้งที่ถูกอ้างอิง
1	การสื่อสารข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์กับโปรโตคอล RS232	6
2	การเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล I2C	5
3	การเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล SPI	4
4	การเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล CAN-BUS	3
5	การเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล USB	2
6	การเชื่อมต่อประยุกต์ใช้งานการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดการสร้างเครื่องมือมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 การสร้างชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

3.3.1.1 ศึกษาทฤษฎีการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดฝึกอบรม รวมทั้งหลักการสร้างและออกแบบวงจรการเชื่อมต่อสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล

3.3.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาแต่ละใบงานการทดลอง

ตารางที่ 3.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ใบงานการทดลองที่ 1 แนะนำเกี่ยวกับการลง โปรแกรมซอฟต์แวร์และ อุปกรณ์ในการพัฒนา	1) อธิบายความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้นได้ 2) อธิบายโครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 3) จำแนกตระกูลและหน้าที่ส่วนต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 4) สร้างโปรเจคจากโปรแกรม STM32CubeIDE ได้ 5) เขียนโปรแกรมคำสั่งเบื้องต้นในควบคุมการทำงานของ LED และ Compile โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง
ใบงานการทดลองที่ 2 การ ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล RS232	1) อธิบายการเชื่อมต่อสื่อสารโปรโตคอล RS232 2) เขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล RS232 ได้ 3) เขียนโปรแกรม รับ-ส่ง ข้อมูลผ่านโปรโตคอล RS232 ได้
ใบงานการทดลองที่ 3 การ ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล I2C	1) อธิบายการเชื่อมต่อสื่อสารโปรโตคอล I2C ได้ 2) เขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล I2C ได้ 3) เขียนโปรแกรม รับ-ส่ง ข้อมูลผ่านโปรโตคอล I2C ได้อย่างถูกต้อง
ใบงานการทดลองที่ 4 การ ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล SPI	1) อธิบายการเชื่อมต่อสื่อสารโปรโตคอล SPI ได้ 2) เขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล SPI ได้ 3) เขียนโปรแกรม รับ-ส่ง ข้อมูลผ่านโปรโตคอล SPI ได้อย่างถูกต้อง
ใบงานการทดลองที่ 5 การ ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล CAN- BUS	1) อธิบายการเชื่อมต่อสื่อสารโปรโตคอล CAN-BUS ได้ 2) เขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล CAN-BUS ได้ 3) เขียนโปรแกรม รับ-ส่ง ข้อมูลผ่านโปรโตคอล CAN-BUS ได้อย่างถูกต้อง
ใบงานการทดลองที่ 6 การ ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล USB	1) อธิบายการเชื่อมต่อสื่อสารโปรโตคอล USB ได้ 2) เขียนโปรแกรมคำสั่งพื้นฐานการสื่อสารข้อมูลโปรโตคอล USB ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ใบงานการทดลองที่ 6 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล USB	3) เขียนโปรแกรม รับ-ส่ง ข้อมูลผ่านโปรโตคอล USB ได้อย่างถูกต้อง
ใบงานการทดลองที่ 7 ประยุกต์การใช้งานโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว	1) อธิบายข้อแตกต่างของแต่ละโปรโตคอลได้ 2) เขียนโปรแกรมรับข้อมูลจากโปรโตคอลแบบหนึ่งแล้วส่งผ่านไปยังอีกโปรโตคอลอีกแบบได้อย่างถูกต้อง 3) เขียนโปรแกรม รับ-ส่ง ข้อมูลร่วมหลายๆโปรโตคอล ได้อย่างถูกต้อง

3.3.1.3 ออกแบบใบงาน โดยใบงานการทดลองมีทั้งหมด 7 ใบงาน ดังนี้
 ใบงานที่ 1 แนะนำเกี่ยวกับการลงโปรแกรมซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการพัฒนา
 ใบงานที่ 2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล RS232
 ใบงานที่ 3 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล I2C
 ใบงานที่ 4 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล SPI
 ใบงานที่ 5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล CAN-BUS
 ใบงานที่ 6 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล USB
 ใบงานที่ 7 การประยุกต์ใช้งานการสื่อสารหลายโปรโตคอลในระบบสมองกลฝังตัว

3.3.1.4 ออกแบบวงจร และสร้าง (PCB) บอร์ดอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

3.3.1.5 ทำการทดลองแต่ละใบงานตามขั้นตอนที่กำหนด ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ของบอร์ดทดลอง

3.3.1.6 นำเสนอใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.3.1.7 นำเสนอใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง ที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ดังรายนามต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง

- 1) ผศ.ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคณิศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- | | |
|---------------------------|---|
| 2) รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด | รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 3) นายยุทธพงษ์ จิตโสภณกุล | ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิศวกรรม
บริษัท ยูนิเวอร์แซล เมทริกซ์ เทคโนโลยีจำกัด |
| 4) นายพีรพงษ์ ชื่นใส | วิศวกรวิจัยและพัฒนา (R&D Engineer)
บริษัท ยูนิเวอร์แซล เมทริกซ์ เทคโนโลยีจำกัด |
| 5) นายรัตน เลขาพันธ์รัตน์ | วิศวกรซีเนียร์วิจัยและพัฒนา (R&D Engineer)
บริษัทซิมมิท อีเล็คโทรนิค คอมโพเนนท์จำกัด |

เกณฑ์การตีความของการแสดงความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิตามเกณฑ์ในการวิเคราะห์ตามแนวความคิดของ 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

3.3.1.8 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิด้านในใบงานการทดลอง และด้านบอร์ดทดลอง เช่น การเลือกอุปกรณ์ที่มีความปลอดภัย และความชัดเจนในการอธิบายของเนื้อหาภาษาที่ใช้ เป็นต้น เมื่อแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบอีกครั้ง

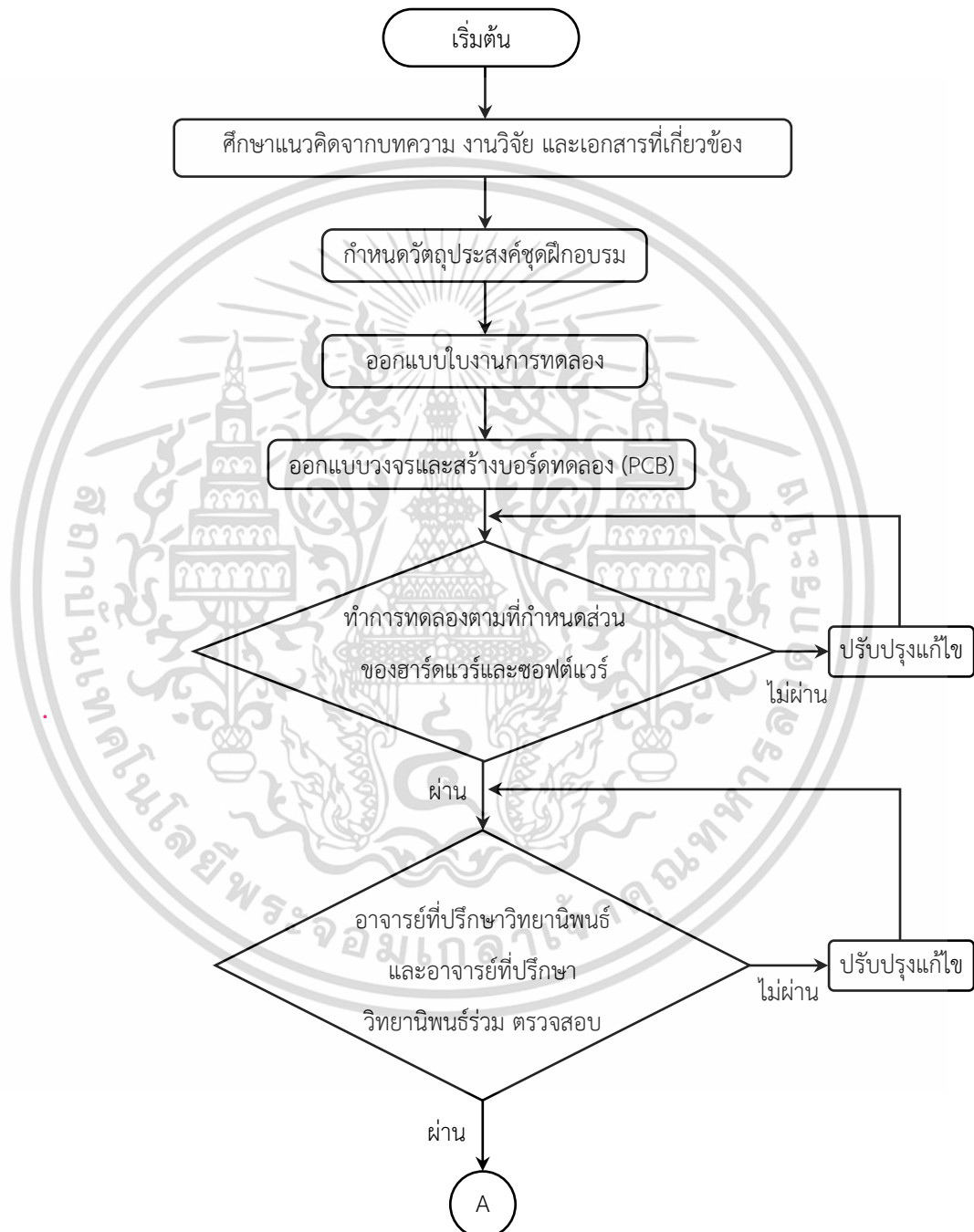
3.3.1.9 นำชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว ที่ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและได้แก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วมาใช้ทดลองกับ ผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีความรู้เรื่องโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองฝังตัว จำนวน 3 คน ซึ่งทำงานเป็นผู้ช่วยวิศวกรทำงานด้านวิจัยและพัฒนาทดลองใช้ชุดฝึกอบรม โดยผู้วิจัยได้สังเกตพร้อมบันทึกพฤติกรรมทดลองปฏิบัติไว้เพื่อนำมาหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข เช่น ลำดับการทดลองภาษาที่ใช้อธิบายเข้าใจยาก วิธีการและลำดับการใช้โปรแกรมไม่ชัดเจน เป็นต้น

3.3.1.10 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อสังเกต

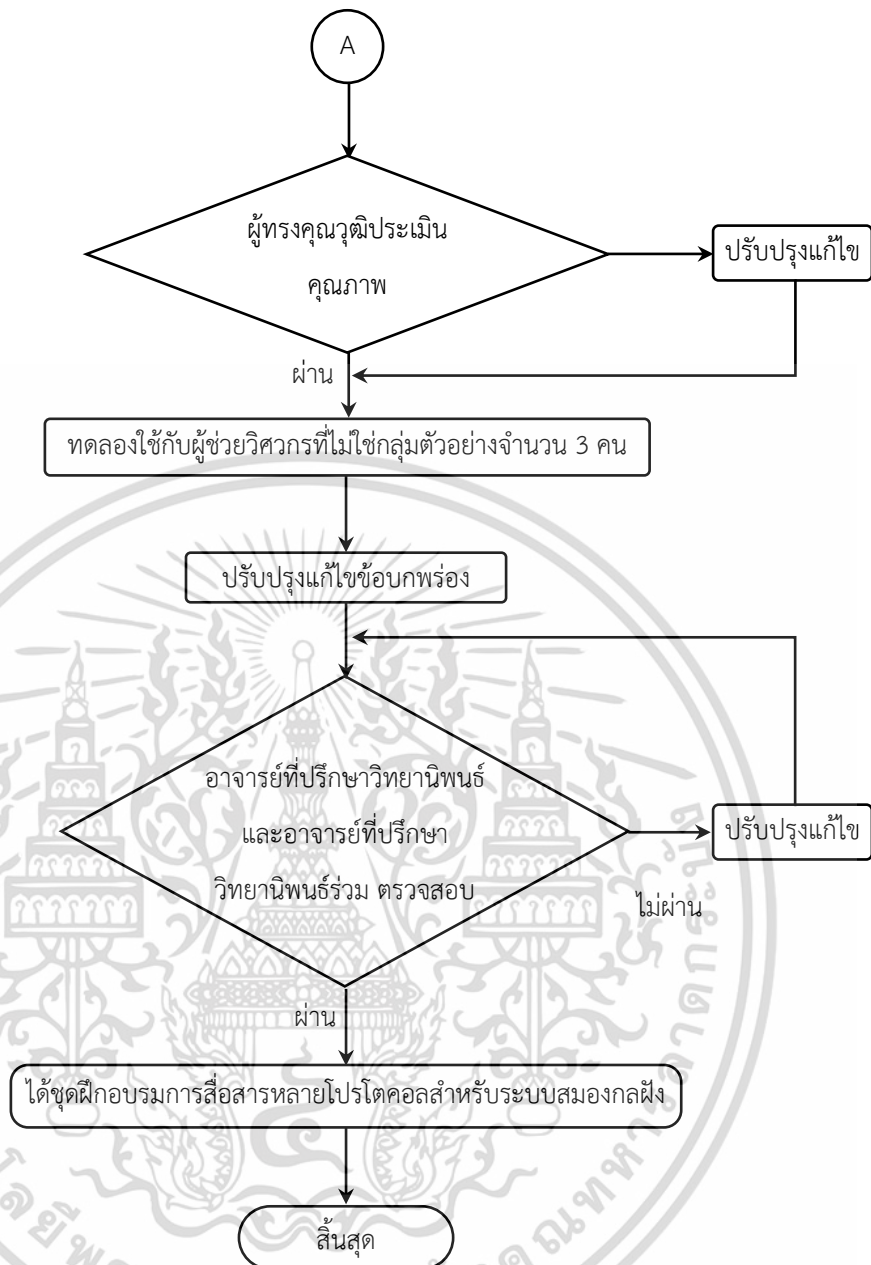
3.3.1.11 นำเสนอชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว ที่ได้แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ แล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความเหมาะสมอีกครั้ง และปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.12 ได้ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว (ดังแสดงในภาคผนวก ข) สำหรับนำไปใช้ในการฝึกอบรมต่อไป โดยขั้นตอนในการพัฒนาและหาคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว ที่กล่าวในข้างต้นสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ผังขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

3.3.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.3.2.1 ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมและสื่อการเรียนการสอน

3.3.2.2 กำหนดวัตถุประสงค์ และหัวข้อที่จะทำการประเมินคุณภาพ

3.3.2.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง โดยใช้มาตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประมาณค่า Likert's Rating scale 5 ระดับ (รวิวรรณ ชินะตระกูล, 2535 : 164) และมีเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 4 มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

ระดับ 3 มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

ระดับ 1 มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยใช้เกณฑ์การตีความของการแสดงความคิดเห็น นำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย ดังนี้

เกณฑ์ 4.50 - 5.49 ระดับคุณภาพดีมาก

เกณฑ์ 3.50 - 4.49 ระดับคุณภาพดี

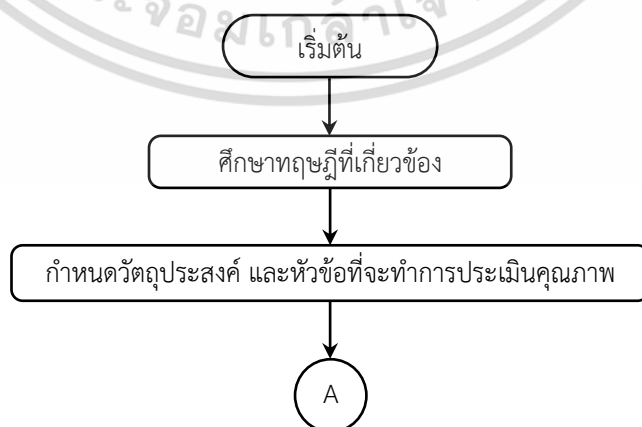
เกณฑ์ 2.50 - 3.49 ระดับคุณภาพปานกลาง

เกณฑ์ 1.50 - 2.49 ระดับคุณภาพพอใช้

เกณฑ์ 1.00 - 1.49 ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

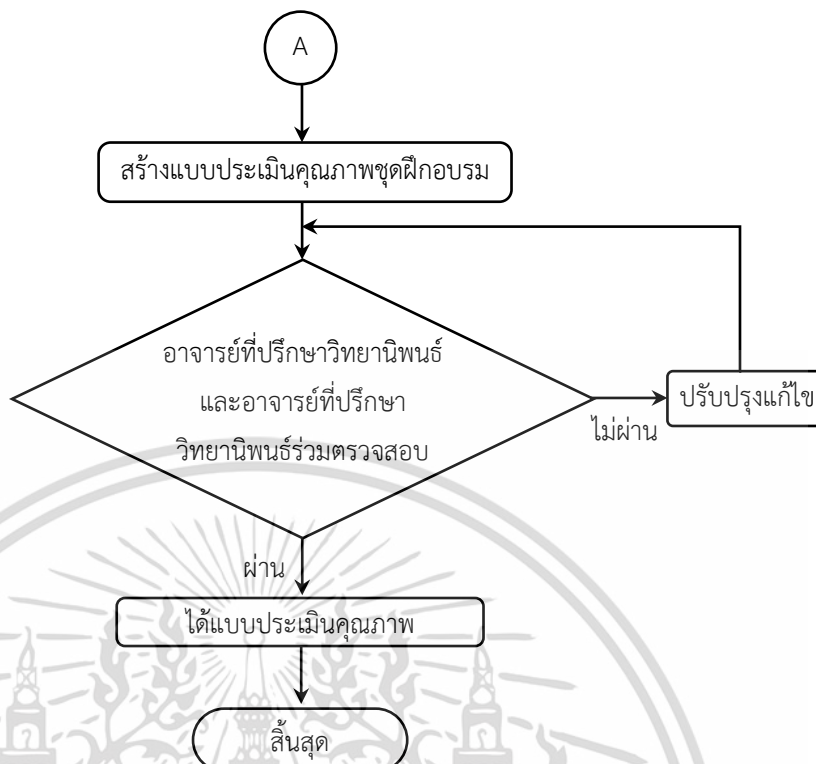
3.3.2.4 นำเสนอแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัวที่ได้ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.3.2.5 ได้แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว (ดังแสดงในภาคผนวก ข) สำหรับนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพต่อไป ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัว แสดงได้ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ฟังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 (ต่อ)

3.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลาย โพรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งได้สร้างตามลำดับดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการออกแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้วิจัยใช้แนวคิดของ Bloom (อ้างในจิตรภาพ ลีละวิวัฒน์. 2556) โดยประยุกต์ใช้ 3 ระดับ ได้แก่ ความรู้ ความจำ และการนำความรู้ไปประยุกต์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.3.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานการทดลอง จำนวน 52 ข้อ ซึ่งเป็นคำตอบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก โดยมีเกณฑ์ การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.3.3.3 นำเสนอแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ เพื่อหาข้อบกพร่องแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.4 สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน (รายละเอียดในภาคผนวก ง) พิจารณาการตรวจสอบความสอดคล้องให้หลักเกณฑ์

กำหนดความคิดเห็น ดังนี้ (พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2544 : 84)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คะแนน 1 สำหรับแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- คะแนน 0 สำหรับแบบทดสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- คะแนน -1 สำหรับแบบทดสอบที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- โดยใช้สูตรการคำนวณมีดังนี้

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

เมื่อ

IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ นำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปใช้เป็นแบบทดสอบได้ จากผลการคำนวณได้ทำการคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.60 จำนวน 11 ข้อ, 0.80 จำนวน 18 ข้อ และข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 จำนวน 12 ข้อ รวมเป็น 41 ข้อ สำหรับแบบทดสอบที่ต่ำกว่า 0.50 จะตัดทิ้ง คือข้อสอบไม่สอดคล้อง จำนวน 11 ข้อ

3.3.3.5 นำแบบทดสอบที่ได้จำนวน 41 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปทดสอบ (Try Out) กับผู้เรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว คือ นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 8 คน

3.3.3.6 นำแบบทดสอบที่ได้จำนวน 41 ข้อ มาวิเคราะห์รายข้อ หาค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจ จำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อที่มีความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจ จำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปโดยคำนึงถึงความครอบคลุมของเนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัดหาค่าความยากง่าย (P) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ

P แทน ค่าความยากง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R แทน จำนวนคนที่ตอบถูก
N แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.81 - 1.00 ง่ายเกินไป (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 - 0.80 ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40 - 0.59 ยากปานกลาง (ดีมาก)
0.20 - 0.39 ค่อนข้างยาก (ดี)
0.00 - 0.19 ยากเกินไป (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตร

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

(3.3)

เมื่อ

r แทน ค่าอำนาจจำแนก
 P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
 P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาอำนาจจำแนก ขอบเขตของค่า r ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ติดลบ ข้อสอบมีอำนาจจำแนกกลับ (ใช้ไม่ได้)
0.00 - 0.19 ข้อสอบมีอำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุง)
0.20 - 0.39 ข้อสอบมีอำนาจจำแนกปานกลาง (ปานกลาง)
0.40 - 0.59 ข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง (ดี)
ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง (ดีมาก)

ผลการหาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.38 - 0.63 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.75 ได้ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ สำหรับข้อสอบที่ไม่อยู่ในเกณฑ์การพิจารณาจะตัดทิ้งจำนวน 11 ข้อ

3.3.3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกแล้วจำนวน 30 ข้อ มาเป็นแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมทำใบงานการทดลอง และเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าสถิติ นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.88 โดยใช้ สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

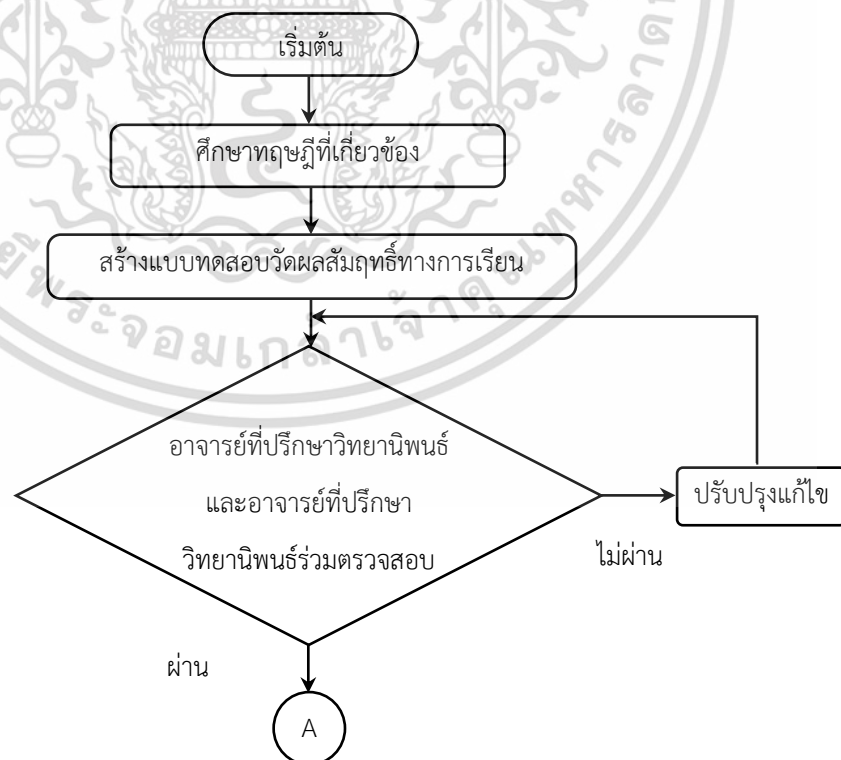
เมื่อ

- r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด
 k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
 $\sum pq$ แทน ผลรวม
 p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
 q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

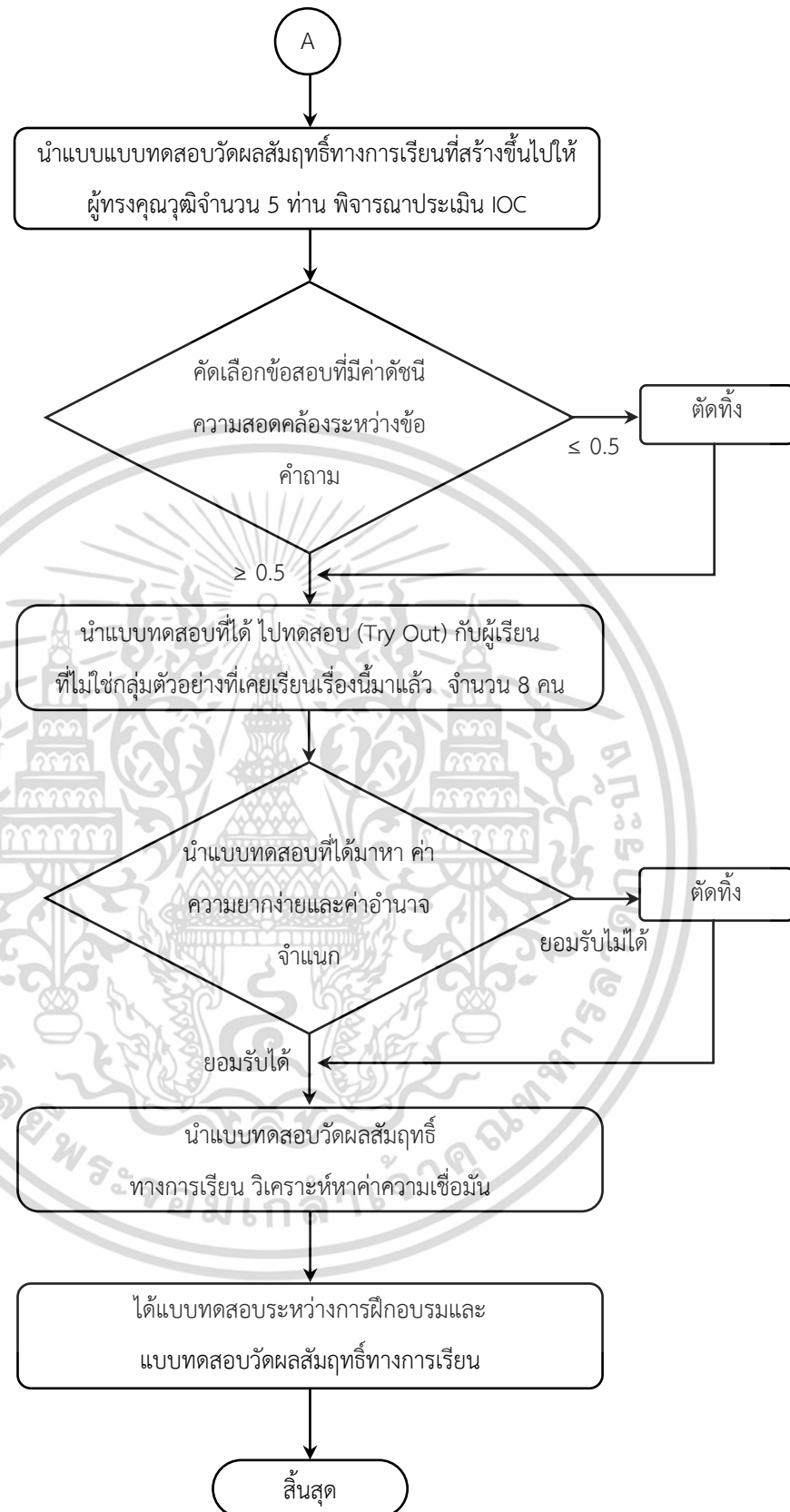
- 0.70 – 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง
 0.40 – 0.60 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง
 ต่ำกว่า 0.30 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

3.3.3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการหาค่าความเชื่อมั่นแล้ว จัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ แล้วนำข้อสอบไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชุดฝึกอบรวมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว รายละเอียดแสดงได้ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

แบบประเมินผลการปฏิบัติงานจะนำมาใช้ประเมินทักษะด้านปฏิบัติของผู้เข้ารับการอบรม ในทุกๆ การทดลองเพื่อประเมินผู้เข้ารับการอบรมและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสาร หลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว มีขั้นตอนดังนี้

3.3.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และทักษะการปฏิบัติงาน

3.3.4.2 สร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรมของใบงานการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การประเมินตามสภาพจริงและการประเมินแบบรูบริค (Rubric) โดยมีขั้นตอนการสร้างและเกณฑ์การให้คะแนนตามรูปแบบของ (ชาตรี เกิดธรรม. 2564) ดังนี้

(1) กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการประเมินสอดคล้องกับ จุดประสงค์

(2) กำหนดขอบเขตในการประเมิน พิจารณาเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดกับ ผู้เรียน เช่น ความรู้ ทักษะและกระบวนการ

(3) กำหนดผู้ประเมินโดยพิจารณาผู้ประเมินว่าจะมีใครบ้าง

(4) เลือกใช้เทคนิคและเครื่องมือในการประเมิน ควรมีความหลากหลายและ เหมาะสมกับวัตถุประสงค์

(5) กำหนดเวลาและสถานที่ที่จะประเมิน

(6) วิเคราะห์ผลและวิธีการจัดการข้อมูลการประเมินเป็นการนำข้อมูลจาก การประเมินมาวิเคราะห์โดยระบุสิ่งที่วิเคราะห์ เช่น กระบวนการทำงาน

(7) กำหนดเกณฑ์ในการประเมินเป็นการกำหนดรายละเอียดในการให้ คะแนนผลงานว่าผู้เรียนทำอะไรได้สำเร็จหรือว่ามีระดับความสำเร็จในระดับใด

โดยมีเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ระดับคะแนน ดังนี้

คะแนน 2 สำหรับปฏิบัติงานได้ครบถ้วนและถูกต้อง

คะแนน 1 สำหรับปฏิบัติงานครบถ้วนบางส่วนและถูกต้องบางส่วน

คะแนน 0 สำหรับปฏิบัติงานไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง

และเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ของใบงานที่ 7 ดังนี้

สำหรับคะแนน 2 ปรับน้ำหนักระดับคะแนนเพิ่มเป็น 12 คะแนน

สำหรับคะแนน 1 ปรับน้ำหนักระดับคะแนนเพิ่มเป็น 6 คะแนน

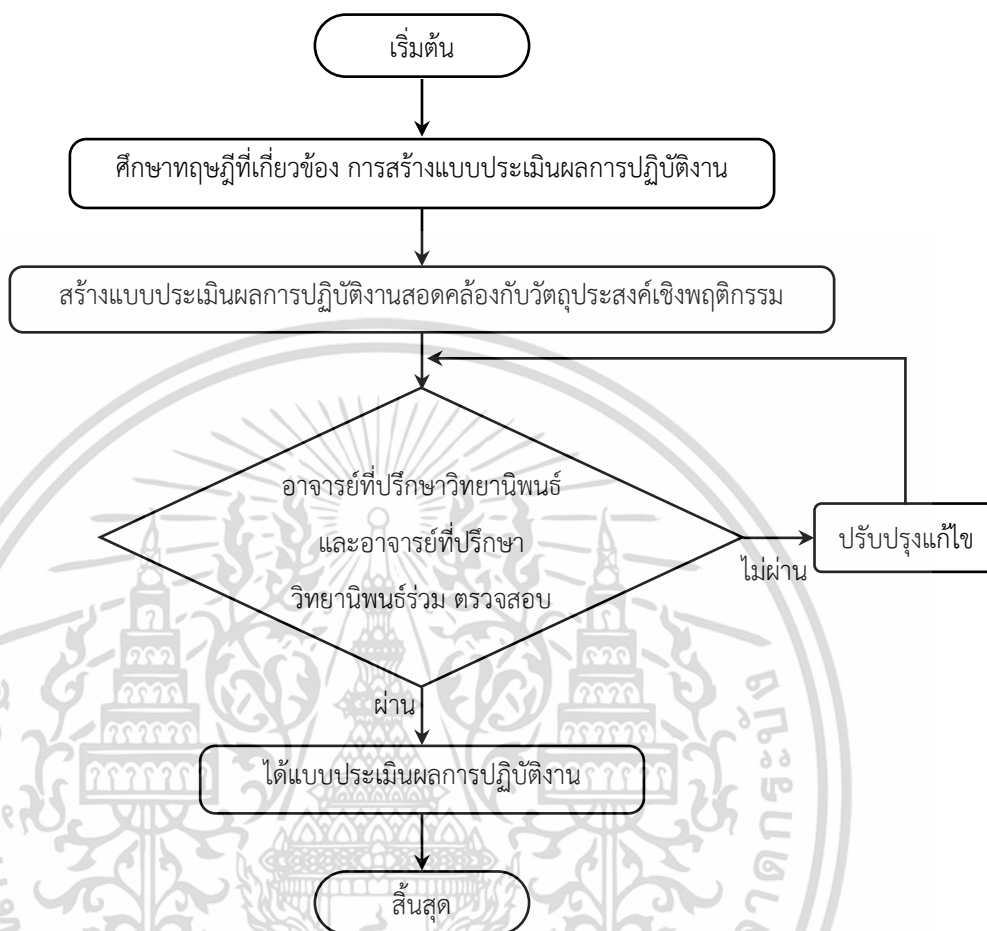
สำหรับคะแนน 0 ปรับน้ำหนักระดับคะแนนเพิ่มเป็น 0 คะแนน

3.3.4.3 นำเสนอแบบประเมินผลการปฏิบัติงานเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิง

พฤติกรรมและปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.4 ได้แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน ดังแสดงในภาคผนวก ข. โดยสามารถสรุป ขั้นตอนแบบประเมินผลการปฏิบัติงานได้ ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.3.5 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3.3.5.1 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3.3.5.2 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัวโดยมีรายการประเมิน ด้านบอร์ดทดลอง ด้านใบงานการทดลอง ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านการนำความรู้ไปใช้ โดยใช้การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ Likert's Rating scale (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 164) โดยมีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนดังนี้

ระดับความเห็น 5 ระดับ แบ่งเป็น

ระดับ 5 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ 3 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

โดยหลังจากประเมินแล้วจะนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยสามารถตีความหมายของความพึงพอใจในระดับได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.50 – 5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50 – 4.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

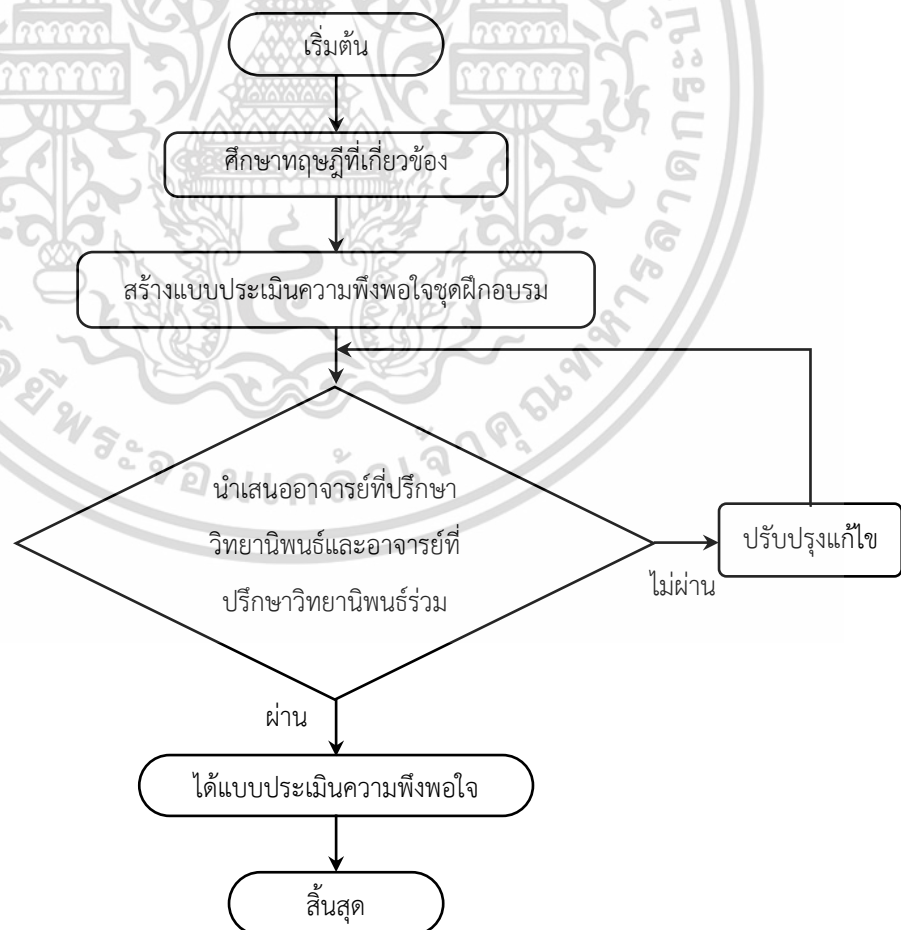
ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50 – 3.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.50 – 2.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 – 1.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

3.3.5.3 นำเสนอแบบประเมินความพึงพอใจเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบแล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3.3.5.4 ได้แบบประเมินความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัวที่ปรับปรุงแล้ว ดังแสดงในภาคผนวก ง. ซึ่งลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ แสดงได้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ฟังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ไปใช้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจ โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ยื่นคำร้องต่องานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.2 นำหนังสือขอความอนุเคราะห์ติดต่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ ด้านบอร์ดทดลอง ด้านใบงานการทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อนำมาสรุปผลคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

3.4.4 นำชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ไปทดลองใช้กับผู้ช่วยวิศวกร จำนวน 3 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนใบงานการทดลองพร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งได้ทดลองอบรมใช้ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น และจัดบันทึกข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.5.5 นำผลของการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องต่าง ๆ

3.5.6 นำชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้สนใจลงทะเบียนเข้ารับการอบรม โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดฝึกอบรมรวมถึงอธิบายกิจกรรมการฝึกอบรมต่างๆ โดยจัดอบรมทดลองตามตารางกิจกรรมที่กำหนด ตามใบงานการทดลอง ซึ่งมีการบรรยายเนื้อหาและการใช้ชุดฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้น โดยการอบรมในการวิจัยครั้งนี้เป็นการอบรมแบบออนไลน์ ซึ่งผู้วิจัยได้ส่งชุดฝึกอบรมไปให้กับผู้เข้ารับการอบรมจำนวน 15 คน และจัดการฝึกอบรมตามตารางกิจกรรมที่กำหนด (รายละเอียดแสดงดังตารางที่ ซ.1)

3.4.7 ในแต่ละใบงานการทดลองจะมีการประเมินผลการปฏิบัติงานให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบทดสอบระหว่างการทำฝึกอบรมของแต่ละใบงานการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือ E_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 ผู้เข้ารับการอบรมทำใบงานการทดลองสุดท้ายซึ่งจะมีการประเมินผลการปฏิบัติงาน ให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกอบรม โดยสลับข้อคำถามและตัวเลือก เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หรือ E_2

3.4.9 ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบประเมินความพึงพอใจ

3.4.10 นำผลการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อนำมาสรุปผล โดยมีข้อมูลดังนี้ ประสิทธิภาพของกระบวนการ E_1 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E_2 และความพึงพอใจ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัว

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านบอร์ดทดลอง และด้านใบงานการทดลอง จะใช้แบบประเมินคุณภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิประเมินแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.50 - 5.00 หมายถึง มีระดับคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50 - 4.49 หมายถึง มีระดับคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50 - 3.49 หมายถึง มีระดับคุณภาพปานกลาง

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.50 - 2.49 หมายถึง มีระดับคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 - 1.49 หมายถึง มีระดับคุณภาพควรปรับปรุง

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัวประกอบด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรม ที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรม (ร้อยละ 40) และการประเมินผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานของใบงานที่ 1-6 รวมกัน (ร้อยละ 60)

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรม ที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม (ร้อยละ 40) และการประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 7 (ร้อยละ 60) หลังจากอบรมใบงาน 1-6 เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัว จะใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผ่านการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างหลังการฝึกอบรมแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.50 – 5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50 – 4.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50 – 3.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.50 – 2.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 – 1.49 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวที่ใช้ได้ต้องมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้สูตรและสมการ ประกอบในงานวิจัย ดังนี้

3.6.1 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ใช้หาค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 101)

$$\bar{X} = \left(\frac{\sum X}{N} \right) \quad (3.5)$$

เมื่อ

\bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็น

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.2 การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 101) โดยมีสมการดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดเห็น
 $\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
 $(\sum x)^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

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

$$P = \left(\frac{f}{N} \times 100 \right) \quad (3.7)$$

เมื่อ

P แทน ร้อยละของค่าคะแนน
 f แทน คะแนนที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ
 N แทน จำนวนคะแนนทั้งหมด

3.6.4 การหาค่าความยากง่าย ใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคนา สายยศ. 2538 : 87)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.8)$$

เมื่อ

P แทน ค่าความยากง่าย
 R แทน จำนวนคนที่ตอบถูก
 N แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

เกณฑ์การพิจารณาความยากง่าย ขอบเขตของค่า P ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 0.81 - 1.00 แสดงว่า ข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง
- 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

3.6.5 ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตร

$$r = \frac{P_H + P_L}{n} \quad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

r	แทน ค่าอำนาจจำแนก
P _H	แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
P _L	แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
n	แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

3.6.6 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ IOC (พิชิต ฤทธิ์จรรยา. 2551 : 150) ใช้สมการดังนี้

$$IOC = \left(\frac{\sum R}{N} \right) \quad (3.10)$$

เมื่อ

IOC	แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
$\sum R$	แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
N	แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.7 สมการสำหรับหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอน E₁/E₂ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556 : 7) มีสมการดังนี้

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum x}{N} \right)}{A} \times 100 \quad (3.11)$$

เมื่อ

E ₁	แทน ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ระหว่างเรียน
$\sum x$	แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และ ผลการปฏิบัติงานระหว่างเรียน
A	แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ระหว่างการ ฝึกอบรมทั้ง 6 ใบบาง และผลประเมินทักษะด้าน ปฏิบัติ
N	แทน จำนวนผู้รับการอบรม

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum y}{N} \right)}{B} \times 100 \quad (3.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

- E_2 แทน ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
หลังเรียน
- $\sum y$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน
- B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
หลังการเรียนรู้ (ใบงานที่ 7) และผลประเมินทักษะด้าน
ปฏิบัติ
- N แทน จำนวนผู้รับการอบรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว โดยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านใบงานการทดลองและด้านบอร์ดทดลอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน แสดงดังตารางที่ 4.1 และแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาที่มีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.60	0.55	ดีมาก
3. ความเหมาะสมในการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ	4.60	0.55	ดีมาก
4. ความทันสมัยของเนื้อหา	4.80	0.45	ดีมาก
5. แบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
6. ความชัดเจนในการอธิบายของเนื้อหาภาษาที่ใช้	3.80	0.45	ดี
7. ความเหมาะสมของคำถามและคำตอบ	4.40	0.55	ดี
8. เนื้อหาที่มีลักษณะสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.80	0.45	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
9. มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรมทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
10. ความเหมาะสมของเนื้อหาที่ระดับของผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.66	0.24	ดีมาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพคุณภาพด้านใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.24) มีรายการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองระดับดีมาก 8 รายการคือ เนื้อหาที่มีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมในการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ ความทันสมัยของเนื้อหาแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา มีความเหมาะสม เนื้อหาที่มีลักษณะสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรมทดลอง ความเหมาะสมของเนื้อหาที่ระดับของผู้เรียน และมีรายการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองระดับดี 2 รายการคือ ความชัดเจนในการอธิบายของเนื้อหาภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมของคำถามและคำตอบ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.1) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ดังนี้ ใช้ภาษาให้ตรงกับการบัญญัติศัพท์ทางวิศวกรรม และปรับเปลี่ยนความเหมาะสมของข้อความและคำตอบให้ชัดเจน

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านบอร์ดทดลอง			
1. ขนาดของบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
2. รูปร่างของบอร์ดทดลอง ก่อให้เกิดแรงจูงใจ	5.00	0.00	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของตำแหน่งการวางอุปกรณ์	4.60	0.55	ดีมาก
4. ความแข็งแรงของบอร์ดทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก
5. ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4.60	0.55	ดีมาก
6. บอร์ดทดลองสัมพันธ์ต่อใบงานการทดลอง	4.60	0.55	ดีมาก
7. บอร์ดทดลองมีความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง	4.80	0.45	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
8. ความสะดวกในการพกพาและการติดตั้งใช้งานเพื่อการทดลอง	4.60	0.55	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่นำมาทำบอร์ดทดลอง	5.00	0.00	ดีมาก
10. คุณค่าทางวิชาการของชุดฝึกอบรม	4.75	0.50	ดีมาก
รูปแบบสื่อและการนำเสนอ			
11. เอกสารมีความน่าสนใจ	4.60	0.55	ดีมาก
12. ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4.40	0.55	ดี
13. ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละการทดลอง	4.40	0.89	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.69	0.29	ดีมาก

จากตารางที่ 4.2 ผลคุณภาพด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองกลฝังตัวในระดับดีมาก โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.29) มีรายการประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลองระดับดีมากทุกรายการคือ ขนาดของบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม รูปร่างของบอร์ดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ ความเหมาะสมของตำแหน่งการวางอุปกรณ์ ความแข็งแรงของบอร์ดทดลอง ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง บอร์ดทดลองสัมพันธ์ต่อใบงานการทดลอง บอร์ดทดลองมีความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง ความสะดวกในการพกพาและการติดตั้งใช้งานเพื่อการทดลอง ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่นำมาทำบอร์ดทดลอง คุณค่าทางวิชาการของชุดฝึกอบรม และรูปแบบสื่อและการนำเสนอ เอกสารมีความน่าสนใจ ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละการทดลอง (รายละเอียดแสดงใน ภาคผนวก ค.2) ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดทดลองของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวดังนี้ ปรับเปลี่ยนความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ และความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอล สำหรับระบบสมองฝังตัว

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว ไปฝึกอบรมให้กับนักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน โดยระหว่างฝึกอบรมได้ประเมินผลการปฏิบัติงานและทำแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรม เพื่อวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และหลังจากฝึกอบรมไปงานการทดลองที่ 1-6 เรียบร้อยแล้ว ให้ผู้เข้ารับการอบรมทดลองไปงานสุดท้ายเพื่อประเมินผลการปฏิบัติงานและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว

รายการ	N	คะแนนเต็ม		\bar{X}		คะแนนคิดเป็นร้อยละ		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
						40%	60%	100%
คะแนนระหว่างฝึกอบรม (E_1)	15	60	90	42.40	79.13	28.27	52.76	81.02
คะแนนหลังฝึกอบรม (E_2)	15	60	90	45.73	80.13	30.49	53.42	83.91

จากตารางที่ 4.3 พบว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว จำนวน 15 คน มีคะแนนระหว่างฝึกอบรม (E_1) จากการประเมินด้านทฤษฎีเฉลี่ยร้อยละ 28.27 และจากการประเมินด้านปฏิบัติเฉลี่ยร้อยละ 52.76 รวมกันเฉลี่ยร้อยละ 81.02 และมีคะแนนหลังฝึกอบรม (E_2) จากการประเมินด้านทฤษฎีเฉลี่ยร้อยละ 30.49 และจากการประเมินด้านปฏิบัติเฉลี่ยร้อยละ 53.42 รวมกันเฉลี่ยร้อยละ 83.91 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว โดยกลุ่มตัวอย่างประเมินความพึงพอใจหลังจากผู้เข้ารับการอบรมเสร็จ จำนวน 15 คน ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านบอร์ดทดลอง				
1	ความเหมาะสมของรูปร่างและขนาดบอร์ดทดลอง	4.80	0.41	มากที่สุด
2	ความสะดวกในการใช้งาน	4.47	0.52	มาก
3	ความเหมาะสมการวางตำแหน่งของอุปกรณ์	4.47	0.52	มาก
4	ความแข็งแรงของบอร์ดทดลอง	4.47	0.64	มาก
5	ความสะดวกในการดูแลรักษา	4.67	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านบอร์ดทดลอง		4.57	0.38	มากที่สุด
ด้านใบงานการทดลอง				
6	ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง	4.60	0.63	มากที่สุด
7	ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน	4.53	0.64	มากที่สุด
8	มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม	4.60	0.51	มากที่สุด
9	ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4.80	0.41	มากที่สุด
10	เนื้อหา มีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีที่มีการใช้ในภาคอุตสาหกรรม	4.93	0.26	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านใบงานการทดลอง		4.69	0.37	มากที่สุด
ความรู้ความเข้าใจ				
11	ความรู้และความเข้าใจการใช้งานด้านฮาร์ดแวร์โปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว	4.53	0.52	มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
12	ความรู้และความเข้าใจการใช้งานด้านซอฟต์แวร์โปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว	4.67	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมความรู้ความเข้าใจ		4.60	0.47	มากที่สุด
ด้านการนำความรู้ไปใช้				
13	สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานของตนเองได้	4.53	0.52	มากที่สุด
14	สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ต่อได้	4.47	0.64	มาก
เฉลี่ยรวมด้านการนำความรู้ไปใช้		4.50	0.57	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทั้งหมดทุกด้าน		4.59	0.45	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว แบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านบอร์ดทดลอง ด้านใบงานการทดลอง ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านการนำความรู้ไปใช้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความพึงพอใจด้านบอร์ดทดลองมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$, S.D. = 0.38) ด้านใบงานการทดลองมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.37) ด้านความรู้ความเข้าใจ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.47) ด้านการนำความรู้ไปใช้ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.57) และระดับความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมด มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.45)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ
อบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว สรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวที่มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

5.1.1.3 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.1.2.1 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = \geq 3.50$) ขึ้นไป

5.1.2.2 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1 / E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

5.1.2.3 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่สร้างขึ้นผู้ให้บริการอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดอบรมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.50$) ขึ้นไป

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาปริญญาตรีในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ หรือสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ หรือผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และความพิวเตอร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้สนใจลงทะเบียนเข้ารับการอบรม

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

- (1) บอร์ดทดลอง
- (2) ใบงานการทดลอง จำนวน 7 ใบงาน
- (3) แบบประเมินคุณภาพ
- (4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- (5) แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
- (6) แบบประเมินความพึงพอใจ

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.5.1 ยื่นคำร้องต่องานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.5.2 นำหนังสือขอความอนุเคราะห์ติดต่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ ด้านบอร์ดทดลอง ด้านใบงานการทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1.5.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อนำมาสรุปผลคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโพรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

5.1.5.4 นำชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโพรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ไปทดลองใช้กับผู้ช่วยวิศวกร จำนวน 3 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนใบงานการทดลองพร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งได้ทดลองอบรมใช้ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น และจดบันทึกข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขโดยทำการทดลอง

5.1.5.5 นำผลของการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องต่าง ๆ

5.1.5.6 นำชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโพรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้สนใจลงทะเบียนเข้ารับการอบรม โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดฝึกอบรม รวมถึงอธิบายกิจกรรมการฝึกอบรมต่างๆ โดยจัดอบรมทดลองตามตารางกิจกรรมที่กำหนด ตามใบงานการทดลอง ซึ่งมีการบรรยายเนื้อหาและการใช้ชุดฝึกอบรมที่สร้างขึ้น โดยการอบรมในการวิจัยครั้งนี้เป็นการอบรมแบบออนไลน์ ซึ่งผู้วิจัยได้ส่งชุดฝึกอบรมไปให้กับผู้เข้ารับการอบรมจำนวน 15 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5.7 ในแต่ละใบงานการทดลองจะมีการประเมินผลการปฏิบัติงานให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมของแต่ละใบงานการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือ E1

5.1.5.8 ผู้เข้ารับการอบรมทำใบงานการทดลองสุดท้ายซึ่งจะมีการประเมินผลการปฏิบัติงานให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกอบรมโดยสลับข้อคำถามและตัวเลือก เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หรือ E2

5.1.5.9 ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบประเมินความพึงพอใจ

5.1.5.10 นำผลการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อนำมาสรุปผล โดยมีข้อมูลดังนี้ ประสิทธิภาพของกระบวนการ E₁ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E₂ และความพึงพอใจ

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

5.1.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว การวิเคราะห์ข้อมูลด้านบอรรถทดลอง และด้านใบงานการทดลอง จะใช้แบบประเมินคุณภาพที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

5.1.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E₁) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E₂)

E1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรม (ร้อยละ 40) และการประเมินผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานของใบงานที่ 1-6 รวมกัน (ร้อยละ 60)

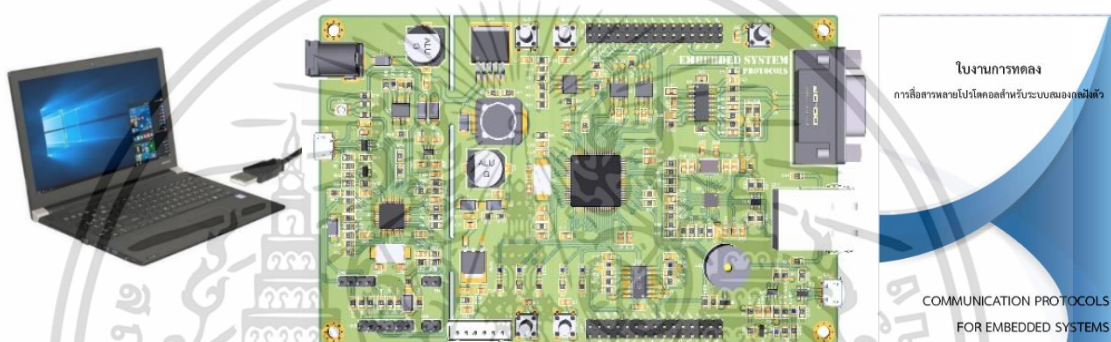
E2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนรวมเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังฝึกอบรม (ร้อยละ 40) และการประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 7 (ร้อยละ 60) หลังจากอบรมใบงาน 1-6 เรียบร้อยแล้ว

5.1.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว จะใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผ่านการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างหลังทำการอบรมแล้วมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่ใช้ได้ต้องมีความพึงพอใจอยู่ในระดับอยู่ในระดับมาก คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.7.1 การพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นสำหรับการฝึกอบรมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware) มีเนื้อหาและชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่สร้างขึ้นเป็นบอร์ดทดลอง รวมถึงอุปกรณ์ต่อพ่วง เชื่อมต่อกับระบบสมองกลฝังตัวรวมในบอร์ดเดียวกัน ส่วนซอฟต์แวร์ (Software) โปรแกรมชุดคำสั่งที่ควบคุมให้ฮาร์ดแวร์โปรโตคอลทำงานสื่อสารได้ถูกต้อง โดยในงานวิจัยนี้ใช้การเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา C ผ่านโปรแกรม STM32CubeIDE สำหรับการทดลองร่วมกับเอกสารด้านใบงานการทดลองจำนวน 7 ใบงาน ดังแสดงในภาพที่ 5. 1



ภาพที่ 5.1 ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

5.1.7.2 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน คุณภาพด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.24) และด้านบอร์ดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.29) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.1.7.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว หรือ E_1/E_2 เท่ากับ 81.02/83.91 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่า 80/80

5.1.7.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว หลังจากฝึกอบรมผู้วิจัยได้ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบประเมินความพึงพอใจ พบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.45) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว สามารถอภิปรายผลการวิจัย ประกอบด้วยหัวข้อและสรุปผล ดังนี้

5.2.1 คุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

จากการวิจัยพบว่า คุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวซึ่งผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน คุณภาพด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.24) เนื่องจากผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาสาระสำคัญและจัดลำดับการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรมทดลองในการเรียนรู้ และสามารถประยุกต์ใช้ งานที่ไม่ซับซ้อน และให้ความสำคัญของความเหมาะสมในการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ เนื้อหามีลักษณะสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ และมีการแจ้งวัตถุประสงค์แต่ละใบงานอย่างชัดเจน เพราะเป็น สิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้ทดลองเข้าใจถึงวิธีการทดลองได้มากขึ้น ส่วนด้านบอร์ดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.29) เนื่องจากผู้วิจัยได้เลือกวัสดุและอุปกรณ์ขนาดเล็ก บอร์ดทดลองมีความเหมาะสมทำให้บอร์ดทดลองที่สร้างขึ้นมีน้ำหนักเบา มีอุปกรณ์ให้ใช้งานอย่างครอบคลุมเนื้อหา สะดวกในการใช้งาน มีความยืดหยุ่นในการทดลอง มีความปลอดภัยและแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ซ้ำๆ ได้ดี สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย มีความสะดวกของทั้งผู้สอน และผู้เข้ารับการอบรม และเนื่องจาก ผู้วิจัยได้สร้างชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว โดยศึกษาและทำ การออกแบบตามขั้นตอนของการสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทชุดทดลองของวัลลภ จันทร์ ตระกูล (2552) จึงทำให้คุณภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝัง ตัวในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.68$, S.D. = 0.25) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาญชัย แสงโพธิ์ (2559) ที่ได้วิจัยเรื่อง ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ได้ สร้างชุดปฏิบัติการและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งมีคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานอยู่ใน ระดับดี ($\bar{X} = 4.48$, S.D. = 0.39) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.31)

5.2.2 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

การจัดการฝึกอบรมโดยใช้ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวผู้วิจัยได้ยึดหลักการของชัยยงค์ พรหมวงศ์ มาเป็นกรอบแนวคิดในการหาประสิทธิภาพของการจัดการฝึกอบรม พบว่าการจัดการฝึกอบรมโดยใช้ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว มีประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือ E_1 กับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หรือ E_2 เท่ากับ 81.02/83.91 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ถือว่าการจัดการฝึกอบรมมีประสิทธิภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำไปใช้จัดการฝึกอบรมได้จริง เนื่องจากสื่อหรือเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการจัดการฝึกอบรมนั้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำข้อมูลมาแก้ไขข้อบกพร่องและปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว และผู้วิจัยได้จัดการฝึกอบรมในรูปแบบของการฝึกอบรมทดลอง โดยในกระบวนการทดลองผู้วิจัยจะทำหน้าที่อธิบายเนื้อหาพร้อมทั้งสาธิตเพื่อเป็นตัวอย่างในส่วนที่สำคัญเบื้องต้น จากนั้นจะเน้นให้ผู้เข้ารับการอบรมลงมือปฏิบัติตามใบงานการทดลองต่างๆ ด้วยตนเอง โดยผู้วิจัยจะคอยให้คำแนะนำและตอบคำถามให้กับผู้เข้ารับการอบรมในระหว่างทำการทดลอง เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการจัดการฝึกอบรมครั้งนี้ไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ไม่น้อยกว่า 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติศักดิ์ อังคะนาวิน (2561) ในหัวข้อวิจัยเรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองของการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเตอร์เฟซ โดยได้สร้างชุดทดลองและนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ไมโครโปรเซสเซอร์และอินเตอร์เฟซ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต พบว่าประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีค่าเท่ากับ 82.78/92.36 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และงานวิจัยของไพฑูรย์ บุญใส (2550) ในหัวข้อวิจัยเรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแผ่น PCB ด้วยโปรแกรม Protel DXP 2004 โดยได้สร้างชุดฝึกอบรมและนำชุดฝึกอบรมไปใช้กับนักเรียนกองอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันการบินพลเรือน พบว่าประสิทธิภาพของชุดการฝึกอบรมที่สร้างขึ้น มีค่าเท่ากับ 82.40/81.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

5.2.3 ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยออกแบบประเมินความพึงพอใจโดยใช้การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของ Likert พบว่าโดยรวมผู้เข้ารับการอบรมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.45) เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้านพบว่า ด้านบอร์ดทดลองมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบบอร์ดทดลองให้มีความเหมาะสมของรูปร่างและขนาดบอร์ดทดลอง สะดวกในการใช้งาน เลือกอุปกรณ์เหมาะสมในการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ในบอร์ดทดลองมีระเบียบสวยงาม มีความแข็งแรงทนต่อการใช้งาน และสะดวกในการดูแลรักษา ด้านใบงานการทดลองมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีที่มีการใช้ในภาคอุตสาหกรรม และความเหมาะสมกับผู้เข้ารับการอบรม อีกทั้งเนื้อหาที่ใช้ยังได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านความรู้ความเข้าใจมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบการเรียงลำดับเนื้อหาให้ความรู้ และอธิบายวิธีการและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการปฏิบัติไว้อย่างชัดเจนในการฝึกอบรมทดลองตามใบงานการทดลองจึงทำให้ผู้เข้ารับการอบรมได้รับความรู้และเข้าใจด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์โปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว ด้านการนำความรู้ไปใช้มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยเน้นให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติงานด้วยตนเองได้สามารถทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานของตนเองได้ และสามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ต่อได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติ เสือแพร และพัฒพงษ์ อมรวงศ์ (2559) ในหัวข้อวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ด้วยภาษาซี สำหรับนักศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรม โดยได้สร้างชุดฝึกอบรมแล้วนำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง และหลังจากการอบรมให้นักศึกษาทำแบบประเมินความพึงใจ พบว่านักศึกษาที่มีความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ด้วยภาษาซีอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.78$, S.D. = 0.63)

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 งานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางหรือตัวอย่างการจัดฝึกอบรมทดลองเกี่ยวกับการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว เชิงอบรมทดลองแบบออนไลน์ได้ เนื่องจากในกระบวนการทดลองต่างๆ ผู้วิจัยได้สอนแบบออนไลน์และมีการประเมินทักษะแบบออนไลน์ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงของความรู้ระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติได้เป็นอย่างดี และช่วยให้การจัดการฝึกอบรมมีประสิทธิภาพและเพิ่มทักษะด้านปฏิบัติได้เป็นอย่างดี

5.3.1.2 ควรมีการจัดอบรมพื้นฐานภาษาซี ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์พื้นฐานมาก่อน จะช่วยให้ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถเข้าใจได้ง่ายและเรียนรู้ได้ไวมากยิ่งขึ้น

5.3.1.3 ควรมีการจัดอบรมพื้นฐานทางด้านฮาร์ดแวร์ ในการออกแบบวงจรเกี่ยวกับการสื่อสารโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวหรือไมโครคอนโทรลเลอร์พื้นฐานมาก่อนจะช่วยให้ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถเข้าใจได้ง่ายและเรียนรู้ได้ไวมากยิ่งขึ้น

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการพัฒนาชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ที่ใช้บอร์ดสมองกลฝังตัวตระกูลอื่น เช่น ตระกูล PIC AVR PSOC MSP 68HC H8 เป็นต้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและเรียนรู้ใช้งานคอมไพเลอร์ (Compiler) ตระกูลอื่นๆ เพื่อความหลากหลายตามความต้องการปฏิบัติงานจริงในภาคอุตสาหกรรมงานด้านวิจัยและพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. 2531. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิตติ เสือแพร และพัฒพงษ์ อมรวงศ์. 2559. “การพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ด้วยภาษาซี สำหรับนักศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรม.” วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ. 12(1) : 18-23.
- กิตติศักดิ์ อังคะนาวิน. 2561. “การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองของการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเตอร์เฟส.” วารสารนวัตกรรมการศึกษาและการวิจัย. ปีที่ 2 (2) : 117-128.
- ชาญชัย แสงโพธิ์. 2559. “ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชาติรี เกิดธรรม. การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assesment). สืบค้นจาก. <http://edu.vru.ac.th/sct/cheet%20download/4.pdf>
- จตุรงค์ นวลแก้ว. 2547. “การพัฒนาโมดูล USB เพื่อการอินเตอร์เฟสแบบอนาล็อก.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย. 2558. “เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.” วารสารบัณฑิตศึกษา. 12(58) : 19-21.
- จิตราพร ลีละวัฒน์. 2556. รายงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน เรื่อง การพัฒนาภารกิจปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างความคิดวิเคราะห์ ให้กับนักศึกษาในรายวิชาจริยธรรมทางธุรกิจ (BUS 400). คณะบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ชูชัย สมितिไกร. 2549. การฝึกอบรมบุคลากรในองค์การ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เจษฎา คดชาคร. 2546. “การประยุกต์ใช้งาน CAN บอร์ด.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556. “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.” วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. 5(1) : 7-19.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2529. **เทคโนโลยีทางการศึกษา : หลักและแนวปฏิบัติ**. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.
- ณัฐริกา นวมทองและคณะ. 2545. **ปัจจัยในการสร้างประสิทธิภาพของการฝึกอบรม**. วิทยาลัยการจัดการ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ธีระ กาญจนสินธุ์. 2551. “การสร้างสื่อการเรียนวิชา การเชื่อมโยงและการสื่อสารทางสัญญาณเบื้องต้น.” งานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- นคร ภัคดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2553. **ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex-M3 กับ STM32.** กรุงเทพฯ : อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- บริษัท ST Electronics จำกัด. **ตัวอย่างระบบที่พัฒนา.** สืบค้นจาก.
https://www.st.com/content/st_com/en/search.html#q=STM32F429-t=tools-page=1
- บุญชม ศรีสะอาด. 2545. **การวิจัยเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ปิยรัตน์ ชุนหศรี. 2548. **การเพิ่มพูนสมรรถนะของพนักงานระดับปฏิบัติการโดยการฝึกอบรมกรณีศึกษา 5 บริษัทในเครื่องชั่งมิทกรูป.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พรพจน์ ท่าอิฐ. 2545. “การศึกษาการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตยูเอสบี.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พรณี ลีกิจวัฒน์. 2553. **วิธีการวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543. **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2544. “การวัดและการประเมินผล การเรียนการสอนคณิตศาสตร์.” พิมพ์ลักษณ์ กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิชิต ฤทธิจรูญ. 2545. **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เข้าท์ออฟเดอะมิสท์.
- พิสิฐ เมธากัทธ และธีระพล เมธิกุล. 2532. **การพัฒนาหลักสูตรอาชีพและเทคนิคศึกษา.** กรุงเทพฯ.
- ไพฑูรย์ บุญใส. 2550. “การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดอบรม เรื่อง การออกแบบ PCB ด้วยโปรแกรม Protel DXP 2004.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ และนายกตัญญู วัฒนิศร. 2556. “ระบบที่ทำงานชาญฉลาดด้วยสมองกลฝังตัวอัจฉริยะ.” สาขาวิชาการระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ สารสนเทศคณะเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538. **วิธีวิจัยการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เฟื่องฟ้า พรินติ้ง.
- ล้วน สายยศ, อังคณา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ .
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. สมองกลฝังตัว (Embedded System). สืบค้นจาก.
<https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบฝังตัว>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิชัย พิศุทธิ์หิรัญ. 2550. “การส่งข้อมูลระยะไกลด้วย RS-232.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาการ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เรื่องคุณภาพของแบบทดสอบ สำหรับนักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.” ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วัฒนา เพ็ชรวงค์. 2542. **พฤติกรรมและความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อการใช้บริการ.** วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การตลาด). กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจ บัณฑิต.
- วัลลภ จันทรตระกูล. 2543. **สื่อการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วัลลภ จันทรตระกูล. 2552. **การออกแบบสร้างและประเมินประสิทธิภาพชุดการสอน ทำอย่างไรให้เป็นตรรกะ (Logic).** เทคนิคศึกษาวารสารทางการศึกษาเพื่อมวลชน. 21(71) : 24-32.
- วาสนา ชาวหา. 2533. **เทคโนโลยีทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- วิชาญ เพ็ชรทอง. 2554. **การศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาดานระบบสมองกลฝังตัวในประเทศไทย.** วารสารการอาชีวและเทคนิคศึกษา. 1(1) : 42-50.
- ศุภชัย หอวิมานพร และคณะ . 2555. **การออกแบบและสร้างชุดทดลองการควบคุมระบบอัตโนมัติ ในทางวิศวกรรมหลักเพื่อใช้ร่วมกับครุภัณฑ์มาตรฐาน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.**
- ศุภรางค์ อินทนะ. 2545. **พฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร ยกระดับฝีมือแรงงานของศูนย์พัฒนาฝีมือแรงงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารวิทยาการจัดการบริหารธุรกิจ ปีที่ 8 (8).** มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง. 2542. **เอกสารการบรรยายกระบวนการวิชา EA 733 การบริหารบุคลากรและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยรามคำแหง**
- สนธยา เกาะสมบัติ และบุญศรี ไทลศิริกุล. 2550. **ชุดทดลองการตรวจจับและควบคุมในอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.**
- สุชิน ชินสีห์. 2548. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เรื่องการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของ PIC Microcontroller.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Aruna Kommu, Raghavendra Rao Kanchi. 2014. **Designing a Learning Platform for the Implementation of Serial Standards using ARM Microcontroller LPC2148**. IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE-2014).
- Best John W. 1997. **Research in Education**. 3rd ed. Englewood Cliffs. New Jersey : Prentice Hall, Inc.
- Chen Sha, Zhu-ying Lin. 2015. **Design Optimization and Implementation of Bootloader in Embedded System Development**. IEEE International Conference on Computer Science and Applications, pp. 151-156.
- Ishfan Vakil, James M. Conrad. 2006. **Embedded Systems Communication Board for Education and Research**. International Conference on Engineering Education, pp. T3G-25 - T3G-29.
- Shuo Sun, Jianyun Ni, Zaiping Chen. 2015. **The Design of a DeviceNet - SPI Converter Module Based on the STM32 MCU**. 2015 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, pp. 843-847.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	รายนามผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ
ภาคผนวก ข	แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง
ภาคผนวก ค	ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง
ภาคผนวก ง	แบบประเมินความพึงพอใจ
ภาคผนวก จ	ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ภาคผนวก ฉ	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ภาคผนวก ช	แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
ภาคผนวก ซ	คู่มือชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว
ภาคผนวก ฌ	ผลการประเมินความพึงพอใจ
ภาคผนวก ฎ	ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ
ภาคผนวก ฏ	ภาพการฝึกอบรมชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ อว 7004 / 0433

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

5 เมษายน 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายยุทธพงษ์ จิตโสภณกุล

ด้วย นายไพบูลย์ สิริเสถียรวัฒนา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบ
ประเมินบอร์ดทดลองโปรโตคอลสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเรื่องโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่ง
ว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 065-439-3145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ อว 7004 / 0433

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

5 เมษายน 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายพิรพงษ์ ชื่นใส

ด้วย นายไพบูลย์ สิริเสถียรวัฒนา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบ
ประเมินบอร์ดทดลองโปรโตคอลสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเรื่องโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่ง
ว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 065-439-3145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ อว 7004 / 0433

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

5 เมษายน 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน นายรัตน์ เลขาพันธ์รัตน์

ด้วย นายไพบุลย์ สิริเสถียรวัฒนา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบ
ประเมินบอร์ดทดลองโปรโตคอลสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเรื่องโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่ง
ว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 065-439-3145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร. 3692

ที่ อว 7004 / 0433

วันที่ 5 เมษายน 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ด้วย นายไพบูลย์ สิริเสถียรวัฒนา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบ
ประเมินบอร์ดทดลองโปรโตคอลสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเรื่องโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่ง
ว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร. 3692

ที่ อว 7004 / 0433

วันที่ 5 เมษายน 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน ผศ.ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์

ด้วย นายไพบูลย์ สิริเสถียรวัฒนา นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและแบบ
ประเมินบอร์ดทดลองโปรโตคอลสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองเรื่องโปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่ง
ว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ
ด้านใบงานการทดลอง
ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

.....

คำชี้แจง

1. แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานการทดลอง ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อขอรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับการประเมินชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานการทดลอง สอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลอง ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

3. ค่าระดับความคิดเห็น โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

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

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นายไพฑูรย์ สิริเสถียรวัฒนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ
ด้านใบงานการทดลอง
ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

.....
ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลอง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน
ช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	เนื้อหา มีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์					
2	ความถูกต้องของเนื้อหา					
3	ความเหมาะสมในการจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ					
4	ความทันสมัยของเนื้อหา					
5	แบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา มีความเหมาะสม					
6	ความชัดเจนในการอธิบายของเนื้อหาภาษาที่ใช้					
7	ความเหมาะสมของคำถามและคำตอบ					
8	เนื้อหา มีลักษณะสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					
9	มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรมทดลอง					
10	ความเหมาะสมของเนื้อหา กับระดับของผู้เรียน					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ
ด้านบอร์ดทดลอง
ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว

คำชี้แจง

1. แบบประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อขอรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เกี่ยวกับการประเมินชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 แบบประเมินคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง สอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลองและด้านบอร์ดทดลอง ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว

3. ค่าระดับความคิดเห็น โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

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

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นายไพฑูรย์ สิริเสถียรวัฒนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ
ด้านบอร์ดทดลอง
ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโพรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

.....
ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลอง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน
ช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
ด้านบอร์ดทดลอง						
1	ขนาดของบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม					
2	รูปร่างของบอร์ดทดลอง ก่อให้เกิดแรงจูงใจ					
3	ความเหมาะสมของตำแหน่งการวางอุปกรณ์					
4	ความแข็งแรงของบอร์ดทดลอง					
5	ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง					
6	บอร์ดทดลองสัมพันธ์ต่อใบงานการทดลอง					
7	บอร์ดทดลองมีความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง					
8	ความสะดวกในการติดตั้งใช้งานเพื่อการทดลอง					
9	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่นำมาทำบอร์ดทดลอง					
10	คุณค่าทางวิชาการของชุดฝึกอบรม					
รูปแบบสื่อและการนำเสนอ						
11	เอกสารมีความน่าสนใจ					
12	ความเหมาะสมของรูปแบบและวิธีการนำเสนอ					
13	ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของแต่ละการทดลอง					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....
.....
.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการทดลองและบอร์ดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรบการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกล
ฝังตัวจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาใบงานการทดลอง

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น							
		ผู้ทรงคุณวุฒิที่					— x	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3	4	5			
1	เนื้อหาที่มีความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2	ความถูกต้องของเนื้อหา	4	4	5	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
3	ความเหมาะสมในการ จัดลำดับขั้นตอนการ ปฏิบัติ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
4	ความทันสมัยของเนื้อหา	4	5	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
5	แบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหา ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
6	ความชัดเจนในการ อธิบายของเนื้อหาภาษาที่ ใช้	4	3	4	4	4	3.80	0.45	ดี
7	ความเหมาะสมของ คำถามและคำตอบ	4	5	5	4	4	4.40	0.55	ดี
8	เนื้อหาที่มีลักษณะสร้าง แรงจูงใจต่อการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
9	มีความครอบคลุมต่อ เนื้อหาในการอบรบ ทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
10	ความเหมาะสมของ เนื้อหากับระดับของ ผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.40	4.40	4.90	4.80	4.80	4.66	0.24	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกล
ฝังตัวจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดทดลอง

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น							
		ผู้ทรงคุณวุฒิที่					— x	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3	4	5			
ด้านบอร์ดทดลอง									
1	ขนาดของบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2	รูปร่างของบอร์ดทดลองก่อให้เกิดแรงจูงใจ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3	ความเหมาะสมของตำแหน่งการวางอุปกรณ์	4	5	4	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
4	ความแข็งแรงของบอร์ดทดลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
5	ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4	5	5	5	4	4.60	0.55	ดีมาก
6	บอร์ดทดลองสัมพันธ์ต่อบางงานการทดลอง	4	4	5	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
7	บอร์ดทดลองมีความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง	4	5	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
8	ความสะดวกในการติดตั้งใช้งานเพื่อการทดลอง	4	5	5	5	4	4.60	0.55	ดีมาก
9	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่นำมาทำบอร์ดทดลอง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
10	คุณค่าทางวิชาการของชุดทดลอง	4	5	5	5	4	4.60	0.55	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น							
		ผู้ทรงคุณวุฒิที่					— x	S.D.	ระดับ คุณภาพ
		1	2	3	4	5			
รูปแบบสื่อและการนำเสนอ									
11	เอกสารมีความน่าสนใจ	4	4	5	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
12	ความเหมาะสมของ รูปแบบและวิธีการ นำเสนอ	4	4	4	5	5	4.40	0.55	ดี
13	ความเหมาะสมของเวลาใน การนำเสนอของแต่ละการ ทดลอง	4	3	5	5	5	4.40	0.89	ดี
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.23	4.62	4.85	5.00	4.77	4.69	0.29	ดีมาก

ตารางที่ ค.3 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกล
ฝังตัวโดยรวมจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น							
		1	2	3	4	5	— x	S.D.	ระดับ คุณภาพ
1	ด้านใบงานการทดลอง	4.40	4.40	4.90	4.80	4.80	4.66	0.24	ดีมาก
2	ด้านบอร์ดการทดลอง	4.23	4.62	4.85	5.00	4.77	4.69	0.29	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด		4.32	4.51	4.87	4.90	4.78	4.68	0.25	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
แบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม

เรื่อง ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของท่านเพียงระดับเดียว

ค่าระดับความพึงพอใจ โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

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

ความคิดเห็น	ระดับความพึงใจ				
	5	4	3	2	1
1. ด้านบอร์ดทดลอง					
1.1 ความเหมาะสมของรูปร่างและขนาดบอร์ดทดลอง					
1.2 ความสะดวกในการใช้งาน					
1.3 ความเหมาะสมการวางตำแหน่งของอุปกรณ์					
1.4 ความแข็งแรงของบอร์ดทดลอง					
1.5 ความสะดวกในการดูแลรักษา					
2. ด้านใบงานการทดลอง					
2.1 ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง					
2.2 ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน					
2.3 มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม					
2.4 ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ					
2.5 เนื้อหามีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีที่มีการใช้ในภาคอุตสาหกรรม					
3. ด้านความรู้ความเข้าใจ					
3.1 ความรู้และความเข้าใจการใช้งานด้านฮาร์ดแวร์โปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองฝังตัว					
3.2 ความรู้และความเข้าใจการใช้งานด้านซอฟต์แวร์โปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองฝังตัว					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าความดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิง
พฤติกรรม

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่					$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
1	1	1	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	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7*	1	-1	0	1	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
8	1	1	0	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
12	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
13*	-1	1	0	1	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
14	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
15	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
16	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
17*	-1	0	0	1	1	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
18	0	1	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
19	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
20	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
21	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
22	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
23*	0	-1	0	1	1	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
24	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่					ΣR	IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
25	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
26	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
27	0	1	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
28*	1	0	0	0	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
29	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
30	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
31	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
32*	-1	1	0	1	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
33	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
34	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
35	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
36	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
37*	0	1	-1	1	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
38	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
39	0	1	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
40	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
41	1	0	1	0	0	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
42	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
43	1	1	0	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
44	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
45*	1	1	0	-1	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
46	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
47	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่					$\sum R$	IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3	4	5			
48	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
49	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
50*	0	-1	1	0	1	1	0.20	ไม่สอดคล้อง
51	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
52*	-1	1	0	1	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง

จากตารางแสดงผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์ (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวน 52 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จำนวน 41 ข้อ

ตารางที่ จ.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N = 8

ข้อที่	กลุ่ม	กลุ่ม	ความ	แปล	ค่าอำนาจ	แปล	ผลการ
	อ่อน	เก่ง	ยากง่าย	ความหมาย	จำแนก	ความหมาย	
	P_H	P_L	P		r		ประเมิน
1	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
2	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
*3	1	1	0.25	ค่อนข้างยาก	0.00	ควรปรับปรุง	ไม่ยอมรับ
4	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
5	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
*6	1	1	0.25	ค่อนข้างยาก	0.00	ควรปรับปรุง	ไม่ยอมรับ
7	1	4	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.75	ดีมาก	ยอมรับ
8	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
*9	2	2	0.50	ยากปานกลาง	0.00	ควรปรับปรุง	ไม่ยอมรับ
10	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
11	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน P_H	กลุ่ม เก่ง P_L	ความ ยากง่าย P	แปล ความหมาย	ค่าอำนาจ จำแนก r	แปล ความหมาย	ผลการ ประเมิน
12	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
13	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ปานกลาง	ยอมรับ
*14	3	4	0.88	ง่าย	0.25	ปานกลาง	ไม่ยอมรับ
15	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
16	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
*17	1	1	0.25	ค่อนข้างยาก	0.00	ควรปรับปรุง	ไม่ยอมรับ
18	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
19	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
20	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
21	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
*22	4	4	1.00	ง่าย	0.00	ควรปรับปรุง	ไม่ยอมรับ
23	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
24	1	4	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.75	ดีมาก	ยอมรับ
*25	3	4	0.88	ง่าย	0.25	ปานกลาง	ไม่ยอมรับ
26	1	2	0.38	ค่อนข้างยาก	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
27	2	3	0.63	ค่อนข้างยาก	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
28	1	3	0.50	ค่อนข้างง่าย	0.50	ดี	ยอมรับ
*29	3	4	0.88	ง่าย	0.25	ปานกลาง	ไม่ยอมรับ
30	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
31	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
32	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
33	2	3	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
*34	1	1	0.25	ค่อนข้างยาก	0.00	ควรปรับปรุง	ไม่ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน P_H	กลุ่ม เก่ง P_L	ความ ยากง่าย P	แปล ความหมาย	ค่าอำนาจ จำแนก r	แปล ความหมาย	ผลการ ประเมิน
*35	1	1	0.25	ค่อนข้างยาก	0.00	ควรปรับปรุง	ไม่ยอมรับ
36	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
37	1	2	0.38	ค่อนข้างยาก	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ
38	1	4	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.75	ดีมาก	ยอมรับ
39	1	3	0.50	ยากปานกลาง	0.50	ดี	ยอมรับ
*40	3	4	0.88	ง่าย	0.25	ปานกลาง	ไม่ยอมรับ
41	1	2	0.38	ค่อนข้างยาก	0.25	ปานกลาง	ยอมรับ

ตาราง จ.3 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน P_H	กลุ่ม เก่ง P_L	ความ ยากง่าย P	ค่า อำนาจ จำแนก r	ค่า q	ค่า pq	ผลการ ประเมิน
1	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
2	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
3	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
4	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
5	1	4	0.63	0.75	0.38	0.23	ยอมรับได้
6	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
7	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
8	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
9	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
10	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
11	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.3 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่ม อ่อน P_H	กลุ่ม เก่ง P_L	ความ ยากง่าย P	ค่า อำนาจ จำแนก r	ค่า q	ค่า pq	ผลการ ประเมิน
12	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
13	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
14	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
15	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
16	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
17	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
18	1	4	0.63	0.75	0.38	0.23	ยอมรับได้
19	1	2	0.38	0.25	0.63	0.23	ยอมรับได้
20	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
21	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
22	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
23	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
24	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
25	2	3	0.63	0.25	0.38	0.23	ยอมรับได้
26	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
27	1	2	0.38	0.25	0.63	0.23	ยอมรับได้
28	1	4	0.63	0.75	0.38	0.23	ยอมรับได้
29	1	3	0.50	0.50	0.50	0.25	ยอมรับได้
30	1	2	0.38	0.25	0.63	0.23	ยอมรับได้
เฉลี่ยรวม			0.55	12.25		7.23	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.4 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	X	X ²
กลุ่มเก่งคนที่ 1	27	729
กลุ่มเก่งคนที่ 2	20	400
กลุ่มเก่งคนที่ 3	24	576
กลุ่มเก่งคนที่ 4	19	361
กลุ่มอ่อนคนที่ 1	12	144
กลุ่มอ่อนคนที่ 2	11	121
กลุ่มอ่อนคนที่ 3	8	64
กลุ่มอ่อนคนที่ 4	10	100
รวม	$\sum x = 131$	$\sum x = 2495$

จากสูตรค่าความแปรปรวน

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

$$S_t^2 = \frac{(8 \times 2495) - (131)^2}{8(8-1)}$$

$$S_t^2 = 49.98$$

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR = 20

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

$$r_{tt} = \frac{30}{30-1} \left[1 - \frac{7.23}{311.87} \right]$$

$$r_{tt} = 0.88$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังฝึกอบรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มีความหมายตรงกับข้อใด
 - ก. ระบบโทรทัศน์ที่มาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย
 - ข. ระบบโทรศัพท์ที่มาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย
 - ค. ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย
 - ง. ระบบเครื่องเสียงที่มาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย
2. โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 ประกอบไปด้วยอะไรบ้าง
 - ก. หน่วยความจำ หน่วยประมวลผลกลาง แหล่งจ่ายไฟ
 - ข. หน่วยความจำ หน่วยประมวลผลกลาง พอร์ตอินพุตเอาต์พุต แหล่งจ่ายไฟ
 - ค. หน่วยความจำ หน่วยประมวลผลกลาง พอร์ตอินพุตเอาต์พุต สัญญาณนาฬิกา
 - ง. หน่วยความจำ หน่วยประมวลผลกลาง พอร์ตอินพุตเอาต์พุต สัญญาณนาฬิกา แหล่งจ่ายไฟ
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท STMicroelectronics โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาร่วมกับ STM32 คือโปรแกรมอะไร
 - ก. AVR Studio
 - ข. STM32CubeIDE
 - ค. Microcode Studio
 - ง. CCS
3. บอร์ดชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัวใช้ชิพเบอร์อะไรในการพัฒนา
 - ก. ATMEGA88A
 - ข. ATMEGA328
 - ค. STM32F429VGT6
 - ง. PIC16F877
4. การเชื่อมต่อใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัวเข้ากับคอมพิวเตอร์สำหรับทดลองใช้สาย USB ชนิดใด
 - ก. Micro USB
 - ข. Mini USB
 - ค. Nano USB
 - ง. Type C USB
5. หากต้องการให้ LED1 มีสถานะติดดับ สลับกันต้องเขียนโปรแกรมอย่างไร
 - ก. HAL_GPIO_Toggle(LED1_GPIO_Port, LED1_Pin);
 - ข. HAL_GPIO_ToggleRead(LED1_GPIO_Port, LED1_Pin);
 - ค. HAL_GPIO_TogglePin(LED1_GPIO_Port, LED1_Pin);
 - ง. HAL_GPIO_TogglePinWrite(LED1_GPIO_Port, LED1_Pin);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. โพรโตคอล CAN BUS การอ้างอิงจากผลต่างแรงดันระหว่างสายสองเส้นโดยสายสองเส้นโดยปกติ ทั้งสองเส้นจะมีแรงดันที่กี่โวลต์

ก. 0V

ข. 1.5V

ค. 2.5V

ง. 3.3V

23. โพรโตคอล CAN-BUS เมื่อสายแต่ละเส้นมีแรงดันที่ลดลงจากระยะทางที่มากขึ้นของสายไฟเช่น ลดลงไป 1.2V เท่าๆกัน CAN High CAN Low จะเหลือที่กี่โวลต์

ก. CAN High เหลือ 0.55V CAN Low เหลือ 0.00V

ข. CAN High เหลือ 1.55V CAN Low เหลือ 0.05V

ค. CAN High เหลือ 2.55V CAN Low เหลือ 0.05V

ง. ข้อ ข. และ ค. ถูก

24. คำสั่งการเขียนโปรแกรมให้ส่งข้อมูลสื่อสารผ่านโปรโตคอล CAN-BUS ของ STM32CubeIDE ใช้ คำสั่งอะไร

ก. HAL_CAN_AddTxMessage

ข. HAL_CAN_ActivateNotification

ค. HAL_CAN_AddRxMessage

ง. HAL_CAN_AddMessage

25. การเขียนโปรแกรมรับข้อมูลแบบอินเทอร์พท์ผ่านโปรโตคอล CAN-BUS ของ STM32CubeIDE เขียนอยู่ในฟังก์ชันใด

HAL_CAN_RxFifo0MsgPendingCallback

ก. RxFifo0MsgPendingCallback

ข. HAL_RxFifo0MsgPendingCallback

ค. HAL_CAN_AddRxMessage

ง. HAL_CAN_RxFifo0MsgPendingCallback

26. โพรโตคอล USB การรับส่งข้อมูลมีสายสัญญาณ 4 เส้น คืออะไรบ้าง

ก. Vbus, D+, D-, GND

ข. Vbus, D1, D2, GND

ค. Vbus, D3, D2, GND

ง. Vbus, D1, D0, GND

27. โพรโตคอล USB แบ่งกลุ่มตามชนิดของการเชื่อมต่อออกเป็นสองคลาสคืออะไร

ก. ฮับและฟังก์ชันฮับ

ข. คอนโทรลเลอร์และรูทฮับ

ค. รูทฮับและฟังก์ชันฮับ

ง. ข้อ ข. และ ค. ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28. โพรโตคอล USB จะทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงทาง Port USB แล้วจะกำหนด Address ให้แต่ละอุปกรณ์ เรียกว่ากระบวนการ

ก. Connection

ข. Calculation

ค. Numbering

ง. Enumeration

29. คำสั่งการเขียนโปรแกรมให้ส่งข้อมูลสื่อสารผ่านโปรโตคอล USB แบบ Virtual Com Port ของ STM32CubeIDE ใช้คำสั่งอะไร

ก. Transmit_FS

ข. ActivateNotification

ค. CDC_Transmit_FS

ง. AddMessage

30. การเขียนโปรแกรมรับข้อมูลแบบอินเทอร์พอร์ทผ่านโปรโตคอล USB แบบ Virtual Com Port ของ STM32CubeIDE เขียนอยู่ในฟังก์ชันใด

ก. Receive_FSS

ข. CDC_Receive_FS

ค. Receive_FS

ง. HAL_Receive_FS_AddMessage





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ชุดฝึกอบรบการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

ใบงานที่ เรื่อง

ชื่อผู้ปฏิบัติ รหัส

คำชี้แจง ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน

ลำดับ	คุณลักษณะที่ต้องการวัด	ระดับคะแนน		
		2	1	0
1	การเตรียมบอร์ดทดลองและวัสดุอุปกรณ์			
2	การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์			
3	เขียนโปรแกรมชุดคำสั่ง			
4	ปฏิบัติตามทดลองตามขั้นตอนได้ถูกต้อง			
5	การตอบคำถามในการทดลอง			
6	การสรุปผลการทดลอง			
7	ทำแบบทดสอบการปฏิบัติได้ถูกต้อง			
8	ความปลอดภัยและรอบคอบในการทดลอง			
รวมคะแนนการประเมิน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบประเมินทักษะภาคปฏิบัติ

ข้อที่ 1 การเตรียมบอร์ดทดลองและวัสดุอุปกรณ์

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ สามารถจัดเตรียม เลือกใช้ และจัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ครบถ้วน ถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อ สามารถจัดเตรียม เลือกใช้ และจัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง
- 0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถจัดเตรียม เลือกใช้ และจัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

ข้อที่ 2 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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

ข้อที่ 3 เขียนโปรแกรมชุดคำสั่ง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ สามารถเลือกและใช้งานโปรแกรมและชุดคำสั่งได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
- 1 คะแนน เมื่อ สามารถเลือกและใช้งานโปรแกรมและชุดคำสั่งได้บ้าง
- 0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถเลือกและใช้งานโปรแกรมและชุดคำสั่งได้

ข้อที่ 4 ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้ถูกต้อง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนได้ถูกต้อง ทุกขั้นตอน
- 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานผิดจากขั้นตอนที่กำหนดไม่เกิน 2 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานผิดจากขั้นตอนที่กำหนดมากกว่า 3 ครั้ง

ข้อที่ 5 การตอบคำถามในการทดลอง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 2 คะแนน เมื่อ สามารถตอบคำถามในการทดลองได้ถูกต้อง มากกว่า 70%
- 1 คะแนน เมื่อ สามารถตอบคำถามในการทดลองได้ถูกต้อง มากกว่า 40%
- 0 คะแนน เมื่อ สามารถตอบคำถามในการทดลองได้ถูกต้อง น้อยกว่า 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบประเมินทักษะภาคปฏิบัติ(ต่อ)

ข้อที่ 6 การสรุปผลการทดลอง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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

ข้อที่ 7 ทำแบบทดสอบการปฏิบัติได้ถูกต้อง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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

ข้อที่ 8 ความปลอดภัยและรอบคอบในการทดลอง

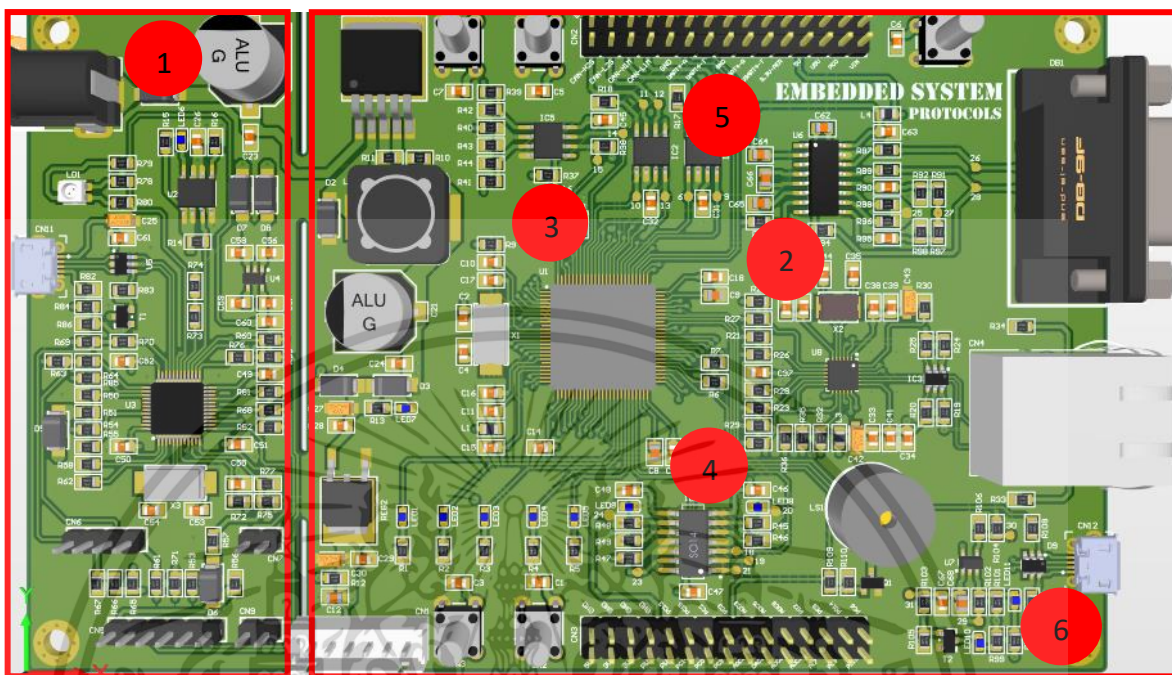
มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 1 คะแนน เมื่อ ไม่เกิดความเสียหายและป้องกันการความเสียหายจากการทดลอง
- 0 คะแนน เมื่อ เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โครงสร้างรายละเอียดส่วนประกอบชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว



ภาพที่ ข.1 ภาพแสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ดทดลองประกอบชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัว

PCB บอร์ดทดลองชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองกลฝังตัวแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่ใช้สำหรับโปรแกรมและไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมสื่อสารทั้งหมด 5 โปรโตคอล โดยจากภาพที่ ข.1 สามารถแบ่งได้ดังนี้

หมายเลข 1 ภาคจ่ายไฟเลี้ยงทั้งหมดของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ กรณีต้องการใช้ไฟเสียบจากภายนอกรองรับแรงดัน 6-40 VDC และส่วนโปรแกรมเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ STM32F103CBT6 ใช้สำหรับดีบั๊กและโหลดโปรแกรมเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ ของ STM32 ได้ทั้งหมด และยังสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม ST-Link ได้ โดยการโปรแกรมใช้สาย Micro USB

หมายเลข 2 U6 เป็นโปรโตคอล RS232 เป็นไอซีสำเร็จรูปที่เชื่อมต่อ UART จากไมโครคอนโทรลเลอร์ แปลงสัญญาณจาก UART(TTL) เป็นสัญญาณ RS232 สามารถดูรายละเอียดของวงจรได้ในเอกสารการออกแบบวงจร

หมายเลข 3 IC5 เป็นโปรโตคอล I2C เป็นไอซี EEPROM หน่วยงานจำสำรอง เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โปรโตคอล I2C สามารถดูรายละเอียดของวงจรได้ในเอกสารการออกแบบวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 4 IC6 เป็นโปรโตคอล SPI เป็นไอซีดิจิทัลโพเทนซีโอมิเตอร์ 10k โอห์ม 2 วงจร สามารถปรับได้ 256 แถบ เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โปรโตคอล SPI สามารถดูรายละเอียดของวงจรได้ในเอกสารการออกแบบวงจร

หมายเลข 5 IC1 เป็นโปรโตคอล CAN-BUS เป็นไอซีสำเร็จรูปที่เชื่อมต่อ CAN-BUS จากไมโครคอนโทรลเลอร์ แปลงสัญญาณจาก (CAN-BUS Tx, CAN-BUS Rx) เป็นสัญญาณ (CAN H, CAN L) สามารถดูรายละเอียดของวงจรได้ในเอกสารการออกแบบวงจรสามารถดูรายละเอียดของวงจรได้ในเอกสารการออกแบบวงจร

หมายเลข 6 โปรโตคอล USB โดยมี D9 เป็นตัวป้องกันไฟฟ้าไฟฟ้าสถิตย์ U7 เป็นอุปกรณ์จำกัดกระแสของ USB เพื่อป้องกันความเสียหายของ USB กรณีที่มีการใช้งานกระแสเกินค่าที่กำหนด ที่ USB สามารถทำงานได้ สามารถดูรายละเอียดของวงจรได้ในเอกสารการออกแบบวงจรสามารถดูรายละเอียดของวงจรได้ในเอกสารการออกแบบวงจร



ภาพที่ ช.2 ลักษณะของบอร์ดทดลองจริง

2. วิธีการใช้งานบอร์ดทดลอง

2.1 ให้ปฏิบัติงานตามคำอธิบายตามขั้นตอนการทดลองของแต่ละใบงานและฟังคำอธิบายของวิทยากรก่อนทดลองทุกครั้ง

2.2 เชื่อมต่อสายวงจรการทดลองให้ทำตามคำสั่งและภาพประกอบตามใบงานทดลองอย่างระมัดระวัง

2.3 หากมีข้อสงสัยในการปฏิบัติงานให้สอบถามวิทยากร หรือผู้ช่วยวิทยากรเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตารางและกำหนดการอบรม

การอบรมชุดฝึกอบรมการสื่อสารหลายโปรโตคอลสำหรับระบบสมองฝังตัว แบ่งออกเป็น 7 ใบบงานการทดลอง แบ่งได้ตามตารางที่ ซ.1 ดังนี้

ตารางที่ ซ.1 เวลาการฝึกอบรม

เวลา	เนื้อหาการอบรม
วันที่ 1	
09.00 – 09.30	เริ่มการอบรมและกล่าวนำเข้าสู่การอบรม
09.30 – 10.30	การทดลองที่ 1 แนะนำเกี่ยวกับการลงโปรแกรมซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการพัฒนา
10.30 – 10.45	พักทานอาหารว่าง
10.45 – 12.00	การทดลองที่ 1 แนะนำเกี่ยวกับการลงโปรแกรมซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการพัฒนา (ต่อ)
12.00 – 13.00	พักกลางวัน
13.00 – 14.30	การทดลองที่ 2 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล RS232
14.30 – 14.45	พักทานอาหารว่าง
14.45 – 15.45	การทดลองที่ 3 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล I2C
15.45 – 16.00	สรุปเนื้อหาจากการอบรม
วันที่ 2	
09.00 – 09.30	ทบทวนความรู้และเตรียมความพร้อมในการอบรม
09.30 – 10.30	การทดลองที่ 4 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล SPI
10.30 – 10.45	พักทานอาหารว่าง
10.45 – 12.00	การทดลองที่ 5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล CAN-BUS
12.00 – 13.00	พักทานอาหารกลางวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

เวลา	เนื้อหาการอบรม
13.00 – 14.30	การทดลองที่ 6 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 โปรโตคอล USB
14.30 – 15.00	พักทานอาหารว่าง
15.00 – 16.30	การทดลองที่ 7 การประยุกต์ใช้งานการสื่อสารหลายโปรโตคอลในระบบสมองกลฝังตัว
16.30 – 17.00	สรุปเนื้อหาจากการอบรมและปิดการอบรม

4. การบำรุงรักษา

- 4.1 ตรวจสอบสภาพของบอร์ดทดลองหรือจุดเชื่อมต่อให้พร้อมเสมอก่อนการทดลอง
- 4.2 หลังการทดลองทุกครั้งให้แยกสายเชื่อมต่อและจัดเก็บให้เป็นระเบียบเรียบร้อย

5. ข้อควรระวัง/ค่าเตือนในการใช้งาน

- 5.1 การเชื่อมต่อสาย Micro USB ห้ามเสียบกลับด้าน
- 5.2 การเชื่อมต่อบอร์ดทดลองทุกครั้งควรระมัดระวังการเชื่อมต่อลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฅ.1 ผลการประเมินความพึงพอใจ

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านบอร์ดทดลอง				
1	ความเหมาะสมของรูปร่างและขนาดบอร์ดทดลอง	4.80	0.41	มากที่สุด
2	ความสะดวกในการใช้งาน	4.47	0.52	มาก
3	ความเหมาะสมการวางตำแหน่งของอุปกรณ์	4.47	0.52	มาก
4	ความแข็งแรงของบอร์ดทดลอง	4.47	0.64	มาก
5	ความสะดวกในการดูแลรักษา	4.67	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านบอร์ดทดลอง		4.57	0.38	มากที่สุด
ด้านใบงานการทดลอง				
6	ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง	4.60	0.63	มากที่สุด
7	ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน	4.53	0.64	มากที่สุด
8	มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการอบรม	4.60	0.51	มากที่สุด
9	ความถูกต้องและชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4.80	0.41	มากที่สุด
10	เนื้อหามีความสอดคล้องกับเทคโนโลยีที่มีการใช้ในภาคอุตสาหกรรม	4.93	0.26	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมด้านใบงานการทดลอง		4.69	0.37	มากที่สุด
ความรู้ความเข้าใจ				
11	ความรู้และความเข้าใจการใช้งานด้านฮาร์ดแวร์โปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว	4.53	0.52	มากที่สุด
12	ความรู้และความเข้าใจการใช้งานด้านซอฟต์แวร์โปรโตคอลการสื่อสารในระบบสมองกลฝังตัว	4.67	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมความรู้ความเข้าใจ		4.60	0.47	มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ญ.1 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการนำความรู้ไปใช้				
13	สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานของตนเองได้	4.53	0.52	มากที่สุด
14	สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ต่อได้	4.47	0.64	มาก
เฉลี่ยรวมด้านการนำความรู้ไปใช้		4.50	0.57	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทั้งหมดทุกด้าน		4.59	0.45	มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ญ

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ญ.1 คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานระหว่างฝึกอบรม (E₁)

คนที่	ใบงานการทดลองที่ (คะแนนเต็ม 15 ต่อคะแนน ต่อใบงาน)						คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	6	
1	12	13	12	14	13	15	79
2	14	14	13	14	13	14	82
3	14	13	13	13	14	13	80
4	12	13	15	13	11	14	78
5	13	13	13	13	13	13	78
6	13	14	13	13	14	12	79
7	14	14	13	12	13	14	80
8	13	13	15	13	12	13	79
9	13	12	14	13	14	12	78
10	13	12	14	13	14	14	80
11	10	15	14	14	12	14	79
12	13	13	12	14	14	13	79
13	13	14	13	13	14	13	80
14	14	13	14	12	13	12	78
15	13	13	12	13	14	13	78
คะแนนรวมทั้งหมด							1187
คิดเป็นร้อยละ 60% (1350 คะแนน)							52.76

ตารางที่ ญ.2 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างการฝึกอบรม (E₁)

คนที่	ใบงานการทดลองที่ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน ต่อใบงาน)						รวม
	1	2	3	4	5	6	
1	6	8	6	8	6	6	40
2	6	8	10	8	8	6	46
3	8	8	6	8	6	8	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.๒ (ต่อ)

คนที่	ใบงานการทดลองที่ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน ต่อใบงาน)						รวม
	1	2	3	4	5	6	
4	6	6	8	6	6	6	38
5	6	6	6	10	8	6	42
6	6	8	8	6	8	8	44
7	8	8	6	8	6	8	44
8	8	6	8	6	8	4	40
9	8	8	8	8	6	8	46
10	8	6	6	6	8	8	42
11	6	8	8	8	8	6	44
12	8	6	8	6	6	4	38
13	8	6	6	8	6	8	42
14	8	6	8	6	8	8	44
15	6	8	8	6	8	6	42
คะแนนรวมทั้งหมด							636
คิดเป็นร้อยละ 40% (900 คะแนน)							28.27

ตารางที่ ๓.๓ ผลรวมคะแนนระหว่างฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ

รายการ	คะแนนคิดเป็นร้อยละ
คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานระหว่างฝึกอบรม (E ₁)	52.76
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างฝึกอบรม (E ₁)	28.27
คะแนนระหว่างการฝึกอบรม (E₁)	81.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.๔ คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานหลังฝึกอบรม (E₂)

คนที่	ใบงานการทดลองที่ (คะแนนเต็ม 90 คะแนน)	รวม
	7	
1	78	78
2	82	82
3	81	81
4	82	82
5	80	80
6	84	84
7	78	78
8	83	83
9	82	82
10	81	81
11	80	80
12	78	78
13	78	78
14	77	77
15	78	78
คะแนนรวมทั้งหมด		1202
คิดเป็นร้อยละ 60% (1350 คะแนน)		53.42

ตารางที่ ๓.๕ คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังฝึกอบรม (E₂)

คนที่	ใบงานการทดลองที่ (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)	รวม
	7	
1	48	48
2	46	46
3	44	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ญ.5 (ต่อ)

คนที่	ใบงานการทดลองที่ (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)	รวม
	7	
4	50	50
5	50	50
6	50	50
7	36	36
8	48	48
9	44	44
10	46	46
11	44	44
12	46	46
13	40	40
14	46	46
15	48	48
คะแนนรวมทั้งหมด		686
คิดเป็นร้อยละ 40% (900 คะแนน)		30.49

ตารางที่ ญ.6 ผลรวมคะแนนหลังฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ

รายการ	คะแนนคิดเป็นร้อยละ
คะแนนผลการประเมินปฏิบัติงานหลังฝึกอบรม (E ₂)	53.42
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังฝึกอบรม (E ₂)	30.49
คะแนนหลังการฝึกอบรม (E ₂)	83.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗.7 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2)

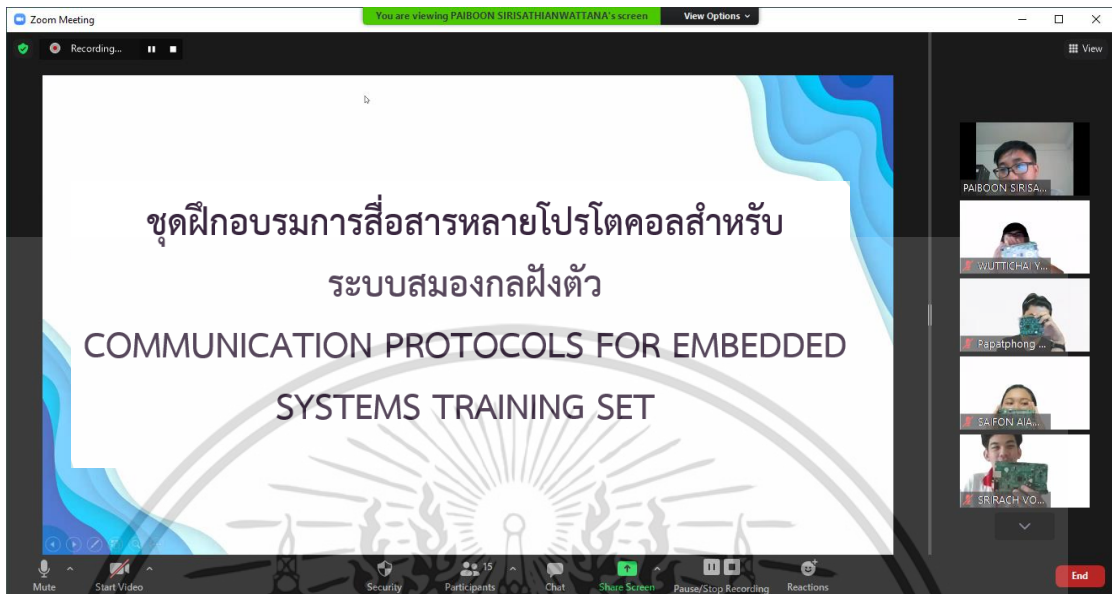
รายการ	คะแนนเต็ม		\bar{X}		คะแนนคิดเป็นร้อยละ		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
					40%	60%	100%
คะแนนระหว่างฝึกอบรม (E_1)	60	90	42.40	79.13	28.27	52.76	81.02
คะแนนหลังฝึกอบรม (E_2)	60	90	45.73	80.13	30.49	53.42	83.91



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฎ.1 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 1

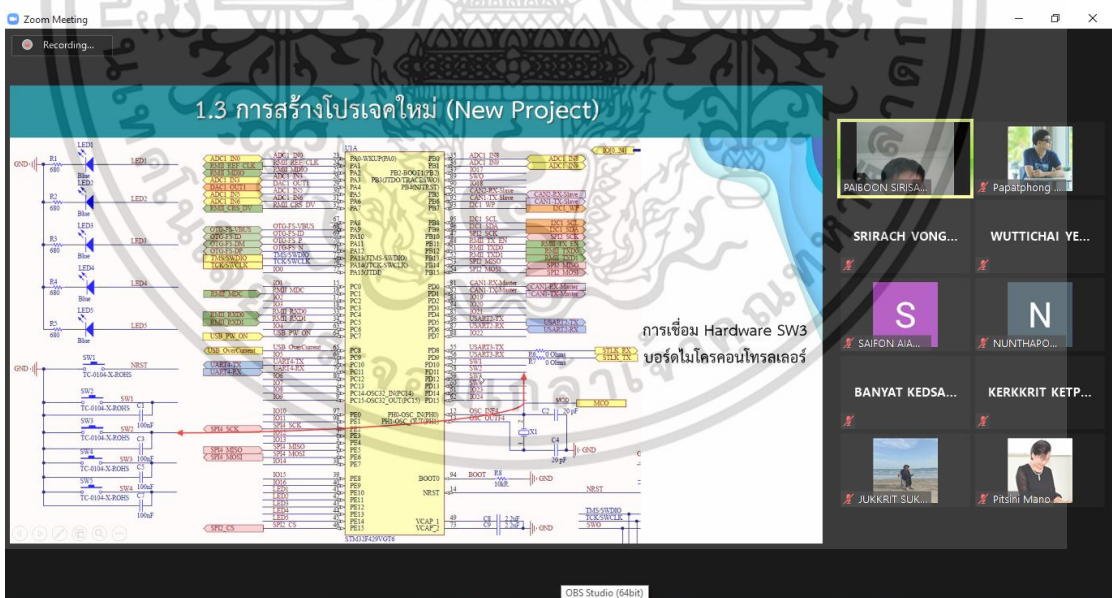


ภาพที่ ฎ.2 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

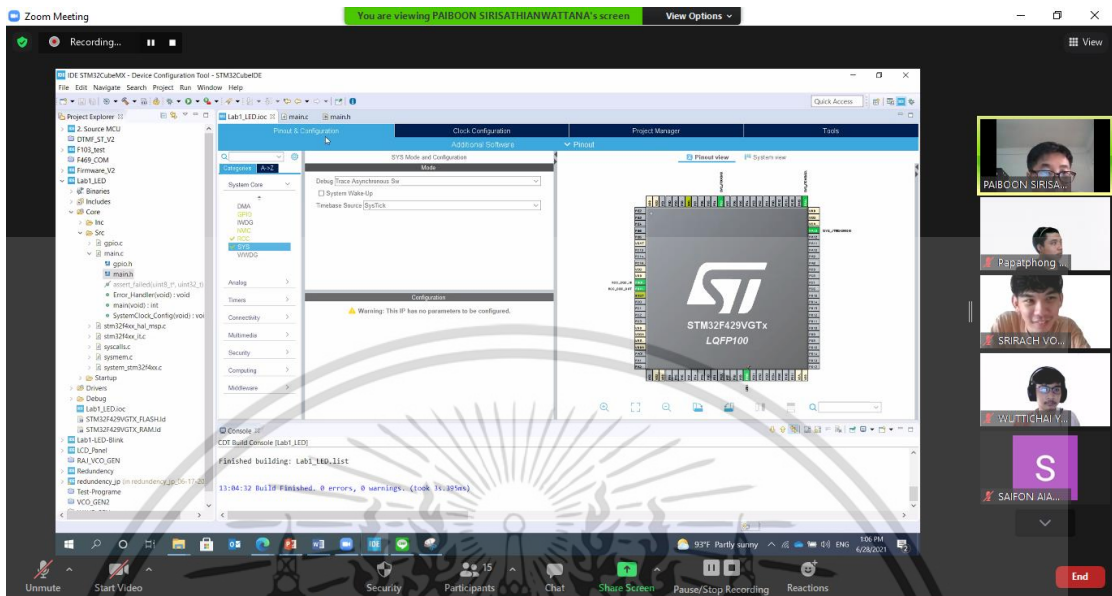


ภาพที่ ๓.3 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 3

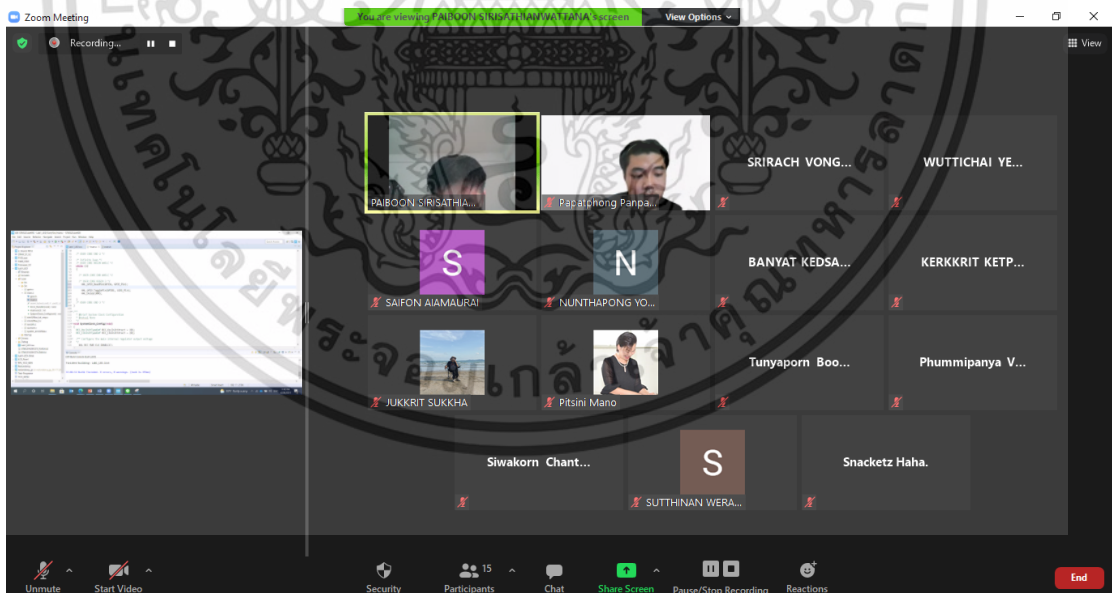


ภาพที่ ๓.4 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ๓.5 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 5



ภาพที่ ๓.6 ภาพกิจกรรมการฝึกอบรมที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายไพบูลย์ สิริเสถียรวัฒนา
วัด เดือน ปี เกิด	วัน พุธ ที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2533
ภูมิลำเนา	จังหวัดตาก
การศึกษา	ปีการศึกษา 2553 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถานที่ทำงาน	บริษัท ยูนิเวอร์แซล เมทริกซ์ เทคโนโลยี จำกัด ที่อยู่ 387/1 ซอย รัชดาภิเษก 14 ถนนรัชดาภิเษก แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310
ที่อยู่ปัจจุบัน	347/63 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
E-mail	paibut_25@hotmail.com, 59603125@kmitl.ac.th
โทรศัพท์	065-489-3145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้