

ระบบเครือข่ายการแสดงผลข้อมูลและควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริง

REAL-TIME PRODUCTION DATA MONITORING
AND CONTROLLING NETWORK SYSTEM



นางสาวคณางค์ณัฐ คำมาลา

MS. KANANGNAT KHAMMALA

นางสาวน้ำฝน แจ่มศรีจันทร์

MS. NAMFON CHAMSIRCHAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REAL-TIME PRODUCTION DATA MONITORING AND CONTROLLING NETWORK SYSTEM



MS. KANANGNAT KHAMMALA
MS. NAMFON CHAMSIRCHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

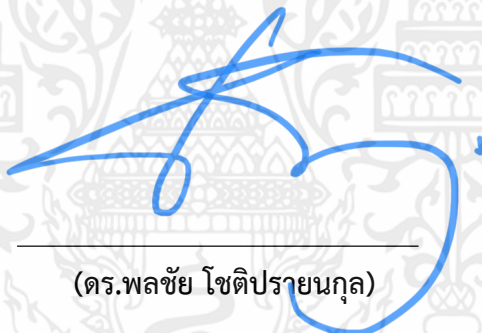
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบเครือข่ายการแสดงผลข้อมูลและควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริง
REAL-TIME PRODUCTION DATA MONITORING AND CONTROLLING
NETWORK SYSTEM

นักศึกษา นางสาวคณางค์ณัฐ คำมาลา รหัสประจำตัว 61010111
นางสาวน้ำฝน แจ่มศรีจันทร์ รหัสประจำตัว 61010580

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์



(ดร.พลชัย โชติปรายนกุล)

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบเครือข่ายการแสดงผลและควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริง
นักศึกษา	นางสาวคณางค์ณัฐ คำมาลา นางสาวน้ำฝน แจ่มศรีจันทร์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

การควบคุมตัวกระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมในยุคใหม่ ระบบเครื่องจักรอัตโนมัติหรือการทำการผลิตด้วยพนักงาน การควบคุมระบบการผลิตมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องใช้เครื่องมือสำหรับการตรวจจับและแสดงสถานะของการทำงานในกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนมากมายส่งผลให้ยากต่อการควบคุมและติดตามสถานะของงาน ปริญญานิพนธ์นี้จึงมุ่งเน้นไปที่การสร้างอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อเซนเซอร์หลากหลายรูปแบบที่ใช้ในการตรวจจับสถานะของงานแล้วประมวลผลเบื้องต้นและสามารถส่งต่อข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อส่งข้อมูลค่าตัวแปรไปเก็บไว้เก็บเป็นฐานข้อมูล เพื่อแสดงและใช้วิเคราะห์กระบวนการผลิต โดยมีการสร้างอุปกรณ์ 2 รูปแบบ คือ อุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการและอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ การวัดค่าทางกระบวนการจะเป็นการตรวจวัดหรือนับจำนวนการผลิต กำลังการผลิต ที่จะตรวจนับผลิตผลที่ผ่านกระบวนการ ณ จุดตรวจวัดซึ่งอาจเป็นได้ทั้งจำนวนนับ หรือปริมาณ ปริมาตร น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ส่วนอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพจะเป็นการตรวจจับสภาวะของเครื่องหรือสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิความร้อน ความชื้น ระดับหรือปริมาณกักเก็บความเร็ว ความเร็วรอบ เป็นต้น

โดยในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับการติดตามค่าตัวแปรนี้ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือการทำในส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ได้ออกแบบสร้างแผ่นวงจรพิมพ์และกล่องอุปกรณ์จากการพิมพ์สามมิติ และส่วนของซอฟต์แวร์ที่เขียนโปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อเซนเซอร์ต่าง ๆ และตัวแสดงผล ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยระบบการทำงานอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและสั่งการหรือดูค่าต่าง ๆ ผ่านเว็บเบราว์เซอร์และสามารถจัดเก็บข้อมูลลงในโปรแกรมสเปรดชีต จากผลการทดลองพบว่าอุปกรณ์การติดตามควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริงนั้นสามารถใช้งานได้ตรงตามเป้าหมาย โดยเซนเซอร์หลากหลายตัวภายในอุปกรณ์สามารถใช้งานได้
อย่างมีประสิทธิภาพ

Thesis Title	Real-Time Production Data Monitoring and Controlling Network System
Student	Ms. Kanangnat Khammala Ms. Namfon Chamsirchan
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Dr. Pholchai Chotiprayanakul

ABSTRACT

In modern manufacturing process, monitoring and controlling devices are essential tools that are often required for real-time production control. The variety of sensors is selected to use for detecting or collecting data of production parameters and environment. The collected data will be sent through intranet to a web browser on a computer to analyze and display the condition of manufacturing processes, machines, or operators in real-time. The devices were designed and built into 2 types: one is process monitor device and two is physical measuring device. Process monitor will detect “work in process; WIP”, cycle-time, capacity, and other production numbers. Physical measuring will detect physical values such as temperature, humidity, pressure, speed, sound, and etc.

In this project, we design and build prototypes that separated into two steps: hardware design and software design for both production monitoring and physical measuring prototypes. We start with printed circuit board design and build. Then, we design and print device cases. For software part, Arduino programs are written in C to interface to all selected sensors. The Arduino microcontroller will be added with IoT concept that connects to the web browser via intranet. The detecting data and environment data are then transmitted through the communication protocol to display all measuring variables on a monitor. The testing results along this project will be kept as database on google sheets. It is found that the real-time production control monitoring device can be used as intended. The various sensors within the device can be used effectively.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง และให้คำปรึกษาในปัญหาที่เกิดขึ้นจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ และตรวจแก้ไขการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความสมบูรณ์ทุกประการ

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ปฏิบัติงาน รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการวิจัย ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในหลาย ๆ ด้านในการทำปริญญานิพนธ์ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้มีส่วนร่วมและส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้ข้อมูลให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

นางสาวคณางค์ณัฐ คำมาลา
นางสาวน้ำฝน แจ่มศรีจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	4
2.2 สเปรดชีต (Spreadsheet)	4
2.2.1 ความหมายของสเปรดชีต (Spreadsheet).....	4
2.2.2 Google Sheets.....	5
2.3 ทฤษฎีระบบควบคุม.....	5
2.3.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System).....	5
2.3.2 ระบบควบคุมแบบวงปิด (Closed Loop Control System)	6
2.4 หลักการและการทำงานของอุปกรณ์.....	6
2.4.1 บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3.....	6
2.4.2 Node MCU ESP8266.....	8
2.4.3 Proximity Sensor.....	9

สารบัญ

	หน้า
2.4.4 DS18B20 Digital Temperature Sensor.....	10
2.4.5 Ultrasonic Sensor	10
2.4.6 SW-420 Vibration Sensor Module	11
2.4.7 DHT11 Temperature & Humidity Sensor	12
2.4.8 High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037	13
2.4.9 จอ Liquid Crystal Display (LCD)	13
2.4.10 หลอดไฟ LED.....	14
2.4.11 บีซเซอร์ (Buzzer)	14
2.4.12 อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator)	15
2.4.13 เครื่อง 3D Print UltimakerS5	15
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
2.5.1 งานระหว่างทำ (Work-in-Process: WIP)	16
2.5.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: RH)	16
2.5.3 อุณหภูมิ (Temperature: T).....	16
2.5.4 พลังงานไฟฟ้า	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 การรวบรวมข้อมูล	18
3.2 การออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์	20
3.2.1 อุปกรณ์ชุดที่ 1 วัดค่าทางกระบวนการ.....	20
3.2.2 อุปกรณ์ชุดที่ 2 วัดค่าทางกายภาพ.....	21
3.2.3 ส่วนการแสดงผลข้อมูล	22
3.3 การสร้างอุปกรณ์ตรวจวัด	22
3.3.1 การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	22
3.3.2 การสร้างกล่องอุปกรณ์ตรวจวัด.....	28

สารบัญ

	หน้า
3.4 การเขียนโปรแกรมการทำงาน	32
3.5 หลักการทำงานของอุปกรณ์.....	33
3.6 การเก็บข้อมูลขึ้น Google Sheets.....	37
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 การทดสอบการสั่งงานอุปกรณ์	38
4.2 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์	38
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	44
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	45
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก ก.....	47

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน.....	3
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงข้อมูลของตัวแปรและการตรวจวัด	19
ตารางที่ 4.1 การทดสอบการตรวจวัดจำนวนชิ้นงานสำเร็จรูปและ Work in Process.....	39
ตารางที่ 4.2 การทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิของชิ้นงาน	40
ตารางที่ 4.3 การทดสอบการวัดระยะ	41
ตารางที่ 4.4 การทดสอบการสั่น	41
ตารางที่ 4.5 การทดสอบอุณหภูมิ ความชื้น และความดันของบรรยากาศโดยรอบ	42
ตารางที่ 4.6 การทดสอบการเก็บข้อมูลขึ้น Google Sheets	43



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบวงเปิด	6
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมป้อนกลับ	6
รูปที่ 2.3 บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3.....	6
รูปที่ 2.4 วงจรบอร์ด Arduino	7
รูปที่ 2.5 Node MCU ESP8266.....	8
รูปที่ 2.6 Proximity Sensor.....	9
รูปที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบภายในของ Inductive Proximity Sensor	9
รูปที่ 2.8 DS18B20 Digital Temperature Sensor.....	10
รูปที่ 2.9 Ultrasonic Sensor	11
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรการทำงานของ Ultrasonic Sensor.....	11
รูปที่ 2.11 SW-420 Vibration Sensor Module.....	11
รูปที่ 2.12 DHT11 Temperature & Humidity Sensor.....	12
รูปที่ 2.13 แสดงการส่งสัญญาณของ DHT11 Temperature & Humidity Sensor	12
รูปที่ 2.14 High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037	13
รูปที่ 2.15 Liquid Crystal Display (LCD).....	14
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรภายในของหลอดไฟ LED.....	14
รูปที่ 2.17 บัสเซอร์	14
รูปที่ 2.18 อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง.....	15
รูปที่ 2.19 วงจรของ Opto-Isolator	15
รูปที่ 2.20 เครื่อง 3D Print UltimakerS5	16
รูปที่ 3.1 การออกแบบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางกระบวนการ.....	20
รูปที่ 3.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางกายภาพในกระบวนการผลิต	21
รูปที่ 3.3 ลายวงจรของอุปกรณ์ชุดที่ 1 และชุดที่ 2.....	23
รูปที่ 3.4 ลายวงจรอุปกรณ์ชุดที่ 1 ทาสีดำ.....	24
รูปที่ 3.5 ลายวงจรอุปกรณ์ชุดที่ 2 ทาสีดำ.....	24
รูปที่ 3.6 หน้าโปรแกรม CoreLASER2013.02.....	25

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.7 เครื่องตัดเลเซอร์	25
รูปที่ 3.8 แผ่นวงจรพิมพ์หลังการเลเซอร์	26
รูปที่ 3.9 การกัดลายลงจร	26
รูปที่ 3.10 แผ่นวงจรพิมพ์หลังการกัดลาย	27
รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ลงแผ่นวงจรพิมพ์	27
รูปที่ 3.12 กล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการที่ออกแบบในโปรแกรม SolidWorks	28
รูปที่ 3.13 ขนาดของกล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ	28
รูปที่ 3.14 กล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพที่ออกแบบในโปรแกรม SolidWorks.....	29
รูปที่ 3.15 ขนาดของกล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ	29
รูปที่ 3.16 หน้าโปรแกรม CUVA สำหรับสั่งเครื่อง 3D Print Ultimaker	30
รูปที่ 3.17 เครื่อง 3D Print Ultimaker.....	31
รูปที่ 3.18 ส่วนแสดงผลของกล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ	31
รูปที่ 3.19 กล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ.....	31
รูปที่ 3.20 แสดงผลของอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ.....	32
รูปที่ 3.21 กล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ.....	32
รูปที่ 3.22 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์.....	33
รูปที่ 3.23 แสดงไอพี แอดเดรส สำหรับเรียกใช้เว็บไซต์สั่งการอุปกรณ์	34
รูปที่ 3.24 หน้าเว็บสำหรับการสั่งงานอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ.....	34
รูปที่ 3.25 หน้าเว็บสำหรับการสั่งงานอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ.....	35
รูปที่ 3.26 ส่วนรับค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมจากหน้าเว็บอุปกรณ์ชุดที่ 2	36
รูปที่ 3.27 หน้าเว็บเมื่อใส่ค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมสำเร็จ.....	36
รูปที่ 3.28 เปิดการทำงานของการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น.....	36
รูปที่ 3.29 หน้า Google Sheets สำหรับการบันทึกข้อมูล.....	37

บทที่ 1

บทนำ

บทนี้จะกล่าวเกี่ยวกับความเป็นมาและความสำคัญในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ โดยผู้วิจัยได้บรรยายถึงความสำคัญของโครงการ ข้อมูลทั่วไปและปัญหาที่พบ รวมไปถึงแนวทางการดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขปัญหามีรายละเอียดดังนี้

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา
3. ขอบเขตของปริญญานิพนธ์
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. แผนการดำเนินงาน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในระบบการผลิตปัจจุบันการใช้งานเซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต เพื่อแสดงในที่ต่าง ๆ ภายในสายการผลิต ห้องควบคุมการผลิตหรือรวมไปถึงฝ่ายบริหารการผลิต จากการแสดงที่กำหนดเพียงสถานะการผลิตด้วยไฟสีแดง เหลือง เขียว ในรูปแบบดั้งเดิม ที่สีเขียวหมายถึงเวลาการไหลชิ้นงานไหลปกติไม่มีปัญหา สีเหลืองหมายถึงเวลาของชิ้นงานที่ใช้ไหลมากขึ้น กำลังเกิดการติดขัดหรือกำลังต้องหยุดชั่วขณะหนึ่ง และสีแดงหมายถึงใช้เวลาไหลต่อชิ้นเกินกำหนด หรือหยุดเดินเครื่องหากมีปัญหาให้หยุดสายการผลิต จากรูปแบบดั้งเดิมนั้นอาจจะไม่สะท้อนการผลิตทั้งหมดและอุปกรณ์ตรวจวัดส่วนมากจะใช้ตรวจวัดเพียงอย่างเดียว ทำให้กระบวนการผลิตที่ต้องควบคุมหลายตัวแปร ต้องมีอุปกรณ์ตรวจวัดหลายเครื่องและหลายรูปแบบการใช้งาน

ทางคณะผู้วิจัยจึงต้องการใช้ Arduino ที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ร่วมกับ Wi-Fi Module ESP8266 เพื่อเชื่อมต่อระบบที่จะทำการออกแบบผ่านอินทราเน็ต (Intranet) สำหรับการรับส่งสัญญาณแสดงผลตามเวลาจริง (Real-Time) ผ่านทางหน้าจอของอุปกรณ์ที่จะประกอบขึ้นที่สามารถใช้ตรวจวัดได้หลายตัวแปรภายในเครื่องเดียว หรือสามารถแสดงและควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลของระบบการผลิตไว้บนแพลตฟอร์มข้อมูลที่จะได้ทำการออกแบบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อสร้างอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดตัวแปร คือ จำนวนชิ้นงานสำเร็จรูป งานระหว่างทำ (Work in Process) อุณหภูมิของชิ้นงาน ระยะวางบนสายพาน การสั่นของเครื่องจักร และอุณหภูมิ ความชื้น ความดันบรรยากาศโดยรวม พร้อมทั้งแสดงผลค่าตัวแปรตามเวลาจริงผ่านอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้น
2. เพื่อออกแบบระบบการส่งสัญญาณแจ้งเตือนของการทำงานในกระบวนการผลิตสำหรับการควบคุมค่าตัวแปรให้อยู่ตามที่กำหนด
3. เพื่อนำตัวแปรที่ได้จากการตรวจวัดของเซนเซอร์ส่งข้อมูลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ไปยังแพลตฟอร์ม Google Sheet ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ตามเวลาจริง (Real-Time)

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. โปรแกรมควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ ใช้ในการตรวจวัดตัวแปรใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของเซนเซอร์
2. การเชื่อมต่อระบบผ่านอินทราเน็ต (Intranet) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) แบบ Node MCU ESP8266 เป็นตัวควบคุมการส่งสัญญาณ
3. อุปกรณ์สามารถตรวจวัดเฉพาะค่าตัวแปรที่ได้รับการออกแบบไว้ คือ คือ จำนวนชิ้นงานสำเร็จรูป งานระหว่างทำ (Work in Process) อุณหภูมิของชิ้นงาน ระยะวางบนสายพาน การสั่นของเครื่องจักร และอุณหภูมิ ความชื้น ความดันบรรยากาศโดยรวม
4. การไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิต เป็นการไหลแบบเส้นตรงทางเดียวทีละชิ้นเพื่อให้เซนเซอร์สามารถตรวจจับชิ้นงานที่ไหลออกมาของชิ้นงานแต่ละชิ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมการควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจนับชิ้นงาน
2. สามารถสร้างอุปกรณ์ในการตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ได้
3. สามารถนำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานได้ในอนาคต
4. ทำให้สามารถดูประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและป้องกันการซ่อมบำรุงที่ไม่จำเป็น

1.5 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.
1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการทำโปรเจค										
2. ศึกษาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งาน										
3. ออกแบบวงจรของอุปกรณ์										
4. ศึกษา Node MCU และการส่งข้อมูลแบบ Real-Time รวมถึงแพลตฟอร์มที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล										
5. เขียนโปรแกรม										
6. ทดสอบระบบโปรแกรม										
7. ออกแบบและประกอบชิ้นงาน										
8. ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ร่วมกับระบบ										
9. จัดทำรูปเล่ม										

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีแนวคิดที่ใช้เพื่อศึกษารายละเอียดที่เกี่ยวข้องต่อการศึกษาระบบเครือข่ายการแสดง ข้อมูลและควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริง รวมถึงการสร้างอุปกรณ์วัดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษาได้ ดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
2. สเปรดชีต (Spreadsheet)
3. ทฤษฎีระบบควบคุม
4. หลักการและการทำงานของอุปกรณ์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้สำหรับในควบคุมการเป็นบอร์ด Arduino เพราะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถ โปรแกรมและใช้งานง่าย โดยเขียนด้วยภาษาซีและควมที่มีการพัฒนาแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านซอฟต์แวร์ และ ฮาร์ดแวร์ (Open Source) ทำให้ใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ได้รับความนิยมสูง จึงทำให้มีแหล่งข้อมูลให้ศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติมในเว็บบอร์ดหรือเว็บไซต์ในอินเทอร์เน็ตอีกมากมาย และในส่วนของบอร์ด Arduino เองนั้นเป็น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตที่มากพอ ในการนำไปใช้งานจริงสามารถต่อกับ เซนเซอร์ได้ทั้งแบบดิจิตอลและอนาล็อก และยังต่อเพื่อขับอุปกรณ์เอาต์พุตให้ทำงานโดยที่เราจะต้องเขียน โปรแกรมเพื่อสั่งงานให้บอร์ด Arduino สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ ปลั๊ก ไฟฟ้าหรือเครื่องรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น นอกจากนี้เพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้งานแบบสื่อสารไร้สาย (Internet of Things: IOT) เราสามารถควบคุมบอร์ดผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้โดยเชื่อมต่อสัญญาณเข้ากับบอร์ดที่รองรับ [1]

2.2 สเปรดชีต (Spreadsheet)

2.2.1 ความหมายของสเปรดชีต (Spreadsheet) [2]

สเปรดชีตหรือแผ่นตารางทำการ คือ แผ่นงานที่มีลักษณะเป็นช่องตามรางสี่เหลี่ยม ใช้สำหรับการจัดเรียง ข้อมูลและคำนวณเป็นหลัก มีโปรแกรมสเปรดชีตที่เป็นที่นิยมอยู่มากมายแต่สเปรดชีตออนไลน์ของ Google เป็น Application ที่ใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้ใช้สามารถสร้างสเปรดชีตได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะป็นข้อมูลผลการ

เรียนของนักเรียน บัญชีรายจ่าย เป็นต้น สามารถสร้าง แผนภูมิเพื่อนำเสนอข้อมูล รวมไปถึงฟอร์มหรือแบบสอบถามออนไลน์สำหรับเก็บข้อมูล ทั้งยังสามารถแบ่งปันให้ผู้อื่นได้แก้ไขและทำงานร่วมกันในสเปรดชีตของตนได้ โดยคุณสมบัติของสเปรดชีต มีดังนี้

1. การสร้างสเปรดชีต (Spreadsheet) สามารถเปิดและแก้ไข สเปรดชีต (Spreadsheet) จากเครื่องใดก็ได้ที่ใดก็ได้ จากทางหน้าเว็บหรืออุปกรณ์อื่นก็ได้เช่นกัน
2. สามารถแชร์สเปรดชีต (Spreadsheet) และทำงานร่วมกันกับคนอื่น ๆ บนสเปรดชีต (Spreadsheet) เดียวกันและในเวลาเดียวกัน
3. สามารถทำงานได้ทุกเวลา แม้ขณะที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต
4. สามารถจัดรูปแบบเซลล์ ป้อน/จัดเรียงข้อมูล และการทำงานต่าง ๆ บนสเปรดชีต (Spreadsheet)
5. ระบบคลาวด์ (Cloud) จะบันทึกการแก้ไขข้อมูลโดยอัตโนมัติ

2.2.2 Google Sheets

Google Sheets เป็น Application สร้างสเปรดชีต (Spreadsheet) เป็นอีกหนึ่ง Application จากทาง Google Inc. คุณสมบัติเอาไว้จัดการสร้างสเปรดชีต เหมือนกับไฟล์บนโปรแกรม Microsoft Excel จากทาง Microsoft ที่สามารถเปิด แก้ไขไฟล์สเปรดชีต แชร์ และทำงานหลายผู้ใช้ร่วมกันภายในสเปรดชีตเดียวกัน รองรับการจัดการกับตาราง การเรียงลำดับและฟังก์ชันอื่น ๆ

2.3 ทฤษฎีระบบควบคุม

ทฤษฎีระบบควบคุม หมายถึง การควบคุมระบบพลวัตให้มีค่าเอาต์พุตที่ต้องการ โดยการป้อนค่าอินพุตที่เหมาะสมให้กับระบบ ตัวอย่างที่เห็นได้ทั่วไป เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิห้องของเครื่องปรับอากาศที่เปิดปิดน้ำอัตโนมัติ การควบคุมการขับเคลื่อนยานพาหนะซึ่งระบบควบคุมสามารถแบ่งออกได้หลายแบบ เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Manual Control) หรือระบบควบคุมไม่อัตโนมัติ (Automatic Control) และระบบควบคุมวงเปิด (Open-Loop Control) หรือระบบควบคุมวงปิด (Closed-Loop Control) [3]

2.3.1 ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System)

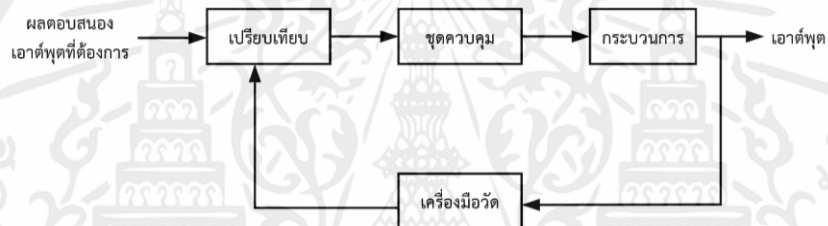
ระบบควบคุมแบบเปิดเป็นระบบที่สัญญาณออกหรือเอาต์พุตมีการตอบสนองจากการป้อนอินพุตในรูปสัญญาณทางไฟฟ้า ที่ผ่านการประมวลผลของระบบควบคุม (Control System) โดยรูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบวงเปิด



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบวงเปิด

2.3.2 ระบบควบคุมแบบปิด (Close Loop Control System)

ระบบควบคุมแบบปิดคือระบบการควบคุมที่มีการป้อนอินพุต เข้าที่ระบบควบคุม (Control System) และมีการนำสัญญาณเอาต์พุตอุปกรณ์เครื่องมือวัด (Measurement) ป้อนกลับสู่ระบบเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุต ทำให้การตอบสนองเป็นเอาต์พุตของระบบ ซึ่งสามารถแสดงในลักษณะของบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมป้อนกลับ

2.4 หลักการและการทำงานของอุปกรณ์

2.4.1 บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3

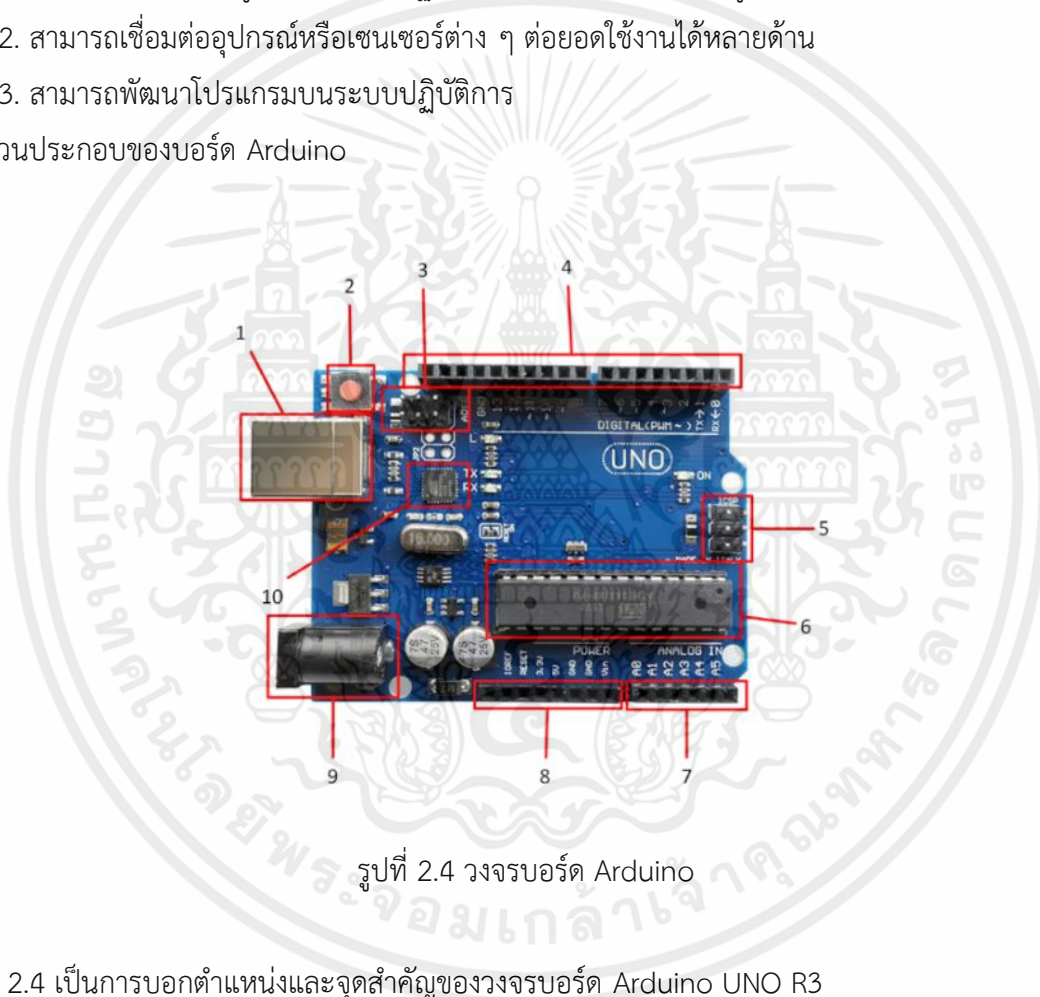


รูปที่ 2.3 บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการพัฒนาแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้ออกแบบโปรแกรมเพื่อสร้างระบบ สามารถดัดแปลงเพิ่มเติมพัฒนาต่อยอดได้ทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้ค่อนข้างง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอก แล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขาอินพุตและเอาต์พุตของบอร์ด Arduino บอร์ด Arduino มีคุณสมบัติดังนี้

1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หรือเซนเซอร์ต่าง ๆ ต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
3. สามารถพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ

อธิบายส่วนประกอบของบอร์ด Arduino



รูปที่ 2.4 วงจรบอร์ด Arduino

จากรูปที่ 2.4 เป็นการบอกตำแหน่งและจุดสำคัญของวงจรบอร์ด Arduino UNO R3

หมายเลข 1 USB Port: ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับ Computer เพื่อใช้ในการอัปโหลดโปรแกรมเข้า ไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้จ่ายไฟให้กับตัวบอร์ด

หมายเลข 2 Reset Button: เป็นปุ่ม Reset เพื่อเริ่มการทำงานใหม่

หมายเลข 3 ICSP Port ของ Atmega16U2: เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

หมายเลข 4 I/O Port: ดิจิตอล I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 ใช้รับส่งสัญญาณ มี 2 สถานะคือ On/Off นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin 3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

หมายเลข 5 ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

หมายเลข 6 MCU: Atmega328 เป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้บนบอร์ด Arduino ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผล

หมายเลข 7 I/O Port: นอกจากจะเป็นดิจิตอล I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับ-ส่ง สัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

หมายเลข 8 Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

หมายเลข 9 Power Jack: รับไฟจาก Adapter แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

หมายเลข 10 MCU ของ At mega16U2: เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.4.2 Node MCU ESP8266

Node MCU เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นเดียวกับบอร์ด Arduino มีการทำงานที่คล้ายกัน แต่มีคุณสมบัติเด่น คือการเชื่อมต่อ Wi-Fi โดย NodeMCU ESP8266 มีฟังก์ชัน Wi-Fi ที่ติดมาพร้อมกับ Wifi Module ESP8266 ที่มาพร้อมกับ Full TCP/IP Stack อีกทั้งการเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หมายถึงสามารถเขียนโปรแกรมลงไปในตัวได้เลย ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0V - 3.6V กระแสที่ใช้งานสูงสุดคือ 200mA ความถี่คริสตอล 40 MHz [4]



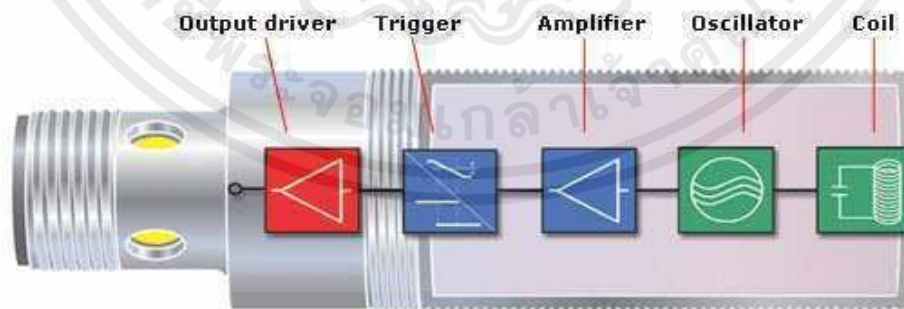
รูปที่ 2.5 Node MCU ESP8266

2.4.3 Proximity Sensor

Proximity Sensor ที่นำมาใช้งานเป็น Proximity ชนิด Inductive Proximity Sensor จะใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการทำงาน โดยที่มาของสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้น เกิดจากบริเวณส่วนหัวของเซ็นเซอร์ซึ่งภายในจะมีขดลวด (Coil) ที่คอยทำหน้าที่ปล่อยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงซึ่งขดลวดนั้นจะได้รับสัญญาณไฟฟ้า จากวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) เพื่อคอยตรวจจับโลหะที่เคลื่อนที่ผ่านเข้ามา และเมื่อชิ้นงานอยู่ในระยะที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ ซึ่งจะทำให้เกิดการหน่วงออสซิลเลท Oscillate หรือ ในบางครั้งอาจถึงจุดการหยุดออสซิลเลท ในขณะที่เกิดการหน่วงหรือการหยุดออสซิลเลทนั้น วงจรขยาย (Amplifier) จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณเพื่อส่งต่อไปยัง วงจรทริกเกอร์ (Trigger) ซึ่งวงจรนี้จะมีหน้าที่เปลี่ยนแปลงสถานะของวงจร Output ว่าให้มีการทำงานหรือหยุดการทำงาน



รูปที่ 2.6 Proximity Sensor



รูปที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบภายในของ Inductive Proximity Sensor [5]

2.4.4 DS18B20 Digital Temperature Sensor

DS18B20 เป็นเซ็นเซอร์อุณหภูมิประเภทหนึ่งและให้การอ่านอุณหภูมิ 9 บิตถึง 12 บิต ค่าเหล่านี้แสดงอุณหภูมิของอุปกรณ์เฉพาะ การสื่อสารของเซ็นเซอร์นี้สามารถทำได้ผ่านสายเดี่ยวโปรโตคอล 1-Wire ซึ่งใช้สายข้อมูลเดียวในการสื่อสารกับภายในไมโครโปรเซสเซอร์ นอกจากนี้เซ็นเซอร์นี้ยังได้รับแหล่งจ่ายไฟโดยตรงจากสายข้อมูลเพื่อให้ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอก การใช้งานเซ็นเซอร์อุณหภูมิ DS18B20 ได้แก่ ระบบอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภค ระบบที่มีความไวต่อความร้อน ระบบควบคุมอุณหภูมิและเทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 2.8 DS18B20 Digital Temperature Sensor

การทำงานของ DS18B20 คือ ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบบัส 1-Wire ซึ่ง ระบบนี้จะจัดให้อุปกรณ์ควบคุมเป็นตัวมาสเตอร์ (Master) การทำงานทุกอย่างตัวมาสเตอร์ต้องเป็นผู้สั่ง เช่น ถ้าต้องการค่าอุณหภูมิมาสเตอร์ต้องส่งคำสั่งไปบอกให้ DS18B20 ส่งค่าอุณหภูมิมาให้เมื่อได้ค่าแล้ว จะทำอะไรต่อมาสเตอร์ก็ต้องส่งคำสั่งไปใหม่ โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 แบบหลัก ๆ คือ การทำงานเกี่ยวกับ ROM และการทำงานเกี่ยวกับหน่วยความจำ [6]

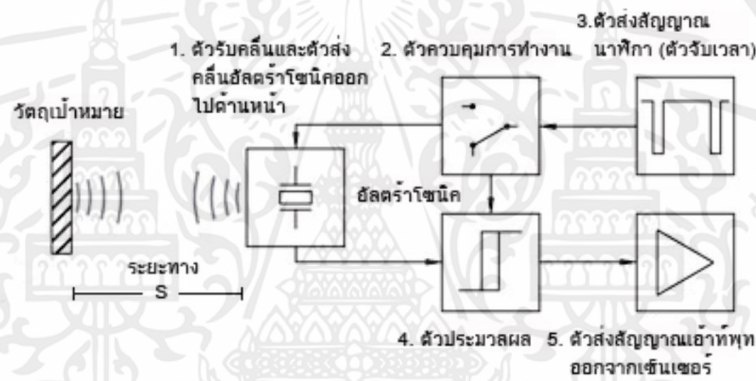
2.4.5 Ultrasonic Sensor

หลักการการทำงานของ Ultrasonic Sensor เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้คลื่นเสียงในการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ โดยตัวเซ็นเซอร์จะทำงานโดยตัวส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณนาฬิกาไปที่ตัวคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการแปลงสัญญาณ แล้วส่งไปต่อที่ตัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ ซึ่งแบ่งเป็นสองส่วน คือ ตัวส่งและตัวรับ ตัวส่งจะสร้างคลื่นเสียงอัลตราโซนิก จากสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งคลื่นเสียง ความถี่สูงหรืออัลตราโซนิกออกไปเป็นแนวตรง และเมื่อคลื่นเสียงอัลตราโซนิกไปกระทบกับวัตถุใด ๆ ตามหลักการของคลื่นเสียง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน คลื่นเสียงจะถูกสะท้อนกลับมายังตัวรับคลื่นเสียงอัลตราโซนิก เมื่อตัวรับได้รับคลื่นเสียงที่ถูกสะท้อนกลับมาแล้ว ตัวรับจะแปลงคลื่นเสียง อัลตราโซนิกนั้นเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งต่อให้ตัวประมวลผล ตัวประมวลผลจะทำการ

คำนวณค่าระยะห่าง จากระยะทางที่คลื่นเสียงเดินทางไป และเดินทางกลับอย่างแม่นยำ และส่งค่าที่คำนวณได้ไปให้ ตัวส่งสัญญาณเอาท์พุท เพื่อส่งสัญญาณเอาท์พุทไปให้อุปกรณ์อื่นต่อไป [7]



รูปที่ 2.9 Ultrasonic Sensor



รูปที่ 2.10 แสดงวงจรการทำงานของ Ultrasonic Sensor

2.4.6 SW-420 Vibration Sensor Module

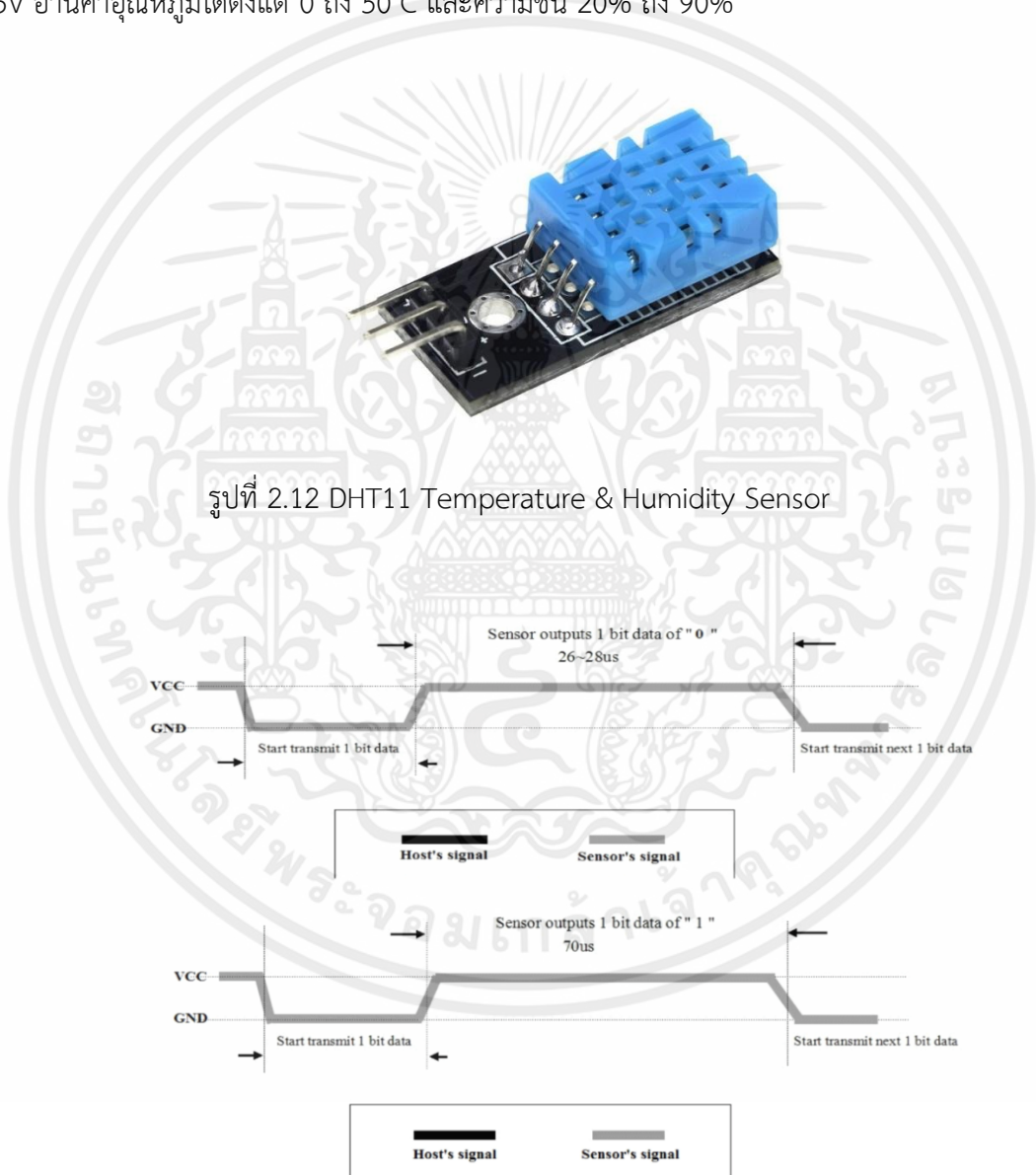


รูปที่ 2.11 SW-420 Vibration Sensor Module

SW-420 Vibration Sensor Module เป็นโมดูลที่ใช้ในการตรวจจับการทำงานเมื่อเกิดการสั่นเกิดขึ้น โมดูลจะส่งสัญญาณออกมาเป็น Logic 1 เพื่อแสดงว่าเกิดการสั่นเกิดขึ้น หากไม่มีการเกิดการสั่นเกิดขึ้นโมดูลจะส่งสัญญาณออกมาเป็น Logic 0 โมดูลนี้สามารถปรับค่าความไวในการตรวจจับการสั่นโดยการปรับค่าคงที่ตัวต้านทานบนบอร์ด สำหรับโมดูลนี้ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 – 5 Volt [8]

2.4.7 DHT11 Temperature & Humidity Sensor

เป็นโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น เหมาะสำหรับการใช้ในงานวัดอุณหภูมิและความชื้นทั่วไป สามารถใช้ไฟได้ 3-5V อ่านค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 ถึง 50°C และความชื้น 20% ถึง 90%



รูปที่ 2.13 แสดงการส่งสัญญาณของ DHT11 Temperature & Humidity Sensor

จากรูปที่ 2.13 DHT11 มีหลักการทำงานเริ่มจาก Microcontroller จะส่งสัญญาณ Pull Down Voltage ไปยัง DHT11/22 โดยถ้าเป็น DHT 11 จะใช้เวลาส่ง Down Voltage อย่างต่ำ 18 Millisecond แต่ถ้าเป็น DHT22 จะใช้เวลาอย่างต่ำ 1 Millisecond และ Microcontroller จะ Pull Up Voltage เพื่อรอการตอบสนองจาก DHT ประมาณ 20-40 μ s หลังจากนั้น DHT จะส่งสัญญาณ Pull Down Voltage เวลา 80 us เป็นการตอบสนองไปยัง Microcontroller แล้ว DHT ก็จะ Pull Up Voltage เพื่อเตรียมส่งข้อมูล โดยในการส่งข้อมูลแต่ละบิต DHT จะมีการ Pull Down Voltage 50 us หลังจาก DHT มีการ Pull Down Voltage 50 us เพื่อเป็นการบอก Microcontroller ว่าจะส่งข้อมูล 1 บิต โดยการส่งบิตค่า “0” DHT จะทำการส่งสัญญาณ Pull Up Voltage 26-28 us และถ้าส่งบิตค่า “1” DHT จะทำการส่งสัญญาณ Pull Up Voltage 70 us [9]

2.4.8 High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037

High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037 เป็นโมดูลใช้สำหรับตรวจจับเสียงผ่านไมโครโฟนความไวสูง สัญญาณออกเป็นแบบ Analog และ Digital ซึ่งการส่งสัญญาณ Analog ให้ค่าเป็นระดับความดังของเสียง ส่วนการส่งสัญญาณ Digital ให้ค่าเป็น Low High ที่แสดงความดังของเสียง Low จะแสดงความดังที่อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ High แสดงความดังของเสียงเมื่อดังเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้สามารถปรับหมุนตัว R เพื่อปรับความละเอียดให้สูงขึ้นได้ เซนเซอร์ High-Sensitive Microphone ใช้แรงดันไฟฟ้า 4 – 6 Volt ใช้พลังงานต่ำและกินไฟน้อย [10]



รูปที่ 2.14 High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037

2.4.9 จอ Liquid Crystal Display (LCD)

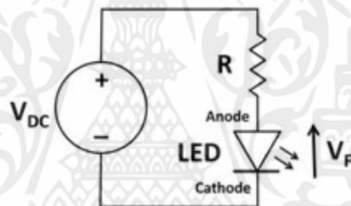
Liquid Crystal Display (LCD) ทำจากแผ่นคริสตัลเหลว หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟสว่างออกมาเรียกว่า Backlight เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ทำให้ผลึกโปร่งแสงทำให้แสงที่มาจาก Backlight แสดงขึ้นมาบนจอส่วนอื่นจะโดนผลึกปิดไว้หน้าจอของ LCD จะมีสีที่แสดงแตกต่างกันออกไปตามผลึกของคริสตัล เช่น สีเขียว หรือ ฟ้ำ ทำให้เรามองไปจะเห็นตัวอักษรสีขาวแสดงขึ้นมา โดยจอ LCD ที่นำมาใช้คือแบบ Character LCD ขนาด 16x2 เป็นจอแสดงผลเป็นตัวอักษรตามขนาดของหน้าจอ หน้าจอสามารถใส่ตัวอักษรได้ 32 ตัวใน 1 บรรทัดสามารถใส่ได้ 16 ตัว ในส่วนของการเชื่อมต่อ LCD แบบอนุกรมเข้ากับบอร์ด Arduino ได้นำโมดูล I2C Serial Interface Board Module มาช่วยในการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino กับจอ LCD [11]



รูปที่ 2.15 Liquid Crystal Display (LCD)

2.4.10 หลอดไฟ LED

หลักการต่อวงจรของ LED จ่ายไฟบวกกระแสตรงเข้าที่ขั้วอาร์โนด (Anode) หรือขาที่ยาวกว่า และต่อไฟลบเข้ากับขั้วแคโทด (Cathode) หรือขาสั้น จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัว LED ที่เรียกว่า Forward Voltage: V_f เมื่อมีแรงดันตกคร่อม V_f ที่ว่านี้ ด้วยคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำภายใน LED ก็จะเปล่งแสงออกมา [12]



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรภายในของหลอดไฟ LED

2.4.11 บัซเซอร์ (Buzzer)

บัซเซอร์เป็นลำโพงแบบแม่เหล็กหรือแบบเพียโซที่มีวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) อยู่ภายในตัว ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 - 5 V สามารถสร้างเสียงเตือนหรือส่งสัญญาณที่เป็นรูปแบบต่าง ๆ เมื่อป้อนแรงดันสามารถกำเนิดเสียงได้ด้วยตัวเอง แต่ไม่สามารถเปลี่ยนความถี่ของเสียงได้ [13]



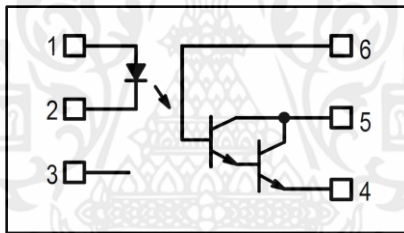
รูปที่ 2.17 บัซเซอร์

2.4.12 อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อทางแสงโดยใช้หลักการเปลี่ยน สัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงและเปลี่ยนแสงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม นำมาประยุกต์ใช้ในวงจรของอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจรที่ต้องการแยกทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้า หรือป้องกันถ้าวงจรลัดวงจรไฟก็ จะไม่สามารถไหลผ่านมาที่ส่วนควบคุม หรือการควบคุมไฟฟ้าโดยการใช้แรงดันต่ำไปควบคุมแรงดันสูงทำให้แยกกราวหรือแหล่งจ่ายได้ ส่งผลให้วงจรมีความเสถียรมากขึ้น [14]



รูปที่ 2.18 อุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง



รูปที่ 2.19 วงจรของ Opto-Isolator

จากรูปที่ 2.19 เป็นวงจรใช้งานเบื้องต้นของ Opto-Isolator โดยการทำงานของอุปกรณ์จะมีไดโอดเปล่งแสงเป็นอินพุตและโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นเอาต์พุตของวงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่าน LED โดยมีตัวต้านทานตัวที่หนึ่งเป็นตัวจำกัดกระแส LED จะส่งแสงไปที่โฟโตทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์นำกระแสมีแรงดันเอาต์พุตตกคร่อมที่ตัวต้านทานตัวที่สอง ส่งผลให้เอาต์พุตของวงจรจะถูกควบคุมโดยอินพุต โดยทั้งอินพุตและเอาต์พุตแยกกันทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง

2.4.13 เครื่อง 3D Print UltimakerS5

เครื่อง 3D Printer คือ เครื่องที่ใช้ในเติมเนื้อหรือสร้างชิ้นงานขึ้นมาจากรูปแบบ 3 มิติ ที่เราได้วาดหรือออกแบบขึ้นแล้วแปลงไฟล์ให้เป็นไฟล์นามสกุล STL เพื่อให้สามารถนำขึ้นรูป 3 มิติได้ โดยการเติมเนื้อหรือสร้างชิ้นงานขึ้นมานั้นเรียกว่า Additive Process เป็นการสร้างทีละชั้นหรือ Layer ในแนวระนาบแกน XY โดยชิ้นงานแต่ละชั้นนั้นจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามการออกแบบ เครื่อง 3D Print ที่ใช้นั้นคือเครื่อง 3D Print

UltimakerS5 เป็นเครื่อง 3D Printer ที่มีความทันสมัยและสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานได้เป็นอย่างดีเนื่องจากตัวเครื่องมีขนาด 330 x 240 x 300 มิลลิเมตร ทำให้สามารถปริ้นชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ได้และสามารถปริ้นชิ้นงานพร้อมกันได้หลายชิ้น เครื่อง 3D Print UltimakerS5 นั้นมีความสามารถปรับระดับความสูงของตัวฐานรองปริ้นได้ มีหน้าจอที่สามารถสัมผัส LED และสามารถบอกตัวอย่างของชิ้นงานก่อนปริ้นได้ มีเซ็นเซอร์ที่หยุดการทำงานอัตโนมัติของการฉีดเส้นใยปริ้น (Filament) ได้ถ้าหากเกิดเหตุขัดข้องหรือสั่งหยุดการปริ้นชั่วคราวหรือทำการหยุดฉีดเส้นใยปริ้น (Filament) เมื่อเส้นใยปริ้นใกล้หมด ใช้เวลาในการปริ้นชิ้นงานที่น้อยลงกว่าเครื่องปริ้น 3D ชนิดอื่น ๆ สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi และอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้ในการสั่งปริ้นชิ้นงานผ่านตัวโปรแกรมหรือทางแอปพลิเคชันได้ สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือเมื่อการปริ้นนั้นมีปัญหาหรือการปริ้นนั้นเสร็จแล้ว



รูปที่ 2.20 เครื่อง 3D print UltimakerS5

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานระหว่างทำ (Work-in-Process: WIP) [15]

Work-in-Process คือ ชิ้นงานที่อยู่ขั้นตอนการผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตในขั้นตอนต่อไป โดยที่ยังผ่านกระบวนการผลิตไม่ครบทุกขั้นตอน

2.5.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity: RH) [16]

ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัวในอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน ดังนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์จึงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 และสูงสุดเท่ากับ 1 ในกรณีที่เกิดเป็นร้อยละมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 หากความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากเข้าใกล้ 100 แสดงว่าความชื้นในอากาศมีค่าเข้าใกล้จุดอิ่มตัวของไอน้ำของอากาศที่อุณหภูมินั้น

2.5.3 อุณหภูมิ (Temperature: T)

อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิของอากาศที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั่วไป ซึ่งในการวัดอุณหภูมินั้นควรอยู่ในสถานะที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกเพื่อให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องหรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

2.5.4 พลังงานไฟฟ้า [17]

เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแส แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไปทางเดียวกันตลอดเวลา คือจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ เช่น กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย และเซลล์สุริยะ เป็นต้น

2. ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไหลกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็วตลอดเวลา ระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบ เป็นกระแสไฟฟ้าที่เราใช้ตามอาคารบ้านเรือน เป็นไฟฟ้าที่เกิดจากการหมุนของไดนาโมกระแสสลับจากเครื่องจักรหรือแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น พลังน้ำจากเขื่อนหรือพลังงานลม เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

สำหรับการตรวจวัดค่าตัวแปรภายในกระบวนการผลิต นั้นต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดร่วมกับการออกแบบโปรแกรมทางด้านซอฟต์แวร์เพื่อให้เหมาะสมกับการนำมาใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะเซนเซอร์ที่นำใช้ภายในอุปกรณ์ตรวจวัด ซึ่งถ้าหากมีเซนเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำการออกแบบที่ผิดพลาดก็จะส่งผลไปยังวงจรของอุปกรณ์ทั้งหมดรวมถึงในส่วนโปรแกรมด้วยเช่นกัน เพราะฉะนั้นในขั้นตอนการออกแบบและวางแผนระบบการทำงานของเซนเซอร์แต่ละชนิดจึงมีความสำคัญมาก ในงานวิจัยนี้จึงได้มีหัวข้อของการดำเนินงานดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล
2. การออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์
3. การสร้างอุปกรณ์ตรวจวัด
4. การเขียนโปรแกรมการทำงาน
5. หลักการทำงานของอุปกรณ์
6. การเก็บข้อมูลขึ้น Google Sheets

3.1 การรวบรวมข้อมูล

เพื่อใช้ในการสรุปข้อมูลที่จำเป็นที่ต้องการทราบจากกระบวนการผลิตใด ๆ และกำหนดเซนเซอร์ที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์รวมถึงการแสดงผลของข้อมูลนั้น ๆ โดยสามารถสรุปออกมาได้ดังตาราง

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงข้อมูลของตัวแปรและการตรวจวัด

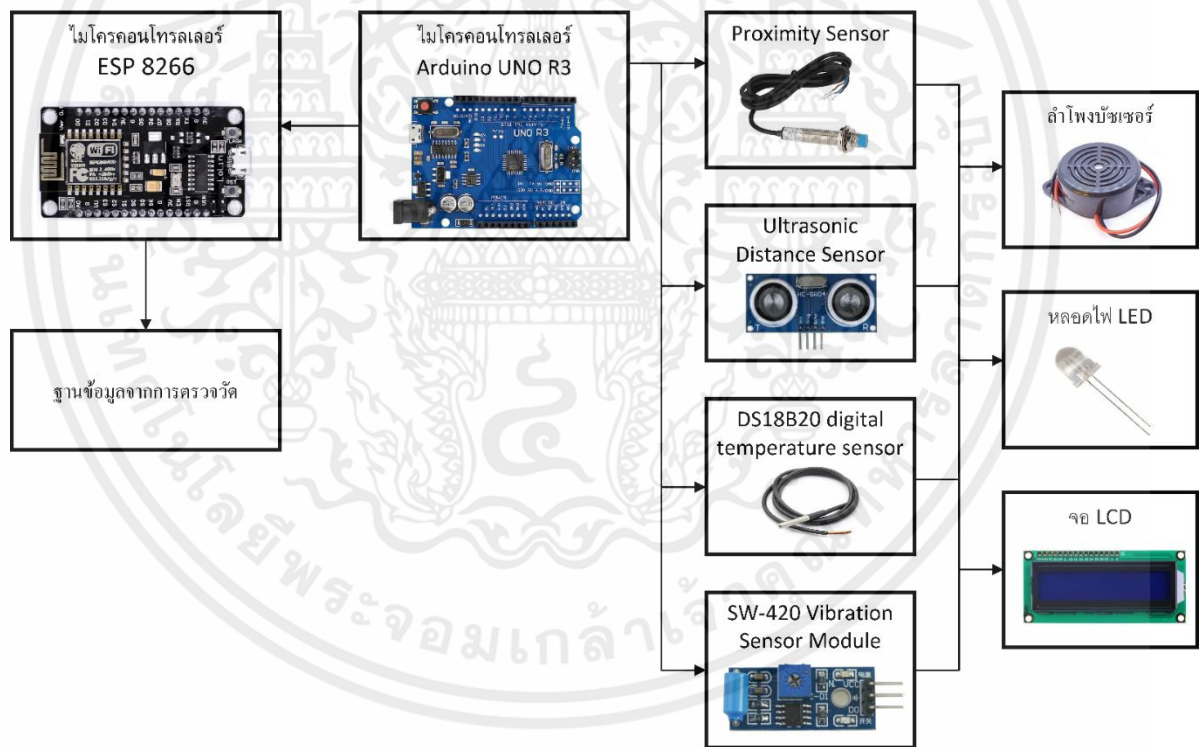
ข้อมูลที่ต้องการจากกระบวนการ	เหตุผล	Sensor	การแสดงผล	วิธีการตรวจวัด
จำนวนชิ้นงาน	เพื่อนับจำนวนชิ้นงานที่ต้องการทราบ ณ ตำแหน่งใด ๆ	Proximity	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณที่ต้องการนับจำนวนชิ้นงานโดยอุปกรณ์จะตรวจจับและแสดงผลจำนวนผ่านทางจอ LCD
WIP	หากนำอุปกรณ์วางทางเข้าและทางออกจะสามารถทราบจำนวนชิ้นงานที่เข้าไปและออกมาทำให้ทราบถึงชิ้นงานที่ค้างอยู่ในกระบวนการ	Proximity	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์ สัญญาณไฟสามสีบ่งบอกจำนวน WIP และเสียงเตือน	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณต้นทางและปลายทางที่ต้องการวัด WIP โดยอุปกรณ์จะเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน เพื่อตรวจวัดและแสดงผลจำนวนผ่านทางจอ LCD ของอุปกรณ์ที่อยู่ปลายทาง
อุณหภูมิของชิ้นงาน	ทราบถึงอุณหภูมิของชิ้นงาน ณ เวลานั้น เพื่อควบคุมการเกิดปัญหาหากชิ้นงานมีช่วงอุณหภูมิที่ต้องควบคุม รวมถึงปัญหาที่อาจเกิดจากเครื่องจักรมีปัญหาที่ส่งผลให้อุณหภูมิที่ส่งมายังชิ้นงานสูงขึ้น	DS18B20 Digital Temperature Sensor	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์ สัญญาณไฟสามสีบ่งบอกอุณหภูมิของชิ้นงาน และเสียงเตือน	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณที่ต้องการทราบอุณหภูมิโดยแสดงผลผ่านทางจอ LCD ซึ่งถ้าหากอุณหภูมิขณะนั้นเกินกว่าที่กำหนดไว้ อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณไฟและเสียงแจ้งเตือน
ระยะวางบนสายพาน	เพื่อให้สามารถตรวจสอบระยะวางของชิ้นงานในกรณีที่ชิ้นงานจำเป็นต้องอยู่ตรงตำแหน่งอ้างอิงใด ๆ สำหรับก่อนการเข้าเครื่องจักร	Ultrasonic	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์ สัญญาณไฟสามสีบ่งบอกระยะของชิ้นงานบนสายพาน และเสียงเตือน	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณที่ต้องการตรวจสอบ โดยอุปกรณ์จะแสดงผลระยะห่างผ่านทางจอ LCD ซึ่งถ้าหากระยะขณะนั้นไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณไฟและเสียงแจ้งเตือน
การสั่นของเครื่องจักร	เพื่อให้ทราบถึงการสั่นของเครื่องจักร ณ เวลานั้น สำหรับการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด	SW-420 Vibration Sensor Module	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์ สัญญาณไฟสามสี และเสียงเตือน	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณที่ต้องการควบคุมการสั่นสะเทือน โดยอุปกรณ์จะแสดงผลผ่านทางจอ LCD ซึ่งถ้าหากการสั่นสะเทือนนั้นเกินที่ตั้งไว้ อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณไฟและเสียงแจ้งเตือน
อุณหภูมิโดยรอบ	ทราบถึงอุณหภูมิ ณ เวลานั้น เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลา	DHT	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์ สัญญาณไฟสามสีบ่งบอกสถานะอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ และเสียงเตือน	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณที่ต้องการทราบอุณหภูมิโดยแสดงผลผ่านทางจอ LCD ซึ่งถ้าหากอุณหภูมิขณะนั้นเกินกว่าที่กำหนดไว้ อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณไฟและเสียงแจ้งเตือน
ความชื้นโดยรอบ	ทราบถึงความชื้น ณ เวลานั้น เพื่อควบคุมความชื้นให้คงที่ตลอดเวลา	DHT	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์ สัญญาณไฟสามสีบ่งบอกสถานะความชื้นของบรรยากาศโดยรอบ และเสียงเตือน	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณที่ต้องการทราบความชื้นโดยแสดงผลผ่านทางจอ LCD ซึ่งถ้าหากความชื้นขณะนั้นเกินกว่าที่กำหนดไว้ อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณไฟและเสียงแจ้งเตือน
ความดังเสียงโดยรอบ	เพื่อให้ทราบถึงความดังเสียง ณ เวลานั้น สำหรับการควบคุมความดังให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด	High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037	หน้าจอ LCD บริเวณอุปกรณ์ สัญญาณไฟสามสีบ่งบอกความดังเสียง และเสียงเตือน	ตรวจวัดโดยวางอุปกรณ์ไว้บริเวณที่ต้องการควบคุมเสียงโดยอุปกรณ์จะแสดงผลความดังเสียงผ่านทางจอ LCD ซึ่งถ้าหากความดังนั้นเกินที่กำหนด อุปกรณ์จะแสดงสัญญาณไฟและเสียงแจ้งเตือน

3.2 การออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์

สำหรับการออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์ อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุดด้วยกัน คือ อุปกรณ์ที่วัดค่าทางกระบวนการและวัดค่าทางกายภาพ เพื่อในสามารถสะดวกต่อการใช้งานและเป็นการแยกประเภทของการทำงานให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และยังมีส่วนของการแสดงผลข้อมูลที่ช่วยในการติดตามค่าตัวแปรที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 3.1

3.2.1 อุปกรณ์ชุดที่ 1 วัดค่าทางกระบวนการ

อุปกรณ์ชุดนี้จะถูกนำไปตรวจวัดค่าตัวแปรภายในที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยจะมีหน่วยประมวลผลหลักคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เชื่อมต่อกับ Proximity Sensor, Ultrasonic Distance Sensor, DS18B20 Digital Temperature Sensor และ SW-420 Vibration Sensor Module แสดงค่าขึ้นบนจอ LCD แจ้งเตือนความผิดปกติที่เกิดขึ้นผ่านสัญญาณไฟจากหลอดไฟ LED และลำโพงบีซเซอร์ มีการส่งค่าข้อมูลที่ได้อ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP 8266 เก็บไว้เป็นฐานข้อมูลสำหรับใช้งานต่อไป



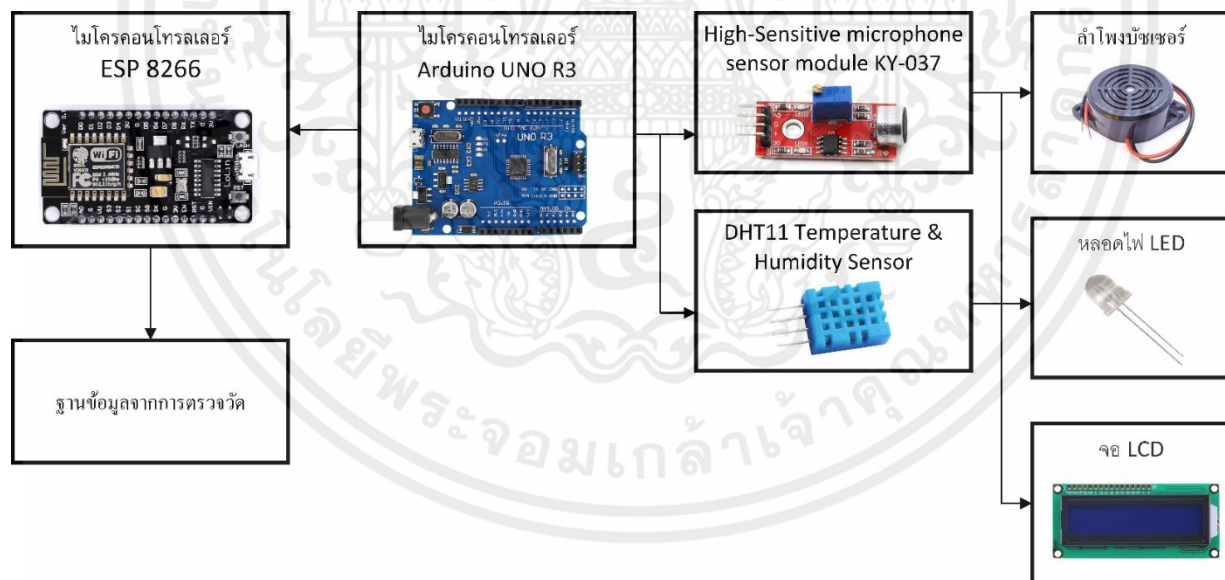
รูปที่ 3.1 การออกแบบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางกระบวนการ

จากอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางกระบวนการ การทำงานที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. จำนวนของชิ้นงานที่ออกมาจากเครื่องจักรโดยใช้เซนเซอร์ Proximity ในการตรวจจับชิ้นงานหรือวัสดุที่เป็นโลหะ
2. การวัดค่าระยะทางโดยใช้ Ultrasonic Distance Sensor ในการตรวจวัดระยะ
3. การวัดอุณหภูมิของชิ้นงานโดยใช้ DS18B20 Digital Temperature Sensor ในการวัดอุณหภูมิ
4. การวัดการสั่นสะเทือนโดยใช้ SW-420 Vibration Sensor Module ในการวัดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น

3.2.2 อุปกรณ์ชุดที่ 2 วัดค่าทางกายภาพ

อุปกรณ์ชุดนี้จะถูกนำไปตรวจวัดค่าทางกายภาพภายในบริเวณที่เครื่องจักรนั้นทำงานหรือบริเวณภายในโรงงานของกระบวนการผลิต โดยจะมีหน่วยประมวลผลหลักคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เชื่อมต่อกับ High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037 และ DHT11 Temperature & Humidity Sensor แสดงค่าขึ้นบนจอ LCD แจ้งเตือนความผิดปกติที่เกิดขึ้นผ่านสัญญาณไฟจากหลอดไฟ LED และลำโพงบัสเซอร์ มีการส่งค่าข้อมูลที่ได้ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP 8266 เก็บไว้เป็นฐานข้อมูลสำหรับใช้งานต่อไป



รูปที่ 3.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางกายภาพในกระบวนการผลิต

จากอุปกรณ์ตรวจวัดค่าทางกายภาพภายในบริเวณที่เครื่องจักรนั้นทำงานหรือบริเวณภายในโรงงาน โดยการทำงานที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การวัดอุณหภูมิและความชื้นบรรยากาศโดยรอบ โดยใช้ DHT11 Temperature & Humidity Sensor
2. การวัดค่าความดังของเสียง โดยใช้ High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037 ในการวัดความดังของเสียงที่อาจเกิดความดังที่ผิดปกติขึ้น

3.2.3 ส่วนการแสดงผลข้อมูล

โดยการออกแบบวงจรถูกออกแบบทั้ง 2 ส่วนนั้น หากเซนเซอร์มีการตรวจวัดได้ การแสดงข้อมูลที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้และสัญญาณแจ้งเตือนความผิดปกติของการทำงานที่เซนเซอร์ตรวจวัดได้ สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การแสดงข้อมูลได้นำจอ LCD ใช้ในการแสดงข้อมูลที่เซนเซอร์ตรวจวัดออกมาได้
2. การสัญญาณแจ้งเตือนนำหลอด Traffic Light LED Module ที่มีไฟสีเขียว (การทำงานปกติ) สีเหลือง (เกิดความผิดปกติเกิดขึ้นในช่วงที่ยอมรับได้) สีแดง (การทำงานผิดปกติ) เพื่อบอกสถานการณ์การทำงาน
3. จากการตรวจวัดหากมีการทำงานที่ผิดปกติลำโพงบีซเซอร์จะส่งเสียงแจ้งเตือนออกมา

3.3 การสร้างอุปกรณ์ตรวจวัด

3.3.1 การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

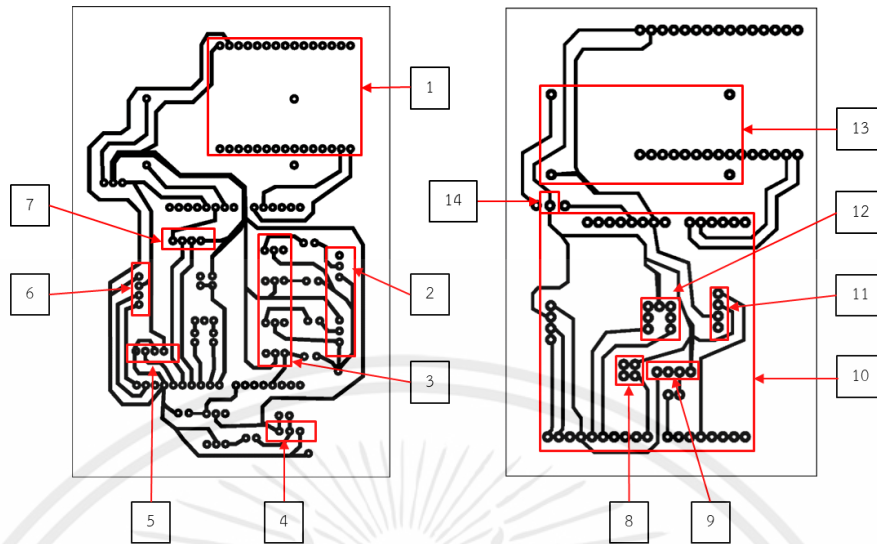
แผ่นวงจรพิมพ์ หรือเรียกว่า Print Circuit Board (PCB) คือส่วนประกอบชิ้นพื้นฐานที่สำคัญของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป เป็นตัวช่วยในการส่งกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ประกอบอยู่บนแผ่น PCB เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามประสิทธิภาพของอุปกรณ์

จากการออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์ข้างต้น ทำให้สามารถทราบรายละเอียดของเซนเซอร์รวมถึงส่วนของการแจ้งเตือนในแต่ละชุดอุปกรณ์ ซึ่งจะนำมาใช้วางตำแหน่งของอุปกรณ์แต่ละตัวได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะงานที่จะนำไปใช้และสามารถกำหนดขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์ PCB (Printed Circuit Board) ได้อย่างเหมาะสม ในขั้นตอนการดำเนินการทำงานนี้แบ่งออกเป็นการเขียนลายวงจร การกัดปรินต์ลายวงจร และการต่ออุปกรณ์ แต่ละขั้นตอนมีการทำงานดังนี้

3.3.1.1 การออกแบบและวาดลายวงจร

จากขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์ ในขั้นตอนการวาดลายวงจรเพื่อนำมาสร้างเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ การวางตำแหน่งอุปกรณ์ตามแบบที่ออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมบนแผ่นวงจรพิมพ์เปล่า (PCB) เพื่อเชื่อมต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์ที่ได้นำมาใช้เข้าด้วยกันโดยใช้โปรแกรม AutoCAD ในการออกแบบและวาดลายวงจร

ขั้นตอนการสร้างลายวงจรเริ่มจากการหาขนาดของอุปกรณ์แต่ละตัวจาก Datasheet ของอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพื่อนำขนาดของอุปกรณ์มาเป็นตัวกำหนดขนาดของแผงวงจรพิมพ์เปล่า (PCB) และกำหนดระยะห่างระหว่างอุปกรณ์เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ในพื้นที่ของแผ่นวงจรพิมพ์เปล่าที่ได้กำหนดขนาดไว้ โดยลายวงจรของอุปกรณ์แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 3.3 ลายวงจรของอุปกรณ์ชุดที่ 1 และชุดที่ 2

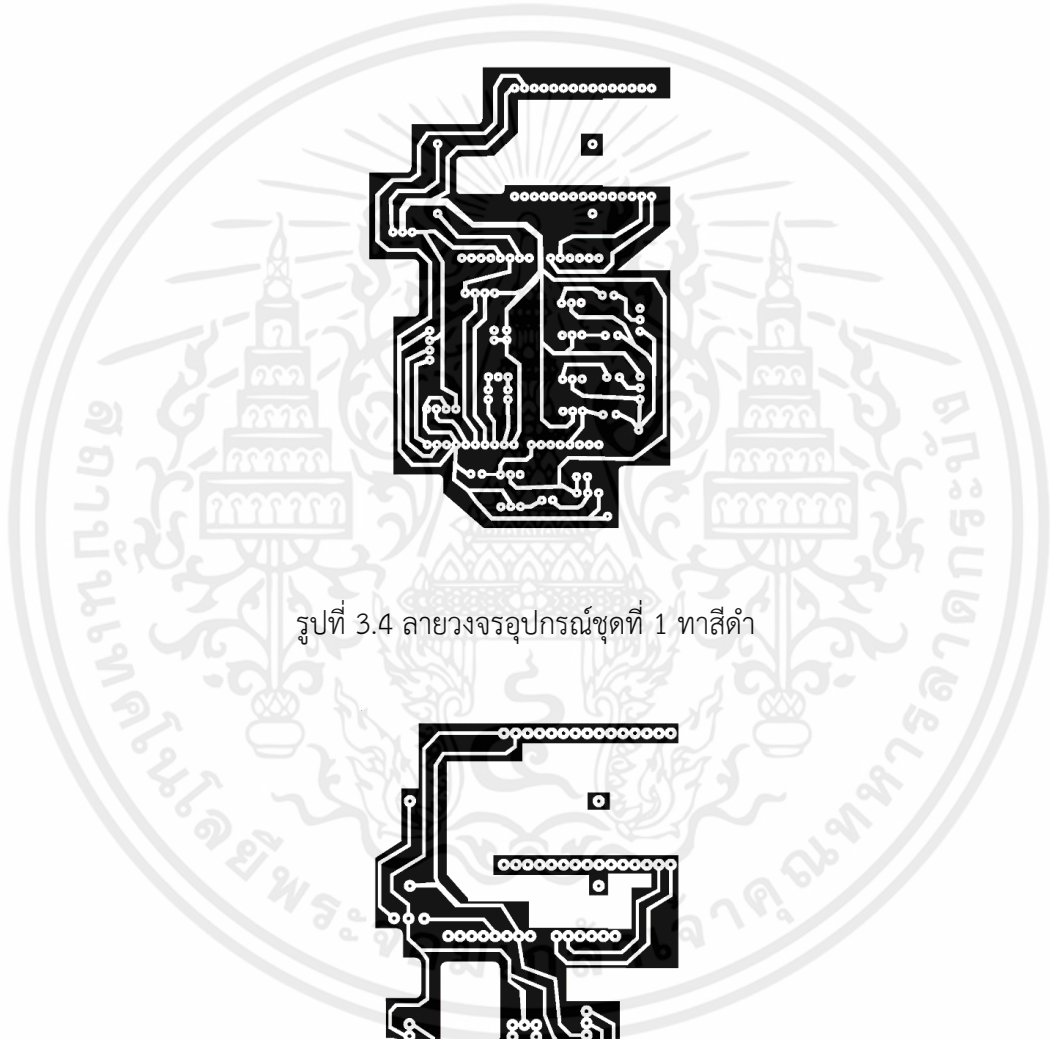
การวาดลายวงจรมันต้องคำนึงถึงระยะห่างระหว่างขอบเส้นที่ลากจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง เพื่อไม่ให้กระแสไฟนั้นเกิดการชนกันหรือเกิดการลัดวงจรของกระแสแต่ละเส้น จากรูปภาพที่ 3.3 แสดงตำแหน่งเซนเซอร์และอุปกรณ์ดังนี้

- ตำแหน่งที่ 1 คือ ตำแหน่งของบอร์ด Node MCU ESP8266
- ตำแหน่งที่ 2 คือ ตำแหน่งของ Proximity Sensor
- ตำแหน่งที่ 3 คือ ตำแหน่งของ Optocoupler 4n33
- ตำแหน่งที่ 4 คือ ตำแหน่งของ DS18B20 Digital Temperature Sensor
- ตำแหน่งที่ 5 คือ ตำแหน่งของ SW-420 Vibration Sensor Module
- ตำแหน่งที่ 6 คือ ตำแหน่งของ LCD
- ตำแหน่งที่ 7 คือ ตำแหน่งของ Ultrasonic Sensor
- ตำแหน่งที่ 8 คือ ตำแหน่งของ Piezo Buzzer
- ตำแหน่งที่ 9 คือ ตำแหน่งของ DHT11 Temperature & Humidity Sensor
- ตำแหน่งที่ 10 คือ ตำแหน่งบอร์ด Arduino รุ่น UNO R3
- ตำแหน่งที่ 11 คือ ตำแหน่งของ High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037
- ตำแหน่งที่ 12 คือ ตำแหน่งของ Traffic Light LED Module
- ตำแหน่งที่ 13 คือ ตำแหน่งของ LM2596 DC-DC Step Down
- ตำแหน่งที่ 14 คือ จุดรวมกระแสไฟที่ต้องนำจ่ายเซนเซอร์และอุปกรณ์ที่อยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด

จากตำแหน่งที่ 1 6 8 10 12 และ 14 เป็นตำแหน่งที่แผ่นวงจรพิมพ์ทั้งสองชุดเหมือนกัน ใช้อุปกรณ์และ เซนเซอร์ในการทำงานเหมือนกัน

3.3.1.2 การกัดปริ้น

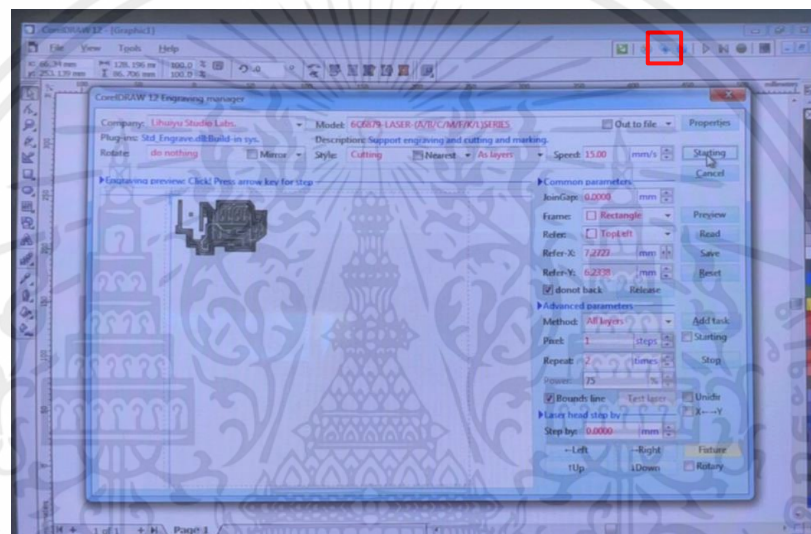
จากขั้นตอนการออกแบบและวาดลายวงจรเมื่อได้ลายวงจรของอุปกรณ์ทั้ง 2 ส่วนมาแล้ว นำลายวงจรที่ วาดออกมาแปลงไฟล์จากต้นฉบับที่เป็นไฟล์เป็นไฟล์รูปภาพ (PNG) และนำไฟล์ลายวงจรที่เป็นไฟล์รูปภาพ (PNG) นั้นทาสีดำลงในส่วนที่ไม่ได้ใช้งานก่อนการนำไปปริ้นด้วยเครื่องด้วยเครื่องเลเซอร์ ตามรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ลายวงจรอุปกรณ์ชุดที่ 1 ทาสีดำ

รูปที่ 3.5 ลายวงจรอุปกรณ์ชุดที่ 2 ทาสีดำ

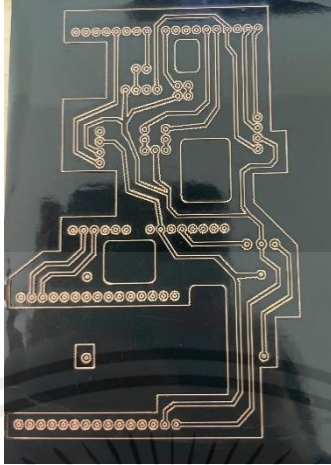
ก่อนการนำแผ่นวงจรพิมพ์มาปรี้นด้วยเครื่องเลเซอร์นำแผ่นสติ๊กเกอร์สีดำมาปิดทับลงบนแผ่นแผ่นวงจรพิมพ์ก่อนเพื่อปิดทับทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์เปล่า การเลเซอร์ลายวงจรทำได้โดยการตั้งค่าที่โปรแกรม CorelLASER2013.02 เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาทำการตั้งค่าหน้ากระดาษเป็น A3 แนวนอนแล้ว Import ไฟล์รูปลายวงจรเข้ามาในโปรแกรม แล้วกดที่เครื่องมือเลเซอร์ตามกรอบสีแดงที่อยู่ในรูปที่ 3.6 จากนั้นกด Starting เพื่อสั่งให้เครื่องตัดเลเซอร์ทำงาน รูปที่ 3.8 คือรูปที่ได้ถูกเลเซอร์เสร็จแล้ว เมื่อเลเซอร์ลายวงจรแล้วแกะสติ๊กเกอร์ในส่วนที่ต้องการกัดทองแดงที่ไม่ได้ใช้งานออกและเหลือทองแดงที่ต้องการนำมาใช้ และป้องกันไม่ให้น้ำยากัดปรี้นนั้นซึมเข้าไปในส่วนทองแดงที่ต้องการใช้งาน



รูปที่ 3.6 หน้าโปรแกรม CorelLASER2013.02



รูปที่ 3.7 เครื่องตัดเลเซอร์



รูปที่ 3.8 แผ่นวงจรพิมพ์หลังการเลเซอร์

ในขั้นตอนการกัดลายลงจอร์นั้นน้ำยากัดลายปรี้นผสมกับน้ำอุ่นในอัตราส่วน 1:1 พอให้ท่วมแผ่นที่นำมากัดปรี้นตามรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 คือรูปที่ได้ทำการกัดด้วยน้ำยากัดปรี้นแล้วนำมาแกะสติกเกอร์ทั้งหมดออกแล้วนำไปเจาะรูตามที่ได้ออกแบบไว้ใช้ในการต่อเซนเซอร์และอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์



รูปที่ 3.9 การกัดลายวงจร



รูปที่ 3.10 แผ่นวงจรพิมพ์หลังการกัดลาย

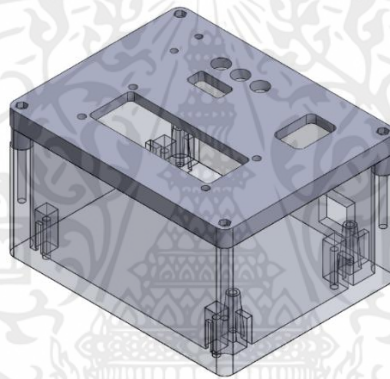
3.3.1.3 การต่ออุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์

เมื่อได้แผ่นวงจรพิมพ์ที่กัดทองแดงในส่วนที่ไม่ได้นำมาใช้งานออก ตามรูปที่ 3.10 นำไปเจาะรูขนาด 0.8 มิลลิเมตรสำหรับใส่ขาของเซนเซอร์ต่างๆ เมื่อเจาะรูแล้วนำเซนเซอร์มาเชื่อมต่อลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ เพื่อเป็นการทดสอบเซนเซอร์และทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และอุปกรณ์ที่อยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์ว่าสามารถใช้งานได้ตรงตามทีออกแบบไว้

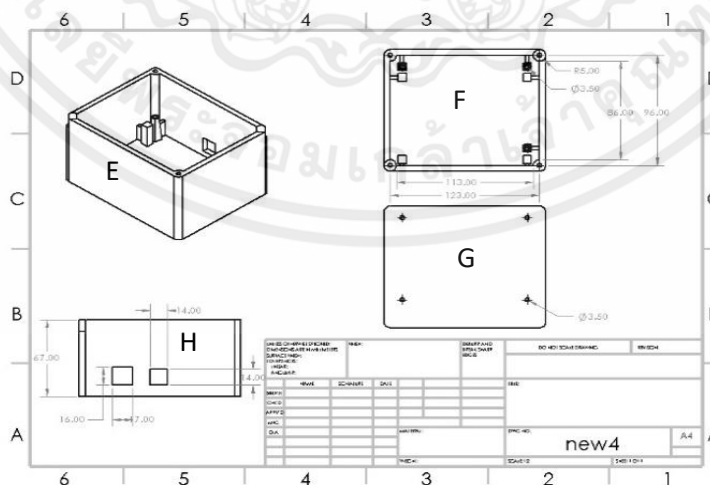


รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์

จากรูปที่ 3.13 บอกขนาดของส่วนประกอบที่อยู่ภายในกล่องขนาดของกล่อง ประกอบไปด้วย
 ตำแหน่ง A คือ มุมด้านบนจะประกอบไปด้วยฐานวางแผ่น PCB ที่มีรูใส่สกรูขนาด 3 มิลลิเมตร เพื่อยึด
 ฐานกับแผ่น PCB เข้าไว้ด้วยกันและฐานรองแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์
 ตำแหน่ง B คือ ส่วนของใต้กล่องที่มีช่องใส่สกรูขนาด 3 มิลลิเมตร เพื่อสามารถนำไปยึดกับผนัง เสา
 และเครื่องจักรที่ต้องการนำกล่องไปวางไว้
 ตำแหน่ง C คือ ช่องว่างไว้เพื่อเสียบอะแดปเตอร์เข้ากับ Arduino ยูเอินโอ อาร์ 3
 ตำแหน่ง D คือ ช่องเว้นว่างไว้เพื่อใส่เซนเซอร์ต่าง ๆ
 ในส่วนของฝาได้ออกแบบมาเพื่อใส่ จอ LCD บัสเซอร์ และ Traffic Light LED Module แล้วเจาะรูเพื่อ
 สามารถยึดฝากล่องกับตัวกล่องเข้าไว้ด้วยกัน



รูปที่ 3.14 กล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพที่ออกแบบในโปรแกรม SolidWorks



รูปที่ 3.15 ขนาดของกล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ

จากรูปที่ 3.15 บอกขนาดของส่วนประกอบที่อยู่ภายในกล่องขนาดของกล่อง ประกอบไปด้วย

ตำแหน่ง E คือ มุมภาพรวมของภายในกล่อง

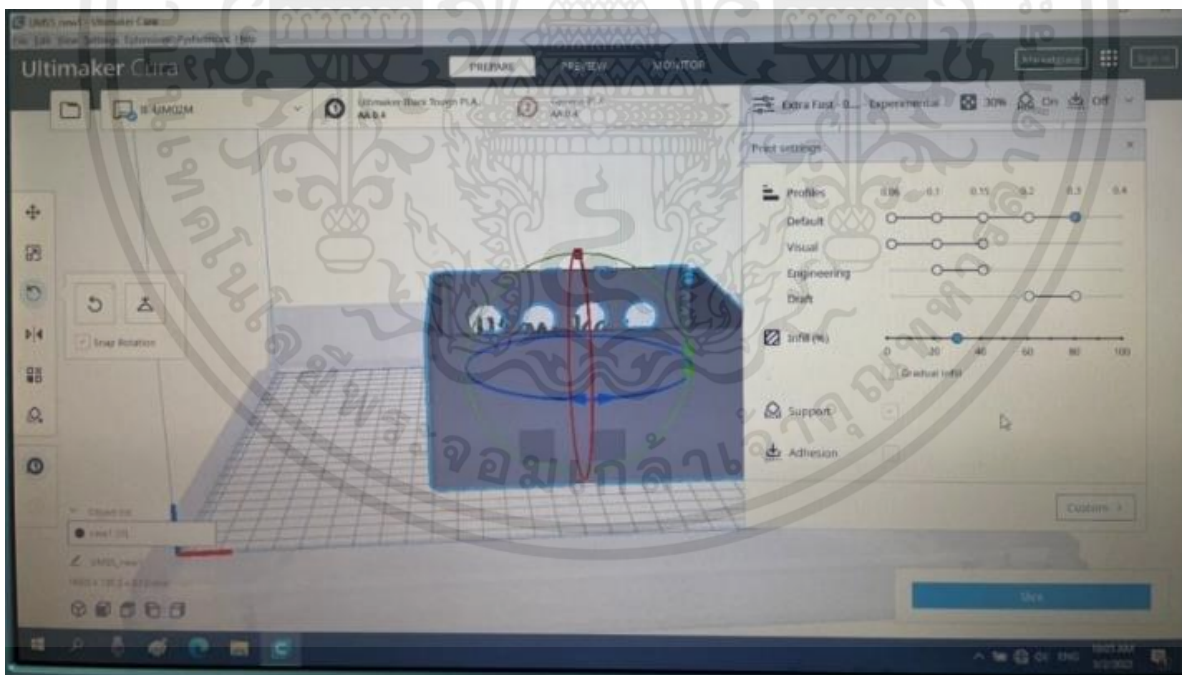
ตำแหน่ง F คือ ขนาดของรูใส่สกรูของฐานรองแผ่น PCB ขนาด 3 มิลลิเมตร เพื่อยึดแผ่น PCB กับตัวกล่องเข้าไว้ด้วยกัน

ตำแหน่ง G คือ ส่วนของใต้กล่องที่มีช่องใส่สกรูขนาด 3 มิลลิเมตร เพื่อสามารถนำไปยึดกับผนัง เสา และ เครื่องจักรที่ต้องการนำกล่องไปวางไว้

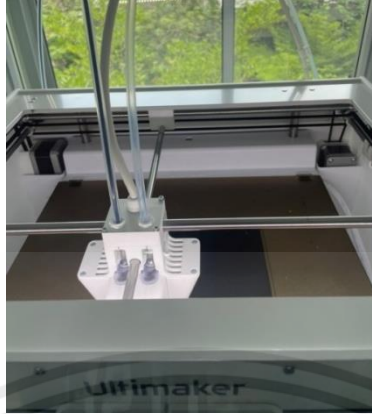
ตำแหน่ง H เป็นช่องว่างไว้เพื่อเสียบอะแดปเตอร์เข้ากับ Arduino ยูเอินโอ อาร์ 3

ในส่วนของฝาได้ออกแบบมาเพื่อใส่ จอ LCD บัสเซอร์ และ Traffic Light LED Module แล้วทำช่องว่างไว้ในตำแหน่งเดียวกับ High-Sensitive microphone sensor เพื่อให้เซนเซอร์นั้นได้รับเสียงได้มากขึ้นเนื่องจากกล่องที่ออกแบบมานั้นเป็นกล่องแบบปิดทึบ และเจาะรูเพื่อสามารถยึดฝากกล่องกับตัวกล่องเข้าไว้ด้วยกัน

เมื่อได้ออกแบบกล่องทั้ง 2 ชุดเสร็จนำมาแบบที่ได้นั้นบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล STL เพื่อนำไปปริ้นด้วยเครื่อง 3D print Ultimaker โดยทำการตั้งค่าการปริ้นด้วยโปรแกรม CUVA กำหนดความหนาของฟิลาเมนต์และเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงของตัวกล่อง และเชื่อมระหว่างต่อโปรแกรม CUVA กับ เครื่อง 3D Print Ultimaker ด้วยสัญญาณ WI-FI ระหว่างเครื่อง 3D Print Ultimaker กับ โปรแกรม CUVA



รูปที่ 3.16 หน้าโปรแกรม CUVA สำหรับสั่งเครื่อง 3D Print Ultimaker



รูปที่ 3.17 เครื่อง 3D Print Ultimaker

จากการดำเนินการทั้งหมดจะได้กล่องอุปกรณ์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ ดังรูปภาพ



รูปที่ 3.18 ส่วนแสดงผลของกล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ



รูปที่ 3.19 กล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ



รูปที่ 3.20 แสดงผลของอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ



รูปที่ 3.21 กล่องอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ

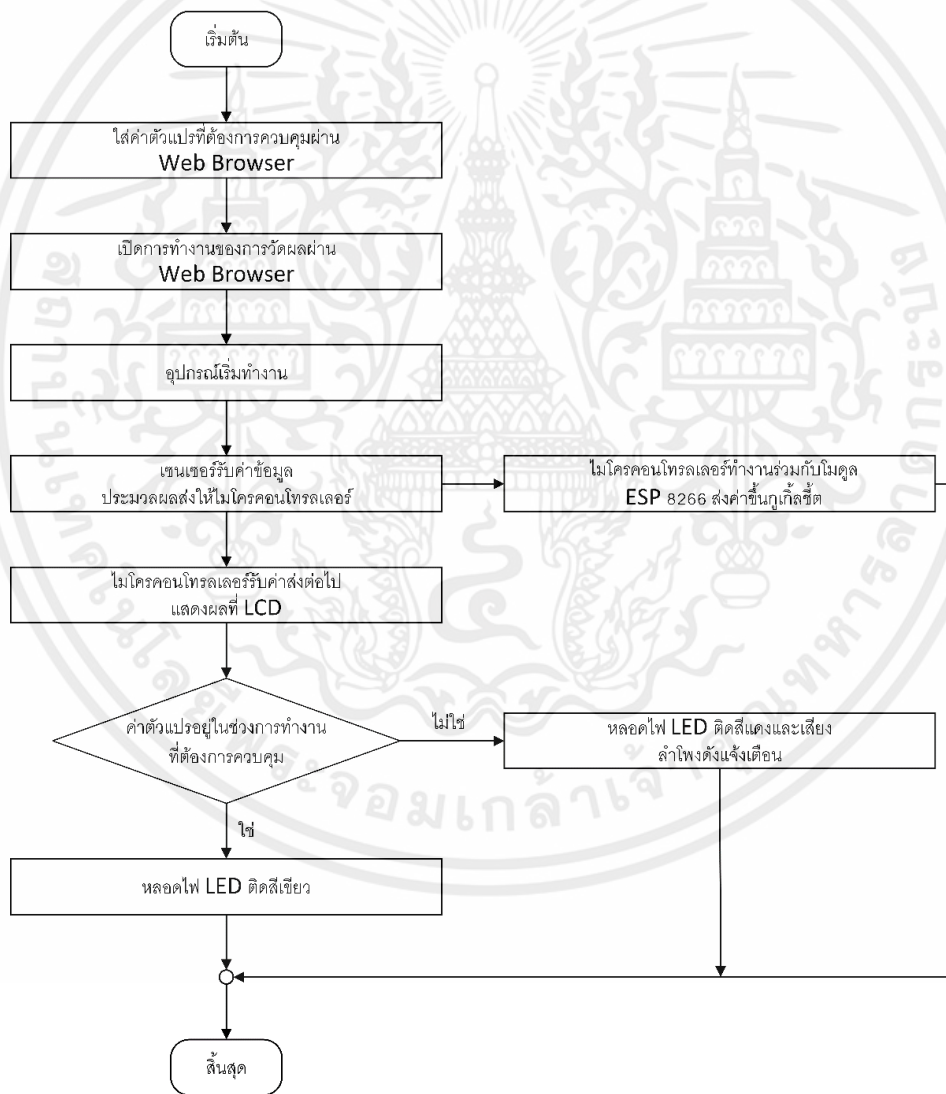
3.4 การเขียนโปรแกรมการทำงาน

ใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโค้ดคำสั่งควบคุมการทำงาน ซึ่งในโค้ดที่เราเขียนเราได้แบ่งชุดคำสั่งเป็นส่วน ๆ อาทิเช่น คำสั่งการรับส่งข้อมูลระหว่าง 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการส่งข้อมูลไปมา คำสั่งควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ และคำสั่งการเก็บข้อมูลขึ้นภูเกิลชิต เป็นต้น จากนั้นจะเรียกชื่อมาใช้ในการเขียนคำสั่งการทำงาน โดยจะเขียนคำสั่งการทำงานตามลำดับการทำงานของเครื่อง

นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) สำหรับการสั่งการควบคุมอุปกรณ์ เนื่องจากอุปกรณ์มีการออกแบบให้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP 8266 เพื่อเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตให้สามารถส่งข้อมูลขึ้นเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลได้ จึงได้พัฒนาต่อยอดความสามารถโดยการเพิ่มคำสั่งการทำงานของอุปกรณ์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลและติดต่อสื่อสารในรูปแบบเว็บเพจ (Webpage) โดยโปรแกรมจะแปลงภาษาคอมพิวเตอร์ HTML ให้เป็นภาษาที่คนทั่วไปสามารถอ่านและเข้าใจได้บนหน้าเว็บ

3.5 หลักการทำงานของอุปกรณ์

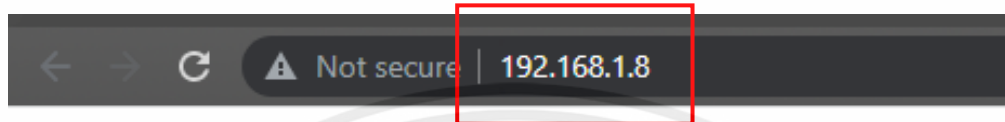
หลักการทำงานของอุปกรณ์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก คือ บอร์ด Arduino รุ่น UNO R3 สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และใช้ Node MCU ESP8266 ควบคุมในส่วนของระบบที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต คือ เว็บเบราว์เซอร์และการส่งข้อมูลขึ้น Google Sheets ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์จะมี 7 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.22 เริ่มจากการควบคุมการทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ คือใส่ค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมและเปิด-ปิดการทำงานของเซนเซอร์ จากนั้นอุปกรณ์จะเริ่มทำงาน เมื่อเซนเซอร์อ่านค่าได้จะแสดงผลผ่านทางจอ LCD พร้อมสัญญาณไฟบ่งบอกสถานะและเสียงลำโพงบัสเซอร์แจ้งเตือนในช่วงตามที่เราต้องการควบคุม และอีกส่วนหนึ่งก็จะมีมีการส่งข้อมูลไปยังกูเกิลชีทเพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นฐานข้อมูล



รูปที่ 3.22 แผนผังการทำงานของอุปกรณ์

การใช้งาน Web Browser สำหรับการควบคุมอุปกรณ์นั้นในการเข้าสั่งการอุปกรณ์ ผู้ใช้งานจะต้องกรอก ไอพี แอดเดรส (IP Address) ลงไปเวลาต้องการเข้าไปยังเว็บไซต์สั่งการอุปกรณ์

- ไอพี แอดเดรสของอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ คือ 192.168.1.8
- ไอพี แอดเดรสของอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ คือ 192.168.1.9



รูปที่ 3.23 แสดงไอพี แอดเดรส สำหรับเรียกใช้เว็บไซต์สั่งการอุปกรณ์

หลังจากกรอกไอพี แอดเดรส หน้าเว็บที่ได้รับการออกแบบเพื่อสั่งงานของอุปกรณ์จะแสดงขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด สำหรับการแสดงของอุปกรณ์แต่ละชุด

A screenshot of a web interface titled "Device Control". The interface is divided into two main sections: "Device Control" and "Input Data". The "Device Control" section contains five rows, each with a label and a corresponding control element: "Counting Workpiece" with a slider, "Work in Process" with a slider, "Workpiece Temp" with a slider, "Distance" with a slider, and "Vibration" with a slider. The "Input Data" section contains three rows, each with a label, a text input field, and a "Submit" button: "Work in process:", "Temp(Low,High):", and "Distance(Min,Max):". The background of the screenshot features a large, faint watermark of a university seal.

รูปที่ 3.24 หน้าเว็บสำหรับการสั่งงานอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ

รูปที่ 3.25 หน้าเว็บสำหรับการสั่งงานอุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ

จากรูปที่ 3.24 และรูปที่ 3.25 ส่วนรับค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมหรือ Input Data เราต้องทำการกรอกค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมก่อนเปิดการทำงานของการทำงานของตัววัด เพื่อให้สามารถแสดงผลลัพธ์ของการควบคุมและการแสดงผลได้อย่างแม่นยำ การกรอกค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมจะมีดังนี้

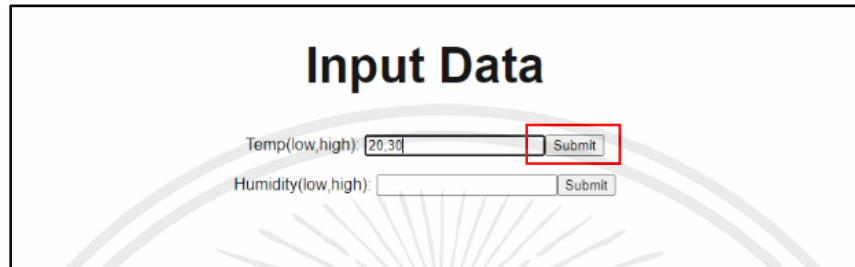
อุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ

1. จำนวน Work in Process ที่ต้องการควบคุม โดยกรอกเป็นตัวเลข
2. อุณหภูมิที่ต้องการควบคุม โดยกรอกเป็นตัวเลข ต่ำสุด, สูงสุด ตัวอย่างเช่น ต้องการควบคุมอุณหภูมิที่ 20-29 องศาเซลเซียส ใส่เป็น 20,29
3. ระยะห่างที่ต้องการควบคุม โดยกรอกเป็นตัวเลข น้อยสุด, มากสุด ตัวอย่างเช่น ต้องการควบคุมระยะให้อยู่ที่ 30-33 เซนติเมตร ใส่เป็น 30,33

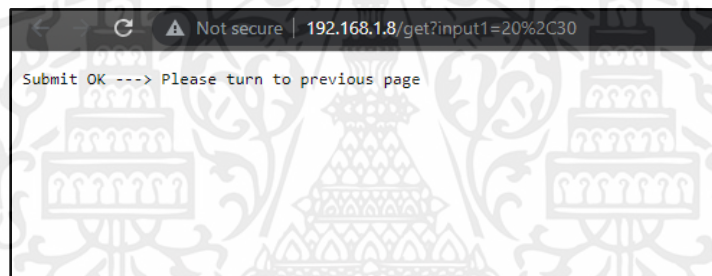
อุปกรณ์วัดค่าทางกายภาพ

1. อุณหภูมิโดยรอบที่ต้องการควบคุม โดยกรอกเป็นตัวเลข ต่ำสุด, สูงสุด ตัวอย่างเช่น ต้องการควบคุมอุณหภูมิที่ 20-29 องศาเซลเซียส ใส่เป็น 20,29
2. ความชื้นโดยรอบที่ต้องการควบคุม โดยกรอกเป็นตัวเลข ต่ำสุด, สูงสุด ตัวอย่างเช่น ต้องการควบคุมความชื้นที่ 0-20 % ใส่เป็น 0,20

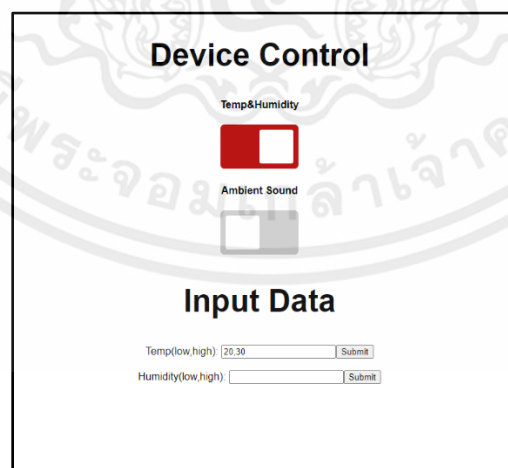
เมื่อใส่ค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมแล้วหลังจากนั้นกดปุ่ม Submit ค่าที่ใส่ไปจะถูกบันทึกและอุปกรณ์จะติดตามค่านี้ไว้ หากการใส่ค่าสำเร็จหน้าเว็บจะขึ้นดังรูป 3.27 เมื่อต้องการตรวจวัดค่าตัวแปรใด ๆ ให้ใส่ค่าที่ต้องการควบคุม หลังจากนั้นให้กดที่ปุ่มเปิดทำงาน จากนั้นอุปกรณ์จะเริ่มต้นการตรวจวัด และเมื่ออุปกรณ์มีการตรวจจับค่าต่าง ๆ ที่อยู่นอกเหนือค่าที่ต้องการควบคุมก็จะมีสัญญาณไฟ LED พร้อมเสียงลำโพงดังเพื่อแจ้งเตือน



รูปที่ 3.26 ส่วนรับค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมจากหน้าเว็บอุปกรณ์ชุดที่ 2



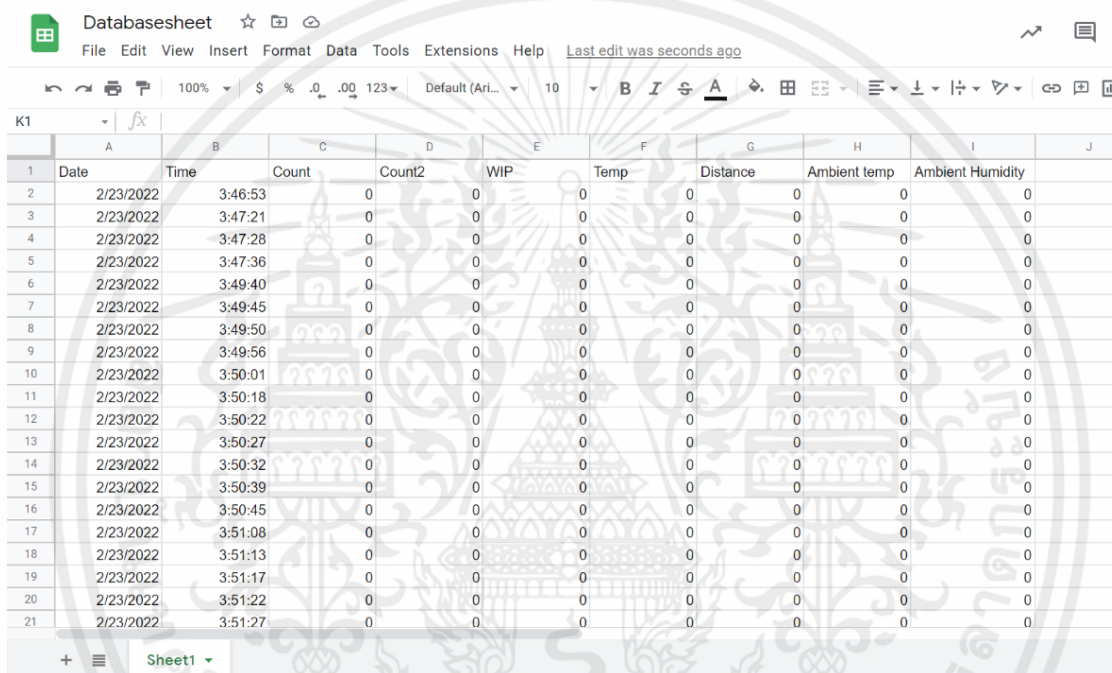
รูปที่ 3.27 หน้าเว็บเมื่อใส่ค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมสำเร็จ



รูปที่ 3.28 เปิดการทำงานของ การตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

3.6 การเก็บข้อมูลขึ้น Google Sheets

หลังจากการวัดผล ติดตาม รวมถึงแสดงค่าข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ แล้วในส่วนสุดท้ายที่โปรแกรมทำงานคือ การเก็บข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดไว้ใน Google Sheets เพื่อเก็บค่าตัวแปรในแต่ละช่วงเวลาไว้เป็นฐานข้อมูล สำหรับการนำไปวิเคราะห์ที่ใช้งานต่อไปในอนาคต โดยมีลิงก์สำหรับการบันทึก เปิดอ่าน รวมไปถึงแก้ไข คือ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WTHvO0BMKkWBn9xj1lb68U-aQGKpJ7JhoZsW3qlGLco/edit#gid=0>



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Date	Time	Count	Count2	WIP	Temp	Distance	Ambient temp	Ambient Humidity	
2	2/23/2022	3:46:53	0	0	0	0	0	0	0	
3	2/23/2022	3:47:21	0	0	0	0	0	0	0	
4	2/23/2022	3:47:28	0	0	0	0	0	0	0	
5	2/23/2022	3:47:36	0	0	0	0	0	0	0	
6	2/23/2022	3:49:40	0	0	0	0	0	0	0	
7	2/23/2022	3:49:45	0	0	0	0	0	0	0	
8	2/23/2022	3:49:50	0	0	0	0	0	0	0	
9	2/23/2022	3:49:56	0	0	0	0	0	0	0	
10	2/23/2022	3:50:01	0	0	0	0	0	0	0	
11	2/23/2022	3:50:18	0	0	0	0	0	0	0	
12	2/23/2022	3:50:22	0	0	0	0	0	0	0	
13	2/23/2022	3:50:27	0	0	0	0	0	0	0	
14	2/23/2022	3:50:32	0	0	0	0	0	0	0	
15	2/23/2022	3:50:39	0	0	0	0	0	0	0	
16	2/23/2022	3:50:45	0	0	0	0	0	0	0	
17	2/23/2022	3:51:08	0	0	0	0	0	0	0	
18	2/23/2022	3:51:13	0	0	0	0	0	0	0	
19	2/23/2022	3:51:17	0	0	0	0	0	0	0	
20	2/23/2022	3:51:22	0	0	0	0	0	0	0	
21	2/23/2022	3:51:27	0	0	0	0	0	0	0	

รูปที่ 3.29 หน้า Google Sheets สำหรับการบันทึกข้อมูล

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองของการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับการวัดค่าทางกระบวนการและวัดค่าทางกายภาพที่นำไปควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริง ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. การทดสอบการสั่งงานอุปกรณ์
2. การทดลองการทำงานของอุปกรณ์

4.1 การทดสอบการสั่งงานอุปกรณ์

การดำเนินการทดสอบการสั่งงานอุปกรณ์ ทดสอบในสภาวะการทำงาน 2 แบบ ได้แก่ การใช้งานสวิตช์เปิด-ปิด เพื่อสั่งอุปกรณ์ให้เปิด-ปิด และการใช้เมนู Set Up เพื่อกำหนดค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุม จากกรทดสอบสั่งงานพบว่าสามารถจัดการและควบคุมอุปกรณ์ได้ ส่งค่าได้ถูกต้องและรวดเร็วได้ถูกต้องทุกสภาวะการ

4.2 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์

จากการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องตรวจวัดและติดตามตัวแปรต่าง ๆ คือ จำนวนชิ้นงานสำเร็จรูป Work in Process อุณหภูมิของชิ้นงาน ระยะทาง การสั่นของเครื่องจักร และอุณหภูมิ ความชื้น ความดันโดยรอบ หลังจากการเขียนโค้ดควบคุมการทำงานและวัดผลการทำงานของเซนเซอร์ในแต่ละตัว พบว่าสามารถตรวจวัดได้ตามสมมติฐาน โดยมีผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1 ถึงตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.1 การทดสอบการตรวจวัดจำนวนชิ้นงานสำเร็จรูปและ Work in Process

การทดสอบครั้งที่	มีก้านับจำนวนชิ้นงาน	แสดงผลผ่านหน้าจอ LCD สัญญาณไฟและลำโพงเสียงถูกต้อง	%
1	1	1	100
2	1	1	100
3	1	1	100
4	1	1	100
5	1	1	100
6	1	1	100
7	1	1	100
8	1	1	100
9	1	1	100
10	1	1	100
11	1	1	100
12	1	1	100
13	1	1	100
14	0	0	0
15	1	1	100
16	1	1	100
17	1	1	100
18	1	1	100
19	1	1	100
20	1	1	100
รวม	19	19	95

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการทดสอบการตรวจวัดจำนวนชิ้นงานสำเร็จรูปและ Work in Process จากการทดสอบทั้งหมด 20 ครั้ง คือ เมื่อเปิดการทำงานของก้านับจำนวนชิ้นงานนำวัตถุที่เป็นโลหะผ่านบริเวณ Proximity Sensor ทุก ๆ 1 วินาที อย่างต่อเนื่องกัน สามารถตรวจวัดได้จำนวน 19 ครั้ง และแสดงผลถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 95 ของจำนวนการทดสอบทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิของชิ้นงาน

การทดสอบ ครั้งที่	มีการตรวจวัดอุณหภูมิ ของชิ้นงาน	แสดงผลผ่านหน้าจอ LCD สัญญาณไฟและลำโพง เสียงถูกต้อง	%
1	1	1	100
2	1	1	100
3	1	1	100
4	1	1	100
5	1	1	100
6	1	1	100
7	1	1	100
8	1	1	100
9	1	1	100
10	1	1	100
รวม	10	10	100

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิของชิ้นงาน โดยการนำวัตถุวางไว้บริเวณหน้า DS18B20 Digital Temperature Sensor เพื่อให้ตรวจวัดอุณหภูมิของวัตถุ จากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง สามารถตรวจวัดได้จำนวน 10 ครั้ง และแสดงผลถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนการทดสอบทั้งหมด

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการทดสอบการตรวจวัดระยะ โดยจากการทดสอบทั้งหมด 40 ครั้ง คือนำวัตถุวางไว้บริเวณหน้า Ultrasonic Sensor ด้วยระยะ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 แล้วให้เซนเซอร์วัดผลที่ระยะละ 4 ครั้ง สามารถตรวจวัดพร้อมแสดงผลได้อย่างถูกต้องจำนวน 37 ครั้ง ซึ่งคิดเป็น 92.5% โดยระยะที่เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นที่ระยะมากกว่า 35 เซนติเมตร เนื่องจากหลักการทำงานของเซนเซอร์หากมีวัตถุใดขวางบริเวณพื้นที่ด้านหน้าเพียงเล็กน้อยก็จะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดได้ ด้วยระยะนี้จึงสามารถมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามากีดขวางได้ จึงควรใช้งานการตรวจวัดที่ระยะตั้งแต่ 0-35 เซนติเมตรจะได้ความแม่นยำที่สูงขึ้นโดยมีประสิทธิภาพการทำงาน 100%

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการวัดระยะ

ระยะทาง (เซนติเมตร)	จำนวนครั้งที่ทดสอบ				ตรวจวัดพร้อมแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD สัญญาณไฟ และลำโพงเสียงถูกต้อง	%
	1	2	3	4		
5	1	1	1	1	4	100
10	1	1	1	1	4	100
15	1	1	1	1	4	100
20	1	1	1	1	4	100
25	1	1	1	1	4	100
30	1	1	1	1	4	100
35	1	1	1	1	4	100
40	0	1	0	1	2	50
45	1	1	1	1	4	100
50	1	1	0	1	3	75
รวม					37	92.5

ตารางที่ 4.4 การทดสอบการสั้น

การทดสอบ ครั้งที่	มีการตรวจวัดการสั้น	แสดงผลผ่านหน้าจอ LCD สัญญาณไฟ และลำโพงเสียงถูกต้อง	%
1	1	1	100
2	1	1	100
3	1	1	100
4	1	1	100
5	1	1	100
6	1	1	100
7	1	1	100
8	1	1	100
9	1	1	100
10	1	1	100
รวม	10	10	100

จากตารางที่ 4.4 พบว่าการทดสอบการตรวจวัดการสั่น โดยจากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง คือทำให้พื้นที่เกิดการสั่น SW-420 Vibration Sensor Module สามารถตรวจวัดได้จำนวน 10 ครั้ง และแสดงผลถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนการทดสอบทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 การทดสอบอุณหภูมิ ความชื้น และความดันของบรรยากาศโดยรวม

การทดสอบครั้งที่	มีการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นและความดันของบรรยากาศโดยรวม	แสดงผลผ่านหน้าจอ LCD สัญญาณไฟและลำโพง เสียงถูกต้อง	%
1	1	1	100
2	1	1	100
3	1	1	100
4	1	1	100
5	1	1	100
6	1	1	100
7	1	1	100
8	1	1	100
9	1	1	100
10	1	1	100
รวม	10	10	100

จากตารางที่ 4.5 พบว่าการทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และความดันของบรรยากาศโดยรวม โดยจากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง คือ วางกล่องอุปกรณ์ชุดที่ 2 สำหรับวัดค่าทางกายภาพ ที่มี DHT11 Temperature & Humidity Sensor และ High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037 ไว้ ณ ตำแหน่งใด ๆ สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และความดันของบรรยากาศโดยรวมได้จำนวน 10 ครั้ง และแสดงผลถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนการทดสอบทั้งหมด

ตารางที่ 4.6 การทดสอบการเก็บข้อมูลขึ้น Google Sheets

การทดสอบ ครั้งที่	การเก็บข้อมูลขึ้น Google Sheets	%
1	1	100
2	1	100
3	1	100
4	1	100
5	1	100
6	1	100
7	1	100
8	1	100
9	1	100
10	1	100
รวม	10	100

จากตารางที่ 4.6 พบว่าการทดสอบการเก็บข้อมูลขึ้น Google Sheets โดยจากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง โดยหลังจากการตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ จะมีการอัปโหลดข้อมูลขึ้นกูเกิลชีททุก ๆ 10 วินาที สามารถการเก็บข้อมูล 10 ครั้งต่อเนื่อง คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนการทดสอบทั้งหมด และเมื่อเปิดอุปกรณ์ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ก็สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องในทุก ๆ 10 วินาที

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

การจัดทำโครงการปริญญาโทระบบเครือข่ายการแสดงผลและควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริง โดยการสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดและติดตามตัวแปรขึ้นมา ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลและข้อเสนอแนะของการอุปกรณ์ที่ได้สร้างขึ้นมา ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. สรุปผลการดำเนินงาน
2. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ระบบเครือข่ายการแสดงผลและควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริงพัฒนาขึ้นมาเป็นอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดตัวแปรประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1. ชุดอุปกรณ์ชุดที่ 1 วัดค่าทางกระบวนการ 2. อุปกรณ์ชุดที่ 2 วัดค่าทางกายภาพ ใช้สำหรับนำมาตรวจวัด ติดตามตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้สามารถควบคุมตัวแปรนั้น ๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยอุปกรณ์จะตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยอาศัยการควบคุมการทำงานของเซนเซอร์ทั้ง 7 ตัว คือ Proximity Sensor, Ultrasonic Distance Sensor, DS18B20 Digital Temperature Sensor, SW-420 Vibration Sensor Module, High-Sensitive Microphone Sensor Module KY-037 และ DHT11 Temperature & Humidity Sensor ผ่านทาง Web Browser คือเป็นการสั่งงานอุปกรณ์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งข้อมูลที่ได้รับมา จะไปผ่านการประมวลผลจากโปรแกรมที่ได้ออกแบบขึ้นมาและส่งการแสดงผลข้อมูล รวมถึงการแจ้งเตือนออกมา ให้ได้ทราบผ่านทางอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้น อีกทั้งข้อมูลยังถูกส่งต่อไปเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลผ่านทางแพลตฟอร์ม Google Sheets อีกด้วย ข้อดีของระบบสั่งการผ่านทาง Web Browser คือ สามารถสั่งงานได้ทุกพื้นที่ของโรงงาน การผลิต ทำให้เกิดความสะดวกต่อการใช้งาน และข้อดีของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมา คือ มีการรวบรวมเซนเซอร์หลายตัวเข้าด้วยกันสำหรับการตรวจวัด ทำให้สามารถใช้งานสำหรับการควบคุมได้หลายส่วนงาน

ผลการทดสอบอุปกรณ์สำหรับการแสดงผลและควบคุมการผลิต ทราบว่าทั้งระบบสั่งการและอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ถูกต้องและแม่นยำ มีการตรวจสอบและติดตามอยู่ตลอดเวลาที่อุปกรณ์ทำงาน รวมถึงมีการส่งข้อมูลเก็บไว้บนแพลตฟอร์มทุก ๆ 10 วินาที สามารถใช้งานสำหรับควบคุมการผลิตแบบตามเวลาจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบและวาดลายวงจรรีเลย์ทรอนิกส์นั้นเกิดข้อผิดพลาดมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนของการออกแบบลายวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ต้องนำความรู้จากหลาย ๆ ส่วนเข้ามารวมด้วยทั้งในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของเซนเซอร์และอุปกรณ์ที่นำมาใช้ จึงควรใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อความปลอดภัยในการตรวจสอบวงจร
2. การเลเซอร์ลายวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ เนื่องจากการทดลองการเลเซอร์หากใช้การพ่นสีสเปซในตอนเริ่มต้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้ จึงควรใช้วิธีการนำสติ๊กเกอร์ติดลงบนแผ่นวงเปล่าแทนการพ่นสี
3. เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้มีความละเอียดและความแม่นยำเทียบเท่าในระดับอุตสาหกรรม อาจส่งผลให้ค่าที่ได้จากการทดลองเกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นควรเลือกใช้เซนเซอร์ที่มีระดับความแม่นยำสูงเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องตามมาตรฐาน
4. อุปกรณ์ที่เราสร้างขึ้นมีข้อจำกัดคือสามารถตรวจวัดตัวแปรได้ทีละอย่างต่อการทำงานขณะนั้น ซึ่งในอนาคตการปรับปรุงพัฒนาต่อควรเพิ่มการทำงานให้สามารถทำงานได้พร้อมกันได้ จะทำให้อุปกรณ์สามารถวัดผลได้อย่างหลากหลายมากขึ้น

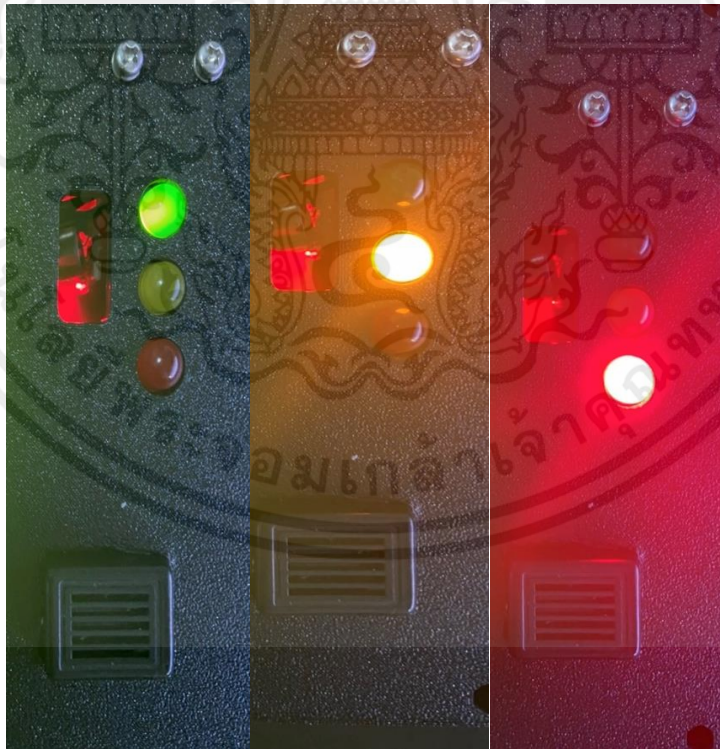
เอกสารอ้างอิง

- [1] <https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/> (ธันวาคม, 2564)
- [2] บุญเยี่ยม ชัดผาบ, 2562. การใช้ Google Spreadsheet(Excel). รายงานวิจัย สถาบันพัฒนาการเด็กทรานครินทร์
- [3] วิภาพ ใจแข็ง, 2559. ระบบควบคุม. สำนักพิมพ์วิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. หน้า 6-9.
- [4] http://www.sathittham.com/esp8266/whats_esp8266/ (ตุลาคม, 2564)
- [5] <https://mall.factomart.com/inductive-proximity-sensor-working-principle/> (ตุลาคม, 2564)
- [6] <https://www.hwlibre.com/th/ds18b20-un-sensor-de-temperatura-para-liquidos/> (ธันวาคม, 2564)
- [7] <https://mall.factomart.com/structure-and-principle-of-ultrasonic-sensor/> (ตุลาคม, 2564)
- [8] <http://www.micontechlab.com/> (ธันวาคม, 2564)
- [9] <http://www.kruteerapong.com/u14Knowledge.php> (ธันวาคม, 2564)
- [10] <https://th.jf-parede.pt/sound-sensor-working> (ธันวาคม, 2564)
- [11] <https://th.element14.com/display-lcd-graphical-technology> (ธันวาคม, 2564)
- [12] <https://sites.google.com/site/hciled1/home/led1> (ธันวาคม, 2564)
- [13] <https://pcbthailand.com/%E0%B8%A7%E0%B8%87%E0%B8%88%E0%B8%A3-buzzer.html> (ธันวาคม, 2564)
- [14] <http://brushlesservocontrolr-ccar.blogspot.com/2013/08/optocouplers.html> (ธันวาคม, 2564)
- [15] กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข, 2563. การศึกษาการทำงานอุตสาหกรรม (Industrial Work Study). สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซัพพลาย. หน้า 75-78.
- [16] เรืองมนัสสุทธิ ศศิมา, 2555. ผลของความชื้นต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพริกไทยดำ. เข้าถึงได้จาก <http://www.foodnetworksolution.com/>
- [17] กระทรวงพลังงาน, 2562. การผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ การถ่ายเทและการเผยแพร่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์. เข้าถึงได้จาก <http://webkc.dede.go.th/>





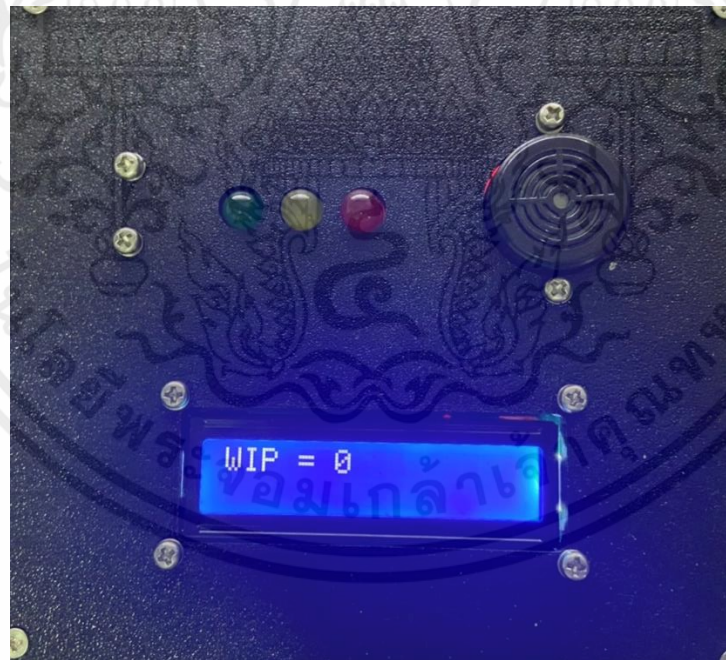
รูปที่ ก.1 พอร์ตเชื่อมต่อเซนเซอร์ของอุปกรณ์วัดค่าทางกระบวนการ



รูปที่ ก.2 ไฟแสดงสถานะของการติดตามค่าตัวแปร



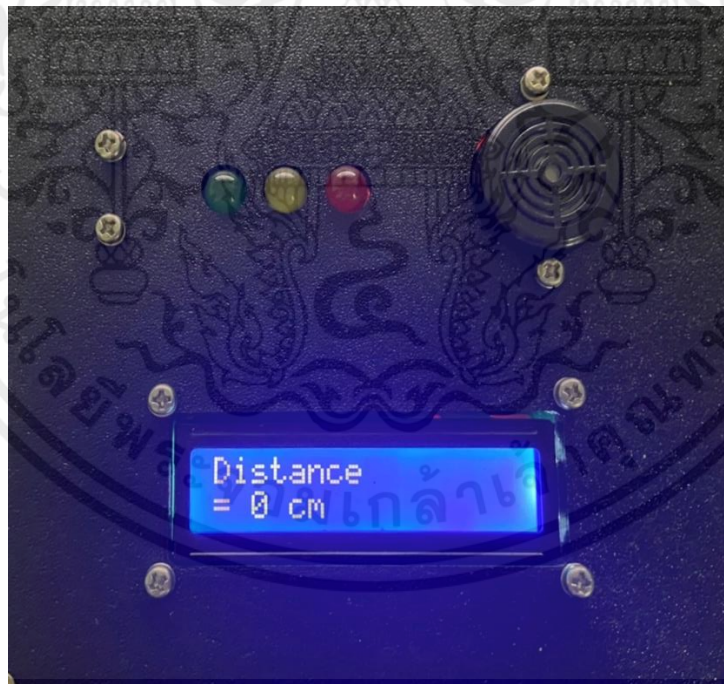
รูปที่ ก.3 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการวัดจำนวนชิ้นงาน



รูปที่ ก.4 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการนับ Work in Process



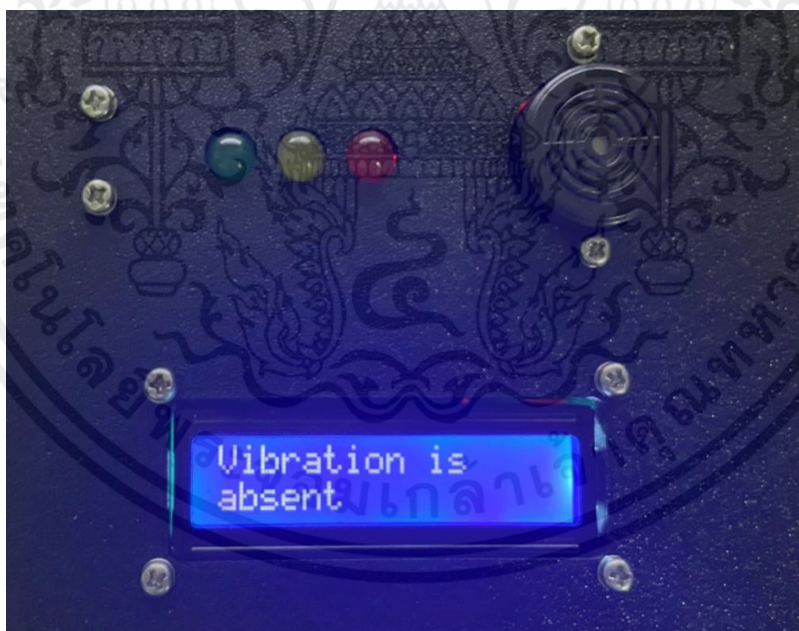
รูปที่ ก.5 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการวัดอุณหภูมิ



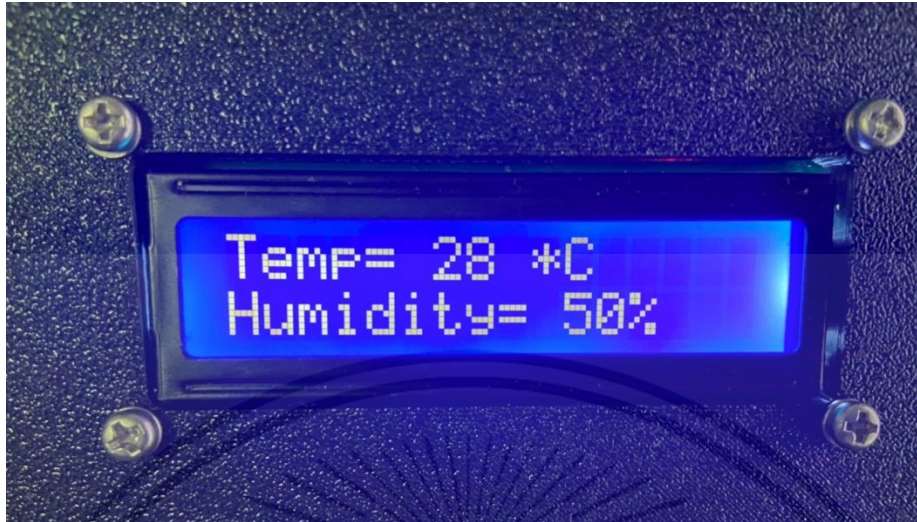
รูปที่ ก.6 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการวัดระยะ



รูปที่ ก.7 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการตรวจพบการสั่นสะเทือน



รูปที่ ก.8 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการสั่นสะเทือนปกติ



รูปที่ ก.9 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการวัดอุณหภูมิและความชื้น



รูปที่ ก.10 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากความดังเสียงปกติ



รูปที่ ก.11 หน้าจอ LCD แสดงผลลัพธ์จากการวัดความดังเสียงที่ผิดปกติ

