ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

โดย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)

..... กรรมการภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัติ อัศวานุวัตร)

ชื่อ : นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ
ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และ 2) เพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ การวิจัยได้จัดทำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 1 ชุด ใบงานการทดลอง จำนวน 18 ใบงาน และไฟล์นำเสนอตามใบงานการทดลอง จำนวน 18 ไฟล์ โดยการวิจัยครั้งนี้ได้ความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านวิชาการศึกษาและไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 9 ท่าน ทำการประเมินประสิทธิภาพของชุดทดลองและเอกสารประกอบการทดลอง

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน โดยประเมินชุดทดลองจาก 2 ด้าน ผลปรากฏว่าด้านชุดทดลอง ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.65) และด้านเอกสารประกอบการทดลอง ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกันกัน ($\bar{X}$=4.68) จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพนี้ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

(มีจำนวนทั้งสิ้น 95 หน้า)

คำสำคัญ : ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ มัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Somkait Wongkhan
Independent Study Title : An Experimental Package of Multi-platform Microcontroller for Vocational Certificate Students
Major Field : Electrical Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Independent Study Advisor : Associate Professor Dr. Meechai Lohakan
Academic Year : 2024

ABSTRACT

This independent study aims to 1) develop an experimental package of multi-platform microcontroller for vocational certificate students and 2) evaluate the quality of an experimental package of multi-platform microcontroller for vocational certificate students. The study produced one experimental package of multi-platform microcontroller for vocational certificate students, 18 experiment worksheets comprising 276 pages, and 18 presentation files corresponding to the worksheets. The research received support from nine experts with academic and technical expertise in microcontrollers, who assessed the efficiency of the experiment kit and its accompanying documents.

The evaluation results from the nine experts assessed two main aspects of the experiment kit. The overall assessment of an experimental package was rated at the highest level ($\bar{X}$=4.65), while the overall assessment of the accompanying documents was also rated at the highest level ($\bar{X}$=4.68). Therefore, it can be concluded that an experimental package of multi-platform microcontroller for vocational certificate students is suitable for use in instructional management.

(Total 95 Pages)

Keywords: An Experimental Package of Multi-platform Microcontroller for Vocational Certificate Students

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากรองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ความกรุณาเสียสละเวลาคอยให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ข้อคิด ตลอดจนช่วยปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ท่านผู้เชี่ยวชาญ คณะครูสาขาวิชาอิเล็กทรอน์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม ทุกท่านที่ให้ความกรุณาตรวจสอบ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการสร้างชุดทดลองฯ รวมทั้ง สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 ที่ให้การสนับสนุนระหว่างการศึกษาครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจเป็นอย่างดี ในการทำการค้นคว้าอิสระ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำการค้นคว้าอิสระสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

สมเกียรติ วงษ์ขันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา 20105-2005 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 4
2.2 แนวคิดการพัฒนาชุดทดลองสำหรับการศึกษา 7
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้ในการศึกษา 8
2.4 อุปกรณ์ที่ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 10
2.5 แอปพลิเคชัน Blynk IoT 17
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินวิจัย 21
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 23
3.2 ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ และใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 24
3.3 การสร้างเอกสารประกอบการทดลอง 25
3.4 สร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 25
3.5 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิต....47
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน....49
4.1 ผลการดำเนินการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ....49
4.2 การประเมินประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ....61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....67
5.1 สรุปผลการวิจัย....67
5.2 อภิปรายผล....67
5.3 ข้อเสนอแนะ....68
5.4 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนาครั้งต่อไป....69
บรรณานุกรม....70
ภาคผนวก....72
ประวัติผู้เขียน....96

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1 ตำแหน่งและรายละเอียดอุปกรณ์บนชุดทดลอง 52
ตารางที่ 4-2 สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านชุดทดลอง ที่มีต่อชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ..... 63
ตารางที่ 4-3 สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านเอกสารประกอบการทดลอง ที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.65
ตารางที่ 4-3 (ต่อ)..... 66

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano 10
ภาพที่ 2-2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 10
ภาพที่ 2-3 LED ขนาด 3mm 11
ภาพที่ 2-4 เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC 10k 12
ภาพที่ 2-5 DHT22 12
ภาพที่ 2-6 อัลตร้าโซนิค 13
ภาพที่ 2-7 มอเตอร์ไฟตรงพร้อมชุดเฟือง 14
ภาพที่ 2-8 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 14
ภาพที่ 2-9 เซอร์โวมอเตอร์ 15
ภาพที่ 2-10 จอ LCD แบบ I^2C 16
ภาพที่ 2-11 จอ OLED 17
ภาพที่ 2-12 หน้าต่าง Blynk IoT 19
ภาพที่ 3-1 แผนผังขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 21
ภาพที่ 3-2 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 1 26
ภาพที่ 3-3 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 2 27
ภาพที่ 3-4 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 3 27
ภาพที่ 3-5 การออกแบบ Schematic ชุดแปลงแรงดันไฟ 3 ระดับ 28
ภาพที่ 3-6 การออกแบบ Schematic จุดเชื่อมต่อ แรงดันไฟ 3 ระดับ 29
ภาพที่ 3-7 การออกแบบ Schematic ไดโอดเปล่งแสง (LED) 29
ภาพที่ 3-8 การออกแบบ Schematic สวิตช์อินพุต (Switch Input) 30
ภาพที่ 3-9 การออกแบบ Schematic ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) 31
ภาพที่ 3-10 การออกแบบ Schematic เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC 32
ภาพที่ 3-11 การออกแบบ Schematic โมดูลอุณหภูมิและความชื้น DHT22 32
ภาพที่ 3-12 การออกแบบ Schematic โมดูลอัลตร้าโซนิค 33
ภาพที่ 3-13 การออกแบบ Schematic ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) และไอซีขับมอเตอร์ 34
ภาพที่ 3-14 การออกแบบ Schematic สเต็ปเปอร์มอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์ 34
ภาพที่ 3-15 การออกแบบ Schematic เซอร์โวมอเตอร์ 35
ภาพที่ 3-16 การออกแบบ Schematic จอ LCD แบบ I^2C 35

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-17 การออกแบบ Schematic จอ OLED แบบ I^2C 36
ภาพที่ 3-18 การออกแบบ Schematic รีเลย์ 5V 37
ภาพที่ 3-19 การออกแบบ Schematic LDR (ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง) 37
ภาพที่ 3-20 การออกแบบ Schematic RGB LED (หลอดแสดงผล 3 สี) 38
ภาพที่ 3-21 การออกแบบ Schematic BUZZER 38
ภาพที่ 3-22 วงจร Schematic Diagram ของชุดทดลอง 39
ภาพที่ 3-23 การออกแบบด้าน Top Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 40
ภาพที่ 3-24 การออกแบบด้าน Bottom Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 40
ภาพที่ 3-25 การออกแบบด้าน TopSilk Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 41
ภาพที่ 3-26 การออกแบบด้าน BottomSilk Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 41
ภาพที่ 3-27 การออกแบบด้าน BoardOut Line วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 42
ภาพที่ 3-28 การออกแบบด้าน Multi-Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 42
ภาพที่ 3-29 การออกแบบด้าน Hole วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 43
ภาพที่ 3-30 การออกแบบชุดวางบอร์ดลงกล่องใส่อุปกรณ์อลูมิเนียม 43
ภาพที่ 3-31 การออกแบบสัญลักษณ์บนกล่อง 44
ภาพที่ 3-32 แบบประเมินคุณภาพ 45
ภาพที่ 3-32 (ต่อ) 46
ภาพที่ 3-32 (ต่อ) 47
ภาพที่ 4-1 การทดสอบวาง และบัดกรีอุปกรณ์ ลงบนแผ่นปริ้นเอนกประสงค์ 50
ภาพที่ 4-2 ทดสอบเขียนโปรแกรมตามแต่ล่ะใบงาน 50
ภาพที่ 4-3 ด้าน Top Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 51
ภาพที่ 4-4 ด้าน Bottom Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง 51
ภาพที่ 4-5 รายละเอียดต่างๆ บนชุดทดลอง 52
ภาพที่ 4-6 ด้านหน้าของชุดทดลองขณะปิดกล่องขนาดสูง 12 cm. และ ยาว 33 cm. 54
ภาพที่ 4-7 ด้านข้างของชุดทดลองขณะปิดกล่องขนาดสูง 12 cm. และ ยาว 24 cm. 54
ภาพที่ 4-8 ด้านบนของชุดทดลองขณะปิดกล่องขนาด กว้าง 24 cm., ยาว 33 cm. และสูง 12 cm. 54

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-9 ตำแหน่งสำหรับเก็บอุปกรณ์เพิ่มเติม ขนาด กว้าง 6 cm., ยาว 31.5 cm. และสูง 7 cm. 55
ภาพที่ 4-10 ด้านหน้าของชุดทดลองขณะเปิดกล่อง 55
ภาพที่ 4-11 ด้านขวาของชุดทดลองขณะเปิดกล่อง 55
ภาพที่ 4-12 ด้านซ้ายของชุดทดลองขณะเปิดกล่อง 56
ภาพที่ 4-13 ใบงานทดลอง 61

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมทุกภาคส่วน การเรียนรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นหนึ่งในทักษะพื้นฐานที่สำคัญสำหรับบุคลากรในสายงานวิชาชีพอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกลุ่มอาชีพพลังงานไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลายในงานควบคุมกระบวนการผลิต ระบบอัตโนมัติ และ Internet of Things (IoT) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการแรงงานที่มีทักษะทางด้านนี้

การเรียนการสอนในสถานศึกษาอาชีวะในปัจจุบัน มักประสบปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์การเรียนการสอนที่ไม่ครบครัน หรือไม่สามารถรองรับการเรียนรู้หลายแพลตฟอร์มได้ เช่น การเรียนรู้ผ่าน Arduino, ESP32, ESP8266 ฯลฯ ซึ่งล้วนมีข้อดีและความเหมาะสมในงานที่แตกต่างกัน นอกจากนี้สื่อการเรียนการสอน เช่น ใบงาน และไฟล์นำเสนอ ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ นักเรียน นักศึกษาเข้าใจและประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อยกระดับการเรียนรู้ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 20105-2005 วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) ผู้วิจัยได้ออกแบบมาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถปฏิบัติงานเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม การประกอบและทดสอบวงจร รวมถึงการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้สอดคล้องกับมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1

ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงได้มีแนวคิดที่จะจัดทำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ในรายวิชา 20105-2005 ไมโครคอนโทรลเลอร์ รองรับการพัฒนาทักษะพื้นฐานในการช่วยพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนด้านไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับนักศึกษาอาชีวะให้ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้าง ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้แก่ Arduino Nano, ESP32, ESP8266 อุปกรณ์อินพุต ได้แก่ สวิตช์อินพุต (4 ตัว), เทอร์มิสเตอร์ NTC 10k, ตัวต้านทานปรับค่าได้ 100k (3 ตัว), LDR (ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง), โมดูลอัลตราโซนิค HC-SR04, โมดูลอุณหภูมิและความชื้น DHT22 และอุปกรณ์เอาต์พุต ได้แก่ LED แสดงผล (8 หลอด), RGB LED, เซอร์โวมอเตอร์ MG90S, ดีซีมอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์ TB6612FNG, สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 28BYJ-48และไอซีขับ ULN2003, รีเลย์ 5V
(3 ช่อง), บัซเซอร์, จอ LCD แบบ I^2C, จอ OLED แบบ I^2C

1.3.2 เอกสารสำหรับการปฏิบัติงาน 18 ใบงาน

1.3.2.1 ใบงานที่ 1 เรื่อง การติดตั้งซอฟแวร์ Arduion IDE

1.3.2.2 ใบงานที่ 2 เรื่อง การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม

1.3.2.3 ใบงานที่ 3 เรื่อง การใช้งาน Digital pins output

1.3.2.4 ใบงานที่ 4 เรื่อง การใช้งาน Digital pins input

1.3.2.5 ใบงานที่ 5 เรื่อง การใช้งาน Analog input, output

1.3.2.6 ใบงานที่ 6 เรื่อง การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC

1.3.2.7 ใบงานที่ 7 เรื่อง การวัดอุณหภูมิและความชื่นด้วยโมดูล DHT22

1.3.2.8 ใบงานที่ 8 เรื่อง การวัดระยะด้วยโมดูลอัลตร้าโซนิค

1.3.2.9 ใบงานที่ 9 เรื่อง การควบคุมดีซีมอเตอร์

1.3.2.10 ใบงานที่ 10 เรื่อง การควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

1.3.2.11 ใบงานที่ 11 เรื่อง ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

1.3.2.12 ใบงานที่ 12 เรื่อง การใช้งานอินเตอร์รัพท์

1.3.2.13 ใบงานที่ 13 เรื่อง การแสดงผลด้วยจอ LCD ที่เชื่อมตอแบบ I^2C

1.3.2.14 ใบงานที่ 14 เรื่อง แสดงผลด้วยจอ OLED

1.3.2.15 ใบงานที่ 15 เรื่อง การส่งข่องมูลแบบอนุกรม (SerialPort)

1.3.2.16 ใบงานที่ 16 เรื่อง การเขียนโปรแกรมใช้งานไทม์เมอร์

1.3.2.17 ใบงานที่ 17 เรื่อง การใช้งานกับ IoT เบื้องต้น

1.3.2.18 ใบงานที่ 18 เรื่อง การใช้งาน IoT เบื้องต้น ควบคุมรีเลย์

1.3.3 ไฟล์นำเสนอ

1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย

ได้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ใช้ประกอบการเรียนการสอน ในรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20105 - 2015 นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเป็นแนวทางการทำวิจัยชุดทดลองที่มีลักษณะคล้ายกัน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้ ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการ ดังนี้

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา 20105-2005 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 แนวคิดการพัฒนาชุดทดลองสำหรับการศึกษา

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้ในการศึกษา

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.5 แอปพลิเคชัน Blynk IoT

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา 20105-2005 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมทุกภาคส่วน การเรียนรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นหนึ่งในทักษะพื้นฐานที่สำคัญสำหรับบุคลากรในสายงานวิชาชีพอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลายในงานควบคุมกระบวนการผลิต ระบบอัตโนมัติ และ Internet of Things (IoT) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการแรงงานที่มีทักษะทางด้านนี้

2.1.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

1. เป็นหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหลังจากจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่า ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาด้านวิชาชีพและยกระดับการศึกษาวิชาชีพของบุคคลให้สูงขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ เป็นไปตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ กรอบคุณวุฒิอ้างอิงอาเซียน หรือกรอบคุณวุฒิอื่นในระดับสากล มาตรฐานการศึกษาของชาติและกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติโดยเน้นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ เพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับฝีมือ รวมทั้งคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยที่เหมาะสมในการ

ทำงานให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และการพัฒนาประเทศ รวมทั้งประกอบอาชีพอิสระได้

2. เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกเรียนได้หลายรูปแบบตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน เน้นสนสมรรถนะเฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถยกเว้นการเรียนรายวิชา โดยการโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน การเทียบโอนความรู้และประสบการณ์ การเทียบโอนผลลัพธ์การเรียนรู้ การเทียบโอนประสบการณ์ของบุคคล การเทียบโอนสมรรถนะบุคคลตามมาตรฐานอาชีพ กรอบคุณวุฒิแห่งชาติและกรอบคุณวุฒิอ้างอิงอาเซียน มาตรฐานอาชีพระดับสากลเข้าสู่หน่วยกิต ตามหลักสูตร ตามหลักเกณฑ์แนวปฏิบัติและวิธีการที่คณะกรรมการการอาชีวศึกษากำหนด

3. เป็นหลักสูตรที่ส่งเสริมและสนับสนุนความร่วมมือในการจัดการศึกษาและพัฒนาวิชาชีพร่วมกันระหว่างสถาบันการอาชีวศึกษาและสถานศึกษากับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน องค์กรวิชาชีพ ทั้งในและต่างประเทศ

4. เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถาบันการอาชีวศึกษาและสถานศึกษา สถานประกอบการ ชุมชนและท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการในการทำงานและการประกอบอาชีพ โดยยึดโยงกับมาตรฐานอาชีพ และสอดคล้องกับบริบทเชิงพื้นที่ ประเทศ และสังคมโลก เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขัน

2.1.2 จุดหมายของหลักสูตร

1. เพื่อให้มีพฤติกรรมหรือการกระทำระดับบุคคลที่สะท้อนบุคลิกภาพ ลักษณะนิสัย ค่านิยม จรรยาบรรณ วิชาชีพ เจตคติและกิจนิสัยที่ดี ภูมิใจและรักษาเอกลักษณ์ของชาติไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น เคารพกฎหมาย เคารพสิทธิของผู้อื่น มีความรับผิดชอบตามบทบาทหน้าที่ของตนเองตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข ปฏิบัติตนตามแบบแผน หรือข้อบังคับที่สอดคล้องกับมาตรฐานในการปฏิบัติที่ดีของคนในสังคม มีจิตสาธารณะและมีจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม ดำรงชีวิตตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยพัฒนาผ่านการเรียนรู้ และการฝึกประสบการณ์

2. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง หลักการ ทฤษฎี และแนวปฏิบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาที่เรียน หรือทำงาน โดยเน้นความรู้เชิงทฤษฎีและหรือข้อเท็จจริง ซึ่งเป็นหลักการทั่วไปของงานอาชีพ

3. เพื่อให้มีทักษะการเลือกและประยุกต์ใช้วิธีการ เครื่องมือและวัสดุขั้นพื้นฐานในการปฏิบัติงาน ทักษะการสื่อสารและเทคโนโลยีดิจิทัล ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา และทักษะด้านสุขภาวะและความปลอดภัย รวมทั้งมีเจตคติที่ดีต่องาน

อาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพ รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดีบนพื้นฐานการเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเองและผู้อื่น

4. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานตามแบบแผน ปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ซับซ้อน ให้คำแนะนำพื้นฐานที่ต้องใช้การตัดสินใจ วางแผนและแก้ไขปัญหาโดยไม่อยู่ภายใต้การควบคุมในบางเรื่อง ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาการปฏิบัติงานในบริบทใหม่ รวมทั้งรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น

5. เพื่อให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมือง สิ่งแวดล้อม มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ธำรงรักษาไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข ให้ประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน

2.1.3 รายวิชา 20105-2005 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Microcontroller 1-4-3

1. อ้างอิงมาตรฐาน

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ รหัสหลักสูตร 0920084190205 การประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ 1

2. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

เขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบและทดสอบวงจรต่าง ๆ ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

3. จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1) รู้และเข้าใจโครงสร้าง หลักการทำงาน ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

2) มีทักษะการใช้ชุดคำสั่ง และการเขียนโปรแกรมควบคุมคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

3) มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีกิจนิสัยในการค้นคว้าเพิ่มเติม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และรักษาสภาพแวดล้อม ความถูกต้องและปลอดภัย

4) สามารถประกอบและทดสอบวงจรที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

4. สมรรถนะรายวิชา

1) แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

2) เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

3) ประกอบและทดสอบวงจรที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

4) ประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

5. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครสร้าง หน้าที่ในส่วนประกอบต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์อุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุตต่าง ๆ และวงจรแสดงผล ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรม ประกอบ ทดสอบการทำงานของวงจรที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 แนวคิดการพัฒนาชุดทดลองสำหรับการศึกษา

การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเรียนรู้จากการปฏิบัติหรือการทดลองจริงเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาทักษะและความเข้าใจอย่างลึกซึ้งสำหรับผู้เรียน ชุดทดลองจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบบูรณาการระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

2.2.1 ความหมายและความสำคัญของชุดทดลอง

ชุดทดลอง หมายถึง อุปกรณ์หรือชุดของอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการทดลองหรือการฝึกปฏิบัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง สามารถสังเกต ทดลอง และสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง (สมนึก ภัททิยธนี, 2560)

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2561) กล่าวว่า ชุดทดลองเป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาวิชาด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี

ชุดทดลองมีความสำคัญต่อการศึกษาในหลายด้าน ดังนี้

- ช่วยเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง
- ส่งเสริมการเรียนรู้แบบ Active Learning
- พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา
- เสริมสร้างความมั่นใจและความชำนาญในการปฏิบัติงาน
- กระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้

2.2.2 หลักการออกแบบชุดทดลองสำหรับการศึกษา

การออกแบบชุดทดลองที่มีประสิทธิภาพสำหรับการศึกษาจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการสำคัญหลายประการ ทั้งในด้านการออกแบบทางวิศวกรรม การออกแบบเพื่อการเรียนรู้ และการคำนึงถึงผู้ใช้งาน

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2562) ได้เสนอหลักการออกแบบชุดทดลองทางการศึกษา ดังนี้

1. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้: ชุดทดลองต้องออกแบบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

2. ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน: ชุดทดลองควรมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และทักษะของผู้เรียน ไม่ซับซ้อนเกินไปหรือง่ายเกินไป

3. ความปลอดภัย: ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ มีการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน

4. ความทนทานและความคงทน: ชุดทดลองควรผลิตจากวัสดุที่มีคุณภาพ ทนทานต่อการใช้งาน และสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง

5. ความยืดหยุ่นและการขยายขอบเขตการใช้งาน: ชุดทดลองที่ดีควรสามารถปรับเปลี่ยนหรือขยายขอบเขตการใช้งานได้ เพื่อรองรับการเรียนรู้ที่หลากหลาย

6. ความคุ้มค่าและประสิทธิภาพ: ชุดทดลองควรมีความคุ้มค่าในการลงทุน สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม: ชุดทดลองควรออกแบบให้สามารถบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย

นอกจากนี้ ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2563) ยังได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบชุดทดลองสำหรับการศึกษาในยุคดิจิทัล โดยเน้นการบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ากับชุดทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ดังนี้

1. การเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีดิจิทัล: ชุดทดลองควรสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ดิจิทัลหรือแอปพลิเคชันต่างๆ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

2. การออกแบบตามแนวคิด STEM Education: ชุดทดลองควรส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

3. การสนับสนุนการเรียนรู้แบบ Problem-Based Learning: ชุดทดลองควรออกแบบให้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์จำลองที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง

4. ความเป็นมัลติแพลตฟอร์ม: ชุดทดลองควรสามารถทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการหรือแพลตฟอร์มที่หลากหลาย เพื่อความยืดหยุ่นในการใช้งาน

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้ในการศึกษา

2.3.1 ความหมายและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รวมหน่วยประมวลผล-กลาง (CPU) หน่วยความจำ และอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตไว้ในตัวถังเดียวกัน ซึ่งสามารถโปรแกรมให้ทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ (สมศักดิ์ อรรคทิมากูล, 2565) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ถูก

ออกแบบให้ทำงานเฉพาะด้าน มีหน่วยความจำจำกัด แต่ประหยัดพลังงานและมีราคาถูกกว่าไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
- หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เช่น ROM, EPROM, Flash Memory
- หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เช่น RAM
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O Ports)
- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock Circuit)
- ระบบบัส (Bus System)
- อุปกรณ์ต่อพ่วงภายใน เช่น ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC), ตัวควบคุมการสื่อสารอนุกรม (UART)

2.3.2 ความสำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอุตสาหกรรมและการศึกษา

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ ตั้งแต่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กไปจนถึงระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม นวัตพล ศรีสวัสดิ์ (2564) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับนักศึกษาอาชีวะในการพัฒนาทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุม ซึ่งเป็นที่ต้องการในตลาดแรงงานยุคอุตสาหกรรม 4.0

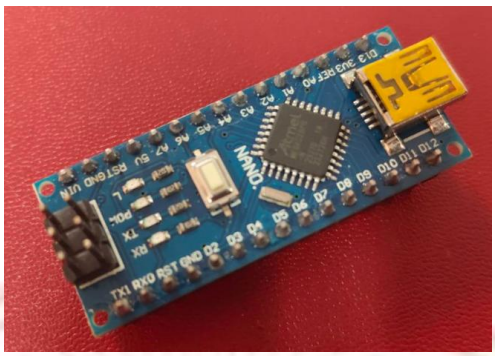
จากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (2565) พบว่า การพัฒนาทักษะด้านไมโครคอนโทรลเลอร์และระบบฝังตัวเป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาอาชีวะในประเทศไทย เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่กำลังเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล

2.3.3 แพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้ในการศึกษา

2.3.3.1 Arduino

Arduino เป็นแพลตฟอร์มไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สที่ได้รับความนิยมอย่างมากในวงการการศึกษา ด้วยการออกแบบที่เรียบง่าย ภาษาโปรแกรมที่เข้าใจง่าย และมีชุมชนผู้ใช้ขนาดใหญ่ (Banzi & Shiloh, 2022) บอร์ด Arduino มีหลายรุ่น เช่น Arduino UNO, Arduino Mega, Arduino Nano โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของ Atmel เป็นหลัก

วิโรจน์ พานิชกุล (2566) ศึกษาผลการใช้ Arduino ในการเรียนการสอนนักศึกษาอาชีวะสาขาอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า นักศึกษามีความเข้าใจในหลักการทำงานของระบบควบคุมมากขึ้น และสามารถสร้างโครงงานที่ซับซ้อนได้หลังจากผ่านการเรียนรู้พื้นฐาน



ภาพที่ 2-1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano

2.3.3.2 ESP32/ESP8266 และการประยุกต์ใช้กับ IoT

ESP32 และ ESP8266 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาโดยบริษัท Espressif Systems มีความโดดเด่นที่การรองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth (สำหรับ ESP32) ทำให้เหมาะกับการพัฒนาโครงงานที่เกี่ยวข้องกับอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) (Kolban, 2023)

จากการศึกษาของมิตรชัย สมส่งกุล (2564) พบว่า การนำ ESP32 มาใช้ในการเรียนการสอนช่วยให้นักศึกษาเข้าใจเทคโนโลยี IoT ได้อย่างเป็นรูปธรรม และสามารถพัฒนาโครงงานที่ตอบสนองต่อความต้องการในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ได้

ภาพที่ 2-2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์

การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้งานร่วมกับมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งแต่ละอุปกรณ์มีหลักการทำงานและการเชื่อมต่อที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.4.1 อุปกรณ์แสดงผลและตรวจจับพื้นฐาน

2.4.1.1 LED (Light Emitting Diode)

LED เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเปล่งแสงได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (วิชัย มงคลสินธุ์, 2564) โดยมีคุณสมบัติสำคัญคือ กินไฟน้อย อายุการใช้งานยาวนาน และามารถเปล่งแสงได้หลากหลายสี LED เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่มักใช้ในการทดลองเบื้องต้นเกี่ยวกับมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การควบคุมการเปิด-ปิด หรือการปรับความสว่างด้วยเทคนิค PWM (Pulse Width Modulation)

การเชื่อมต่อ LED กับไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องใช้ตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED เพื่อป้องกันความเสียหาย โดยค่าของตัวต้านทานจะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย และคุณสมบัติของ LED แต่ละประเภท (Ibrahim, 2022)

ภาพที่ 2-3 LED ขนาด 3mm

2.4.1.2 เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC (Negative Temperature Coefficient)

เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC เป็นอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิที่มีค่าความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (อภิชาติ ศรีสวัสดิ์, 2563) หลักการทำงานอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามอุณหภูมิ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นผ่านวงจรแบ่งแรงดันและนำไปคำนวณเป็นค่าอุณหภูมิตามสมการความสัมพันธ์ของ Steinhart-Hart

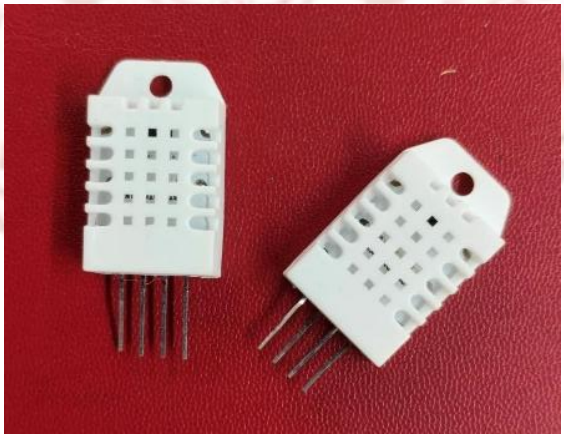
การประยุกต์ใช้เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC ในชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการทำงานของเซนเซอร์อนาล็อก และการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) รวมถึงการคำนวณและแปลงค่าสัญญาณเป็นข้อมูลที่มีความหมาย (Chang, 2023)

ภาพที่ 2-4 เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC 10k

2.4.1.3 DHT22 (Digital Humidity and Temperature Sensor)

DHT22 เป็นเซนเซอร์ดิจิทัลที่สามารถวัดทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้ในเวลาเดียวกัน (ประจักษ์ จิตรัตน์, 2565) มีความแม่นยำสูงกว่า DHT11 โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40°C ถึง 80°C (±0.5°C) และวัดความชื้นได้ในช่วง 0-100% RH (±2-5% RH)

การเชื่อมต่อ DHT22 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้โปรโตคอลการสื่อสารแบบเฉพาะ (Single-wire digital interface) ซึ่งต้องใช้ไลบรารีเฉพาะในการอ่านค่า การใช้งาน DHT22 ในชุดทดลองช่วยให้นักศึกษาเข้าใจการทำงานของเซนเซอร์ดิจิทัล และการประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Monk, 2022)



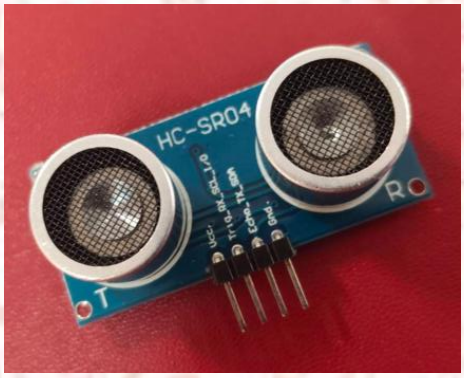
ภาพที่ 2-5 DHT22

2.4.1.4 อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic Sensor)

เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค เช่น HC-SR04 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดระยะทางโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (อนุรักษ์ ไชยสาร, 2564) หลักการทำงานคือการส่งคลื่นเสียงความถี่สูงออกไป และคำนวณระยะทางจากเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางกลับมาหลังจากกระทบวัตถุ

การเชื่อมต่อเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคกับไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยขาสัญญาณ 2 ขา คือ Trigger (ส่งคลื่นเสียง) และ Echo (รับคลื่นเสียง) โดยการคำนวณระยะทางจะใช้สูตร ระยะทาง = (เวลา × ความเร็วเสียงในอากาศ) / 2

การใช้งานเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคในชุดทดลองช่วยให้นักศึกษาเข้าใจการทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้เวลาในการวัด และการประยุกต์ใช้ในระบบหุ่นยนต์หรือระบบควบคุมอัตโนมัติ (Karvinen et al., 2023)



ภาพที่ 2-6 อัลตร้าโซนิค

2.4.2 อุปกรณ์ขับเคลื่อนและควบคุม

2.4.2.1 ดีซีมอเตอร์ (DC Motor)

ดีซีมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการของแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า (สมชาย เบียนสูงเนิน, 2564) การควบคุมดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์มักต้องใช้วงจรขับ (Driver) เช่น L298N หรือ TB6612FNG เนื่องจากมอเตอร์ต้องการกระแสไฟฟ้าที่สูงกว่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจ่ายได้โดยตรง

การควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ทำได้โดยใช้เทคนิค PWM (Pulse Width Modulation) และการควบคุมทิศทางการหมุนทำได้โดยการสลับขั้วไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ การใช้งานดีซีมอเตอร์ในชุดทดลองช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการควบคุมอุปกรณ์ที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูง และการประยุกต์ใช้ในระบบเคลื่อนที่ (Platt, 2022)

ภาพที่ 2-7 มอเตอร์ไฟตรงพร้อมชุดเฟือง

ที่มา : https://inex.co.th/home/product/51-micro-metal-gearmotor-hp-6v/

2.4.2.2 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor)

สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการหมุนเป็นขั้น (Step) ได้อย่างแม่นยำ (วิริยะ เกตุตรีกรณ์, 2565) ทำให้สามารถควบคุมตำแหน่งและความเร็วได้อย่างละเอียด หลักการทำงานอาศัยการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดภายในมอเตอร์ตามลำดับที่กำหนด เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่ทำให้โรเตอร์หมุนทีละขั้น

การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์มักต้องใช้ไดรเวอร์เฉพาะ เช่น A4988 หรือ DRV8825 เนื่องจากต้องการกระแสไฟฟ้าสูงและการควบคุมที่ซับซ้อน การใช้งานสเต็ปเปอร์มอเตอร์ในชุดทดลองช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการควบคุมตำแหน่งและการเคลื่อนที่แบบแม่นยำ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เครื่อง CNC และหุ่นยนต์ (Cook, 2023)

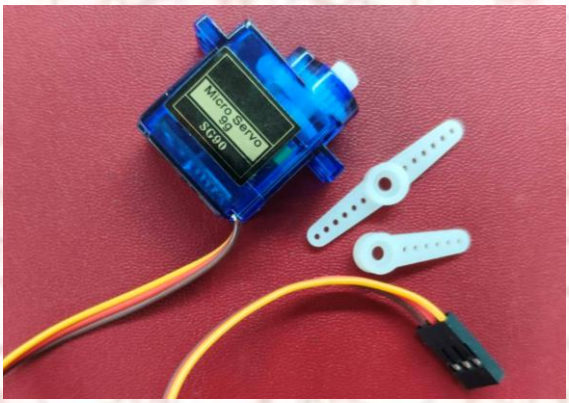
ภาพที่ 2-8 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

ที่มา : https://bit.ly/4hoXheh

2.4.2.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมตำแหน่งการหมุนได้อย่างแม่นยำ โดยมีวงจรควบคุมและเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งในตัว (พิเชษฐ์ ศรีสังข์, 2565) เซอร์โวมอเตอร์มีทั้งแบบหมุนไม่เกิน 180 องศา และแบบหมุนต่อเนื่อง (Continuous) โดยใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมตำแหน่ง

การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้โดยตรงผ่านขาสัญญาณดิจิทัลที่สามารถสร้างสัญญาณ PWM ได้ การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ในชุดทดลองช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการควบคุมตำแหน่งและการประยุกต์ใช้ในระบบหุ่นยนต์ ระบบควบคุมอัตโนมัติ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ (Fitzpatrick, 2022)



ภาพที่ 2-9 เซอร์โวมอเตอร์

2.4.3 อุปกรณ์แสดงผลและการสื่อสาร

2.4.3.1 จอ LCD แบบเชื่อมต่อ I^2C (I^2C LCD Display)

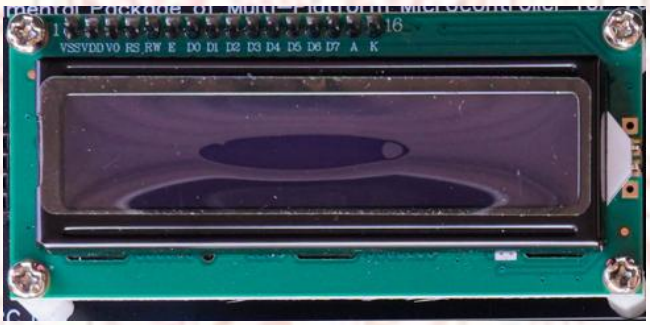
จอแสดงผล LCD (Liquid Crystal Display) ที่เชื่อมต่อด้วยโปรโตคอล I^2C เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่นิยมใช้ในโครงงานไมโครคอนโทรลเลอร์ (รัฐพล จินะวงศ์, 2564) จอ LCD ที่นิยมใช้มักมีขนาด 16x2 หรือ 20x4 ตัวอักษร โดยสามารถแสดงตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์พิเศษได้

การเชื่อมต่อจอ LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบดั้งเดิมต้องใช้สายสัญญาณหลายเส้น (มากกว่า 6 เส้น) แต่เมื่อเพิ่มโมดูล I^2C (Inter-Integrated Circuit) เข้าไปจะช่วยลดจำนวนขาสัญญาณเหลือเพียง 4 เส้น ได้แก่ VCC, GND, SDA (Serial Data) และ SCL (Serial Clock) (วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์, 2565)

การสื่อสารแบบ I^2C มีข้อดีคือ ลดจำนวนขาสัญญาณที่ต้องใช้ ทำให้การเดินสายและการออกแบบวงจรง่ายขึ้น สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หลายอย่างบนบัส I^2C เดียวกันได้ โดยแต่ละอุปกรณ์จะมีแอดเดรสเฉพาะ รองรับการสื่อสารแบบสองทิศทาง (Two-way communication)

จากการวิจัยของธงชัย มณีชูเกตุ (2566) พบว่า การใช้จอ LCD แบบ I^2C ในชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการสื่อสารแบบ I^2C และทำให้การสร้างโครงงานที่ต้องแสดงผลข้อมูลมีความสะดวกมากขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่มีข้อจำกัดด้านจำนวนพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์

การเขียนโปรแกรมควบคุมจอ LCD แบบ I^2C จำเป็นต้องใช้ไลบรารีเฉพาะ เช่น LiquidCrystal_I2C สำหรับ Arduino, adafruit_character_lcd.i2c_lcd สำหรับ MicroPython บน ESP32 และ Raspberry Pi Pico ซึ่งมีฟังก์ชันพื้นฐานเหมือนกันแม้จะใช้กับแพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน (Singh, 2023)



ภาพที่ 2-10 จอ LCD แบบ I^2C

2.4.3.2 จอแสดงผล OLED

จอแสดงผล OLED (Organic Light Emitting Diode) เป็นเทคโนโลยีการแสดงผลที่ใช้สารอินทรีย์ที่สามารถเปล่งแสงได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (สุรัตน์ วรางรัตน์, 2564) จอ OLED ที่นิยมใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์มักมีขนาดตั้งแต่ 0.91 นิ้ว ถึง 1.3 นิ้ว โดยมีความละเอียดต่างๆ เช่น 128x32 หรือ 128x64 พิกเซล

จอ OLED มีข้อดีเมื่อเทียบกับจอ LCD แบบดั้งเดิม ดังนี้ (Pereria, 2023): แสดงผลได้ชัดเจนในที่มืดและสว่าง เนื่องจากมีการเปล่งแสงด้วยตัวเอง ไม่ต้องอาศัยแสงส่องจากด้านหลัง มุมมองกว้างกว่า สามารถมองเห็นได้ชัดเจนแม้ไม่ได้มองตรงๆ กินไฟน้อยกว่า โดยเฉพาะเมื่อแสดงผลเฉพาะบางส่วนของหน้าจอ สามารถแสดงกราฟิกและตัวอักษรได้หลากหลายแบบ ไม่จำกัดเฉพาะตัวอักษรมาตรฐาน

การเชื่อมต่อจอ OLED กับไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่ใช้โปรโตคอล I^2C หรือ SPI (Serial Peripheral Interface) โดย I^2C ใช้สายสัญญาณเพียง 4 เส้น แต่ความเร็วในการส่งข้อมูลน้อยกว่า SPI ซึ่งใช้สายสัญญาณมากกว่า (อัฏฐพล คำเพชร, 2565)

ในการพัฒนาชุดทดลอง การศึกษาของกิตติพงษ์ สุวรรณรักษา (2565) พบว่าการใช้จอ OLED ในการสอนการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักศึกษาได้ดี เนื่องจากสามารถแสดงผลได้ทั้งตัวอักษร ตัวเลข กราฟ และรูปภาพขนาดเล็ก ทำให้สามารถออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ได้หลากหลายรูปแบบ

การเขียนโปรแกรมควบคุมจอ OLED มักใช้ไลบรารีเฉพาะ เช่น Adafruit_SSD1306 สำหรับ Arduino, ssd1306 สำหรับ MicroPython ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานครอบคลุมทั้งการแสดงตัวอักษร การวาดรูปทรงเรขาคณิต และการแสดงรูปภาพ (Williams, 2023)

ภาพที่ 2-11 จอ OLED

2.5 แอปพลิเคชัน Blynk IoT

Blynk IoT เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆ ผ่านอินเทอร์เน็ต นับเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการพัฒนาโครงงานด้าน Internet of Things (IoT) เนื่องจากมีความยืดหยุ่นและใช้งานง่าย โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมสำหรับแอปพลิเคชันบนมือถือมากนัก

2.5.1 ความเป็นมาและพัฒนาการของ Blynk IoT

Blynk ถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2558 โดยทีมวิศวกรชาวยูเครนที่ต้องการสร้างแพลตฟอร์มสำหรับการพัฒนา IoT ที่ง่ายและเข้าถึงได้สำหรับนักพัฒนาทั่วไป แม้แต่ผู้ที่ไม่มีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมแอปพลิเคชันบนมือถือ (วีระพันธ์ สังข์ทอง, 2563)

ศรัณย์ อินทโกสุม (2564) ได้อธิบายว่า Blynk ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จากเวอร์ชัน 1.0 จนถึงเวอร์ชันปัจจุบัน (Blynk IoT) ซึ่งมีการปรับปรุงประสิทธิภาพและเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ๆ มากมาย เช่น

การรองรับอุปกรณ์ที่หลากหลายมากขึ้น ระบบรักษาความปลอดภัยที่ดีขึ้น และความสามารถในการปรับแต่งแดชบอร์ดที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น

2.5.2 องค์ประกอบของ Blynk IoT

ระบบ Blynk IoT ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน (ธนกฤต โตวิกกัย, 2563) ได้แก่

- Blynk App: แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่ใช้สำหรับสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) แบบลากและวาง (Drag and Drop) ทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบแดชบอร์ดสำหรับควบคุมและแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ได้อย่างง่ายดาย

- Blynk Server: เซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้ Blynk Cloud Server ที่ให้บริการโดย Blynk หรือติดตั้ง Local Blynk Server บนเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองได้

- Blynk Library: ไลบรารีสำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆ ที่ช่วยให้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สามารถเชื่อมต่อกับ Blynk Server และรับส่งข้อมูลกับแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟนได้

พิชญ์ รัตนพันธ์ (2564) ได้สรุปว่า องค์ประกอบเหล่านี้ทำงานร่วมกันเพื่อสร้างระบบ IoT ที่สมบูรณ์ โดยผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และติดตามข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ ผ่านแอปพลิเค-ชัน Blynk บนสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

2.5.3 คุณสมบัติและความสามารถของ Blynk IoT

Blynk IoT มีคุณสมบัติและความสามารถที่หลากหลาย ทำให้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการพัฒนาโครงงาน IoT ดังนี้ (สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ, 2564)

- การรองรับอุปกรณ์ที่หลากหลาย: Blynk สามารถทำงานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลากหลายชนิด เช่น Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi และ NodeMCU เป็นต้น

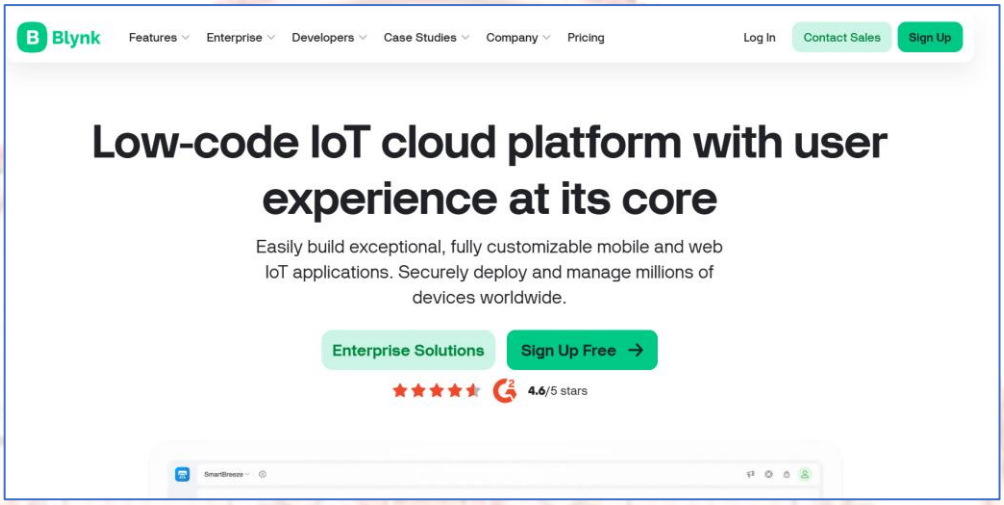
- วิดเจ็ตที่หลากหลาย: Blynk มีวิดเจ็ตมากกว่า 30 ชนิด เช่น ปุ่มกด, สไลเดอร์, กราฟ, แผนภูมิ, การแสดงค่า, การแจ้งเตือน และอื่นๆ ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ตรงกับความต้องการได้

- Virtual Pins: เป็นแนวคิดที่ช่วยให้การส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันและอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องผูกติดกับพินทางกายภาพของอุปกรณ์

- การบันทึกข้อมูล: Blynk สามารถบันทึกข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ และแสดงผลในรูปแบบกราฟหรือตารางได้ ทำให้ผู้ใช้สามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- การตั้งค่าการแจ้งเตือน: ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนดได้ เช่น การแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิสูงเกินค่าที่กำหนด

- การควบคุมตามเวลา: Blynk มีฟีเจอร์ Timer ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตั้งเวลาในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้



ภาพที่ 2-12 หน้าต่าง Blynk IoT

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

สมพงษ์ แคนยุกต์ และคณะ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองที่พัฒนาขึ้น

ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นหลัก มีการออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตได้หลากหลาย เช่น LED, LCD, Keypad, Sensor ต่างๆ โดยมีโมดูลการทดลองทั้งหมด 8 โมดูล ครอบคลุมเนื้อหาพื้นฐานไปจนถึงการประยุกต์ใช้งาน

ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 83.45/81.27 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองอยู่ในระดับ

มาก (ค่าเฉลี่ย 4.25) โดยนักศึกษาให้ความเห็นว่าชุดทดลองใช้งานง่าย สะดวกต่อการเรียนรู้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานจริงได้

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดคือ รองรับเฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เท่านั้น ไม่สามารถใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แพลตฟอร์มอื่นๆ ได้ ซึ่งต่างจากงานวิจัยที่กำลังพัฒนาที่มุ่งเน้นการรองรับหลายแพลตฟอร์ม

2.6.2 การออกแบบและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสำหรับการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบข้ามแพลตฟอร์ม

วิชัย นิลรัตน์ และสิทธิชัย จันทรศิริ (2563) ได้วิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสำหรับการเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบข้ามแพลตฟอร์ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการที่สามารถรองรับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตระกูล และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น

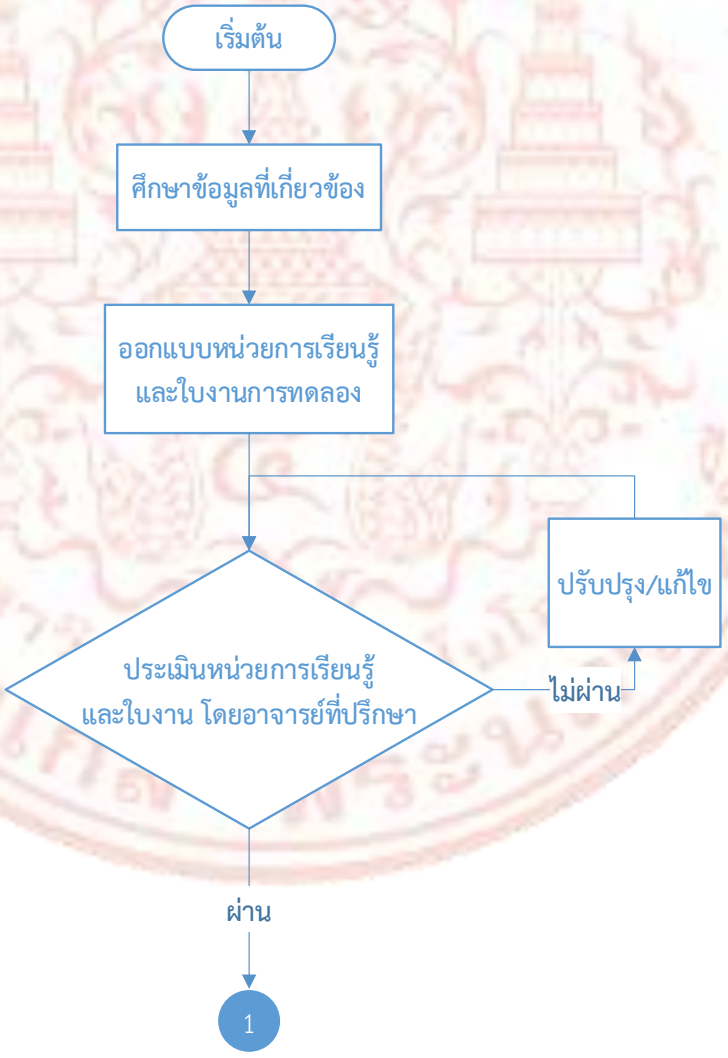
ชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 3 แพลตฟอร์มหลัก ได้แก่ Arduino (ตระกูล AVR), ESP32 และ STM32 โดยออกแบบให้มีพอร์ตมาตรฐานที่ใช้ร่วมกันได้ และมีบอร์ดอะแดปเตอร์สำหรับแต่ละแพลตฟอร์ม ชุดฝึกประกอบด้วยโมดูลอินพุต/เอาต์พุตที่สามารถใช้งานร่วมกับทุกแพลตฟอร์ม และมีคู่มือการทดลองที่ครอบคลุมการใช้งานทั้ง 3 แพลตฟอร์ม

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกปฏิบัติการมีประสิทธิภาพ 85.72/84.18 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (80/80) และผลการทดสอบความสามารถในการเขียนโปรแกรมของนักศึกษาที่ใช้ชุดฝึกปฏิบัติการนี้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.53 และ 4.48 ตามลำดับ)

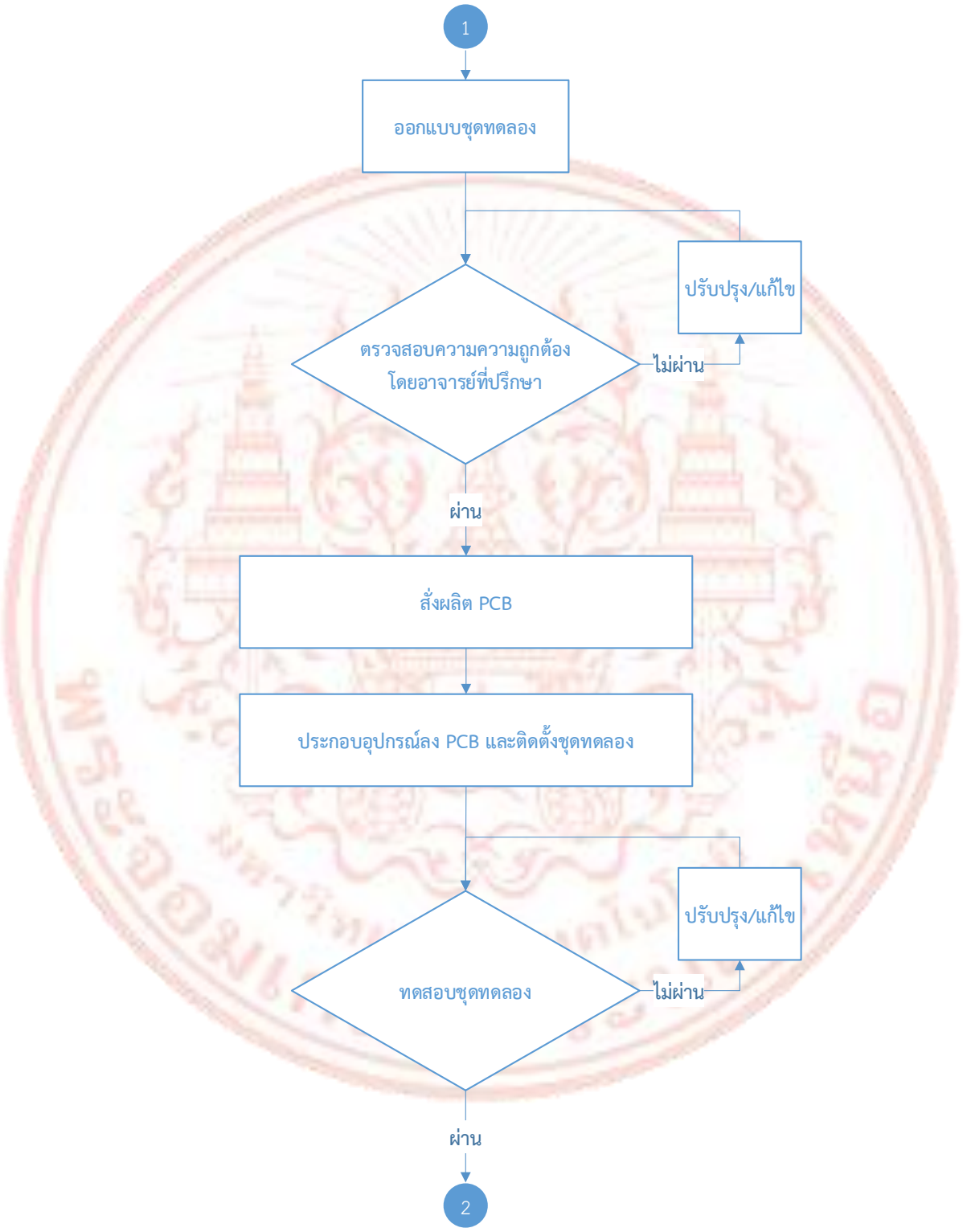
จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการรองรับหลายแพลตฟอร์ม ซึ่งช่วยให้นักศึกษาสามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละแพลตฟอร์มและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละโครงงาน อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความซับซ้อนของการใช้งานและราคาที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการนำไปใช้ในสถานศึกษาที่มีงบประมาณจำกัด

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีดำเนินวิจัย

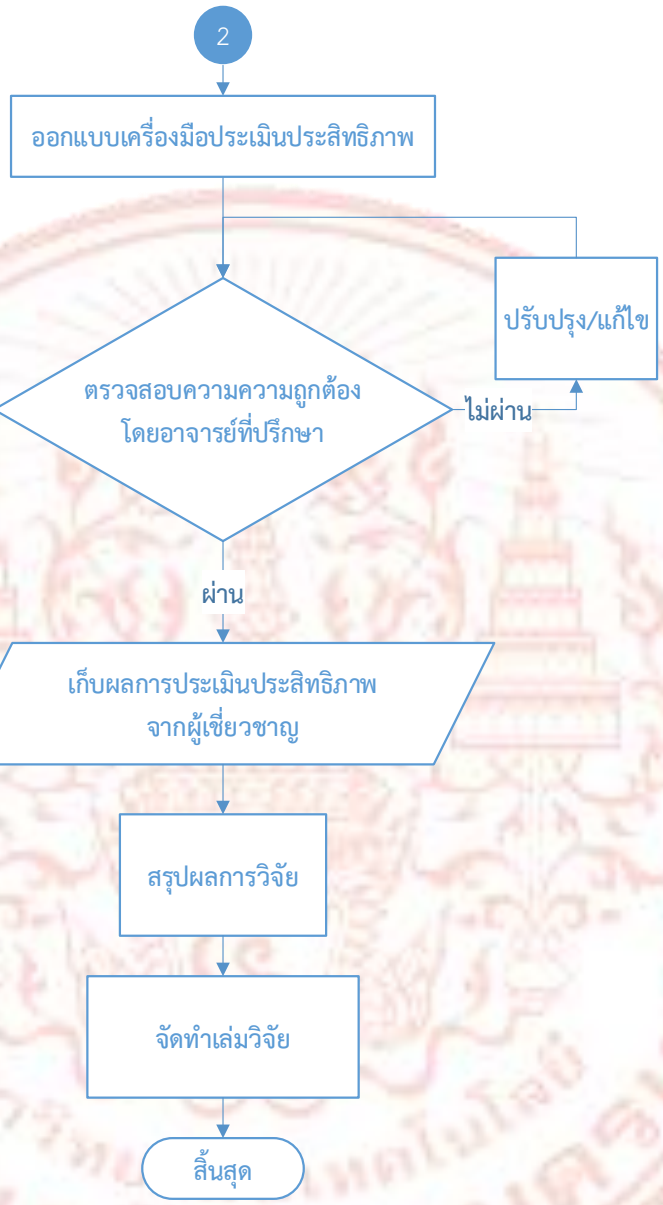
การดำเนินงานของการค้นคว้าอิสระ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ การดำเนินงานสร้างชุดทดลองดังกล่าวให้ประสบผลสำเร็จนั้น ผู้วิจัยได้วางแผน สร้างขั้นตอน เพื่อให้มีแนวทางการปฏิบัติ และขั้นตอนการสร้างที่ถูกต้อง การดำเนินงานของการค้นคว้าอิสระมีขั้นตอนการทำงาน และลำดับการดำเนินการดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนผังขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน


1
ออกแบบชุดทดลอง
ปรับปรุง/แก้ไข
ตรวจสอบความความถูกต้อง
โดยอาจารย์ที่ปรึกษา
ไม่ผ่าน
ผ่าน
สั่งผลิต PCB
ประกอบอุปกรณ์ลง PCB และติดตั้งชุดทดลอง
ปรับปรุง/แก้ไข
ทดสอบชุดทดลอง
ไม่ผ่าน
ผ่าน
2

ภาพที่ 3-1 (ต่อ)



ภาพที่ 3-1 (ต่อ)

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานการค้นคว้าอิสระ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำเป็นที่จะต้องศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยชุดทดลองได้ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล รายละเอียดดังนี้ 1. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชา

อิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา 20105-2005 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2. แนวคิดการพัฒนาชุดทดลองสำหรับการศึกษา 3. ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้ในการศึกษา 4. อุปกรณ์ที่ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 5. แอปพลิเคชัน Blynk IoT และสุดท้ายคือการค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ และใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ และใบงานการทดลองสำหรับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยได้ศึกษาและอ้างอิงจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ คำอธิบายรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 20105 - 2015

เมื่อได้ออกแบบหน่วยการเรียนรู้ ใบงานการทดลอง และจัดทำใบงานสำเร็จ ดำเนินการงานต่อด้วยการส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และแก้ไขตามคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยจึงสรุปเป็นเอกสารสำหรับการปฏิบัติงาน 18 ใบงาน ดังต่อไปนี้

ใบงานที่ 1 เรื่อง การติดตั้งซอฟแวร์ Arduion IDE
ใบงานที่ 2 เรื่อง การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม
ใบงานที่ 3 เรื่อง การใช้งาน Digital pins output
ใบงานที่ 4 เรื่อง การใช้งาน Digital pins input
ใบงานที่ 5 เรื่อง การใช้งาน Analog input, output
ใบงานที่ 6 เรื่อง การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC
ใบงานที่ 7 เรื่อง การวัดอุณหภูมิและความชื้นด้วยโมดูล DHT22
ใบงานที่ 8 เรื่อง การวัดระยะด้วยโมดูลอัลตร้าโซนิค
ใบงานที่ 9 เรื่อง การควบคุมดีซีมอเตอร์
ใบงานที่ 10 เรื่อง การควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์
ใบงานที่ 11 เรื่อง ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
ใบงานที่ 12 เรื่อง การใช้งานอินเตอร์รัพท์
ใบงานที่ 13 เรื่อง การแสดงผลด้วยจอ LCD ที่เชื่อมตอแบบ I2C
ใบงานที่ 14 เรื่อง แสดงผลด้วยจอ OLED
ใบงานที่ 15 เรื่อง การส่งข่องมูลแบบอนุกรม (SerialPort)
ใบงานที่ 16 เรื่อง การเขียนโปรแกรมใช้งานไทม์เมอร์

ใบงานที่ 17 เรื่อง การใช้งานกับ IoT เบื้องต้น

ใบงานที่ 18 เรื่อง การใช้งาน IoT เบื้องต้น ควบคุมรีเลย์

3.3 การสร้างเอกสารประกอบการทดลอง

ในการจัดทำเอกสารประกอบการทดลอง ผู้วิจัยทำได้ดำเนินการจัดทำเอกสารประกอบการทดลองจำนวน 18 ใบงาน ในแต่ละใบงานจะประกอบด้วยเนื้อหา วัตถุประสงค์ของใบงาน ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน แสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานและการเขียนโปรแกรม ภาพแสดงการเชื่อมต่อวงจรการทดลอง ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมทดลองกับอุปกรณ์ในแต่ละใบงาน และการสรุปผลการทดลอง

3.4 สร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

การพัฒนาชุดทดลองทางผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยเริ่มต้นทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับอุปกรณ์ต่างๆ ถึงความเป็นไปได้ในการสร้างชุดทดลองหลังจากนั้นได้จัดทำแบบร่างชุดทดลองเบื้องต้น การทดสอบการวางอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อหาตำแหน่งและขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์ที่เหมาะสมซึ่งจะมีอาจารย์ที่ปรึกษาคอยให้คำแนะนำ เมื่อได้แบบร่างชุดทดลองแล้วขั้นตอนต่อไปดำเนินการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้โปรแกรม EasyEDA ซึ่งแผ่นวงจรพิมพ์ในชุดทดลองนี้เป็นแบบ 2 Layer เมื่อได้ออกแบบ แผ่นวงจรพิมพ์เรียบร้อยแล้วดำเนินการสั่งผลิตแผ่นวงจรพิมพ์จากบริษัทผู้รับผลิตแผ่นวงจรพิมพ์แล้วจึงประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยการประกอบนั้นจะต้องเริ่มต้นที่อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กจนถึงอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดโดยเมื่อประกอบเสร็จแล้วดำเนินการทดสอบชุดทดลองกับอุปกรณ์แต่ละตัวว่าทำงานปกติหรือไม่แล้วจึงดำเนินการติดตั้งลงกระเป๋าใส่อุปกรณ์อะลูมิเนียม

3.1.1 การทดลองเบื้องต้น

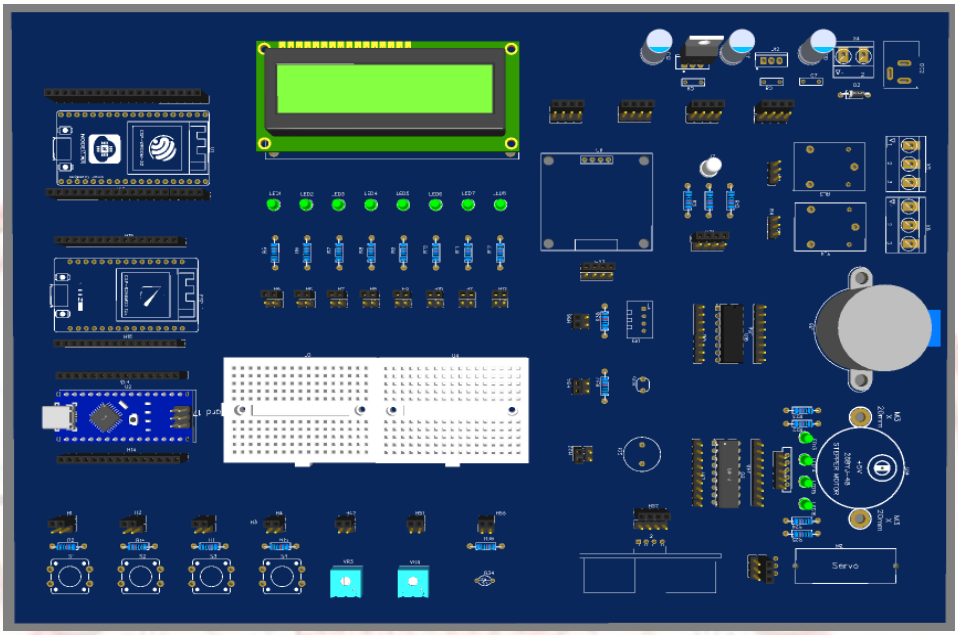
ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาชุดทดลองและได้ศึกษา ค้นคว้าถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อให้ทราบแนวทางในการดำเนินการจัดทำชุดทดลองต่อไป โดยได้ทดลองเบื้องต้นด้วยการทดสอบวาง และบัดกรีอุปกรณ์ ลงบนแผ่นปริ้นเอนกประสงค์

3.1.2 การจัดทำแบบร่างของชุดทดลอง

ในการพัฒนาชุดทดลอง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำแบบร่างของชุดทดลอง โดยนำเสนอ กับอาจารย์ปรึกษา ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะต่อการนำไปใช้งาน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำแบบร่างและได้ปรับปรุงจนได้ชุดทดลองที่มีความเหมาะสม ขนาดเล็ก กะทัดรัด น่าใช้งาน ดังรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.1.2.1 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 1

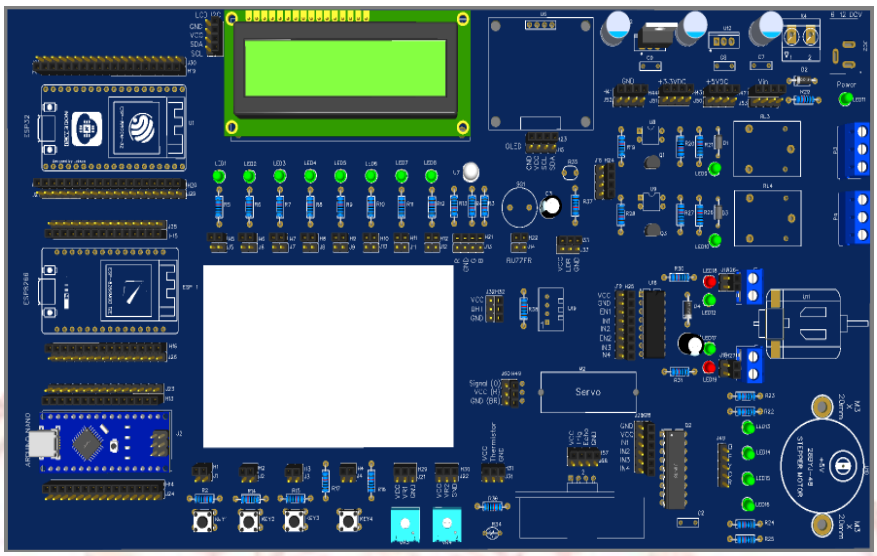
การออกแบบโครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีขนาด A4 ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 1

3.1.2.2 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 2

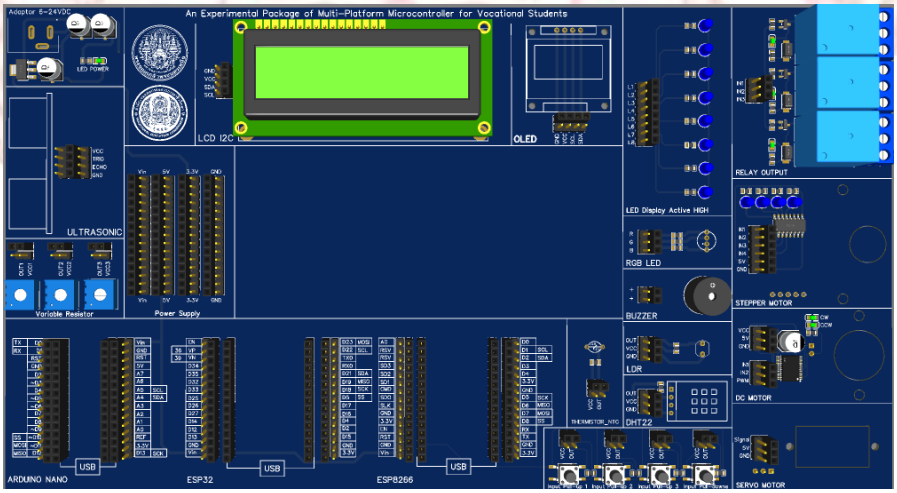
การออกแบบโครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีขนาด A4 ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่เกินไป ระยะห่างของอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ดมีระยะห่างเกินไป ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีขนาดเล็กกว่าขนาด A4 คือมีขนาด 155x285 mm. และได้ทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของอุปกรณ์ แต่ยังมีขนาดที่ใหญ่เกินไป ซึ่งจะมีต้นทุนในการผลิตแผ่น PCB สูง รวมทั้งระยะห่างของอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ดมีระยะห่างเกินไป จึงต้องดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงต่อไป ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 2

3.1.2.3 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 3

เป็นการปรับปรุงครั้งสุดท้ายก่อนที่จะเริ่มดำเนินการออกแบบแผ่น PCB ซึ่งชุดทดลองที่ได้มีขนาดมีขนาด 155x285 mm. เนื่องจากการออกแบบโครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีขนาดเล็กลงจึงทำให้ระยะห่างของอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ดมีระยะห่างที่น้อยลง เป็นปัญหาและอุปสรรคในการออกแบบลายวงจรพิมพ์ ผู้วิจัยได้ปรับเป็นแบบ 2 Layer และได้ทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของอุปกรณ์ และปรับเปลี่ยนอุปกรณ์บางตัวเป็นแบบ SMD ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 โครงร่างของชุดทดลองครั้งที่ 3

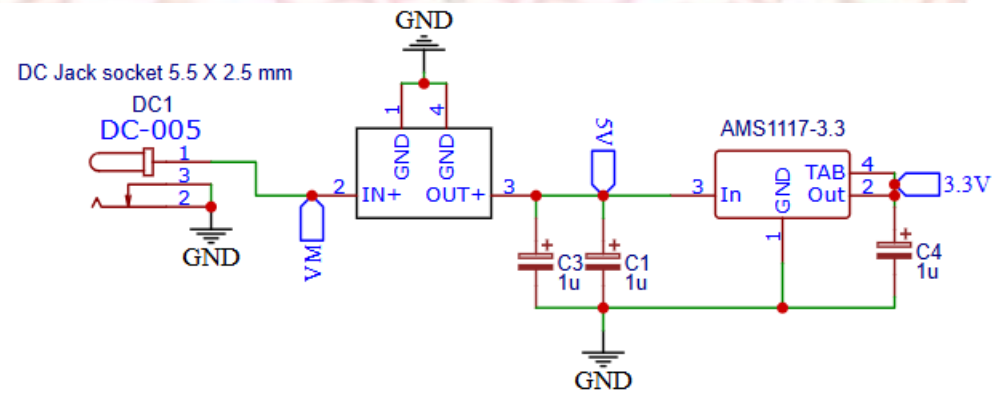
จะเห็นว่ามีการปรับปรุงโครงร่างทั้งหมด 3 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งที่ได้ปรับปรุงขนาดของแผ่น PCB ลายวงจรพิมพ์ ตำแหน่งการวางของอุปกรณ์ และปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ จะมีขนาดเล็กลง ได้ขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมในการดำเนินการออกแบบแผ่น PCB คือ 155x285 mm.

3.1.3 การออกแบบ Schematic

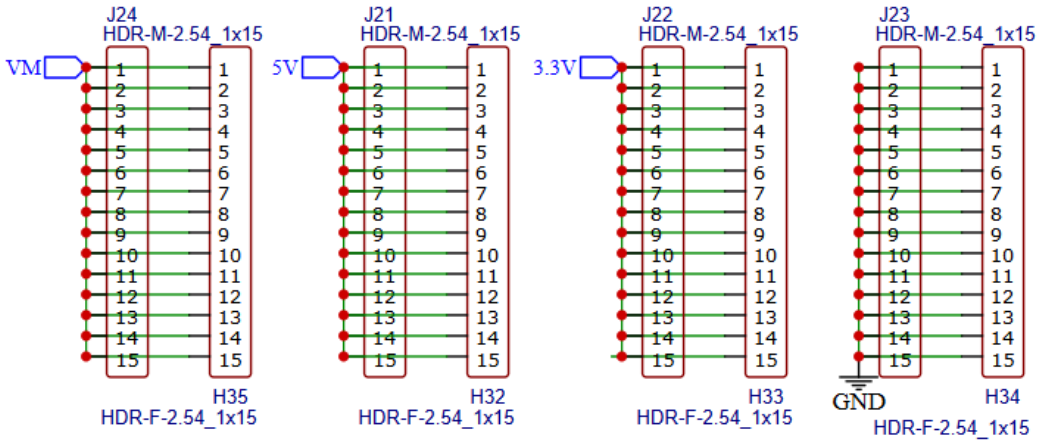
หลังจากได้ขนาดโครงร่างที่เหมาะสม กระบวนการต่อไปคือการออกแบบแผ่น PCB ที่มีขนาด 155x285 mm. เป็นแบบ 2 Layer โดยบอร์ดคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ คือ Arduino nano, ESP32, ESP8266 และอุปกรณ์ Output ที่ใช้ตามที่ระบุไว้ในขอบเขตสอดคล้องกับใบงานการทดลอง การออกแบบจะแยกอุปกรณ์แต่ละตัวอย่างอิสระเชื่อมต่อกับ Header Pin ตัวผู้และตัวเมีย แล้วใช้สาย Jumper ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งตัวผู้และตัวเมีย ในการเชื่อมต่อวงจรทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

3.1.3.1 Input Power Supply

เป็นจุดเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกโดยใช้ Jack DC ขนาด 5.5 x 2.5 mm. แหล่งจ่ายไฟจะต้องใช้ Adaptor ที่มีแรงดัน 6-12VDC เท่านั้น มีจุดให้ใช้งานแรงดันไฟได้ 3 ระดับแรงดัน คือ Vin, 5V และ3.3V โดยใช้โมดูลแปลงไฟ Mini-360 DC-DC Buck Converter DC Step Down ปรับให้ได้แรงดันเอาต์พุต5 Vdc กระแสเอาต์พุตสูงสุด 3 A และใช้ไอซี AMS1117 แปลงแรงลดแรงไฟให้ได้ 3.3V การใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ บนบอร์ดทำได้โดยต่อผ่านกับ Header Pin ตัวผู้และตัวเมีย ที่ตำแหน่ง Power Supply นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมต่อ Vin และ GND ไปยัง Arduino nano, ESP32, ESP8266 โดยตรง ทำให้สามารถใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย เมื่อเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก ดังภาพที่ 3-5 และ ภาพที่ 3-6



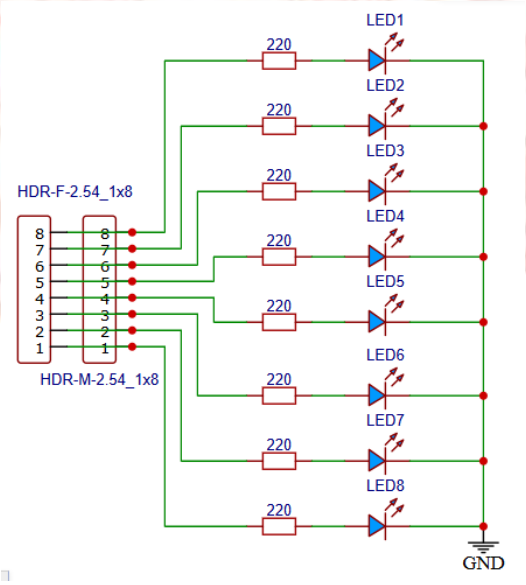
ภาพที่ 3-5 การออกแบบ Schematic ชุดแปลงแรงดันไฟ 3 ระดับ



ภาพที่ 3-6 การออกแบบ Schematic จุดเชื่อมต่อ แรงดันไฟ 3 ระดับ

3.1.3.2 ไดโอดเปล่งแสง (LED)

ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้หลอด LED ขนาด 3 mm. สีแดง จำนวน 8 หลอด ซึ่งได้ทำการออกแบบให้เป็นวงจรแบบ Active High ลักษณะการต่อ ที่ขาคาโทด (K) ของหลอด LED ทุกหลอดจะถูกต่อลงกราวด์ไว้ ส่วนที่แอโนด (A) ของหลอด LED ทุกหลอด จะใช้ความต้านทานค่า 220 โอห์ม เพื่อจำกัดกระสไม่ให้หลอด LED เสียหาย ส่วนอีกขาหนึ่งของตัวต้านทานต่อกับ Header Pin เพื่อรอรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อเมื่อสั่งสถานะ 1 (HIGH) สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-7



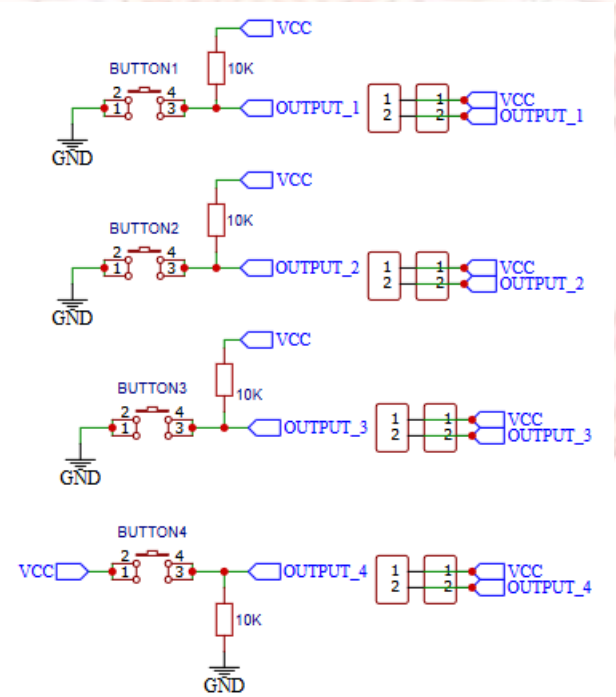
ภาพที่ 3-7 การออกแบบ Schematic ไดโอดเปล่งแสง (LED)

3.1.3.3 สวิตช์อินพุต (Switch Input)

การต่อสวิตช์เพื่อทดลองกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ต่อใช้งาน มีให้ใช้งาน 2 แบบ คือ Input Pull-up และ Input Pull-downs

- Input Pull-up จะเป็นวงจรแบบ Active Low ลักษณะการต่อจะใช้ความต้านทานต่อ Pull-up ขาหนึ่งต่อไฟเลี้ยง อีกขาหนึ่งต่อกับขาสวิตช์ 1 ด้านและตำแหน่งนี้ก็ต่อกับขาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้สถานะของขาไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็น 1 ตลอดเวลา และเมื่อกดสวิตช์สถานะก็จะเปลี่ยนเป็น 0 เพราะฉะนั้นการเขียนโปรแกรมรับค่าอินพุตจากสวิตช์ เมื่อถูกกดจะเป็น 0 ยังไม่กดจะเป็น 1 โดยในชุดทดลองจะเลือกใช้สวิตช์ 3 ตัว ดังภาพที่ 3-11

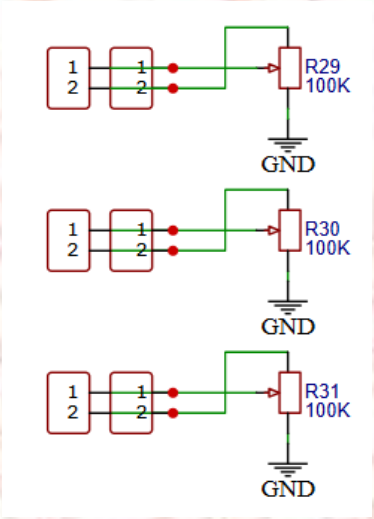
- Input Pull-downs จะเป็นวงจรแบบ Active High ลักษณะการต่อจะใช้ความต้านทานต่อ Pull- downs ขาหนึ่งต่อลงกราวด์ อีกขาหนึ่งต่อกับขาสวิตช์ 1 ด้านและตำแหน่งนี้ก็ต่อกับขาไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้สถานะของขาไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็น 0 ตลอดเวลาและเมื่อกดสวิตช์สถานะก็จะเปลี่ยนเป็น 1 เพราะฉะนั้นการเขียนโปรแกรมรับค่าอินพุตจากสวิตช์ เมื่อถูกกดจะเป็น 1 ยังไม่กดจะเป็น 0 โดยในชุดทดลองจะเลือกใช้สวิตช์ 1 ตัว ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 การออกแบบ Schematic สวิตช์อินพุต (Switch Input)

3.1.3.4 การออกแบบวงจรพิมพ์ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)

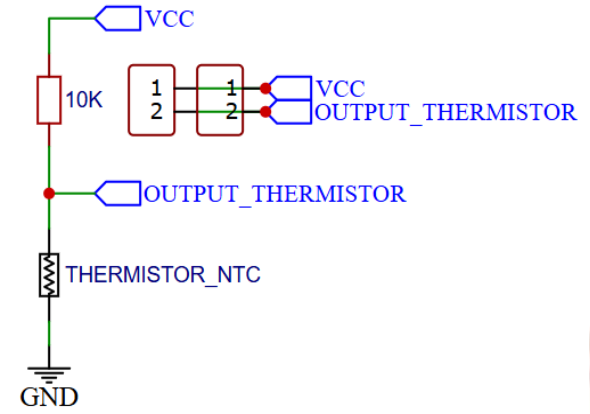
ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 100kΩ ลักษณะการต่อ จะใช้ขา 1 รอรับไฟเลี้ยงที่ตำแหน่ง VCC ขา 2 ส่งค่าแอนาล็อก (Analog) ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ตำแหน่ง OUT เพื่อให้สถานะของขาไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1023 หากใช้ไฟเลี้ยง 5V ส่วนขา 3 ของตัวต้านทานปรับค่าได้ ทุกตัวถูกเชื่อมต่อไปยังกราวด์ ในชุดทดลองจะมีตัวต้านทานปรับค่าได้ ให้ใช้งาน 3 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 การออกแบบ Schematic ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)

3.1.3.5 เทอร์มิสเตอร์ (THERMISTOR)

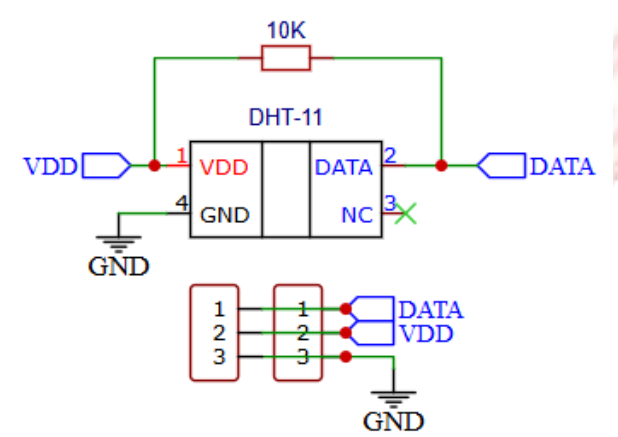
ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC ค่า 10 กิโลโอห์ม ซึ่งค่าความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ลักษณะการออกแบบวงจร จะใช้ตัวต้านทานต่อ Pull-up ค่า 10 กิโลโอห์ม โดยจะใช้ขานี้รอรับไฟเลี้ยงที่ตำแหน่ง VCC ส่วนอีกขาหนึ่งของตัวต้านทาน Pull-up เชื่อมต่อไปยังเทอร์มิสเตอร์ ที่ตำแหน่งนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin >> OUT_THERMISTOR ไว้สำหรับส่งค่าแอนาล็อก ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะให้สถานะของขาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1023 หากใช้ไฟเลี้ยง VCC เท่ากับ 5V ส่วนอีกขาของเทอร์มิสเตอร์ ถูกเชื่อมต่อไปยังกราวด์ การออกแบบในชุดทดลองจะมีเทอร์มิสเตอร์ ชนิด NTC ให้ใช้งาน 1 ตัว ดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-10 การออกแบบ Schematic เทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC

3.1.3.6 โมดูลอุณหภูมิและความชื้น DHT22

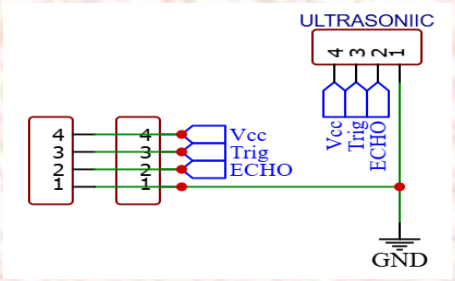
ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้โมดูลอุณหภูมิและความชื้น DHT22 ซึ่งมีขาใช้งาน 3 ขา คือ VCC DATA และ GND ออกแบบวงจรโดยใช้ DHT22 ขา 1 ต่อไฟซึ่งจะใช้ขานี้รอรับไฟเลี้ยง ที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ที่ตำแหน่ง VCC ขา 2 ของ DHT22 เป็นขา DATA จะต้องใช้ตัวต้านทานต่อ Pull-up ค่า 10 กิโลโอห์ม ที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ที่ตำแหน่ง OUT ส่วนขา 3 ของ DHT22 เป็นขากราวด์ ที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ที่ตำแหน่ง GND โดยในชุดทดลองจะมีโมดูลอุณหภูมิและความชื้น DHT22 ให้ใช้งาน 1 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 การออกแบบ Schematic โมดูลอุณหภูมิและความชื้น DHT22

3.1.3.7 โมดูลอัลตร้าโซนิค (Ultrasonic)

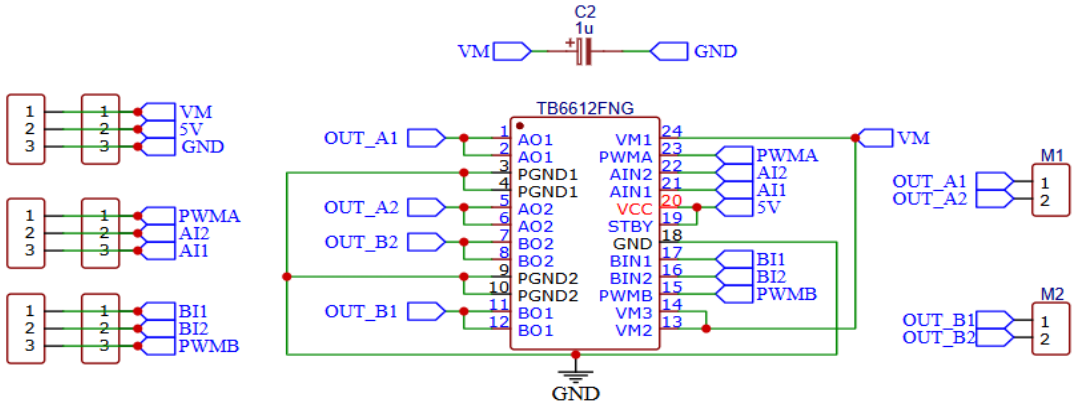
ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้โมดูลอัลตร้าโซนิค รุ่น HC-SR04 ซึ่งมีขาใช้งาน 4 ขา คือ VCC, Trig, ECHO และ GND การออกแบบวงจรได้ใช้โมดูลอัลตร้าโซนิคที่ขา 1 ต่อไฟเลี้ยงซึ่งจะใช้ขานี้รอรับไฟเลี้ยง ที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ที่ตำแหน่ง VCC ขา 2 ของโมดูลอัลตร้าโซนิค เป็นขา Trig ที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ที่ตำแหน่ง Trig ขา 3 ของโมดูลอัลตร้าโซนิค เป็นขา ECHO ที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ที่ตำแหน่ง ECHO และขา 4 ของโมดูลอัลตร้าโซนิค เป็นขากราวด์ ที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ที่ตำแหน่ง GND โดยในชุดทดลองจะมีโมดูลอัลตร้าโซนิคให้ใช้งาน 1 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 การออกแบบ Schematic โมดูลอัลตร้าโซนิค

3.1.3.8 ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) และไอซีขับมอเตอร์

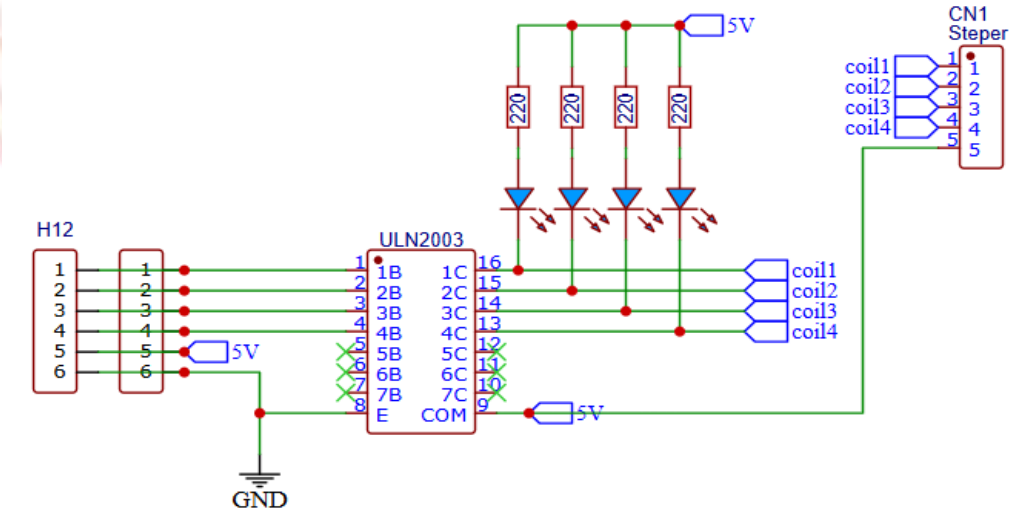
ไอซีขับมอเตอร์ สำหรับขับดีซีมอเตอร์ ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้การเชื่อมต่อดีซีมอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์ เบอร์ TB6612FNG ด้วยคุณสมบัติที่ตัวบอร์ดมีขนาดเล็ก สามารถขับมอเตอร์ได้ 2 ตัว อัตรากินกระแส 1.2 A มีช่วงแรงดันที่ใช้งานระหว่าง 2.7 – 5.5 V สามารถขับมอเตอร์กระสูงสุดชั่วขณะถึง 3.2 A ซึ่งเพียงพอต่อการนำมาใช้งานกับชุดทดลอง โดยในชุดทดลองจะมีขาใช้งาน 4 ขา คือ VCC, 5V, GND, IN1, IN2, และ PWM การต่อใช้งานดีซีมอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์ สามารถทำได้ที่ Header Pin ตำแหน่ง VCC สำหรับต่อไฟเลี้ยงมอเตอร์ (VM), ที่ Header Pin ตำแหน่ง 5V สำหรับต่อไฟเลี้ยงชุดขับมอเตอร์ (5V), Header Pin ตำแหน่ง GND สำหรับต่อกราวด์ของชุดขับมอเตอร์ Header Pin ตำแหน่ง IN1 และ IN2 ต่อรับการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถส่งค่า (HIGH,LOW), และ Header Pin ตำแหน่ง PWM ต่อรับการควบคุม จากขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถส่งสัญญาณแบบอนาล็อกได้ ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดยในชุดทดลองจะมีดีซีมอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์ให้ใช้งาน 1 Channel สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 การออกแบบ Schematic ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) และไอซีขับมอเตอร์

3.1.3.9 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (STEPPER MOTOR) และไอซีขับมอเตอร์

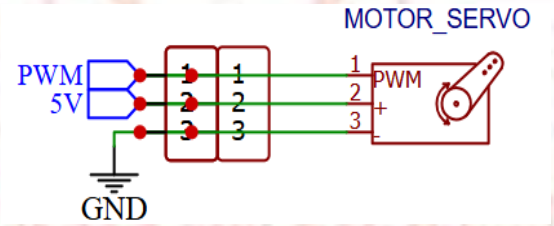
การเชื่อมต่อสเต็ปเปอร์มอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์ ชุดทดลองนี้เลือกใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ รุ่น 28BYJ-48 และไอซีขับมอเตอร์ เบอร์ ULN2003 โดยในชุดทดลองจะมีขาใช้งาน 6 ขา คือ IN1, IN2, IN3, IN4, 5V, และ GND การต่อใช้ทำได้โดยที่ Header Pin ตำแหน่ง IN1, IN2, IN3 และ IN4 ต่อรับการควบคุม จากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ให้ค่า HIGH กับLOW, ที่ Header Pin ตำแหน่ง 5V ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยงชุดขับมอเตอร์ และ Header Pin ตำแหน่ง GND ไว้สำหรับต่อกราวด์ โดยในชุดทดลองจะมีสเต็ปเปอร์มอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์ ให้ใช้งาน 1 ชุด สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 การออกแบบ Schematic สเต็ปเปอร์มอเตอร์และไอซีขับมอเตอร์

3.1.3.10 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

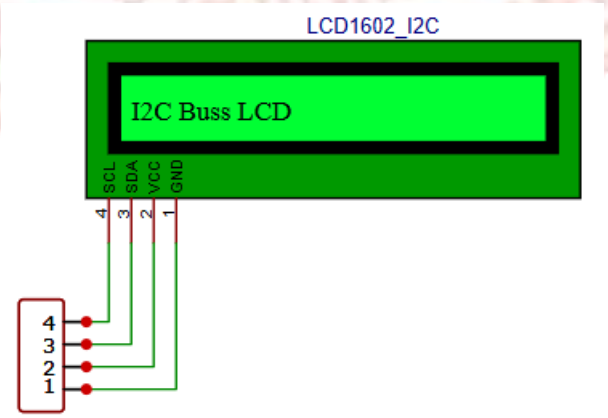
ชุดทดลองนี้ได้เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์ รุ่น MG90S ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีขาใช้งาน 3 ขา คือ Signal, 5V, และ GND การต่อใช้ทำได้โดยที่ Header Pin ตำแหน่ง Signal ต่อรับการควบคุมองศา (0-90) จากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ให้ค่าค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255, ที่ Header Pin ตำแหน่ง 5V ต่อไฟเลี้ยงชุดขับมอเตอร์ 5V และ Header Pin ตำแหน่ง GND ไว้สำหรับต่อกราวด์ของเซอร์โวมอเตอร์ โดยในชุดทดลองจะมีเซอร์โวมอเตอร์ให้ใช้งาน 1 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-15 การออกแบบ Schematic เซอร์โวมอเตอร์

3.1.3.11 จอ LCD (Liquid Crystal Display) แบบ I^2C

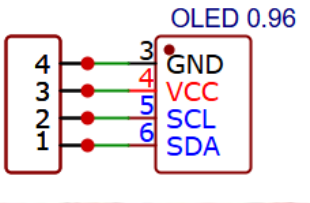
ในชุดทดลองนี้จะมีขาใช้งาน 4 ขา คือ GND, VCC, SDA และ SCL การออกแบบวงจร ได้ออกแบบไว้ที่ Header Pin ตำแหน่ง GND ให้ต่อกราวด์ของจอ LCD, ที่ Header Pin ตำแหน่ง 5V ต่อไฟเลี้ยงของจอ LCD และที่ Header Pin ตำแหน่ง SDA และ SCL ต่อรับสัญญาณ DATA จากไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการควบคุมให้จอแสดงผล โดยในชุดทดลองจะมีจอ LCD แบบ I2C ให้ใช้งาน 1 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-16



ภาพที่ 3-16 การออกแบบ Schematic จอ LCD แบบ I^2C

3.1.3.12 จอ OLED (Organic Light Emitting Diode) แบบ I^2C

ในชุดทดลองนี้จะมีขาใช้งาน 4 ขา คือ GND, VCC, SDA และ SCL การออกแบบวงจร ได้ออกแบบไว้ที่ Header Pin ตำแหน่ง GND ให้ต่อกราวด์ของจอ OLED, ที่ Header Pin ตำแหน่ง 5V ต่อไฟเลี้ยงของจอ OLED และที่ Header Pin ตำแหน่ง SDA และ SCL ต่อรับสัญญาณ DATA จากไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการควบคุมให้จอแสดงผล โดยในชุดทดลองจะมีจอ OLED ให้ใช้งาน 1 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-17



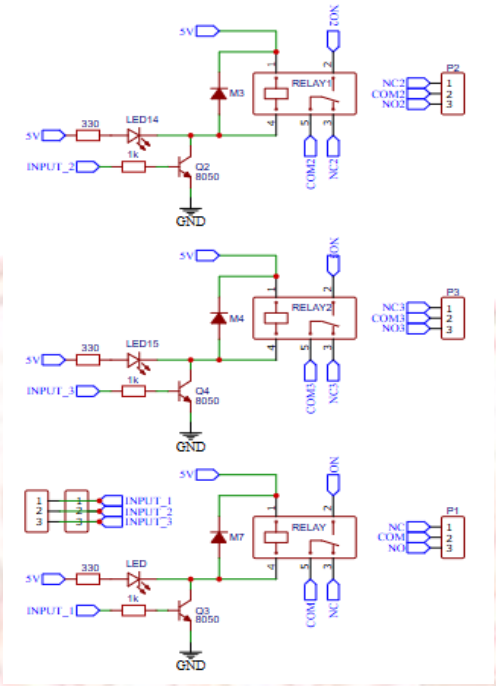
ภาพที่ 3-17 การออกแบบ Schematic จอ OLED แบบ I^2C

3.1.3.13 การควบคุมรีเลย์ (OUTPUT RELAY 5V)

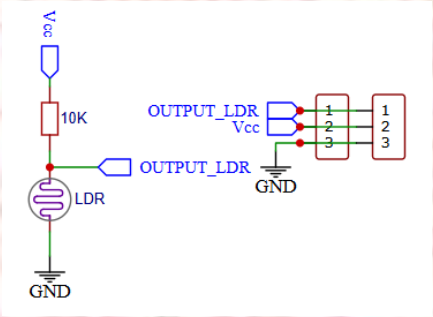
ในชุดทดลองนี้ได้ออกแบบให้มีขาใช้งาน 3 ขา คือ IN1, IN2 และ IN3 โดยเลือกใช้ รีเลย์ที่มีหน้าคอนแทกสามารถควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันไฟ 230 ACV ได้ จำนวน 3 ตัว ผ่านการควบคุมด้วยแรงไฟต่ำ 5V โดยใช้ทรานซิสเตอร์ช่วยในการขับกระแสในการควบคุมรีเลย์ การออกแบบวงจร ได้ออกแบบ GND ให้ต่อกับวงจรของชุดทดลองไว้แล้ว ทำให้สามารถใช้ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-18

3.1.3.14 LDR (Light Dependent Resistor) ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง

ในชุดทดลองได้ออกแบบให้มีขาใช้งาน 3 ขา คือ OUT, VCC และ GND ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ LDR ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง ค่า 10 กิโลโอห์ม ซึ่งค่าความต้านทานจะแปรค่าตามแสงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ลักษณะการต่อจะใช้ตัวต้านทานต่อ Pull-up ค่า 10 กิโลโอห์ม ขาหนึ่งต่อไฟเลี้ยง จะใช้ขานี้รอรับไฟเลี้ยงที่ Header Pin ตำแหน่ง VCC อีกขาหนึ่งของตัวต้านทาน Pull-up เชื่อมต่อไปยัง LDR และที่จุดนี้ได้เชื่อมต่อไปยัง Header Pin ตำแหน่ง OUT เพื่อให้ส่งค่าแอนาล็อกไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่รับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1023 หากใช้ไฟเลี้ยง VCC 5V ส่วนอีกขาของ LDR ถูกเชื่อมต่อไปที่ Header Pin ตำแหน่ง GND โดยในชุดทดลองจะมีตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง (LDR) ให้ใช้งาน 1 ตัว ดังภาพที่ 3-19



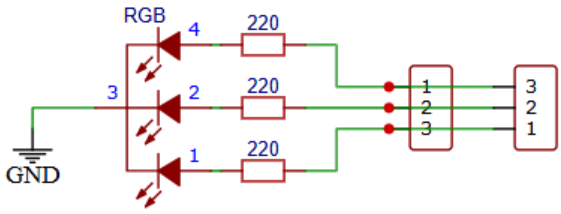
ภาพที่ 3-18 การออกแบบ Schematic รีเลย์ 5V



ภาพที่ 3-19 การออกแบบ Schematic LDR (ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง)

3.1.3.15 RGB LED (หลอดแสดงผล 3 สี)

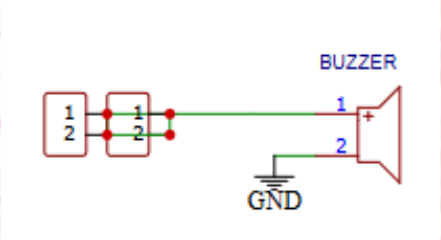
ในชุดทดลองได้ออกแบบวงจรให้เป็นแบบ Active High ขาแคโทดร่วม (K) ถูกเชื่อมต่อไปยังกราวด์ของชุดทดลองไว้แล้ว ซึ่งจะมีขาใช้งาน 3 ขา คือ R, G และ B ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ตัวต้านทาน 220 โอห์ม ให้ช่วยจำกัดกระแสไม่ให้ RGB LED เสียหาย การออกแบบวงจรได้ออกแบบไว้ที่ Header Pin ตำแหน่ง R เชื่อมต่อไปยังขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ส่งค่าเป็นแบบอนาล็อก (0-255), ที่ Header Pin ตำแหน่ง G เชื่อมต่อไปยังขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ส่งค่าเป็นแบบอนาล็อก (0-255) และที่ Header Pin ตำแหน่ง B เชื่อมต่อไปยังขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ส่งค่าเป็นแบบอนาล็อก (0-255) โดยในชุดทดลองจะมี RGB LED ให้ใช้งาน 1 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-20



ภาพที่ 3-20 การออกแบบ Schematic RGB LED (หลอดแสดงผล 3 สี)

3.1.3.16 BUZZER

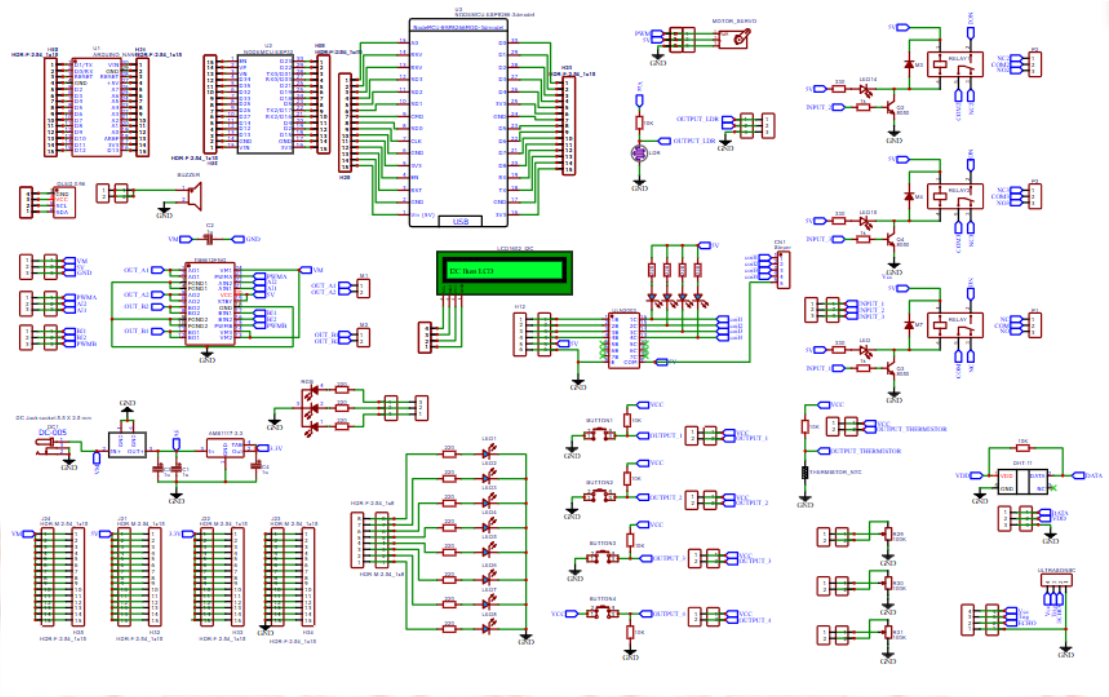
ในชุดทดลองได้ออกแบบวงจรให้ขาด้านหนึ่งของ BUZZER ถูกเชื่อมต่อไปยังกราวด์ของชุดทดลองไว้แล้ว ซึ่งจะมีขาใช้งาน 1 ขา คือ + ได้ออกแบบวงจรที่ Header Pin ตำแหน่ง + เชื่อมต่อไปยังขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ส่งค่าเป็นแบบอนาล็อก (0-255) โดยในชุดทดลองจะมี BUZZER ให้ใช้งาน 1 ตัว สามารถเลือกต่อกับ Header Pin ตัวผู้ หรือ Header Pin ตัวเมีย ได้ทั้งสองแบบ ดังภาพที่ 3-21



ภาพที่ 3-21 การออกแบบ Schematic BUZZER

3.1.3.17 วงจร Schematic Diagram ของชุดทดลอง

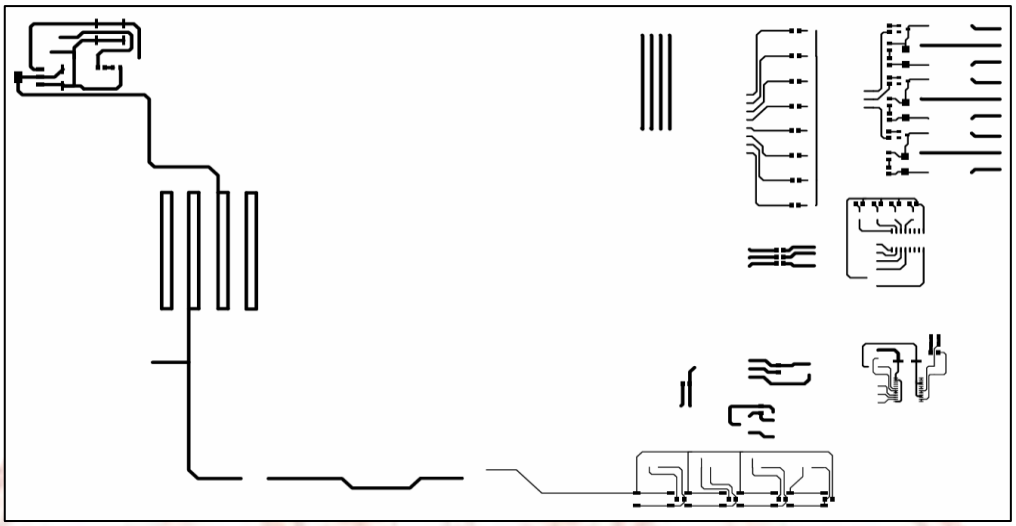
หลังจากที่ได้ออกแบบวงจรในส่วนต่างๆ ของชุดทดลองเรียบร้อยแล้ว ก็จะได้วงจร Schematic Diagram ของชุดทดลองโดยรวมที่พร้อมจะนำวงจรนี้ไปออกแบบเป็นแผ่น PCB ต่อไป ดังภาพที่ 3-22



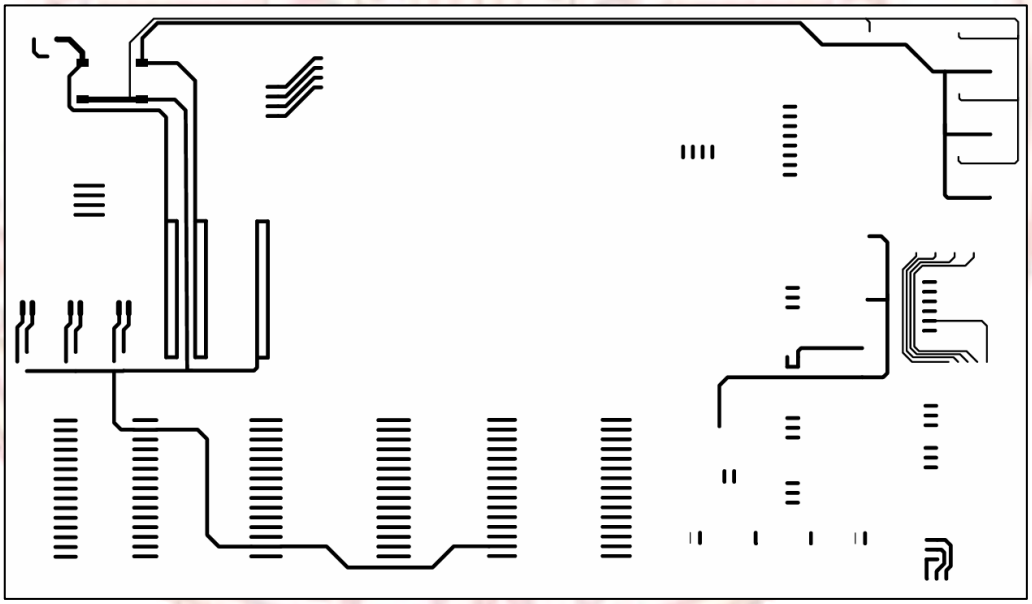
ภาพที่ 3-22 วงจร Schematic Diagram ของชุดทดลอง

3.1.4 การออกแบบวงจรพิมพ์

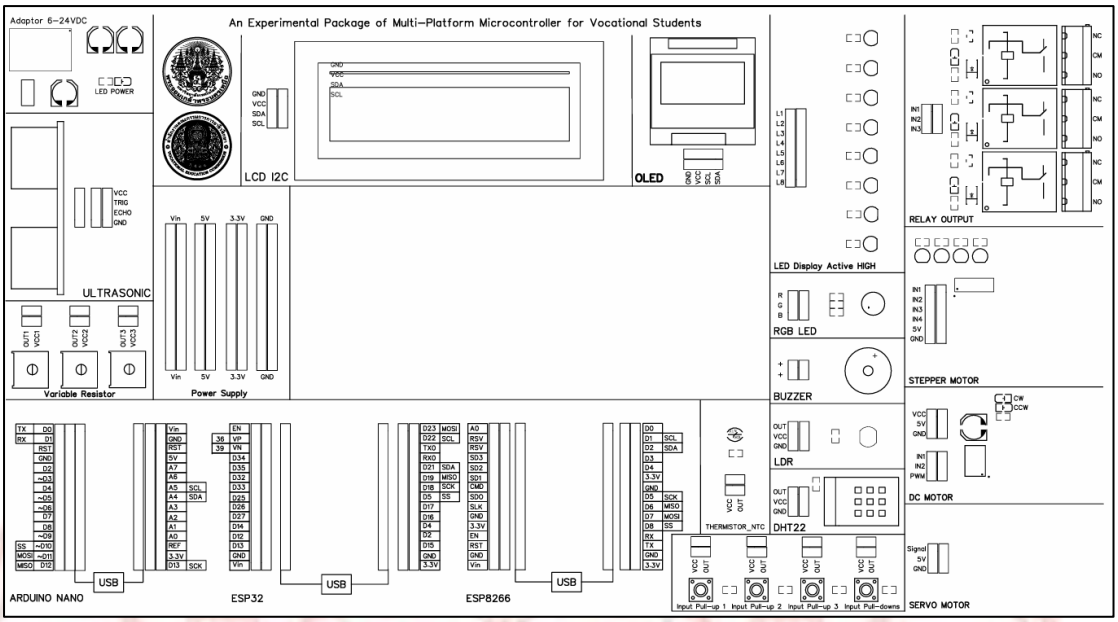
หลังจากได้ขนาดโครงร่างที่เหมาะสม กระบวนการต่อไปคือการออกแบบแผ่น PCB ที่มีขนาด 155x285 mm. เป็นแบบ 2 Layer แล่งจึงส่งไฟล์การออกแบบไปยังที่รับผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ โดยบอร์ดคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ คือ Arduino nano, ESP32, ESP8266 และอุปกรณ์ Input อุปกรณ์ Output ที่ใช้ตามที่ระบุไว้ในขอบเขตสอดคล้องกับใบงานการทดลอง การออกแบบจะแยกอุปกรณ์แต่ละตัวอย่างอิสระเชื่อมต่อกับ Header Pin ตัวผู้และตัวเมีย แล้วใช้สาย Jumper ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งตัวผู้และตัวเมีย ในการเชื่อมต่อวงจรทดลอง ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3-23 การออกแบบด้าน Top Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง



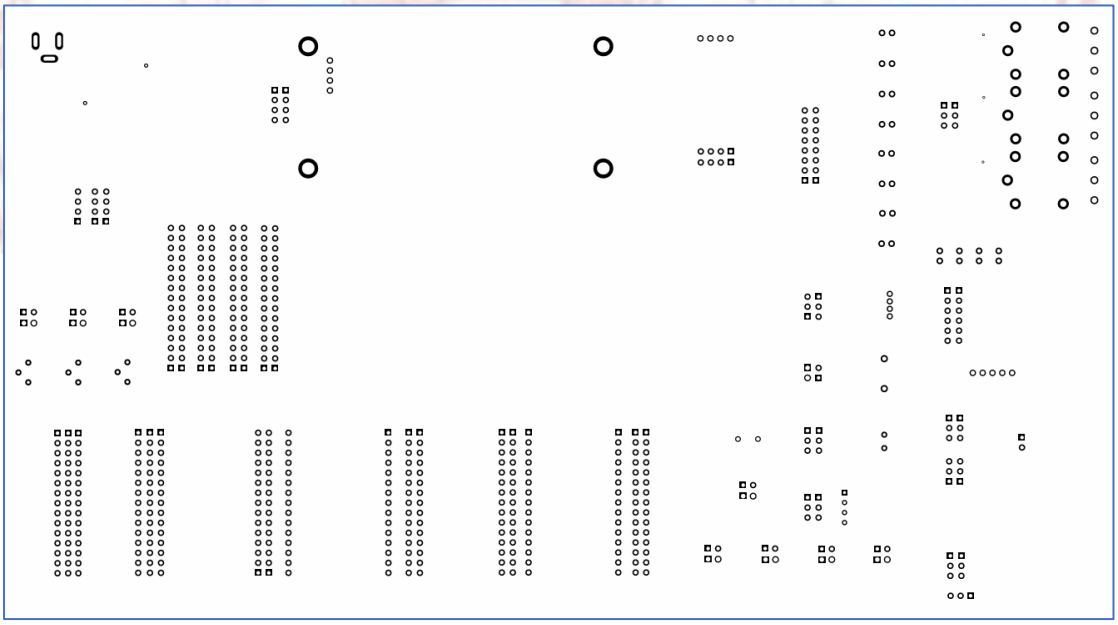
ภาพที่ 3-24 การออกแบบด้าน Bottom Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง



ภาพที่ 3-25 การออกแบบด้าน TopSilk Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง

ภาพที่ 3-26 การออกแบบด้าน BottomSilk Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง

ภาพที่ 3-27 การออกแบบด้าน BoardOut Line วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง

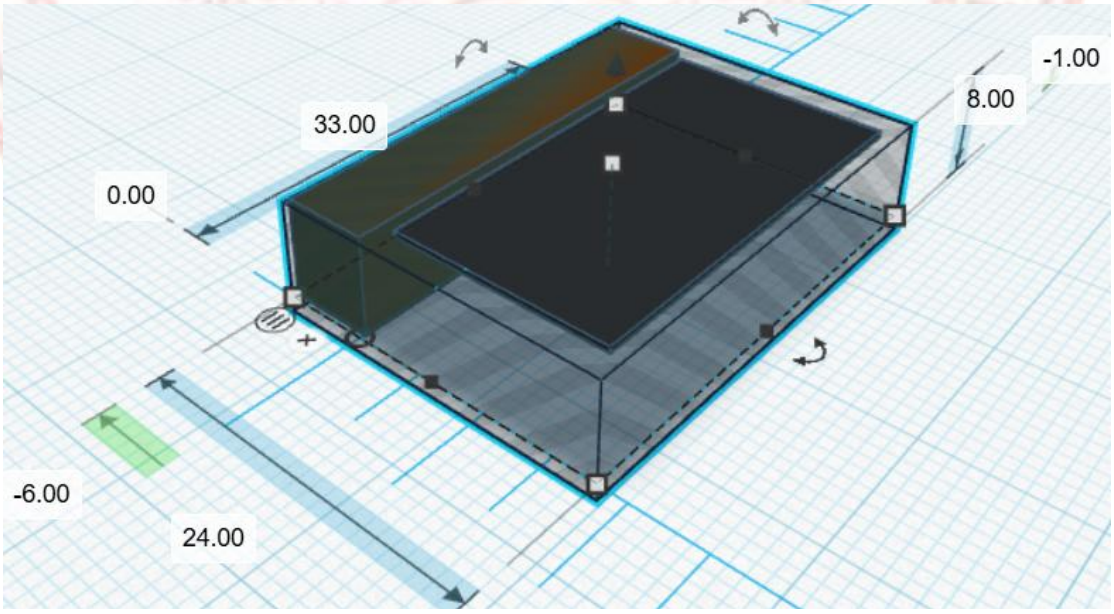


ภาพที่ 3-28 การออกแบบด้าน Multi-Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง

ภาพที่ 3-29 การออกแบบด้าน Hole วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง

3.1.5 การออกแบบชุดวางบอร์ดลงกล่องใส่อุปกรณ์อลูมิเนียม

การออกแบบชุดวางบอร์ดลงกล่องใส่อุปกรณ์อลูมิเนียม เพื่อการติดตั้งแผ่น PCB ขนาด 155x285 mm ลงในกล่องอุปกรณ์อลูมิเนียมขนาด กว้าง 24 cm, ยาว 33 cm และสูง 12 cm ให้มีความมั่นคง แข็งแรง และความปลอดภัยของวงจร พร้อมทั้งการออกแบบสัญลักษณ์บนกล่อง



ภาพที่ 3-30 การออกแบบชุดวางบอร์ดลงกล่องใส่อุปกรณ์อลูมิเนียม

ภาพที่ 3-31 การออกแบบสัญลักษณ์บนกล่อง

3.1.6 หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ

ในการดำเนินการวิจัย ทางผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์จำนวน 9 ท่าน แล้วทำหนังสือเชิญโดยออกในนามคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มาเป็นผู้ตรวจประเมินชุดทดลองดังกล่าวว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด

3.5 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือในการวิจัยเพื่อใช้ประกอบในการเขียนรายงานวิจัย ดังนี้

แบบประเมินผู้เชี่ยวชาญ ดังภาพที่ 3-35 ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำแบบประเมินดังกล่าว โดยแบ่งออกได้ 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลส่วนบุคคล

ตอนที่ 2 แบบประเมินแต่ละด้าน ประกอบไปด้วย

- แบบประเมินด้านชุดทดลอง
- แบบประเมินด้านเอกสารประกอบการทดลอง

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะทั่วไป

โดยผู้วิจัยได้ประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองซึ่งลักษณะของแบบประเมิน เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ

โดยกำหนดค่าความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย ดังนี้

คะแนนระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด

คะแนนระดับ 4 หมายถึง มาก

คะแนนระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนระดับ 2 หมายถึง น้อย

คะแนนระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

สำหรับการให้ความหมายของค่าที่วัดได้ กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายซึ่งการให้ความหมาย ของค่าเฉลี่ยเป็นช่วงคะแนนและเป็นรายข้อ ดังนี้

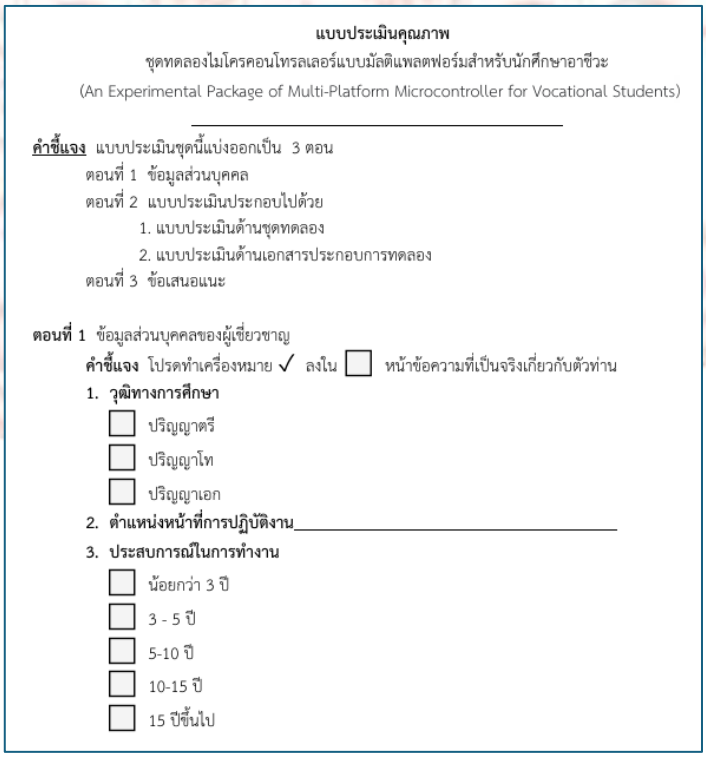
คะแนนระดับ 5 ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51–5.00 หมายถึง มากที่สุด

คะแนนระดับ 4 ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51–4.50 หมายถึง มาก

คะแนนระดับ 3 ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51–3.50 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนระดับ 2 ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51–2.50 หมายถึง น้อย

คะแนนระดับ 1 ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00–1.50 หมายถึง น้อยที่สุด



แบบประเมินคุณภาพ

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ

(An Experimental Package of Multi-Platform Microcontroller for Vocational Students)

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ตอนที่ 2 แบบประเมินประกอบไปด้วย

1. แบบประเมินด้านชุดทดลอง
2. แบบประเมินด้านเอกสารประกอบการทดลอง

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าข้อความที่เป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

1. **วุฒิทางการศึกษา**
   - ☐ ปริญญาตรี
   - ☐ ปริญญาโท
   - ☐ ปริญญาเอก
2. **ตำแหน่งหน้าที่การปฏิบัติงาน**_____
3. **ประสบการณ์ในการทำงาน**
   - ☐ น้อยกว่า 3 ปี
   - ☐ 3 - 5 ปี
   - ☐ 5-10 ปี
   - ☐ 10-15 ปี
   - ☐ 15 ปีขึ้นไป

ภาพที่ 3-32 แบบประเมินคุณภาพ

ตอนที่ 2 แบบประเมินประกอบไปด้วย

1. แบบประเมินด้านชุดทดลอง
2. แบบประเมินด้านเอกสารประกอบการทดลอง

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

เกณฑ์การประเมิน

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4 หมายถึง เห็นด้วย
3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

แบบประเมินด้านชุดทดลอง

ที่	รายการการประเมิน	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
ตอนที่ 1 การออกแบบโครงสร้าง							
1.	มีความแข็งแรงเหมาะสมกับการใช้ทดลอง						
2.	ขนาดและรูปร่างเหมาะสมกับการใช้ทดลอง						
3.	การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์มีความเหมาะสม						
4.	การระบุชื่ออุปกรณ์ถูกต้อง						
5.	อุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้ทดลอง						
ตอนที่ 2 กระบวนการทำงาน							
6.	สามารถใช้งานได้จริง						
7.	สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง						
8.	สามารถทำซ้ำการทดลองได้โดยให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและใกล้เคียงกัน						
9.	มีการแสดงผลการทำงานได้ชัดเจน						
10.	รองรับการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์หลายแพลตฟอร์ม						
ตอนที่ 3 การนำไปใช้งาน							
11.	มีความสอดคล้องกับหลักสูตรของอาชีวศึกษา						
12.	มีความปลอดภัยขณะดำเนินการเรียนการสอน						
13.	มีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ซับซ้อน						
14.	มีความสัมพันธ์กับใบงาน						
15.	มีความคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ						

ภาพที่ 3-32 (ต่อ)

แบบประเมินด้านเอกสารประกอบการทดลอง

ที่	รายการการประเมิน	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1.	เนื้อหาการทดลองมีความถูกต้อง ครบถ้วน						
2.	ใบงานมีการจัดลำดับเนื้อหาอย่างเหมาะสมกับลำดับการเรียนรู้						
3.	เนื้อหามีความชัดเจนและเข้าใจง่าย						
4.	มีเนื้อหาที่ความเหมาะสมกับระดับ (ปวช.) ของอาชีวศึกษา						
5.	มีภาพประกอบหรือแผนภาพถูกต้องชัดเจน						
6.	เนื้อหามีความทันสมัยและสามารถนำไปใช้งานได้จริง						
7.	ขั้นตอนของการทดลองชัดเจนและสามารถปฏิบัติตามได้						
8.	มีตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจ						
9.	ใบงานสามารถนำไปใช้ทดลองจริงได้						
10.	สามารถใช้เป็นแนวทางการเรียนรู้ด้วยตนเองได้						

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

( )

ภาพที่ 3-32 (ต่อ)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิต

ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) (วาโร เพ็งสวัสดิ์. 2551 : 284) ดังนี้

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

โดย $\bar{X}$ หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของค่าคะแนนทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

และการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (วาโร เพ็งสวัสดิ์. 2551 : 296) ใช้สูตรดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(X - \overline{X})}{(N-1)}} \qquad (3.2)$$

โดย $S.D.$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวน

$\overline{X}$ หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

N หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ความหมายของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า *S.D.* มาก แสดงว่า ข้อมูลมีการกระจายมาก

ค่า *S.D.* น้อย แสดงว่า ข้อมูลมีการกระจายน้อย

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

จากขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 3 ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการดำเนินงานเมื่อนำทุกส่วนมาประกอบกันเรียบร้อยแล้ว บทนี้จึงนำเสนอผลการดำเนินงานตามขอบเขตของการค้นคว้าอิสระ และคุณสมบัติด้านต่าง ๆ เพื่อให้เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้ การดำเนินงานของการค้นคว้าอิสระนี้ สามารถแบ่งผลที่ได้ออกเป็น 2 ส่วนคือ

4.1 ผลการดำเนินการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

4.2 ผลการประเมินประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

4.1 ผลการดำเนินการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

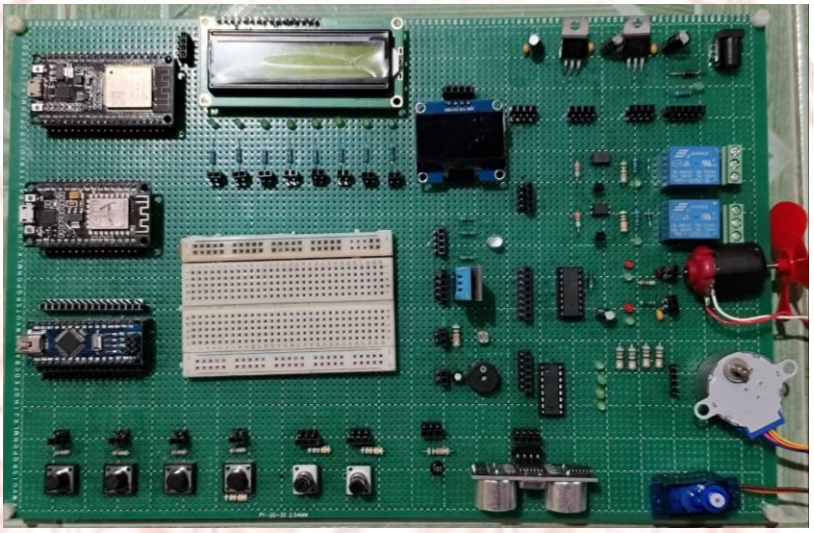
ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ บอร์ดทดลองและเอกสารประกอบการฝึกอบรม มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 บอร์ดทดลอง

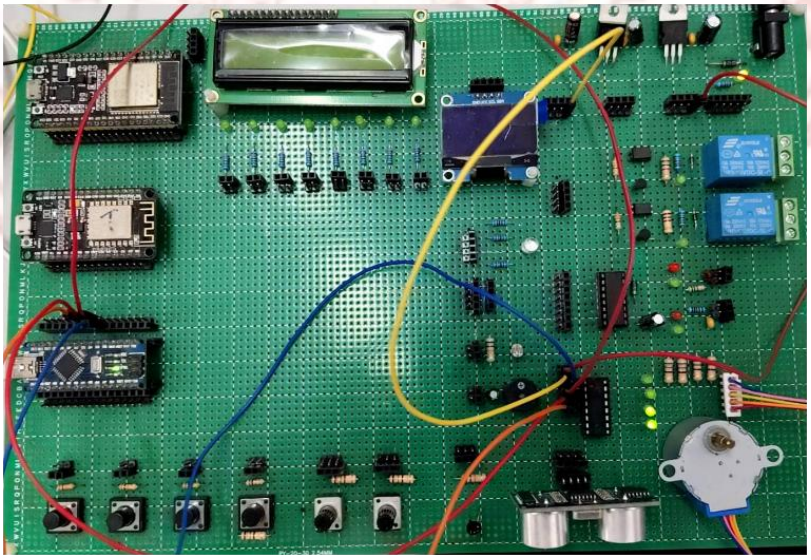
การพัฒนาชุดทดลองทางผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยเริ่มต้นทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับอุปกรณ์ ต่างๆ ถึงความเป็นไปได้ในการสร้างชุดทดลองหลังจากนั้นได้จัดทำแบบร่างชุดทดลองเบื้องต้น การทดสอบการวางอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อหาตำแหน่งและขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์ที่เหมาะสม ซึ่งจะมีอาจารย์ที่ปรึกษาคอยให้คำแนะนำ เมื่อได้แบบร่างชุดทดลองแล้วขั้นตอนต่อไปดำเนินการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้โปรแกรม EasyEDA ซึ่งแผ่นวงจรพิมพ์ในชุดทดลองนี้เป็นแบบ 2 Layer เมื่อได้ออกแบบ แผ่นวงจรพิมพ์เรียบร้อยแล้วดำเนินการสั่งผลิตแผ่นวงจรพิมพ์จากบริษัทผู้รับผลิตแผ่นวงจรพิมพ์แล้วจึงประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยการประกอบนั้นจะต้องเริ่มต้นที่อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กจนถึงอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดโดยเมื่อประกอบเสร็จแล้วดำเนินการทดสอบชุดทดลองกับอุปกรณ์แต่ละตัวว่าทำงานปกติหรือไม่แล้วจึงดำเนินการติดตั้งลงกระเป๋าใส่อุปกรณ์อะลูมิเนียม

4.1.1.1 การทดลองเบื้องต้น

ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาชุดทดลองและได้ศึกษาค้นคว้าถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อให้ทราบแนวทางในการดำเนินการจัดทำชุดทดลองต่อไป โดยได้ทดลอง เบื้องต้น ดังต่อไปนี้ การทดสอบวาง และบัดกรีอุปกรณ์ ลงบนแผ่นปริ้นเอนกประสงค์ ดังภาพที่ 4-1 และ ภาพที่ 4-2



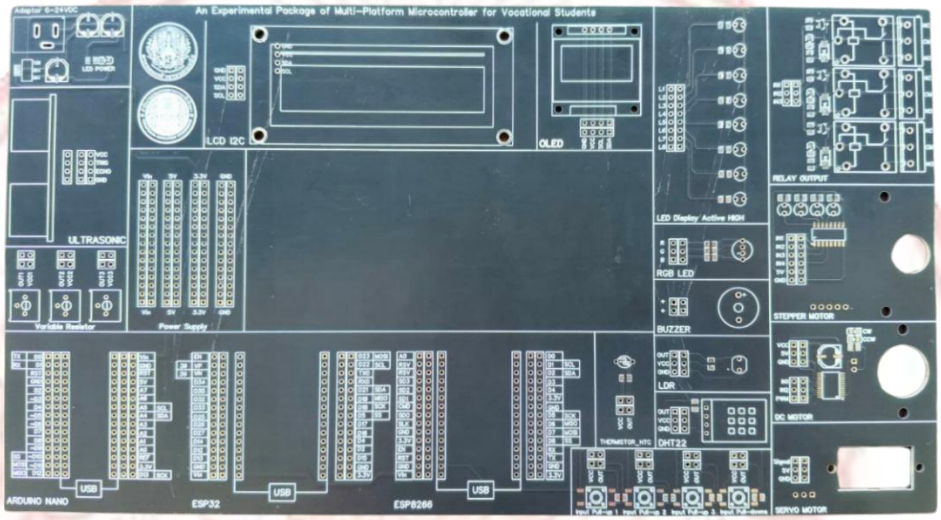
ภาพที่ 4-1 การทดสอบวาง และบัดกรีอุปกรณ์ ลงบนแผ่นปริ้นเอนกประสงค์



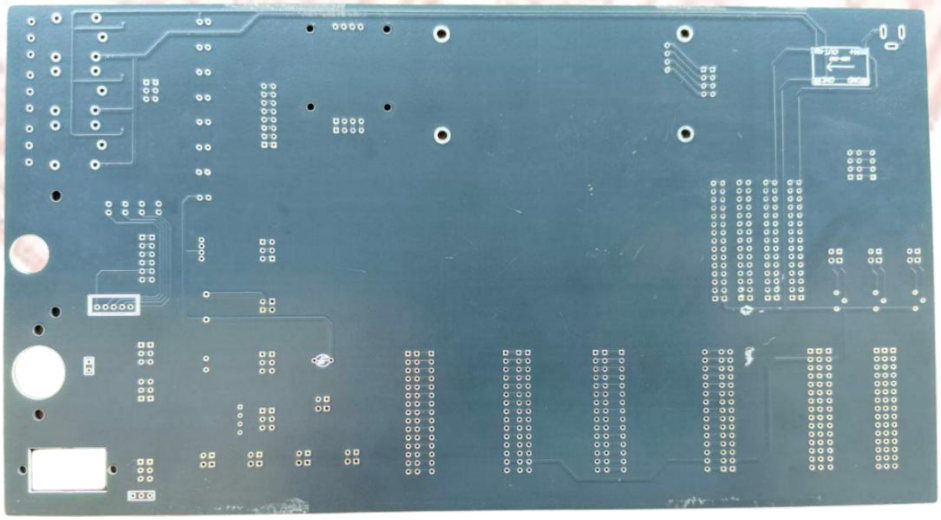
ภาพที่ 4-13 ทดสอบเขียนโปรแกรมตามแต่ล่ะใบงาน

4.1.1.2 สั่งผลิต PCB

หลังจากที่ได้ปรับปรุงขนาดของแผ่น PCB ลายวงจรพิมพ์ ตำแหน่งการวางของอุปกรณ์ และปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ ได้ขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสม คือการออกแบบแผ่น PCB ที่มีขนาด 155x285 mm. เป็นแบบ 2 Layer ผลจากการดำเนินการส่งไฟล์การออกแบบไปยังที่รับผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ ได้ดังภาพที่ 4-3 และ ภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-3 ด้าน Top Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง

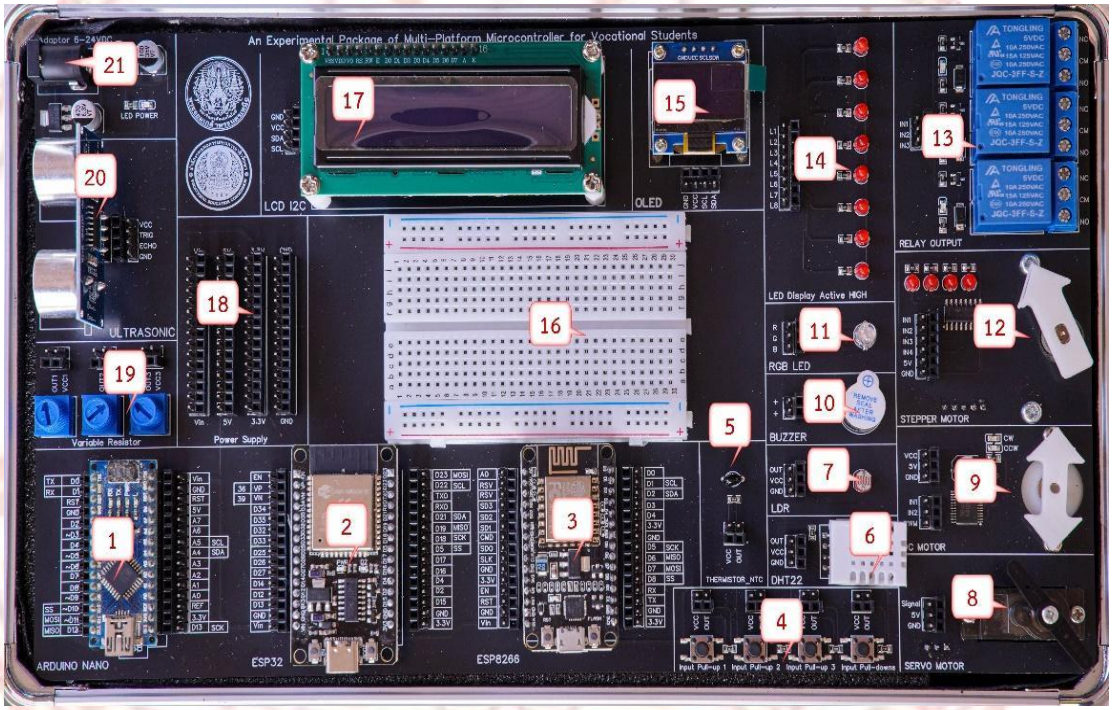


ภาพที่ 4-4 ด้าน Bottom Layer วงจรพิมพ์ของชุดทดลอง

4.1.1.3 ประกอบอุปกรณ์ลง PCB และติดตั้งชุดทดลอง

ภายในกล่องของชุดทดลอง ผู้วิจัยได้ออกแบบแผ่น PCB ที่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อรวมอยู่บนบอร์ดเดียว ขนาด 155x285 mm. แบบ 2 Layer อุปกรณ์บางตัวเป็นแบบ SMD เพื่อให้ชุดทดลองมีขนาดเล็กทำให้ระยะห่างของอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ดมีระยะห่างที่ค่อนข้างน้อย ตำแหน่งการวาง ดังภาพที่ 4-5

โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ประกอบอยู่ในบอร์ดทดลอง จำนวน 21 รายการ ดังแสดงในตารางที่ 4-1



ภาพที่ 4-5 รายละเอียดต่างๆ บนชุดทดลอง

ตารางที่ 4-1 ตำแหน่งและรายละเอียดอุปกรณ์บนชุดทดลอง

หมายเลข	รายการการ
1.	ARDUINO NANO
2.	ESP32
3.	ESP8266
4.	สวิตช์อินพุต (Switch Input)

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

หมายเลข	รายการการ
5.	เทอร์มิสเตอร์ (THERMISTOR) ชนิด NTC
6.	โมดูลอุณหภูมิและความชื้น DHT22
7.	LDR (Light Dependent Resistor) ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง
8.	เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)
9.	ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) และไอซีขับมอเตอร์
10.	BUZZER
11.	RGB LED (หลอดแสดงผล 3 สี)
12.	สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (STEPPER MOTOR) และไอซีขับมอเตอร์
13.	รีเลย์ (OUTPUT RELAY 5V)
14.	LED Display Active HIGH
15.	จอ OLED (Organic Light Emitting Diode) แบบ I^2C
16.	Proto Board
17.	จอ LCD (Liquid Crystal Display) แบบ I^2C
18.	Power Supply
19.	ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor)
20.	โมดูลอัลตร้าโซนิค (ULTRASONIC)
21.	Jack DC 5.5 x 2.5 mm.

4.1.1.4 ติดตั้งชุดทดลอง

หลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ 1 ชุด (ทำการสร้างทั้งหมด 1 ชุด) ที่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อรวมอยู่บนบอร์ดเดียวแล้ว เมื่อตรวจสอบความถูกต้องของวงจรในส่วนต่าง ๆ เรียบร้อยดี จึงทำการประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของบอร์ดทดลองลงกล่องใส่อุปกรณ์อลูมิเนียม ขนาดกว้าง 24 cm, ยาว 33 cm และสูง 12 cm ให้มีความมั่นคง แข็งแรง และความปลอดภัยของวงจร โดยมีลักษณะรูปร่าง ดังภาพที่ 4-6 ถึง ภาพที่ 4-8

ภาพที่ 4-6 ด้านหน้าของชุดทดลองขณะปิดกล่องขนาดสูง 12 cm. และ ยาว 33 cm.

ภาพที่ 4-7 ด้านข้างของชุดทดลองขณะปิดกล่องขนาดสูง 12 cm. และ ยาว 24 cm.

ภาพที่ 4-8 ด้านบนของชุดทดลองขณะปิดกล่องขนาด กว้าง 24 cm., ยาว 33 cm. และสูง 12 cm.

ภายในกล่องของชุดทดลอง ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีที่สำหรับเก็บอุปกรณ์เพิ่มเติม ขนาดกว้าง 6 cm, ยาว 31.5 cm และสูง 7 cm เพื่อใช้สำหรับเก็บสายอัปโหลดโปรแกรม, สายสำหรับเชื่อต่อวงจร, อะแดปเตอร์สำหรับป้อนไฟเลี้ยงจากภายนอกให้กับชุดทดลอง หรือใส่อุปกรณ์อื่นที่ผู้ใช้งานต้องการใช้เพิ่ม ทำให้สามารถนำชุดทดลองไปใช้งานได้โดยอุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกบรรจุไว้ในกล่องเดียว โดยมีลักษณะด้านในเมื่อเปิดกล่อง ดังภาพที่ 4-9 ถึง ภาพที่ 4-13

ภาพที่ 4-9 ตำแหน่งสำหรับเก็บอุปกรณ์เพิ่มเติม ขนาด กว้าง 6 cm., ยาว 31.5 cm. และสูง 7 cm.

ภาพที่ 4-10 ด้านหน้าของชุดทดลองขณะเปิดกล่อง

ภาพที่ 4-11 ด้านขวาของชุดทดลองขณะเปิดกล่อง

ภาพที่ 4-12 ด้านซ้ายของชุดทดลองขณะเปิดกล่อง

4.1.2 เอกสารสำหรับการปฏิบัติงานจำนวน 18 ใบงาน มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ใบงานที่ 1 การติดตั้งซอฟแวร์ Arduion IDE จำนวน 16 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 1.1 การโหลดซอฟต์แวร์ Arduino IDE

การทดลองที่ 1.2 การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

การทดลองที่ 1.3 การติดตั้งไดรเวอร์ และการทดสอบอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ใบงานที่ 2 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม จำนวน 37 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 2.1 การใช้คำสั่ง Serial.begin( ); เพื่อกำหนดความเร็ว (baud rate) ของการสื่อสาร

การทดลองที่ 2.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่าตัวแปรแบบ array 1 มิติ

การทดลองที่ 2.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่าตัวแปรแบบ array 2 มิติ

การทดลองที่ 2.4 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง if

การทดลองที่ 2.5 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง if...else แบบ 2 ทางเลือก

การทดลองที่ 2.6 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง if...else แบบหลายทางเลือก

การทดลองที่ 2.7 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง for

การทดลองที่ 2.8 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง switch case

การทดลองที่ 2.9 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง while

การทดลองที่ 2.10 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง do...while

ใบงานที่ 3 การใช้งาน Digital pins output จำนวน 16 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 3.1 โปรแกรมไฟกระพริบ 1 ดวง แบบที่ 1

การทดลองที่ 3.2 โปรแกรมไฟกระพริบ 1 ดวง แบบที่ 2

การทดลองที่ 3.3 โปรแกรมไฟกระพริบ 1 ดวง แบบที่ 3

การทดลองที่ 3.4 โปรแกรมไฟกระพริบ 1 ดวง แบบที่ 4

การทดลองที่ 3.5 โปรแกรมไฟวิ่งหลายดวง แบบที่ 1

การทดลองที่ 3.6 โปรแกรมไฟวิ่งหลายดวง แบบที่ 2 (คำสั่ง for)

ใบงานที่ 4 การใช้งาน Digital pins input จำนวน 14 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 4.1 โปรแกรมสวิตช์แบบ Pull-up ควบคุมการแสดงข้อความ

การทดลองที่ 4.2 โปรแกรมสวิตช์แบบ Pull-up ควบคุมการเปิด-ปิด LED

การทดลองที่ 4.3 โปรแกรมสวิตช์แบบ Pull-downs ควบคุมการเปิด-ปิด LED

การทดลองที่ 4.4 โปรแกรมสวิตช์ควบคุมการเปิด-ปิด LED 2 ดวง

ใบงานที่ 5 การใช้งาน Analog input, output จำนวน 10 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 5.1 โปรแกรมแสดงค่าที่อ่านได้จากขา Analog Input ใน Serial Monitor

การทดลองที่ 5.2 โปรแกรมปรับความสว่างของ LED ตามค่าที่ได้จากโพเทนชิโอมิเตอร์ แบบที่ 1

การทดลองที่ 5.3 โปรแกรมปรับความสว่างของ LED ตามค่าที่ได้จากโพเทนชิโอมิเตอร์ แบบที่ 2

ใบงานที่ 6 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC จำนวน 12 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 6.1 โปรแกรมแสดงค่าที่อ่านได้จากขา Analog Input ใน Serial Monitor

การทดลองที่ 6.2 การเขียนโปรแกรมแปลงอุณหภูมิจากเคลวินเป็นเซลเซียส (°C)

การทดลองที่ 6.3 การเขียนโปรแกรมแปลงอุณหภูมิจากเคลวินเป็นเซลเซียส (°C) แสดงผล 3 ระดับผ่าน RGB LED

ใบงานที่ 7 การวัดอุณหภูมิและความชื่นด้วยโมดูล DHT22 จำนวน 14 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 7.1 การเขียนโปรแกรมวัดอุณหภูมิและความชื้นด้วยโมดูล DHT22

การทดลองที่ 7.2 การเขียนโปรแกรมควบคุม LED ตามอุณหภูมิ

การทดลองที่ 7.3 การเขียนโปรแกรมแสดงผลอุณหภูมิ 3 ระดับ ผ่าน RGB LED

ใบงานที่ 8 การวัดระยะด้วยโมดูลอัลตร้าโซนิค จำนวน 12 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 8.1 การวัดระยะด้วยโมดูลอัลตร้าโซนิคแสดงผลผ่าน Serial Monitor

การทดลองที่ 8.2 การควบคุม LED ตามระยะที่วัดได้ด้วยโมดูลอัลตร้าโซนิค

การทดลองที่ 8.3 การควบคุม Buzzer แจ้งเตือน 2 ระดับ ด้วยโมดูลอัลตร้าโซนิค

ใบงานที่ 9 การควบคุมดีซีมอเตอร์ จำนวน 13 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 9.1 การเขียนโปรแกรมควบคุมทิศทางและความเร็วของดีซีมอเตอร์

การทดลองที่ 9.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ 3 ระดับ ผ่านสวิตช์

การทดลองที่ 9.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วย Variable Resistor

ใบงานที่ 10 การควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ จำนวน 12 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 10.1 การเขียนโปรแกรมควบคุม Stepper Motor แบบ 1 เฟส

การทดลองที่ 10.2 การเขียนโปรแกรมควบคุม Stepper Motor แบบ 2 เฟส

การทดลองที่ 10.3 การเขียนโปรแกรมควบคุม Stepper Motor แบบ Half Step

ใบงานที่ 11 ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ จำนวน 11 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 11.1 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์หมุน 3 ตำแหน่ง

การทดลองที่ 11.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์หมุนไปกลับแบบต่อเนื่อง

การทดลองที่ 11.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้

ใบงานที่ 12 การใช้งานอินเตอร์รัพท์ จำนวน 8 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 12.1 การเขียนโปรแกรมอินเตอร์รัพท์หยุดการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ แสดงสถานะด้วย LED

ใบงานที่ 13 การแสดงผลด้วยจอ LCD ที่เชื่อมต่อแบบ I2C จำนวน 13 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 13.1 การเขียนโปรแกรมแสดงข้อความ

การทดลองที่ 13.2 การเขียนโปรแกรมแสดงผลสลับข้อความทุก 2 วินาที

การทดลองที่ 13.3 การเขียนโปรแกรมแสดงค่าจาก Variable Resistor

ใบงานที่ 14 การเขียนโปรแกรมแสดงผลด้วยจอ OLED จำนวน 14 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 14.1 การเขียนโปรแกรมการแสดงผลด้วยจอ OLED

การทดลองที่ 14.2 การเขียนโปรแกรมการแสดงอนิเมชันวิ่งจากซ้ายไปขวา

การทดลองที่ 14.3 การเขียนโปรแกรมการแสดงค่าจาก Variable Resistor

ใบงานที่ 15 การเขียนโปรแกรมส่งข่องมูลแบบอนุกรม (SerialPort) จำนวน 14 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 15.1 การติดตั้ง และทดสอบบอร์ด ESP8266

การทดลองที่ 15.2 การเขียนโปรแกรมการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (SerialPort)

การทดลองที่ 15.3 การเขียนโปรแกรมการส่งข้อมูลแบบอนุกรมควบคุม LED

ใบงานที่ 16 การเขียนโปรแกรมใช้งานไทม์เมอร์ จำนวน 19 หน้า ประกอบด้วย

การทดลองที่ 16.1 การเขียนโปรแกรมแสดงเวลาปัจจุบัน

การทดลองที่ 16.2 การเขียนโปรแกรมแสดงเวลาปัจจุบันด้วยตัวแปร

การทดลองที่ 16.3 การเขียนโปรแกรมโดยใช้ millis(); แทน delay();
การทดลองที่ 16.4 การเขียนโปรแกรมโดยใช้ millis( ); แทน delay( ); แบบที่ 2
การทดลองที่ 16.5 การเขียนโปรแกรม Multi-tasking แบบ 2 งาน
การทดลองที่ 16.6 การเขียนโปรแกรม Multi-tasking แบบ 3 งาน
ใบงานที่ 17 การใช้งานกับ IoT เบื้องต้น จำนวน 17 หน้า ประกอบด้วย
การทดลองที่ 17.1 การใช้งาน Blynk IoT
การทดลองที่ 17.2 การเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับ Blynk IoT
ใบงานที่ 18 การใช้งาน IoT เบื้องต้น ควบคุมรีเลย์ จำนวน 18 หน้า ประกอบด้วย
การทดลองที่ 18.1 การใช้งาน IoT เบื้องต้น ควบคุมLED
การทดลองที่ 18.2 การใช้งาน IoT เบื้องต้น ควบคุมรีเลย์
การทดลองที่ 18.3 การใช้งาน IoT เบื้องต้น ควบคุมรีเลย์ 3 ตัว

ภาพที่ 4-13 ใบงานทดลอง

4.2 การประเมินประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

จากการประเมินประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านวิชาการศึกษาและไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอย่างดีจำนวน 9 ท่าน โดยการประเมินแบ่งเป็นด้านด้านชุดทดลอง และด้านเอกสารประกอบการทดลอง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ความหมายของค่าเฉลี่ย

คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง ไม่เห็นด้วย
	1.51 – 2.50	หมายถึง เห็นด้วยน้อย
	2.51 – 3.50	หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

3.51 – 4.50 หมายถึง เห็นด้วยมาก

4.51 – 5.00 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

การหาค่าเฉลี่ย (Mean) ของการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน ในแต่ละด้านของการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จะใช้สมการดังนี้

ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) (วาโร เพ็งสวัสดิ์. 2551 : 284) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \qquad (4.1)$$

โดย $\bar{X}$ หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของค่าคะแนนทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

และการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (วาโร เพ็งสวัสดิ์. 2551 : 296) ใช้สูตรดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \overline{X})}{(N-1)}} \qquad (4.2)$$

โดย $S.D.$ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวน

$\overline{X}$ หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

N หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ความหมายของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า *S.D.* มาก แสดงว่า ข้อมูลมีการกระจายมาก

ค่า *S.D.* น้อย แสดงว่า ข้อมูลมีการกระจายน้อย

ตารางที่ 4-2 สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านชุดทดลอง ที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

รายการการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
ตอนที่ 1 การออกแบบโครงสร้าง			
1.1 มีความแข็งแรงเหมาะสมกับการใช้ทดลอง	4.78	0.35	เห็นด้วยมากที่สุด
1.2 ขนาดและรูปร่างเหมาะสมกับการใช้ทดลอง	4.89	0.20	เห็นด้วยมากที่สุด
1.3 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์มีความเหมาะสม	4.33	0.44	เห็นด้วยมาก
1.4 การระบุชื่ออุปกรณ์ถูกต้อง	4.89	0.20	เห็นด้วยมากที่สุด
1.5 อุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้ทดลอง	4.78	0.35	เห็นด้วยมากที่สุด
รวม ตอนที่ 1	**4.73**		**เห็นด้วยมากที่สุด**
ตอนที่ 2 กระบวนการทำงาน			
2.1 สามารถใช้งานได้จริง	4.78	0.35	เห็นด้วยมากที่สุด
2.2 สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง	4.56	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
2.3 สามารถทำซ้ำการทดลองได้โดยให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและใกล้เคียงกัน	4.78	0.35	เห็นด้วยมากที่สุด
2.4 มีการแสดงผลการทำงานได้ชัดเจน	4.78	0.35	เห็นด้วยมากที่สุด
2.5 รองรับการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์หลายแพลตฟอร์ม	4.44	0.49	เห็นด้วยมาก
รวม ตอนที่ 2	**4.67**		**เห็นด้วยมากที่สุด**
ตอนที่ 3 การนำไปใช้งาน			
3.1 มีความสอดคล้องกับหลักสูตรของอาชีวศึกษา	4.44	0.49	เห็นด้วยมาก

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

รายการการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
3.2 มีความปลอดภัยในขณะดำเนินการเรียนการสอน	4.44	0.49	เห็นด้วยมาก
3.3 มีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ซับซ้อน	4.44	0.49	เห็นด้วยมาก
3.4 มีความสัมพันธ์กับใบงาน	4.78	0.35	เห็นด้วยมากที่สุด
3.5 มีความคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ	4.67	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
รวม ตอนที่ 3	**4.56**		**เห็นด้วยมากที่สุด**
รวมทั้งหมด	**4.65**		**เห็นด้วยมากที่สุด**

จากตารางที่ 4.1 สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านชุดทดลอง ที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จะให้เห็นภาพรวมของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่านที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญใน ตอนที่ 1 การออกแบบโครงสร้าง เห็นด้วยมากที่สุด มี 4 หัวข้อ ได้แก่ มีความแข็งแรงเหมาะสมกับการใช้ทดลอง ขนาดและรูปร่างเหมาะสมกับการใช้ทดลอง การระบุชื่ออุปกรณ์ถูกต้อง และอุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้ทดลอง เห็นด้วยมาก มี 1 หัวข้อ คือ การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.73

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญใน ตอนที่ 2 กระบวนการทำงาน เห็นด้วยมากที่สุด มี 4 หัวข้อ ได้แก่ สามารถใช้งานได้จริง สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง สามารถทำซ้ำการทดลองได้โดยให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและใกล้เคียงกัน มีการแสดงผลการทำงานได้ชัดเจน เห็นด้วยมาก มี 1 หัวข้อ คือ รองรับการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์หลายแพลตฟอร์ม มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.67

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญใน ตอนที่ 3 กระบวนการทำงาน เห็นด้วยมากที่สุด มี 2 หัวข้อ ได้แก่ มีความสัมพันธ์กับใบงาน มีความคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ เห็นด้วยมาก มี 3 หัวข้อ คือ มี

ความสอดคล้องกับหลักสูตรของอาชีวศึกษา มีความปลอดภัยในขณะดำเนินการเรียนการสอน มีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ซับซ้อน มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.56

สรุปโดยรวม มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.65

ตารางที่ 4-3 สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านเอกสารประกอบการทดลอง ที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

รายการการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**ระดับความคิดเห็น**
1. เนื้อหาการทดลองมีความถูกต้อง ครบถ้วน	4.44	0.49	เห็นด้วยมาก
2. ใบงานมีการจัดลำดับเนื้อหาอย่างเหมาะสมกับลำดับการเรียนรู้	4.56	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
3. เนื้อหามีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.89	0.20	เห็นด้วยมากที่สุด
4. มีเนื้อหาที่ความเหมาะสมกับระดับ (ปวช.) ของอาชีวศึกษา	4.56	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
5. มีภาพประกอบหรือแผนภาพถูกต้องชัดเจน	4.56	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
6. เนื้อหามีความทันสมัยและสามารถนำไปใช้งานได้จริง	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
7. ขั้นตอนของการทดลองชัดเจนและสามารถปฏิบัติตามได้	4.67	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
8. มีตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจ	4.56	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
9. ใบงานสามารถนำไปใช้ทดลองจริงได้	4.89	0.20	เห็นด้วยมากที่สุด

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

รายการการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
10. สามารถใช้เป็นแนวทางการเรียนรู้ด้วยตนเองได้	4.67	0.44	เห็นด้วยมากที่สุด
รวมทั้งหมด	**4.68**	**0.44**	**เห็นด้วยมากที่สุด**

จากตารางที่ 4.2 สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านเอกสารประกอบการทดลองที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จะให้เห็นภาพรวมของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่านที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีความคิดเห็นใน ระดับเห็นด้วยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.68 หัวข้อที่ได้รับความเห็นด้วยมากที่สุด มี 9 หัวข้อ หัวข้อที่ได้รับความเห็นด้วยมาก มี 1 หัวข้อ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอน ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และ 2) เพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

การดำเนินงานการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ฯ เริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูล การกำหนดวัตถุประสงค์ของชุดฝึกอบรม จัดทำเอกสาร ใบงาน ของแต่ละหัวข้อทั้งหมด 18 หัวข้อ และสร้างบอร์ดทดลองจากแผ่น PCB โดยเป็นการสร้างด้วยการสั่งผลิตแทนการสร้างด้วยตนเอง เนื่องจากแผ่น PCB จำเป็นต้องสร้างในมาตรฐาน PTH (Plat through Hole) จากนั้นทำการประกอบบอร์ดทดลองและทดสอบการใช้งานของบอร์ด สุดท้ายได้ทำการขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้วยการประเมินความคิดเห็นประกอบไปด้วย 2 ด้าน คือ ด้านบอร์ดทดลอง และด้านเอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน ในชุดทดลองจะประกอบไปด้วย

5.1.1 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จำนวน 1 ชุด

5.1.2 ใบงานการทดลอง 18 ใบงาน จำนวนหน้า 276 หน้า

5.1.3 ไฟล์นำเสนอตามใบงานการทดลอง จำนวน 18 ไฟล์

5.2 อภิปรายผล

จากที่ได้รับความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านวิชาการศึกษาและไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 9 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพของชุดทดลองและเอกสารประกอบการทดลอง

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน โดยประเมินชุดทดลองจาก 2 ด้าน ผลปรากฏว่าด้านชุดทดลอง สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านชุดทดลอง ที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จะให้เห็นภาพรวมของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่านที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติ

แพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.65 หัวข้อที่ ได้รับความเห็นด้วยมากที่สุด มี 10 หัวข้อ หัวข้อที่ได้รับความเห็นด้วยมาก มี 5 หัวข้อ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านเอกสารประกอบ การทดลอง สรุปการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ ด้านเอกสารประกอบการทดลอง ที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ จะให้เห็นภาพรวมของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่านที่มีต่อชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีความคิดเห็นใน ระดับเห็นด้วยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.68 หัวข้อที่ได้รับความเห็นด้วยมากที่สุด มี 9 หัวข้อ หัวข้อที่ได้รับความเห็นด้วยมาก มี 1 หัวข้อ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกันกัน จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพนี้ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 หากต้องการนำชุดทดลองไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มเติม ในชุดการทดลองนี้สามารถควบคุมได้ ผ่านทางรีเลย์ 5V ซึ่งในชุดทดลองได้ออกแบบไว้จำนวน 3 ตัว ผู้ใช้สามารถออกแบบใบงานเพิ่มเติม หรือนำไปใช้งานที่ต้องการควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ จากภายนอกได้

5.3.2 ในชุดทดลองได้ติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ทั้งหมด 3 ตัว คือ Arduino nano, ESP8266 และ ESP32 นอกเหนือจากการทดลองตามเอกสารประกอบของชุดทดลองนี้แล้ว ผู้ใช้สามารนำไปออกแบบใบงานเพิ่มเติมในการทำวิจัยที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano, ESP8266 และ ESP32

5.3.3 ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ จากการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

5.3.3.1 เป็นชุดทดลองที่สามารถลดระยะเวลาในการฝึกปฏิบัติของผู้เรียนได้ดีมาก

5.3.3.2 เป็นชุดทดลองที่สามารถใช้ในการเรียการสอนของสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ในระดับ ปวช. และปวส. ได้เป็นอย่างดี

5.3.3.3 ชุดทดลองนี้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์

5.3.3.4 ชุดทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์และรายวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้จริง

5.3.3.5 เป็นชุดทดลองที่ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น

5.4 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนาครั้งต่อไป

5.4.1 ควรเพิ่มความหลากหลายของใบงานและอุปกรณ์ ปรับเพิ่มวัตถุประสงค์ของใบงาน เพื่อให้ครอบคลุมทักษะที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การเพิ่มใบงานที่เกี่ยวข้องกับ IoT ขั้นสูง หรือการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม 4.0 เพิ่มอุปกรณ์ที่ทันสมัย เช่น เซ็นเซอร์วัดคุณภาพอากาศ (MQ-2, MQ-135) หรือโมดูลสื่อสารไร้สายแบบ LoRa เพื่อรองรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

5.4.2 ควรปรับปรุงด้านการออกแบบและใช้งาน ปรับขนาดของหมายเลขตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ดทดลองให้ชัดเจนและอ่านง่าย เพื่อลดความสับสนในการใช้งาน เพิ่มช่องทางเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น การออกแบบพอร์ตขยาย (Extension Port) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถต่อยอดการทดลองได้ง่ายขึ้น

5.4.3.การพัฒนาด้านซอฟต์แวร์และเอกสารประกอบ ควรเพิ่มตัวอย่างโค้ดโปรแกรมที่หลากหลาย ในเอกสารประกอบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้การเขียนโปรแกรมในรูปแบบที่แตกต่างกัน จัดทำวิดีโอการสอนหรือคู่มือออนไลน์ เพื่อเสริมความเข้าใจในการใช้งานชุดทดลอง และช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ

5.4.4 การขยายขอบเขตการใช้งาน ควรพัฒนาชุดทดลองสำหรับระดับการศึกษาที่สูงขึ้น เช่น ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) หรือระดับปริญญาตรี เพิ่มใบงานที่เน้นการแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ (Problem-based Learning) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และนวัตกรรม

บรรณานุกรม

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2563). การประยุกต์ใช้ Blynk IoT Platform ในการเรียนการสอนด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 16(3), 78-90.

ทิศนา แขมมณี. (2563). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 24). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนกฤต โตวิกกัย. (2563). องค์ประกอบและการทำงานของระบบ Blynk IoT สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันควบคุมอุปกรณ์อัจฉริยะ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 28(2), 219-235.

นวัตพล ศรีสวัสดิ์. (2564). การพัฒนาทักษะด้านไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับนักศึกษาอาชีวศึกษาในยุคอุตสาหกรรม 4.0. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 15(2), 58-71.

ประภาส สุวรรณเพชร. (2565). เรียนรู้และลองเล่น Arduino เบื้องต้น (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). เอกสารประกอบการเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ระดับ ปวส. (30105-2007).

พิชญ์ รัตนพันธ์. (2564). การออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ด้วย Blynk สำหรับการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทราพร บุญนิกร. (2564). การเตรียมความพร้อมด้านทักษะเทคโนโลยี IoT สำหรับนักศึกษาอาชีวศึกษาในยุคอุตสาหกรรม 4.0. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 20(1), 145-157.

มาลี เกื้อนพกุล. (2564). การประยุกต์ใช้ Blynk IoT ในการพัฒนาทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรม. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร, 15(2), 112-124.

มิตรชัย สมส่งกุล. (2564). การประยุกต์ใช้ ESP32 ในการเรียนการสอนเทคโนโลยี IoT สำหรับนักศึกษาระดับอาชีวศึกษา. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 17(3), 112-126.

วรเทพ ปัญญานันท์. (2566). การใช้ Raspberry Pi Pico และ MicroPython ในการพัฒนาทักษะการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 22(1), 85-94.

วิจารณ์ พานิช. (2565). การเรียนรู้เชิงรุกด้วยปัญหาเป็นฐาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มูลนิธิสยามกัมมาจล.

บรรณานุกรม (ต่อ)

วิโรจน์ พานิชกุล. (2566). ผลการใช้ Arduino ในการเรียนการสอนวิชาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 20(2), 45-53.

ศศิธร แสงนรินทร์. (2565). หลักการออกแบบชุดทดลองสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ อรรคทิมากูล. (2565). หลักการและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เทคนิค.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2565). แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2565-2569. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สุมาลี ชัยเจริญ. (2564). ทฤษฎีการเรียนรู้และการประยุกต์สู่การเรียนการสอน. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรเดช มีชำนาญ. (2565). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32 สำหรับงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ใบงานการทดลอง

ภาพที่ ก-14 ใบงานการทดลอง

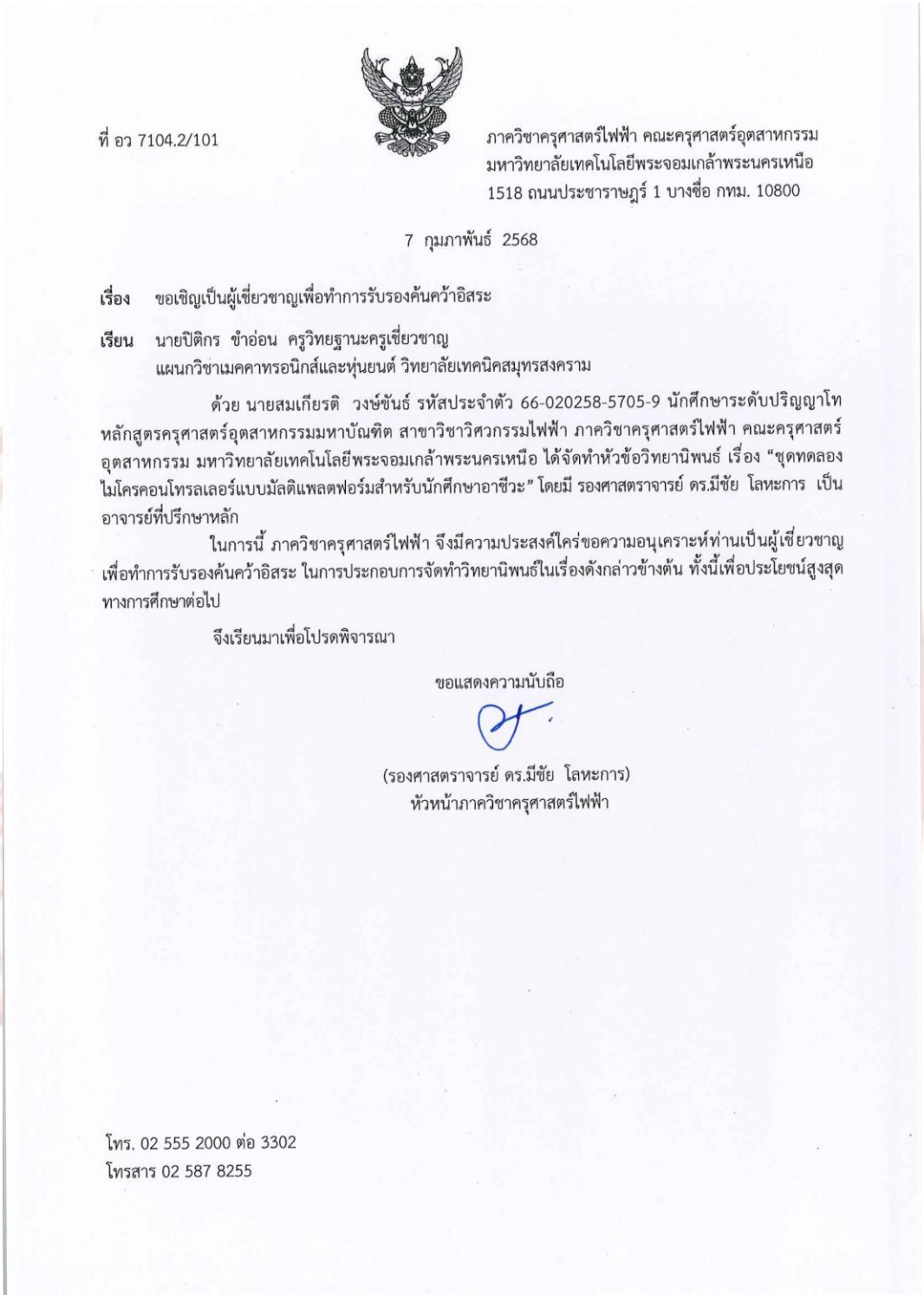
ภาคผนวก ข
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับที่	รายนามผู้เชี่ยวชาญ	วุฒิการศึกษาสูงสุด	ตำแหน่งปัจจุบัน	หน้าที่พิเศษ
1	นายปิติกร ชำอ่อน วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	ค.อ.ม. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2546	ครู วิทยฐานะครูเชี่ยวชาญ แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ และหุ่นยนต์	หัวหน้าแผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์ และหุ่นยนต์
2	นายทศพร เกตุแก้ว วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	ค.อ.ม. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2554	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์	หัวหน้าแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์
3	นางวิภารัตน์ พุกเงิน วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	ค.อ.ม. คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2544	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ	ผู้ช่วยหัวหน้า แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
4	นางสาวรุ่งอรุณ ประจักจิตร์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	ปร.ด. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2559	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ	-
5	นายชัยวัฒน์ ศรสงคราม วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	ค.อ.บ.ครุศาสตร์วิศวกรรม (วิศวกรรมโทรคมนาคม) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2555	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์	หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน
6	นายนล โหรวิชิต วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	ค.อ.บ. อิเล็กทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2544	ครู วิทยฐานะ - แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์	ผู้ช่วยหัวหน้า แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์
7	นายก้องณพัฒน์ รุ่งเรืองจินดา วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	ค.อ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2563	ครู วิทยฐานะ - แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์	ผู้ช่วยหัวหน้า แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์
8	นายสิทธิกร นาเจริญ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	วท.ม. วิศวกรรมเครือข่าย จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2562	ครู วิทยฐานะ - แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์	หัวหน้างานวิทยบริการและห้องสมุด
9	นางสาวธัญญธร ผิวผ่อง วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม	วศ.บ.วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำเร็จการศึกษาเมื่อ ปีการศึกษา 2554	ครู วิทยฐานะ - แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์	หัวหน้างานครูที่ปรึกษา

ภาพที่ ข-1 ตารางรายนามผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ค

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ 9 ท่าน



ที่ อว 7104.2/101

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นายปิติกร ขำอ่อน ครูวิทยฐานะครูเชี่ยวชาญ
แผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ

ที่ อว 7104.2/102

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นายทศพร เกตุแก้ว ครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ
แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)

ที่ อว 7104.2/103

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นางวิภารัตน์ พุกเงิน ครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ
แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)

ที่ อว 7104.2/104

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นางสาวรุ่งอรุณ ประจักจิตร์ ครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ
แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)

ที่ อว 7104.2/105

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นายชัยวัฒน์ ศรสงคราม ครูวิทยฐานะครูชำนาญการ
แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)

ที่ อว 7104.2/106

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นายนล โหรวิชิต
แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)

ที่ อว 7104.2/107

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นายก้องณพัฒน์ รุ่งเรืองจินดา
แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)

ที่ อว 7104.2/108

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นายสิทธิกร นาเจริญ
แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

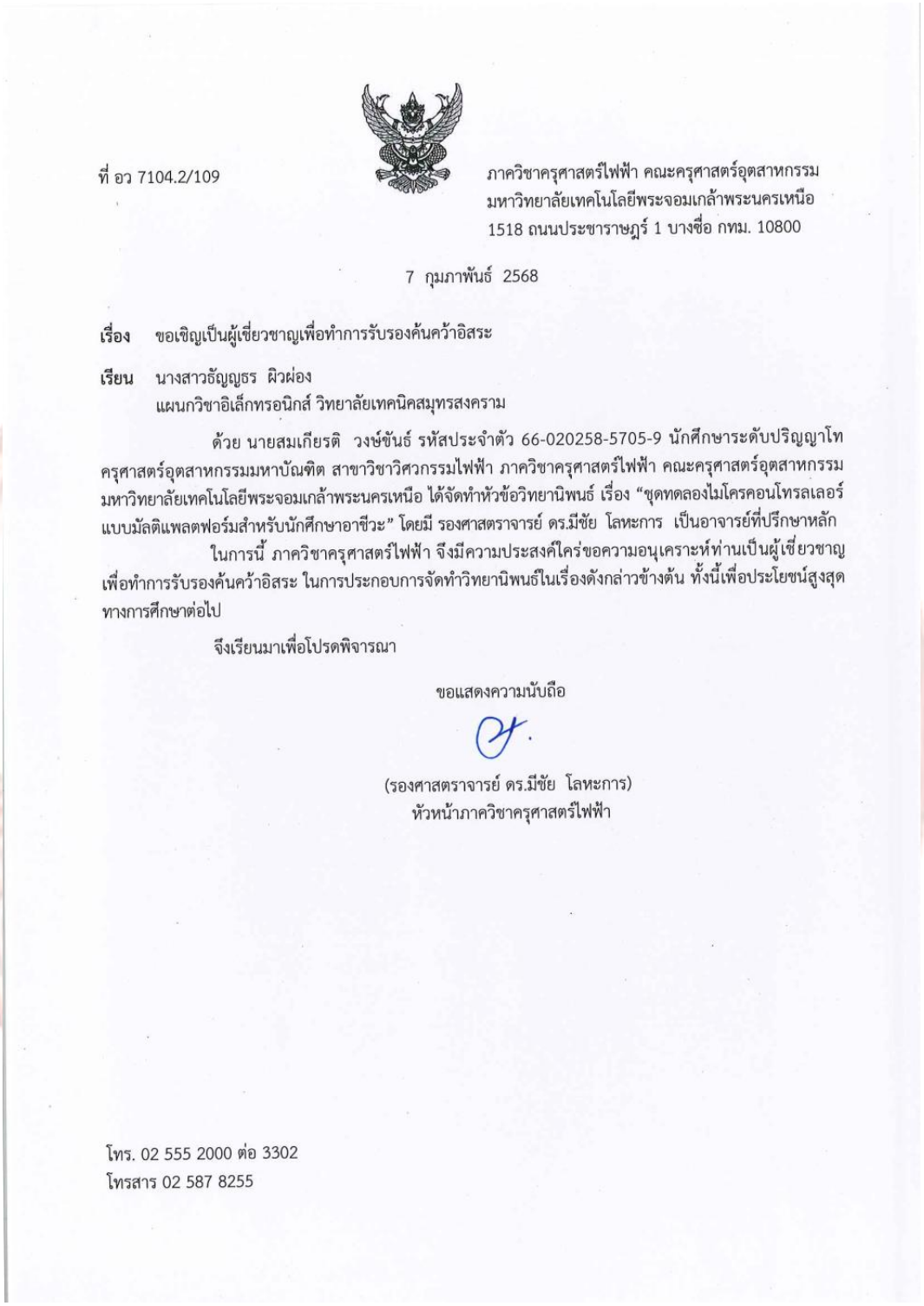
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)



ที่ อว 7104.2/109

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

7 กุมภาพันธ์ 2568

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ

เรียน นางสาวธัญญธร ผิวผ่อง
แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ด้วย นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์ รหัสประจำตัว 66-020258-5705-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้จัดทำหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการรับรองค้นคว้าอิสระ ในการประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย โลหะการ)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

ภาพที่ ค-1 (ต่อ)

ภาคผนวก ง

แบบประเมินประสิทธิภาพ

แบบประเมินคุณภาพ

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์มสำหรับนักศึกษาอาชีวะ

(An Experimental Package of Multi-Platform Microcontroller for Vocational Students)

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ตอนที่ 2 แบบประเมินประกอบไปด้วย

1. แบบประเมินด้านชุดทดลอง
2. แบบประเมินด้านเอกสารประกอบการทดลอง

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าข้อความที่เป็นจริงเกี่ยวกับตัวท่าน

1. **วุฒิทางการศึกษา**
   - ☐ ปริญญาตรี
   - ☐ ปริญญาโท
   - ☐ ปริญญาเอก
2. **ตำแหน่งหน้าที่การปฏิบัติงาน**_____
3. **ประสบการณ์ในการทำงาน**
   - ☐ น้อยกว่า 3 ปี
   - ☐ 3 - 5 ปี
   - ☐ 5-10 ปี
   - ☐ 10-15 ปี
   - ☐ 15 ปีขึ้นไป

ภาพที่ ง-1 แบบประเมินประสิทธิภาพ

ตอนที่ 2 แบบประเมินประกอบไปด้วย

1. แบบประเมินด้านชุดทดลอง
2. แบบประเมินด้านเอกสารประกอบการทดลอง

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

เกณฑ์การประเมิน

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4 หมายถึง เห็นด้วย
3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

แบบประเมินด้านชุดทดลอง

ที่	รายการการประเมิน	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
ตอนที่ 1 การออกแบบโครงสร้าง							
1.	มีความแข็งแรงเหมาะสมกับการใช้ทดลอง						
2.	ขนาดและรูปร่างเหมาะสมกับการใช้ทดลอง						
3.	การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์มีความเหมาะสม						
4.	การระบุชื่ออุปกรณ์ถูกต้อง						
5.	อุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้ทดลอง						
ตอนที่ 2 กระบวนการทำงาน							
6.	สามารถใช้งานได้จริง						
7.	สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง						
8.	สามารถทำซ้ำการทดลองได้โดยให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและใกล้เคียงกัน						
9.	มีการแสดงผลการทำงานได้ชัดเจน						
10.	รองรับการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์หลายแพลตฟอร์ม						
ตอนที่ 3 การนำไปใช้งาน							
11.	มีความสอดคล้องกับหลักสูตรของอาชีวศึกษา						
12.	มีความปลอดภัยขณะดำเนินการเรียนการสอน						
13.	มีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ซับซ้อน						
14.	มีความสัมพันธ์กับใบงาน						
15.	มีความคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ						

ภาพที่ ง-1 (ต่อ)

แบบประเมินด้านเอกสารประกอบการทดลอง

ที่	รายการการประเมิน	ระดับคะแนน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
1.	เนื้อหาการทดลองมีความถูกต้อง ครบถ้วน						
2.	ใบงานมีการจัดลำดับเนื้อหาอย่างเหมาะสมกับลำดับการเรียนรู้						
3.	เนื้อหามีความชัดเจนและเข้าใจง่าย						
4.	มีเนื้อหาที่ความเหมาะสมกับระดับ (ปวช.) ของอาชีวศึกษา						
5.	มีภาพประกอบหรือแผนภาพถูกต้องชัดเจน						
6.	เนื้อหามีความทันสมัยและสามารถนำไปใช้งานได้จริง						
7.	ขั้นตอนของการทดลองชัดเจนและสามารถปฏิบัติตามได้						
8.	มีตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจ						
9.	ใบงานสามารถนำไปใช้ทดลองจริงได้						
10.	สามารถใช้เป็นแนวทางการเรียนรู้ด้วยตนเองได้						

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

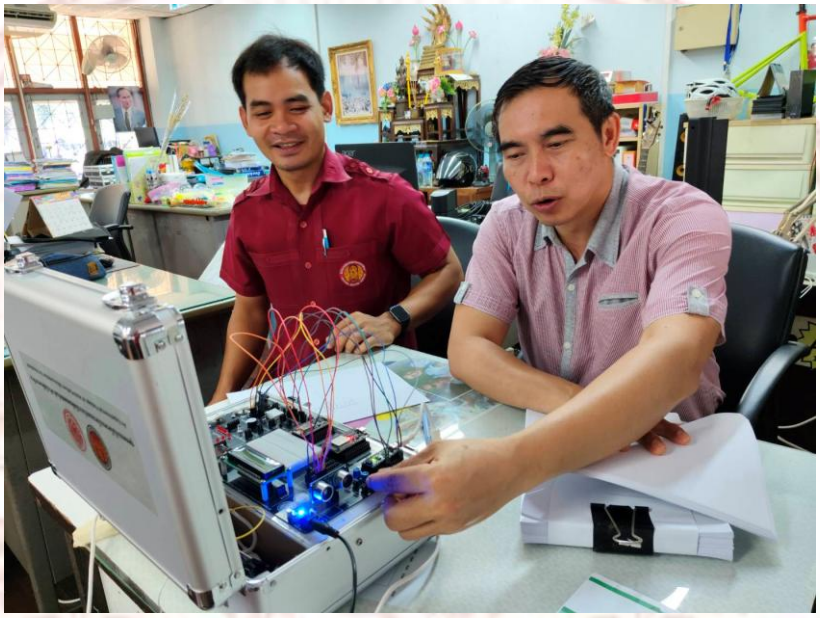
.....

( )

ภาพที่ ง-1 (ต่อ)

ภาคผนวก จ

ภาพการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ



ภาพที่ จ- 1 การประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

ภาพที่ จ-1 (ต่อ)

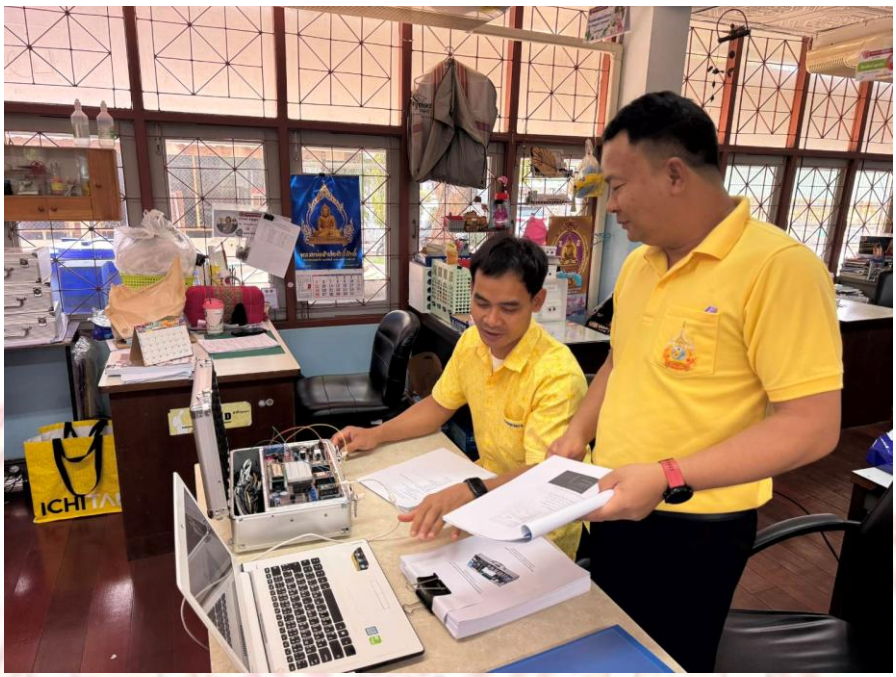
ภาพที่ จ-1 (ต่อ)

ภาพที่ จ-1 (ต่อ)

ภาพที่ จ-1 (ต่อ)

ภาพที่ จ-1 (ต่อ)

ภาพที่ จ-1 (ต่อ)



ภาพที่ จ-1 (ต่อ)

ภาพที่ จ-1 (ต่อ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายสมเกียรติ วงษ์ขันธ์

ชื่อการค้นคว้าอิสระ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมัลติแพลตฟอร์ม สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว

เกิดวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2528 ปัจจุบัน อายุ 40 ปี ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 288 ม.2 ต.โนนกลาง อ.พิบูลมังสาหาร จ.อุบลราชธานี 34110 E-Mail : thum.somkait@gmail.com

บิดาชื่อ นายเลือน วงษ์ขันธ์ มารดาชื่อ นางสฤษดิ์ วงษ์ขันธ์

ประวัติการศึกษา

ปี พ.ศ. 2551 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (อิเล็กทรอนิกส์) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ต.ในเมือง อ.เมือง จ.อุบลราชธานี

ปี พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาระดับ ม.6 (มัธยมศึกษาตอนปลาย) จากโรงเรียนปรือใหญ่วิทยะบัลลังก์ ต.ปรือใหญ่ อ.ขุขันธ์ จ.ศรีสะเกษ

ปี พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับ ป.6 (ประถมศึกษา) จากโรงเรียนนิคม 2 (ตชด.สงเคราะห์) ต.นิคมพัฒนา อ.ขุขันธ์ จ.ศรีสะเกษ

ประวัติการทำงาน

ปี พ.ศ. 2567 - ปัจจุบัน ครู แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม

ปี พ.ศ. 2559 - 2563 พนักงานราชการ(ครู) แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพนวมินทราชินี มุกดาหาร

ปี พ.ศ. 2558 - 2559 ครูพิเศษสอน แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคตระการพืชผล