

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0  
โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

ARM CORTEX M0 MICROCONTROLLER LABORATORY  
SET MATLAB SIMULINK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-ED-M-231-058

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0  
โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

ARM CORTEX M0 MICROCONTROLLER LABORATORY  
SET MATLAB SIMULINK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตรบัณฑิตและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ KMITL-2017-ED-M-231-058 ในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ARM CORTEX M0 MICROCONTROLLER LABORATORY  
SET MATLAB SIMULINK



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

2017

KMITL-2017-ED-M-231-058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2017**

**FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

**หัวข้อวิทยานิพนธ์**

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0  
 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink  
 ARM Cortex M0 Microcontroller Laboratory  
 Set MATLAB Simulink

**นักศึกษา**

นายสุวิทย์ อัฐกุลชัย

**รหัสประจำตัว**

56603165

**ปริญญา**

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา**

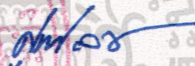
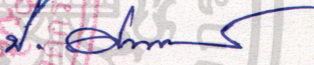
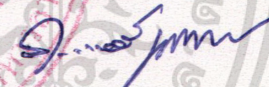

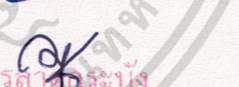
วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์**

รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม**

รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ |                | ลายมือชื่อ                                                                           |
|--------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| รศ.ดร.ศุภสวัสดิ์         | ลาวัณย์วิสุทธิ |  |
| รศ.ปิยะ                  | ศุภวาราสวัสดิ์ |  |
| รศ.ดร.วิสุทธิ            | สุนทรกนกพงศ์   |  |
| รศ.ดร.พีระวุฒิ           | สุวรรณจันทร์   |  |
| ผศ.ดร.วินัย              | ใจกล้า         |  |

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

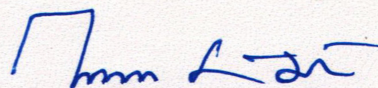
**วัน / เดือน / ปี ที่สอบ**

28 มิถุนายน 2560 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

**สถานที่สอบ**

ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

**คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว**



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ 31 เดือน ก.ย. พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                 |                                                                       |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์               | ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0<br>โปรแกรมโดย MATLAB Simulink |
| นักศึกษา                        | นายสุวิทย์ อัฐกุลชัย                                                  |
| รหัสประจำตัว                    | 56603165                                                              |
| ปริญญา                          | ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต                                          |
| สาขาวิชา                        | วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร                                                  |
| พ.ศ.                            | 2560                                                                  |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์     | รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์                                                |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม | รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์                                            |

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพ หาประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์

ผลการวิจัยพบว่า

1. คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ได้ผลการประเมินด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.74$ , S.D. = 0.30) และด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.96$ , S.D. = 0.04)
2. ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 เท่ากับ 82.89/83.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนเข้ารับการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

|                   |                                                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Thesis Title      | ARM Cortex M0 Microcontroller Laboratory Set<br>MATLAB Simulink |
| Student           | Mr. Suwit Atthakulchai                                          |
| Student ID.       | 56603165                                                        |
| Degree            | Master of Science in Industrial Education                       |
| Program           | Electrical Communication Engineering                            |
| Year              | 2017                                                            |
| Thesis Advisor    | Assoc. Prof. Piya Supavarasuwat                                 |
| Thesis Co-Advisor | Assoc. Prof. Dr.Wisuit Sunthonkanokpong                         |

## ABSTRACT

The purposes were of this research to develop quality determine the efficiency and to make a results compare between before and post training by of ARM Cortex M0 Microcontroller Laboratory Set MATLAB Simulink. The sample of this research students in the diploma degree of the electronics department at E-Tech for 40 sampling, using purposive sampling method. The research instrument was ARM Cortex M0 Microcontroller Laboratory Set MATLAB Simulink. 10 lab sheet ,operation evaluation and result oriented.

The results revealed that:

1. ARM Cortex M0 Microcontroller Laboratory Set MATLAB Simulink the quality of laboratory set greatest level ( $\bar{x} = 4.74$ , S.D. = 0.30) and lab sheet greatest level ( $\bar{x} = 4.96$ , S.D. = 0.04)
2. The efficiency of ARM Cortex M0 Microcontroller Laboratory Set MATLAB Simulink laboratory set equal to 82.89/83.85 that higher than standard at 80/80
3. It's was a significant improvement compare with before and after training at 0.01 level statistically.

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ. ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้สละเวลาในการให้คำปรึกษาพร้อมทั้งเสนอคำแนะนำและแนวทางแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบคุณบริษัท เอ็มเมจัน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาในการประเมินชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ขอขอบคุณวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก(อี.เทค) ที่ทำงานของผู้ทำวิจัย ที่เข้าใจและได้อนุมัติวันลางานให้กับผู้วิจัยในการใช้เวลาสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ในการทำวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่คอยแนะนำให้มีความรู้ และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยเสมอมา

สุวิทย์ อัฐกุลชัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

|                                             | หน้า |
|---------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                        | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                     | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....                        | III  |
| สารบัญ.....                                 | IV   |
| สารบัญตาราง.....                            | VI   |
| สารบัญรูป.....                              | VII  |
| บทที่ 1 บทนำ.....                           | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....     | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....            | 2    |
| 1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....                | 2    |
| 1.4 กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....           | 3    |
| 1.5 ขอบเขตการวิจัย.....                     | 3    |
| 1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....  | 4    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 6    |
| 2.1 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์.....             | 6    |
| 2.2 ทฤษฎี MATLAB/Simulink.....              | 9    |
| 2.3 การวิจัยเชิงทดลอง.....                  | 12   |
| 2.4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง.....          | 13   |
| 2.5 การวัดและประเมินผล.....                 | 16   |
| 2.6 การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน.....       | 20   |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....              | 22   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....             | 26   |
| 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....            | 26   |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....         | 26   |
| 3.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ.....        | 27   |
| 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....                | 36   |
| 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....    | 38   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                                                                                          | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                                                                                                                                                        | 41   |
| 4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0<br>โปรแกรมโดย MATLAB Simulink.....                                                                                      | 41   |
| 4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์<br>ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink.....                                                                               | 44   |
| 4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์<br>ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์<br>ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink..... | 45   |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....                                                                                                                                       | 46   |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย.....                                                                                                                                                                  | 46   |
| 5.2 อภิปรายผล.....                                                                                                                                                                       | 49   |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ.....                                                                                                                                                                      | 51   |
| บรรณานุกรม.....                                                                                                                                                                          | 52   |
| ภาคผนวก.....                                                                                                                                                                             | 54   |
| ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ.....                                                                                                                                      | 55   |
| ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์<br>ARM Cortex M0.....                                                                                                             | 60   |
| ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์<br>ARM Cortex M0.....                                                                                               | 98   |
| ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์<br>เชิงพฤติกรรม.....                                                                                          | 113  |
| ภาคผนวก จ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.....                                                                                                                                                     | 122  |
| ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์<br>ARM Cortex M0.....                                                                                                    | 130  |
| ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม.....                                                                                                                          | 140  |
| ภาคผนวก ซ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0.....                                                                                                                                   | 144  |
| ภาคผนวก ฌ ใบงานการทดลอง.....                                                                                                                                                             | 148  |
| ประวัติผู้เขียน.....                                                                                                                                                                     | 230  |

# สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                               | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.1 กำหนดการ การดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง.....                                                                    | 37   |
| 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพชุดทดลอง.....                                                          | 42   |
| 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานจำนวน 10 ใบงาน.....                                            | 43   |
| 4.3 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน.....                                      | 44   |
| 4.4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0.....                                         | 44   |
| 4.5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์<br>ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม..... | 45   |
| ค.1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพชุดทดลอง.....                                              | 99   |
| ค.2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 1.....                                         | 100  |
| ค.3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 2.....                                         | 101  |
| ค.4 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 3.....                                         | 102  |
| ค.5 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 4.....                                         | 103  |
| ค.6 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 5.....                                         | 104  |
| ค.7 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 6.....                                         | 105  |
| ค.8 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 7.....                                         | 106  |
| ค.9 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 8.....                                         | 107  |
| ค.10 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 9.....                                        | 108  |
| ค.11 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 10.....                                       | 109  |
| ค.12 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงาน<br>จำนวน 10 ใบงาน.....                           | 110  |
| ค.13 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาใบงานที่ 10 กับใบงานที่ 1 – 9.....                                                  | 111  |
| ค.14 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของแบบประเมิน<br>ผลการปฏิบัติงาน.....                     | 112  |
| ง.1 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....                                     | 114  |
| ง.2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เข้ารับการอบรมกับ<br>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....         | 119  |
| ฉ.1 คะแนนของใบงานที่ 1 – 9 จากการอบรมภาคปฏิบัติ (E <sub>1</sub> ).....                                                 | 131  |
| ฉ.2 คะแนนของใบงานที่ 1 – 9 จากการทำแบบทดสอบภาคทฤษฎี (E <sub>1</sub> ).....                                             | 133  |
| ฉ.3 คะแนนจากการอบรมใบงานที่ 10 (E <sub>2</sub> ).....                                                                  | 135  |
| ฉ.4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0.....                                         | 137  |
| ช.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับ<br>การอบรมก่อนและหลังการอบรม..... | 141  |

# สารบัญรูป

| รูปที่                                                                                   | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ arm core.....                                             | 8    |
| 3.1 แผนผังขั้นตอนการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0.....                    | 28   |
| 3.2 แผนผังขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0..... | 30   |
| 3.3 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงาน.....                             | 32   |
| 3.4 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง.....                                   | 34   |
| 3.5 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.....                                      | 35   |
| ซ.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0.....                                            | 145  |
| ซ.2 บอร์ดควาน์โพลดิโปรแกรม USB Connect.....                                              | 146  |
| ซ.3 บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED.....                                                          | 146  |
| ซ.4 บอร์ดทดสอบเอาต์พุต 7segment.....                                                     | 146  |
| ซ.5 บอร์ดทดสอบอินพุต สวิตช์.....                                                         | 146  |
| ซ.6 บอร์ดแสดงผล LCD และรับค่าอินพุตแอนะล็อก.....                                         | 147  |

# บทที่ 1 บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการดำเนินกิจการงานด้านต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพจะใช้เทคโนโลยีเข้าไปช่วยเป็นส่วนใหญ่ เทคโนโลยีจึงมีความเกี่ยวข้องกับระบบงานด้านต่างๆ ทุกแขนง ถ้านำไปใช้แก้ปัญหาในแขนงใด จะเรียกเทคโนโลยีในด้านนั้น เช่น เทคโนโลยีทางการแพทย์ เทคโนโลยีทางการเกษตร เทคโนโลยีทางการอุตสาหกรรม เป็นต้น ในวงการศึกษาก็เช่นเดียวกัน มีปัญหาต่างๆ มากมายที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขจึงเกิดเทคโนโลยีทางการศึกษาขึ้น ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการศึกษามีความเจริญก้าวหน้าและได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วการเรียนการสอนที่ใช้เทคโนโลยีทางการศึกษา ได้มีบทบาทสำคัญอย่างสูง ในสังคมการศึกษาทั้งในระบบการศึกษาและนอกระบบการศึกษา ทุกประเทศต่างก็มีการพัฒนาสื่อการศึกษาของตนเองให้มีความหลากหลายและทันสมัยอยู่เสมอ เป็นศาสตร์ที่ประยุกต์เอาวิชาการต่างๆ มาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกิดจากการออกแบบการสอนตามหลักการออกแบบการเรียนการสอน เทคโนโลยีการศึกษา เป็นคำที่มาจากคำสองคำ คือ เทคโนโลยี ที่มีความหมายว่าเป็นศาสตร์แห่งวิธีการ ซึ่งมีได้มีความหมายว่าเป็นศาสตร์แห่งเครื่องมือเพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงวัสดุและวิธีการด้วย เมื่อมาเชื่อมกับคำว่า การศึกษา เกิดเป็นคำใหม่ที่มีความหมายว่า การประยุกต์เครื่องมือ วัสดุ และวิธีการไปส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ ตลอดจนการจัดสภาพแวดล้อมใหม่เพื่อการเรียนรู้ การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ (อลงกรณ์ หาญรินทร์, 2547 : 2) ดังนั้นในการเรียนการสอนจะบรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ผู้สอน เนื้อหา ผู้เรียน ซึ่งการมีสื่อการเรียนการสอนที่น่าสนใจจะช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม และช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชานั้นดีขึ้น

แต่ปัญหาในการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวในปัจจุบันคือผู้พัฒนาต้องมีความรู้พื้นฐานในการเขียนโปรแกรมมาเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นภาษา C หรือระบบปฏิบัติการแบบต่างๆ เช่น Android และยังต้องใช้เวลาในการศึกษาค้นคว้าอีกทั้งความซับซ้อนของซอฟต์แวร์และงานที่จะสร้างทำให้นักเรียน นักศึกษา หรือผู้ที่สนใจที่จะนำระบบสมองกลฝังตัวไปทดแทนระบบควบคุมอัตโนมัติแบบเดิมๆ ต้องประสบปัญหา แต่ในปัจจุบันนี้มีการสร้างและพัฒนาโปรแกรมที่สามารถมาทดแทนการเขียนโปรแกรมแบบเดิมๆ ที่ต้องทำงานแบบ Command Line ให้อยู่ในรูปแบบของการเขียนโปรแกรมแบบกราฟฟิก (Graphic Programming) โดยการเขียนโปรแกรมสร้างชุดคำสั่งแบบ Block Diagram ซึ่งใน 1 Block ของโปรแกรมจะสามารถแทนคำสั่งในแบบเดิมๆ ได้หลายบรรทัด ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นกว่าเดิมมาก และยังมีการสร้าง Toolbox หรือคำสั่งเพิ่มเติมมาเสริมในอนาคตได้อีกมากมาย การเขียนโปรแกรมในแบบนี้จะมาทดแทนการเขียนโปรแกรมแบบเดิมได้เป็นอย่างดี เช่น โปรแกรม Labview เป็นต้น นอกจากนี้โปรแกรม Labview ยังมีโปรแกรมอีกตัวหนึ่งซึ่งมีลักษณะคล้ายกันคือ Simulink ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมของโปรแกรม MATLAB ที่นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรส่วนใหญ่รู้จักกันดี ปัจจุบันโปรแกรม MATLAB ได้พัฒนาให้สามารถใช้งานได้อย่างหลากหลาย

เอกสารนี้ครอบคลุมหลายสาขาวิชา จึงทำให้มีการสร้างโปรแกรมเสริมเพื่อให้สามารถใช้โปรแกรม Simulink ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสามารถนำมาทดแทนการเขียนโปรแกรมภาษา C แบบเดิมๆ ได้ นั่นคือ Real-Time Workshop และ Real-Time Workshop Embedded Coder ซึ่งทั้งสองโปรแกรมนี้จะทำหน้าที่แปลงไฟล์ของ Simulink ที่อยู่ในรูปของ Block Diagram ให้เป็นโค้ดภาษา C โดยอัตโนมัติ

ผู้ทำการวิจัยจึงมีแนวคิดควรแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อพัฒนาผู้ที่ต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัวให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยนำการเขียนโปรแกรมรูปแบบเป็น Blockset ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์แทนการเขียนโปรแกรมแบบ Source Code ภาษาซี การเขียนโปรแกรมแบบ Blockset เป็นการเขียนโปรแกรมโดยการ ลาก คลิก และวาง ของบล็อกไดอะแกรมใน MATLAB simulink ร่วมกับ Waijung Blockset แทนการเขียนโปรแกรมด้วย Source Code ที่ละบรรทัด เพื่อลดความซับซ้อนและรวดเร็วในการเขียนหรือแก้ไขโปรแกรมสามารถเรียนรู้ได้ง่ายสำหรับผู้เข้ารับการอบรมและการเกิดข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมนั้นมีน้อยกว่าการเขียนโปรแกรมแบบ Source Code

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อพัฒนาการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรม จึงได้นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มาใช้ในกระบวนการอบรมเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงทำให้สามารถพัฒนาหรือสร้างระบบสมองกลฝังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยไม่ต้องมีความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมภาษา C ทำให้สะดวกเป็นอย่างยิ่ง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพระดับดีขึ้นไป ( $\bar{x}=3.50$ )

1.3.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่พัฒนาขึ้นมีค่าสูงกว่าเกณฑ์  $E_1/E_2$  ที่กำหนด ไม่ต่ำกว่า 80/80

1.3.3 ผู้เข้ารับการอบรมที่อบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรม

## 1.4 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้หลักสำคัญคือการพัฒนาความสามารถในการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink แทนการเขียนโปรแกรมแบบ Source Code ภาษาซี ของผู้เข้ารับการอบรมให้มีทักษะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และพัฒนาไปงานการทดลองให้สอดคล้องกับชุดทดลองมากยิ่งขึ้น และหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิด ขั้นตอนที่ 1, 2, 5, 6 และ 7 ของ (วัลลภ จันทระกุล. 2543 : 11) มาเป็นแนวทางสำหรับดำเนินการพัฒนาชุดทดลองโดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

- (1) การกำหนดขอบข่ายเนื้อหา
- (2) การกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์
- (3) การออกแบบ และสร้างชุดทดลอง
- (4) การทดลองใช้ชุดทดลอง
- (5) การหาประสิทธิภาพ
- (6) การวัดผลสัมฤทธิ์

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

### 1.5.1 ขอบเขตของเนื้อหา

ขอบเขตของเนื้อหาองค์ประกอบของเนื้อหาชุดฝึกอบรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเนื้อหาการอบรมออกเป็นไปงานการทดลองตามลำดับได้ดังนี้

- ไปงานที่ 1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น
- ไปงานที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset
- ไปงานที่ 3 การใช้งานโปรแกรม Simulink สร้างสัญญาณพัลส์
- ไปงานที่ 4 การควบคุมหลอดแสดงผล LED
- ไปงานที่ 5 การรับค่าสัญญาณดิจิตอล
- ไปงานที่ 6 การควบคุมหลอดแสดงผล 7 SEGMENT
- ไปงานที่ 7 การควบคุมจอแสดงผล LCD
- ไปงานที่ 8 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก
- ไปงานที่ 9 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อกควบคุมหลอดแสดงผล LED
- ไปงานที่ 10 การสร้าง Digital Voltmeter แสดงผลบน LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.2.1 ประชากร ในการวิจัยคือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียง (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 166 คน

1.5.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยคือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียง (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

### 1.5.3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรม โดย MATLAB Simulink

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

## 1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink หมายถึง ชุดทดลองที่ใช้ฝึกอบรม ประกอบด้วย ชุดทดลอง ใบงานการทดลอง แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม

1.6.2 Waijung Blockset หมายถึง โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบบล็อกโคแอะแกรมที่ใช้งานร่วมกับ MATLAB Simulink

1.6.3 MATLAB Simulink หมายถึง เป็นโปรแกรมส่วนที่ต่อยอดขึ้นมาจาก MATLAB เป็นโปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานของระบบ

1.6.4 คุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อชุดทดลอง ที่สร้างขึ้น โดยเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต้องมีค่าเฉลี่ยระดับดีขึ้นไป ( $\bar{x}=3.50$ ) จึงจะถือว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ

1.6.5 ประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink หมายถึง อัตราส่วนของประสิทธิภาพระหว่างค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างการอบรม แต่ละใบงานกับค่าคะแนนเฉลี่ยของใบงานสุดท้าย สรุปแล้วหมายถึง  $E_1$  และ  $E_2$  คือประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เกณฑ์ที่กำหนดคือ  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80

$E_1$  หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนได้มาจากสองส่วนรวมเป็น 100% คือ คะแนนที่ได้ทำแบบทดสอบท้ายใบงาน 25% และการประเมินผลการปฏิบัติ 75% โดยระหว่างการปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่ 1 - 9 ไม่ต่ำกว่า 80

E<sub>2</sub> หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนได้มาจากสองส่วนรวมเป็น 100% คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 25% และการประเมินผลการปฏิบัติใบงานการทดลองที่ 10 เป็นใบงานการทดลองที่รวมทั้ง 9 ใบงานเข้าด้วยกัน 75% ไม่ต่ำกว่า 80

1.6.6 ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารการปฏิบัติงาน และการสั่งงานเพื่อใช้ร่วมกับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ประกอบด้วย ชื่อใบงาน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ทฤษฎีเบื้องต้นเนื้อหา ขั้นตอนการทดลอง สรุปผลการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง

1.6.7 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหาในหลักสูตรการอบรม ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ และมีจำนวนแบบทดสอบครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งหมด จำนวน 50 ข้อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพหาประสิทธิภาพ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ารวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

- 2.1 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2.2 ทฤษฎี MATLAB/Simulink
- 2.3 การวิจัยเชิงทดลอง
- 2.4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง
- 2.5 การวัดและประเมินผล
- 2.6 การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรส่งสัญญาณเอาต์พุต รวมถึงหน่วยความจำวงจรถ่ายเก็บคำสั่งสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี โดยไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำสองคำรวมกันคือ “ไมโคร” ซึ่งหมายถึงไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็กภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU ประกอบด้วยหน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างเป็นอิสระ

#### 2.1.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 6 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

##### 2.1.1.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

##### 2.1.1.2 หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้

สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานขดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็น

หน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม

2.1.1.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะใช้การกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

2.1.1.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

2.1.1.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการทำงานจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.1.1.6 ส่วนพิเศษอื่นๆ จะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่จะผลิตขึ้นมาใส่คุณสมบัติพิเศษลงไปเช่น

(1) ADC (Analog to Digital) ส่วนภาครับสัญญาณอนาล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิทัล  
 (2) DAC (Digital to Analog) ส่วนภาคส่งสัญญาณดิจิทัลแปลงไปเป็นสัญญาณอนาล็อก  
 (3) I2C (Inter Integrate Circuit Bus) เป็นการสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ ติดต่อสื่อสาร ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips Semiconductors โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ serial data (SDA) และสาย serial clock (SCL) ซึ่งสามารถ เชื่อมต่ออุปกรณ์ จำนวนหลายๆ ตัวเข้าด้วยกันได้ ทำให้ MCU ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น

(4) SPI (Serial Peripheral Interface) เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronize) มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องกับระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หรือจะเป็นอุปกรณ์ภายนอกที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ SPI อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) โดยปกติแล้วจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ หรืออาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ Master จะต้องควบคุมอุปกรณ์ Slave ได้ โดยปกติตัว Slave มักจะเป็นไอซี (IC) หน้าที่พิเศษต่างๆ เช่น ไอซีอุณหภูมิ ไอซีฐานเวลานาฬิกาจริง (Real-Time Clock) หรืออาจเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำหน้าที่ในโหมด Slave ก็ได้เช่นกัน

(5) PWM (Pulse Width Modulation) การสร้างสัญญาณพัลส์แบบสแควร์เวฟที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่และ Duty Cycle ได้เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์

(6) UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสสำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS-232

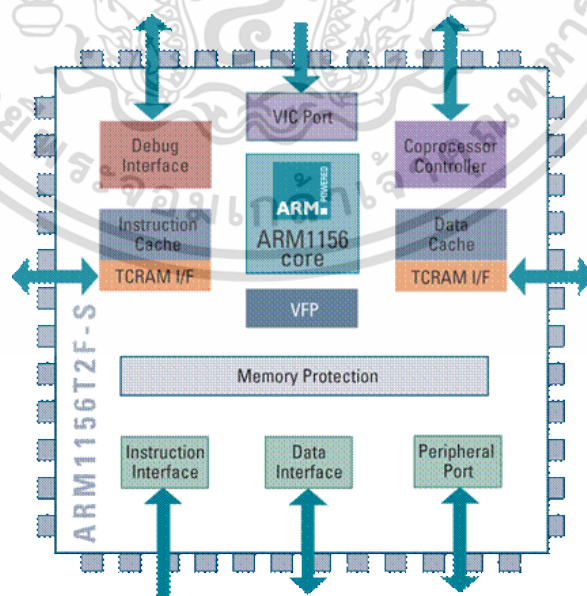
### 2.1.2 ประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีด้วยกันหลายประเภทแบ่งตามสถาปัตยกรรม (การผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล) ที่มีใช้ในปัจจุบันยกตัวอย่างดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip ไมโครชิป)
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel, Phillips)
3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7,ARM9 (บริษัทผู้ผลิต Atmel, Phillips, Analog Device, Sumsung, STMicroelectronics)
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)
6. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PSOC (บริษัทผู้ผลิต CYPRESS)
7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP (บริษัทผู้ผลิต Texas Intruments)
8. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC (บริษัทผู้ผลิต MOTOROLA)
9. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล H8 (บริษัทผู้ผลิต Renesas)
10. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล RABBIT (บริษัทผู้ผลิต RABBIT SEMICONDUCTOR)
11. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z80 (บริษัทผู้ผลิต Zilog)

### 2.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาม ARM

ARM CPU เป็นสถาปัตยกรรมของ Micro-Controller 32 บิต ที่ถูกออกแบบเป็นหน่วยประมวลผล ซึ่งได้แนวความคิดจาก RISC (Reduce Instruction Set Computer) เป็นโปรแกรมที่สามารถลดจำนวนคำสั่งให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้เกิดการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพ และรวดเร็ว เนื่องจากมีการประมวลผลแบบจุดภาค โดยแต่ละชุดคำสั่งจะทำงานเฉพาะตามคำสั่ง ที่โปรแกรมสั่งเท่านั้น โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM core

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ ARM จะต้องอยู่ภายในสภาวะใดสภาวะหนึ่ง กล่าวคือ เกิด ความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย ที่ทำให้การทำงานของโปรแกรมนั้น ไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ โดยหยุดการทำงานของคำสั่งปัจจุบันและย้ายตำแหน่งไปทำงานตาม Exception vector โดยระบบปฏิบัติการจะใส่การจัดการของแต่ละเอกเซปชันไว้ ซึ่งการที่จะเปลี่ยนสถานะสามารถทำได้โดยโปรแกรมหรือ การเกิด Interrub แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. User mode (usr) System (sys) เป็นโปรแกรมปกติ โดยโปรแกรมมีการจำกัดสิทธิ์บางอย่างไว้ เช่น ไม่สามารถ disable interrupt ดิสแอบเบิลอินเตอร์รัปท์ได้
2. FIQ mode (fiq) สำหรับโปรแกรมอินเตอร์รัปท์ที่ต้องการความเร็วในการบริการสูง เนื่องจากลำดับความสำคัญของ FIQ จะสูงกว่าตัวอื่น
3. IRQ mode (irq) สำหรับโปรแกรมอินเตอร์รัปท์ทั่วไป
4. Supervisor (svc) สำหรับระบบปฏิบัติการ เนื่องจากในโหมดนี้จะไม่มีการจำกัดในการเข้าถึงระบบ เราสามารถเข้าถึงโหมดนี้ได้โดยทางซอฟต์แวร์อินเตอร์รัปท์ (SWI)
5. Abort (abt) มีการป้องกันการทำงานของระบบ เมื่อมีการเข้าถึงหน่วยความจำที่ไม่มีอยู่จริง
6. Undefined (und) เมื่อมีการใช้คำสั่งที่ ARM ไม่รู้จัก คำสั่งจะถูกนำไปใช้ในการติดต่อกับ Co-processor ในแต่ละโหมดจะมีรีจิสเตอร์บางตัวที่มีการใช้งานร่วมกันแต่บางรีจิสเตอร์จะแยกเป็นรูปแบบที่แตกต่างกันไป

## 2.2 ทฤษฎี MATLAB/Simulink

### 2.2.1 MATLAB เบื้องต้น

MATLAB เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงเพื่อใช้ในการคำนวณทางเทคนิค MATLAB ครอบคลุมการคำนวณ การเขียนโปรแกรมและการแสดงผลรวมกันอยู่ในตัวโปรแกรมเดียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอยู่ในลักษณะที่ง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ลักษณะของการเขียนสมการในโปรแกรมก็จะเหมือนการเขียนสมการคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคยดีอยู่แล้วงานที่ทั่วไปที่ใช้ MATLAB ก็เช่นการคำนวณค่าการคำนวณทั่วไป การสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลในรูปกราฟทั้งโดยทั่วไปและกราฟทางด้านทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม สามารถสร้างโปรแกรมในลักษณะที่ติดต่อกับผู้ใช้ทางกราฟฟิก การทำงานของ MATLAB จะสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือการเขียนคำสั่งเข้าไปที่ละคำสั่ง เพื่อให้ MATLAB ประมวลผลไปเรื่อยๆ หรือสามารถที่จะรวบรวมชุดคำสั่งเรานั้นเป็นโปรแกรมก็ได้ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของ MATLAB ก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บในลักษณะของ Array คือในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเล็กๆ (หรือจะได้รับการแบ่งเป็น Element นั้นเอง) ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็น Array ใน MATLAB นี้ไม่จำเป็นที่จะต้องจอง Dimension เหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่อตัวไป ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของ Matrix และ Vector ได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เราลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมโดย C หรือ Fortran เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในแวดวงของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในปัจจุบัน ชื่อโปรแกรม MATLAB นั้นย่อมาจาก MATrix LABoratory โดย MATLAB นั้นได้เริ่มต้นขึ้นเพื่อต้องการให้เราสามารถแก้ปัญหาตัวแปรที่มีลักษณะเป็น Matrix ได้ง่ายขึ้น สำหรับ MATLAB ได้เริ่มพัฒนาครั้งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Dr. Cleve Moler ซึ่งเขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมาด้วยภาษา Fortran ได้โปรแกรมนี้ได้พัฒนาภายใต้โครงการ LINPACK และ EISPACK

### 2.2.1.1 ระบบการทำงานของ MATLAB

ในการทำงานของ MATLAB เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามจุดมุ่งหมาย MATLAB ได้แบ่งส่วนการทำงานของโปรแกรมออกเป็นส่วนหลักที่สำคัญ 5 ส่วนด้วยกัน ซึ่งแต่ละส่วนจะมีหน้าที่ควบคุมในการทำงานแบบหนึ่งๆ และประสานการทำงานระหว่างส่วนต่างๆ ไปพร้อมกัน สำหรับรายละเอียดในการทำงานของส่วนต่างๆ มีดังนี้

#### 2.2.1.1.1 Development Environment

เป็นชุดเครื่องมือที่ช่วยให้เราสามารถที่จะใช้ฟังก์ชัน และไฟล์ต่างๆ โดยเครื่องมือหลายตัว ในนี้จะมีลักษณะเป็น graphical user interface ซึ่งรวมถึง MATLAB Desktop และ Command Windows, command history และ browsers สำหรับเพื่อใช้ดู help, workspace, files และ search path

#### 2.2.1.1.2 The MATLAB Mathematical Function Library

เป็นที่รวบรวมส่วนของโปรแกรมที่ได้รวบรวมเป็นไฟล์ย่อยๆ ใดไฟล์แต่ละไฟล์จะเป็นไฟล์ที่เขียนขึ้นมาเพื่อใช้กำหนดลักษณะในการคำนวณหรือ Algorithms แบบต่างๆ นับจากฟังก์ชันง่าย ๆ เช่นการบวก ฟังก์ชันตรีโกณมิติพื้นฐาน เช่น sine, cosine ไปจนถึงฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนมีขั้นตอนในการคำนวณมากมาย เช่นการหา inverse ของ matrix การหา eigenvalues และ eigenvector หรือ fast Fourier transforms เป็นต้น

#### 2.2.1.1.3 The MATLAB Language

เป็นภาษาระดับสูงที่ใช้ตัวแปรเป็น matrix หรือ array ซึ่งมีคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของโปรแกรม การทำงานของฟังก์ชัน การกำหนดโครงสร้างของตัวแปรแบบต่างๆ กำหนด input และ output ของโปรแกรม ซึ่งทั้งหมดนี้จะช่วยทำให้ในการเขียนโปรแกรม MATLAB แต่ละโปรแกรมจะเป็นโปรแกรมที่มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับโปรแกรมที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์เดียวกันแต่ผู้ใช้ต้องเขียนฟังก์ชันการทำงานทุกขั้นตอนขึ้นมา

#### 2.2.1.1.4 Handle Graphics

เป็นส่วนที่ใช้แสดงกราฟฟิกและรูปภาพต่างๆ รวมถึงคำสั่งระดับสูงที่ใช้ในการแสดงผลในสองและสามมิติการจัดรูปแบบในลักษณะ image processing การทำภาพเคลื่อนไหวนอกจากนี้ในส่วนนี้ยังได้รวมเอาภาษาในระดับต่ำไว้เพื่อให้เราสามารถปรับแก้รูปภาพต่างๆ ให้เป็นไปตามที่เราต้องการได้มากที่สุดรวมถึงการสร้าง Graphic User Interface ภายใต้การทำงานของ MATLAB

#### 2.2.1.1.5 The MATLAB Application Program Interface (API)

เป็น library ที่ให้เราสามารถที่จะเขียนโปรแกรมขึ้นในภาษา C หรือ Fortran แล้วมีการเชื่อมโยงการทำงานเข้ากับ MATLAB ซึ่งในส่วนนี้ยังได้รวมถึงการเขียนโปรแกรมขึ้นมาแล้วเรียกฟังก์ชันของ MATLAB ไปใช้งาน (dynamic linking), ซึ่งจะทำให้ MATLAB มีหน้าที่เหมือน engine ในการคำนวณ รวมถึงสามารถที่จะเขียนหรืออ่าน MAT-file ได้

### 2.2.1.2 เริ่มต้นใช้งาน MATLAB เบื้องต้น

เมื่อเข้ามาที่หน้าต่างโปรแกรม MATLAB จะเจอหน้าต่างคำสั่งเป็นหน้าต่างแรกที่พบ เมื่อเปิดโปรแกรม MATLAB การป้อนคำสั่งต่างๆ จะป้อนลงในหน้าต่างนี้ เพื่อทำการคำนวณและประมวลผลต่างๆ และเป็นหน้าต่างที่ใช้แสดงผลที่ได้จากการประมวลผล ยกเว้นรูปภาพซึ่งจะแยกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลในหน้าต่างกราฟ ในการป้อนคำสั่งสำหรับการประมวลผลของโปรแกรม MATLAB สามารถป้อนได้ 2 วิธีด้วยกันคือ เป็นการป้อนคำสั่งหรือค่าตัวแปรต่างๆ บนหน้าต่างคำสั่งทีละคำสั่งตามขั้นตอนของการแก้ปัญหา หรือเป็นการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ และชุดคำสั่งต่างๆ ที่ใช้ทำการประมวลผลตามขั้นตอนของการคำนวณเพื่อแก้ปัญหาลงในไฟล์ ซึ่งจะต้องเก็บไว้ด้วยนามสกุล .m โดยที่จะเรียกชุดตัวแปรและชุดคำสั่งทั้งหมดที่เขียนในลักษณะนี้ว่า โปรแกรม .m file สำหรับผู้ใช้โปรแกรมคำสั่ง MATLAB ครั้งแรก โปรแกรม MATLAB มีคำสั่งซึ่งช่วยดูลักษณะการใช้งานและความสามารถในการทำงานของโปรแกรม MATLAB และคำสั่ง Computer ซึ่งจะแสดงชนิดของเครื่อง Computer ที่กำลังใช้งานอยู่ในขณะนั้น นอกจากนี้ยังมีคำสั่ง Help ซึ่งจะอธิบายการใช้คำสั่งต่างๆ รวมถึงรูปแบบคำสั่งที่มีใช้ในโปรแกรม MATLAB สัญลักษณ์หนึ่งที่ใช้บ่อยในโปรแกรม MATLAB คือ % สัญลักษณ์ % เมื่อเป็นตัวแรกของคำสั่งหรือข้อความใดๆ จะเป็นเครื่องหมายที่บอกให้เครื่องทราบว่าไม่ต้องทำการประมวลผลใดๆ ต่อคำสั่งหรือข้อความที่อยู่หลังเครื่องหมายนี้ วัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องหมายนี้ก็เพื่อเป็นการเขียนคำอธิบายโปรแกรมในคำสั่ง ของบรรทัดต่อไปที่ได้เขียนไว้ ทั้งนี้เป็นการเตือนความจำ ถึงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม หรือผู้ที่จะนำโปรแกรมไปใช้ให้เข้าใจถึงตัวโปรแกรมที่เขียนนั้น หรือเรียกว่า Script file ซึ่งหมายถึงไฟล์ที่ถูกเก็บในรูปแบบของรหัส ASCII Code โดย m file หรือ Script file นี้ สามารถสร้างมาจากโปรแกรม Editor ใดๆ หรือโปรแกรม Word Processor ใดๆ ก็ได้ ในการเรียกใช้โปรแกรม m-file นี้ สามารถทำได้อย่างง่าย โดยเพียงแต่พิมพ์ชื่อของ m file โดยไม่ต้องตามด้วยนามสกุล .m ลงในหน้าต่างคำสั่ง โปรแกรม MATLAB ก็จะไปทำการอ่านคำสั่งใน m file ชื่อนั้นๆ และทำการประมวลผลไปที่ละบรรทัดจนจบโปรแกรม

## 2.2.2 SIMULINK เบื้องต้น

โปรแกรม MATLAB สามารถจำลอง ทดสอบ และวิเคราะห์การทำงานของระบบพลศาสตร์ในเชิงเวลา ได้โดยการใช้ Simulink ซึ่งเป็นเครื่องมือ Toolbox ที่อยู่ในโปรแกรม MATLAB โดยจะทำงานภายใต้หน้าต่างที่เป็นการเชื่อมต่อทางรูปภาพ (GUI) ของ Simulink เท่านั้นคำว่า Simulink มาจากคำสองคำคือ Simulation และ Link การใช้งาน Simulink จะกระทำโดยการนำ Block ในหน้าต่าง Library-Simulink มาต่อกันตามที่ต้องการและสามารถจำลองระบบได้ทั้งระบบที่เป็นเชิงเส้น ไม่เป็นเชิงเส้น ระบบเวลาต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องการจำลองระบบสามารถกระทำได้โดยป้อนอินพุตที่ป้อนเข้าไป

### 2.2.2.1 การเริ่มต้นใช้งาน SIMULINK เบื้องต้น

เริ่มต้นใช้งาน Simulink โปรแกรม MATLAB จะกำหนดชื่อหน้าต่าง Simulink โดยอัตโนมัติเป็น untitled หน้าต่าง Simulink นี้จะทำงานเชื่อมต่อกับหน้าต่างคำสั่งของโปรแกรม MATLAB โดย Simulink สามารถรับส่งข้อมูลผ่าน Workspace ของหน้าต่างคำสั่ง ในกรณีที่ระบบใช้ฟังก์ชันหรือ Block ที่เป็น To Workspace ตลอดจน Block ของหมวดหมู่ต่างๆ ที่ไม่ได้กำหนดค่าตัวเลข แต่กำหนดเป็นค่าตัวแปรในหน้าต่าง Simulink และเมื่อเก็บ (Save as) ระบบที่จำลองได้ด้วย Simulink โปรแกรม MATLAB จะกำหนดไฟล์ที่ทำการ Simulink เป็นชื่อไฟล์นามสกุล .mdl

## 2.3 การวิจัยเชิงทดลอง

ปรีวัตร เชื้อนแก้ว (2553 : 1) การวิจัยเชิงทดลองเป็นกระบวนการค้นหาความรู้ความจริงโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แบบหนึ่งซึ่งศึกษาความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในการทดลองที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่ได้รับการควบคุมอย่างรัดกุม เพื่อศึกษาว่าเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่จัดขึ้นนั้นเป็นสาเหตุที่แท้จริงของผลหรือปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงนั้นหรือไม่ โดยผู้วิจัยจะใช้วิธีการสังเกตเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในสภาพปกติ กับที่เกิดขึ้นในสภาพที่ได้รับการควบคุมตามเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นความจริงต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ในการอธิบาย ทำนายและควบคุมได้ในบรรดาประเภทของการวิจัยทั้งหมดการวิจัยเชิงทดลองเป็นการวิจัยที่มีความสำคัญมาก คือเป็นการวิจัยประเภทเดียวที่พยายามศึกษาผลกระทบของตัวแปรและเป็นประเภทเดียวที่มีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลในการศึกษาทดลอง ผู้วิจัยจะมองเห็นผลของตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียวที่ส่งผลต่อตัวแปรตามเพียง 1 ตัวหรือมากกว่า ตัวแปรอิสระในการวิจัยเชิงทดลองจะต้องพาดพิงถึงบ่อยๆ ในฐานะที่เป็นตัวแปรทดลอง (Experimental variable) หรือ ตัวแปรจัดกระทำ (Treatment variable) สำหรับตัวแปรตามนั้นเรียกว่า ตัวแปรเกณฑ์ (Criterion variable) หรือตัวแปรผลลัพธ์ (Outcome variable) จะนำเสนอผล (results) หรือผลลัพธ์ (Outcome) ที่ได้จากการศึกษาการวิจัยเชิงทดลองเป็นการศึกษาจากสาเหตุไปหาผล คือต้องการจะทราบว่าตัวแปรที่ศึกษานั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ เช่น ถ้าเกิด X แล้วจะต้องเกิด Y หรือไม่ (If X the Y) ดังนั้นถ้าจะกล่าวให้เห็นชัดขึ้นก็อาจกล่าวได้ว่า การวิจัยเชิงทดลองเป็นการวิจัยเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

### 2.3.1 ความมุ่งหมายทั่วไปของการวิจัยเชิงทดลอง

การวิจัยเชิงทดลองมีความมุ่งหมายที่สำคัญดังนี้

2.3.1.1 เพื่อค้นหาข้อเท็จจริงของสาเหตุที่ทำให้เกิดผล

2.3.1.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2.3.1.3 เพื่อนำผลการวิจัยไปสร้างเป็นกฎเกณฑ์ สูตร ทฤษฎี

2.3.1.4 เพื่อวิเคราะห์หรือค้นหาข้อบกพร่องของงานต่าง ๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3.1.5 เพื่อนำผลการทดลองไปใช้

### 2.3.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง

ในการวิจัยเชิงทดลองมักจะมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 2 ประเภทคือ

2.3.2.1 กลุ่มทดลอง (Experimental group) หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกระทำในการทดลอง

2.3.2.2 กลุ่มควบคุม (Control group) หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยจัดให้มีลักษณะเหมือนกลุ่มทดลอง แต่ไม่ได้รับการจัดกระทำ คงปล่อยให้เป็นไปตามสภาพธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง

### 2.3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง

ตัวแปรที่สำคัญในการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมี 3 ชนิดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent variable) เป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นเพื่อที่จะทำการทดลองว่าเป็น “สาเหตุ” หรือไม่ ตัวแปรอิสระนี้บางครั้งเรียกว่า ตัวแปรการทดลอง (Experimental variable) หรือตัวแปรจัดกระทำ

2.3.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) เป็นตัวแปรที่ต้องการทราบว่าเป็น “ผล” ที่เกิดจาก “สาเหตุ” หรือไม่

2.3.3.3 ตัวแปรเชื่อมโยง (Intervening variable) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวแปรสอดแทรก เกิดขึ้นจากกระบวนการทางจิตวิทยาาระหว่างดำเนินการทดลอง จึงไม่สามารถควบคุมตัวแปรชนิดนี้ได้และมีผลต่อพฤติกรรมที่แสดงออกมาด้วย จากการศึกษาที่ตัวแปรนี้เกิดขึ้นระหว่าง ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม จึงอาจเรียกว่า ตัวแปรภายใน ก็ได้ เช่น ความโกรธ ความวิตกกังวล การปรับตัว การจูงใจ เป็นต้น

#### 2.3.4 ตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรภายนอก (Extraneous variable)

เป็นตัวแปรที่เกิดขึ้นและอาจมีอิทธิพลต่อผลการทดลอง โดยที่ผู้วิจัยไม่ต้องการให้เกิดขึ้นหรือไม่ต้องการทราบ ตัวแปรชนิดนี้นักวิจัยสามารถกำหนดวิธีการควบคุมได้ จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวแปรควบคุม (Control variable) ตัวแปรแทรกซ้อนอาจเกิดขึ้นได้จากแหล่งต่าง ๆ กัน ดังนี้

2.3.4.1 จากกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มประชากร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทำให้เกิดตัวแปรแทรกซ้อนได้มากมาย เช่น อายุ ความรู้พื้นฐาน ระดับการศึกษา เชื้อชาติ บุคลิกภาพ สติปัญญา ความถนัด สภาพของครอบครัว ความสนใจ เจตคติ เป็นต้น

2.3.4.2 จากวิธีดำเนินการทดลองและการทดสอบในการวิจัยเชิงทดลอง วิธีดำเนินการทดลองและการทดสอบก็อาจมีตัวแปรแทรกซ้อนเกิดขึ้นด้วย เช่น ความผิดพลาดในวิธีดำเนินการคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ เวลาที่ใช้ทดสอบ ความลำเอียง ความคลาดเคลื่อนของเวลาที่ใช้ในการทดลอง

2.3.4.3 จากแหล่งภายนอก สิ่งแวดล้อมก็มีส่วนทำให้เกิดตัวแปรแทรกซ้อนในการวิจัยเชิงทดลองได้เหมือนกัน เช่น บรรยากาศขณะทดลอง เสียงรบกวน สถานที่ไม่เหมาะสม ฯลฯ แต่ตัวแปรแทรกซ้อนเหล่านี้ผู้ทำการวิจัยสามารถควบคุมได้

## 2.4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

วัลลภ จันทรตระกูล (2543 : 11)แนวทางในการออกแบบ สร้างชุดทดลอง โดยทั่วไปจะมี 2 แบบ คือ การออกแบบสร้างตามแบบนิยม (Conventional design) และแบบระเบียบวิธี (Methodical design) ความแตกต่างของ สองแนวทางนี้ คือ แนวทางแรกเป็นการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อกันมาไม่มีรูปแบบ หรือขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนแน่นอน แต่จะออกแบบกันตามความรู้ความเชี่ยวชาญแห่งตน จึงต่างจากแนวทางแบบที่สอง ซึ่งใช้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ คือ มีขั้นตอนงานที่เด่นชัดแน่นอนเป็นตรรกะและสามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับงานออกแบบสร้างในสาขาต่างๆ ได้ ดังนั้น การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิต ได้นำหลักวิชาการทางการออกแบบสร้าง มาประยุกต์เป็นหลักการที่มีขั้นตอนในการออกแบบสร้างเป็นขั้นตอนดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน เป็นขั้นตอนที่ต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง หรือสาธิต นั้นเกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้นในบางครั้ง ถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์มาแล้วโดยผู้อื่น เช่น บริษัทในต่างประเทศควรจะต้องศึกษารายละเอียดต่างๆ ด้วย เป็นต้น เมื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ แล้ว จึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ในลักษณะคำบรรยายแต่จะไม่ระบุรูปร่างลักษณะทางด้านเทคนิคอย่างเฉพาะเจาะจง ข้อมูลต่างๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขตคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้างก็ได้ บางครั้งอาจจะกำหนดเป็นข้อๆ ก็ได้ และสุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่าเกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

**ขั้นตอนที่ 2** กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์ จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นในข้อ 1 จำมาดำเนินการวิเคราะห์ คำบรรยายดังกล่าว เพื่อค้นหาค่าพื้นฐาน (Basic term) ซึ่งทำให้ทราบรายการหน้าที่ (Function element) ของอุปกรณ์ และได้กำหนดตัวรายการหน้าที่เป็นกลางทั่วๆ ไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่า ต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใดรูปร่างอย่างไร อย่างไรก็ตาม เฉพาะค่าพื้นฐานก็อาจจะไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะของอุปกรณ์ ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์ค่าประกอบสัมพันธ์ (Relation term) ด้วย

**ขั้นตอนที่ 3** ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงาน ได้ตามรายการหน้าที่ (Function element) เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด (Function carrier) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ วัสดุ (Materials) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) วิทยาการที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้คือ วิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ทางด้านกลไกล (Mechanic) เคมี ไฟฟ้า แสง เสียง ความร้อน เป็นต้น สิ่งที่จะต้องกำหนดอาจเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตซ์ง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ (Construction element) จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับเป็นทางเลือกต่างๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือกต่างๆ คือ การศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปทรงแบบต่างๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้นๆ อาจจะต้องมีการระดมสมอง (Brain strumming) ร่วมกัน ต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ แม้กระทั่งผลงานของผู้อื่น (บริษัท คู่แข่ง) ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นควรจะต้องพิจารณาเงื่อนไขบางประการ เช่น การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จความยากง่ายในการผลิต และค่าใช้จ่าย เป็นต้น นอกจากนั้นควรจะให้ชิ้นส่วนประกอบ บางชิ้น ทำหน้าที่ได้หลายๆ หน้าที่ด้วย สิ่งสำคัญยิ่งในจุดนี้ คือ การพยายามใช้ ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์บางอย่าง ที่มีอยู่หรือได้พัฒนามาแล้ว

**ขั้นตอนที่ 4** วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ เป็นขั้นตอนที่ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่างๆ โดยการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือก ซึ่งมีวิธีการ ที่แตกต่างกันออกไป การตัดสินใจเลือกสิ่งสำคัญคือ แนวทางหรือมาตรการในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ ก็แตกต่างกันไป ตามแต่ความสำคัญ หรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น จะเน้นทางด้านเทคนิคหรือด้านเศรษฐศาสตร์ การตัดสินใจเลือกจะต้องมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ ในการตัดสินใจเลือก จึงควรประกอบด้วยบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะประกอบต่างๆ จำนวนมาก อาจต้องทำการตัดสินใจเลือก ถึงสองขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นแรกตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบแต่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละชิ้น ชิ้นที่สองจะต้องวิเคราะห์ความเข้ากันได้หรือประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้เลือกมา แล้วจึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบย่อยๆ แต่ละชุด

**ขั้นตอนที่ 5** สร้างต้นแบบและตรวจสอบ จากผลลัพธ์การตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบในข้อ 4 จะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบโดยคร่าวๆ หรือเป็นแบบงานง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในบางครั้งขั้นตอนนี้อาจจะต้องมีการทดลองหรือทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ และจะทำให้ได้ข้อมูลด้านขนาด ระยะ รูปร่างของอุปกรณ์ ทางด้านอุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิคค้นหาข้อมูล (data) บางอย่าง เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามต้องการ นอกจากนี้ก็จะศึกษาพิจารณาเรื่องแนวทางการผลิตต่อไป รวมทั้งกฎความปลอดภัยต่างๆ ด้วย ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบจะนำไปใช้ประกอบในการเขียนเอกสารประกอบของอุปกรณ์

**ขั้นตอนที่ 6** เขียนแบบงาน ในกรณีที่พัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียว งานเขียนแบบอาจไม่จำเป็น แต่ถ้าหากจะทำการผลิต หรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานต่อไป งานเขียนแบบนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับการดำเนินการผลิต ดังนั้น แบบงานอุปกรณ์จะต้องมีแบบแยกชิ้นจนเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ เช่น ขนาด พิกัดความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น นอกจากนี้ต้องมีข้อมูลหมายเลขชิ้นส่วนทั้งที่จะต้องสร้างชิ้นใหม่และชิ้นส่วนมาตรฐาน ดังนั้น งานเขียนแบบจึงต้องมีการกำหนดระบบ เลขหมายแบบ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อยและแบบชิ้นเดียว ระบบในงานเขียนแบบมีความสำคัญต่อการคำนวณราคา การวางแผนการผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนและวัสดุของหน่วยงาน

**ขั้นตอนที่ 7** การเตรียมเอกสารประกอบอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบ และคู่มือการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและสอดคล้องตามจุดประสงค์ ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนจะต้องเตรียมเอกสารประกอบสำหรับใช้ในการสอนจากในขั้นตอนที่ 5 คือ การสร้างต้นแบบและตรวจสอบจะได้รับข้อมูลส่วนหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการจัดเตรียมเอกสารประกอบ และในภายหลังเมื่อได้ผลิตออกมาเป็นอุปกรณ์จริง ๆ แล้วก็ต้องนำมาหาข้อมูลต่างๆ ต่อไปอีก เอกสารประกอบที่จะต้องจัดเตรียม อาจกำหนดให้มีในลักษณะต่างๆ กัน ตามแต่ความมุ่งหมายของงาน โดยอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ คู่มือแนะนำการใช้งาน (Instruction sheet) เอกสารประกอบในการศึกษาทดลอง (ตำรา ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ใบเฉลยของผู้สอน และผู้เรียน เป็นต้น) Catalog และใบเอกสารเสนอลูกค้า (Prospect) ผู้ออกแบบสร้างอาจจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้จัดเตรียมเอกสาร แต่ในบางกรณีก็อาจจะต้องตั้งเป็นทีมงาน หรือให้ผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นฝ่ายพัฒนาขึ้นมา ผลงานที่ได้ดำเนินงานในขั้นตอนงานที่ 7 สามารถจะดำเนินการผลิตอุปกรณ์ในลักษณะการผลิตจำนวนมาก (Mass production) ได้ โดยที่การเตรียมเอกสารประกอบก็ดำเนินการควบคู่กันไป

จากขั้นตอนดังกล่าวผู้วิจัยได้นำการออกแบบชุดทดลองที่กล่าวมานั้น มาประยุกต์ใช้พัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink เช่น กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ สร้างต้นแบบและตรวจสอบ และเอกสารประกอบนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบการสอนที่สอดคล้องกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย คู่มือแนะนำการใช้งาน ใบงาน การทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

## 2.5 การวัดและการประเมินผล

### 2.5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) เป็นผลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในการจัดการศึกษา นักศึกษาได้ให้ความสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นดัชนีประการหนึ่งที่สามารถบอกถึงคุณภาพการศึกษา ดังที่ (ปริยทิพย์ บุญคง. 2546 : 7) กล่าวไว้พอสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบด้านสติปัญญา และองค์ประกอบด้านที่ไม่ใช่สติปัญญา ได้แก่ องค์ประกอบด้านเศรษฐกิจ สังคม แรงจูงใจ และองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญาด้านอื่น

ผลสัมฤทธิ์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำที่ต้องอาศัยทั้งความสามารถทั้งทางร่างกายและทางสติปัญญา ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนโดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวบุคคล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้จากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่นการสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรืออาจได้ในรูปของเกรดจากโรงเรียน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อน และระยะเวลานานพอสมควร หรืออาจได้จากการวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับ (ไพศาล หวังพานิช. 2536 : 89) ที่ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมหรือการสอบ จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถของบุคคลว่าเรียนแล้วมีความรู้เท่าใด สามารถวัดได้โดยการใช้แบบทดสอบต่าง ๆ เช่น ใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ข้อสอบวัดภาคปฏิบัติ สามารถวัดได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

2.5.1.1 การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติโดยทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสดงความสามารถดังกล่าว ในรูปของการกระทำจริงให้ออกเป็นผลงาน การวัดต้องใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ

2.5.1.2 การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหา ซึ่งเป็นประสบการณ์เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ สามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์

### 2.5.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2546 : 78-82) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐาน แต่เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่วัดผลนักเรียน คือเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ตนได้สอน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับแบบทดสอบที่ครูสร้างและมีหลายแบบแต่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

2.5.2.1 ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นแต่ละคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2 ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด ลักษณะทั่วไป ถือได้ว่าข้อสอบแบบกาถูก-ผิด คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

2.5.2.3 ข้อสอบแบบเติมคำ ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

2.5.2.4 ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

2.5.2.5 ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะทั่วไป เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

2.5.2.6 ข้อสอบแบบเลือกตอบ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้จะประกอบด้วย 2 ตอน ตอนนำหรือคำถามกับตอนเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผินๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543 : 96) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการทำงานเดียวกันว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง

### 2.5.3 หลักเกณฑ์ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากนักการศึกษาหลายๆ ท่าน ที่กล่าวถึงหลักเกณฑ์ไว้สอดคล้องกัน และได้ลำดับเป็นขั้นตอนดังนี้

2.5.3.1 เนื้อหาหรือทักษะที่ครอบคลุมในแบบทดสอบนั้น จะต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ได้

2.5.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้แบบทดสอบวัดนั้นถ้านำไปเปรียบเทียบกันจะต้องให้ทุกคนมีโอกาสเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นได้ครอบคลุมและเท่าเทียมกัน

2.5.3.3 วัดให้ตรงกับจุดประสงค์ การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรจะวัดตามวัตถุประสงค์ทุกอย่างของการสอน และจะต้องมั่นใจว่าได้วัดสิ่งที่ต้องการจะวัดได้จริง

2.5.3.4 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดความเจริญงอกงามของนักเรียน การเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าไปสู่วัตถุประสงค์ที่วางไว้ ดังนั้น ครูควรจะทราบมาก่อนเรียนนักเรียนมีความรู้ความสามารถอย่างไร เมื่อเรียนเสร็จแล้วมีความรู้แตกต่างจากเดิมหรือไม่ โดยการทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียน

2.5.3.5 การวัดผลเป็นการวัดผลทางอ้อม เป็นการยากที่จะใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบวัดพฤติกรรมตรง ๆ ของบุคคลได้ สิ่งที่ได้วัดได้ คือ การตอบสนองต่อข้อสอบ ดังนั้น การเปลี่ยนวัตถุประสงค์ให้เป็นพฤติกรรมที่จะสอบ จะต้องทำอย่างรอบคอบและถูกต้อง

2.5.3.6 การวัดการเรียนรู้ เป็นการยากที่จะวัดทุกสิ่งทุกอย่างที่สอนได้ภายในเวลาจำกัด สิ่งที่ได้วัดได้เป็นเพียงตัวแทนของพฤติกรรมทั้งหมดเท่านั้น ดังนั้นต้องมั่นใจว่าสิ่งที่วัดนั้นเป็นตัวแทนแท้จริงได้

2.5.3.7 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องช่วยพัฒนาการสอนของครู และเป็นเครื่องช่วยในการเรียนของเด็ก

2.5.3.8 ในการศึกษาที่สมบูรณ์นั้น สิ่งสำคัญไม่ได้อยู่ที่การทดสอบแต่เพียงอย่างเดียวการทบทวนการสอนของครูก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง

2.5.3.9 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรจะเน้นในการวัดความสามารถในการใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ หรือการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ

2.5.3.10 ควรใช้คำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและวัตถุประสงค์ที่วัด

2.5.3.11 ให้ข้อสอบมีความเหมาะสมกับนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น ความยากง่ายพอเหมาะ มีเวลาพอสำหรับนักเรียนในการทำข้อสอบ

#### 2.5.4 ชนิดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลัว่น สายยศและอังคณา สายยศ (2543 : 146) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนไปแล้วซึ่งมักจะ เป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง ซึ่งแบ่งแบบทดสอบประเภทนี้เป็น 2 ประเภท คือ

2.5.4.1 แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น เป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน เป็นการทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บทพรรณในส่วนใดจะได้สอนซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดเพื่อดูความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2.5.4.2 แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชา หรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้ง จนมีคุณภาพดีจึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้หลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใดๆ ก็ได้ แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอดถึงวิธีการ และยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วยทั้งแบบทดสอบของครูและแบบทดสอบมาตรฐาน จะมีวิธีการในการสร้างข้อคำถามที่เหมือนกัน เป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมในด้านต่างๆ ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

- (1) วัดด้านการนำไปใช้
- (2) วัดด้านการวิเคราะห์
- (3) วัดด้านการสังเคราะห์
- (4) ด้านการประเมินค่า

#### 2.5.5 การหาคุณภาพของแบบทดสอบ

ข้อสอบหรือแบบทดสอบที่ใช้ในบทเรียนไม่ว่าจะเป็นแบบทดสอบก่อนบทเรียน แบบทดสอบหลังบทเรียน หรือแบบฝึกหัดระหว่างบทเรียน หลังจากที่ผ่านมากระบวนการออกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สร้างขึ้นไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นว่าใบใช้ประโยชน์ทางการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนแล้ว ก่อนที่จะนำไปใช้งานจะต้องผ่านการทดสอบหาคุณภาพก่อน เนื่องจากแบบทดสอบเป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อีกทั้งยังใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนหากแบบทดสอบไม่มีคุณภาพ ย่อมส่งผลให้คุณภาพของบทเรียนไม่มีคุณภาพตามไปด้วยในทางตรงกันข้ามหากแบบทดสอบที่ใช้ในบทเรียนมีคุณภาพดี ย่อมส่งผลให้บทเรียนมีคุณภาพดีตามไปด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาบทเรียนในการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเรียนการสอนรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับวิธีการสอนแบบปกติ ย่อมต้องใช้แบบทดสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อถ่ายทอดผลการทดสอบที่เป็นจริง เนื่องจากสวอนี่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลการวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งหรือไม่ เพียงใดเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ไม่ว่าจะเป็นการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามเกณฑ์ที่นิยมกำหนดกันเพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานทั่วไป เช่น 90/90 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน หรือการตรวจวัดความคงทนทางการเรียน ล้วนเป็นผลมาจากคุณภาพของแบบทดสอบทั้งสิ้น ดังนั้น การหาคุณภาพของแบบทดสอบจึงเป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการอย่างรอบคอบและอาจจะต้องทำการทดสอบซ้ำๆ หลายครั้ง จนกว่าจะได้แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานและมีจำนวนข้อเพียงพอกับความต้องการ คุณภาพของแบบทดสอบ

#### 2.5.5.1 ความเที่ยงตรง (Validity)

ในงานวิจัย เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลต้องมีความเที่ยงตรงและสมบูรณ์ เครื่องมือต้องมีคุณภาพโดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อน เพื่อให้มีความตรง ความเที่ยง ถ้าเป็นเครื่องมือที่วัดความรู้ ต้องมีความยากและอำนาจจำแนกที่ชัดเจน การตรวจสอบเครื่องมือ มีวิธีการดังต่อไปนี้

(1) วิธีที่ไม่ใช้สถิติ ใช้การตรวจสอบความครอบคลุมของข้อคำถาม ภาษาที่ใช้เขียน หรือ ภาษาที่พูดการตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหา อาจจะใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวนกี่คนก็ได้ ตามความเหมาะสมตรวจสอบความถูกต้องของภาษาความเข้าใจของผู้ตอบ ให้ผู้ที่มีคุณสมบัติเหมือนผู้เป็นประชากรหรือผู้ที่ต้องตอบคำถามประมาณ ๒-๓ คน ว่าเข้าใจตรงกันหรือไม่เพียงไร มีความรื่นไหลเพียงใดในการตอบคำถาม

(2) วิธีที่ใช้สถิติความตรงเชิงเนื้อหา ใช้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องแล้ว นำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาค่าความสอดคล้องระหว่าง ข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือนิยาม (IOC : Item Objective Conguence Index) หรืออัตราส่วนความตรงเชิงเนื้อหา (CVR: Content Validity Ratio)

การหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแบบ IOC โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อคำถาม ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ด้านวัดผลประเมินผลหรือด้านวิจัย อาจใช้ด้านภาษาด้วย เพื่อพิจารณาด้านภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม จำนวนผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย ๓ คน ควรมีคุณสมบัติด้านคุณวุฒิที่จบปริญญาโท และ/หรือ เคยทำวิทยานิพนธ์หรืองานวิจัย ควรประสานกับผู้เชี่ยวชาญก่อนเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญยินดีช่วย ต้องทำคำชี้แจงและหนังสือนำตามหลักปฏิบัติ และที่สำคัญ คือ รูปแบบของเครื่องมือที่จะให้ตรวจสอบจะต้องถูกต้องครบถ้วน โดยเฉพาะนิยามหรือวัตถุประสงค์ที่จะให้เปรียบเทียบ การพิจารณาใน 3 ประเด็น คือ เหมาะสม ไม่เหมาะสม และไม่แน่ใจ โดยพิจารณาข้อคำถามนั้นๆ วัดได้ตรงหรือสอดคล้องกับนิยามหรือไม่ พร้อมกับมีช่องว่างให้กรอกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสนอทั้งในรายข้อ รายด้าน และรวมทั้งฉบับ ใช้วิธีการกำหนดเป็นคะแนน (พูลทรัพย์ นาคานาคา. 2544 : 270)

|                                                                    |              |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|
| ถ้าข้อคำถามวัดได้ตรงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                       | ได้ +1 คะแนน |
| ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อว่าข้อคำถามนั้นวัดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ | ได้ 0 คะแนน  |
| ถ้าข้อคำถามวัดไม่ตรงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม                       | ได้ -1 คะแนน |

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

เมื่อ IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$  หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด  
 N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

การหาดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือมี 2 ประเภท คือ ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามรายข้อ (item-level CVI) และค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือทั้งชุด (scale-level CVI) โดยใช้คำย่อแทนค่าทั้งสองว่า I-CVI และ S-CVI (สุจิตรา เทียนสวัสดิ์. 2550 : 5)

$$S-CVI = \sum (I-CVI) / P \quad (2.2)$$

เมื่อ S-CVI หมายถึง ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือทั้งชุด  
 I-CVI หมายถึง ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามรายข้อ  
 $\sum$  หมายถึง ผลรวมของคะแนน  
 P หมายถึง จำนวนข้อคำถาม

## 2.6 การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน

เลิศ อานันท์นะ (2537 : 494) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอนว่า เป็นคำที่มาจากภาษาอังกฤษ Developmental Testing (การตรวจสอบพัฒนาการเพื่อให้งานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ) หมายถึง การนำชุดการสอนไปทดลองใช้ (Try out) เพื่อปรับปรุงแล้วจึงนำไปสอนจริง (Trail run) นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข เสร็จแล้วจึงผลิตออกมาเป็นชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพ การทดลองใช้ หมายถึง การนำชุดการสอนที่ผลิตเป็นต้นแบบไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของชุดการสอนให้เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การทดลองสอนจริง หมายถึง การนำชุดการสอนที่ทำการทดลองใช้และปรับปรุงแล้วของทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียน หรือในสถานการณ์เรียนที่แท้จริงความจำเป็นที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพในระบบการผลิตทุกประเภทจะต้องมีการตรวจสอบเสียก่อน เพื่อเป็นการประกันว่าจะมีประสิทธิภาพจริงตามที่มุ่งหวังไว้ การทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอนมีความจำเป็นสำหรับผู้ผลิต ผู้ใช้ ซึ่งแยกอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับหน่วยงานผลิตชุดการสอน เป็นการประกันคุณภาพของชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นที่พอเหมาะที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมากหรือไม่ หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนถ้าผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ดี ก็จำเป็นต้องทำใหม่ เป็นการสิ้นเปลืองเวลา แรงงาน และเงินทุน

สำหรับผู้ที่ใช้ชุดการสอน ก่อนนำชุดการสอนไปใช้ ครูควรมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้ชุดการสอนที่ค่าทางการสอนจริงตามที่เกณฑ์กำหนดไว้

สำหรับผู้ผลิตชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่าเนื้อหาที่บรรจุลงในชุดการสอนเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ ช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงงาน แรงสมอง เวลา และเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

### 2.6.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2531 : 135-140) อธิบายถึงเกณฑ์และการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนไว้ดังนี้เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจ หากชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงว่าชุดการสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอน และคุ้มค่ากับการลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ ทำโดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งประเมินออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องจะเป็นการกำหนดค่าของประสิทธิภาพ  $E_1$  ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายจะกำหนดค่าเป็น  $E_2$  คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องเป็นการประเมินผลพฤติกรรมย่อย หลายพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า กระบวนการ(Process) ของผู้เรียนโดยสังเกตจากรายงานกลุ่ม การรายงานบุคคลหรือจากการปฏิบัติตามที่ได้รับมอบหมาย ตลอดจนทำกิจกรรมอื่นๆ ที่ครูผู้สอนได้กำหนดไว้ ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายเป็นการประเมินผลลัพธ์(Product) ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากผลการสอบหลังเรียน และสอบปลายปีและปลายภาค

ประสิทธิภาพของชุดการสอน จะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ครูผู้สอนคาดว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยคะแนนการทำงานและการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ผลการทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด สรุปแล้วหมายถึง  $E_1$  และ  $E_2$  คือประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์

### 2.6.2 วิธีคำนวณหาประสิทธิภาพ

ในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนโดยใช้เกณฑ์  $E_1/E_2$  เป็นวิธีการที่สามารถชี้วัดประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน ได้ทั้งภาพรวมในลักษณะกว้าง และวัดส่วนย่อยเป็นรายจุดประสงค์ทำให้ได้ผลการวัดที่ชัดเจน นำข้อมูลที่ได้มาเป็นเครื่องตัดสินใจได้โดยไม่ต้องใช้วิธีการอื่นมาประกอบให้เกิดการซ้ำซ้อนอีก เกณฑ์ที่ใช้คือ  $E_1/E_2$  อาจเท่ากับ 80/80 หรือ 90/90 หรืออื่นๆอีกก็ได้ แต่ถ้ากำหนดเกณฑ์ไว้ต่ำเกินไปอาจทำให้ผู้ใช้บทเรียนไม่เชื่อถือคุณภาพของบทเรียน การหาค่า  $E_1$  และ  $E_2$  มีวิธีการคำนวณหาค่าร้อยละ โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$E_1 = \left[ \frac{\sum X}{N} \right] \times 100 \quad (2.3)$$

โดยที่  $E_1$  คือประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในชุดการสอนคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึกหัดและหรือประกอบด้วกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน

$\sum X$  คือ คะแนนจากการทำแบบฝึกหัดและหรือการประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดและหรือกิจกรรมการเรียนรู้

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \left[ \frac{\sum F}{N} \right] \times 100 \quad (2.4)$$

โดยที่  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เรียนหลังการเรียนด้วยชุดการเรียนการสอน) คิดเป็นอัตราส่วนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนและหรือประกอบกิจกรรมหลังเรียน

$\sum F$  คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนและหรือการประกอบกิจกรรมหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียนและหรือกิจกรรมหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ์ (2528 : 215) เกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ผลิตได้นั้น กำหนดไว้ 3 ระดับ

(1) สูงกว่าเกณฑ์เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ค่าเกิน 2.5% ขึ้นไป

(2) เท่ากับเกณฑ์เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5%

(3) ต่ำกว่าเกณฑ์เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนต่ำกว่าเกณฑ์แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5% ถือว่ายังมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพ หรือการหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนของชุดฝึกหรือชุดทดลองหลายเรื่องด้วยกัน สรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรมชัย คงตัน (2554 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 24 คน ผลจากการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.64 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และด้านใบงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.50 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และมีประสิทธิภาพ 80.92/82.46 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ประเสริฐ กลมภพตระกูล (2555 : 3-9) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458 ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคนิคคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 22 คนที่ลงทะเบียนเรียน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลจากการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 กับการปฏิบัติการทดลอง ความคิดเห็นในด้านความสมบูรณ์ของข้อมูลภายในใบงาน มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.51 สามารถออกแบบใบงานทดลองได้เหมาะสมกับการใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

ธนานันต์ ชูแสง (2555 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 80/80 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือ บอร์ดทดลอง แบบประเมินคุณภาพ ใบงานการทดลองจำนวน 5 ใบงาน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพของชุดทดลอง ผลจากการวิจัยพบว่า ชุดทดลองเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง ในระดับ ดีมาก ( $\bar{x} = 4.63$ , S.D. = 0.53) และ ด้านใบงานอยู่ในระดับดี ( $\bar{x} = 4.47$ , S.D. = 0.51) ส่วนมีประสิทธิภาพของชุดทดลองหรือ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 81.87/82.40 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยคือ 80/80

พรดา บุตรวงศ์ (2556 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาคุณภาพชุดปฏิบัติการ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิทยาลัยเทคนิคคูเมือง รายวิชาหลักการสื่อสารดาวเทียม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2546) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าคุณภาพชุดปฏิบัติการเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิทยาลัยเทคนิคคูเมืองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ด้านวิศวกรรมมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.80 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.21 ด้านใบงานการทดลองและคุณภาพแบบประเมินความสามารถทางการเรียนมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.74 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.29 และผลการประเมินความสามารถทางการเรียนภาคปฏิบัติจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.46 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วีระพล สวัสดิ์วงศ์ (2555 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาและหาคุณภาพประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ  $E_1/E_2$  ไม่ต่ำกว่า 80/80 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 11คน ผลจากการวิจัยพบว่า คุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913 ด้านบอร์ดทดลอง ( $\bar{x} = 4.73$  ,S.D. = 0.44 ) และ ด้านใบงาน ( $\bar{x} = 4.55$  ,S.D. = 0.37 ) อยู่ในระดับดีมาก ส่วนประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913 มีค่าเท่ากับ 82.10/84.78 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย คือ ไม่ต่ำกว่า 80/80

วิระศักดิ์ วัตถุ (2554 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการสร้าง หาคุณภาพ และหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง MCS-51 ผ่านพอร์ต USB ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลอง MCS-51 ผ่านพอร์ต USB ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก( $\bar{x} = 4.69$  , S.D. = 0.41) และคุณภาพด้านใบงานอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.53$  , S.D. = 0.48) และประสิทธิภาพของชุดทดลอง  $E_1/E_2$  เท่ากับ 85.30/87.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

วิศาสตร์ ปุณญา (2554 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของผู้เรียนที่เรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 2 วิทยาลัยการอาชีพขอนแก่น ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 19 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ มีประสิทธิภาพ 81.04/80.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยการทดสอบค่าที่ (t – test) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ศิริวรรณ คำภักดี (2554 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองดิจิทัล CPLD XL9572 สำหรับวิชาดิจิทัลเทคนิค รหัสวิชา 3105-1004 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคนิคคอมพิวเตอร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ. 2546 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ จำนวน 50 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดทดลองวงจรดิจิทัลโดยใช้ CPLD เบอร์ XC9572XL ที่สร้างขึ้น วิเคราะห์จากคะแนนเฉลี่ยรวมของแบบทดสอบระหว่างการทดลอง และ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 81.05/80.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และเมื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสถิติที่ (t-test) พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ศณญา สีก่อม (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (03376308) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยเลือกแบบเจาะจง ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียนรู้ ละ 18 คน รวม 36 คน ซึ่งจัดเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง สูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพหาประสิทธิภาพ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ
- 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากร ในการวิจัยคือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 166 คน

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยคือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย

3.2.1 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink สำหรับการอบรมเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ผู้วิจัยนำมาทดลองซึ่งประกอบด้วย

1. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0
2. ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน
3. แบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงาน

#### 3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

#### 3.3.1 การสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาโครงสร้างและฟังก์ชันของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำหนดหัวข้อการใช้งาน และนำมากำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดตลอดจนวิธีการสร้างชุดทดลองจากตำรา และเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์จากจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้เลือกอุปกรณ์ที่นำมาสร้างเป็นชุดทดลองมีวงจรดังนี้ วงจรทดสอบเอาต์พุต LED วงจรทดสอบอินพุตสวิตช์ วงจรหลอดแสดงผล 7segment วงจรควบคุมจอแสดงผล LCD และวงจรรับคำสั่งสัญญาณแอนะล็อก

3.3.1.3 สร้างต้นแบบชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3.1.4 นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบหากมีข้อบกพร่องต้องทำการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

3.3.1.5 นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเรียบร้อยแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อประเมินหาคุณภาพ มีรายชื่อดังต่อไปนี้

(1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันติ ตันตระกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) อาจารย์ชูสกุล พรหมมาศ อาจารย์ประจำแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสหัสขันธ์ สังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

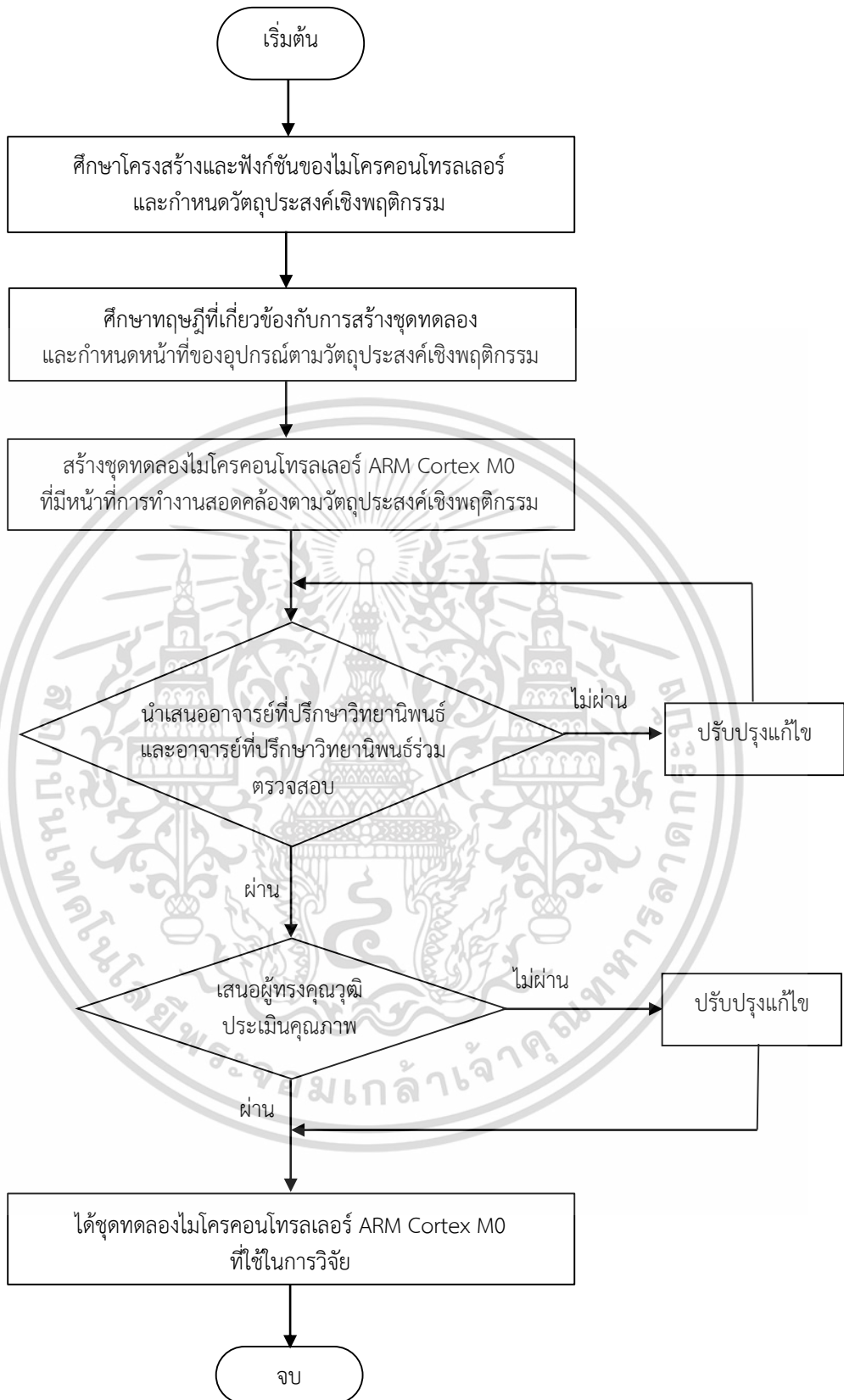
(3) อาจารย์ยุวเทน โชติเชื้อ รองหัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียง (อี.เทค)

โดยผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อข้อเสนอแนะดังนี้ ขนาดข้อความที่แสดงตำแหน่งของขาอุปกรณ์ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร

3.3.1.6 ปรับปรุงแก้ไขชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.3.1.7 ได้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink สำหรับการอบรมเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปใช้กับนักศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยต่อไป

จากขั้นตอนการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การสร้างใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำหนดหัวข้อการจัดกิจกรรมการอบรม

3.3.2.2 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการการออกแบบวิธีการสอนภาคปฏิบัติและเอกสารข้อมูลทางทฤษฎีทางด้านการสร้างใบงาน เพื่อนำมากำหนดแนวทางในการออกแบบและสร้างใบงานสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

3.3.2.3 สร้างใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ประกอบด้วยหัวข้อกิจกรรมการอบรมดังนี้

ใบงานที่ 1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น

ใบงานที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset

ใบงานที่ 3 การใช้งานโปรแกรม Simulink สร้างสัญญาณพัลส์

ใบงานที่ 4 การควบคุมหลอดแสดงผล LED

ใบงานที่ 5 การรับค่าสัญญาณดิจิทัล

ใบงานที่ 6 การควบคุมหลอดแสดงผล 7 SEGMENT

ใบงานที่ 7 การควบคุมจอแสดงผล LCD

ใบงานที่ 8 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก

ใบงานที่ 9 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อกควบคุมหลอดแสดงผล LED

ใบงานที่ 10 การสร้าง Digital Voltmeter แสดงผลบน LCD

โดยใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ทั้ง 10 ใบงานมีหัวข้อดังต่อไปนี้

(1) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

(2) ทฤษฎีเบื้องต้น

(3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

(4) ขั้นตอนการทดลอง

(5) สรุปผลการทดลอง

(6) คำถามท้ายการทดลอง

3.3.2.4 นำใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไข

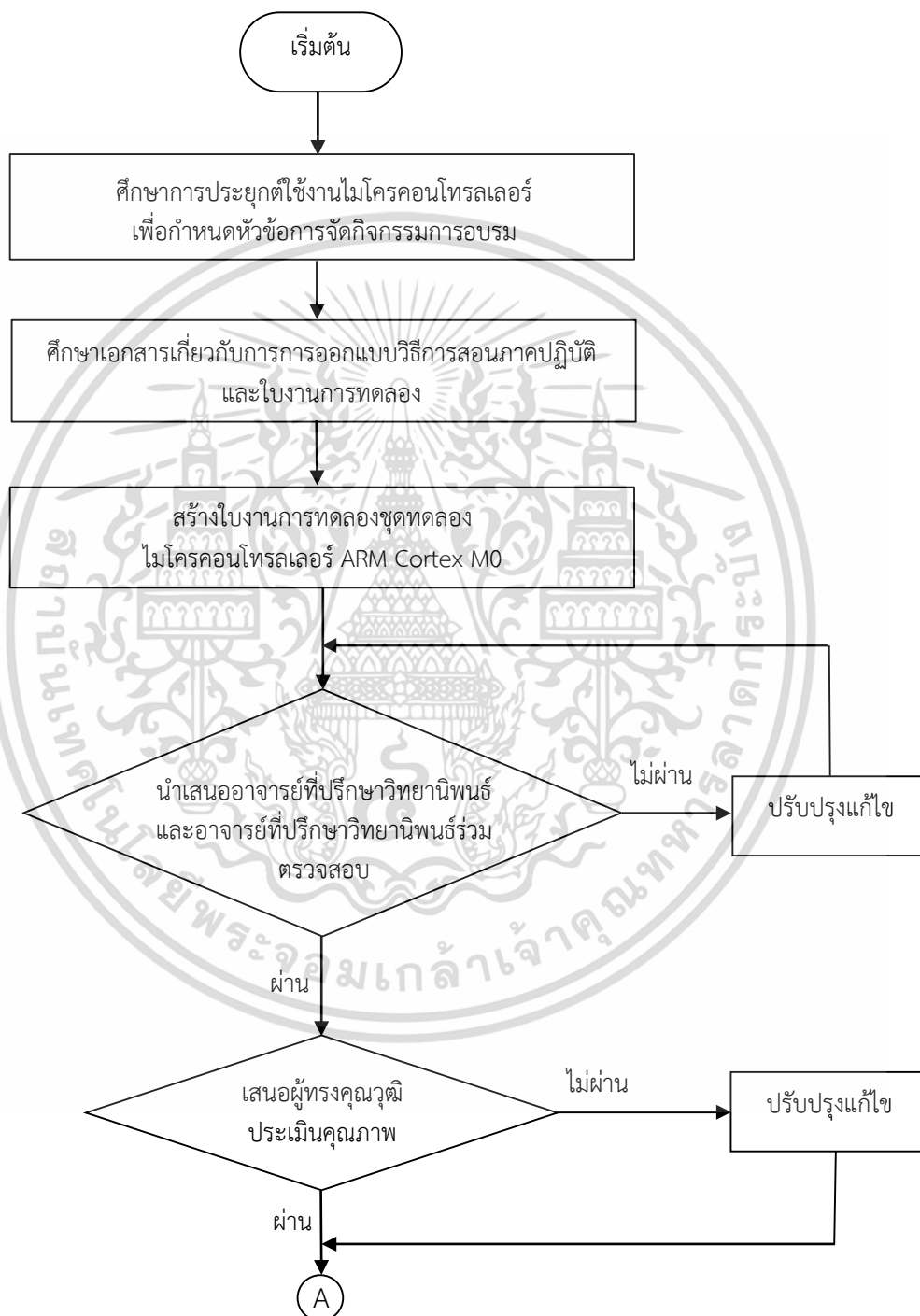
3.3.2.5 นำใบงานการทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อประเมินหาคุณภาพ

โดยผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อข้อเสนอแนะดังนี้ ขั้นตอนการทดลองใบงานบางส่วน ยังไม่ละเอียด แสดงขั้นตอนการทดลองไม่ชัดเจน และรูปภาพบางรูปไม่ชัดเจน

3.3.2.6 ปรับปรุงแก้ไขใบงานการทดลองตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

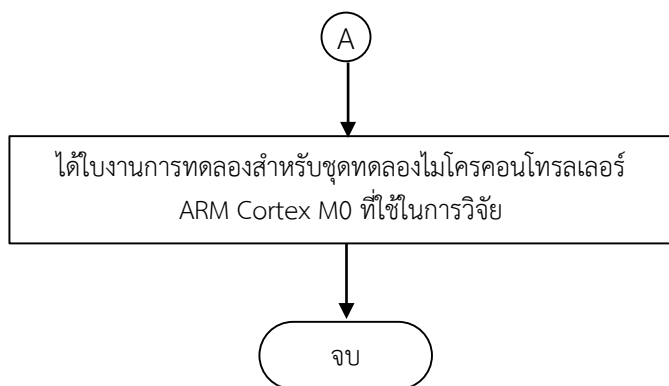
3.3.2.7 ได้ใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ไปใช้กับนักศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยต่อไป

จากขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 (ต่อ)

### 3.3.3 การสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงาน

3.3.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงาน เป็นแบบที่ใช้ประเมินผลทักษะการปฏิบัติงาน โดยใช้วิธีการสังเกตและตรวจสอบ

3.3.3.2 วิเคราะห์หัวข้อกิจกรรมการอบรม และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink เพื่อสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติใบงานการทดลอง

3.3.3.3 สร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานการทดลอง ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดของ (บุรพพร วงศ์เป็ง. 2557 : 46) แบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่สร้างขึ้นเป็นแบบวัดความสามารถแบบจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) มีเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถดังนี้

ระดับ 3 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ขอคำแนะนำจากผู้อบรม

ระดับ 2 สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง โดยขอคำแนะนำจากผู้อบรม

ระดับ 1 สามารถปฏิบัติงานได้ แต่ต้องการคำแนะนำจากผู้อบรมอย่างใกล้ชิด

ระดับ 0 ไม่สามารถปฏิบัติงานได้

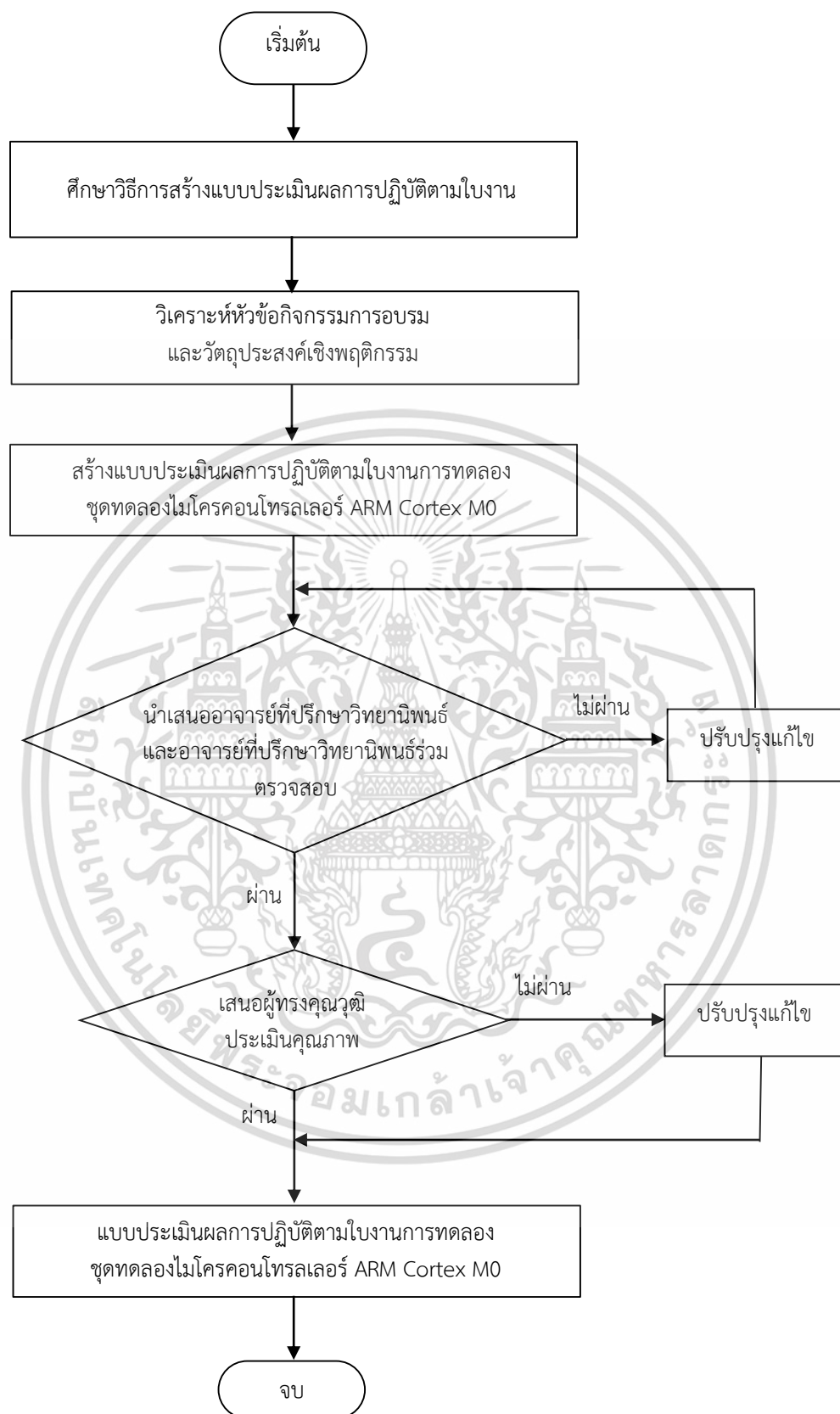
3.3.3.4 นำแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานการทดลอง เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.5 นำแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อประเมินหาคุณภาพ

3.3.3.6 ได้แบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานการทดลอง ที่ใช้เป็นเครื่องมือหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ในการอบรมเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยต่อไป

จากขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานการทดลอง ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

#### 3.3.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

3.3.4.2 กำหนดหัวข้อการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาหัวข้อแต่ละประเด็นมีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีลิเกิร์ต โดยแบบประเมินแต่ละด้านจะมีช่องให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินซึ่งการประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

##### (1) ระดับคะแนนความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยกับคุณภาพในระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยกับคุณภาพในระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยกับคุณภาพในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยกับคุณภาพในระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยกับคุณภาพในระดับน้อยที่สุด

##### (2) เกณฑ์ระดับคุณภาพของชุดทดลอง

ระดับ 4.50-5.00 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ระดับ 3.50-4.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

ระดับ 2.50-3.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 1.50-2.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1.00-1.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับน้อยที่สุด

โดยเกณฑ์ที่กำหนดคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพระดับดีขึ้นไป ( $\bar{x}=3.50$ )

3.3.4.3 สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ประกอบด้วย

(1) แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

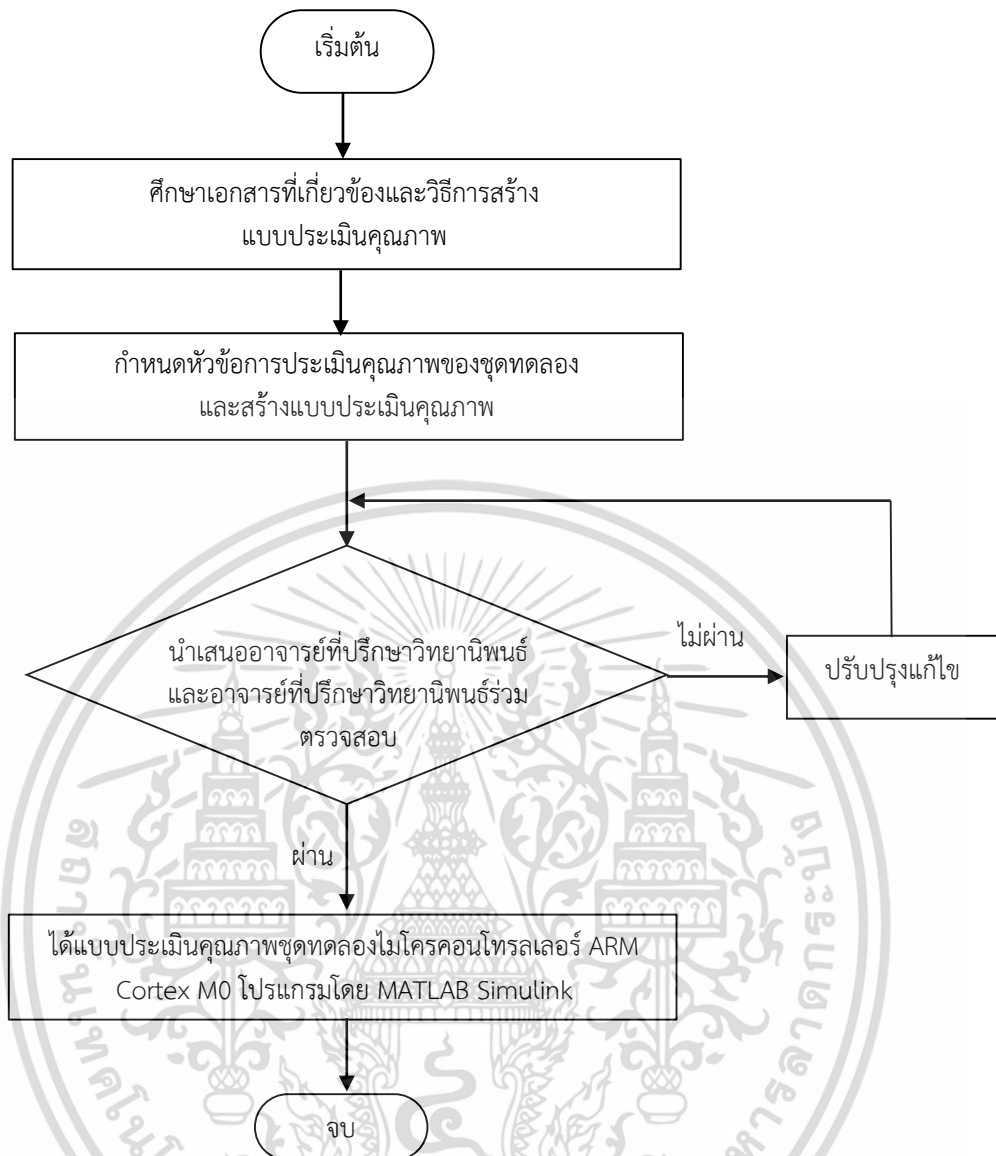
(2) แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง จำนวน 10 ใบงาน

(3) ประเมินคุณภาพแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.3.4.4 นำแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไข

3.3.4.5 ได้แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยต่อไป

จากขั้นตอนการสร้างการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

### 3.3.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

#### 3.3.5.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.3.5.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละใบงาน จำนวน 120 ข้อ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเข้ารับการอบรมและหลังอบรมจำนวน 65 ข้อ โดยมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก เกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งตัวเลือกให้ 0 คะแนน

#### 3.3.5.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และปรับปรุงแก้ไข

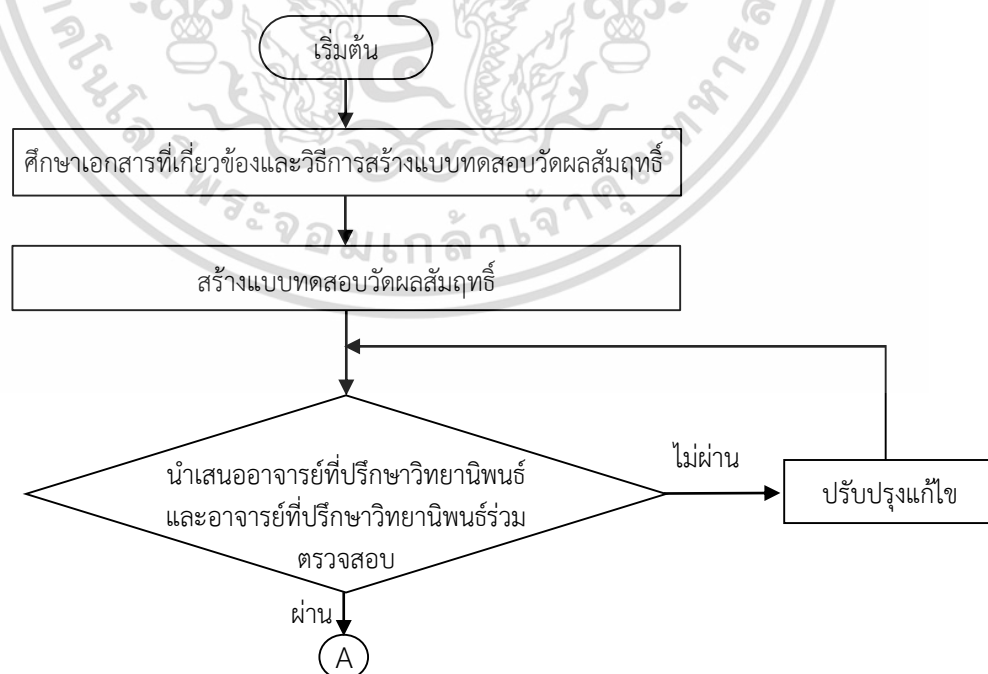
3.3.5.4 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อประเมินหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (พูลทรัพย์ นาคานาคา. 2544 : 270) ใช้สูตรดังนี้

|                                                          |              |
|----------------------------------------------------------|--------------|
| ถ้าข้อความวัดได้ตรงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม              | ได้ +1 คะแนน |
| ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ | ได้ 0 คะแนน  |
| ถ้าข้อความวัดไม่ตรงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม              | ได้ -1 คะแนน |

โดยเกณฑ์การเลือกข้อสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป หากค่าดัชนีความสอดคล้องได้น้อยกว่า 0.5 จะต้องปรับปรุงแก้ไขหรือตัดออก

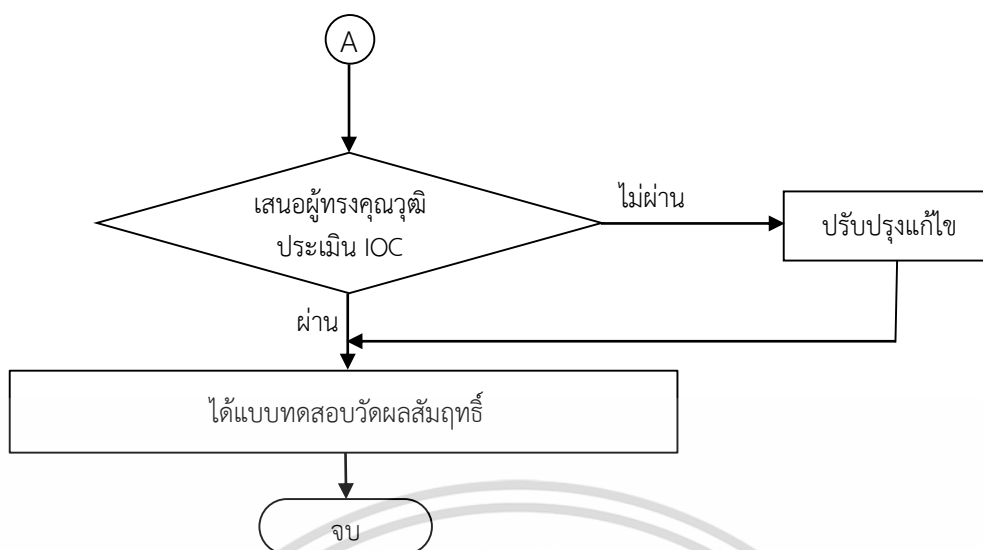
3.3.5.5 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพื่อนำไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมกับกลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยต่อไป โดยผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แบบทดสอบข้อที่มี IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน เห็นว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งผลการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจากแบบทดสอบทั้งหมด 65 ข้อได้ผลดังนี้ แบบทดสอบที่มีค่า IOC เท่ากับ 1 จำนวน 50 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 จำนวน 9 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 0.33 จำนวน 4 ข้อ และมีค่า IOC เท่ากับ 0.00 จำนวน 2 ข้อ ผู้วิจัยได้คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องที่มีค่า IOC เท่ากับ 1 ทั้ง 50 ข้อ มาเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมจำนวน 50 ข้อ

จากขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 (ต่อ)

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ยื่นคำร้องต่องานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย

3.4.2 นำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เข้าพบผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ขอความร่วมมือในการวิจัยและเข้าชี้แจงรายละเอียดต่าง ๆ กับผู้ทรงคุณวุฒิด้วยตนเอง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือในการทำวิจัย

3.4.3 นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย และประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.4.4 แจกกำหนดการ การดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้าน การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 40 คน โดยมีกำหนดการดังตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** กำหนดการ การดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

| ลำดับ | หัวข้อกิจกรรม                                                  | ว/ด/ป      | เวลา             |
|-------|----------------------------------------------------------------|------------|------------------|
| 1     | เข้าพบกลุ่มตัวอย่างเพื่ออธิบายขั้นตอนและวัตถุประสงค์ของการอบรม | 18 ม.ค. 60 | 8.40 – 9.00 น.   |
| 2     | ทำแบบทดสอบก่อนเข้ารับการอบรม                                   | 18 ม.ค. 60 | 9.00 – 10.00 น.  |
| 3     | ทดลองใบงานที่ 1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น              | 18 ม.ค. 60 | 10.00 – 11.00 น. |
| 4     | ทดลองใบงานที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset             | 18 ม.ค. 60 | 11.00 – 12.00 น. |
| 5     | ทดลองใบงานที่ 3 การใช้งานโปรแกรม Simulink สร้างสัญญาณพัลส์     | 25 ม.ค. 60 | 8.40 – 9.30 น.   |
| 6     | ทดลองใบงานที่ 4 การควบคุมหลอดแสดงผล LED                        | 25 ม.ค. 60 | 9.30 – 10.30 น.  |
| 7     | ทดลองใบงานที่ 5 การรับค่าสัญญาณดิจิตอล                         | 25 ม.ค. 60 | 10.30 – 12.00 น. |
| 8     | ทดลองใบงานที่ 6 การควบคุมหลอดแสดงผล 7 SEGMENT                  | 1 ก.พ. 60  | 8.40 – 10.00 น.  |
| 9     | ทดลองใบงานที่ 7 การควบคุมจอแสดงผล LCD                          | 1 ก.พ. 60  | 10.00 – 12.00 น. |
| 10    | ทดลองใบงานที่ 8 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก                        | 8 ก.พ. 60  | 8.40 – 10.00 น.  |
| 11    | ทดลองใบงานที่ 9 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก ควบคุมหลอดแสดงผล LED   | 8 ก.พ. 60  | 10.00 – 12.00 น. |
| 12    | ทดลองใบงานที่ 10 การสร้าง Digital Voltmeter แสดงผลบน LCD       | 15 ก.พ. 60 | 8.40 – 11.00 น.  |
| 13    | ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการอบรม                             | 15 ก.พ. 60 | 11.00 – 12.00 น. |

3.4.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างก่อนอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

3.4.6 นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ประกอบด้วย ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน และแบบทดสอบท้ายใบงาน มาทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่ 1 - 9 ผู้วิจัยบันทึกคะแนนการปฏิบัติงานของแต่ละใบงานลงแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานคิดผลคะแนนเป็นร้อยละ 75 และเมื่อกลุ่มตัวอย่างปฏิบัติเสร็จในแต่ละใบงาน ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบท้ายใบงานของใบงานนั้นๆ ที่ปฏิบัติงานผ่านไปแล้วเป็นการเก็บผลคะแนนรูปแบบทฤษฎีคิดผลคะแนนเป็นร้อยละ 25 ซึ่งคะแนนชุดนี้เป็นคะแนนหาประสิทธิภาพระหว่างการอบรม จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติใบงานที่ 10 ซึ่งเป็นใบงานรวมเนื้อหาของใบงานที่ 1 - 9 เข้าด้วยกัน คะแนนจากการปฏิบัติร้อยละ 75 และคะแนนทฤษฎีร้อยละ 25 ซึ่งคะแนนชุดนี้เป็นคะแนนหาประสิทธิภาพหลังการอบรม

3.4.7 ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังอบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานในเชิงวิชาการเท่านั้น มิใช่ผู้จัดทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.8 นำผลที่ได้จากการปฏิบัติตามใบงานการทดลองมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 และวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม ก่อนและหลังอบรมตามวิธีการทางสถิติ

### 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลประเมินการหาค่าคุณภาพ หาค่าประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิจัยดังนี้

3.5.1 การหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ย

( $\bar{X}$ ) (ล้วน สายยศ. 2543 : 59) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3.1)$$

เมื่อ  $\bar{X}$  หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย  
 $\sum X$  หมายถึง ผลรวมของค่าคะแนนทั้งหมด  
 $N$  หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (ล้วน สายยศ. 2543 : 59) ใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ S.D. หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $X$  หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวน  
 $\bar{X}$  หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย  
 $\sum$  หมายถึง ผลรวมของคะแนน  
 $N$  หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.5.3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink หรือ  $E_1/E_2$  (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2531 : 135-140) ดังนี้

$$E_1 = \left[ \frac{\sum X}{N} \right] \times 100 \quad (3.3)$$

$$E_2 = \left[ \frac{\sum F}{N} \right] \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เข้ารับการอบรม สามารถทำคะแนนจากการปฏิบัติตามใบงานที่ 1 – 9 และแบบทดสอบท้ายใบงาน คิดเป็นร้อยละ

$E_2$  แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ภายหลังจากการอบรม โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เข้ารับการอบรมสามารถทำคะแนนจากการปฏิบัติตามใบงานที่ 10 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คิดเป็นร้อยละ

$\sum X$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการปฏิบัติตามใบงานที่ 1-9 และแบบทดสอบท้ายใบงาน ระหว่างทำการอบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

$\sum F$  หมายถึง คะแนนรวมของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการปฏิบัติตามใบงานที่ 10 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หลังการอบรมปฏิบัติด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

N หมายถึง จำนวนผู้เข้ารับการอบรม

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานแต่ละใบงาน ระหว่างทำการอบรมปฏิบัติรวมกัน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานสุดท้ายซึ่งเป็นใบงานรวมเนื้อหาทุกใบงาน

3.5.4 สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม ก่อนและหลังอบรม ของกลุ่มตัวอย่างเป็นการเปรียบเทียบด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ t-test แบบ Dependent (กาญจนา วัฒนา, 2548 : 96) ใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{(N-1)}}} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย  $df = N-1$

เมื่อ  $t$  หมายถึง ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

$D$  หมายถึง ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$  หมายถึง ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนอบรมกับหลังอบรม

$N$  หมายถึง จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพหาประสิทธิภาพ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ด้วยแนวทางการหาคุณภาพ โดยศึกษาความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ในการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมสอดคล้องระหว่างใบงานการทดลอง ชุดทดลอง และแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการอบรม และข้อมูลประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ได้มาจากการดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้าน การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงจากประชากรทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้จากแบบแสดงความคิดเห็นและเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงนำเสนอตามลำดับดังนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

4.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

4.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลอง

4.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

### 4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 การวิเคราะห์คุณภาพใบงาน จำนวน 10 ใบงาน การวิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานทั้ง 10 ใบงาน ซึ่งได้จากแบบประเมินที่ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน มีดังนี้

#### 4.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

การประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน โดยมีรายการประเมิน 13 รายการ

ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพชุดทดลอง

| ลำดับ | รายการประเมิน                                     | $\bar{x}$<br>(n=3) | S.D. | ระดับ<br>คุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------|--------------------|------|-----------------|
| 1     | เหมาะสมกับระดับผู้เข้ารับการอบรม                  | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 2     | สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้               | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 3     | มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์                     | 4.67               | 0.58 | ดีมาก           |
| 4     | อุปกรณ์ที่นำมาใช้ช่วยให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้ | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 5     | ช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมมีทักษะในการใช้งานอุปกรณ์ | 4.67               | 0.58 | ดีมาก           |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับใบงาน               | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 7     | มีความสะดวกในการดำเนินการอบรม                     | 4.33               | 0.58 | ดี              |
| 8     | มีความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง                      | 4.33               | 0.58 | ดี              |
| 9     | มีรูปร่าง ขนาดเหมาะสม                             | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 10    | มีวิธีการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน                 | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 11    | มีความสะดวกในการบำรุงรักษา                        | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 12    | มีความคงทนแข็งแรง                                 | 4.67               | 0.58 | ดีมาก           |
| 13    | ต้นทุนการผลิตคุ้มค่างับประโยชน์ที่ได้รับ          | 4.00               | 1.00 | ดี              |
|       | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                               | 4.74               | 0.30 | ดีมาก           |

จากตารางที่ 4.1 ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink จากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน พบว่าหัวข้อที่จัดอยู่ในระดับดีมากมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 5.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 มีทั้งหมด 7 หัวข้อ ได้แก่ เหมาะสมกับระดับผู้เข้ารับการอบรม สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ช่วยให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้ มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับใบงาน มีรูปร่าง ขนาดเหมาะสม มีวิธีการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความสะดวกในการบำรุงรักษา และหัวข้อที่จัดอยู่ในระดับดีแต่มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.00 คือ ต้นทุนการผลิตคุ้มค่างับประโยชน์ที่ได้รับ โดยรวมค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งหมด 4.74 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.30 ซึ่งแสดงว่าคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับดีมาก

#### 4.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลอง

การประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง จำนวน 10 ใบงาน มีรายการประเมิน 10 รายการ แต่ละใบงานทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานจำนวน 10 ใบงาน

| ข้อที่ | รายการประเมิน                                           | $\bar{x}$<br>(n=3) | S.D. | ระดับ<br>คุณภาพ |
|--------|---------------------------------------------------------|--------------------|------|-----------------|
| 1      | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 4.97               | 0.06 | ดีมาก           |
| 2      | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 4.97               | 0.06 | ดีมาก           |
| 3      | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 4.97               | 0.06 | ดีมาก           |
| 4      | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 4.93               | 0.12 | ดีมาก           |
| 5      | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 4.93               | 0.12 | ดีมาก           |
| 6      | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 7      | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 4.93               | 0.12 | ดีมาก           |
| 8      | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 4.97               | 0.06 | ดีมาก           |
| 9      | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 10     | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 4.93               | 0.12 | ดีมาก           |
|        | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                                     | 4.96               | 0.04 | ดีมาก           |

จากตารางที่ 4.2 ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลอง จากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีผลการประเมินทั้ง 10 ใบงาน พบว่าหัวข้อที่จัดอยู่ในระดับดีมากมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 5.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 คือหัวข้อ มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม รองลงมา มีคะแนนเฉลี่ย 4.97 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.06 ทั้งหมด 4 หัวข้อได้แก่หัวข้อที่ ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ และ มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม (ปวส.) ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.93 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.12 ได้แก่หัวข้อ ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้ ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง และสามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี โดยรวมค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งหมด 4.96 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.04 ซึ่งแสดงว่าคุณภาพของใบงานจำนวน 10 ใบงาน ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับดีมาก

#### 4.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

การประเมินคุณภาพแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานของชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีรายการประเมิน 5 รายการ ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | $\bar{x}$<br>(n=3) | S.D. | ระดับ<br>คุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|--------------------|------|-----------------|
| 1     | หัวข้อการประเมินสอดคล้องกับใบงาน                        | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 2     | ลำดับของหัวข้อการประเมินสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 3     | หัวข้อการประเมินครอบคลุมขั้นตอนการปฏิบัติงาน            | 4.67               | 0.58 | ดีมาก           |
| 4     | หัวข้อการประเมินเหมาะสมกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน          | 5.00               | 0.00 | ดีมาก           |
| 5     | เกณฑ์การให้คะแนนเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน                 | 4.67               | 0.58 | ดีมาก           |
|       | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                                     | 4.87               | 0.23 | ดีมาก           |

จากตารางที่ 4.3 ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงานจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มีผลการประเมินของแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของทั้ง 10 ใบงาน ดังนี้ หัวข้อการประเมินสอดคล้องกับใบงาน มีค่าเฉลี่ย 5.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 ลำดับของหัวข้อการประเมินสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ย 5.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 หัวข้อการประเมินเหมาะสมกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ย 5.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 รองลงมาคือ หัวข้อการประเมินครอบคลุมขั้นตอนการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ย 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 และ เกณฑ์การให้คะแนนเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ย 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ซึ่งผลเฉลี่ยรวมทั้งหมด 4.87 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23 โดยรวมคุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงานถูกประเมินว่าอยู่ในระดับดีมาก

#### 4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

การทดลองใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ในการอบรม ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 กับกลุ่มตัวอย่าง เป็นการทดลองที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 40 คน ได้ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

| คะแนน<br>จากการอบรม   | N  | คะแนน         |                       |                   |                     | เกณฑ์<br>ประสิทธิภาพ<br>(100%) |
|-----------------------|----|---------------|-----------------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|
|                       |    | คะแนน<br>เต็ม | คะแนน<br>เฉลี่ยที่ได้ | ภาคทฤษฎี<br>(25%) | ภาคปฏิบัติ<br>(75%) |                                |
| ระหว่างอบรม ( $E_1$ ) | 40 | 360           | 298.40                | 17.62             | 65.27               | 82.89                          |
| หลังอบรม ( $E_2$ )    | 40 | 100           | 83.85                 | 19.16             | 64.69               | 83.85                          |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 ผลปรากฏว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ที่พัฒนาขึ้น มีคะแนนระหว่างการอบรม ( $E_1$ ) นำคะแนนมาจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบทดสอบท้ายใบงานที่ 1 – 9 โดยแบ่งคะแนนออกเป็นภาคปฏิบัติร้อยละ 75 ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 รวมเป็น 100 ผู้เข้าอบรมสามารถทำคะแนนเฉลี่ยได้ 298.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 360 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.89 และมีคะแนนหลังอบรม ( $E_2$ ) นำคะแนนมาจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 10 และแบบทดสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยแบ่งคะแนนออกเป็นภาคปฏิบัติร้อยละ 75 ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 รวมเป็น 100 ผู้เข้าอบรมสามารถทำคะแนนเฉลี่ยได้ 83.85 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.85 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.89/83.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

#### 4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยดูคะแนนที่รวบรวมได้จากแบบทดสอบก่อนเข้ารับการอบรม และแบบทดสอบหลังการอบรม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม

| คะแนน    | N  | คะแนนเต็ม | ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) | t       |
|----------|----|-----------|-------------------------|----------------------------|---------|
| ก่อนอบรม | 40 | 50        | 24.65                   | 3.27                       | 22.147* |
| หลังอบรม | 40 | 50        | 38.33                   | 3.40                       |         |

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $\alpha = .01$ ,  $df = 39$ ,  $t = 2.707$ )

จากตารางที่ 4.5 ผลปรากฏว่าเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จากคะแนนการทดสอบก่อนเข้ารับการอบรมและหลังอบรมของกลุ่มตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยก่อนอบรม 24.65 และหลังการอบรมมีคะแนนเฉลี่ย 38.33 เมื่อนำมาหาค่าทางสถิติ โดยใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ t-test พบว่าจากตารางการแจกแจง t ซึ่งมีค่า  $df=39$  ระดับค่าความเชื่อมั่น .01 มีค่า 2.707 ซึ่งผลการคำนวณค่า t-test ที่ได้ 22.147 สูงกว่าค่าจากตารางการแจกแจง t จากการทดลองนี้แปลความหมายได้ว่า ผลการทดสอบทั้งสองครั้งแตกต่างกันแสดงว่า คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์หลังการอบรมกับคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนการอบรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัยว่า ผู้เข้ารับการอบรมที่อบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรม เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

#### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่มีคุณภาพ

5.1.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

5.1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

#### 5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

5.1.2.1 คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพพระดัตติขึ้นเบ ( $\bar{x} = 3.50$ )

5.1.2.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่พัฒนาขึ้นมีค่าสูงกว่าเกณฑ์  $E_1/E_2$  ที่กำหนดไม่ต่ำกว่า 80/80

5.1.2.3 ผู้เข้ารับการอบรมที่อบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรม

#### 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากร ในการวิจัยคือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 166 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยคือ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 40 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

5.1.4.1 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink สำหรับวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ผู้วิจัยนำมาทดลองซึ่งประกอบด้วย

- (1) ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0
- (2) ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน

5.1.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

#### 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. แจกกำหนดการ นิตหมายการดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่ศึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 40 คน

2. แนะนำขั้นตอนการอบรมพร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการอบรม และรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรม

3. ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนอบรม จำนวน 50 ข้อ

4. นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ประกอบด้วย ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน และแบบทดสอบท้ายใบงาน มาทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ปฏิบัติตามใบงานการทดลองที่ 1 - 9 ผู้วิจัยบันทึกคะแนนการปฏิบัติงานของแต่ละใบงานลงแบบประเมินผลการปฏิบัติตามใบงานคิดผลคะแนนเป็นร้อยละ 75 และเมื่อกลุ่มตัวอย่างปฏิบัติเสร็จในแต่ละใบงาน ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบท้ายใบงานของใบงานนั้นๆ ที่ปฏิบัติงานผ่านไปแล้วเป็นการเก็บผลคะแนนรูปแบบทฤษฎีคิดผลคะแนนเป็นร้อยละ 25 ซึ่งคะแนนชุดนี้เป็นคะแนนหาประสิทธิภาพระหว่างการอบรม

5. ให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติใบงานที่ 10 ซึ่งเป็นใบงานรวมเนื้อหาของใบงานที่ 1 - 9 เข้าด้วยกัน คะแนนจากการปฏิบัติร้อยละ 75 และคะแนนทฤษฎีร้อยละ 25 ซึ่งคะแนนชุดนี้เป็นคะแนนหาประสิทธิภาพหลังการอบรม

6. ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังอบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่วัดผลสัมฤทธิ์ก่อนอบรม

7. นำผลที่ได้จากกระบวนการระหว่างการอบรมใบงานที่ 1 - 9 และผลที่ได้จากการประเมินผลขั้นสุดท้ายใบงานที่ 10 มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยใช้ข้อมูลทางสถิติ  $E_1/E_2$

8. นำผลที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนอบรมและหลังการอบรมมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการอบรมเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรมโดยใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ ตามวิธีการทางสถิติ t-test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดทดลอง ดังนี้

5.1.6.1 ประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยมีรายละเอียดหัวข้อการประเมินดังนี้

- (1) การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0
- (2) การวิเคราะห์คุณภาพของใบงานการทดลอง
- (3) การวิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

5.1.6.2 หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

5.1.6.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยใช้สถิติ t-test

### 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.7.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink แบ่งออกเป็น 3 ด้าน

(1) ด้านคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.74 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.30

(2) ด้านคุณภาพของของใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน ที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.96 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.04

(3) ด้านคุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน ที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.87 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23

5.1.7.2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink พบว่าผลคะแนนระหว่างการอบรม( $E_1$ ) นำคะแนนมาจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบทดสอบท้ายการทดลองของใบงานที่ 1 – 9 โดยแบ่งคะแนนออกเป็นภาคปฏิบัติร้อยละ 75 ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 รวมเป็น 100 ผู้เข้าอบรมสามารถทำคะแนนเฉลี่ยได้ 298.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 360 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.89 และมีคะแนนหลังอบรม( $E_2$ ) นำคะแนนมาจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของใบงานที่ 10 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยแบ่งคะแนนออกเป็นภาคปฏิบัติร้อยละ 75 ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 รวมเป็น 100 ผู้เข้าอบรมสามารถทำคะแนนเฉลี่ยได้ 83.85 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 83.85 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.89/83.85 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยใช้สถิติ t-test พบว่าคะแนนการทดสอบก่อนเข้ารับการอบรมและหลังอบรมของกลุ่มตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยก่อนอบรม 24.65 คะแนน และหลังการอบรมมีคะแนนเฉลี่ย 38.33 เมื่อนำมาหาค่าทางสถิติ โดยใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ t-test พบว่าจากตารางการแจกแจง t ซึ่งมีค่า  $df=39$  ระดับค่าความเชื่อมั่น .01 มีค่า 2.707 ซึ่งผลการคำนวณค่า t-test ที่ได้ 22.147 สูงกว่าค่าจากตารางการแจกแจง t จากการทดลองนี้แปลความหมายได้ว่า ผลการทดสอบทั้งสองครั้งแตกต่างกันแสดงว่า คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์หลังการอบรมกับคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนการอบรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัยว่า ผู้เข้ารับการอบรมที่อบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรม

## 5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink สามารถแบ่งหัวข้อการอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ด้าน จากการประเมินคุณภาพทั้ง 3 ด้าน ตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ด้านคุณภาพชุดทดลองได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.74 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.30 ด้านคุณภาพของของใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.96 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.04 ด้านคุณภาพของแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.87 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23 แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำไปใช้ในการอบรมหรือการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่ใช้ในการอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ) ที่ศึกษาทางด้าน การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างโครงการที่จำเป็นต้องมีระบบควบคุมอัตโนมัติ จำนวน 40 คน สรุปว่าชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นมีผลลัพธ์เท่ากับ 82.89/83.85 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือไม่ต่ำกว่า 80/80 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่พัฒนาขึ้นมานี้ได้ผ่านขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมทั้งในขนาดสร้างชุดทดลองและหลังจากสร้างชุดทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยผู้วิจัยได้นำคำแนะนำต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข ให้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความสมบูรณ์ ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดีมาก ทั้งด้านชุดทดลอง ด้านใบงานการทดลอง ด้านแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน ตลอดจนได้ผ่านการใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จึงทำให้ชุดทดลองมี

ประสิทธิภาพสอดคล้องกับงานวิจัยของเปรมชัย คงตัน (2554 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่องชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 โดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 24 คน เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนในรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา พบว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.64 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และ ด้านใบงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.50 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และมีประสิทธิภาพ 80.92/82.46 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย และสอดคล้องกับประเสริฐ กลมภพตระกูล (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458 ใช้วิธีเลือกแบบกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sample) นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคนิคคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีหมู่บ้านครู ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ห้อง 751 ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 22 คนที่ลงทะเบียนเรียน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ พบว่าประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18f458 กลุ่มตัวอย่าง คะแนนจากแบบทดสอบ ในระหว่างใช้ชุดทดลองระหว่างเรียนแล้วทำ แบบทดสอบได้คะแนนรวมเฉลี่ย 41.09 คิด เป็นร้อยละ 82.18 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเมื่อเรียนครบทุกการทดลอง โดยเว้นระยะทำแบบทดสอบรวมหลังใช้ชุดทดลองได้คะแนนรวมเฉลี่ย 40.68 คิดเป็นร้อยละ 81.36 ดังนั้นประสิทธิภาพของ ชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เท่ากับ 82.18/81.36 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

5.2.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ของผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink โดยใช้สถิติ t-test พบว่าคะแนนการทดสอบก่อนเข้ารับการอบรม และหลังอบรมของกลุ่มตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยก่อนอบรม 24.65 คะแนน และหลังการอบรมมีคะแนนเฉลี่ย 38.33 เมื่อนำมาหาค่าทางสถิติ โดยใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ t-test พบว่าจากตารางการแจกแจง t ซึ่งมีค่า  $df=39$  ระดับค่าความเชื่อมั่น .01 มีค่า 2.707 ซึ่งผลการคำนวณค่า t-test ที่ ได้ 22.147 สูงกว่าค่าจากตารางการแจกแจง t จากการทดลองนี้แปลความหมายได้ว่า ผลการทดสอบ ทั้งสองครั้งแตกต่างกันแสดงว่า คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์หลังการอบรมกับคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนการอบรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จึงยอมรับสมมติฐานการวิจัยว่า ผู้เข้ารับการอบรมที่ อบรมด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink มีผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์หลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรม สอดคล้องกับ ศณฉวี สีก่อม (2558 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (03376308) ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยเลือกแบบเจาะจง ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่มการเรียนๆ ละ 18 คน รวม 36 คน ซึ่งจัดเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง สูงกว่า การเรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนั้นมีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ในการอบรมหรือจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ก่อนการนำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ไปใช้ควรตรวจสอบสภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ว่าพร้อมใช้งานหรือไม่ เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้มีขนาดข้อมูลที่ใหญ่อาจจะทำให้การเรียนการสอนไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

5.3.1.2 การอบรมหรือการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink ควรมีการชี้แจงรายละเอียดต่างๆ ของชุดทดลองและใบงานการทดลองเพื่อให้ผลสัมฤทธิ์มีประสิทธิภาพสูงสุด

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการเปรียบเทียบผลการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย MATLAB Simulink และกลุ่มตัวอย่างที่เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยวิธีปกติ หรือใช้วิธีการเรียนรู้รูปแบบอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบหาคุณภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

5.3.2.2 ควรเพิ่มเนื้อหาแบบฝึกปฏิบัติในใบงานการทดลองเพิ่มมากขึ้น เพื่อจะได้ให้ผู้เข้ารับการอบรมหรือผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น

## บรรณานุกรม

- กาญจนา วัฒนา. 2548. **การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา**. กรุงเทพฯ: ธนพรการพิมพ์.
- ฉลองชัย สุรวัฒนบูรณ์. 2528. **การเลือกและการใช้สื่อการสอน**. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2531. **ชุดการสอนระดับประถมศึกษา**. (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- ธนานันต์ ชูแสง. 2555. “ชุดทดลอง เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์” วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุรพร วงศ์เป็ง. 2557. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การใช้โปรแกรม Proteus ในรายวิชาเขียนแบบอิเล็กทรอนิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์” วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประเสริฐ กลมภาพตระกูล. 2555. “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458” ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ปรียทิพย์ บุญคง. 2546. “การศึกษาบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ปรีวัตร เชื้อนแก้ว. 2553. **การวิจัยเชิงทดลอง** (ออนไลน์). สืบค้นจาก: [https://nartslife.files.wordpress.com/2010/09/experimental\\_research](https://nartslife.files.wordpress.com/2010/09/experimental_research) (24 พฤษภาคม 2559).
- เปรมชัย คงตัน. 2554. “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA 32” วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พรดา บุตรวงศ์. 2556. “ชุดปฏิบัติการเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม วิทยาลัยเทคนิคคูเมืองสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา” วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543. **การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- พูลทรัพย์ นาคนาคา. 2544. **การวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ศูนย์เอกสารและตำราสถาบันราชภัฏสวนดุสิต.
- ไพศาล หวังพานิช. 2536. **การวัดผลการศึกษา**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543. **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- เลิศ อานันทนงะ. 2537. **ทัศนคติใช้สื่อการสอนระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543. **สื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.ศิริวรรณ คำภักดี. 2554. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองวงจรดิจิทัลโดยใช้ CPLD เบอร์ XC9572XL” มหาวิทยาลัยธนบุรี.
- วิระศักดิ์ วัตถุประสงค์. 2554. “พัฒนาชุดทดลอง MCS-51 ผ่านพอร์ต USB” คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วิศาสตร์ ปุญญา. 2554. “การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)” อีเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม. วิทยาลัยการอาชีพขอนแก่น.
- วีระพล สวัสดิ์วงศ์. 2555. “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F913” คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศณญา สีกล่อม. 2558. “สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์” คุรุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมนึก ภัททิยธนี. 2546. **การวัดผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กทม. สิ้นธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สุจิตรา เทียนสวัสดิ์. 2550. **ดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา: ข้อวิพากษ์และข้อเสนอแนะวิธีการคำนวณ**. คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อภิภู สิทธิภูมิมงคล. 2545. “การพัฒนาและทดลองใช้นวัตกรรมเพื่อการเรียนการสอน” ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน (Computer for instrution)**. กรุงเทพฯ : คราฟแมนเพรส.
- อลงกรณ์ หาญรินทร์. 2547. “การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม” วิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี เทคนิคศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยีบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิและหนังสือราชการ

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์  
ARM Cortex M0

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิง  
พฤติกรรม

ภาคผนวก จ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม

ภาคผนวก ซ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างใบงานการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สันติ ตันตระกูล หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อาจารย์ชูสกุล พรหมมาศ อาจารย์ประจำแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัทหีบ สังกัดคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
3. อาจารย์อุเทน โชติเชื้อ รองหัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก(อี.เทค)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสือราชการ



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 0807 วันที่ ๒๕ กุมภาพันธ์ 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบ

เรียน ผศ.สันติ ต้นตระกูล

ด้วยนายสุวิทย์ อัฐกุลชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex MO โปรแกรมโดย MATLAB Simulink” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วิสุทธิสุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายสุวิทย์ อัฐกุลชัย มีความสมบูรณ์ พร้อมกันนี้ได้แนบบททดสอบมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04/ 0807

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

๑5 กุมภาพันธ์ 2559

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบ

เรียน อาจารย์ชูสกุล พรหมมาศ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

ด้วยนายสุวิทย์ อัฐกุลชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 โปรแกรมโดย  
MATLAB-Simulink” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วิสุทธิ์  
สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ  
เรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและ  
เหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายสุวิทย์ อัฐกุลชัย  
มีความสมบูรณ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 082-348-3635

ที่ ศธ 0524.04/ 0807



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

๒๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๙

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบ

เรียน อาจารย์อุเทน ชาติเชื้อ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

ด้วยนายสุวิทย์ อัฐกุลชัย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex MO โปรแกรมโดย  
MATLAB Simulink” โดยมี รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.วิสุทธิ์  
สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ  
เรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและ  
เหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายสุวิทย์ อัฐกุลชัย  
มีความสมบูรณ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 082-348-3635



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0  
โปรแกรมโดย MATLAB Simulink

คำชี้แจง แบบประเมินคุณภาพแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1

- 1) การประเมินคุณภาพชุดทดลอง
- 2) การประเมินคุณภาพใบงาน
- 3) การประเมินความตรงเชิงเนื้อหาใบงานที่ 10 กับใบงานที่ 1 - 9

ตอนที่ 2

- 1) ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

การประเมิน

ตอนที่ 1

ข้อที่ 1 และ 2 กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียวโดยระดับคะแนนจะแสดงความหมายดังนี้

- 5 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ดีมาก
- 4 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ดี
- 3 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ปานกลาง
- 2 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ พอใช้
- 1 มีค่าเท่ากับ เห็นด้วยในระดับ ควรปรับปรุง

ข้อที่ 3 กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียวโดยระดับคะแนนจะแสดงความหมายดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าเนื้อหาสอดคล้องกับใบงานที่ 1 - 9
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเนื้อหาสอดคล้องกับใบงานที่ 1 - 9
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าเนื้อหาไม่สอดคล้องกับใบงานที่ 1 - 9

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตอนที่ 1 1) การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| ลำดับ           | รายการประเมิน                                     | ระดับการประเมิน |   |   |   |   |
|-----------------|---------------------------------------------------|-----------------|---|---|---|---|
|                 |                                                   | 5               | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1               | เหมาะสมกับระดับผู้เข้ารับการอบรม                  |                 |   |   |   |   |
| 2               | สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้               |                 |   |   |   |   |
| 3               | มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์                     |                 |   |   |   |   |
| 4               | อุปกรณ์ที่นำมาใช้ช่วยให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้ |                 |   |   |   |   |
| 5               | ช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมมีทักษะในการใช้งานอุปกรณ์ |                 |   |   |   |   |
| 6               | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับใบงาน               |                 |   |   |   |   |
| 7               | มีความสะดวกในการดำเนินการอบรม                     |                 |   |   |   |   |
| 8               | มีความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง                      |                 |   |   |   |   |
| 9               | มีรูปร่าง ขนาดเหมาะสม                             |                 |   |   |   |   |
| 10              | มีวิธีการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน                 |                 |   |   |   |   |
| 11              | มีความสะดวกในการบำรุงรักษา                        |                 |   |   |   |   |
| 12              | มีความคงทนแข็งแรง                                 |                 |   |   |   |   |
| 13              | ต้นทุนการผลิตคุ้มค่างับประโยชน์ที่ได้รับ          |                 |   |   |   |   |
| รวม             |                                                   |                 |   |   |   |   |
| รวมคะแนนทั้งหมด |                                                   |                 |   |   |   |   |

### ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตอนที่ 1 2) การประเมินคุณภาพใบงาน 1 - 10**

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| ลำดับ           | รายการประเมิน                                            | ระดับการประเมิน |   |   |   |   |
|-----------------|----------------------------------------------------------|-----------------|---|---|---|---|
|                 |                                                          | 5               | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1               | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                                |                 |   |   |   |   |
| 2               | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                    |                 |   |   |   |   |
| 3               | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                  |                 |   |   |   |   |
| 4               | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับชั้นความรู้                    |                 |   |   |   |   |
| 5               | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับชั้นการทดลองแต่ละชั้น          |                 |   |   |   |   |
| 6               | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                   |                 |   |   |   |   |
| 7               | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                      |                 |   |   |   |   |
| 8               | มีความเหมาะสมของระดับชั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม (ปวส.) |                 |   |   |   |   |
| 9               | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                         |                 |   |   |   |   |
| 10              | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี              |                 |   |   |   |   |
| รวม             |                                                          |                 |   |   |   |   |
| รวมคะแนนทั้งหมด |                                                          |                 |   |   |   |   |

**ตอนที่ 2** ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงนามชื่อ .....

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ทรงคุณวุฒิชนด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตอนที่ 1 3) การประเมินความตรงเชิงเนื้อหา** 10 กับใบงานที่ 1 - 9  
คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| ลำดับ           | รายการประเมิน                                          | ระดับการประเมิน |   |    |
|-----------------|--------------------------------------------------------|-----------------|---|----|
|                 |                                                        | +1              | 0 | -1 |
| 1               | ใบงานที่ 1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น           |                 |   |    |
| 2               | ใบงานที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset          |                 |   |    |
| 3               | ใบงานที่ 3 การใช้งานโปรแกรม Simulink สร้างสัญญาณพัลส์  |                 |   |    |
| 4               | ใบงานที่ 4 การควบคุมหลอดแสดงผล LED                     |                 |   |    |
| 5               | ใบงานที่ 5 การรับค่าสัญญาณดิจิทัล                      |                 |   |    |
| 6               | ใบงานที่ 6 การควบคุมหลอดแสดงผล 7 SEGMENT               |                 |   |    |
| 7               | ใบงานที่ 7 การควบคุมจอแสดงผล LCD                       |                 |   |    |
| 8               | ใบงานที่ 8 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก                     |                 |   |    |
| 9               | ใบงานที่ 9 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อกควบคุมหลอดแสดงผล LED |                 |   |    |
| รวม             |                                                        |                 |   |    |
| รวมคะแนนทั้งหมด |                                                        |                 |   |    |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การประเมินคุณภาพแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน  
ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0โปรแกรมโดย MATLAB Simulink**

**คำชี้แจง** แบบประเมินคุณภาพแบบประเมินผลการปฏิบัติงานตามใบงานของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0โปรแกรมโดย MATLAB Simulink แบ่งออกเป็น 2 ตอน

**ตอนที่ 1**

1) การประเมินคุณภาพแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

**ตอนที่ 2**

1) ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

**การประเมิน**

**ตอนที่ 1** กรุณาใส่เครื่องหมาย  $\checkmark$  ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียวโดยระดับคะแนนจะแสดงความหมายดังนี้

- |   |              |                             |
|---|--------------|-----------------------------|
| 5 | มีค่าเท่ากับ | เห็นด้วยในระดับ ดีมาก       |
| 4 | มีค่าเท่ากับ | เห็นด้วยในระดับ ดี          |
| 3 | มีค่าเท่ากับ | เห็นด้วยในระดับ ปานกลาง     |
| 2 | มีค่าเท่ากับ | เห็นด้วยในระดับ พอใช้       |
| 1 | มีค่าเท่ากับ | เห็นด้วยในระดับ ควรปรับปรุง |

**ตอนที่ 2** โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ลงนามชื่อ .....  
(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตอนที่ 1** 1) การประเมินคุณภาพแบบประเมินผลการปฏิบัติงานที่ 1 - 10

คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| ลำดับ           | รายการประเมิน                                           | ระดับการประเมิน |   |   |   |   |
|-----------------|---------------------------------------------------------|-----------------|---|---|---|---|
|                 |                                                         | 5               | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1               | หัวข้อการประเมินสอดคล้องกับใบงาน                        |                 |   |   |   |   |
| 2               | ลำดับของหัวข้อการประเมินสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน |                 |   |   |   |   |
| 3               | หัวข้อการประเมินครอบคลุมขั้นตอนการปฏิบัติงาน            |                 |   |   |   |   |
| 4               | หัวข้อการประเมินเหมาะสมกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน          |                 |   |   |   |   |
| 5               | เกณฑ์การให้คะแนนเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน                 |                 |   |   |   |   |
| รวม             |                                                         |                 |   |   |   |   |
| รวมคะแนนทั้งหมด |                                                         |                 |   |   |   |   |

**ตอนที่ 2** ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงนามชื่อ .....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น

ผู้ถูกประเมิน

| ลำดับ                              | รายการประเมิน                                       | ระดับคะแนน |   |   |   |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------|---|---|---|
|                                    |                                                     | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1                                  | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง                       |            |   |   |   |
| 2                                  | เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด       |            |   |   |   |
| 3                                  | เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม                             |            |   |   |   |
| 4                                  | กำหนดค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม                |            |   |   |   |
| 5                                  | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม                      |            |   |   |   |
| 6                                  | เรียกดูคำสั่งย้อนหลัง                               |            |   |   |   |
| 7                                  | คำนวณค่าของสมการโดยใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม |            |   |   |   |
| 8                                  | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น               |            |   |   |   |
| 9                                  | อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงบนโปรแกรม                      |            |   |   |   |
| 10                                 | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด                    |            |   |   |   |
| รวม                                |                                                     |            |   |   |   |
| รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน |                                                     |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
  
- 2) เลือกใช้เมนูของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้เมนูของโปรแกรมไม่ได้
  
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
  
- 4) กำหนดค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ไม่ได้
  
- 5) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
  
- 6) เรียกดูคำสั่งย้อนหลัง
  - 3 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เรียกดูคำสั่งย้อนหลังไม่ได้

- 7) คำนวณค่าของสมการโดยใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม
- 3 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าของสมการโดยใช้คำสั่งได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าของสมการโดยใช้คำสั่งได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าของสมการโดยใช้คำสั่งได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ คำนวณค่าของสมการโดยใช้คำสั่งไม่ได้
- 8) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง
- 9) อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงบนโปรแกรม
- 3 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงบนโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงบนโปรแกรมได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงบนโปรแกรมได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ อ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงบนโปรแกรมไม่ได้
- 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
  - 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
  - 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset

ผู้ถูกประเมิน

| ลำดับ                              | รายการประเมิน                            | ระดับคะแนน |   |   |   |
|------------------------------------|------------------------------------------|------------|---|---|---|
|                                    |                                          | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1                                  | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง            |            |   |   |   |
| 2                                  | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด   |            |   |   |   |
| 3                                  | เลือกใช้อุปกรณ์ในโปรแกรม                 |            |   |   |   |
| 4                                  | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม           |            |   |   |   |
| 5                                  | ติดตั้ง Driver aMG USB Connect           |            |   |   |   |
| 6                                  | ตรวจสอบ Port Com ของ aMG USB Connect     |            |   |   |   |
| 7                                  | เชื่อมต่อ aMG USB Connect กับคอมพิวเตอร์ |            |   |   |   |
| 8                                  | ป้อนคำสั่งเช็คสถานะการเชื่อมต่อ          |            |   |   |   |
| 9                                  | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น    |            |   |   |   |
| 10                                 | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด         |            |   |   |   |
| รวม                                |                                          |            |   |   |   |
| รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน |                                          |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
- 5) ติดตั้ง Driver aMG USB Connect
  - 3 คะแนน เมื่อ ติดตั้ง Driver ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ติดตั้ง Driver ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ติดตั้ง Driver ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ติดตั้ง Driver ไม่ได้
- 6) ตรวจสอบ Port Com ของ aMG USB Connect
  - 3 คะแนน เมื่อ ตรวจสอบ Port Com ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตรวจสอบ Port Com ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตรวจสอบ Port Com ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตรวจสอบ Port Com ไม่ได้

- 7) เชื่อมต่อ aMG USB Connect กับคอมพิวเตอร์
- 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อ aMG USB ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อ aMG USB ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อ aMG USB ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อ aMG USB ไม่ได้
- 8) ป้อนคำสั่งเช็คสถานะการเชื่อมต่อ
- 3 คะแนน เมื่อ ป้อนคำสั่งเช็คสถานะได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ป้อนคำสั่งเช็คสถานะได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ป้อนคำสั่งเช็คสถานะได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ป้อนคำสั่งเช็คสถานะไม่ได้
- 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง
- 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
  - 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
  - 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 3 การใช้งานโปรแกรม Simulink สร้างสัญญาณพัลส์

ผู้ถูกประเมิน

| ลำดับ                              | รายการประเมิน                              | ระดับคะแนน |   |   |   |
|------------------------------------|--------------------------------------------|------------|---|---|---|
|                                    |                                            | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1                                  | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง              |            |   |   |   |
| 2                                  | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด     |            |   |   |   |
| 3                                  | เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม                    |            |   |   |   |
| 4                                  | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม             |            |   |   |   |
| 5                                  | กำหนด Amplitude บน Pulse Generator Block   |            |   |   |   |
| 6                                  | กำหนด Period บน Pulse Generator Block      |            |   |   |   |
| 7                                  | กำหนด Pulse Width บน Pulse Generator Block |            |   |   |   |
| 8                                  | อ่านค่าสัญญาณที่แสดงบน Scope               |            |   |   |   |
| 9                                  | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น      |            |   |   |   |
| 10                                 | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด           |            |   |   |   |
| รวม                                |                                            |            |   |   |   |
| รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน |                                            |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 3 การใช้งานโปรแกรม Simulink สร้างสัญญาณพัลส์

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
- 5) กำหนด Amplitude บน Pulse Generator Block
  - 3 คะแนน เมื่อ กำหนด Amplitude ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนด Amplitude ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนด Amplitude ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนด Amplitude ไม่ได้
- 6) กำหนด Period บน Pulse Generator Block
  - 3 คะแนน เมื่อ กำหนด Period ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนด Period ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนด Period ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนด Period ไม่ได้

## 7) กำหนด Pulse Width บน Pulse Generator Block

- 3 คะแนน เมื่อ กำหนด Pulse Width ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ กำหนด Pulse Width ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ กำหนด Pulse Width ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ กำหนด Pulse Width ไม่ได้

## 8) อ่านค่าสัญญาณที่แสดงบน Scope

- 3 คะแนน เมื่อ อ่านค่าสัญญาณที่แสดงบน Scope ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ อ่านค่าสัญญาณที่แสดงบน Scope ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ อ่านค่าสัญญาณที่แสดงบน Scope ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ อ่านค่าสัญญาณที่แสดงบน Scope ไม่ได้

## 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

## 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
- 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
- 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 4 การควบคุมหลอดแสดงผล LED

ผู้ถูกประเมิน

.....

| ลำดับ | รายการประเมิน                                | ระดับคะแนน |   |   |   |
|-------|----------------------------------------------|------------|---|---|---|
|       |                                              | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1     | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง                |            |   |   |   |
| 2     | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด       |            |   |   |   |
| 3     | เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม                      |            |   |   |   |
| 4     | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม               |            |   |   |   |
| 5     | เชื่อมต่อบอร์ด LED กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ |            |   |   |   |
| 6     | กำหนด USE Pin ใน Digital Output Block        |            |   |   |   |
| 7     | กำหนด Type ใน Digital Output Block           |            |   |   |   |
| 8     | ตั้งค่าการใช้งาน Compare To Constant Block   |            |   |   |   |
| 9     | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น        |            |   |   |   |
| 10    | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด             |            |   |   |   |
|       | รวม                                          |            |   |   |   |
|       | <b>รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน</b>    |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 4 การควบคุมหลอดแสดงผล LED

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
- 5) เชื่อมต่อบอร์ด LED กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
  - 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ไม่ได้
- 6) กำหนด USE Pin ใน Digital Output Block
  - 3 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ไม่ได้

- 7) กำหนด Type ใน Digital Output Block
- 3 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ไม่ได้
- 8) ตั้งค่าการใช้งาน Compare To Constant Block
- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ไม่ได้
- 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง
- 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
  - 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
  - 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ใบงานที่ 5 การรับค่าสัญญาณดิจิทัล

ผู้ถูกประเมิน

| ลำดับ                              | รายการประเมิน                                 | ระดับคะแนน |   |   |   |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|------------|---|---|---|
|                                    |                                               | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1                                  | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง                 |            |   |   |   |
| 2                                  | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด        |            |   |   |   |
| 3                                  | เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม                       |            |   |   |   |
| 4                                  | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม                |            |   |   |   |
| 5                                  | เชื่อมต่อบอร์ดสวิตช์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ |            |   |   |   |
| 6                                  | กำหนด USE Pin ใน Digital Input Block          |            |   |   |   |
| 7                                  | กำหนด Type ใน Digital Input Block             |            |   |   |   |
| 8                                  | ตั้งค่าการใช้งาน Compare To Zero Block        |            |   |   |   |
| 9                                  | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น         |            |   |   |   |
| 10                                 | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด              |            |   |   |   |
|                                    | รวม                                           |            |   |   |   |
| รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน |                                               |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 5 การรับคำสั่งญาณดิจิทัล

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
  
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
  
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
  
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
  
- 5) เชื่อมต่อบอร์ดสวิทช์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
  - 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ดสวิทช์ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ดสวิทช์ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ดสวิทช์ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ดสวิทช์ไม่ได้
  
- 6) กำหนด USE Pin ใน Digital Input Block
  - 3 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนด USE Pin ไม่ได้

- 7) กำหนด Type ใน Digital Input Block
- 3 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนด Type ไม่ได้
- 8) ตั้งค่าการใช้งาน Compare To Zero Block
- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Zero Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Zero Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Zero Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Zero Block ไม่ได้
- 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง
- 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
  - 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
  - 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 6 การควบคุมหลอดแสดงผล 7 SEGMENT

ผู้ถูกประเมิน

.....

| ลำดับ | รายการประเมิน                                      | ระดับคะแนน |   |   |   |
|-------|----------------------------------------------------|------------|---|---|---|
|       |                                                    | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1     | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง                      |            |   |   |   |
| 2     | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด             |            |   |   |   |
| 3     | เลือกใช้อุปกรณ์ในโปรแกรม                           |            |   |   |   |
| 4     | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม                     |            |   |   |   |
| 5     | เชื่อมต่อบอร์ด 7-segment กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ |            |   |   |   |
| 6     | ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block                    |            |   |   |   |
| 7     | ตั้งค่าการใช้งาน Bitwise Operator Block            |            |   |   |   |
| 8     | กำหนดค่าให้การควบคุม 7-segment                     |            |   |   |   |
| 9     | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น              |            |   |   |   |
| 10    | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด                   |            |   |   |   |
|       | รวม                                                |            |   |   |   |
|       | <b>รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน</b>          |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 6 การควบคุมหลอดแสดงผล 7 SEGMENT

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
  
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
  
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
  
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
  
- 5) เชื่อมต่อบอร์ด 7-segment กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
  - 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด 7-segment ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด 7-segment ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด 7-segment ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด 7-segment ไม่ได้
  
- 6) ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block
  - 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7) ตั้งค่าการใช้งาน Bitwise Operator Block
- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Bitwise Operator Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Bitwise Operator Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Bitwise Operator Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Bitwise Operator Block ไม่ได้
- 8) กำหนดค่าให้การควบคุม 7-segment
- 3 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าให้การควบคุมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าให้การควบคุมได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าให้การควบคุมได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่าให้การควบคุมไม่ได้
- 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง
- 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
  - 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
  - 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 7 การควบคุมจอแสดงผล LCD

ผู้ถูกประเมิน

.....

| ลำดับ | รายการประเมิน                              | ระดับคะแนน |   |   |   |
|-------|--------------------------------------------|------------|---|---|---|
|       |                                            | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1     | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง              |            |   |   |   |
| 2     | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด     |            |   |   |   |
| 3     | เลือกใช้อุปกรณ์โปรแกรม                     |            |   |   |   |
| 4     | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม             |            |   |   |   |
| 5     | เชื่อมต่อขา LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์       |            |   |   |   |
| 6     | ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Setup Block      |            |   |   |   |
| 7     | ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Write Line Block |            |   |   |   |
| 8     | ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block            |            |   |   |   |
| 9     | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น      |            |   |   |   |
| 10    | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด           |            |   |   |   |
|       | รวม                                        |            |   |   |   |
|       | <b>รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน</b>  |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 7 การควบคุมจอแสดงผล LCD

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
- 5) เชื่อมต่อขา LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์
  - 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ไม่ได้
- 6) ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Setup Block
  - 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ไม่ได้

## 7) ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Write Line Block

- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Write Line Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Write Line Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Write Line Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Write Line Block ไม่ได้

## 8) ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block

- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Constant Block ไม่ได้

## 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

## 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
- 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
- 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 8 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก

ผู้ถูกประเมิน

.....

| ลำดับ | รายการประเมิน                                     | ระดับคะแนน |   |   |   |
|-------|---------------------------------------------------|------------|---|---|---|
|       |                                                   | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1     | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง                     |            |   |   |   |
| 2     | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด            |            |   |   |   |
| 3     | เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม                           |            |   |   |   |
| 4     | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม                    |            |   |   |   |
| 5     | เชื่อมต่อตัวต้านทานปรับค่าได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ |            |   |   |   |
| 6     | กำหนดค่า Analog reference ใน ADC Block            |            |   |   |   |
| 7     | กำหนดค่า Read AN ใน ADC Block                     |            |   |   |   |
| 8     | ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block                       |            |   |   |   |
| 9     | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น             |            |   |   |   |
| 10    | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด                  |            |   |   |   |
|       | รวม                                               |            |   |   |   |
|       | <b>รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน</b>         |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 8 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
  
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
  
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
  
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
  
- 5) เชื่อมต่อตัวต้านทานปรับค่าได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
  - 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานไม่ได้
  
- 6) กำหนดค่า Analog reference ใน ADC Block
  - 3 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ไม่ได้

## 7) กำหนดค่า Read AN ใน ADC Block

- 3 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ไม่ได้

## 8) ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block

- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ไม่ได้

## 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น

- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
- 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
- 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
- 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง

## 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
- 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
- 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 9 การรับค่าสัญญาณแอนะล็อกควบคุมหลอดแสดงผล LED

ผู้ถูกประเมิน

| ลำดับ | รายการประเมิน                                     | ระดับคะแนน |   |   |   |
|-------|---------------------------------------------------|------------|---|---|---|
|       |                                                   | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1     | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง                     |            |   |   |   |
| 2     | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด            |            |   |   |   |
| 3     | เลือกใช้อุปกรณ์ในโปรแกรม                          |            |   |   |   |
| 4     | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม                    |            |   |   |   |
| 5     | เชื่อมต่อบอร์ด LED กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์      |            |   |   |   |
| 6     | เชื่อมต่อขา LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์              |            |   |   |   |
| 7     | เชื่อมต่อตัวต้านทานปรับค่าได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ |            |   |   |   |
| 8     | ตั้งค่าการใช้งาน Compare To Constant Block        |            |   |   |   |
| 9     | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น             |            |   |   |   |
| 10    | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด                  |            |   |   |   |
|       | รวม                                               |            |   |   |   |
|       | รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 30 คะแนน                |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(.....)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 9 การรับคำสั่งสัญญาณแอนะล็อกควบคุมหลอดแสดงผล LED

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
  
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
  
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
  
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
  
- 5) เชื่อมต่อบอร์ด LED กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
  - 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ไม่ได้
  
- 6) เชื่อมต่อขา LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์
  - 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ไม่ได้

- 7) เชื่อมต่อตัวต้านทานปรับค่าได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อตัวต้านทานไม่ได้
- 8) ตั้งค่าการใช้งาน Compare To Constant Block
- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า Compare To Constant Block ไม่ได้
- 9) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง
- 10) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
  - 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
  - 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ

## แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

### ใบงานที่ 10 การสร้าง Digital Voltmeter แสดงผลบน LCD

ผู้ถูกประเมิน

| ลำดับ                              | รายการประเมิน                                      | ระดับคะแนน |   |   |   |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|---|---|---|
|                                    |                                                    | 3          | 2 | 1 | 0 |
| 1                                  | เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง                      |            |   |   |   |
| 2                                  | เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด             |            |   |   |   |
| 3                                  | เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม                            |            |   |   |   |
| 4                                  | หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม                     |            |   |   |   |
| 5                                  | คำนวณหาค่าความต้านทานของวงจรแบ่งแรงดัน 12V         |            |   |   |   |
| 6                                  | คำนวณหาค่าความต้านทานของวงจรแบ่งแรงดัน 30V         |            |   |   |   |
| 7                                  | เลือกใช้ตัวต้านทานที่คำนวณได้จากวงจรแบ่งแรงดัน 12V |            |   |   |   |
| 8                                  | เชื่อมต่อบอร์ด LED กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์       |            |   |   |   |
| 9                                  | เชื่อมต่อขา LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์               |            |   |   |   |
| 10                                 | เชื่อมต่อวงจรแบ่งแรงดันกับไมโครคอนโทรลเลอร์        |            |   |   |   |
| 11                                 | ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากวงจรแบ่งแรงดัน  |            |   |   |   |
| 12                                 | กำหนดค่า Analog reference ใน ADC Block             |            |   |   |   |
| 13                                 | กำหนดค่า Read AN ใน ADC Block                      |            |   |   |   |
| 14                                 | ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block                        |            |   |   |   |
| 15                                 | ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Setup Block              |            |   |   |   |
| 16                                 | ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Write Line Block         |            |   |   |   |
| 17                                 | อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจาก LCD เทียบกับมัลติมิเตอร์     |            |   |   |   |
| 18                                 | ค่าแรงดันไฟฟ้าจากวงจรแบ่งแรงดันตรงกับค่าที่คำนวณ   |            |   |   |   |
| 19                                 | ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น              |            |   |   |   |
| 20                                 | ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด                   |            |   |   |   |
| รวม                                |                                                    |            |   |   |   |
| รวมคะแนนการประเมินทั้งหมด 60 คะแนน |                                                    |            |   |   |   |

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน  
(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เกณฑ์การให้คะแนน ใบงานที่ 10 การสร้าง Digital Voltmeter แสดงผลบน LCD

- 1) เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
  - 3 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้
  
- 2) เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์ตามลำดับขั้นตอนไม่ได้
  
- 3) เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้คำสั่งในโปรแกรมไม่ได้
  
- 4) หาจุดผิดพลาด (Error) ในโปรแกรม
  - 3 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ หาจุดผิดพลาดในโปรแกรมไม่ได้
  
- 5) คำนวณหาค่าความต้านทานของวงจรแบ่งแรงดัน 12V
  - 3 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานไม่ได้
  
- 6) คำนวณหาค่าความต้านทานของวงจรแบ่งแรงดัน 30V
  - 3 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ คำนวณหาค่าความต้านทานไม่ได้

- 7) เลือกใช้ตัวต้านทานที่คำนวณได้จากวงจรแบ่งแรงดัน 12V
- 3 คะแนน เมื่อ เลือกใช้ตัวต้านทานที่คำนวณได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เลือกใช้ตัวต้านทานที่คำนวณได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เลือกใช้ตัวต้านทานที่คำนวณได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เลือกใช้ตัวต้านทานที่คำนวณไม่ได้
- 8) เชื่อมต่อบอร์ด LED กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อบอร์ด LED ไม่ได้
- 9) เชื่อมต่อขา LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อขา LCD ไม่ได้
- 10) เชื่อมต่อวงจรแบ่งแรงดันกับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อวงจรแบ่งแรงดันได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อวงจรแบ่งแรงดันได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อวงจรแบ่งแรงดันได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่อวงจรแบ่งแรงดันไม่ได้
- 11) ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากวงจรแบ่งแรงดัน
- 3 คะแนน เมื่อ ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าไม่ได้
- 12) กำหนดค่า Analog reference ใน ADC Block
- 3 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Analog reference ไม่ได้
- 13) กำหนดค่า Read AN ใน ADC Block
- 3 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ กำหนดค่า Read AN ไม่ได้

- 14) ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block
- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่าการใช้งาน Gain Block ไม่ได้
- 15) ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Setup Block
- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ได้โดยได้รับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ได้โดยได้รับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Setup Block ไม่ได้
- 16) ตั้งค่าการใช้งาน amg CLCD Write Line Block
- 3 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า CLCD Write Line Block ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า CLCD Write Line Block ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า CLCD Write Line Block ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ตั้งค่า amg CLCD Write Line Block ไม่ได้
- 17) อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจาก LCD เทียบกับมัลติมิเตอร์
- 3 คะแนน เมื่อ อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจาก LCD ได้โดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจาก LCD ได้โดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจาก LCD ได้โดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจาก LCD ไม่ได้
- 18) ค่าแรงดันไฟฟ้าจากวงจรแบ่งแรงดันตรงกับค่าที่คำนวณ
- 3 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้าถูกต้องไม่ถูกต้อง
- 19) ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมที่สร้างขึ้น
- 3 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยไม่ต้องแนะนำ
  - 2 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำ 1 ครั้ง
  - 1 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมถูกต้องโดยรับการแนะนำมากกว่า 1 ครั้ง
  - 0 คะแนน เมื่อ ผลลัพธ์การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง
- 20) ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
- 3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 10 นาที
  - 1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานเสร็จหลังเวลาที่กำหนดไม่เกิน 20 นาที
  - 0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานไม่เสร็จ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพชุดทดลอง

| ลำดับ        | รายการประเมิน                                     | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|--------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|              |                                                   | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1            | เหมาะสมกับระดับผู้เข้ารับการอบรม                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2            | สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3            | มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์                     | 5                             | 5       | 4       | 4.67      | 0.58 | ดีมาก       |
| 4            | อุปกรณ์ที่นำมาใช้ช่วยให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้ | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5            | ช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมมีทักษะในการใช้งานอุปกรณ์ | 4                             | 5       | 5       | 4.67      | 0.58 | ดีมาก       |
| 6            | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับใบงาน               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7            | มีความสะดวกในการดำเนินการอบรม                     | 4                             | 5       | 4       | 4.33      | 0.58 | ดี          |
| 8            | มีความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง                   | 4                             | 5       | 4       | 4.33      | 0.58 | ดี          |
| 9            | มีรูปร่าง ขนาดเหมาะสม                             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10           | มีวิธีการใช้งาน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 11           | มีความสะดวกในการบำรุงรักษา                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 12           | มีความคงทนแข็งแรง                                 | 4                             | 5       | 5       | 4.67      | 0.58 | ดีมาก       |
| 13           | ต้นทุนการผลิตคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ          | 4                             | 3       | 5       | 4.00      | 1.00 | ดี          |
| ค่าเฉลี่ยรวม |                                                   | 4.61                          | 4.84    | 4.76    | 4.74      | 0.30 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 1

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 5.00    | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 2

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 5.00    | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 3

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 4       | 5       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 4.90    | 4.80    | 4.89      | 0.17 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 4

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                                     | 5.00                          | 5.00    | 4.80    | 4.93      | 0.11 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 5

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 4.90    | 4.96      | 0.05 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.7 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 6

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 4.90    | 4.96      | 0.05 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 7

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.57 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 4.70    | 4.89      | 0.17 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.9 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 8

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 4.90    | 4.96      | 0.05 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.10 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 9

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 4       | 4.66      | 0.57 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 4.90    | 4.96      | 0.05 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.11 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานที่ 10

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 5.00                          | 5.00    | 5.00    | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.12 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานจำนวน 10 ใบงาน

| ลำดับ | รายการประเมิน                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |                           |                           |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------|------|-------------|
|       |                                                         | คนที่ 1<br>ใบงาน<br>1- 10     | คนที่ 2<br>ใบงาน<br>1- 10 | คนที่ 3<br>ใบงาน<br>1- 10 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์                               | 5                             | 5                         | 4.9                       | 4.97      | 0.06 | ดีมาก       |
| 2     | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง                                   | 5                             | 5                         | 4.9                       | 4.97      | 0.06 | ดีมาก       |
| 3     | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้                 | 4.9                           | 4.9                       | 5                         | 4.97      | 0.06 | ดีมาก       |
| 4     | ใบงานมีความเหมาะสมกับลำดับขั้นความรู้                   | 5                             | 5                         | 4.8                       | 4.93      | 0.12 | ดีมาก       |
| 5     | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น         | 5                             | 5                         | 4.8                       | 4.93      | 0.12 | ดีมาก       |
| 6     | มีความสอดคล้องการใช้งานร่วมกับชุดทดลอง                  | 5                             | 5                         | 5                         | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 7     | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง                     | 5                             | 5                         | 4.8                       | 4.93      | 0.12 | ดีมาก       |
| 8     | มีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ผู้เข้ารับการอบรม(ปวส.) | 5                             | 5                         | 4.9                       | 4.97      | 0.06 | ดีมาก       |
| 9     | มีเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาในการอบรม                        | 5                             | 5                         | 5                         | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 10    | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี             | 5                             | 5                         | 4.8                       | 4.93      | 0.12 | ดีมาก       |
|       | ค่าเฉลี่ยรวม                                            | 4.99                          | 4.99                      | 4.89                      | 4.96      | 0.04 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.13 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาใบงานที่ 10 กับใบงานที่ 1 - 9

| ลำดับ     | รายการประเมิน                                                 | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |                                  |              |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|----------------------------------|--------------|
|           |                                                               | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | จำนวน<br>ความเห็น<br>ที่สอดคล้อง | ค่า<br>I-CVI |
| 1         | ใบงานที่ 1 การใช้งานโปรแกรม<br>MATLAB เบื้องต้น               | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 2         | ใบงานที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม<br>Waijung Blockset              | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 3         | ใบงานที่ 3 การใช้งานโปรแกรม<br>Simulink สร้างสัญญาณพัลส์      | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 4         | ใบงานที่ 4 การควบคุมหลอด<br>แสดงผล LED                        | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 5         | ใบงานที่ 5 การรับค่าสัญญาณ<br>ดิจิตอล                         | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 6         | ใบงานที่ 6 การควบคุมหลอด<br>แสดงผล 7 SEGMENT                  | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 7         | ใบงานที่ 7 การควบคุม<br>จอแสดงผล LCD                          | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 8         | ใบงานที่ 8 การรับค่าสัญญาณแอนะ<br>ล็อก                        | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| 9         | ใบงานที่ 9 การรับค่าสัญญาณแอนะ<br>ล็อกควบคุมหลอดแสดงผล<br>LED | 1                             | 1       | 1       | 3                                | 1            |
| รวม I-CVI |                                                               |                               |         |         |                                  | 9            |

การวิเคราะห์ดัชนีความตรงเนื้อหาใช้สูตร  $S-CVI = \sum (I-CVI) / P$

เมื่อ S-CVI คือ ความตรงเนื้อหาทั้งหมด  
P คือ จำนวนข้อคำถาม

แทนค่า  $S-CVI = 9/9$   
 $S-CVI = 1$

\*ค่า S-CVI ควรมีค่าร้อยละ 90 ขึ้นไป (0.90)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.14 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของแบบประเมินผล การปฏิบัติงาน

| ลำดับ | รายการประเมิน                                                   | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         |           |      | ระดับคุณภาพ |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|------|-------------|
|       |                                                                 | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 | $\bar{X}$ | S.D. |             |
| 1     | หัวข้อการประเมินสอดคล้องกับ<br>ใบงาน                            | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 2     | ลำดับของหัวข้อการประเมิน<br>สอดคล้องกับขั้นตอนการ<br>ปฏิบัติงาน | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 3     | หัวข้อการประเมินครอบคลุม<br>ขั้นตอนการปฏิบัติงาน                | 5                             | 5       | 4       | 4.67      | 0.58 | ดีมาก       |
| 4     | หัวข้อการประเมินเหมาะสมกับ<br>ขั้นตอนการปฏิบัติงาน              | 5                             | 5       | 5       | 5.00      | 0.00 | ดีมาก       |
| 5     | เกณฑ์การให้คะแนนเหมาะสม<br>กับการปฏิบัติงาน                     | 4                             | 5       | 5       | 4.67      | 0.58 | ดีมาก       |
|       | <b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>                                             | 4.8                           | 5       | 4.8     | 4.87      | 0.23 | ดีมาก       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบท้ายใบงานกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

| ข้อที่                                           | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma^R$ | IOC   | ผลการประเมิน |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|------------|-------|--------------|
|                                                  | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |       |              |
| ใบงานที่ 1 การทดลอง MATLAB for beginners         |                               |         |         |            |       |              |
| 1                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 2                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 3                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 4                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 5                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 6                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 7                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 8                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 9                                                | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67  | สอดคล้อง     |
| 10                                               | -1                            | -1      | 1       | -1         | -0.33 | ไม่สอดคล้อง  |
| 11                                               | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67  | สอดคล้อง     |
| 12                                               | -1                            | 0       | 1       | 0          | 0.00  | ไม่สอดคล้อง  |
| ใบงานที่ 2 การทดลอง Install Waijung and Hardware |                               |         |         |            |       |              |
| 1                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 2                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 3                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 4                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 5                                                | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67  | สอดคล้อง     |
| 6                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 7                                                | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67  | สอดคล้อง     |
| 8                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 9                                                | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 10                                               | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 11                                               | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |
| 12                                               | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00  | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

| ข้อที่                                     | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma^R$ | IOC  | ผลการประเมิน |
|--------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|------------|------|--------------|
|                                            | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |      |              |
| ใบงานที่ 3 การทดลอง Simulink for beginners |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 5                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                          | 0                             | 1       | 0       | 1          | 0.33 | ไม่สอดคล้อง  |
| 7                                          | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 8                                          | 0                             | 1       | 0       | 1          | 0.33 | ไม่สอดคล้อง  |
| 9                                          | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 10                                         | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 11                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                         | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| ใบงานที่ 4 การทดลอง Digital Output LED     |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 5                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 7                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8                                          | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 9                                          | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 10                                         | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 11                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

| ข้อที่                                        | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma^R$ | IOC  | ผลการประเมิน |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|------------|------|--------------|
|                                               | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |      |              |
| ใบงานที่ 5 การทดลอง Digital Input Control LED |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                             | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 3                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 5                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 7                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 9                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 10                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 11                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| ใบงานที่ 6 การทดลอง 7 segment                 |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 5                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 7                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 9                                             | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 10                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 11                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

| ข้อที่                                                     | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma^R$ | IOC  | ผลการประเมิน |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|------------|------|--------------|
|                                                            | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |      |              |
| ใบงานที่ 7 การทดลอง LCD                                    |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                                          | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 5                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 7                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 9                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 10                                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 11                                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| ใบงานที่ 8 การทดลอง ADC and Digital Output on Charater LCD |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 5                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 7                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8                                                          | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 9                                                          | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 10                                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 11                                                         | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                                         | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

| ข้อที่                                       | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma R$ | IOC  | ผลการประเมิน |
|----------------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|------------|------|--------------|
|                                              | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |      |              |
| ใบงานที่ 9 การทดลอง ADC Control LED          |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                            | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 5                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 7                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 9                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 10                                           | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 11                                           | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                           | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| ใบงานที่ 10 การทดลอง สร้าง Digital Voltmeter |                               |         |         |            |      |              |
| 1                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 5                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 6                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 7                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 9                                            | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 10                                           | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 11                                           | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12                                           | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เข้ารับการอบรมกับ  
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

| ข้อที่ | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma R$ | IOC  | ผลการประเมิน |
|--------|-------------------------------|---------|---------|------------|------|--------------|
|        | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |      |              |
| 1      | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 2      | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 3      | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 4      | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 5      | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 6      | -1                            | 1       | 1       | 1          | 0.33 | ไม่สอดคล้อง  |
| 7      | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 8      | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 9      | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 10     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 11     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 12     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 13     | -1                            | 1       | 0       | 0          | 0.00 | ไม่สอดคล้อง  |
| 14     | -1                            | 1       | 0       | 0          | 0.00 | ไม่สอดคล้อง  |
| 15     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 16     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 17     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 18     | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 19     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 20     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 21     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 22     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 23     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 24     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 25     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 26     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 27     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 28     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 29     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 30     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

| ข้อที่ | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma^R$ | IOC  | ผลการประเมิน |
|--------|-------------------------------|---------|---------|------------|------|--------------|
|        | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |      |              |
| 31     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 32     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 33     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 34     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 35     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 36     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 37     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 38     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 39     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 40     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 41     | 0                             | 1       | 0       | 1          | 0.33 | ไม่สอดคล้อง  |
| 42     | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 43     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 44     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 45     | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 46     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 47     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 48     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 49     | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 50     | 0                             | 1       | 1       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 51     | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 52     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 53     | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 54     | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 55     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 56     | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 57     | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 58     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 59     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 60     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

| ข้อที่ | ระดับความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิ |         |         | $\Sigma R$ | IOC  | ผลการประเมิน |
|--------|-------------------------------|---------|---------|------------|------|--------------|
|        | คนที่ 1                       | คนที่ 2 | คนที่ 3 |            |      |              |
| 61     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |
| 62     | 0                             | 1       | 0       | 1          | 0.33 | ไม่สอดคล้อง  |
| 63     | 0                             | 1       | 0       | 1          | 0.33 | ไม่สอดคล้อง  |
| 64     | 1                             | 1       | 0       | 2          | 0.67 | สอดคล้อง     |
| 65     | 1                             | 1       | 1       | 3          | 1.00 | สอดคล้อง     |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

- หากต้องการเขียนโปรแกรมเปรียบเทียบไม่เท่ากับ ใช้สัญลักษณ์ใด
  - ก. !=
  - ข. =!
  - ค. ~=
  - ง. !!
  - จ. =~
- เครื่องหมาย & มีลักษณะการดำเนินการอย่างไร
  - ก. ไม่
  - ข. หรือ
  - ค. คูณ
  - ง. และ
  - จ. ไม่มีข้อถูก
- เมื่อ RUN คำสั่งโปรแกรม ">> a=2^4" จะได้ผลลัพธ์อย่างไร
  - ก. 4
  - ข. 8
  - ค. 16
  - ง. 32
  - จ. 64
- เมื่อ RUN คำสั่งโปรแกรม ">> a=7\*2-10\*2+5" จะได้ผลลัพธ์อย่างไร
  - ก. -1
  - ข. 1
  - ค. 16
  - ง. -16
  - จ. 15
- on-chip flash program memory ของ ARM Cortex M0 มีขนาดเท่าใด
  - ก. 4kB
  - ข. 8kB
  - ค. 16kB
  - ง. 32kB
  - จ. 64kB
- Interrupt Controller ของ ARM Cortex M0 อยู่ในช่วงใด
  - ก. 1 to 10
  - ข. 10 to 32
  - ค. 1 to 30
  - ง. 1 to 28
  - จ. 1 to 32
- Waijung blockset ติดตั้งบนโปรแกรมใด
  - ก. MATLAB
  - ข. LabVIEW
  - ค. FiO programing
  - ง. Visio
  - จ. Fritzing
- เมื่อติดตั้ง Waijung blockset เรียบร้อยแล้วจะทราบได้อย่างไร
  - ก. เครื่องคอมพิวเตอร์ Restart
  - ข. โปรแกรมแสดงข้อความ Finish waijung15\_04a
  - ค. โปรแกรมแสดงข้อความ Finish Waijung Installation
  - ง. โปรแกรมแสดงข้อความ Finish Installation
  - จ. โปรแกรมแสดงข้อความ Finish Simulink Installation
- ขั้นตอนแรกก่อนการทดสอบการเชื่อมต่อ FiO Glide ต้องทำสิ่งใด
  - ก. กด Reset FiO Glide
  - ข. ต่อสาย Mini-USB กับ aMG USB Connect
  - ค. Update Driver
  - ง. Restart Computer
  - จ. Install Driver
- จะทราบได้อย่างไรว่า FiO Glide เชื่อมต่อกับ Computer ได้แล้ว
  - ก. พิมพ์คำสั่งทดสอบในโปรแกรม
  - ข. ดูสถานะของ LED ที่ FiO Glide
  - ค. ตรวจสอบที่ USB
  - ง. Reset FiO Glide
  - จ. Start FiO Glide



18. Digital Output block เป็นแหล่งจ่ายกระแส 0.5mA หมายถึงการทำงานโหมดใด

- ก. mode Standard
- ข. mode LOW
- ค. mode HIGH
- ง. mode 0.5mA
- จ. mode OUTPUT HIGH

19. Digital Output block เป็นแหล่งจ่ายกระแส 5mA หมายถึงการทำงานโหมดใด

- ก. mode Standard
- ข. mode LOW
- ค. mode HIGH
- ง. mode 0.5mA
- จ. mode OUTPUT HIGH

20. การกำหนดขาที่ใช้งานเอาต์พุตตั้งแต่ P0.0 ถึง P0.31 ต้องตั้งค่าที่หัวข้อใด

- ก. mode Input
- ข. Use Pin
- ค. mode Output
- ง. Current drive
- จ. Output Type

21. Type แบบ Pull-Down หมายถึง

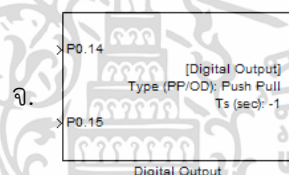
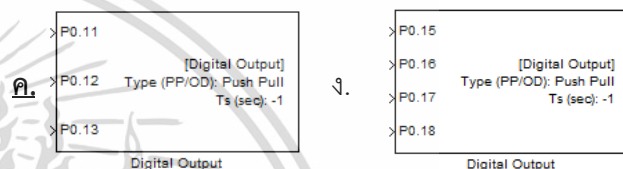
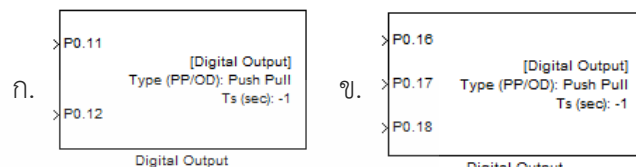
- ก. ทำงานสัญญาณระดับต่ำ
- ข. ทำงานสัญญาณระดับสูง
- ค. ทำงานแบบ Analog
- ง. ทำงานแบบ Active High หรือ ลอจิก 1
- จ. ทำงานแบบ Active Low หรือ ลอจิก 0

22. การกำหนดขาที่ใช้งานอินพุตตั้งแต่ P0.0 ถึง P0.31 ต้องตั้งค่าที่หัวข้อใด

- ก. mode Input
- ข. Use Pin
- ค. mode Output
- ง. Current drive
- จ. Output Type

23. ต้องการให้ LED ติด สถานะดังตารางต้องใช้ Digital Output block ในข้อใด

| จังหวะการทำงาน | สถานะ LED |
|----------------|-----------|
| Step           | 000X XXXX |



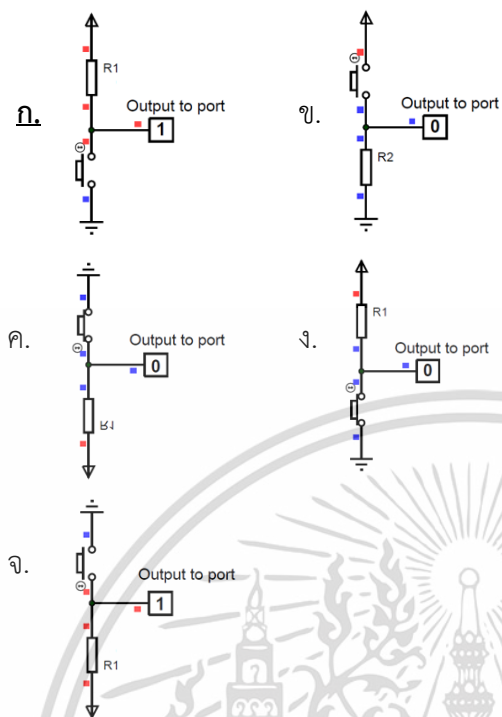
24. เมื่อต้องการเขียนโปรแกรมให้รับค่าสวิตช์ที่ ลอจิก 1 ต้องตั้งค่า Digital Input block โหมดใด

- ก. Drive mode
- ข. Standard
- ค. Type Input
- ง. Mode Input
- จ. Use Pin

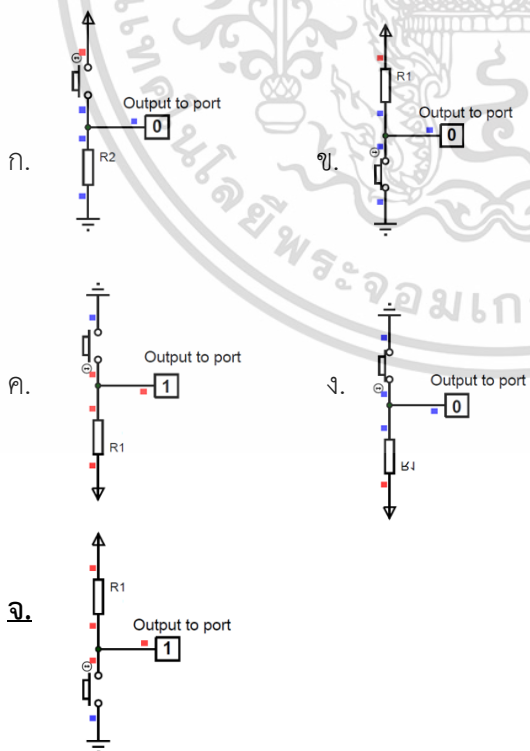
25. 7-segment Common Cathode มีลักษณะอย่างไร

- ก. ต่อขา K เข้าไฟบวก
- ข. ต่อขา K ลง กราวด์
- ค. ต่อขา A ลง กราวด์
- ง. ต่อขา A เข้าไฟบวก
- จ. ผิดทุกข้อ

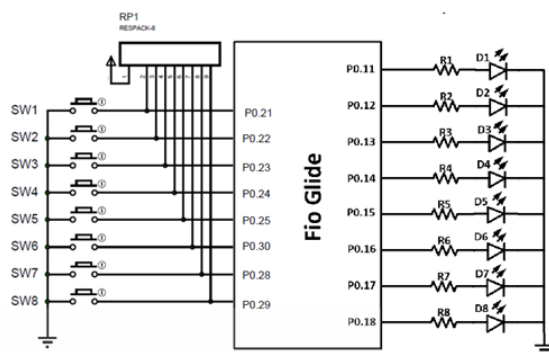
26. การต่อแบบ Pull-Up Resistor ที่ถูกต้อง มีลักษณะอย่างไร



27. วงจรสวิตช์ที่ทำงานแบบ Active Low คือข้อใด

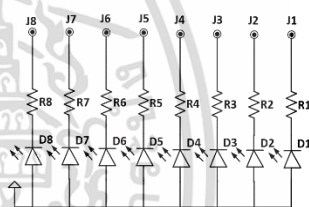


28. จากภาพ ถ้าต้องการกด SW1 ต้องสร้างโปรแกรมรับค่าที่ขาใด



- ก. P0.21
- ข. P0.11
- ค. P0.22
- ง. P0.12
- จ. P0.1

29. จากภาพเป็นโครงสร้างของ 7-segment แบบใด



- ก. Common Anode
- ข. Common Cathode
- ค. แบบต่อขา A ลง กราวด์
- ง. แบบต่อขา K ลง กราวด์
- จ. แบบต่อขา K เช้าไฟบวก

30. การป้องกันตัวแสดงผลภายในเสียหาย ขณะใช้งานสามารถทำได้อย่างไร

- ก. ต่อตัว LED ที่แหล่งจ่ายและขาอุปกรณ์
- ข. ต่อตัวคาปาซิเตอร์ที่แหล่งจ่ายและขาอุปกรณ์
- ค. ต่อตัวต้านทานที่แหล่งจ่ายและขาอุปกรณ์
- ง. ต่อตัวทรานซิสเตอร์ที่แหล่งจ่ายและขาอุปกรณ์
- จ. ต่อตัว LDR ที่แหล่งจ่ายและขาอุปกรณ์



41. สร้างโปรแกรมที่รับค่าสัญญาณแอนะล็อก โดยเลือก Read AN4 ใน ADC block ต้องต่อสัญญาณแอนะล็อกเข้าที่ขาใด

- ก. P0.01                      ข. P0.02  
ค. P0.03                      ง. P0.04  
 จ. P0.10

42. Gain block มีหน้าที่อะไรในการแสดงผล บนหน้าจอ LCD

- ก. เพิ่มค่าให้มากขึ้น  
ข. แปลงค่าให้แสดงผลอยู่ในระดับแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้  
 ค. ปรับค่าให้มีความละเอียดมากขึ้น  
 ง. สลับค่าสัญญาณที่อ่านได้  
 จ. เลือกรูปแบบการรับค่าสัญญาณ

43. Constant value ใน Compare To Constant block มีหน้าที่อะไร

- ก. เพิ่มค่าให้มากขึ้น  
ข. ค่าคงที่ที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าอินพุต  
 ค. ค่าคงที่ที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุต  
 ง. สลับค่าสัญญาณที่อ่านได้  
 จ. ชนิดของข้อมูลที่ส่งออก

44. ตัวดำเนินการเปรียบเทียบ ใน Compare To Constant block คือข้อใด

- ก. Operator                      ข. exception  
 ค. return                      ง. range  
 จ. viod

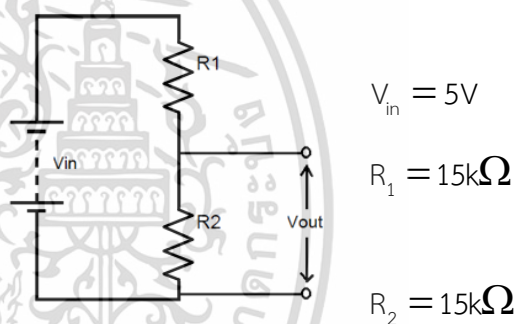
45. ต้องการสร้างโปรแกรมที่รับสัญญาณแอนะล็อกที่มากค่ามากกว่า 3 ขึ้นไปแล้ว LED ติด ต้องแก้ไขโปรแกรมในส่วนใด

- ก. Gain block  
 ข. Value block  
 ค. Output block  
ง. Compare To Constant block  
 จ. ไม่มีข้อถูก

46. วงจรแบ่งแรงดันทำหน้าที่อะไรในการสร้าง Digital Voltmeter

- ก. สลับค่าแรงดันไฟฟ้าให้เป็นขั้วลบ  
 ข. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้  
ค. ลดระดับแรงดันให้อยู่ระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้  
 ง. เพิ่มกระแสไฟฟ้าให้อยู่ระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้  
 จ. เพิ่มกระแสไฟฟ้าให้อยู่ระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับได้

47. จากวงจร จงคำนวณหาค่า  $V_{out}$  โดยกำหนดค่าดังนี้



- ก. 1V                      ข. 2V  
ค. 2.5V                      ง. 3V  
 จ. 5V





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนของใบงานที่ 1 – 9 จากการอบรมภาคปฏิบัติ (E<sub>1</sub>)

| คนที่ | คะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่ 1 - 9 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | คะแนน<br>เต็ม<br>270<br>คะแนน | คิดเป็น<br>ร้อยละ<br>75% |
|-------|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|
|       | ใบ<br>งาน<br>ที่ 1                              | ใบ<br>งาน<br>ที่ 2 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 3 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 4 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 5 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 6 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 7 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 8 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 9 |                               |                          |
| 1     | 26                                              | 24                 | 26                 | 27                 | 27                 | 28                 | 23                 | 26                 | 24                 | 231                           | 64.17                    |
| 2     | 26                                              | 25                 | 25                 | 25                 | 25                 | 26                 | 28                 | 24                 | 26                 | 230                           | 63.89                    |
| 3     | 27                                              | 26                 | 27                 | 27                 | 26                 | 24                 | 25                 | 23                 | 27                 | 232                           | 64.44                    |
| 4     | 25                                              | 25                 | 27                 | 25                 | 28                 | 24                 | 27                 | 27                 | 26                 | 234                           | 65.00                    |
| 5     | 28                                              | 26                 | 26                 | 26                 | 27                 | 26                 | 28                 | 25                 | 25                 | 237                           | 65.83                    |
| 6     | 27                                              | 25                 | 28                 | 28                 | 26                 | 27                 | 28                 | 29                 | 24                 | 242                           | 67.22                    |
| 7     | 26                                              | 23                 | 27                 | 26                 | 28                 | 25                 | 27                 | 28                 | 25                 | 235                           | 65.28                    |
| 8     | 28                                              | 28                 | 25                 | 25                 | 27                 | 24                 | 25                 | 25                 | 28                 | 235                           | 65.28                    |
| 9     | 27                                              | 24                 | 26                 | 26                 | 26                 | 26                 | 26                 | 26                 | 28                 | 235                           | 65.28                    |
| 10    | 27                                              | 24                 | 25                 | 28                 | 28                 | 28                 | 27                 | 29                 | 28                 | 244                           | 67.78                    |
| 11    | 25                                              | 24                 | 27                 | 28                 | 25                 | 27                 | 27                 | 27                 | 24                 | 234                           | 65.00                    |
| 12    | 26                                              | 27                 | 24                 | 25                 | 24                 | 27                 | 28                 | 25                 | 28                 | 234                           | 65.00                    |
| 13    | 26                                              | 26                 | 26                 | 24                 | 27                 | 23                 | 28                 | 27                 | 26                 | 233                           | 64.72                    |
| 14    | 25                                              | 26                 | 25                 | 24                 | 25                 | 25                 | 29                 | 27                 | 27                 | 233                           | 64.72                    |
| 15    | 26                                              | 24                 | 26                 | 26                 | 26                 | 27                 | 27                 | 28                 | 26                 | 236                           | 65.56                    |
| 16    | 25                                              | 28                 | 27                 | 27                 | 28                 | 23                 | 28                 | 26                 | 25                 | 237                           | 65.83                    |
| 17    | 27                                              | 25                 | 25                 | 25                 | 26                 | 26                 | 27                 | 27                 | 24                 | 232                           | 64.44                    |
| 18    | 29                                              | 29                 | 25                 | 26                 | 25                 | 26                 | 27                 | 26                 | 26                 | 239                           | 66.39                    |
| 19    | 29                                              | 29                 | 28                 | 26                 | 26                 | 24                 | 26                 | 28                 | 27                 | 243                           | 67.50                    |
| 20    | 26                                              | 25                 | 28                 | 26                 | 27                 | 25                 | 27                 | 28                 | 27                 | 239                           | 66.39                    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.1 (ต่อ)

| คนที่     | คะแนนจากการประเมินผลการปฏิบัติงานใบงานที่ 1 - 9 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | คะแนน<br>เต็ม<br>270<br>คะแนน | คิดเป็น<br>ร้อยละ<br>75% |
|-----------|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|
|           | ใบ<br>งาน<br>ที่ 1                              | ใบ<br>งาน<br>ที่ 2 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 3 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 4 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 5 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 6 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 7 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 8 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 9 |                               |                          |
| 21        | 25                                              | 26                 | 29                 | 25                 | 23                 | 25                 | 26                 | 26                 | 26                 | 231                           | 64.17                    |
| 22        | 24                                              | 26                 | 27                 | 26                 | 24                 | 24                 | 27                 | 25                 | 25                 | 228                           | 63.33                    |
| 23        | 25                                              | 27                 | 29                 | 27                 | 24                 | 23                 | 26                 | 24                 | 26                 | 231                           | 64.17                    |
| 24        | 24                                              | 27                 | 25                 | 27                 | 25                 | 27                 | 26                 | 27                 | 24                 | 232                           | 64.44                    |
| 25        | 27                                              | 26                 | 26                 | 27                 | 28                 | 29                 | 27                 | 25                 | 27                 | 242                           | 67.22                    |
| 26        | 26                                              | 27                 | 29                 | 25                 | 26                 | 25                 | 27                 | 28                 | 29                 | 242                           | 67.22                    |
| 27        | 25                                              | 25                 | 26                 | 26                 | 27                 | 25                 | 28                 | 28                 | 25                 | 235                           | 65.28                    |
| 28        | 26                                              | 26                 | 27                 | 25                 | 28                 | 26                 | 23                 | 23                 | 28                 | 232                           | 64.44                    |
| 29        | 25                                              | 27                 | 24                 | 25                 | 25                 | 26                 | 27                 | 27                 | 26                 | 232                           | 64.44                    |
| 30        | 25                                              | 27                 | 25                 | 26                 | 28                 | 27                 | 24                 | 25                 | 27                 | 234                           | 65.00                    |
| 31        | 27                                              | 25                 | 24                 | 27                 | 24                 | 26                 | 25                 | 26                 | 28                 | 232                           | 64.44                    |
| 32        | 25                                              | 29                 | 24                 | 25                 | 26                 | 27                 | 25                 | 26                 | 28                 | 235                           | 65.28                    |
| 33        | 29                                              | 28                 | 25                 | 24                 | 29                 | 29                 | 26                 | 27                 | 28                 | 245                           | 68.06                    |
| 34        | 24                                              | 26                 | 25                 | 27                 | 25                 | 24                 | 25                 | 27                 | 28                 | 231                           | 64.17                    |
| 35        | 28                                              | 24                 | 26                 | 29                 | 27                 | 27                 | 26                 | 25                 | 25                 | 237                           | 65.83                    |
| 36        | 26                                              | 26                 | 27                 | 25                 | 24                 | 24                 | 28                 | 25                 | 26                 | 231                           | 64.17                    |
| 37        | 26                                              | 27                 | 26                 | 24                 | 27                 | 26                 | 25                 | 28                 | 29                 | 238                           | 66.11                    |
| 38        | 29                                              | 27                 | 26                 | 25                 | 26                 | 27                 | 24                 | 26                 | 25                 | 235                           | 65.28                    |
| 39        | 26                                              | 24                 | 26                 | 26                 | 26                 | 26                 | 26                 | 26                 | 24                 | 230                           | 63.89                    |
| 40        | 25                                              | 25                 | 27                 | 24                 | 26                 | 26                 | 28                 | 24                 | 26                 | 231                           | 64.17                    |
| เฉลี่ยรวม |                                                 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                               | 65.27                    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.2 คะแนนของใบงานที่ 1 – 9 จากการทำแบบทดสอบภาคทฤษฎี (E<sub>1</sub>)

| คนที่ | คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายใบงานที่ 1 - 9 |            |            |            |            |            |            |            |            | คะแนนเต็ม 90 คะแนน | คิดเป็นร้อยละ 25% |
|-------|-----------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|-------------------|
|       | ใบงานที่ 1                              | ใบงานที่ 2 | ใบงานที่ 3 | ใบงานที่ 4 | ใบงานที่ 5 | ใบงานที่ 6 | ใบงานที่ 7 | ใบงานที่ 8 | ใบงานที่ 9 |                    |                   |
| 1     | 6                                       | 5          | 8          | 9          | 9          | 9          | 6          | 7          | 6          | 65                 | 18.06             |
| 2     | 4                                       | 7          | 9          | 7          | 8          | 8          | 9          | 6          | 6          | 64                 | 17.78             |
| 3     | 5                                       | 8          | 8          | 7          | 8          | 7          | 6          | 7          | 7          | 63                 | 17.50             |
| 4     | 7                                       | 9          | 9          | 8          | 9          | 6          | 8          | 9          | 8          | 73                 | 20.28             |
| 5     | 5                                       | 8          | 7          | 7          | 7          | 10         | 6          | 6          | 6          | 62                 | 17.22             |
| 6     | 8                                       | 7          | 9          | 8          | 6          | 8          | 6          | 8          | 6          | 66                 | 18.33             |
| 7     | 9                                       | 6          | 10         | 9          | 10         | 8          | 8          | 9          | 7          | 76                 | 21.11             |
| 8     | 9                                       | 7          | 5          | 6          | 7          | 6          | 9          | 7          | 8          | 64                 | 17.78             |
| 9     | 5                                       | 7          | 6          | 5          | 7          | 7          | 6          | 6          | 7          | 56                 | 15.56             |
| 10    | 5                                       | 6          | 9          | 8          | 9          | 8          | 7          | 8          | 7          | 67                 | 18.61             |
| 11    | 7                                       | 7          | 7          | 7          | 5          | 7          | 6          | 9          | 8          | 63                 | 17.50             |
| 12    | 8                                       | 6          | 6          | 6          | 6          | 5          | 9          | 6          | 8          | 60                 | 16.67             |
| 13    | 7                                       | 7          | 8          | 8          | 7          | 7          | 8          | 10         | 9          | 71                 | 19.72             |
| 14    | 6                                       | 7          | 5          | 6          | 7          | 7          | 5          | 7          | 7          | 57                 | 15.83             |
| 15    | 7                                       | 6          | 8          | 6          | 8          | 5          | 8          | 3          | 6          | 57                 | 15.83             |
| 16    | 9                                       | 8          | 8          | 10         | 8          | 5          | 10         | 7          | 6          | 71                 | 19.72             |
| 17    | 6                                       | 6          | 7          | 7          | 7          | 8          | 4          | 4          | 7          | 56                 | 15.56             |
| 18    | 8                                       | 8          | 6          | 8          | 7          | 7          | 5          | 9          | 8          | 66                 | 18.33             |
| 19    | 7                                       | 7          | 6          | 7          | 8          | 7          | 10         | 7          | 9          | 68                 | 18.89             |
| 20    | 6                                       | 7          | 7          | 5          | 8          | 7          | 8          | 6          | 5          | 59                 | 16.39             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.2 (ต่อ)

| คนที่     | คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายใบงานที่ 1 - 9 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | คะแนน<br>เต็ม<br>90<br>คะแนน | คิดเป็น<br>ร้อยละ<br>25% |
|-----------|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------|
|           | ใบ<br>งาน<br>ที่ 1                      | ใบ<br>งาน<br>ที่ 2 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 3 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 4 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 5 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 6 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 7 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 8 | ใบ<br>งาน<br>ที่ 9 |                              |                          |
| 21        | 7                                       | 6                  | 7                  | 5                  | 7                  | 9                  | 9                  | 6                  | 6                  | 62                           | 17.22                    |
| 22        | 6                                       | 7                  | 8                  | 8                  | 6                  | 7                  | 6                  | 7                  | 6                  | 61                           | 16.94                    |
| 23        | 6                                       | 5                  | 7                  | 7                  | 6                  | 6                  | 5                  | 9                  | 8                  | 59                           | 16.39                    |
| 24        | 9                                       | 10                 | 5                  | 7                  | 5                  | 8                  | 8                  | 9                  | 7                  | 68                           | 18.89                    |
| 25        | 7                                       | 6                  | 6                  | 6                  | 10                 | 9                  | 7                  | 6                  | 7                  | 64                           | 17.78                    |
| 26        | 9                                       | 6                  | 8                  | 6                  | 7                  | 7                  | 6                  | 8                  | 6                  | 63                           | 17.50                    |
| 27        | 9                                       | 8                  | 8                  | 5                  | 5                  | 6                  | 7                  | 5                  | 6                  | 59                           | 16.39                    |
| 28        | 6                                       | 6                  | 9                  | 7                  | 6                  | 8                  | 7                  | 7                  | 8                  | 64                           | 17.78                    |
| 29        | 5                                       | 6                  | 6                  | 6                  | 5                  | 6                  | 8                  | 9                  | 7                  | 58                           | 16.11                    |
| 30        | 7                                       | 7                  | 7                  | 4                  | 7                  | 8                  | 7                  | 8                  | 10                 | 65                           | 18.06                    |
| 31        | 9                                       | 8                  | 5                  | 7                  | 6                  | 9                  | 9                  | 10                 | 7                  | 70                           | 19.44                    |
| 32        | 6                                       | 7                  | 6                  | 5                  | 8                  | 3                  | 8                  | 5                  | 6                  | 54                           | 15.00                    |
| 33        | 8                                       | 6                  | 6                  | 6                  | 8                  | 8                  | 8                  | 9                  | 6                  | 65                           | 18.06                    |
| 34        | 6                                       | 8                  | 8                  | 8                  | 7                  | 9                  | 9                  | 6                  | 7                  | 68                           | 18.89                    |
| 35        | 6                                       | 9                  | 6                  | 7                  | 8                  | 3                  | 8                  | 7                  | 6                  | 60                           | 16.67                    |
| 36        | 5                                       | 9                  | 5                  | 8                  | 6                  | 10                 | 7                  | 7                  | 5                  | 62                           | 17.22                    |
| 37        | 8                                       | 8                  | 6                  | 6                  | 8                  | 8                  | 7                  | 8                  | 8                  | 67                           | 18.61                    |
| 38        | 7                                       | 6                  | 7                  | 9                  | 9                  | 7                  | 7                  | 9                  | 8                  | 69                           | 19.17                    |
| 39        | 7                                       | 5                  | 5                  | 6                  | 8                  | 6                  | 10                 | 8                  | 7                  | 62                           | 17.22                    |
| 40        | 6                                       | 5                  | 8                  | 6                  | 7                  | 4                  | 6                  | 6                  | 5                  | 53                           | 14.72                    |
| เฉลี่ยรวม |                                         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                              | 17.62                    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.3 คะแนนจากการอบรมใบงานที่ 10 (E<sub>2</sub>)

| คนที่ | คะแนนภาคปฏิบัติ       |                      | คะแนนภาคทฤษฎี         |                      | รวม<br>100% |
|-------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
|       | คะแนนเต็ม<br>60 คะแนน | คิดเป็นร้อยละ<br>75% | คะแนนเต็ม<br>50 คะแนน | คิดเป็นร้อยละ<br>25% |             |
| 1     | 54                    | 67.50                | 38                    | 19.00                | 86.50       |
| 2     | 46                    | 57.50                | 39                    | 19.50                | 77.00       |
| 3     | 52                    | 65.00                | 37                    | 18.50                | 83.50       |
| 4     | 52                    | 65.00                | 42                    | 21.00                | 86.00       |
| 5     | 50                    | 62.50                | 43                    | 21.50                | 84.00       |
| 6     | 50                    | 62.50                | 42                    | 21.00                | 83.50       |
| 7     | 48                    | 60.00                | 37                    | 18.50                | 78.50       |
| 8     | 52                    | 65.00                | 42                    | 21.00                | 86.00       |
| 9     | 54                    | 67.50                | 40                    | 20.00                | 87.50       |
| 10    | 54                    | 67.50                | 41                    | 20.50                | 88.00       |
| 11    | 54                    | 67.50                | 37                    | 18.50                | 86.00       |
| 12    | 48                    | 60.00                | 41                    | 20.50                | 80.50       |
| 13    | 50                    | 62.50                | 38                    | 19.00                | 81.50       |
| 14    | 50                    | 62.50                | 38                    | 19.00                | 81.50       |
| 15    | 52                    | 65.00                | 37                    | 18.50                | 83.50       |
| 16    | 56                    | 70.00                | 33                    | 16.50                | 86.50       |
| 17    | 46                    | 57.50                | 43                    | 21.50                | 79.00       |
| 18    | 48                    | 60.00                | 41                    | 20.50                | 80.50       |
| 19    | 46                    | 57.50                | 34                    | 17.00                | 74.50       |
| 20    | 50                    | 62.50                | 34                    | 17.00                | 79.50       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.3 (ต่อ)

| คนที่      | คะแนนภาคปฏิบัติ       |                      | คะแนนภาคทฤษฎี         |                      | รวม<br>100% |
|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
|            | คะแนนเต็ม<br>60 คะแนน | คิดเป็นร้อยละ<br>75% | คะแนนเต็ม<br>50 คะแนน | คิดเป็นร้อยละ<br>25% |             |
| 21         | 50                    | 62.50                | 32                    | 16.00                | 78.50       |
| 22         | 52                    | 65.00                | 39                    | 19.50                | 84.50       |
| 23         | 50                    | 62.50                | 40                    | 20.00                | 82.50       |
| 24         | 54                    | 67.50                | 36                    | 18.00                | 85.50       |
| 25         | 56                    | 70.00                | 36                    | 18.00                | 88.00       |
| 26         | 54                    | 67.50                | 41                    | 20.50                | 88.00       |
| 27         | 52                    | 65.00                | 42                    | 21.00                | 86.00       |
| 28         | 50                    | 62.50                | 33                    | 16.50                | 79.00       |
| 29         | 50                    | 62.50                | 35                    | 17.50                | 80.00       |
| 30         | 54                    | 67.50                | 41                    | 20.50                | 88.00       |
| 31         | 54                    | 67.50                | 41                    | 20.50                | 88.00       |
| 32         | 58                    | 72.50                | 40                    | 20.00                | 92.50       |
| 33         | 52                    | 65.00                | 43                    | 21.50                | 86.50       |
| 34         | 56                    | 70.00                | 38                    | 19.00                | 89.00       |
| 35         | 54                    | 67.50                | 35                    | 17.50                | 85.00       |
| 36         | 50                    | 62.50                | 43                    | 21.50                | 84.00       |
| 37         | 54                    | 67.50                | 35                    | 17.50                | 85.00       |
| 38         | 54                    | 67.50                | 30                    | 15.00                | 82.50       |
| 39         | 52                    | 65.00                | 37                    | 18.50                | 83.50       |
| 40         | 52                    | 65.00                | 39                    | 19.50                | 84.50       |
| <b>รวม</b> | <b>เฉลี่ย</b>         | 64.69                | <b>เฉลี่ย</b>         | 19.16                | 83.85       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

| กลุ่ม<br>ตัวอย่าง<br>N=40 | คะแนนจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานและ<br>แบบทดสอบท้ายการทดลองของ<br>ใบงานที่ 1 – 9 โดยแบ่งคะแนนออกเป็น<br>ภาคปฏิบัติร้อยละ 75<br>ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 |               |             |               |             | คะแนนจากแบบประเมินผลกาปฏิบัติงานของใบ<br>งานที่ 10 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์<br>โดยแบ่งคะแนนออกเป็น<br>ภาคปฏิบัติร้อยละ 75<br>ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 |               |             |               |             |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|                           | ภาคปฏิบัติ                                                                                                                                        |               | ภาคทฤษฎี    |               | รวม<br>100% | ภาคปฏิบัติ                                                                                                                                     |               | ภาคทฤษฎี    |               | รวม<br>100% |
|                           | 270<br>คะแนน                                                                                                                                      | ร้อยละ<br>75% | 90<br>คะแนน | ร้อยละ<br>25% |             | 60<br>คะแนน                                                                                                                                    | ร้อยละ<br>75% | 50<br>คะแนน | ร้อยละ<br>25% |             |
| 1                         | 231                                                                                                                                               | 64.17         | 65          | 18.06         | 82.23       | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 38          | 19.00         | 86.50       |
| 2                         | 230                                                                                                                                               | 63.89         | 64          | 17.78         | 81.67       | 46                                                                                                                                             | 57.50         | 39          | 19.50         | 77.00       |
| 3                         | 232                                                                                                                                               | 64.44         | 63          | 17.50         | 81.94       | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 37          | 18.50         | 83.50       |
| 4                         | 234                                                                                                                                               | 65.00         | 73          | 20.28         | 85.28       | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 42          | 21.00         | 86.00       |
| 5                         | 237                                                                                                                                               | 65.83         | 62          | 17.22         | 83.05       | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 43          | 21.50         | 84.00       |
| 6                         | 242                                                                                                                                               | 67.22         | 66          | 18.33         | 85.55       | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 42          | 21.00         | 83.50       |
| 7                         | 235                                                                                                                                               | 65.28         | 76          | 21.11         | 86.39       | 48                                                                                                                                             | 60.00         | 37          | 18.50         | 78.50       |
| 8                         | 235                                                                                                                                               | 65.28         | 64          | 17.78         | 83.06       | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 42          | 21.00         | 86.00       |
| 9                         | 235                                                                                                                                               | 65.28         | 56          | 15.56         | 80.84       | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 40          | 20.00         | 87.50       |
| 10                        | 244                                                                                                                                               | 67.78         | 67          | 18.61         | 86.39       | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 41          | 20.50         | 88.00       |
| 11                        | 234                                                                                                                                               | 65.00         | 63          | 17.50         | 82.50       | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 37          | 18.50         | 86.00       |
| 12                        | 234                                                                                                                                               | 65.00         | 60          | 16.67         | 81.67       | 48                                                                                                                                             | 60.00         | 41          | 20.50         | 80.50       |
| 13                        | 233                                                                                                                                               | 64.72         | 71          | 19.72         | 84.44       | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 38          | 19.00         | 81.50       |
| 14                        | 233                                                                                                                                               | 64.72         | 57          | 15.83         | 80.55       | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 38          | 19.00         | 81.50       |
| 15                        | 236                                                                                                                                               | 65.56         | 57          | 15.83         | 81.39       | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 37          | 18.50         | 83.50       |
| 16                        | 237                                                                                                                                               | 65.83         | 71          | 19.72         | 85.55       | 56                                                                                                                                             | 70.00         | 33          | 16.50         | 86.50       |
| 17                        | 232                                                                                                                                               | 64.44         | 56          | 15.56         | 80.00       | 46                                                                                                                                             | 57.50         | 43          | 21.50         | 79.00       |
| 18                        | 239                                                                                                                                               | 66.39         | 66          | 18.33         | 84.72       | 48                                                                                                                                             | 60.00         | 41          | 20.50         | 80.50       |
| 19                        | 243                                                                                                                                               | 67.50         | 68          | 18.89         | 86.39       | 46                                                                                                                                             | 57.50         | 34          | 17.00         | 74.50       |
| 20                        | 239                                                                                                                                               | 66.39         | 59          | 16.39         | 82.78       | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 34          | 17.00         | 79.50       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๘.4 (ต่อ)

| กลุ่ม<br>ตัวอย่าง<br>N=40 | คะแนนจากแบบประเมินผลการปฏิบัติงานและ<br>แบบทดสอบท้ายการทดลองของ<br>ใบงานที่ 1 – 9 โดยแบ่งคะแนนออกเป็น<br>ภาคปฏิบัติร้อยละ 75<br>ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 |               |              |               |              | คะแนนจากแบบประเมินผลกาปฏิบัติงานของใบ<br>งานที่ 10 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์<br>โดยแบ่งคะแนนออกเป็น<br>ภาคปฏิบัติร้อยละ 75<br>ภาคทฤษฎีร้อยละ 25 |               |              |               |              |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                           | ภาคปฏิบัติ                                                                                                                                        |               | ภาคทฤษฎี     |               | รวม<br>100%  | ภาคปฏิบัติ                                                                                                                                     |               | ภาคทฤษฎี     |               | รวม<br>100%  |
|                           | 270<br>คะแนน                                                                                                                                      | ร้อยละ<br>75% | 90<br>คะแนน  | ร้อยละ<br>25% |              | 60<br>คะแนน                                                                                                                                    | ร้อยละ<br>75% | 50<br>คะแนน  | ร้อยละ<br>25% |              |
| 21                        | 231                                                                                                                                               | 64.17         | 62           | 17.22         | 81.39        | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 32           | 16.00         | 78.50        |
| 22                        | 228                                                                                                                                               | 63.33         | 61           | 16.94         | 80.27        | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 39           | 19.50         | 84.50        |
| 23                        | 231                                                                                                                                               | 64.17         | 59           | 16.39         | 80.56        | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 40           | 20.00         | 82.50        |
| 24                        | 232                                                                                                                                               | 64.44         | 68           | 18.89         | 83.33        | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 36           | 18.00         | 85.50        |
| 25                        | 242                                                                                                                                               | 67.22         | 64           | 17.78         | 85.00        | 56                                                                                                                                             | 70.00         | 36           | 18.00         | 88.00        |
| 26                        | 242                                                                                                                                               | 67.22         | 63           | 17.50         | 84.72        | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 41           | 20.50         | 88.00        |
| 27                        | 235                                                                                                                                               | 65.28         | 59           | 16.39         | 81.67        | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 42           | 21.00         | 86.00        |
| 28                        | 232                                                                                                                                               | 64.44         | 64           | 17.78         | 82.22        | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 33           | 16.50         | 79.00        |
| 29                        | 232                                                                                                                                               | 64.44         | 58           | 16.11         | 80.55        | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 35           | 17.50         | 80.00        |
| 30                        | 234                                                                                                                                               | 65.00         | 65           | 18.06         | 83.06        | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 41           | 20.50         | 88.00        |
| 31                        | 232                                                                                                                                               | 64.44         | 70           | 19.44         | 83.88        | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 41           | 20.50         | 88.00        |
| 32                        | 235                                                                                                                                               | 65.28         | 54           | 15.00         | 80.28        | 58                                                                                                                                             | 72.50         | 40           | 20.00         | 92.50        |
| 33                        | 245                                                                                                                                               | 68.06         | 65           | 18.06         | 86.12        | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 43           | 21.50         | 86.50        |
| 34                        | 231                                                                                                                                               | 64.17         | 68           | 18.89         | 83.06        | 56                                                                                                                                             | 70.00         | 38           | 19.00         | 89.00        |
| 35                        | 237                                                                                                                                               | 65.83         | 60           | 16.67         | 82.50        | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 35           | 17.50         | 85.00        |
| 36                        | 231                                                                                                                                               | 64.17         | 62           | 17.22         | 81.39        | 50                                                                                                                                             | 62.50         | 43           | 21.50         | 84.00        |
| 37                        | 238                                                                                                                                               | 66.11         | 67           | 18.61         | 84.72        | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 35           | 17.50         | 85.00        |
| 38                        | 235                                                                                                                                               | 65.28         | 69           | 19.17         | 84.45        | 54                                                                                                                                             | 67.50         | 30           | 15.00         | 82.50        |
| 39                        | 230                                                                                                                                               | 63.89         | 62           | 17.22         | 81.11        | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 37           | 18.50         | 83.50        |
| 40                        | 231                                                                                                                                               | 64.17         | 53           | 14.72         | 78.89        | 52                                                                                                                                             | 65.00         | 39           | 19.50         | 84.50        |
| <b>รวม</b>                | <b>9,399</b>                                                                                                                                      | <b>2,611</b>  | <b>2,537</b> | <b>705</b>    | <b>3316</b>  | <b>2,070</b>                                                                                                                                   | <b>2,588</b>  | <b>1,533</b> | <b>766</b>    | <b>3,354</b> |
| <b>เฉลี่ย</b>             | <b>234.98</b>                                                                                                                                     | <b>65.27</b>  | <b>63.42</b> | <b>17.62</b>  | <b>82.89</b> | <b>51.75</b>                                                                                                                                   | <b>64.69</b>  | <b>38.33</b> | <b>19.16</b>  | <b>83.85</b> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าเพื่อหาประสิทธิภาพของของชุดทดลอง หรือ  $E_1/E_2$  ดังนี้

$$E_1 = \left[ \frac{\sum X}{\frac{N}{A}} \right] \times 100 \quad (3.3)$$

$$E_2 = \left[ \frac{\sum F}{\frac{N}{B}} \right] \times 100 \quad (3.4)$$

$$\sum X = 3,316$$

$$E_1 = \left[ \frac{3,316}{\frac{40}{100}} \right] \times 100$$

$$E_1 = 82.89$$

$$\sum F = 3,354$$

$$E_2 = \left[ \frac{3,354}{\frac{40}{100}} \right] \times 100$$

$$E_2 = 83.85$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ของ  
ผู้เข้ารับการอบรมก่อนและหลังการอบรม

| คนที่ | คะแนนก่อนอบรม<br>(คะแนนเต็ม 40คะแนน) | คะแนนหลังอบรม<br>(คะแนนเต็ม 40คะแนน) | ผลต่าง<br>D | ผลต่าง <sup>2</sup><br>D <sup>2</sup> |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| 1     | 24                                   | 38                                   | 14          | 196                                   |
| 2     | 30                                   | 39                                   | 9           | 81                                    |
| 3     | 27                                   | 37                                   | 10          | 100                                   |
| 4     | 30                                   | 42                                   | 12          | 144                                   |
| 5     | 20                                   | 43                                   | 23          | 529                                   |
| 6     | 23                                   | 42                                   | 19          | 361                                   |
| 7     | 21                                   | 37                                   | 16          | 256                                   |
| 8     | 28                                   | 42                                   | 14          | 196                                   |
| 9     | 26                                   | 40                                   | 14          | 196                                   |
| 10    | 22                                   | 41                                   | 19          | 361                                   |
| 11    | 20                                   | 37                                   | 17          | 289                                   |
| 12    | 22                                   | 41                                   | 19          | 361                                   |
| 13    | 23                                   | 38                                   | 15          | 225                                   |
| 14    | 29                                   | 38                                   | 9           | 81                                    |
| 15    | 22                                   | 37                                   | 15          | 225                                   |
| 16    | 22                                   | 33                                   | 11          | 121                                   |
| 17    | 30                                   | 43                                   | 13          | 169                                   |
| 18    | 29                                   | 41                                   | 12          | 144                                   |
| 19    | 24                                   | 34                                   | 10          | 100                                   |
| 20    | 28                                   | 34                                   | 6           | 36                                    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

| คนที่     | คะแนนก่อนอบรม<br>(คะแนนเต็ม 40คะแนน) | คะแนนหลังอบรม<br>(คะแนนเต็ม 40คะแนน) | ผลต่าง<br>D | ผลต่าง <sup>2</sup><br>D <sup>2</sup> |
|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| 21        | 25                                   | 32                                   | 7           | 49                                    |
| 22        | 19                                   | 39                                   | 20          | 400                                   |
| 23        | 22                                   | 40                                   | 18          | 324                                   |
| 24        | 27                                   | 36                                   | 9           | 81                                    |
| 25        | 21                                   | 36                                   | 15          | 225                                   |
| 26        | 27                                   | 41                                   | 14          | 196                                   |
| 27        | 28                                   | 42                                   | 14          | 196                                   |
| 28        | 24                                   | 33                                   | 9           | 81                                    |
| 29        | 24                                   | 35                                   | 11          | 121                                   |
| 30        | 29                                   | 41                                   | 12          | 144                                   |
| 31        | 29                                   | 41                                   | 12          | 144                                   |
| 32        | 21                                   | 40                                   | 19          | 361                                   |
| 33        | 28                                   | 43                                   | 15          | 225                                   |
| 34        | 25                                   | 38                                   | 13          | 169                                   |
| 35        | 25                                   | 35                                   | 10          | 100                                   |
| 36        | 24                                   | 43                                   | 19          | 361                                   |
| 37        | 21                                   | 35                                   | 14          | 196                                   |
| 38        | 21                                   | 30                                   | 9           | 81                                    |
| 39        | 22                                   | 37                                   | 15          | 225                                   |
| 40        | 24                                   | 39                                   | 15          | 225                                   |
| รวม       | 986                                  | 1533                                 | 547         | 8075                                  |
| เฉลี่ยรวม | 24.65                                | 38.33                                |             |                                       |
| S.D.      | 3.27                                 | 3.40                                 |             |                                       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนกับหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่างเป็นการเปรียบเทียบ ด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ t-test แบบ Dependent ใช้สูตรดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{(N-1)}}$$

แทนค่า

$$t = \frac{547}{\sqrt{\frac{40 * 8075 - (547^2)}{(40 - 1)}}$$

$$t = \frac{547}{\sqrt{\frac{323000 - 299209}{39}}}$$

$$t = 22.147$$

$$\text{ค่า } df = N-1 = 40-1 = 39$$

$$\text{กำหนดค่า } \alpha = .01$$

$$\text{เปิดตาราง } t \text{ ได้ค่า } t \text{ ที่ } .01 = 2.707$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คู่มือการใช้งาน ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

อุปกรณ์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ประกอบด้วย

1. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0
2. บอร์ดดาวน์โหลดโปรแกรม USB Connect
3. บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED
4. บอร์ดทดสอบเอาต์พุต 7segment
5. บอร์ดทดสอบอินพุต สวิตช์
6. บอร์ดแสดงผล LCD และรับค่าอินพุตแอนะล็อก

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง

1. ผู้สอนอธิบายถึงรายละเอียดต่างๆของอุปกรณ์ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ขั้นตอนการใช้งาน ขั้นตอนการทดลอง รวมถึงวิธีการใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น
2. ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบทดสอบก่อนเข้ารับการอบรม
3. ให้ผู้เข้ารับการอบรมเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ตามใบงานทดลอง
4. ให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติตามใบงานการทดลอง บันทึกผลที่ได้ลงใบงาน สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง
5. เมื่อปฏิบัติการทดลองครบในแต่ละใบงาน ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบทดสอบท้ายใบงานในแต่ละใบงาน ทั้ง 10 ใบงาน
6. ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบทดสอบหลังการอบรม



รูปที่ ข.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0

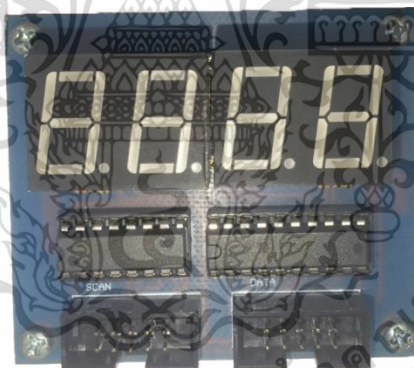
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ซ.2 บอร์ดควบคุมโหนดโปรแกรม USB Connect



รูปที่ ซ.3 บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED



รูปที่ ซ.4 วงจรหลอดแสดงผล 7segment



รูปที่ ซ.5 บอร์ดทดสอบอินพุต สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗.6 บอร์ดแสดงผล LCD และรับค่าอินพุตแอนะล็อก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 1

### การใช้งานโปรแกรม MATLAB เบื้องต้น

**จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)**

- 1) จำแนกเครื่องหมายสัญลักษณ์ของ MATLAB ได้
- 2) คำนวณทางคณิตศาสตร์พื้นฐานจาก Command Window ได้
- 3) อธิบายฟังก์ชันเมนูของ MATLAB ได้

**ทฤษฎีเบื้องต้น**

MATLAB เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงเพื่อใช้ในการคำนวณทางเทคนิค MATLAB ครอบคลุมการคำนวณ การเขียนโปรแกรมและการแสดงผลรวมกันอยู่ในตัวโปรแกรมเดียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอยู่ในลักษณะที่ง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ลักษณะของการเขียนสมการในโปรแกรมก็จะเหมือนการเขียนสมการคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคยดีอยู่แล้วงานที่ทั่วไปที่ใช้ MATLAB ก็ เช่นการคำนวณค่าตัวเลขทั่วไป การสร้างแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลในรูปกราฟทั้งโดยทั่วไปและกราฟทางด้านทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม สามารถสร้างโปรแกรมในลักษณะที่ติดต่อกับผู้ใช้ทางกราฟิกส์ การทำงานของ MATLAB จะสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง(Interactive) คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้ MATLAB ประมวลผลไปเรื่อยๆ หรือสามารถที่จะรวบรวมชุดคำสั่งเรานั้นเป็นโปรแกรมก็ได้ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของ MATLAB ก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บในลักษณะของ array คือในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเล็กๆขึ้น (หรือจะได้รับการแบ่งเป็น element นั้นเอง) ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็น array ใน MATLAB นี้เราไม่จำเป็นที่จะต้องจอง dimension เหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่ตัวไป ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของ matrix และ vector ได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เราลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมโดย C หรือ Fortran เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในแวดวงของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในปัจจุบัน ชื่อโปรแกรม MATLAB นั้นย่อมาจาก MATrix LABoratory

**อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง**

- 1) Notebook พร้อมลง MATLAB

**ขั้นตอนการทดลอง**

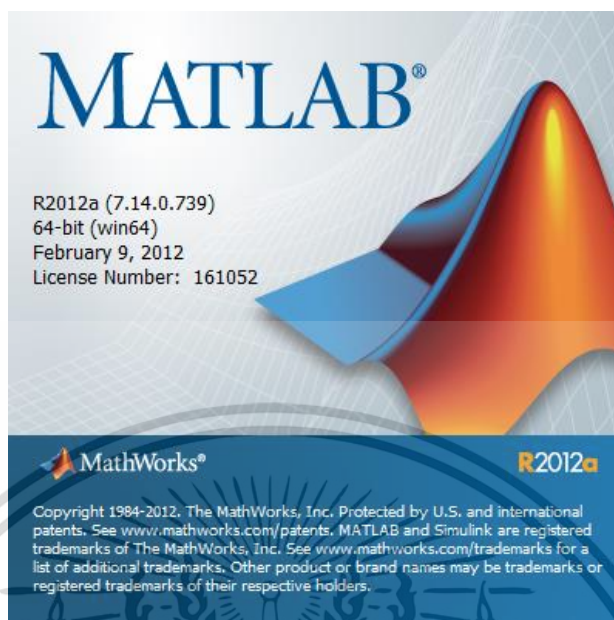
- 1.1) เปิดโปรแกรม MATLAB ไอคอนดังรูป



**รูปที่ 1.1** ไอคอนโปรแกรม MATLAB

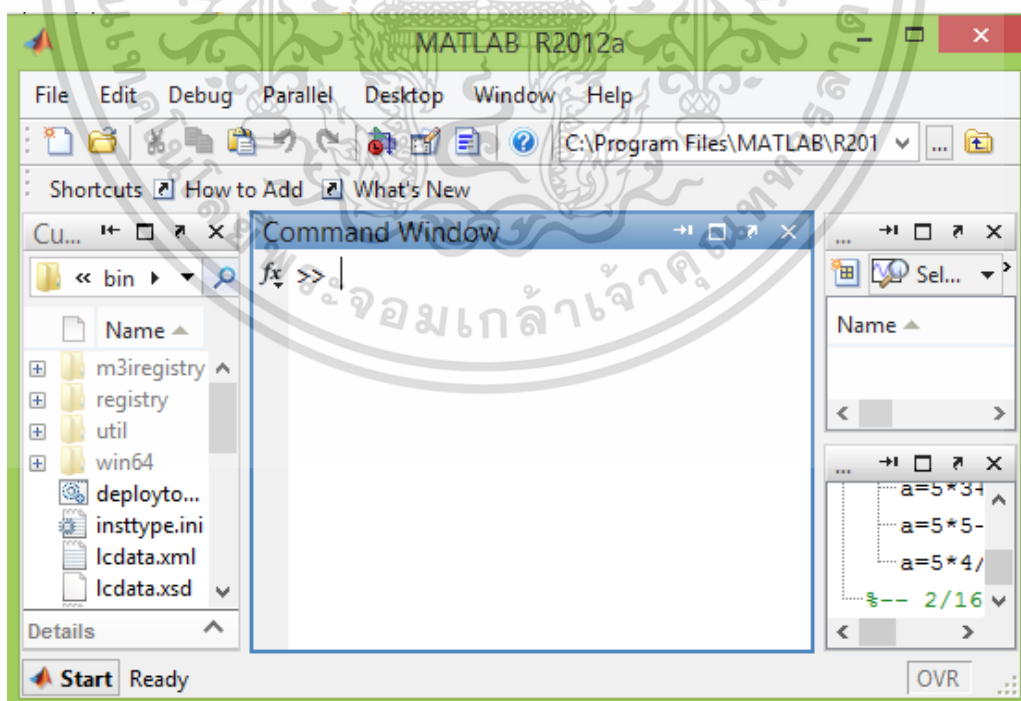
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) เมื่อเปิดโปรแกรม MATLAB ลำดับแรกจะแสดงดังรูป



รูปที่ 1.2 เวอร์ชันโปรแกรม MATLAB

1.3) เมื่อแสดงเวอร์ชันต่อมาแสดงหน้าต่างของโปรแกรม



รูปที่ 1.3 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ทดลองใช้โปรแกรม MATLAB เบื้องต้น

1) ใช้ MATLAB คำนวณคณิตศาสตร์พื้นฐาน โดยทดลองและบันทึกผลตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 รูปแบบการปฏิบัติงาน

| ข้อ | หัวข้อ                                                                                                                                                              | ผลลัพธ์ |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1   | พิมพ์ข้อความต่อไปนี้<br>1) 5.5<br>2) pi<br>3) 12.3<br>4) ans                                                                                                        |         |
| 2   | คำนวณค่าของนิพจน์ ดังต่อไปนี้<br>1) sin(pi)<br>2) acos(pi)<br>3) tanh(pi)<br>4) exp(pi)<br>5) fix(pi)<br>6) ceil(pi)<br>7) floor(pi)<br>8) round(pi)<br>9) sqrt(pi) |         |
| 3   | ตั้งค่าตัวแปรใน command window<br>1) a=12<br>2) b=4+8<br>3) c=24-8<br>4) d=2.2*6.2<br>5) e=127/7<br>6) f=2^3                                                        |         |
| 4   | คำนวณสมการโดยใช้ค่าตัวแปรจากข้อที่ 3<br>1) x=a+b<br>2) y=3+c*d<br>3) z=e^f/4                                                                                        |         |

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) รูปแบบการปฏิบัติงาน

| ข้อ | หัวข้อ                                                                              | ผลลัพธ์ |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 5   | คำนวณค่าของสมการ<br>1) $a1=5*5-3+5/2$<br>2) $b1=6-(4*3)+7/3-1$<br>3) $c1=1*2^3-4+5$ |         |

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## คำถามท้ายการทดลอง

1) MATLAB เป็นโปรแกรมที่ใช้งานด้านใด

.....

.....

.....

2) command window คือส่วนใด และทำหน้าที่ใด

.....

.....

.....

## ใบงานที่ 2

### การติดตั้งโปรแกรม Waijung Blockset

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

- 1) อธิบายคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 ได้
- 2) ติดตั้งโปรแกรม Waijung ได้
- 3) ทดสอบการเชื่อมต่อ FiO Glide กับคอมพิวเตอร์ได้

ทฤษฎีเบื้องต้น

1) Waijung Blockset เป็นโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบบล็อกไดอะแกรมที่ใช้งานร่วมกับ MATLAB Simulink ช่วยให้สามารถออกแบบ วิเคราะห์และจำลองการทำงานระบบที่มีความซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและง่าย

2) FiO Glide บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดเล็ก โดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex M0 เป็นหน่วยประมวลผล โดยมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 2.1 FiO Glide

- 16MHz CPU Frequency Max
- 256 KB Flash (without Aimagin Bootloader and S310 ANT/BLE Soft Device)
- 128 KB Flash (with Aimagin Bootloader and SoftDevice)
- 16 KB RAM
- 31 GPIO
- 2.4 GHz RF Transceiver upto 2Mbps data rates
- Timers: 1 x 32-bits, 2 x 16-bits
- Comms: SPI, I2C, USART, AES, RTC, Quadrature Decoder
- 8 Channels 10-bits ADC
- 1.8 - 3.6 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) aMG USB Connect บอร์ดที่ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรมลงบน FiO Glide โดยมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 2.2 aMG USB Connect

- Based on FT231XS-R Full Speed (12 Mbits/sec) USB-UART Converter
- Enable Automatic Compile and Download (flash programming)
- Enable Hardware-in-the-Loop Test
- Stackable with FiO Glide and FiO Mote series
- More background information

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) FiO Glide 1 บอร์ด
- 2) aMG USB Connect 1 บอร์ด
- 3) สาย Mini-USB 1 สาย
- 4) Notebook พร้อมลง MATLAB

#### ขั้นตอนการทดลอง

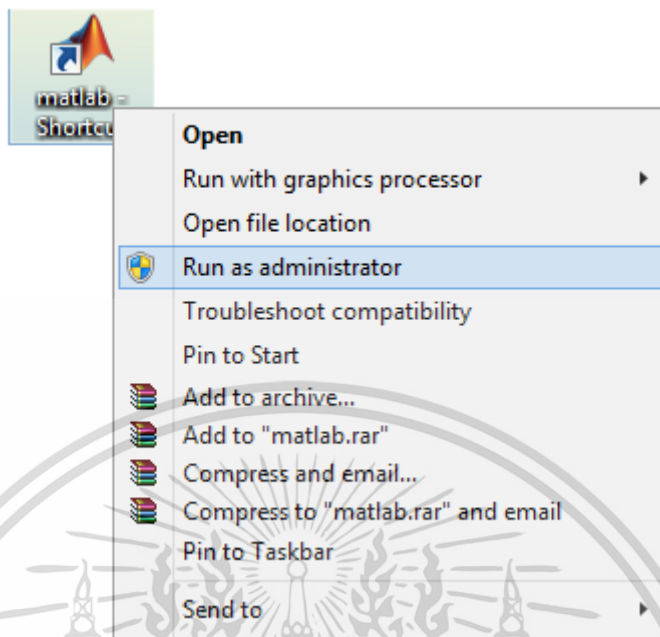
- 1) ทำการติดตั้ง Waijung blockset มีขั้นตอนดังนี้
  - 1.1) ผู้ใช้งานควรติดตั้งโปรแกรม MATLAB รุ่น 2009a หรือใหม่กว่า
  - 1.2) นำ Folder Waijung blockset ไปไว้ใน Drive C: ซึ่งสามารถ Download Waijung blockset ได้จาก <https://www.aimagin.com/download/> ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Download Waijung blockset

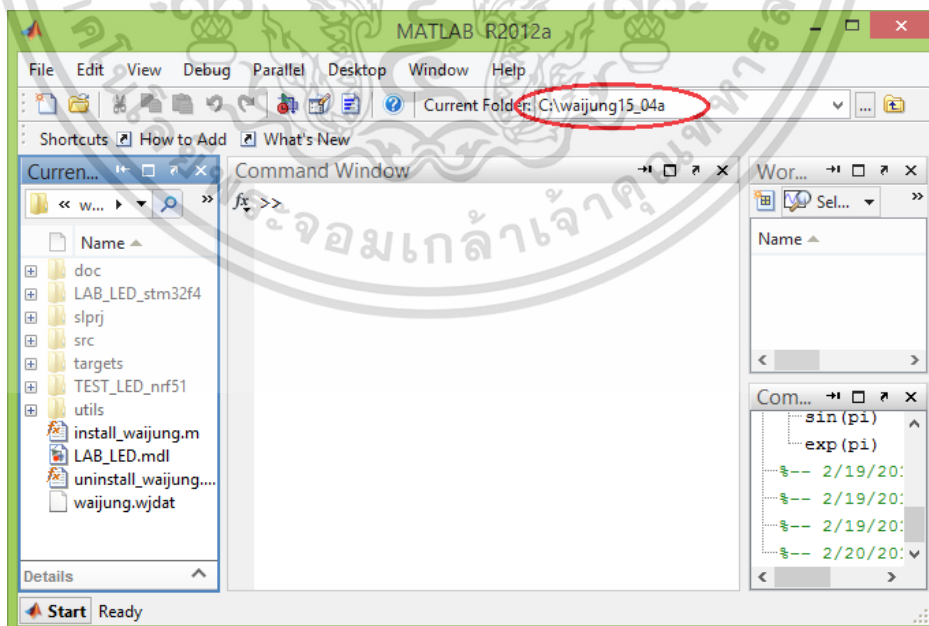
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) เปิดโปรแกรม MATLAB โดยเปิดโปรแกรมแบบ Run as Admin โดยการคลิกขวาที่ ไอคอนโปรแกรม MATLAB และเลือก Run as administrator ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Run as Admin โปรแกรม MATLAB

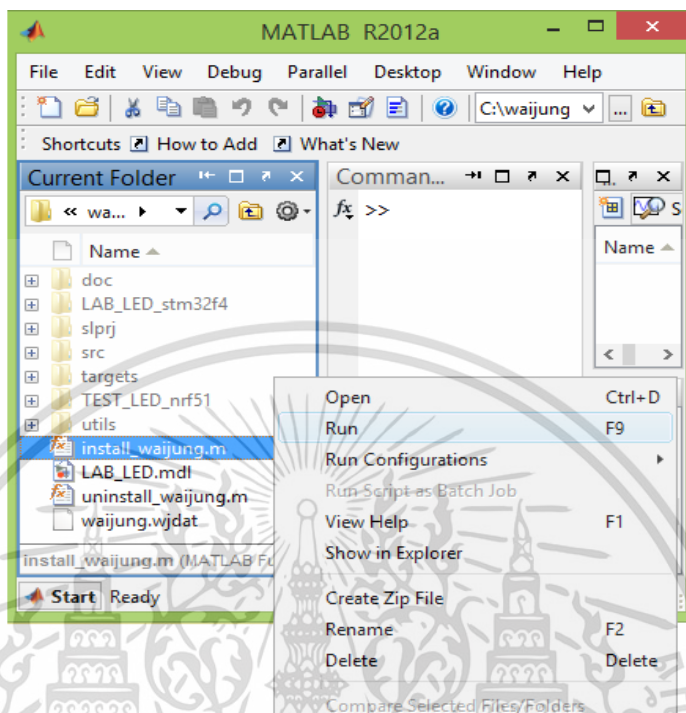
1.4) บนหน้าต่างโปรแกรม MATLAB เลือก Directories folder c:\waijung15\_04a ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 หน้าต่างโปรแกรม MATLAB

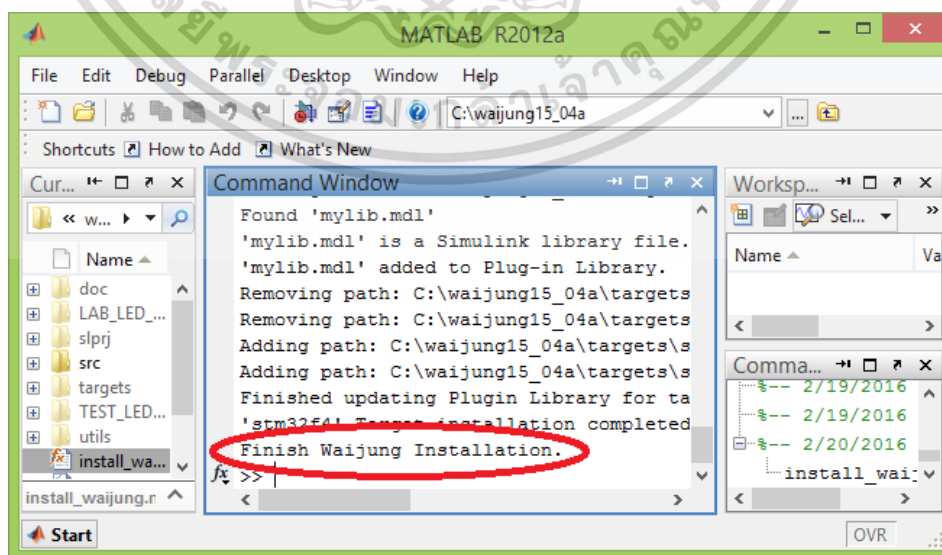
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) ทำการ Run ไฟล์ install\_waijung.m เพื่อติดตั้ง Waijung Blockset บน MATLAB โดยการคลิกขวาที่ install\_waijung.m และเลือก RUN ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB เตรียมติดตั้ง waijung15\_04a

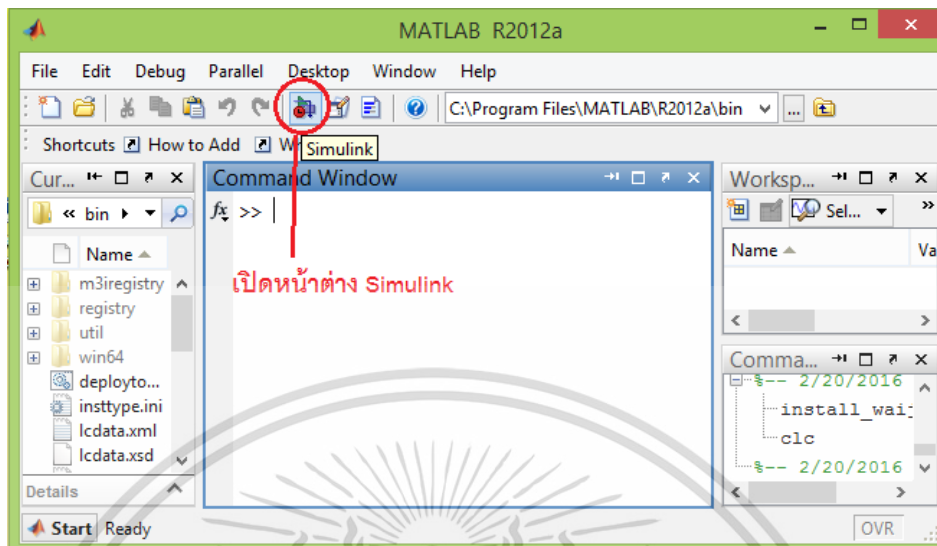
1.6) เมื่อติดตั้งเสร็จสิ้นจะแสดงข้อความ “Finish Waijung Installation” บนหน้าต่าง Command Window ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ติดตั้ง waijung15\_04a เสร็จสิ้น

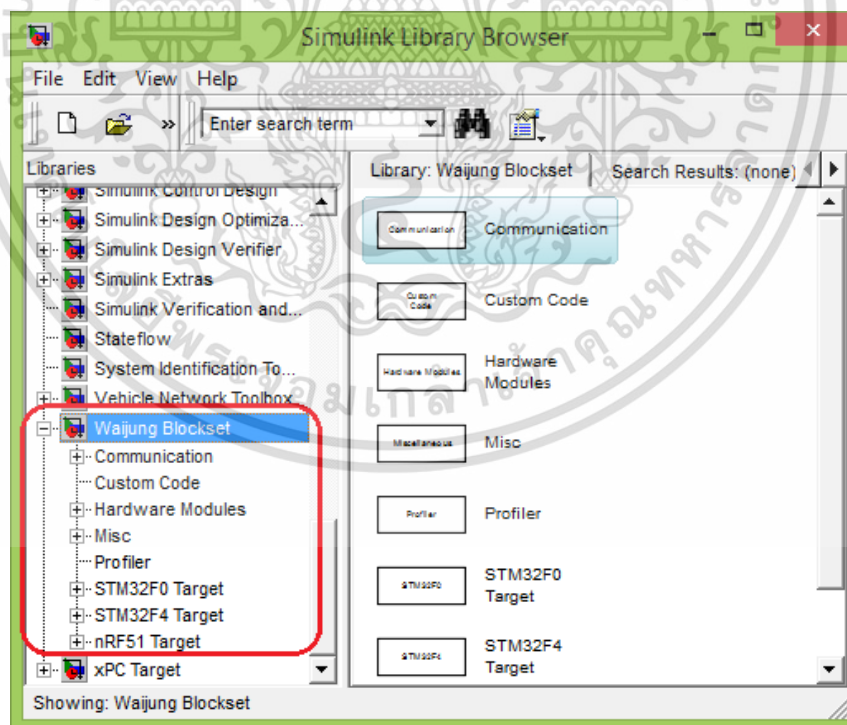
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7) เปิดหน้าต่าง Simulink เพื่อทดสอบการติดตั้ง Waijang blockset โดยการคลิกดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เปิดหน้าต่าง Simulink Library

1.8) ทดสอบการติดตั้ง โดยเลือก Waijang blockset ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 หน้าต่าง Simulink Library หลังติดตั้ง Waijang blockset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

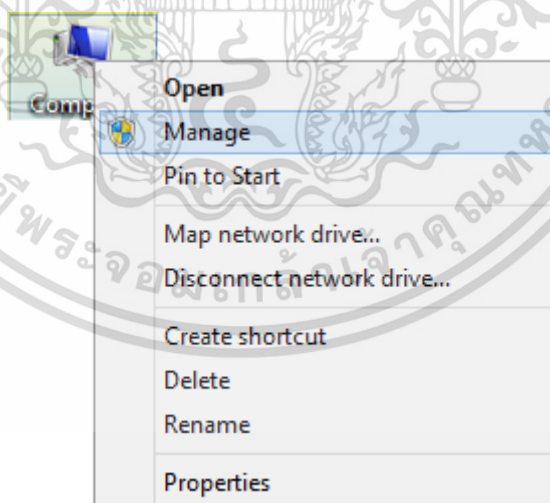
2) ทำการติดตั้ง Driver aMG USB Connect มีขั้นตอนดังนี้

2.1) ต่อสาย Mini-USB กับ aMG USB Connect ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ต่อ aMG USB Connect ต่อเข้า Computer

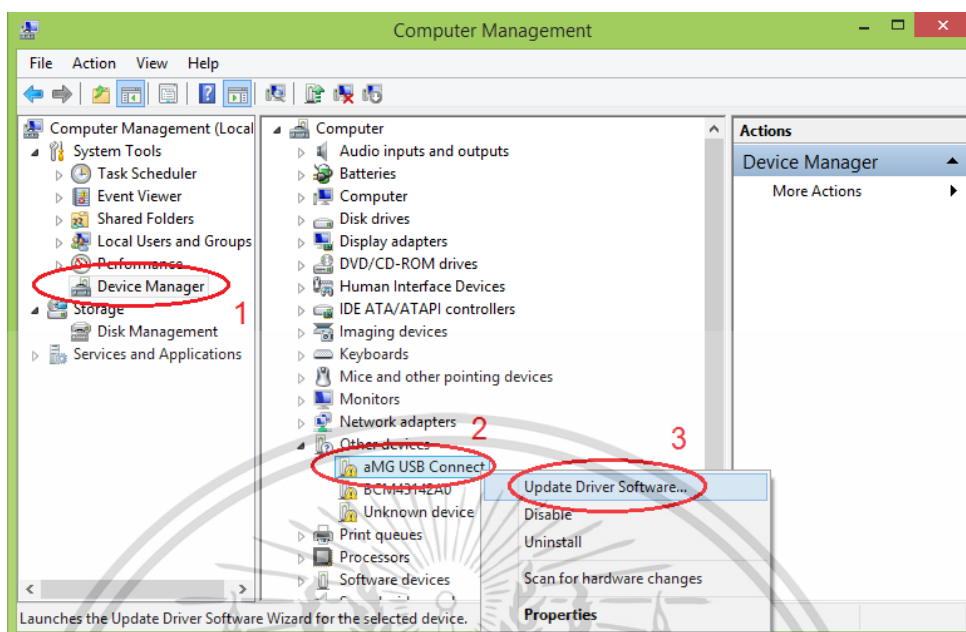
2.2) คลิกขวาที่ Computer แล้วเลือกที่ Manage ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เลือก Manage

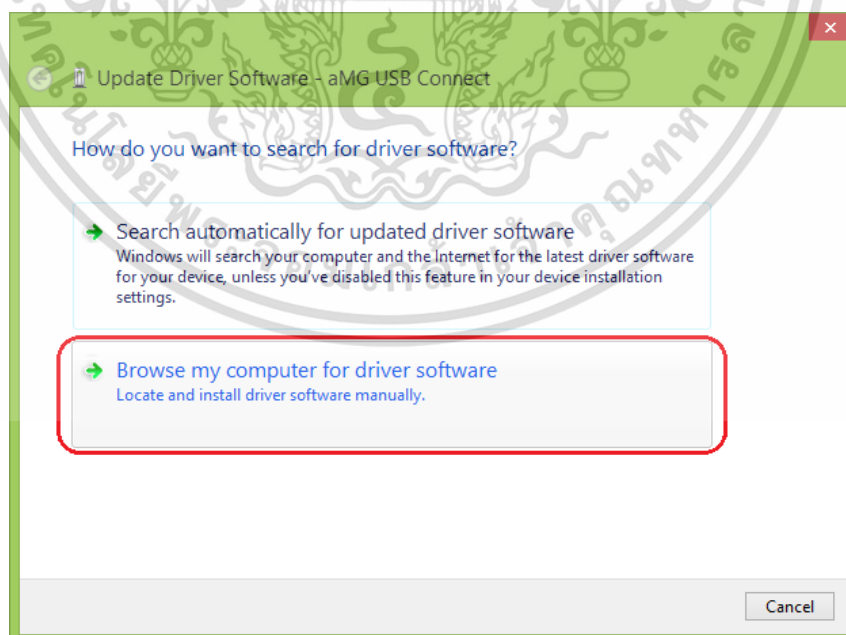
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) เมื่อเข้ามาที่หน้าต่าง Computer Management ให้เลือกหัวข้อดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 เลือก Update Driver

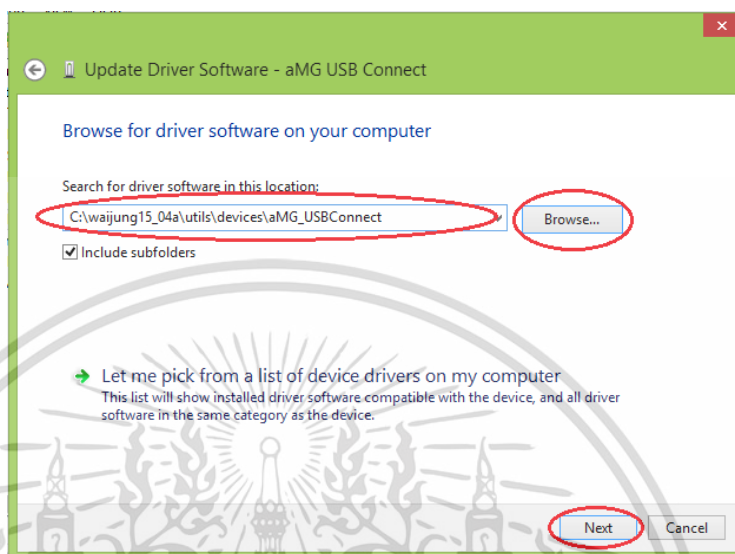
2.4) เมื่อเข้ามาที่หน้าต่าง Update Driver Software – aMG USB Connect ให้เลือกหัวข้อดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เลือก Browse my computer for driver software

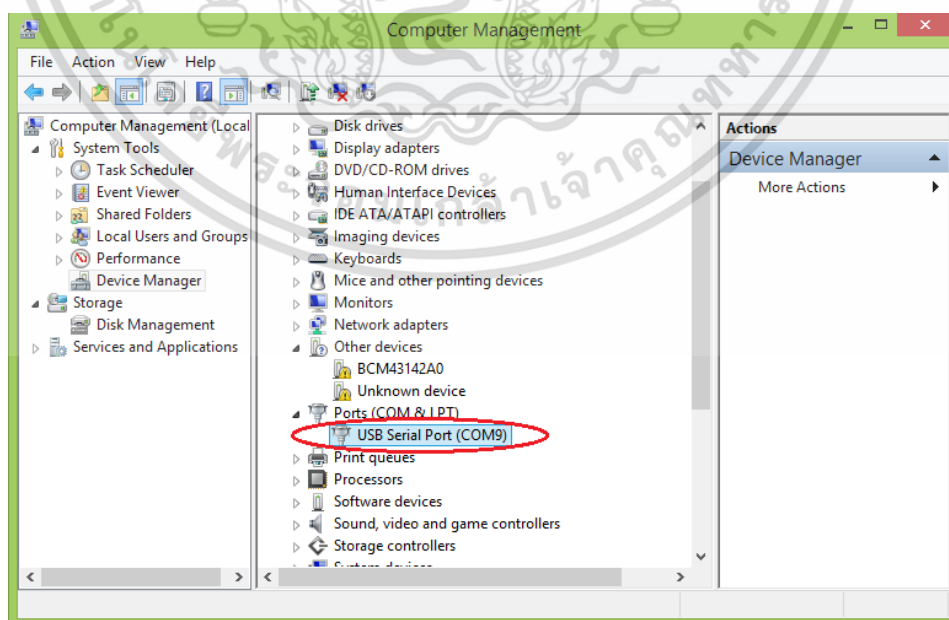
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5) เมื่อเข้ามาที่หน้าต่าง Browse my computer เลือกที่ Browse... เพื่อ Install Driver aMG USB Connect ในที่เราเก็บ Driver ใน Folder wajjung ซึ่งอยู่ในที่: wajjung15\_04a\utils\devices\aMG\_USBConnect เมื่อเลือกเสร็จแล้วให้กดที่ Next ดังภาพที่ 2.14



รูปที่ 2.14 Install Driver aMG USB Connect

2.6) เมื่อ Install Driver aMG USB Connect เสร็จเรียบร้อย ไม่จำเป็นต้องเป็น COM9 ดังรูปที่ 2.15 เสมอไป อาจจะเป็น COM1 COM2 หรือ COM10 ขึ้นอยู่กับ Computer ของผู้ใช้งานในแต่ละครั้ง



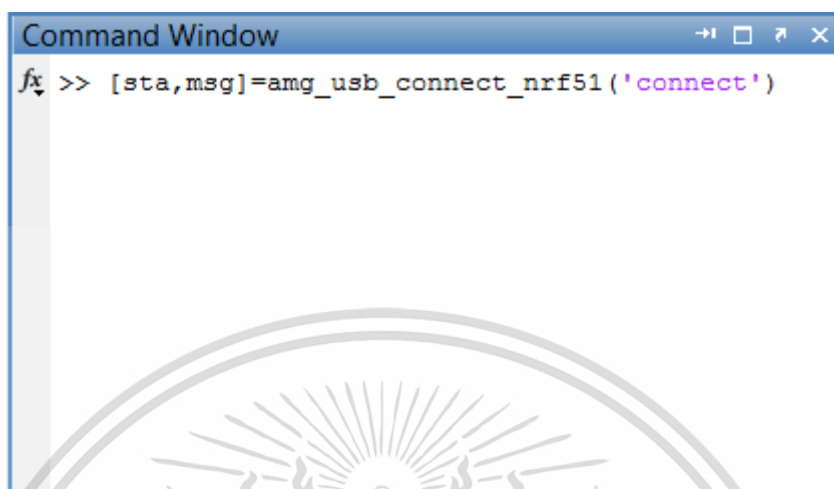
รูปที่ 2.15 Install Driver aMG USB Connect เสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการทดสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนดังนี้

3.1) เปิดโปรแกรม MATLAB และพิมพ์คำสั่ง

[sta,msg]=amg\_usb\_connect\_nrf51('connect') ที่ Command Window ดังรูปที่ 2.16



```
Command Window
fx >> [sta,msg]=amg_usb_connect_nrf51('connect')
```

รูปที่ 2.16 ทดสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์

4.3.2 บันทึกข้อความที่แสดงบนหน้าต่าง Command Window ลงในกรอบสี่เหลี่ยม

ด้านล่าง



สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

1) aMG USB Connect มีหน้าที่ใด

.....

.....

2) FiO Glide ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใด

.....

.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 3

### การใช้งานโปรแกรม Simulink สร้างสัญญาณพัลส์

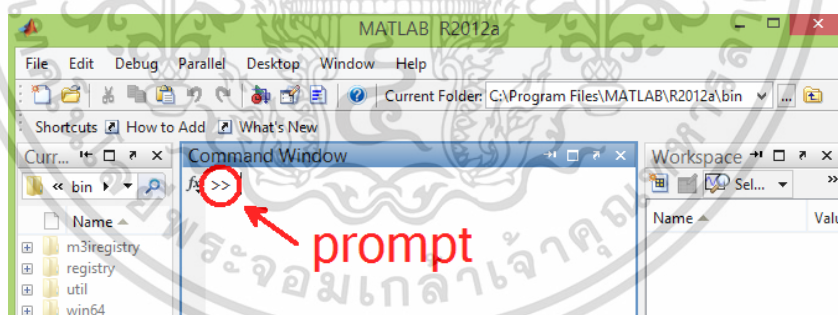
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

- 1) สร้าง Model ใน Simulink ได้
- 2) นำ Block จาก Simulink Library มาใช้งานได้
- 3) อธิบายส่วนประกอบโปรแกรม Pulse Generator ได้
- 4) อ่านค่าสัญญาณ Pulse จาก Scope ได้

#### ทฤษฎีเบื้องต้น

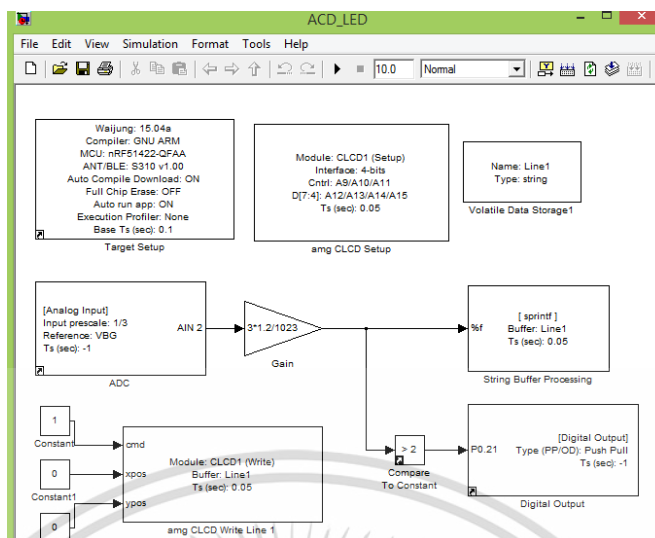
โปรแกรม MATLAB หรือ Matrix Laboratory ได้เริ่มพัฒนาครั้งแรกโดย Dr. Cleve Moler ซึ่งเขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมาด้วยภาษา Fortran โดยโปรแกรมนี้ได้พัฒนาภายใต้โครงการ LINPACK และ EISPACK MATLAB เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคำนวณเวกเตอร์และเมทริกซ์ ทั้งในระบบจำนวนจริงและระบบจำนวนเชิงซ้อน ซึ่งเป็นการเหมาะสมเป็นอย่างมากสำหรับการใช้งานในการคำนวณวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Design) ในทางวิศวกรรมทุกสาขา

เมื่อเปิดโปรแกรม MATLAB หน้าต่างแรกที่พบคือหน้าต่างคำสั่ง เป็นส่วนที่ใช้ในการป้อนชุดคำสั่งหรือข้อมูลเพื่อให้โปรแกรม MATLAB ทำงานตามคำสั่งและแสดงผล โดยเครื่องหมายแรกที่พบในหน้าต่างคำสั่งนี้คือ เครื่องหมาย prompt (>>) หมายถึงโปรแกรมนั้นพร้อมรับคำสั่งต่างๆเพื่อทำการคำนวณและประมวลต่อไปดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หน้าต่างแรกโปรแกรม MATLAB

SIMULINK เบื้องต้น เป็นเครื่องมือ Toolbox ที่อยู่ในโปรแกรม MATLAB โดยจะทำงานภายใต้หน้าต่างที่เป็นการเชื่อมต่อทางรูปภาพ (GUI) ของ Simulink เท่านั้น คำว่า Simulink มาจากคำสองคำคือ Simulation และ Link การใช้งาน Simulink จะกระทำโดยการนำ Block ในหน้าต่าง Library-Simulink มาต่อกันตามที่เราร้องการตัวอย่างดังรูปที่ 3.2



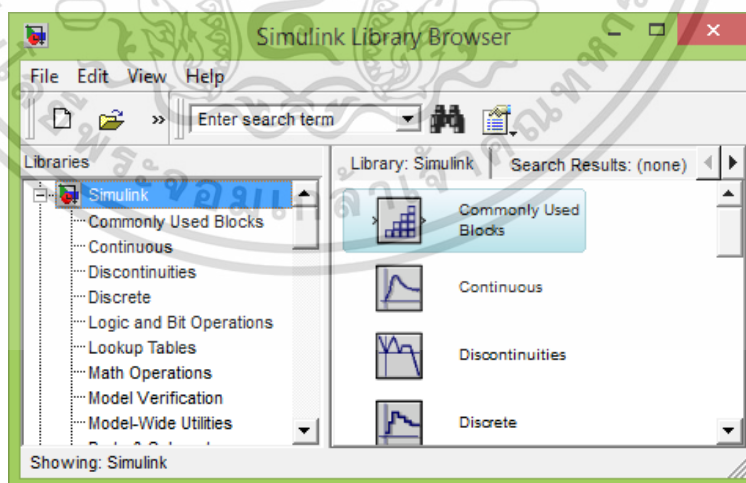
รูปที่ 3.2 ตัวอย่าง Simulink

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง


- 1) Notebook พร้อมลง MATLAB

ขั้นตอนการทดลอง

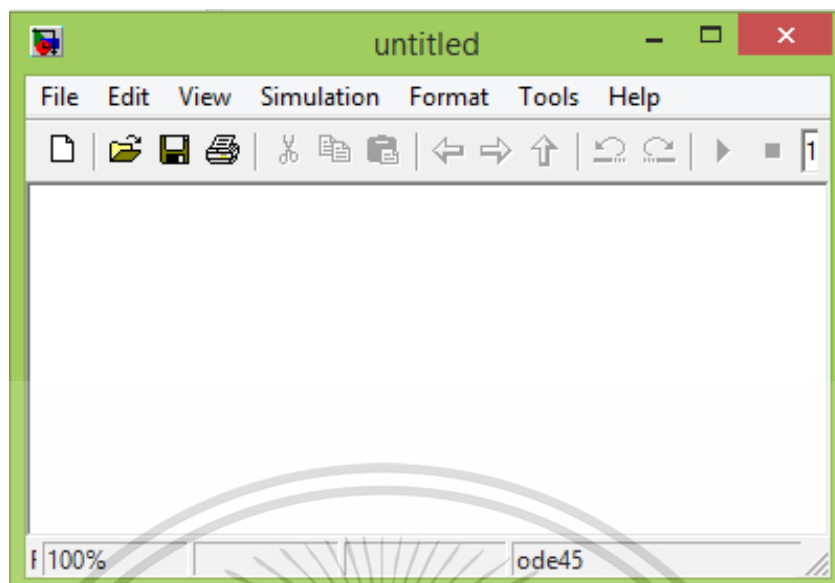
- 1) ทดลองสร้าง Pulse Generator มีขั้นตอนดังนี้
  - 1.1) เปิดโปรแกรม MATLAB และเริ่มต้นใช้งาน Simulink โดยการคลิกไอคอน และจะปรากฏหน้าต่างของ Simulink Library Browser ขึ้นมาดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Simulink Library Browser

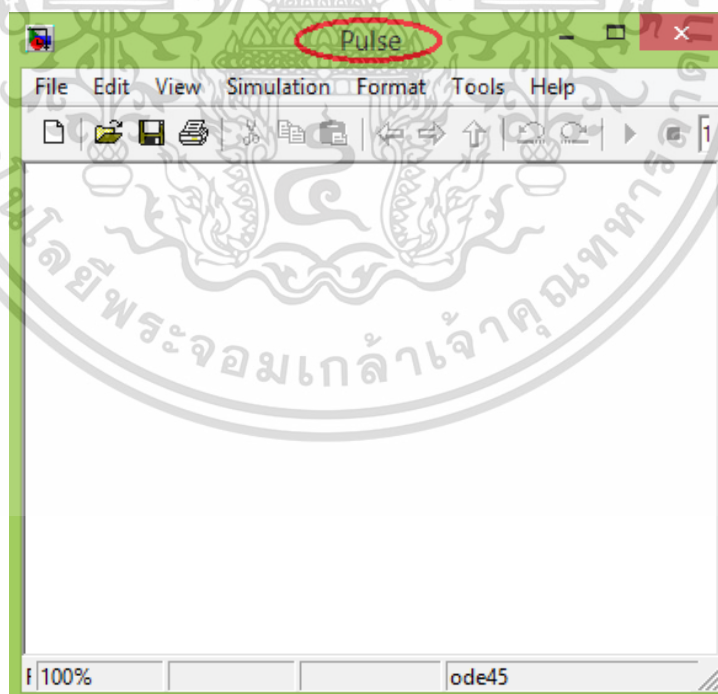
- 1.2) สร้าง New Simulink Model โดยการกดไอคอน New Model  โปรแกรมจะสร้าง Model ขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 สร้าง New Simulink Model

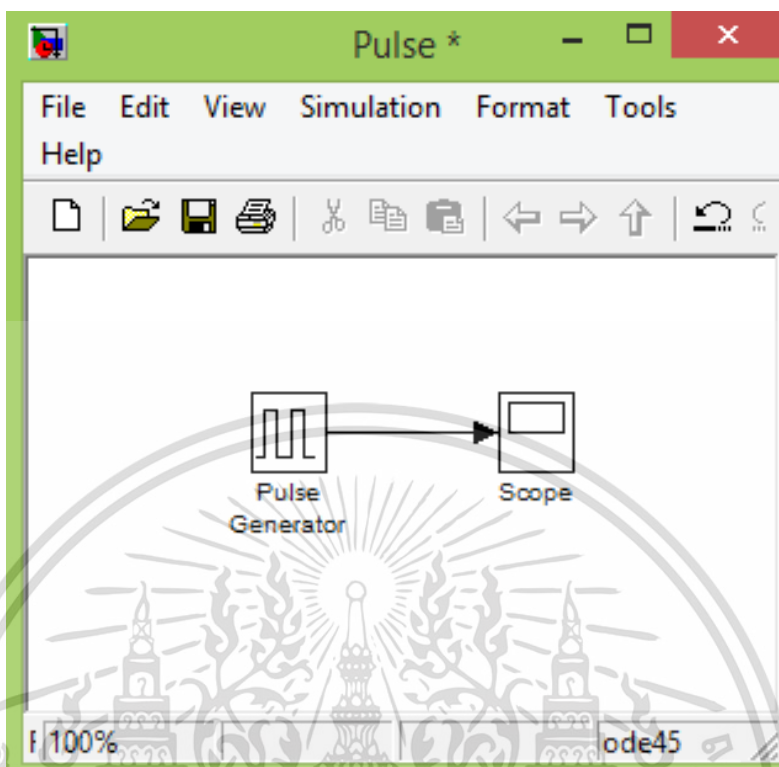
1.3) เมื่อสร้าง Simulink Model เสร็จ ให้ SAVE ที่ Directories folder ที่เลือกไว้ในโปรแกรม MATLAB ( ในรูป SAVE ชื่อ Pulse) ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หน้าต่าง Simulink Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4) สร้างโปรแกรมจำลองการทำงาน Pulse Generator ดังรูปที่ 3.6



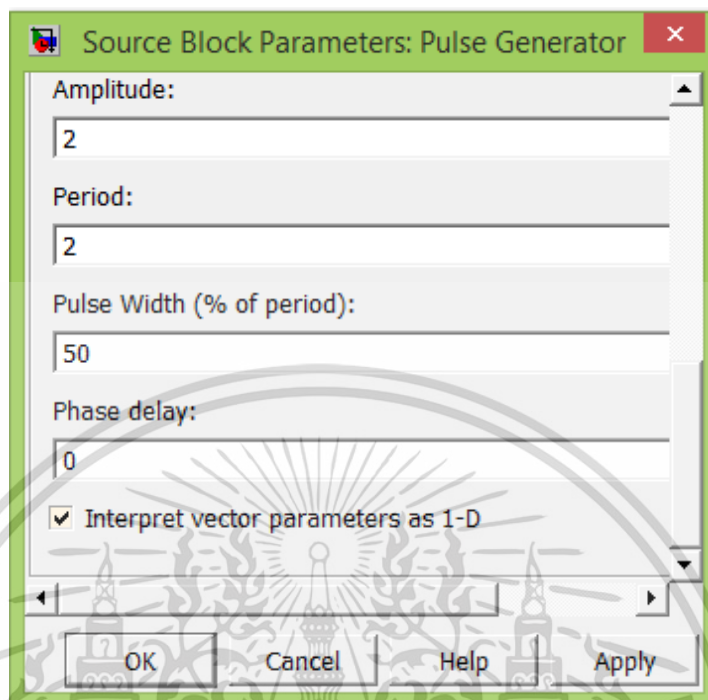
รูปที่ 3.6 จำลอง Pulse Generator

จากรูปที่ 3.6 block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

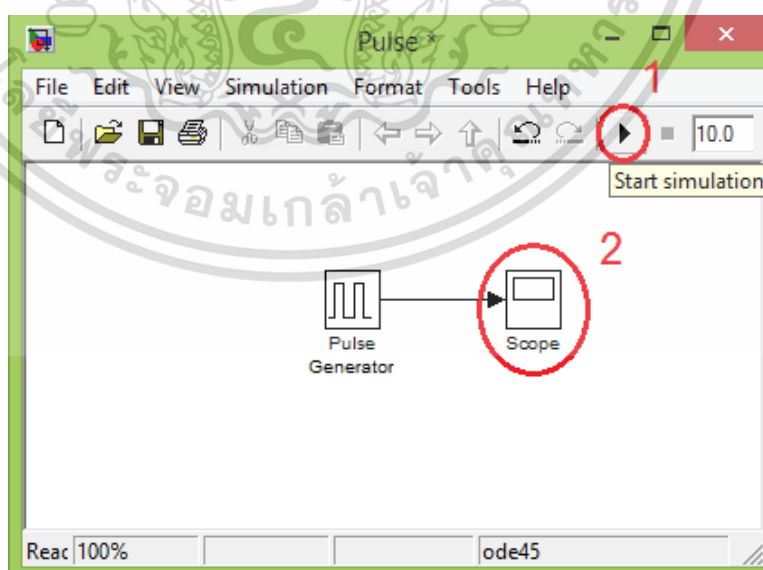
| ชื่อ Simulink Model | ที่อยู่ใน Simulink Library | ค่าที่กำหนด                                      |
|---------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|
| Pulse Generator     | Simulink -> Sources        | Amplitude = 2<br>Period = 2<br>Pulse Width = 50% |
| Scope               | Simulink -> Sinks          | -                                                |

1.4.1) การกำหนดค่าของ Pulse Generator ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ block Pulse Generator แล้วทำการใส่ค่า แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 กำหนดค่า Pulse Generator

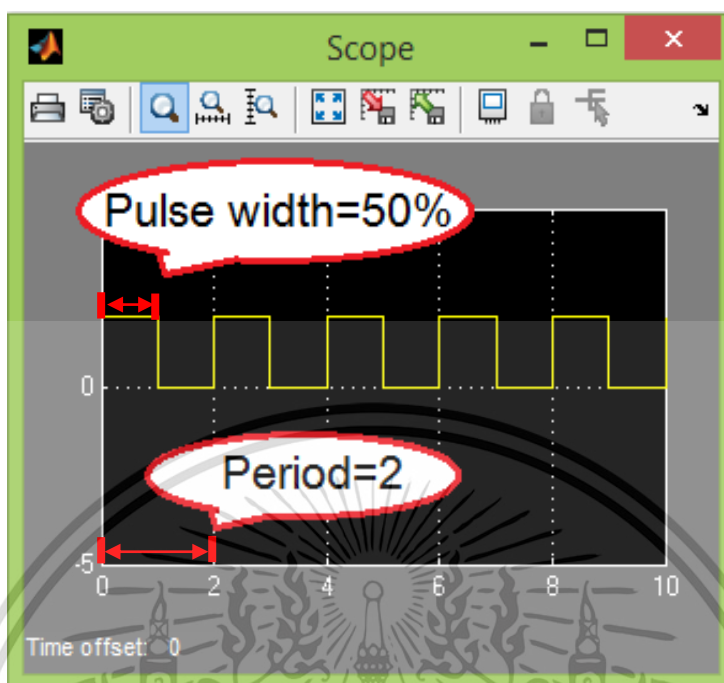
1.5) เมื่อสร้าง Pulse Generator และตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทดลองการทำงานของระบบโดยการกด Start Simulation และดับเบิลคลิก Scope เพื่ออ่านค่าสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ทดลองการทำงาน Pulse Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

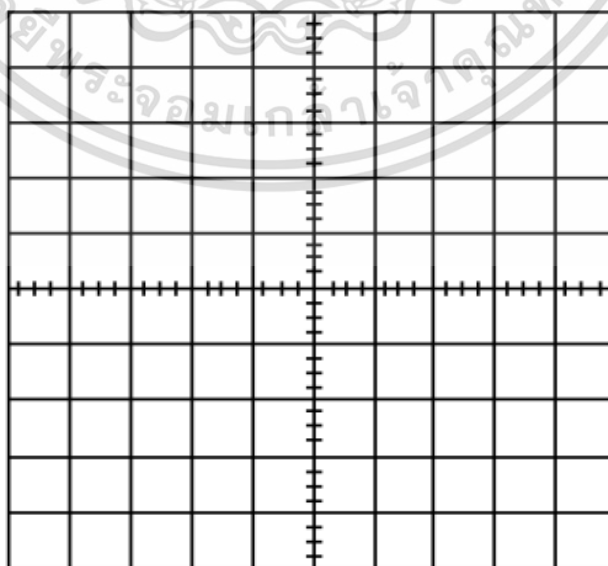
1.6) ค่าสัญญาณที่ Scope วัดได้และแสดงกราฟ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สัญญาณ Pulse จาก Scope

รูปที่ 3.10 1.7) ให้กำหนดค่า Pulse Generator ดังต่อไปนี้ ทดสอบการทำงานโดยวาดกราฟลงใน

Amplitude = 2  
 Period = 2  
 Pulse Width = 95%



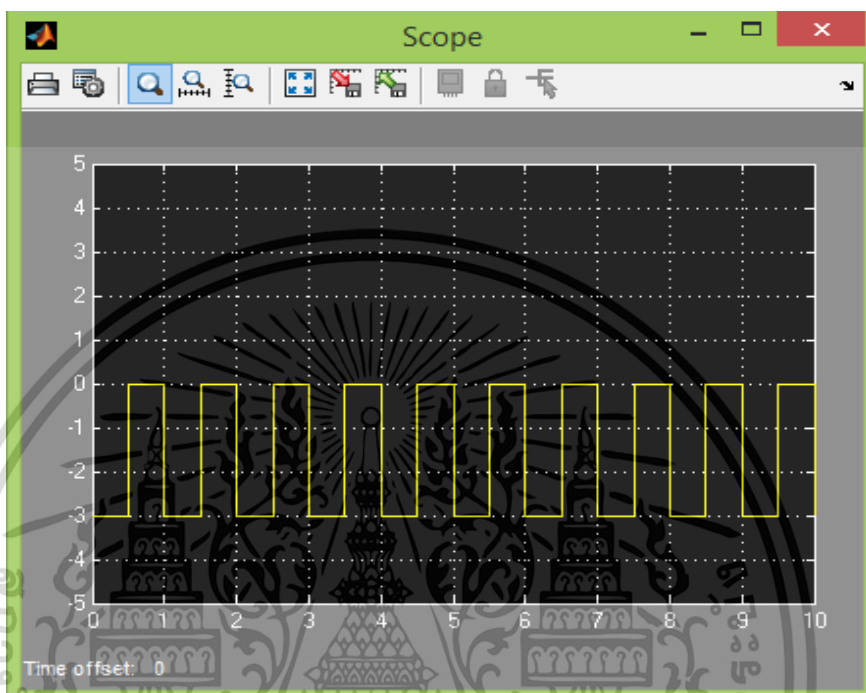
รูปที่ 3.10 วาดสัญญาณ Pulse จาก Scope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8) อ่านค่าจาก Scope และใส่ค่าที่ตั้งใน Pulse Generator ให้ถูกต้อง แสดงดังรูปที่

3.11

Amplitude = .....  
 Period = .....  
 Pulse Width = .....%



รูปที่ 3.11 สัญญาณ Pulse จาก Scope

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) SIMULINK คือ

.....

.....

.....

2) อธิบายรายละเอียดของการกำหนดค่าของ Pulse Generator

.....

.....

## ใบงานที่ 4

### การควบคุมหลอดแสดงผล LED

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

- 1) ต่ วงจร LED เข้ากับไมคอนโทรลเลอร์ได้
- 2) อธิบายการทำงาน Digital Output block ได้
- 3) เขียนโปรแกรม Waijung Blockset ควบคุม LED ได้

ทฤษฎีเบื้องต้น

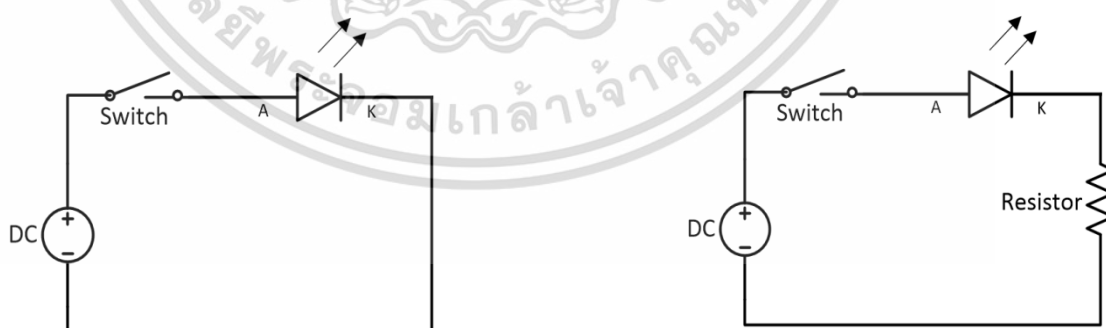
- 1) LED เบื้องต้น

LED (Light Emitting Diode) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในตระกูลไดโอด แต่ไม่ได้มีหน้าที่ในการจัดเรียงกระแสไฟฟ้าเท่านั้น แต่มีหน้าที่หลักคือส่องสว่าง โดยทั่วไป LED มีขาใช้งาน 2 ขา ได้แก่ขา แอโนด (A) และ แคโทด (K) ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญลักษณ์ LED

การต่อใช้งาน LED ให้เกิดแสงสว่างทำได้โดยการต่อไฟเข้าที่ขาของ LED ทั้งสองข้าง โดยนำแหล่งจ่ายไฟฟ้าบวกต่อเข้ากับขา Anode (A) โดยมีตัวต้านทานกระแสต่ออยู่ด้วย เพื่อป้องกันกระแสเกินอาจจะทำให้ LED ขาดได้ และขา Cathode (K) ต่อเข้ากับขา 0 V ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.2



( ก ) การต่อแบบที่ผิด

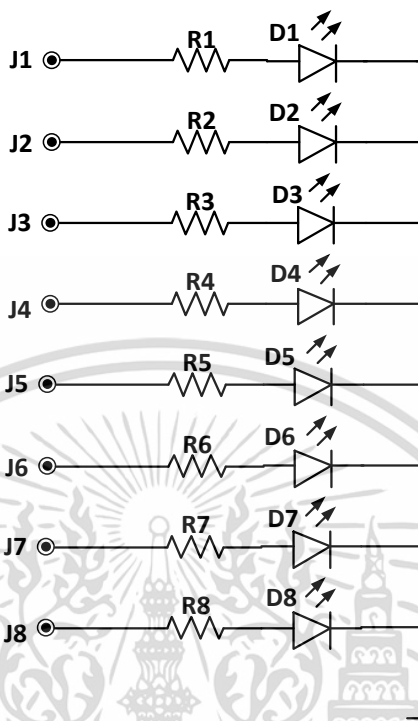
( ข ) การต่อแบบที่ถูกต้อง

รูปที่ 4.2 การต่อใช้งาน LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED

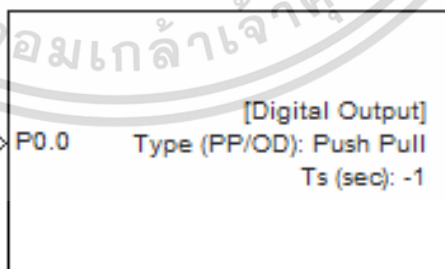
บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED เป็นบอร์ดที่ใช้ทดสอบเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยแสดงผลผ่าน LED ทั้งหมด 8 ช่อง ทำงานที่ลอจิก 1 มีตัวต้านทานต่อจำกัดกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรบอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED

## 3) Digital Output block

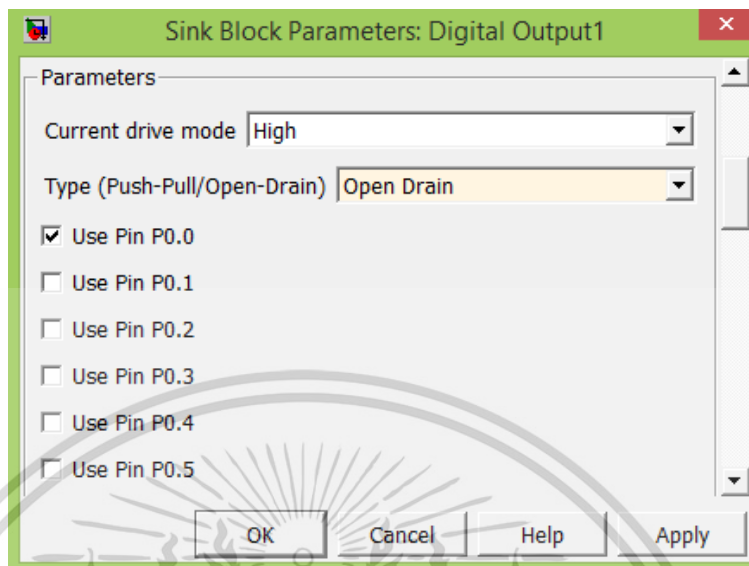
Digital Output block เป็นบล็อกที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณลอจิก 0 หรือ 1 ไปยังขาเอาต์พุตที่เลือกไว้ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 Digital Output block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าใช้งาน Digital Output block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ Digital Output block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การตั้งค่า Digital Output block

จากรูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน Digital Output block โดยมีรายละเอียด

ดังนี้

- Current drive mode หมายถึง แสดงสถานะของการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มี 2 สถานะ ได้แก่

- 1) High คือ เป็นแหล่งจ่าย ได้กระแสมากที่สุด 5mA
- 2) Standard คือ เป็นแหล่งจ่าย ได้กระแสมากที่สุด 0.5mA

- Type หมายถึง ชนิดของ Output

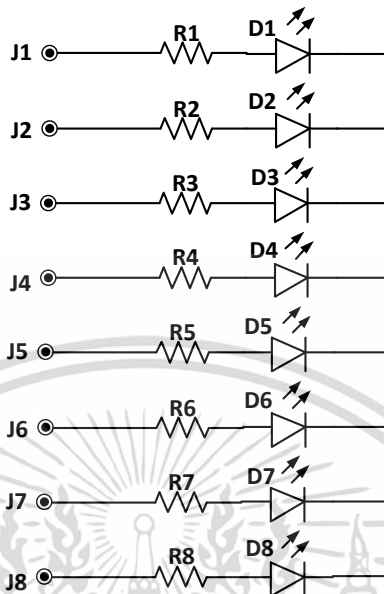
- Use Pin หมายถึง ขาที่ใช้งานโดยเลือกได้ตั้งแต่ P0.0 ถึง P0.31

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

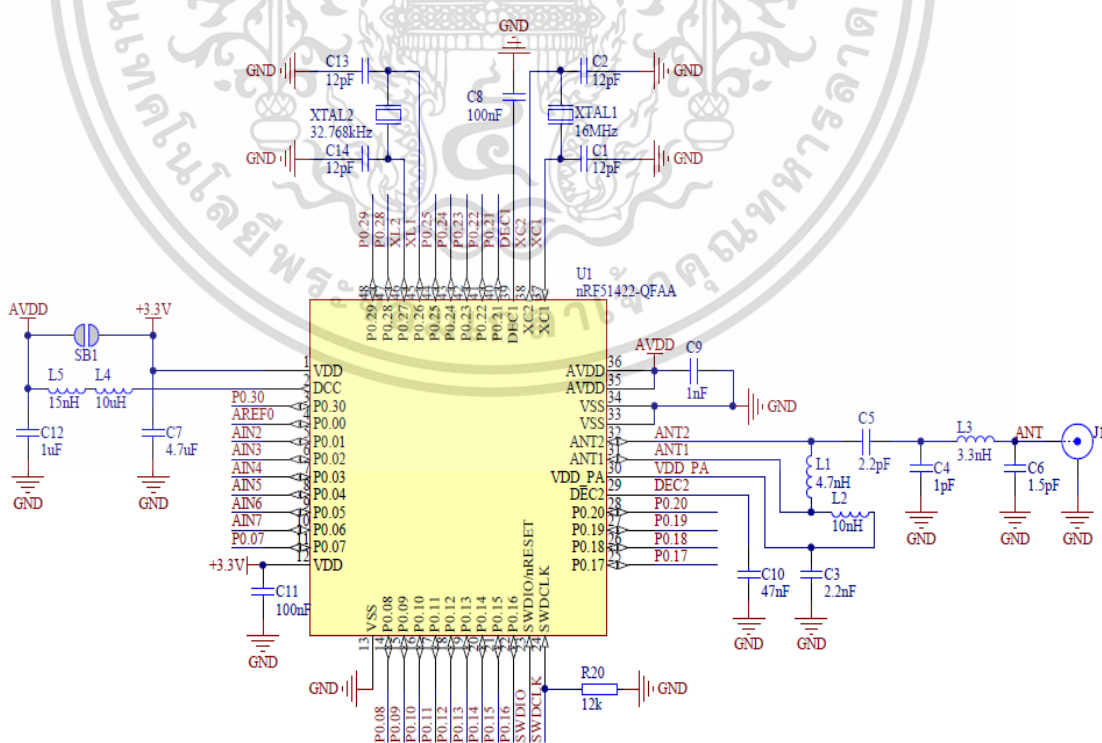
- |                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1) Notebook               | 1 เครื่อง |
| 2) FiO Glide              | 1 บอร์ด   |
| 3) aMG USB Connect        | 1 บอร์ด   |
| 4) บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED | 1 บอร์ด   |
| 5) สาย Mini-USB           | 1 สาย     |
| 6) Jumper Wire            | 1 ชุด     |

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ต่อบอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED เข้ากับ Fio Glide มีขั้นตอนดังนี้



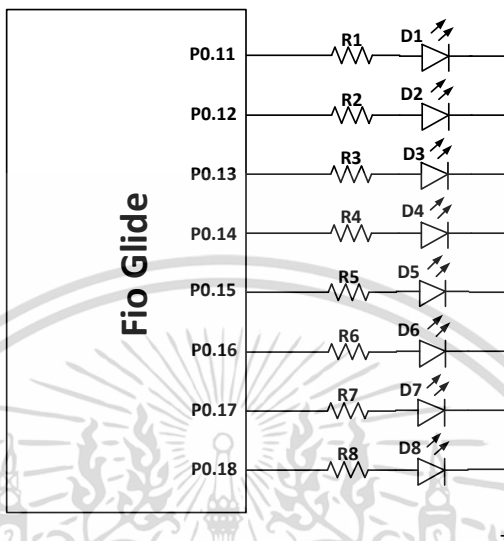
รูปที่ 4.6 ขาบอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED



รูปที่ 4.7 ขา Fio Glide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

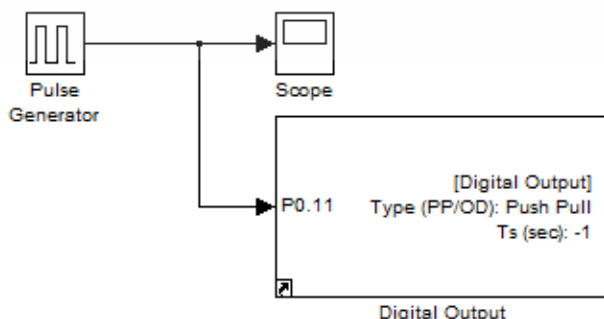
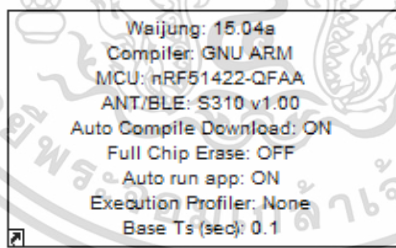
จากรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 ทั้งสองรูปแสดงตำแหน่งขาของทั้งสองบอร์ด ในการทดลองนี้เป็น การทดลองสร้างโปรแกรมควบคุม LED ทั้งหมด 8 ดวง ใบงานการทดลองนี้จะใช้ขาของบอร์ด Fio Glide ตั้งแต่ขา P0.11 ถึง P0.18 ต่อเข้ากับขาบอร์ดทดสอบเอาต์พุตที่ขา J1 – J8 โดยขา P0.11 ต่อ เข้ากับ J1 และต่อเรียงไปจนครบทั้ง 8 ขา และต่อขา GND ของทั้งสองวงจรเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การต่อบอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED กับ Fio Glide

2) สร้างโปรแกรมควบคุม LED มีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 โปรแกรมควบคุม LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model | ที่อยู่ใน Simulink Library                                       | ค่าที่ทำการกำหนด                                 |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Target Setup        | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> Device Configuration      | -                                                |
| Pulse Generator     | Simulink -> Sources                                              | Amplitude = 1<br>Period = 2<br>Pulse Width = 50% |
| Scope               | Simulink -> Sinks                                                | -                                                |
| Digital Output      | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> On-chip Peripherals -> IO | Use Pin P0.11                                    |

2.3) เมื่อสร้างโปรแกรมและตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว กดไอคอน Update Diagram หรือ Ctrl+D สองครั้ง จากนั้น block ใน Simulink Model จะเปลี่ยนสี โดยแสดงถึงการทำงานที่มี Sample Time ต่างๆกัน

2.4) จากนั้นกดไอคอน Incremental build หรือ Ctrl+B เพื่อ Build Model ลง FiO Glide

2.5) สังเกตการณ์ทำงานของ LED และบันทึกผลการทดลอง โดยการบันทึกแทนสถานะ ให้ 0 แทน สถานะ LED ดับ และ x แทน สถานะ LED ดังในตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลอง ควบคุม LED

**ตารางที่ 4.2** บันทึกผลการทดลองควบคุม LED

| จังหวะการทำงาน | สถานะ LED |
|----------------|-----------|
| Step1          |           |
| Step2          |           |
| Step3          |           |
| Step4          |           |
| Step5          |           |
| Step6          |           |
| Step7          |           |
| Step8          |           |

3) จงสร้างโปรแกรมควบคุม LED ให้ติดกระพริบทั้ง 8 ดวง ตามตารางที่ 3 LED กระพริบ 8 ดวง

ตารางที่ 4.3 LED กระพริบ 8 ดวง

| จังหวะการทำงาน | สถานะ LED |
|----------------|-----------|
| Step1          | 0000 0000 |
| Step2          | xxxx xxxx |

จากตารางเมื่อ LED ทำงาน Step2 แล้วให้กลับไปทำงาน Step1 ใหม่ และวนอยู่เช่นนี้ไปเรื่อยๆ

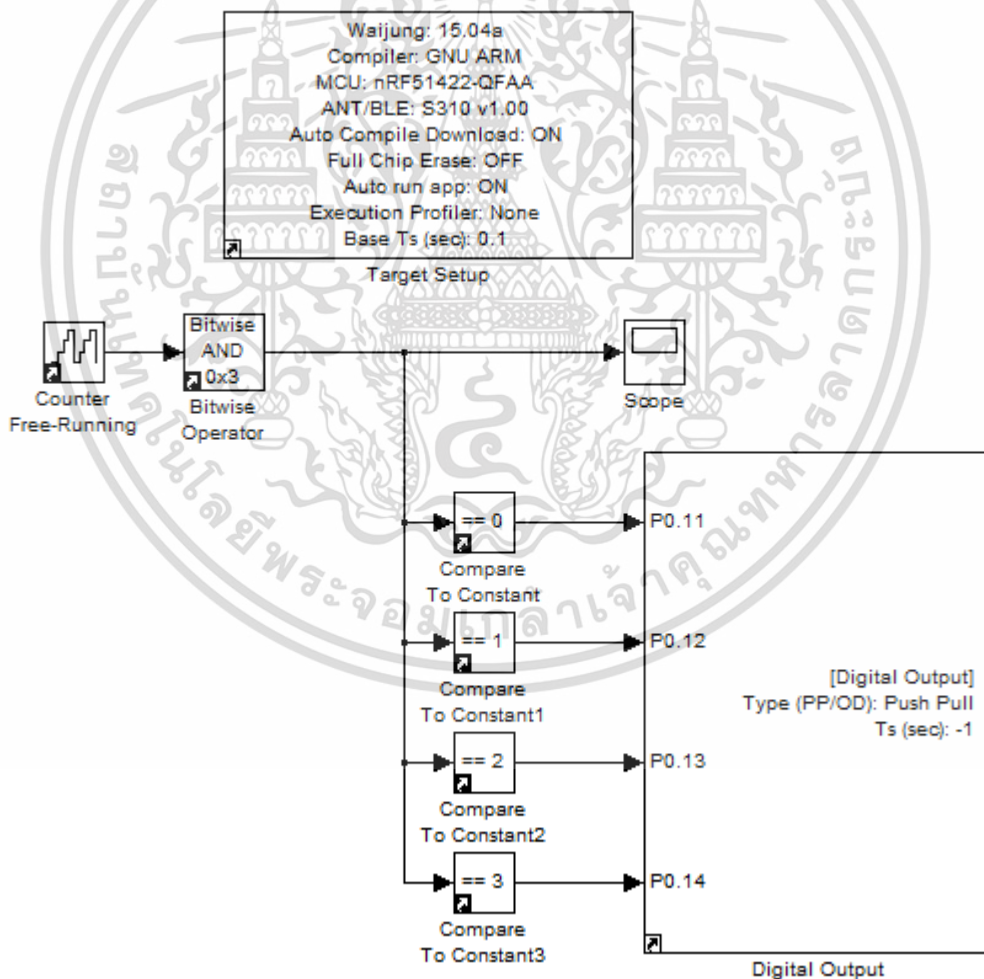
3.1) แก้ไข block ใน Simulink ได้อย่างไร

.....

.....

.....

4) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 โปรแกรมควบคุม LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model                  | ที่อยู่ใน Simulink Library                                       | ค่าที่ทำการกำหนด                                                 |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Target Setup                         | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> Device Configuration      | -                                                                |
| Counter Free-Running                 | Simulink -> Sources                                              | Number of bits = 16<br>Sample time = +1                          |
| Bitwise Operator                     | Simulink -> Logic and Bit Operations                             | Operator: AND<br>Bit Mask:<br>"bin2dec('00000011')"              |
| Compare To Constant<br>(ใช้ 4 block) | Simulink -> Logic and Bit Operations                             | Operator: ==<br>Constant value: 0 - 3<br>Output data type: uint8 |
| Scope                                | Simulink -> Sinks                                                | -                                                                |
| Digital Output                       | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> On-chip Peripherals -> IO | Use Pin P0.11 – P0.14                                            |

**ตารางที่ 4.5** บันทึกผลการทดลองควบคุม LED

| จังหวะการทำงาน | สถานะ LED |
|----------------|-----------|
| Step1          |           |
| Step2          |           |
| Step3          |           |
| Step4          |           |
| Step5          |           |
| Step6          |           |
| Step7          |           |
| Step8          |           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) จงสร้างโปรแกรมควบคุม LED วิ่ง 8 ดวง ตามตารางที่ 3 LED ไฟวิ่ง 8 ดวง

ตารางที่ 4.6 LED ไฟวิ่ง 8 ดวง

| จังหวะการทำงาน | สถานะ LED |
|----------------|-----------|
| Step1          | 0000 000x |
| Step2          | 0000 00x0 |
| Step3          | 0000 0x00 |
| Step4          | 0000 x000 |
| Step5          | 000x 0000 |
| Step6          | 00x0 0000 |
| Step7          | 0x00 0000 |
| Step8          | x000 0000 |

จากตารางเมื่อ LED ทำงาน Step8 แล้วให้กลับไปทำงาน Step1 ใหม่ และวนอยู่เช่นนี้ไปเรื่อยๆ

5.1) แก้ไข block ใน Simulink ได้อย่างไร

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1) Digital Output block มีหน้าที่อะไร

2) อธิบายการทำงานของ Bitwise Operator

## ใบงานที่ 5

### การรับค่าสัญญาณดิจิทัล

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

- 1) ต่อบอร์ดวงจรสวิตช์เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
- 2) อธิบายการทำงานของ Digital Input block ได้
- 3) เขียนโปรแกรม Waijung Blockset รับค่าสวิตช์ควบคุม LED ได้

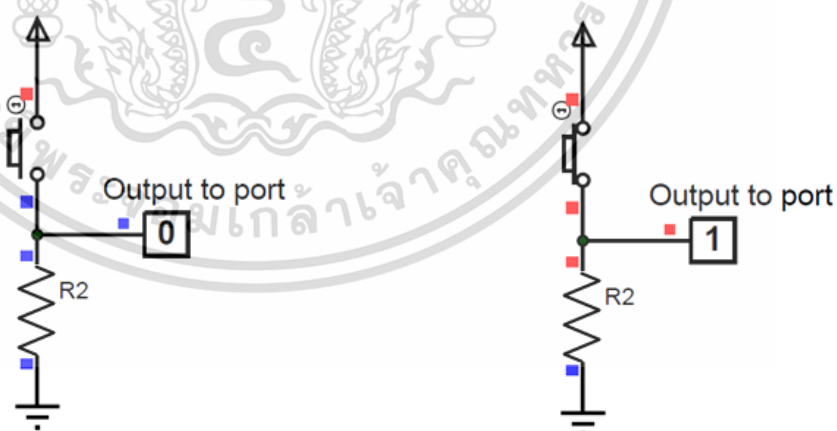
#### ทฤษฎีเบื้องต้น

##### 1) Digital Input เบื้องต้น

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์บางครั้งมีความจำเป็นต้องติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก ไม่ว่าจะเป็นการส่งสัญญาณออกภายนอก หรือการรับสัญญาณจากภายนอกเข้ามา เพื่อประมวลผลหรือเก็บไว้ยังหน่วยความจำ ในการต่อบอร์ดวงจรหากต้องการที่จะรับค่าสถานะ ON-OFF จากการเปิด ปิด สวิตช์แล้ว สามารถที่จะต่อสวิตช์เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีวงจรการเชื่อมต่อ 2 แบบ ซึ่งทั้งสองวงจรมีในแง่ของอุปกรณ์แล้ว ใช้จำนวนอุปกรณ์เท่ากัน หรือเหมือนกัน แต่ลักษณะการต่อวงจรไม่เหมือนกัน และให้ค่าสัญญาณทางดิจิทัลต่างกัน

##### 1.1) การต่อแบบ Pull-down Resistor

วงจรสวิตช์แบบ Pull-down Resistor วงจรลักษณะนี้ ในขณะสถานะหน้าสัมผัสของสวิตช์ไม่ต่อกัน หรือสวิตช์ไม่ถูกกด จะทำให้เอาต์พุตของวงจรสวิตช์อยู่ในสถานะ LOW หรือลอจิก 0 และเมื่อถูกกดจะอยู่ในสถานะ HIGH หรือลอจิก 1 การทำงานในลักษณะนี้ จะเรียกว่า Active High มีวงจรดังรูปที่ 5.1



(ก) วงจรขณะยังไม่กดสวิตช์

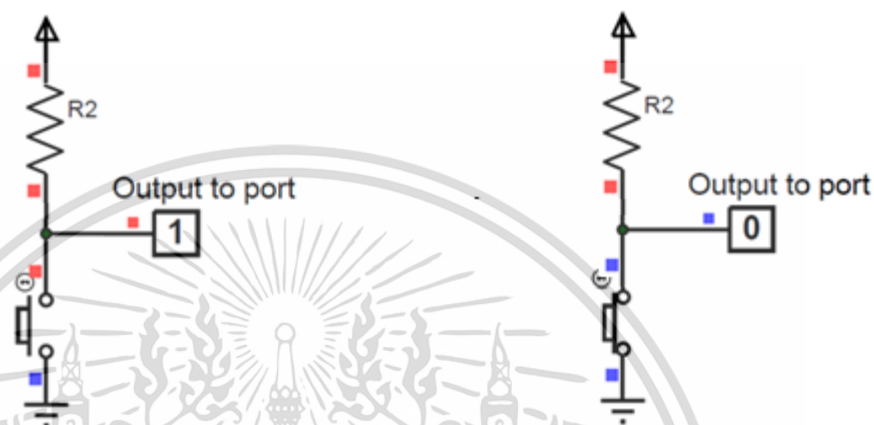
(ข) วงจรขณะกดสวิตช์

รูปที่ 5.1 วงจรสวิตช์แบบ Pull-down Resistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2) การต่อแบบ Pull-up Resistor

วงจรสวิตช์แบบ Pull-up Resistor วงจรลักษณะนี้ ในขณะที่สถานะหน้าสัมผัสของสวิตช์ไม่ต่อกัน หรือสวิตช์ไม่ถูกกด จะทำให้เอาต์พุตของวงจรสวิตช์อยู่ในสถานะ HIGH หรือ ลอจิก 1 และเมื่อถูกกดจะอยู่ในสถานะ LOW หรือลอจิก 0 จะเรียกว่า Active Low เพราะว่าเขียนโปรแกรมที่ทำงาน เมื่อลอจิกเป็น LOW หรือลอจิก 0 ส่วนใหญ่นิยมใช้แบบ Pull-up มากกว่ามีวงจรดังรูปที่ 5.2



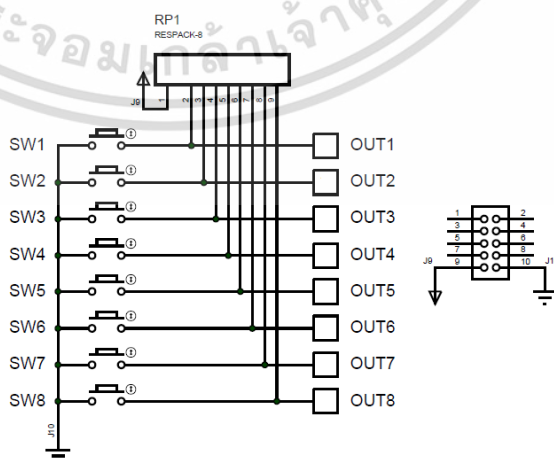
(ก) วงจรขณะยังไม่กดสวิตช์

(ข) วงจรขณะกดสวิตช์

รูปที่ 5.2 วงจรสวิตช์แบบ Pull-up Resistor

## 2) บอร์ดทดสอบอินพุตสวิตช์

บอร์ดทดสอบอินพุตสวิตช์ เป็นบอร์ดที่ใช้ทดสอบอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้สวิตช์แบบกดติดปล่อยดับเป็นอุปกรณ์ป้อนสัญญาณเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีวงจรการทำงานแบบ Pull-up Resistor คือทำงานที่ Active Low ทั้งหมด 8 ช่อง ดังรูปที่ 5.3

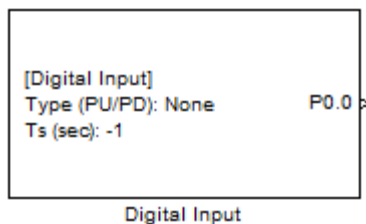


รูปที่ 5.3 วงจรบอร์ดทดสอบเอาต์พุตสวิตช์ 8 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

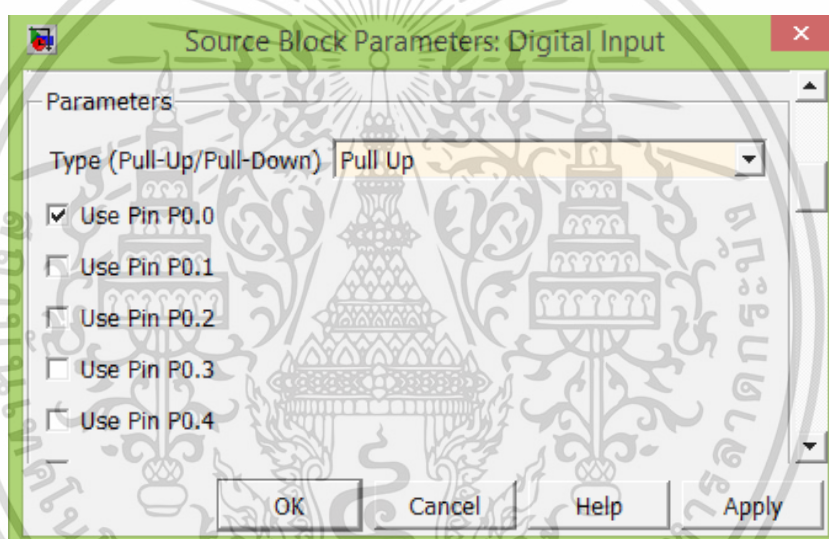
### 3) Digital Input block

Digital Input block เป็นบล็อกที่ทำหน้าที่อ่านค่าสัญญาณลอจิก 0 หรือ 1 จากขาอินพุตที่เลือกไว้ ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 Digital Input block

การตั้งค่าใช้งาน Digital Input block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ Digital Input block จะแสดงหน้าต่างต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 การตั้งค่า Digital Input block

จากรูปที่ 5.5 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน Digital Input block โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Type (Pull-Up/Pull-Down) หมายถึง แสดงสถานะของการทำรับค่าอินพุตจาก

สวิตช์

มี 2 สถานะ ได้แก่

- 1) Pull-Up คือ ทำงานแบบ Active Low หรือ ลอจิก 0
- 2) Pull-Down คือ ทำงานแบบ Active High หรือ ลอจิก 1

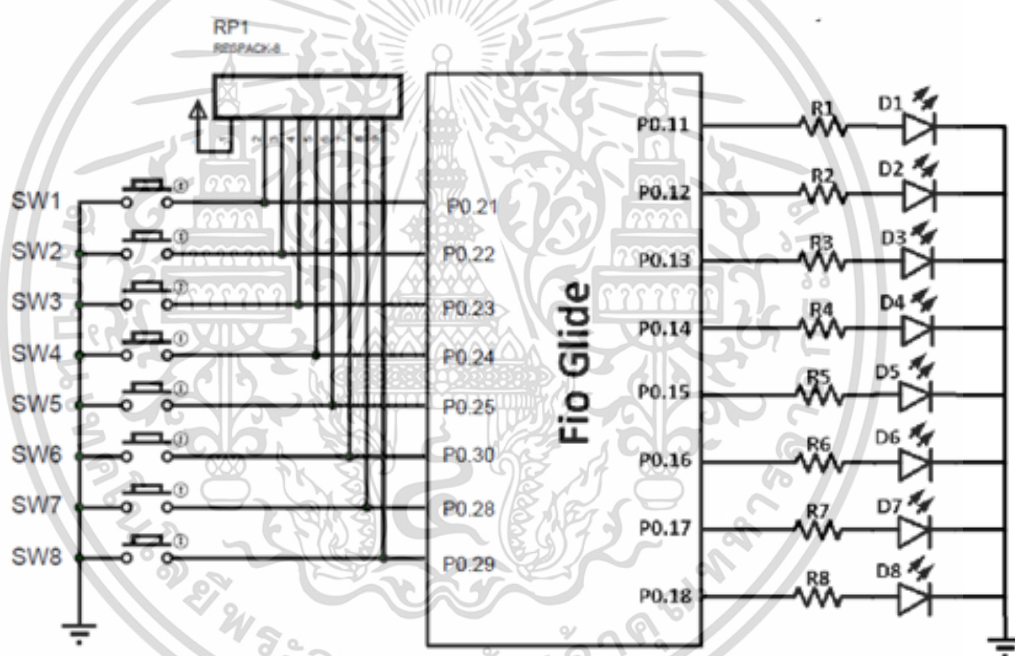
- Use Pin หมายถึง ขาที่ใช้งานโดยเลือกได้ตั้งแต่ P0.0 ถึง P0.31

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1) Notebook               | 1 เครื่อง |
| 2) FiO Glide              | 1 บอร์ด   |
| 3) aMG USB Connect        | 1 บอร์ด   |
| 4) บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED | 1 บอร์ด   |
| 5) บอร์ดทดสอบอินพุตสวิตช์ | 1 บอร์ด   |
| 6) สาย Mini-USB           | 1 สาย     |
| 7) Jumper Wire            | 1 ชุด     |

### ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ต่อบอร์ดทดสอบอินพุตสวิตช์เข้ากับ FiO Glide และ บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED ดังรูปที่ 5.6

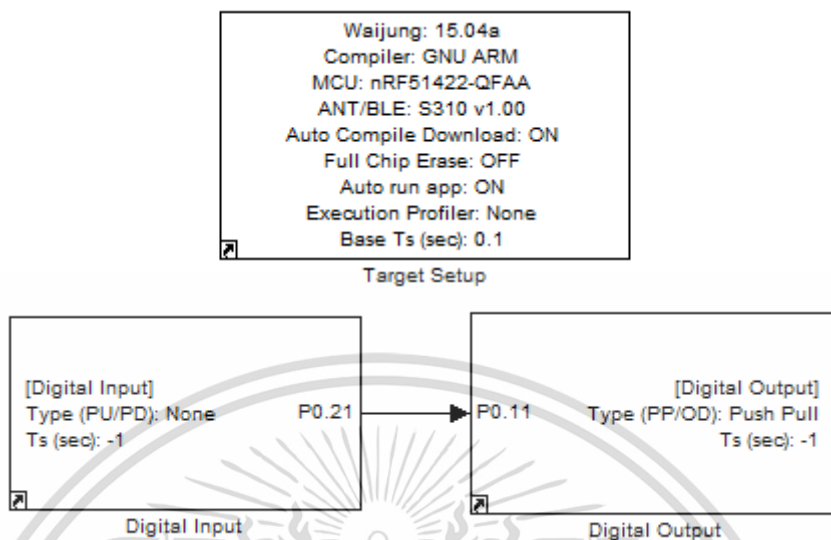


รูปที่ 5.6 วงจรรับค่าสวิตช์ควบคุม LED

จากรูปที่ 5.6 เป็นวงจรที่ยกตัวอย่างใช้ในการทดลองใบงานนี้ แสดงตำแหน่งขาของ FiO Glide ที่ต่อกับบอร์ดทดสอบอินพุตสวิตช์และบอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED โดยต่อ LED D1 เข้ากับขา P0.11 ของ FiO Glide ไปเรื่อยๆจนถึง LED D8 เข้ากับขา P0.18 และบอร์ดทดสอบอินพุตสวิตช์ดังรูปที่ 5.6 โดยจะต่อไม่เรียงขานเหมือน LED เนื่องจากข้อจำกัดของฮาร์ดแวร์ การต่อขาดังรูปที่ 5.6 ทำให้ต่อสายได้ง่าย

2) สร้างโปรแกรมรับค่าสวิตช์ควบคุม LED มีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 โปรแกรมรับค่าสวิตช์ควบคุม LED

2.2) block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model | ที่อยู่ใน Simulink Library                                       | ค่าที่ทำการกำหนด            |
|---------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Target Setup        | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> Device Configuration      | -                           |
| Digital Input       | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> On-chip Peripherals -> IO | Type: None<br>Use Pin P0.21 |
| Digital Output      | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> On-chip Peripherals -> IO | Use Pin P0.11               |

2.3) เมื่อสร้างโปรแกรมและตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว กดไอคอน Update Diagram หรือ Ctrl+D อย่างน้อยสองครั้ง จากนั้น block ใน Simulink Model จะเปลี่ยนสี โดยแสดงถึงการทำงานที่มี Sample Time ต่างๆกัน

2.4) จากนั้นกดไอคอน Incremental build หรือ Ctrl+B เพื่อ Build Model ลง FiO Glide

2.5) สังเกตการณ์ทำงานของ LED ขณะยังไม่กดสวิตช์ (SW1) และขณะกดสวิตช์ (SW1) บันทึกผลลงในตารางที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5.2** บันทึกผลการทดลองรับค่าสวิตช์ควบคุม LED

| สถานะสวิตช์ (SW1) | สถานะ LED |
|-------------------|-----------|
| ไม่กด             |           |
| กด                |           |

3) จงสร้างโปรแกรมรับค่าสวิตช์ควบคุม LED โดยมีเงื่อนไข เมื่อกด SW8 ให้ LED ติดทุกดวง (D1-D8) และปล่อย SW8 ให้ LED ดับทุกดวง (D1-D8)

**ตารางที่ 5.3** สถานะ SW8 และ LED

| สถานะสวิตช์ (SW8) | สถานะ LED |
|-------------------|-----------|
| ไม่กด             | XXXX XXXX |
| กด                | 0000 0000 |

3.1) วาด block โปรแกรมที่สร้างลงในกรอบสี่เหลี่ยม



3.2) block ที่เพิ่มเติมคือ block อะไร และมีหน้าที่อะไร

.....

.....

.....

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

1) อธิบายการต่อสวิตช์แบบ Pull-down Resistor

.....

.....

.....

2) Digital Input block มีหน้าที่อะไร

.....

.....

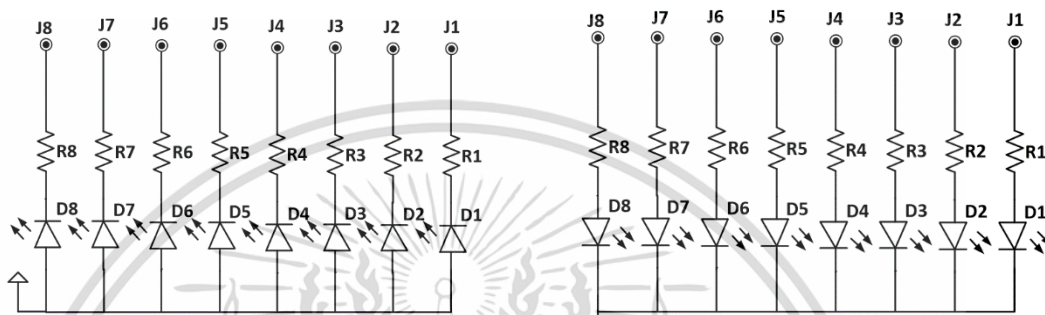
.....





segment นั้นการเขียนโปรแกรมก็เหมือนกับการเขียนโปรแกรม ควบคุม LED เพียงรู้ตำแหน่งขาที่ต้องการ ก็สามารถเขียนโปรแกรมแสดงเลขต่างๆได้ ในการดูขาของ 7-segment ทำได้ 2 วิธี คือ

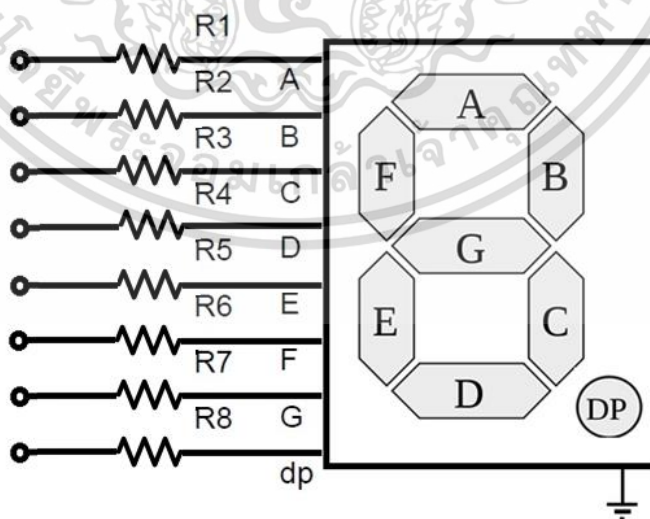
1. ใช้มัลติมิเตอร์วัด
2. ดูจากdatasheet การต่อวงจรภายในของ 7-segments จะมีการต่อได้ 2 แบบ คือ การต่อแบบ คอมมอนแอนอด(A) และ การต่อแบบคอมมอนคาโทด (K) ซึ่งการใช้งานของทั้ง 2 แบบนั้นจะแตกต่างกันตรงที่การป้อนสัญญาณ เพื่อให้ 7-segments แสดงผลจะตรงกันข้ามกัน โดยที่ตำแหน่งของ LED ภายใน 7-segments จะมีชื่อเรียกที่ใช้กันทั่วไป คือ a , b , c , d ,e ,f , g ดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 Common 7-segment

## 2) บอร์ด 7 segment

บอร์ด 7 segment เป็นบอร์ดแสดงผลแบบตัวเลขสำหรับใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้ตัว 7 segment แบบ Common Cathode มีตัวต้านทานต่อจำกัดกระแสไฟฟ้าเพื่อป้องกันอุปกรณ์เสียหายเรียบร้อย สามารถนำไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสะดวก วงจรดังรูปที่ 6.4

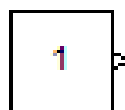


รูปที่ 6.3 วงจร 7-segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3) Constant block

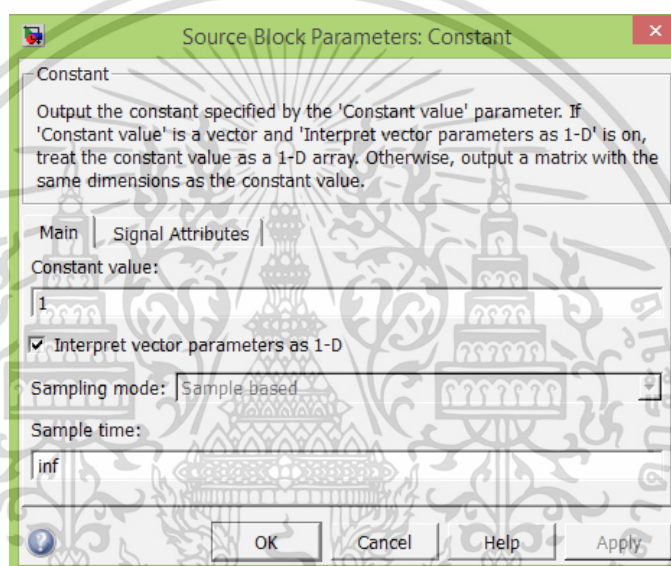
Constant block เป็นบล็อกที่ทำหน้าที่ให้กำเนิดค่าคงที่ มีลักษณะดังรูปที่ 6.5



Constant

## รูปที่ 6.5 Constant block

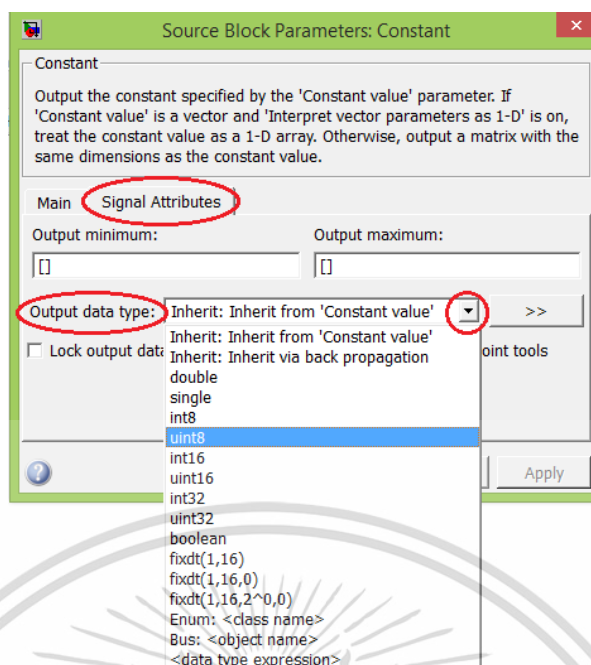
การตั้งค่าใช้งาน Constant block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ Constant block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 6.6



## รูปที่ 6.6 การตั้งค่า Constant block

จากรูปที่ 6.6 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน Constant block โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Constant value หมายถึง ค่าคงที่ ที่ต้องการส่งออกจาก block
- Sample time หมายถึง ค่าเวลา
- Output data type หมายถึง ชนิดของข้อมูล โดยหัวข้อ Output data type ต้องเลือกที่ Signal Attributes ก่อนจึงแสดงให้เลือกชนิดของข้อมูล ดังรูปที่ 6.7



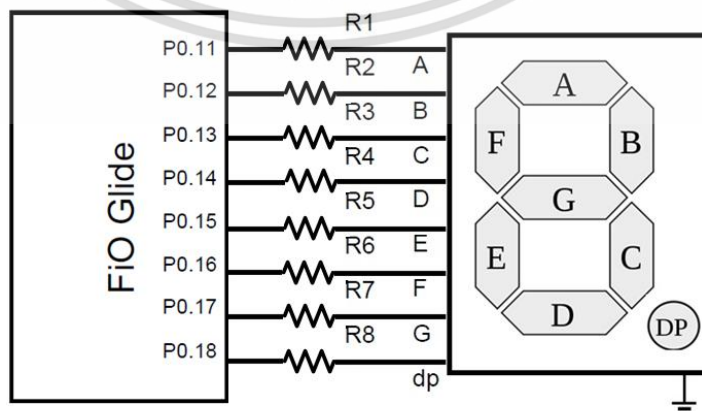
รูปที่ 6.7 การตั้งค่า Output data type

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                    |           |
|--------------------|-----------|
| 1) Notebook        | 1 เครื่อง |
| 2) FiO Glide       | 1 บอร์ด   |
| 3) aMG USB Connect | 1 บอร์ด   |
| 4) บอร์ด 7-segment | 1 บอร์ด   |
| 5) สาย Mini-USB    | 1 สาย     |
| 6) Jumper Wire     | 1 ชุด     |

#### ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ต่อบอร์ด 7-segment เข้ากับ FiO Glide ดังรูปที่ 6.7



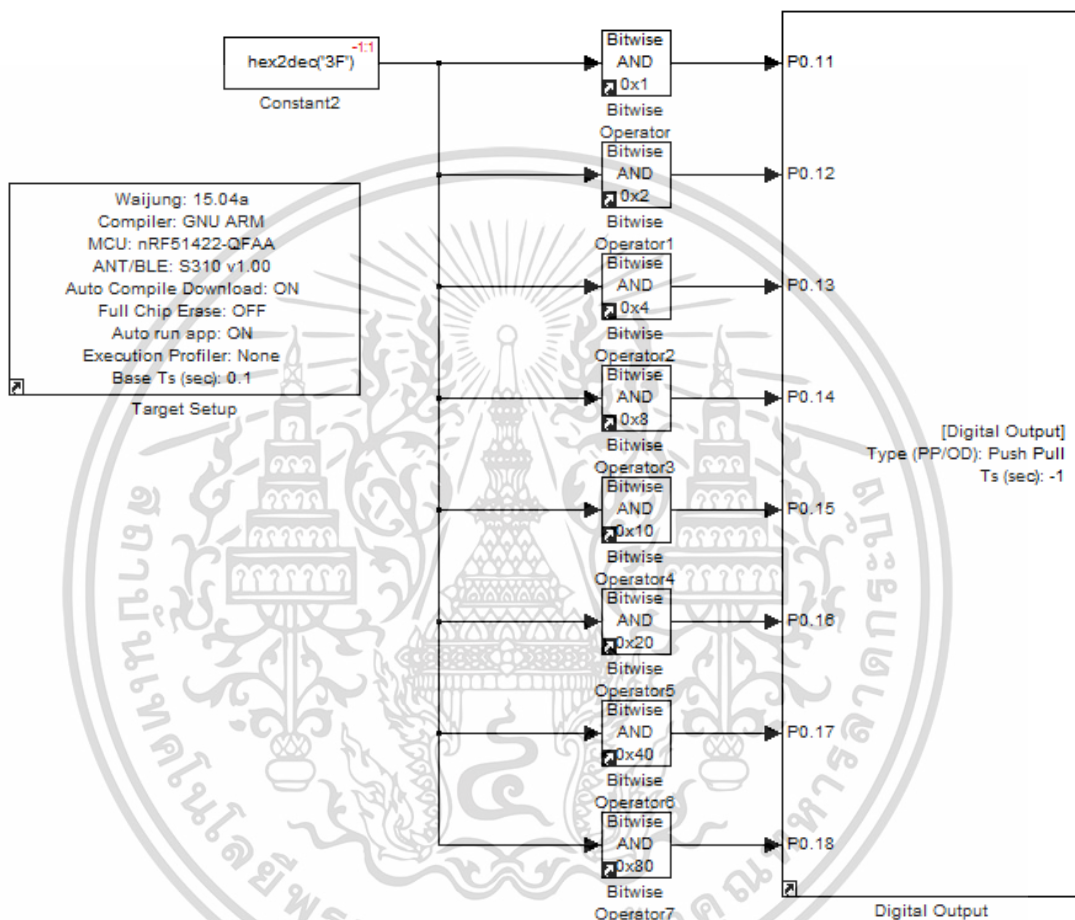
รูปที่ 6.7 วงจรควบคุม 7-segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 6.7 เป็นวงจรที่ยกตัวอย่างใช้ในการทดลองใบงานนี้ แสดงตำแหน่งขาของ FiO Glide ที่ต่อกับ 7-segment โดยต่อ segment A เข้ากับขา P0.11 ของ FiO Glide ไปเรื่อยๆจนถึง segment dp เข้ากับขา P0.18 จนครบทุกขา

2) สร้างโปรแกรมควบคุม 7-segment มีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 โปรแกรมควบคุม 7-segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model                             | ที่อยู่ใน Simulink Library                                          | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Target Setup                                    | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> Device Configuration         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Bitwise Operator<br>ใช้ทั้งหมด 7 block 0<br>- 7 | Simulink -> Logic and Bit<br>Operations                             | Operator: AND<br>block 0 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('00000001')"<br>block 1 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('00000010')"<br>block 2 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('00000100')"<br>block 3 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('00001000')"<br>block 4 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('00010000')"<br>block 5 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('00100000')"<br>block 6 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('01000000')"<br>block 7 -> Bit Mask:<br>"bin2dec('10000000')" |
| Constant                                        | Simulink -> Commonly Used<br>Blocks                                 | Constant value :<br>"hex2dec('3F')"<br>Output data type :<br>"Uint8"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Digital Output                                  | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> On-chip Peripherals -><br>IO | Use Pin P0.11 – P0.18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

2.3) เมื่อสร้างโปรแกรมและตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว กดไอคอน Update Diagram หรือ Ctrl+D อย่างน้อยสองครั้ง จากนั้น block ใน Simulink Model จะเปลี่ยนสี โดยแสดงถึงการทำงานที่มี Sample Time ต่างๆกัน

2.4) จากนั้นกดไอคอน Incremental build หรือ Ctrl+B เพื่อ Build Model ลง FIO  
Glide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5) สังเกตการณ์ทำงานของ 7-segment และบันทึกผลลงในตารางที่ 6.2

**ตารางที่ 6.2** บันทึกผลการทดลองรับค่าสวิตช์ควบคุม LED

| ค่าคงที่ (hex) | สถานะ 7 segment |
|----------------|-----------------|
| 3F             |                 |

3) จงหาค่าเอาต์พุต เลข 0 – F ของ 7 segment common cathode เติมลงในตารางให้ครบทั้งหมด

**ตารางที่ 6.3** ค่าเอาต์พุตควบคุม 7 segment common cathode

| สถานะ 7 segment | ค่าคงที่ (hex) |
|-----------------|----------------|
| 0               | 3F             |
| 1               |                |
| 2               |                |
| 3               |                |
| 4               |                |
| 5               |                |
| 6               |                |
| 7               |                |
| 8               |                |
| 9               |                |
| A               |                |
| b (อักษรเล็ก)   |                |
| C               |                |
| d (อักษรเล็ก)   |                |
| E               |                |
| F               |                |

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คำถามท้ายการทดลอง

1) Constant block มีหน้าที่อะไร

.....

.....

2) อธิบายการตั้งค่าใช้งาน Constant block

.....

.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 7

### การควบคุมจอแสดงผล LCD

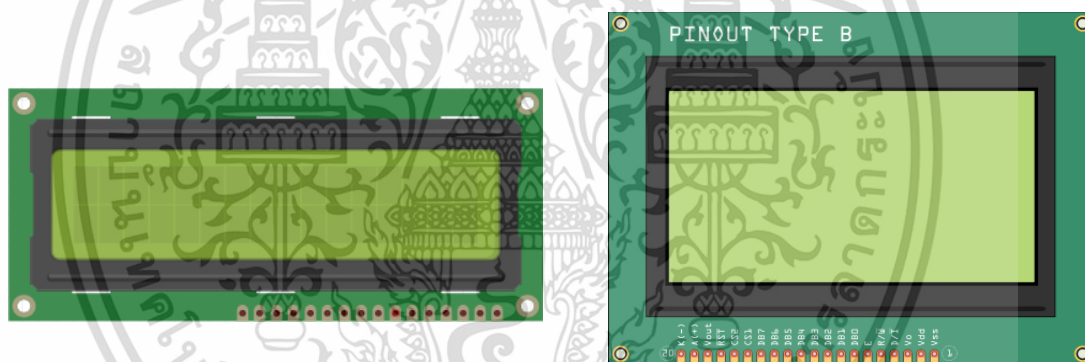
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

- 1) อธิบายลักษณะของ LCD ได้
- 2) ต่อบอร์ดควบคุม LCD ได้
- 3) เขียนโปรแกรม Waijung Blockset ควบคุม LCD ได้

ทฤษฎีเบื้องต้น

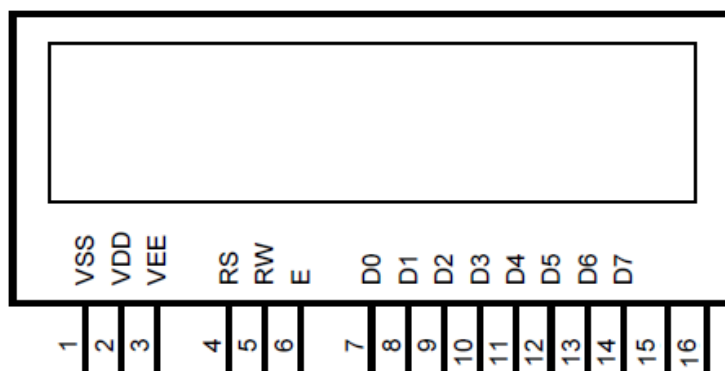
- 1) จอแสดงผล LCD เบื้องต้น

จอ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่ยิมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักษรเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD มีลักษณะดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 จอแสดงผล LCD

เมื่อเปรียบเทียบกับ 7-Segment จอแสดงผลแบบ LCD มีจุดเด่นคือ สามารถแสดงได้ทั้งข้อความและตัวเลข ได้มากกว่า 7-Segment โมดูลจอแสดงผล LCD ที่ติดตั้งหน้าจอบนบอร์ดต่างๆ และ LCD Controller รวมเข้าไว้ด้วยกันจะมีราคาสูงกว่า 7-Segment สำหรับข้อความภาษาไทยเนื่องจาก LCD Controller ไม่ได้รองรับตัวอักษรภาษาไทย Graphical LCD จึงเป็นที่นิยม เพราะสามารถใช้รูปตัวอักษรภาษาไทยและมีพื้นที่สำหรับสกรีนข้อความมากกว่า หากต้องการแสดงข้อความภาษาไทยใน Character LCD ผู้พัฒนาต้องสร้างตัวอักษรและเก็บไว้ในหน่วยความจำ CGRAM ใน LCD Controller และเชื่อมต่อกับ Microcontroller ง่ายกว่า โดยโครงสร้างขาดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 ตำแหน่งขาจอแสดงผล LCD

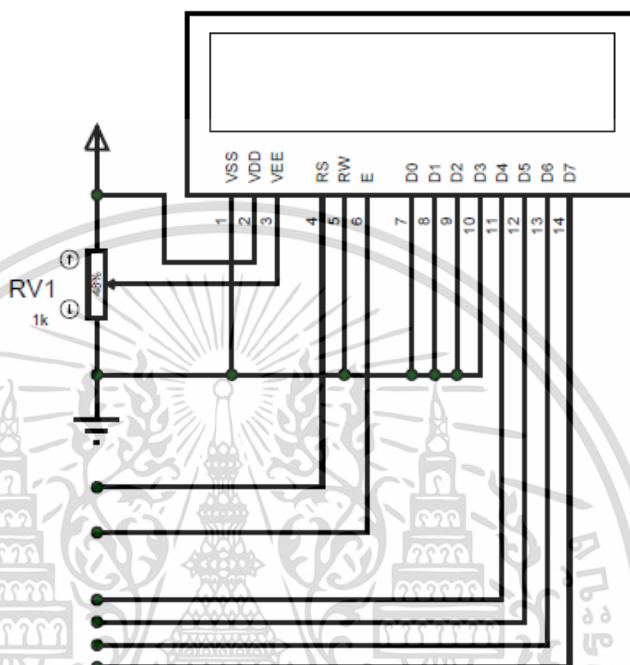
จากรูปที่ 7.2 รายละเอียดของตำแหน่งขาจอแสดงผล LCD มีทั้งหมด 16 Pin แบบที่นิยมใช้กันมาก คือ 16 x 2 (หมายถึง 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด) แต่ละช่องแสดงผลจะมีลักษณะเป็น matrix 5x8 ซึ่งแสดงถึงความละเอียดของตัวอักษร รายละเอียดของแต่ละ Pin แสดงดังตารางที่ 7.1 แสดงคุณสมบัติของขาจอแสดงผล LCD

ตารางที่ 7.1 แสดงคุณสมบัติของขาจอแสดงผล LCD

| Pin | ชื่อ Pin | คุณสมบัติ                         |
|-----|----------|-----------------------------------|
| 1   | VSS      | GND                               |
| 2   | VDD      | +5V                               |
| 3   | VEE      | ปรับความเข้มในการแสดงผล           |
| 4   | RS       | กำหนดให้รับคำสั่งหรือข้อมูลแสดงผล |
| 5   | RW       | กำหนดให้อ่านค่าหรือรับค่า         |
| 6   | E        | Enable                            |
| 7   | D0       | Data Pin                          |
| 8   | D1       | Data Pin                          |
| 9   | D2       | Data Pin                          |
| 10  | D3       | Data Pin                          |
| 11  | D4       | Data Pin                          |
| 12  | D5       | Data Pin                          |
| 13  | D6       | Data Pin                          |
| 14  | D7       | Data Pin                          |
| 15  | A        | Backlight +5V                     |
| 16  | K        | Backlight Gnd                     |

## 2) บอร์ดแสดงผล LCD

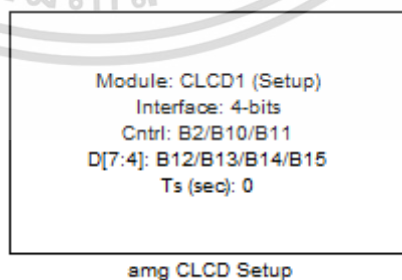
บอร์ดแสดงผล LCD เป็นบอร์ดแสดงผล LCD แบบ Character 16x2 รับส่งข้อมูลแบบ 4bit สำหรับใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ มีตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อควบคุมความเข้มของตัวอักษรและต่อ Backlight ให้เรียบร้อย สามารถนำไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสะดวก วงจรดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 วงจรบอร์ดแสดงผล LCD

## 3) amg CLCD Setup block

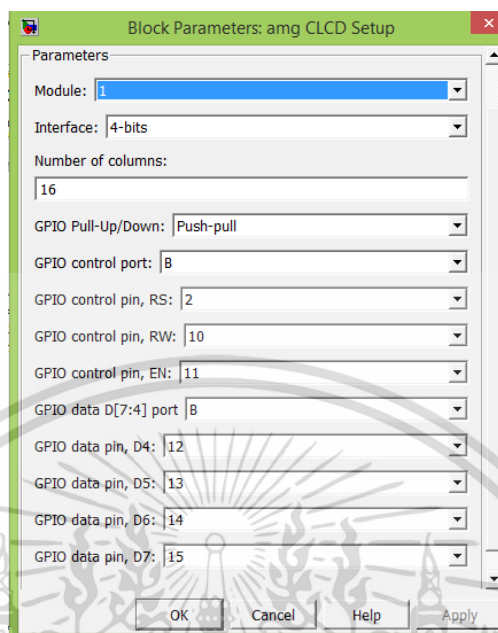
เป็น block ที่ใช้กำหนดเลือกขาที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอ LCD มีลักษณะดังรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 amg CLCD Setup block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าใช้งาน amg CLCD Setup block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ amg CLCD Setup block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 7.5



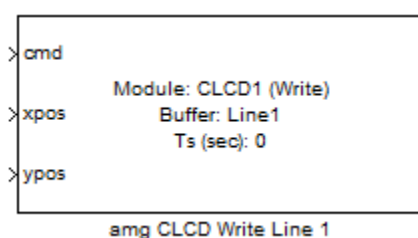
รูปที่ 7.5 การตั้งค่า amg CLCD Setup block

จากรูปที่ 7.5 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน amg CLCD Setup block โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Interface หมายถึง จำนวน bit ที่ใช้รับส่งข้อมูล
- Number of Column หมายถึง จำนวนตัวอักษรในจอ LCD ที่ใช้งาน ต่อหนึ่งบรรทัด
- GPIO Output type หมายถึง ชนิดของขา Output
- GPIO control หมายถึง เลือกขาสำหรับส่งค่าคำสั่งควบคุมการทำงาน
- GPIO data หมายถึง เลือกขาสำหรับส่งค่าข้อมูลแสดงผล

#### 4) amg CLCD Write Line block

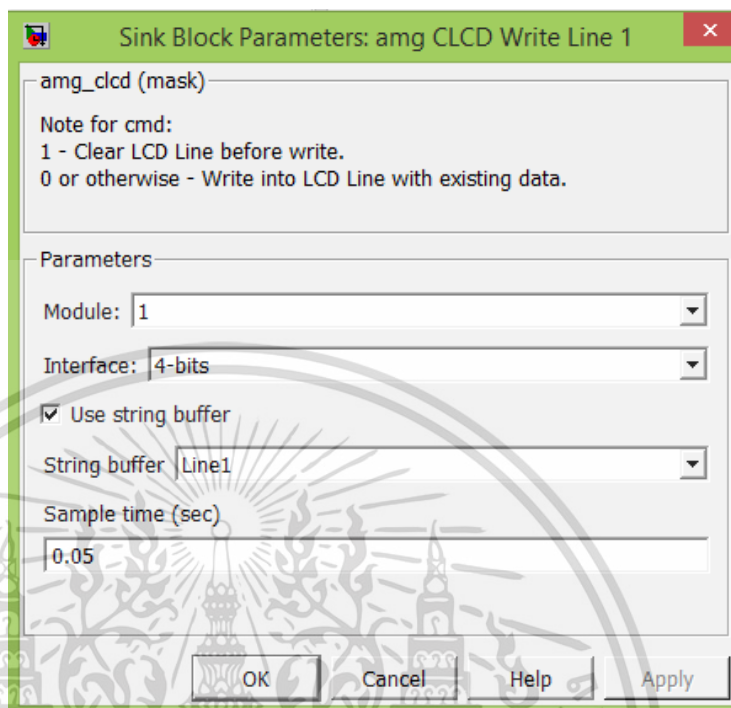
เป็น block ที่ทำหน้าที่ส่งข้อความและตำแหน่งที่จะแสดงข้อความไปยังโมดูล LCD สำหรับตำแหน่งที่จะแสดงข้อความ จะถูกระบุด้วยพิกัด (xpos, ypos) โดยจุด (0, 0) จะอยู่มุมบนซ้ายของหน้าจอเป็นจุดเริ่มต้น มีลักษณะดังรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 amg CLCD Write Line block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าใช้งาน amg CLCD Write Line block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ amg CLCD Write Line block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.7 การตั้งค่า amg CLCD Write Line block  
จากรูปที่ 7.7 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน amg CLCD Write Line block โดยมีรายละเอียดดังนี้

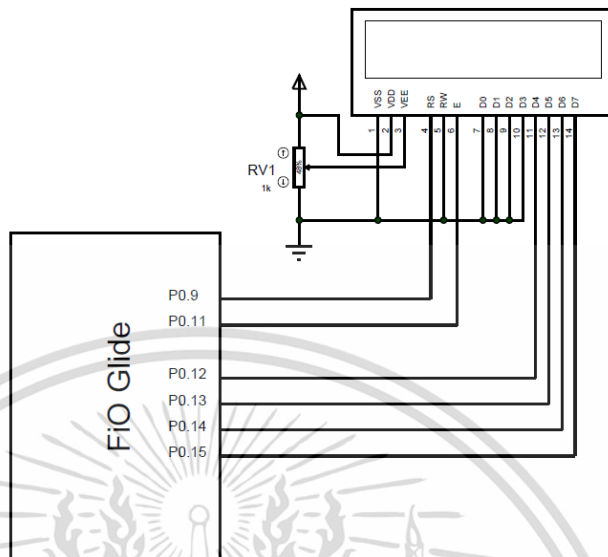
- Module หมายถึง สามารถใช้งานโมดูล LCD ( 1 / 2 / 3 / 4 )
- Interface หมายถึง จำนวน bit ที่ใช้รับส่งข้อมูล
- String buffer หมายถึง บรรทัดที่แสดงข้อความ

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                    |           |
|--------------------|-----------|
| 1) Notebook        | 1 เครื่อง |
| 2) FiO Glide       | 1 บอร์ด   |
| 3) aMG USB Connect | 1 บอร์ด   |
| 4) บอร์ดแสดงผล LCD | 1 บอร์ด   |
| 5) สาย Mini-USB    | 1 สาย     |
| 6) Jumper Wire     | 1 ชุด     |

ขั้นตอนการทดลอง

1) ต่อบอร์ดแสดงผล LCD เข้ากับ FiO Glide ดังรูปที่ 7.6

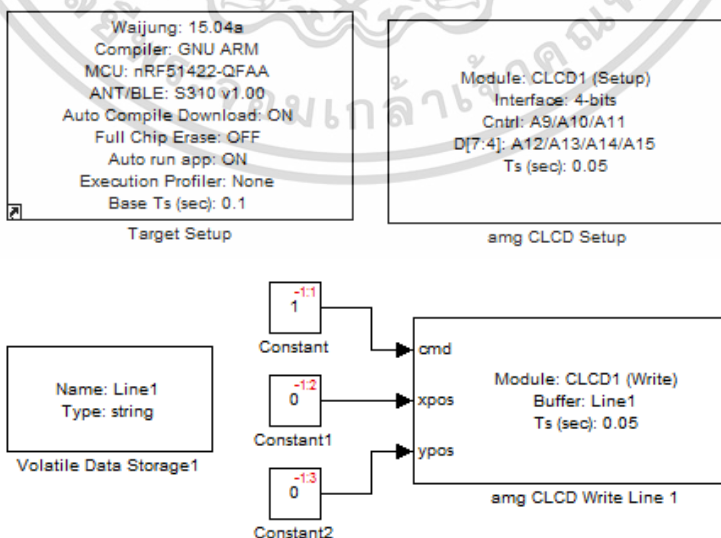


รูปที่ 7.6 วงจรควบคุม LCD

จากรูปที่ 7.6 เป็นวงจรที่ยกตัวอย่างใช้ในการทดลองใบงานนี้ แสดงตำแหน่งขาของ FiO Glide ที่ต่อกับ LCD เป็นการรับส่งสัญญาณแบบ 4bit โดยต่อขาเริ่มต้นที่ P0.12 เข้ากับขา D4 ของ LCD จนถึง P0.15 เข้ากับขา D7 จนครบทุกขา

2) สร้างโปรแกรมควบคุม LCD มีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.7 โปรแกรมควบคุมการแสดงผล LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                                     | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Target Setup        | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> Device Configuration                                                                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| amg CLCD Setup      | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FiOMOTE-ST<br>-> LCD Setup   | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>Number of Column : 16<br>GPIO Output type :<br>- Push-pull<br>GPIO control port : A<br>GPIO control :<br>- RS : 9<br>- RW : 10<br>- EN : 11<br>GPIO data D[7:4]port : A<br>GPIO data :<br>- D4 : 12<br>- D5 : 13<br>- D6 : 14<br>- D7 : 15 |
| amg CLCD Write Line | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FiOMOTE-ST<br>-> LCD Display | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>String buffer : Line1<br>Sample time(sec) : 0.05                                                                                                                                                                                           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

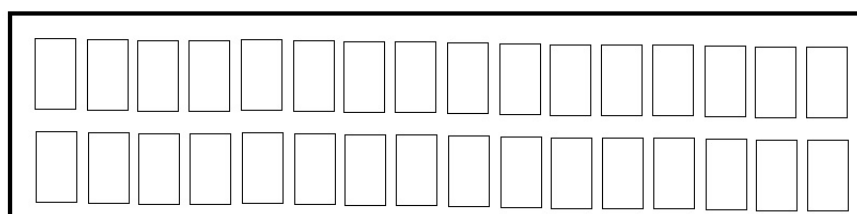
**ตารางที่ 7.2 (ต่อ)** แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model   | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                             | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constant              | Simulink -> Commonly Used Blocks                                                                                                       | Block : 0 -><br>Constant value : 1<br>Output data type :<br>"Uint8"<br>Block : 1 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uint8"<br>Block : 2 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uint8" |
| Volatile Data Storage | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration -> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FiOMOTE-ST -> LCD Setup | Storage Type : string<br>Storage Name :<br>Line1<br>Size (bytes) : 64<br>Initial value :<br>'Hello ... '<br>Sample time (sec) : -1                                                                                |

2.3) เมื่อสร้างโปรแกรมและตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว กดไอคอน Update Diagram หรือ Ctrl+D อย่างน้อยสองครั้ง จากนั้น block ใน Simulink Model จะเปลี่ยนสี โดยแสดงถึงการทำงานที่มี Sample Time ต่างๆกัน

2.4) จากนั้นกดไอคอน Incremental build หรือ Ctrl+B เพื่อ Build Model ลง FiO Glide

2.5) สังเกตการณ์แสดงผลที่จอ LCD และบันทึกผลลงที่รูปหน้าจอ LCD



**รูปที่ 7.8** หน้าจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จงสร้างโปรแกรมแสดงผลที่จอ LCD โดยแสดงดังต่อไปนี้

**MATLAB Simulink  
Microcontroller**

รูปที่ 7.9 ข้อความแสดงผลที่หน้าจอ LCD

3.1) วาด block โปรแกรมที่สร้างลงในกรอบสี่เหลี่ยม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## คำถามท้ายการทดลอง

1) LCD แบบ Character ต่างจากแบบ Graphical อย่างไร

.....

.....

2) อธิบายการตั้งค่า amg CLCD Setup block

.....

.....



## ใบงานที่ 8

### การรับค่าสัญญาณแอนะล็อก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

- 1) อธิบายการรับค่าอินพุตแบบ Analog ได้
- 2) อธิบายการทำงานของ ACD Blockset ได้
- 3) เขียนโปรแกรม Waijung Blockset รับค่า ADC แสดงบน LCD ได้

ทฤษฎีเบื้องต้น

- 1) Input Analog Signal เบื้องต้น

สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal) หมายถึง สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนที่ของ ข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) โดยสัญญาณจะมีขนาดไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของ สัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป และจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งต่อเนื่องกันไป มีลักษณะดังรูปที่ 8.1

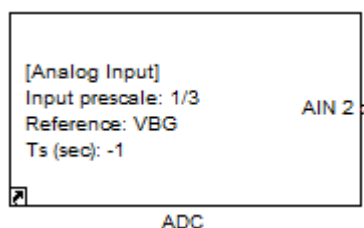


รูปที่ 8.1 Analog Signal

การนำสัญญาณแอนะล็อกจากเซนเซอร์มาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลหรือควบคุมอุปกรณ์หรือแสดงผล ระบบจำเป็นต้องใช้โมดูลแปลงสัญญาณที่เรียกว่า Analog to Digital Converter (ADC) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อสามารถประมวลผลได้ด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์

- 2) ADC block

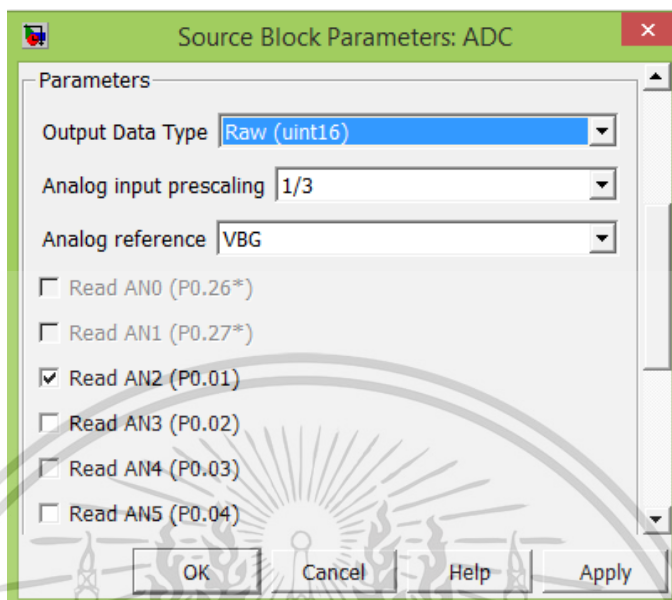
ADC block มีหน้าที่อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าในช่วง 0 ถึง 3.3 V จากช่องสัญญาณที่เลือกไว้ แล้วแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลความละเอียด 10 บิต เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล มีลักษณะดังรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 ADC block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า... ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าใช้งาน ADC block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ ADC block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 การตั้งค่า ADC block

จากรูปที่ 8.3 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน ADC block โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Output Data Type หมายถึง ชนิดของข้อมูลที่ส่งออก
- Analog reference หมายถึง การเลือกโหมดสัญญาณ มี 4 โหมดดังนี้

1) VBG - Use internal 1.2V band gap reference.

2) EXT - Use external reference.

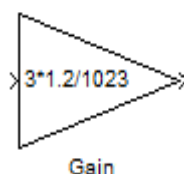
3) VDD/2 - Use VDD with 1/2 prescaling (VDD range 1.7V-2.6V).

4) VDD/3 - Use VDD with 1/3 prescaling (VDD range 2.5V-3.6V).

- Read AN หมายถึง ช่องที่รับสัญญาณแบบแอนะล็อก

### 3) Gain block

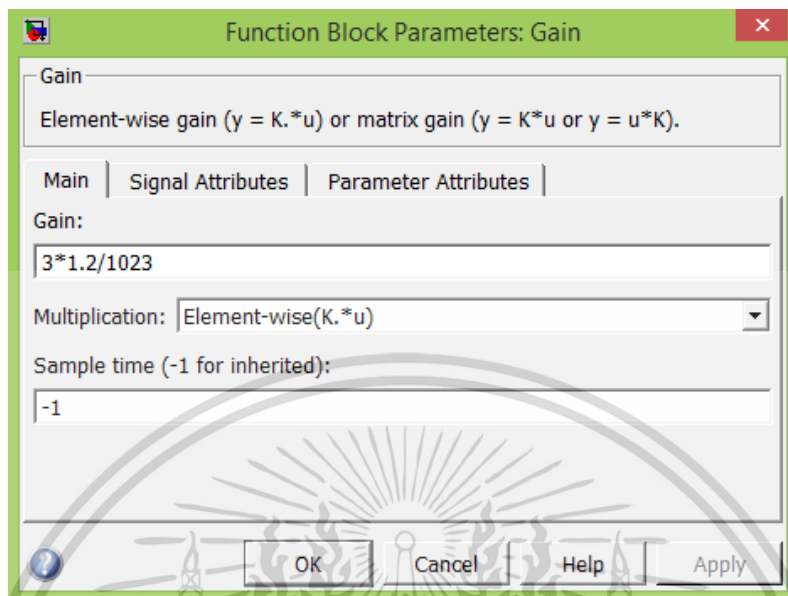
Gain block มีหน้าที่คูณค่าอินพุตด้วยค่าคงที่ที่กำหนด มีลักษณะดังรูปที่ 8.4



รูปที่ 8.4 Gain block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าใช้งาน Gain block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ Gain block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 การตั้งค่า Gain block

จากรูปที่ 8.5 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน ADC block โดยมีรายละเอียดดังนี้

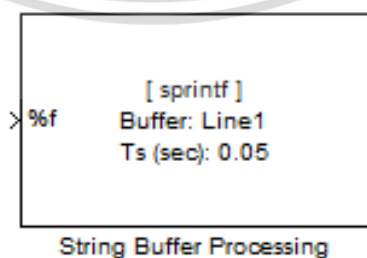
- Gain หมายถึง ค่าที่ต้องการให้คุณกับค่าอินพุตที่เข้ามา

- Multiplication หมายถึง รูปแบบการคูณ มี 4 รูปแบบดังนี้

- 1) Element-wise(K.\*u)
- 2) Matrix(K\*u)
- 3) Matrix(u\*K)
- 4) Matrix(K\*u) (u vector)

4) String Buffer Processing block

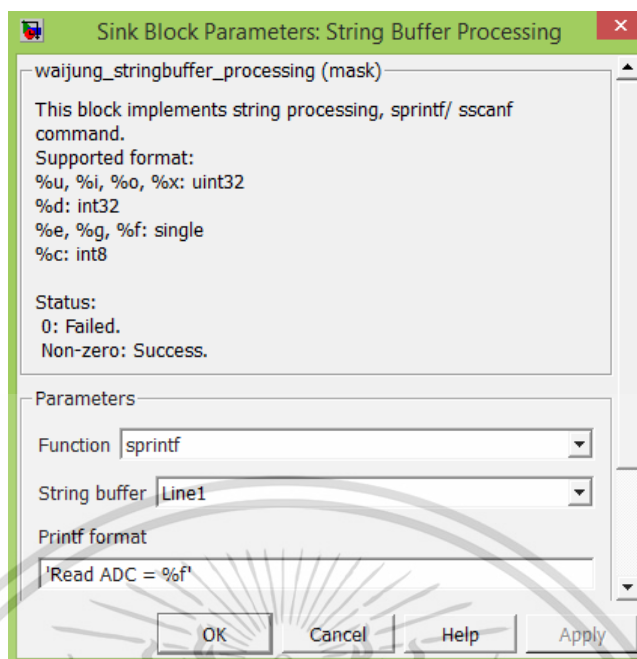
String Buffer Processing block มีหน้าที่เลือกรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจอ LCD มีลักษณะดังรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 String Buffer Processing block

การตั้งค่าใช้งาน String Buffer Processing block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ String Buffer Processing block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 8.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### รูปที่ 8.7 การตั้งค่า String Buffer Processing block

จากรูปที่ 8.7 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน String Buffer Processing block โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Function หมายถึง รูปแบบการทำงานของ block
- String buffer หมายถึง ตัวกำหนดว่าต้องการให้ String Buffer Processing block นี้ทำงานร่วมกับ amg CLCD White Line block

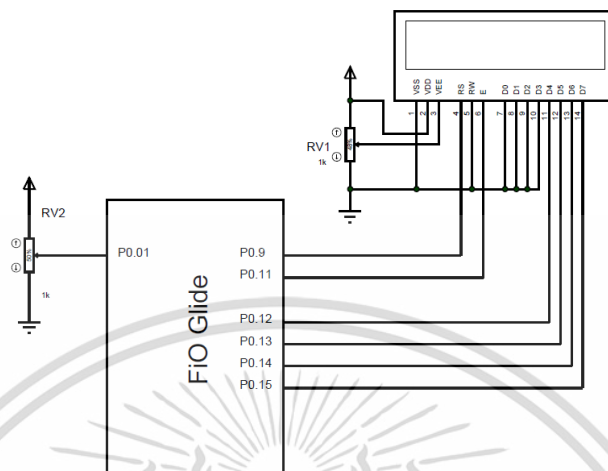
- Printf format หมายถึง รูปแบบการแสดงผลออกหน้าจอ โดยมีรูปแบบที่ใช้ได้ดังนี้ Supported format : %u, %i, %o, %x: uint32, %d: int32, %e, %g, %f: single, %c: int8

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 1) Notebook             | 1 เครื่อง |
| 2) FiO Glide            | 1 บอร์ด   |
| 3) aMG USB Connect      | 1 บอร์ด   |
| 4) บอร์ดแสดงผล LCD      | 1 บอร์ด   |
| 5) ตัวต้านทานปรับค่าได้ | 1 ตัว     |
| 6) สาย Mini-USB         | 1 สาย     |
| 7) Jumper Wire          | 1 ชุด     |

## ขั้นตอนการทดลอง

1) ต่อบอร์ดแสดงผล LCD และตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อใช้เป็นอินพุตสัญญาณแอนะล็อกเข้ากับ FiO Glide ดังรูปที่ 8.8

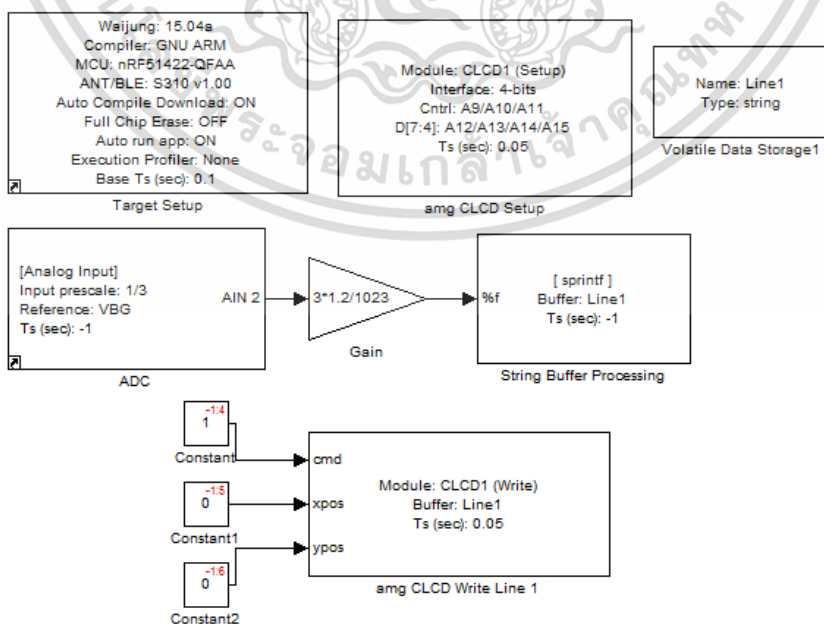


รูปที่ 8.8 วงจรควบคุม LCD

จากรูปที่ 8.8 เป็นวงจรที่ยกตัวอย่างใช้ในการทดลองใบงานนี้ แสดงตำแหน่งขาของ FiO Glide ที่ต่อกับ LCD เป็นการรับส่งสัญญาณแบบ 4bit โดยต่อขาเริ่มต้นที่ P0.12 เข้ากับขา D4 ของ LCD จนถึง P0.15 เข้ากับขา D7 จนครบทุกขา และต่อตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นอินพุตสัญญาณแอนะล็อกเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

2) สร้างโปรแกรมรับค่าแอนะล็อกแสดงผลผ่าน LCD มีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.7 โปรแกรมควบคุมการแสดงผล LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model   | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                                     | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Target Setup          | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> Device Configuration                                                                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| amg CLCD Setup        | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Setup   | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>Number of Column : 16<br>GPIO Output type :<br>- Push-pull<br>GPIO control port : A<br>GPIO control :<br>- RS : 9<br>- RW : 10<br>- EN : 11<br>GPIO data D[7:4]port : A<br>GPIO data :<br>- D4 : 12<br>- D5 : 13<br>- D6 : 14<br>- D7 : 15 |
| amg CLCD Write Line   | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Display | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>String buffer : Line1<br>Sample time(sec) : 0.05                                                                                                                                                                                           |
| Volatile Data Storage | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Setup   | Storage Type : string<br>Storage Name : Line1<br>Size (bytes) : 64<br>Sample time (sec) : -1                                                                                                                                                                                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 8.1 (ต่อ) แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block**

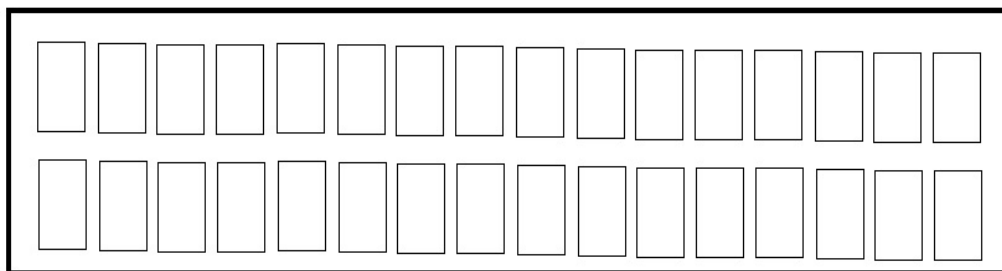
| ชื่อ Simulink Model      | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constant                 | Simulink -> Commonly Used Blocks                                                                                          | Block : 0 -><br>Constant value : 1<br>Output data type :<br>"Uint8"<br>Block : 1 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uint8"<br>Block : 2 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uint8" |
| ADC                      | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> On-chip Peripherals -><br>ADC                                                      | Output Data Type :<br>"Double"<br>Analog input<br>prescaling:<br>"1/3"<br>Analog reference :<br>"VBG"<br>Read AN2 (P0.01)                                                                                         |
| String Buffer Processing | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration -> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST | Function : sprint<br>String buffer : Line1<br>Printf format :<br>' %f '                                                                                                                                           |
| Gain                     | Simulink -> Commonly Used Blocks                                                                                          | Gain : $3 \cdot 1.2 / 1023$<br>Multiplication :<br>"Element-wise(K.*u)"                                                                                                                                           |

2.3) เมื่อสร้างโปรแกรมและตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว กดไอคอน Update Diagram หรือ Ctrl+D อย่างน้อยสองครั้ง จากนั้น block ใน Simulink Model จะเปลี่ยนสี โดยแสดงถึงการทำงานที่มี Sample Time ต่างๆกัน

2.4) จากนั้นกดไอคอน Incremental build หรือ Ctrl+B เพื่อ Build Model ลง FIO Glide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5) สังเกตการณ์แสดงผลที่จอ LCD และบันทึกผลลงที่รูปหน้าจอ LCD



รูปที่ 8.8 หน้าจอ LCD

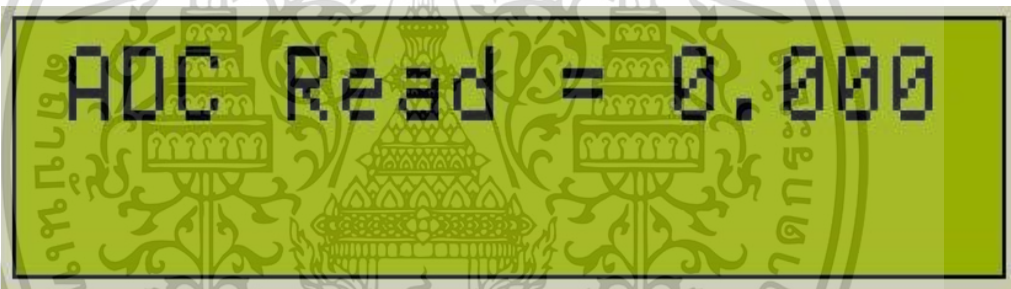
2.6) ทดลองปรับตัวด้านทานที่ป้อนสัญญาณอินพุตแอนะล็อกและบันทึกผล

.....

.....

.....

3) จงสร้างโปรแกรมรับค่าสัญญาณแอนะล็อกและแสดงผลที่จอ LCD โดยแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 8.9 การแสดงผลที่หน้าจอ LCD

3.1) แก้ไขโปรแกรมที่ block ไต และตั้งค่าเช่นไรบ้าง

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### คำถามท้ายการทดลอง

1) Analog Signal มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

2) ADC block มีหน้าที่อะไร

.....

.....



## ใบงานที่ 9

### การรับค่าสัญญาณแอนะล็อกควบคุมหลอดแสดงผล LED

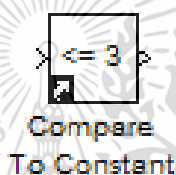
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

- 1) อธิบายการทำงานของ Compare To Constant Block ได้
- 2) ตั้งค่าการใช้งาน Compare To Constant Block ได้
- 3) เขียนโปรแกรม Waijung Blockset รับค่า ADC Control LED ได้

ทฤษฎีเบื้องต้น

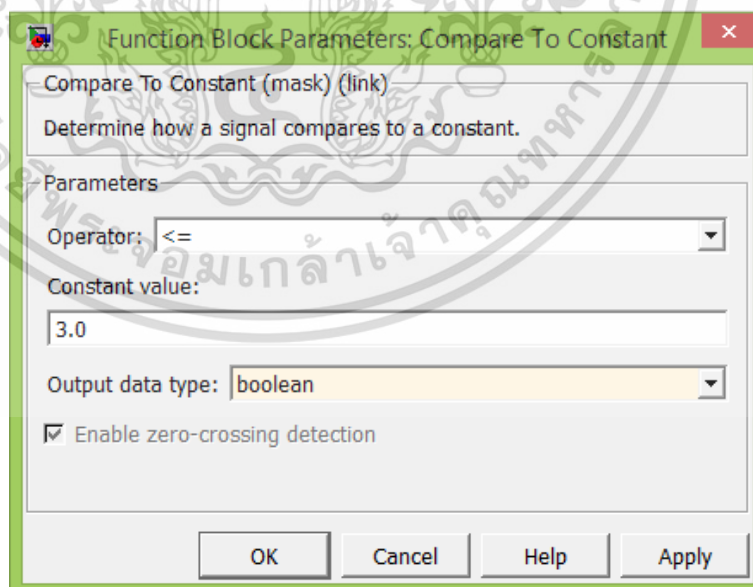
- 1) Compare To Constant block

Compare To Constant block มีหน้าที่รับค่าอินพุตเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าคงที่พร้อมตรวจสอบเงื่อนไข มีลักษณะดังรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 Compare To Constant block

การตั้งค่าใช้งาน Compare To Constant block ทำได้โดยการดับเบิลคลิกที่ Compare To Constant block จะแสดงหน้าต่างขึ้นมา ดังรูปที่ 9.2



รูปที่ 9.2 การตั้งค่า Compare To Constant block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 9.2 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าใช้งาน Compare To Constant block โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Operator หมายถึง ตัวดำเนินการเปรียบเทียบ มีทั้งหมด 6 รูปแบบ

- |       |       |
|-------|-------|
| 1) <= | 2) >= |
| 3) == | 4) ~= |
| 5) >  | 6) <  |

- Constant value หมายถึง ค่าคงที่ที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าอินพุต

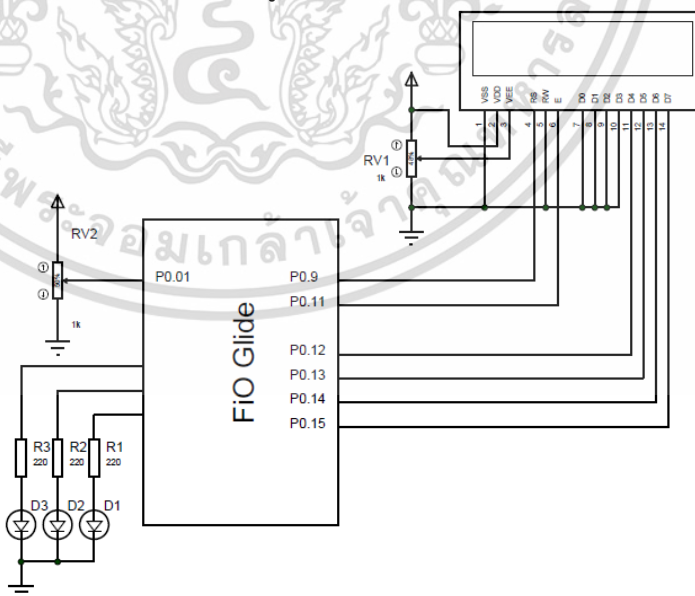
- Output Data Type หมายถึง ชนิดของข้อมูลที่ส่งออก

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- |                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1) Notebook               | 1 เครื่อง |
| 2) FIO Glide              | 1 บอร์ด   |
| 3) aMG USB Connect        | 1 บอร์ด   |
| 4) บอร์ดแสดงผล LCD        | 1 บอร์ด   |
| 5) ตัวต้านทานปรับค่าได้   | 1 ตัว     |
| 6) บอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED | 1 บอร์ด   |
| 7) สาย Mini-USB           | 1 สาย     |
| 8) Jumper Wire            | 1 ชุด     |

### ขั้นตอนการทดลอง

1) ต่อบอร์ดแสดงผล LCD และตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อใช้เป็นอินพุตสัญญาณแอนะล็อกและบอร์ดทดสอบเอาต์พุต LED เข้ากับ FIO Glide ดังรูปที่ 9.3



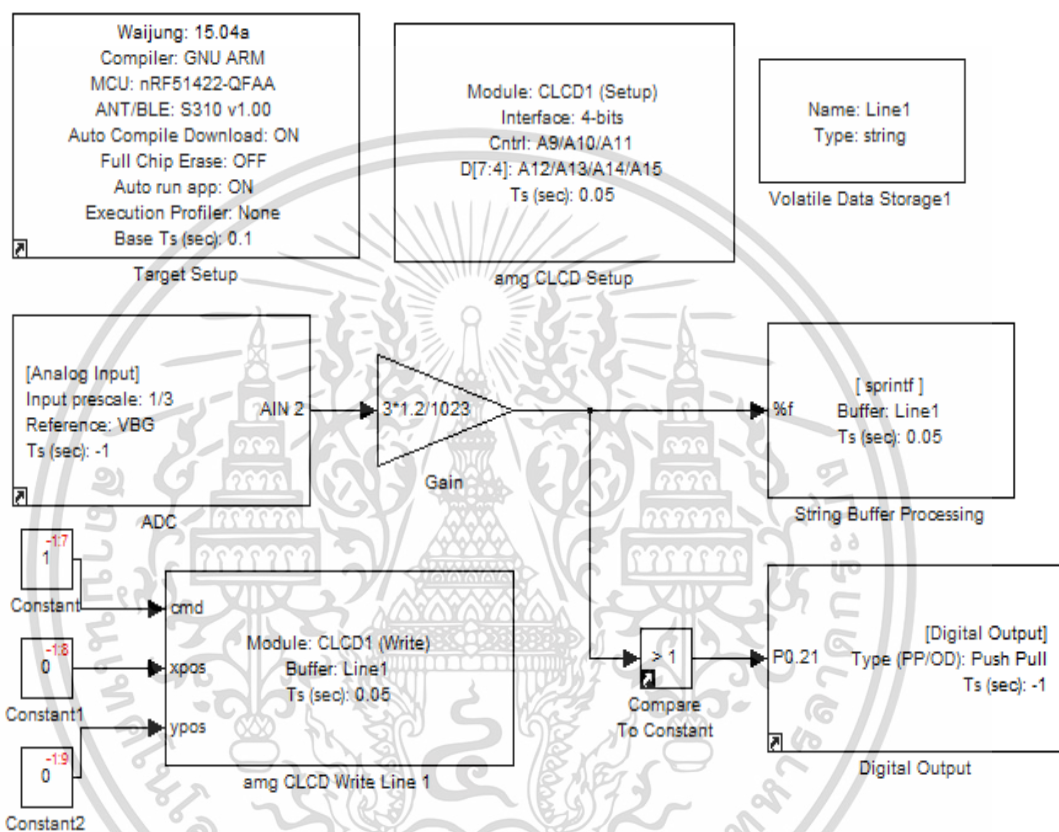
รูปที่ 9.3 วงจร ADC Control LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 9.3 เป็นวงจรที่ยกตัวอย่างใช้ในการทดลองใบงานนี้ แสดงตำแหน่งขาของ FiO Glide ที่ต่อกับ LCD เป็นการรับส่งสัญญาณแบบ 4bit โดยต่อขาเริ่มต้นที่ P0.12 เข้ากับขา D4 ของ LCD จนถึง P0.15 เข้ากับขา D7 จนครบทุกขา และต่อตัวต้านทานปรับค่าได้เป็นอินพุตสัญญาณแอนะล็อกเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าที่ขา P0.01 และต่อบอร์ดทดสอบเอาท์พุต LED

2) สร้างโปรแกรมรับค่า ADC Control LED มีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 9.4



รูปที่ 9.4 โปรแกรม ADC Control LED

2.2) block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model   | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                                     | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Target Setup          | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> Device Configuration                                                                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| amg CLCD Setup        | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Setup   | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>Number of Column : 16<br>GPIO Output type :<br>- Push-pull<br>GPIO control port : A<br>GPIO control :<br>- RS : 9<br>- RW : 10<br>- EN : 11<br>GPIO data D[7:4]port : A<br>GPIO data :<br>- D4 : 12<br>- D5 : 13<br>- D6 : 14<br>- D7 : 15 |
| amg CLCD Write Line   | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Display | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>String buffer : Line1<br>Sample time(sec) : 0.05                                                                                                                                                                                           |
| Volatile Data Storage | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Setup   | Storage Type : string<br>Storage Name : Line1<br>Size (bytes) : 64<br>Sample time (sec) : -1                                                                                                                                                                                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

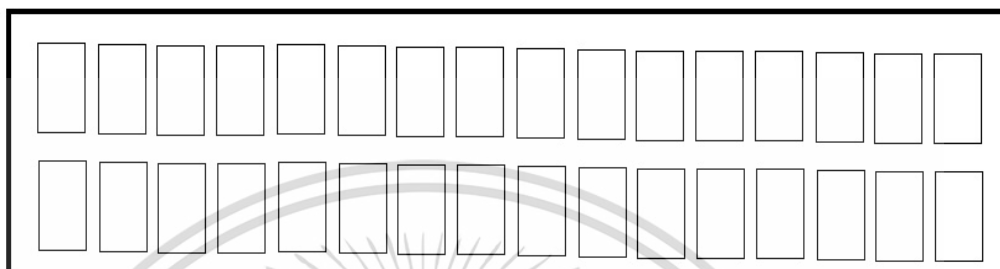
ตารางที่ 9.1 (ต่อ) แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model      | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                            | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constant                 | Simulink -> Commonly Used Blocks                                                                                                      | Block : 0 -><br>Constant value : 1<br>Output data type :<br>"Uint8"<br>Block : 1 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uint8"<br>Block : 2 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uint8" |
| ADC                      | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> On-chip Peripherals -<br>> ADC                                                                 | Output Data Type :<br>"Double"<br>Analog input<br>prescaling:<br>"1/3"<br>Analog reference :<br>"VBG"<br>Read AN2 (P0.01)                                                                                         |
| String Buffer Processing | Waijung Blockset -> Hardware<br>Modules -> Device<br>Configuration -> Character LCD<br>-> Simple aMG CLCD Display<br>Setup FIOMOTE-ST | Function : sprint<br>String buffer : Line1<br>Printf format :<br>' Read ADC = %f '                                                                                                                                |
| Gain                     | Simulink -> Commonly Used<br>Blocks                                                                                                   | Gain : $3 \cdot 1.2 / 1023$<br>Multiplication :<br>"Element-wise(K.*u)"                                                                                                                                           |
| Digital Output           | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> On-chip Peripherals -<br>> IO                                                                  | Use Pin P0.21                                                                                                                                                                                                     |
| Compare To Constant      | Simulink -> Logic and Bit<br>Operations                                                                                               | Operator: ><br>Constant value: 1<br>Output data type:<br>uint8                                                                                                                                                    |

2.3) เมื่อสร้างโปรแกรมและตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว กดไอคอน Update Diagram หรือ Ctrl+D อย่างน้อยสองครั้ง จากนั้น block ใน Simulink Model จะเปลี่ยนสี โดยแสดงถึงการทำงานที่มี Sample Time ต่างๆกัน

2.4) จากนั้นกดไอคอน Incremental build หรือ Ctrl+B เพื่อ Build Model ลง FiO Glide

2.5) สังเกตการแสดงผลที่จอ LCD และบันทึกผลลงที่รูปหน้าจอ LCD



รูปที่ 9.5 หน้าจอ LCD

2.6) ทดลองปรับตัวต้านทานที่ป้อนสัญญาณอินพุตแอนะล็อก สังเกต LED และค่าที่แสดงผลบน LCD และบันทึกผลลงตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 บันทึกผลการทำงาน

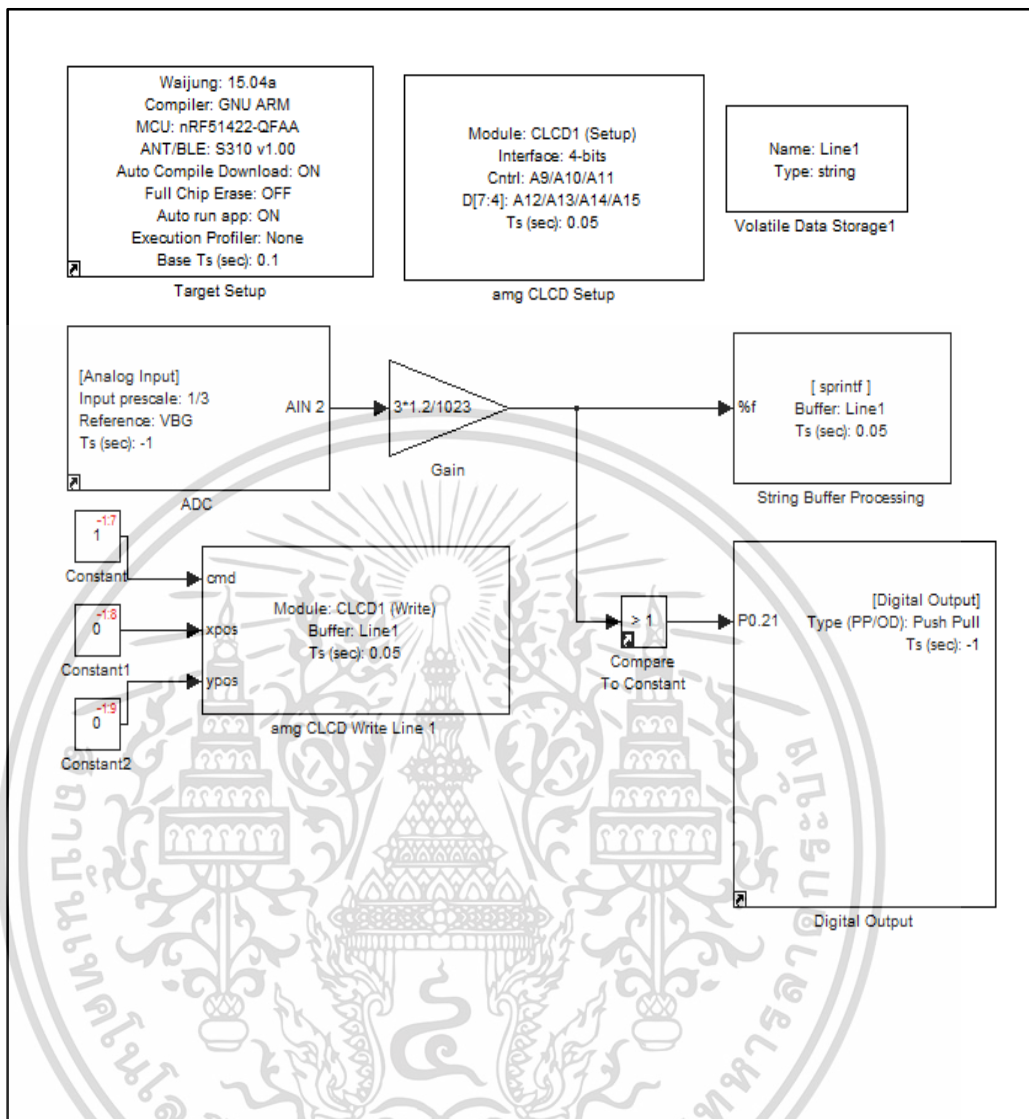
| ค่าแรงดันที่ LCD | สถานะ LED |
|------------------|-----------|
| 1.00             |           |
| 2.00             |           |
| 3.00             |           |

3) จงสร้างโปรแกรมรับค่าสัญญาณแอนะล็อกควบคุม LED 3 ดวง โดยมีเงื่อนไขดังตารางที่ 3

ตารางที่ 9.3 เงื่อนไขการทำงานของโปรแกรม

| ค่าแรงดันที่ LCD | สถานะ LED |
|------------------|-----------|
| 0.00 - 0.99      | XXX       |
| 1.00 - 1.99      | XX0       |
| 2.00 - 2.99      | X00       |
| 3.00 ขึ้นไป      | 000       |

3.1) วาด block โปรแกรมที่สร้างขึ้นเพิ่มเติมลงในกรอบสี่เหลี่ยม



สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คำถามท้ายการทดลอง

1) Compare To Constant block มีหน้าที่อะไร

.....

.....

2) อธิบายการตั้งค่าใช้งาน Compare To Constant block

.....

.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบงานที่ 10

### การสร้าง Digital Voltmeter แสดงผลบน LCD

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ผู้อบรมสามารถ)

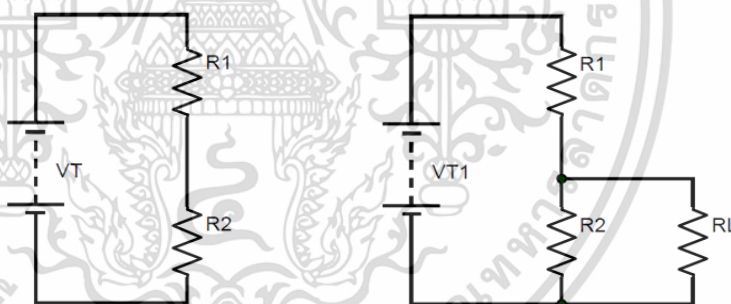
- 1) อธิบายการทำงานวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้
- 2) คำนวณหาค่าในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้
- 3) ต่อใช้งานวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้
- 4) เขียนโปรแกรม Waijung Blockset ควบคุม Digital Voltmeter ได้

#### ทฤษฎีเบื้องต้น

##### 1) วงจรแบ่งแรงดัน เบื้องต้น

จากการสร้างโปรแกรมรับค่าสัญญาณแอนะล็อกจำเป็นต้องเรียนรู้หลักการทำงานของวงจรแบ่งแรงดันเพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider Circuit) หมายถึงวงจรที่ประกอบด้วยความต้านทาน 2 ตัวขึ้นไปต่ออนุกรม (Series) อยู่ระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Power Supply) ซึ่งค่าความต้านทานในวงจรจะทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจร วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

- วงจรแบ่งแรงดันที่ไม่มีโหลด (Unloaded Voltage Divider)
- วงจรแบ่งแรงดันที่มีโหลด (Load Voltage Divider)

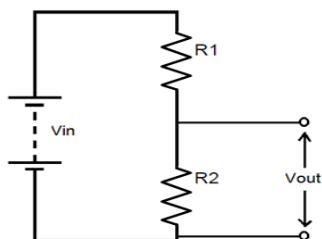


(ก) วงจรแบ่งแรงดันที่ไม่มีโหลด

(ข) วงจรแบ่งแรงดันที่มีโหลด

#### รูปที่ 10.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

##### 1.1) การคำนวณวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเบื้องต้น



รูปที่ 10.2 วงจรแบ่งแรงดันที่ไม่มีโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

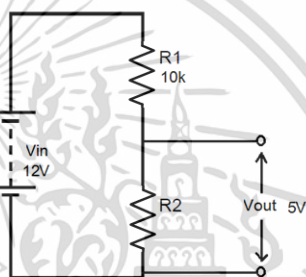
จากรูปที่ 10.2 เป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด โดยนำตัวต้านทานสองตัวมาต่ออนุกรมกัน แล้วป้อนแรงดัน (V<sub>T</sub>) ให้กับตัวต้านทานสองตัว R<sub>1</sub> , R<sub>2</sub> ค่าแรงดันที่ออกมาจากวงจร (V<sub>out</sub>) จะมีค่าเป็นดังสมการที่ 1

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

1.2) การนำวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการสร้าง Digital Voltmeter เพื่อลดระดับแรงดันไฟฟ้าให้ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 0 – 5 V  
ตัวอย่างที่ 10.1 จากรูป จงคำนวณหาค่า R<sub>2</sub> โดยกำหนดค่าดังนี้ V<sub>in</sub> = 12V , V<sub>out</sub> = 3V , R<sub>1</sub> = 10kΩ

วิธีทำ

จากสมการที่ 1



$$V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$R_1 \cdot V_{out} + R_2 \cdot V_{out} = V_{in} \cdot R_2$$

$$R_1 \cdot V_{out} = R_2 \cdot V_{in} - R_2 \cdot V_{out}$$

$$R_1 \cdot V_{out} = R_2 (V_{in} - V_{out})$$

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot V_{out}}{V_{in} - V_{out}} \quad (2)$$

แทนค่าลงในสมการที่ 2 
$$R_2 = \frac{10k \cdot 3}{12 - 3}$$

$$R_2 = \frac{30000}{9}$$

$$R_2 = 3333.33\Omega$$

เมื่อเลือกอุปกรณ์จริง 
$$R_2 = 3.3k\Omega$$

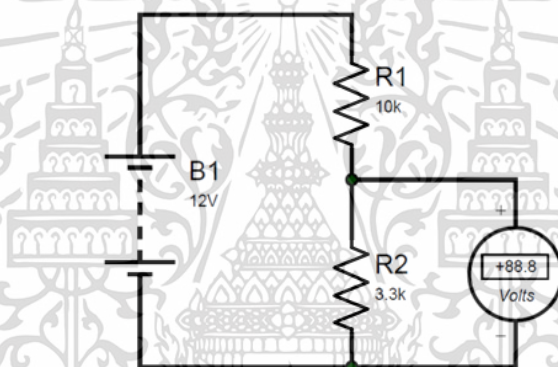
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

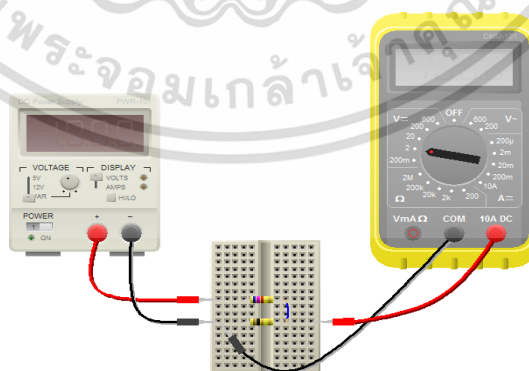
- |                           |           |
|---------------------------|-----------|
| 1) Notebook               | 1 เครื่อง |
| 2) FIO Glide              | 1 บอร์ด   |
| 3) aMG USB Connect        | 1 บอร์ด   |
| 4) บอร์ดแสดงผล LCD        | 1 บอร์ด   |
| 5) ตัวต้านทาน             | 1 ชุด     |
| 6) บอร์ดทดสอบเอาท์พุท LED | 1 บอร์ด   |
| 7) สาย Mini-USB           | 1 สาย     |
| 8) Jumper Wire            | 1 ชุด     |

### ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ต่ วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายปรับค่าได้และมัลติมิเตอร์เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าดังรูปที่ 10.3 และทำการบันทึกผลลงในตารางที่ 10.1



รูปที่ 10.3 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า



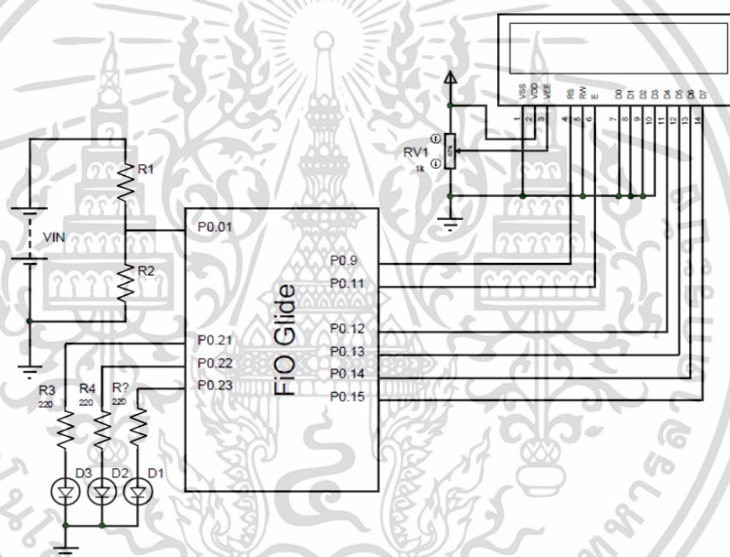
รูปที่ 10.4 การต่ออุปกรณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 10.1 บันทึกผลการทดลอง

| ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า | ค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงบนมัลติมิเตอร์ |
|--------------------|-------------------------------------|
| 1.5V               |                                     |
| 3V                 |                                     |
| 4.5V               |                                     |
| 6V                 |                                     |
| 7.5V               |                                     |
| 9V                 |                                     |
| 12V                |                                     |

2) ต่อยวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเข้ากับ FiO Gilde ดังรูปที่ 10.5

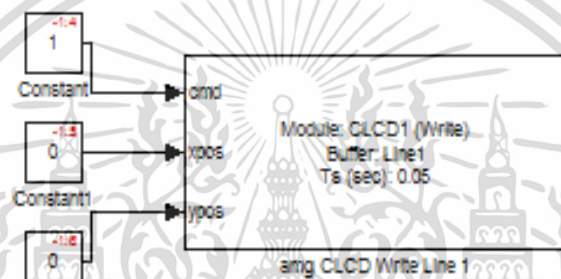
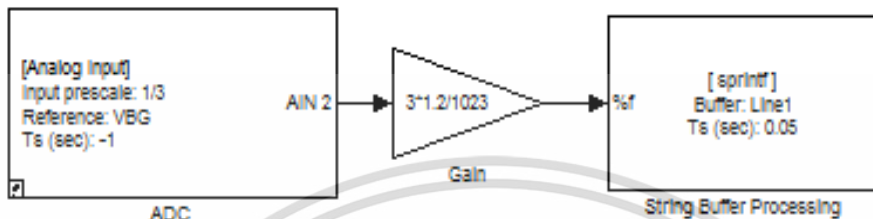
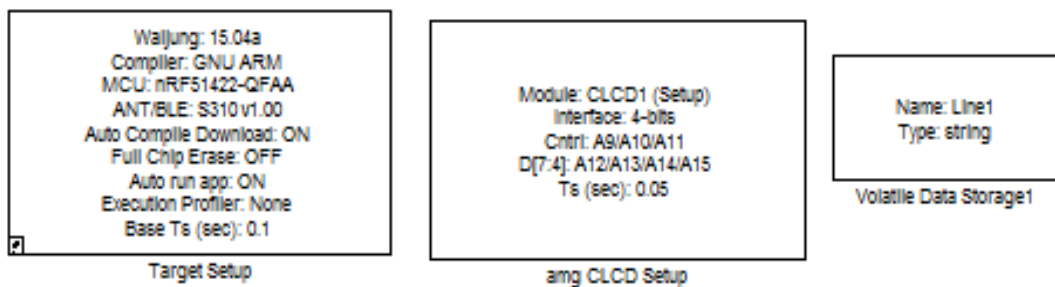


รูปที่ 10.5 วงจร Digital Voltmeter

จากรูปที่ 10.3 เป็นวงจรที่ยกตัวอย่างใช้ในการทดลองใบงานนี้ แสดงตำแหน่งขาของ FIO Glide ที่ต่อกับ LCD เป็นการรับส่งสัญญาณแบบ 4bit โดยต่อขาเริ่มต้นที่ P0.12 เข้ากับขา D4 ของ LCD จนถึง P0.15 เข้ากับขา D7 จนครบทุกขา และต่อยวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าที่ขา P0.01 และต่อบอร์ดทดสอบเอาท์พุท LED

3) สร้างโปรแกรมรับค่า Digital Voltmeter มีขั้นตอนดังนี้

3.1) สร้าง Simulink Model โดยนำ block มาต่อดังรูปที่ 10.6



รูปที่ 10.6 โปรแกรม Digital Voltmeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2) block ที่ใช้งานและการตั้งค่าในแต่ละ block แสดงดังตารางที่ 10.2

ตารางที่ 10.2 แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model   | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                                     | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Target Setup          | Waijung Blockset -> nRF51 Target<br>-> Device Configuration                                                                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| amg CLCD Setup        | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Setup   | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>Number of Column : 16<br>GPIO Output type :<br>- Push-pull<br>GPIO control port : A<br>GPIO control :<br>- RS : 9<br>- RW : 10<br>- EN : 11<br>GPIO data D[7:4]port : A<br>GPIO data :<br>- D4 : 12<br>- D5 : 13<br>- D6 : 14<br>- D7 : 15 |
| amg CLCD Write Line   | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Display | Module : 1<br>Interface : 4-bits<br>String buffer : Line1<br>Sample time(sec) : 0.05                                                                                                                                                                                           |
| Volatile Data Storage | Waijung Blockset -> Hardware Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG CLCD Display Setup FIOMOTE-ST<br>-> LCD Setup   | Storage Type : string<br>Storage Name : Line1<br>Size (bytes) : 64<br>Sample time (sec) : -1                                                                                                                                                                                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 10.2 (ต่อ)** แสดงตำแหน่งที่มาและการตั้งค่าของ block

| ชื่อ Simulink Model         | ที่อยู่ใน Simulink Library                                                                                                         | ค่าที่ทำการกำหนด                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constant                    | Simulink -> Commonly Used Blocks                                                                                                   | Block : 0 -><br>Constant value : 1<br>Output data type :<br>"Uin8"<br>Block : 1 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uin8"<br>Block : 2 -><br>Constant value : 0<br>Output data type :<br>"Uin8" |
| ADC                         | Waijung Blockset -> nRF51<br>Target -> On-chip Peripherals -><br>ADC                                                               | Output Data Type :<br>"Double"<br>Analog input<br>prescaling:<br>"1/3"<br>Analog reference :<br>"VBG"<br>Read AN2 (P0.01)                                                                                      |
| String Buffer<br>Processing | Waijung Blockset -> Hardware<br>Modules -> Device Configuration<br>-> Character LCD -> Simple aMG<br>CLCD Display Setup FIOMOTE-ST | Function : sprint<br>String buffer : Line1<br>Printf format :<br>' Read ADC = %f '                                                                                                                             |
| Gain                        | Simulink -> Commonly Used<br>Blocks                                                                                                | Gain : $3 \cdot 1.2 / 1023$<br>Multiplication :<br>"Element-wise(K.*u)"                                                                                                                                        |

3.3) เมื่อสร้างโปรแกรมและตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว กดไอคอน Update Diagram หรือ Ctrl+D อย่างน้อยสองครั้ง จากนั้น block ใน Simulink Model จะเปลี่ยนสี โดยแสดงถึงการทำงานที่มี Sample Time ต่างๆกัน

3.4) จากนั้นกดไอคอน Incremental build หรือ Ctrl+B เพื่อ Build Model ลง FIO Glide

3.5) นำมัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าที่ขา P0.01 เทียบกับGND และสังเกตการณ์

แรงดันไฟฟ้าที่แสดงผลที่จอ LCD และบันทึกผลลงตารางที่ 10.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 10.3 บันทึกผลการทดลอง

| ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า | ค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงบน LCD | ค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงบนมัลติมิเตอร์ |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1.5V               |                             |                                     |
| 3V                 |                             |                                     |
| 4.5V               |                             |                                     |
| 6V                 |                             |                                     |
| 7.5V               |                             |                                     |
| 9V                 |                             |                                     |
| 12V                |                             |                                     |

3.6) แก้ไข Gain Block ให้จอ LCD แสดงผลการวัดแรงดันไฟฟ้าให้ใกล้เคียงกับมัลติมิเตอร์โดยเขียนสมการที่ใช้ลงในตารางที่ 10.4 และบันทึกผลลงตารางที่ 10.5

### ตารางที่ 10.4 บันทึกการตั้งค่า Gain Block

| ชื่อ Simulink Model | ที่อยู่ใน Simulink Library       | ค่าที่ทำการกำหนด                                            |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Gain                | Simulink -> Commonly Used Blocks | Gain :<br>.....<br>Multiplication :<br>“Element-wise(K.*u)” |

### ตารางที่ 10.5 บันทึกผลการทำงาน

| ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า | ค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงบน LCD | ค่าแรงดันไฟฟ้าที่แสดงบนมัลติมิเตอร์ |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1.5V               |                             |                                     |
| 3V                 |                             |                                     |
| 4.5V               |                             |                                     |
| 6V                 |                             |                                     |
| 7.5V               |                             |                                     |
| 9V                 |                             |                                     |
| 12V                |                             |                                     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ให้ผู้เข้าอบรมสร้างโวลต์มิเตอร์ที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 30 V โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1) คำนวณวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า หาค่า R2 โดยกำหนดค่าดังนี้  $V_{in} = 30V$  ,  $V_{out} = 3V$  ,  $R_1 = 10k\Omega$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2) เขียนสมการใน Gain Block

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1) อธิบายการทำงานของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

.....

.....

.....

2) อธิบายขั้นตอนการใช้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าที่วงจรแบ่งแรงดัน

.....

.....

.....

## ประวัติผู้เขียน

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล         | นายสุวิทย์ อัฐกุลชัย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| วัน เดือน ปี เกิด | 8 ธันวาคม 2532                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| สถานที่เกิด       | จังหวัดชลบุรี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ที่อยู่ปัจจุบัน   | บ้านเลขที่ 41 ม.10 ต.นาวังหิน อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี 20240                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ประวัติการศึกษา   | ปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค)<br>ปีการศึกษา 2554 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ประวัติการทำงาน   | ปัจจุบัน ครูประจำแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) อ.พานทอง จ.ชลบุรี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้