ระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ

WAREHOUSE AUTOMATION SYSTEM

เกริกชัย เบญจถาวรอนันท์

ณิชารีย์ เศียรอุ่น

ศุภชัย ธโนปจัยสิทธิกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

WAREHOUSE AUTOMATION SYSTEM

KRIRKCHAI BENJATHAVORNANANT
NICHAREE SIAN-OON
SUPPACHAI THANOPAJAISITTIGUL

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ
WAREHOUSE AUTOMATION SYSTEM

ผู้จัดทำ	นายเกริกชัย	เบญจถาวรอนันท์	60010096
	นางสาวณิชารีย์	เศียรอุ่น	60010342
	นายศุภชัย	ธโนปจัยสิทธิกุล	60010996

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วรุจา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ

โดย

นายเกริกชัย	เบญจถาวรอนันท์	60010096
นางสาวณิชารีย์	เศียรอุ่น	60010342
นายศุภชัย	ธโนปจัยสิทธิกุล	60010996

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วรุจา

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะจำลองการทำงานของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าในคลังสินค้า จึงได้ออกแบบและสร้างการจำลองระบบคลังสินค้าอัตโนมัติให้มีความสามารถในการลำดับความสำคัญของสินค้า เรียงตามความถี่ในการเคลื่อนย้ายสินค้าแต่ละประเภทในคลังสินค้า โครงสร้างของคลังสินค้าทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ และใช้สเต็ปมอเตอร์ขับเคลื่อนโฟร์คลิฟท์เพื่อที่จะดำเนินการจัดเก็บหรือเรียกคืนสินค้าในคลังสินค้า โดยมีเซนเซอร์สำหรับตรวจจับสีของสินค้าซึ่งถูกแยกประเภทสินค้าตามสี การควบคุมการทำงานของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติจะใช้การควบคุมผ่านทางหน้าเว็บแอปพลิเคชัน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและควบคุมการทำงานของคลังสินค้า ทำการทดลองนำสินค้าแต่ละประเภทเข้ามาจัดเก็บและนำออกเพื่อทดสอบความสามารถในการลำดับความสำคัญในการจัดเก็บหรือเรียกคืนสินค้าในคลังสินค้า จากการทดสอบพบว่าระบบคลังสินค้าอัตโนมัติสามารถนำสินค้าไปเก็บและนำออกโดยลำดับความสำคัญของประเภทสินค้าได้ตามที่ต้องการ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อใช้ในวงการอุตสาหกรรม การศึกษาและการเรียนรู้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไปในภายหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

WAREHOUSE AUTOMATION SYSTEMS

By

Mr. Krirkchai Benjathavornanant 60010096

Miss Nicharee Sian-oon 60010342

Mr. Suppachai Thanopajaisittigul 60010996

Advisor

Prof.Dr. Vanchai Riewruja

Academic Year 2020

ABSTRACT

This thesis aims to simulate the functionality of an automated warehouse system to optimize the storage and retrieval of goods in the warehouse. Therefore, the automated warehouse system was designed and simulated to have the ability to prioritize the product sorted by the frequency of transport of each type of product in the warehouse. The structure of the warehouse is made of aluminum profiles and using stepping motors to drive the forklift to storage or to retrieve goods in the warehouse. There is a sensor for detecting the color of the goods to separate by the goods type. The operation of the automated warehouse system is controlled via the web application. Microcontrollers are used to process and control the operation of the warehouse. The experiment was carried out by placing each item for storage and retrieval in order to test the prioritization of the stored or recalled items in the warehouse. From the experiment, it was found that the automated warehouse system was able to store and retrieve the products with the priority of the product category as desired with the error value at an acceptable level. Therefore, it can be further developed for use in the industry and education for benefits in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วรุจา ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหา รวมถึงสนับสนุนอุปกรณ์สำหรับการจัดทำระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ ตลอดระยะเวลาในการศึกษาจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ได้อย่างลุล่วงสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินงานที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และกำกับดูแลตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัชนี กุลยานนท์ ที่ให้คำแนะนำและ เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำโครงงานในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนายศิริวัฒน์ ชะนะคุณ ผู้จัดการแผนกโปรแกรมเมอร์ บริษัท ควาร์ค ซิสเต็ม จำกัด ที่ได้ให้คำปรึกษาในส่วนของการเขียนเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม ที่ได้ช่วยเหลือ ให้ความรู้ และ คำปรึกษาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ จนสามารถจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานที่คอยประสิทธิ์ประสาทความรู้แขนงต่าง ๆ ให้คณะผู้จัดทำสามารถนำมาปรับและประยุกต์ใช้กับการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

คณะผู้จัดทำ

เกริกชัย เบญจถาวรอนันท์

ณิชารีย์ เศียรอุ่น

ศุภชัย ธโนปจัยสิทธิกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**II**
กิตติกรรมประกาศ	**III**
สารบัญ	**IV**
สารบัญรูป	**VIII**
สารบัญตาราง	**XII**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 คลังสินค้า (Warehouse)	4
2.1.1 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานคลังสินค้า	4
2.1.2 หลักการดำเนินงานในคลังสินค้า	5
2.2 ปฏิบัติการคลังสินค้า (Warehouse Operations)	10
2.2.1 การรับสินค้า (Receiving)	10
2.2.2 การระบุประเภทและจัดกลุ่มสินค้า (Identifying and Sorting)	11
2.2.3 การจัดเก็บสินค้า (Storage)	11
2.2.4 การปกป้องสินค้า (Damage Protection)	12
2.2.5 การหยิบสินค้า (Order Picking)	12
2.2.6 หีบห่อเพื่อการขนส่ง	12
2.2.7 การขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (Loading)	13
2.2.8 การตรวจนับสินค้า (Inventory Checking)	13
2.2.9 การจัดทำรายงาน (Reporting)	13
2.3 ระบบการจัดเก็บสินค้า (Storage policy)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.1 ระบบจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ (Informal System)	13
2.3.2 ระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System)	14
2.3.3 ระบบจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า (Part Number System)	14
2.3.4 ระบบจัดการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า (Commodity System)	15
2.3.5 ระบบการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random Location System)	15
2.3.6 ระบบการจัดเก็บแบบผสม (Combination System)	16
2.4 ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated Storage/Retrieval System)	17
2.4.1 ระบบชั้นวางสินค้า (Rack Systems)	19
2.4.2 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบ AS/RS	22
2.4.3 ประเภทของระบบ AS/RS	23
2.5 บอร์ดควบคุม	26
2.5.1 บอร์ด Arduino	26
2.5.2 บอร์ด ESP32	29
2.6 Stepping Motor	30
2.6.1 ชนิดของสเต็ปมอเตอร์	30
2.6.2 การกระตุ้นเฟส	32
2.6.3 ขนาดของสเต็ปมอเตอร์	35
2.8 RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300)	37
2.8.1 TCS230	37
2.8.2 การนำ RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300) ไปใช้งาน	39
2.9 ฐานข้อมูล	40
2.9.1 ระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System)	40
2.9.2 ภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์	41
2.9.3 การกำหนดโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ใน SQL	42
2.9.4 การอ่านข้อมูลจากตารางมากกว่าหนึ่งตาราง	46
2.9.5 ตัวดำเนินการเชิงสัมพันธ์	48
2.10 PHP Language	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10.1 องค์ประกอบของการเขียนโปรแกรมภาษา PHP	49
2.10.2 การใช้ภาษา HTML ร่วมกับภาษา PHP	49
2.10.3 ตัวแปร ชนิดข้อมูล และค่าคงที่	50
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	**51**
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	51
3.2 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ	51
3.3 System Diagram	52
3.4 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	53
3.5 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง	61
3.6 การออกแบบและวางแผนการทำงาน	63
3.6.1 การออกแบบและการวางแผนทางด้านฮาร์ดแวร์	63
3.6.2 การออกแบบและการวางแผนทางด้านซอฟต์แวร์	63
3.7 วิธีการดำเนินงาน	64
3.7.1 การทดสอบ RGB color sensor	64
3.7.2 Wiring Diagram	65
3.7.3 Flowchart	66
3.7.4 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32	67
3.7.5 การเขียนโปรแกรม Arduino	70
3.7.6 Use Case Diagram	76
3.7.7 การออกแบบฐานข้อมูล	77
3.7.8 การเขียนเว็บแอปพลิเคชัน	78
3.7.9 Database	86
3.7.10 การทดสอบการทำงานของคลังสินค้า	88
บทที่ 4 ผลการทดลอง	**90**
4.1 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ	90
4.2 Web Application	91
4.3 การทำงานของคลังสินค้า	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การใช้งานคลังสินค้าอัตโนมัติ	99
4.5 การจัดเก็บสินค้าของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ	100
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	**102**
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	102
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	102
5.3 แนวทางแก้ไข	102
5.4 ข้อเสนอแนะ	103
5.4.1 ติดตั้ง Ultrasonic Sensor	103
5.4.2 ติดตั้ง Push Button Switch แบบกดติดปล่อยดับ	104
5.4.3 ออกแบบการทำงานในส่วน Back-End ของเว็บแอปพลิเคชัน	105
5.4.4 เพิ่มการบันทึกประวัติในการจัดเก็บและเรียกคืนสินค้า	105
เอกสารอ้างอิง	**106**
ภาคผนวก	**108**
ภาคผนวก ก คุณสมบัติของอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ	109
ภาคผนวก ข โมเดลเครื่องต้นแบบ	118
ภาคผนวก ค โปรแกรมควบคุมการทำงาน	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Pallet racks	19
2.2 Cantilever racks	20
2.3 Portable racks	20
2.4 Flow-through racks	21
2.5 Shelving and Bins	21
2.6 Drawer Storage	22
2.7 Unit load AS/RS	23
2.8 Deep - lane AS/RS	24
2.9 Miniload AS/RS	25
2.10 Man-on-board AS/RS	25
2.11 Vertical lift storage modules (VLSM)	26
2.12 ไมโครคอนโทรลเลอร์	27
2.13 โปรแกรมควบคุม Arduino IDE	27
2.14 Official Arduino Board	28
2.15 Compatible Arduino Board	28
2.16 ลักษณะการพันขดลวดสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	32
2.17 ลักษณะการพันขดลวดสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์	32
2.18 ตัวอย่างการกระตุ้นเฟสแบบ Micro Step	34
2.19 สเต็ปมอเตอร์รูปลูกบาศก์	35
2.20 สเต็ปมอเตอร์ทรงกระบอก	36
2.21 สเต็ปมอเตอร์ทรงกระป๋องซ้อน	36
2.22 RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300)	37
2.23 Photo Diode in TCS230	38
2.24 TCS230	38
2.25 Functional Block Diagram	39
2.26 รูปแบบของการเชื่อมโยงตารางแบบ Outer join	47
3.1 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ	51
3.2 System Diagram	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 Stepping Motor Nema 23 (57HS22-A)	53
3.4 Stepping Motor Nema 17 (17HS4401S-0.9)	53
3.5 Stepping Motor Driver (TB6600)	54
3.6 Stepping Motor Driver (DM556)	54
3.7 RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300)	54
3.8 Limit switch	55
3.9 Switching Power Supply	55
3.10 บอร์ด Arduino Mega 2560	55
3.11 Aluminum Profile	56
3.12 Aluminum profile connectors	56
3.13 Bracket for Stepping Motor	56
3.14 Slide Rod	57
3.15 Slide Bearing Box	57
3.16 Shaft Supports แบบตั้ง	57
3.17 Shaft Supports แบบนอน	58
3.18 Timing Belt	58
3.19 Timing Pulley	58
3.20 Acrylic	59
3.21 Forklift	59
3.22 สัญลักษณ์โปรแกรม Arduino IDE	61
3.23 สัญลักษณ์เว็บแอปพลิเคชัน Onshape	61
3.24 สัญลักษณ์โปรแกรม Adobe Illustrator	62
3.25 สัญลักษณ์โปรแกรม Visual Studio	62
3.26 สัญลักษณ์โปรแกรม XAMPP	63
3.27 การต่อ RGB color sensor กับ Arduino uno	64
3.28 ค่าจาก RGB color sensor	64
3.29 Wiring Diagram	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.30 Flowchart	66
3.31 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (1)	67
3.32 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (2)	67
3.33 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (3)	68
3.34 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (4)	69
3.35 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (5)	69
3.36 การเขียนโปรแกรม Arduino (1)	70
3.37 การเขียนโปรแกรม Arduino (2)	71
3.38 การเขียนโปรแกรม Arduino (3)	72
3.39 การเขียนโปรแกรม Arduino (4)	72
3.40 การเขียนโปรแกรม Arduino (5)	73
3.41 การเขียนโปรแกรม Arduino (6)	74
3.42 การเขียนโปรแกรม Arduino (7)	75
3.43 Use Case Diagram	76
3.44 ER Diagram	77
3.45 ตัวอย่างการเขียนหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่เขียนด้วยภาษา HTML	78
3.46 ตัวอย่างการเขียนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันที่เขียนด้วยภาษา JavaScript	79
3.47 ตัวอย่างการเขียนเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่เขียนด้วยภาษา PHP	80
3.48 ตัวอย่างการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน	80
3.49 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio Code	81
3.50 หน้าต่างโปรแกรม XAMPP (1)	82
3.51 หน้าต่างโปรแกรม XAMPP (2)	82
3.52 การทดสอบหน้าเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ localhost	83
3.53 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (1)	84
3.54 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (2)	84
3.55 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (3)	85
3.56 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (4)	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.57 ตารางใน Database	86
3.58 ความสัมพันธ์ระหว่างตารางใน Database	87
3.59 ตำแหน่งของช่องจัดเก็บสินค้า	88
4.1 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ	90
4.2 หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชัน	91
4.3 หน้า Login	92
4.4 หน้าสำหรับการใช้งานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ	92
4.5 ผลลัพธ์เมื่อกดปุ่ม Check in	93
4.6 การแจ้งเตือนว่าไม่มีช่องว่างในการจัดเก็บสินค้าเมื่อทำการ check in	93
4.7 ผลลัพธ์เมื่อกดปุ่ม Check out	94
4.8 การแจ้งเตือนว่าไม่มีสินค้าเมื่อทำการ check out	95
4.9 การแจ้งเตือนให้เลือกสินค้าเพื่อทำการ check out	95
4.10 modal แสดงรายละเอียดสินค้าในช่องเก็บสินค้า	96
4.11 โมเดลของคลังสินค้าอัตโนมัติ	97
4.12 ส่วนประกอบของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ	99
4.13 การแบ่งช่องสำหรับจัดเก็บสินค้า	100
4.14 ช่องสำหรับจัดเก็บสินค้า	101
5.1 Ultrasonic Sensor	103
5.2 Push button Switch	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระบบจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ (Informal System)	14
2.2 ระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System)	14
2.3 ระบบจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า (Part Number System)	15
2.4 ระบบจัดการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า (Commodity System)	15
2.5 ระบบการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random Location System)	16
2.6 ระบบการจัดเก็บแบบผสม (Combination System)	16
2.7 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบเวฟ หรือแบบFull Step 1 เฟส	33
2.8 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบ Full Step 2 เฟส	33
2.9 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบ Full Step 2 เฟส	34
3.1 อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้สร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ	59
3.2 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 1	88
3.3 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 2	89
3.4 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 3	89
3.5 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 4	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันคลังสินค้ามีบทบาทมากทั้งในกิจการคลังสินค้าและอุตสาหกรรม เป็นสถานที่สำหรับใช้ในการเก็บสินค้าหรือวัตถุดิบให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะส่งมอบเพื่อสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการเก็บวัตถุดิบ สินค้าที่รอนำไปผลิต หรือสินค้าที่รอการจัดจำหน่าย โดยการจัดการคลังสินค้าจะมุ่งเน้นไปที่ความเป็นระเบียบ เข้าถึงพื้นที่จัดเก็บได้อย่างสะดวกรวดเร็วและค้นหาได้ง่าย

ระบบจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าอัตโนมัติ (Automated Storage/Retrieval System: AS/RS) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการขนย้ายวัสดุเพื่อนำไปจัดเก็บหรือนำออกมาจากพื้นที่จัดเก็บ ระบบจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าอัตโนมัติถูกนำมาใช้กับคลังสินค้าเกิดเป็น คลังสินค้าอัตโนมัติ ที่มีกระบวนการในการวางแผนและควบคุมการจัดเก็บสินค้าด้วยระบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลสำรวจเกี่ยวกับเทรนด์ในอนาคตด้านการจัดการคลังสินค้าในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (Warehousing Asia Pacific Vision Study) ในปี พ.ศ.2567 จากซีบรา เทคโนโลยีส์ (Zebra Technologies) ซึ่งได้ทำการสำรวจจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 1,403 คน (352 ราย มาจากภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก) โดยเป็นการศึกษาสำรวจข้อมูลจากผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจด้านไอทีและระบบปฏิบัติงานตั้งแต่อุตสาหกรรมการผลิต การขนส่งและโลจิสติกส์ ค้าปลีก การจัดส่งทางไปรษณีย์และพัสดุ และการกระจายสินค้า ในการวิเคราะห์ถึงกลยุทธ์ที่ใช้ในการดำเนินงานปัจจุบันและแนวทางในการวางแผนในการพัฒนาคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า และฟูลฟิลล์เมนท์ เซ็นเตอร์ (Fulfillment Center) พบว่าร้อยละ 70 ของผู้ตอบแบบสอบถามเผยว่าการบริหารจัดการโดยพนักงานเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความสมดุลของระบบคลังสินค้า โดย 43 เปอร์เซ็นต์ ต้องการใช้ระบบทำงานอัตโนมัติจัดการในบางส่วน (พนักงานยังคงมีส่วนร่วม) และ 27 เปอร์เซ็นต์ ต้องการใช้ระบบการทำงานร่วมกัน (พนักงานทำงานร่วมกับอุปกรณ์) อีกร้อยละ 20 ของผู้ตอบแบบสอบถามต้องการให้ใช้ระบบอัตโนมัติทั้งหมด และร้อยละ 10 ของผู้ตอบแบบสอบถามยังคงต้องการให้ใช้แรงงานมนุษย์ทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวโน้มส่วนใหญ่ต้องการเปลี่ยนการทำงานบางส่วนเป็นระบบอัตโนมัติและนำระบบเทคโนโลยีมาช่วยเพิ่มขีดความสามารถของพนักงาน นอกจากนี้ ร้อยละ 75 ของผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าจำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงการดำเนินงานของคลังสินค้าให้ทันสมัยและยอมรับว่าการเรียนรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ของพวกเขานั้นเป็นไปได้ช้า การออกแบบระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานด้วย

ดังนั้น ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและจำลองระบบคลังสินค้าอัตโนมัติที่สามารถควบคุมการทำงานและแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน รวมทั้งออกแบบการจัดการสินค้าในคลังสินค้าให้มีการลำดับความสำคัญในการจัดเก็บสินค้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้พื้นที่ให้ได้มากที่สุด และประหยัดเวลาที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

เพื่อสร้างเครื่องจำลองการทำงานของระบบคลังสินค้าที่สามารถจัดเก็บสินค้าตามลำดับความสำคัญของสินค้าแต่ละประเภท โดยอาศัยการสั่งการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาและออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบการจัดเก็บคลังสินค้า
2. ประกอบโครงสร้างของคลังสินค้า
3. เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของระบบคลังสินค้า
4. ออกแบบการจัดการฐานข้อมูล

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหลักการเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้
3. ออกแบบและวางแผนการประกอบโครงสร้างของคลังสินค้า
4. สั่งซื้ออุปกรณ์
5. ประกอบโครงสร้างของคลังสินค้า
6. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบคลังสินค้าและส่วนแสดงผล
7. ทดสอบและแก้ไขการทำงานของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ
8. สรุปผลและจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับทักษะในกระบวนการคิด การวางแผนและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างการทำงาน
2. สามารถจำลองระบบคลังสินค้าอัตโนมัติให้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน และพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมต่อไปได้

1.6 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 บท และ 4 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวนำถึงปัญหาและที่มาของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นการเพิ่มเติมความรู้ทางทฤษฎี และความเข้าใจใจอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนจะเริ่มทำโครงงาน

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน เป็นการอธิบายขั้นตอนการจัดทำชิ้นงานโดยละเอียดทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

บทที่ 4 ผลการทดลอง เป็นการแสดงผลการทำงานของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติรวมถึงอธิบายวิธีการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ เป็นบทสรุปในภาพรวมของชิ้นงานรวมถึงสิ่งที่จะสามารถพัฒนาต่อไปได้ในอนาคต

ภาคผนวก ก คุณสมบัติของอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ

ภาคผนวก ข โมเดลเครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ค โปรแกรมควบคุมการทำงาน

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คลังสินค้า (Warehouse)

คลังสินค้า ในนิยามของ คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2547) หมายถึง พื้นที่ที่ได้วางแผนแล้ว เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้สอยและเคลื่อนย้ายสินค้าและวัตถุดิบ (A Planned Space for the Efficient Accommodation and Handing for Goods and Materials) โดยคลังสินค้าทำหน้าที่ในการเก็บสินค้าระหว่างกระบวนการเคลื่อนย้ายเพื่อสนับสนุนการผลิตและการกระจายสินค้า ซึ่งสินค้าที่เก็บในคลังสินค้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) วัตถุดิบ (Material) ซึ่งอยู่ในรูปส่วนประกอบ (Components) และชิ้นส่วนต่าง ๆ (Part)

2) สินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods) หรือ “สินค้า” จะนับรวมไปถึงงานระหว่างการผลิต (Work in Process) ตลอดจนสินค้าที่ต้องการทิ้ง (Disposed) และวัสดุที่นำมาใช้ใหม่ (Recycle Materials)

การจัดการคลังสินค้า หมายถึง กระบวนการประสมประสานทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินการกิจการคลังสินค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิผลและบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของคลังสินค้าแต่ละประเภทที่กำหนดไว้

2.1.1 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานคลังสินค้า

การปฏิบัติงานเกี่ยวกับคลังสินค้า จะกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานในทุกระดับมีเป้าหมายในการดำเนินการให้บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ วัตถุประสงค์หลักในการที่จะปฏิบัติงานเก็บรักษาอย่างมีประสิทธิภาพนั้น มีอยู่ 4 ประการคือ (คำนาย อภิปรัชญาสกุล : 2557)

1. การใช้เนื้อที่ได้ประโยชน์ที่สุด สินค้าจะต้องได้รับการจัดเก็บรักษาให้ได้ประโยชน์มากที่สุดจะกระทำได้โดยยึดหลักว่า เมื่อมีการจัดวางสินค้าในพื้นที่หนึ่งจะต้องให้ทุกลูกบาศก์เซนติเมตรของเนื้อที่เก็บรักษาที่มีอยู่ทั้งทางตั้งและทางนอนในพื้นที่นั้นได้ใช้หมดเสียก่อนที่เอาพื้นที่อื่นมาใช้ในการเก็บรักษาเพิ่มเติม เนื้อที่ที่สูญเสียไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์คือค่าใช้จ่ายต้นทุนที่ต้องเสียเปล่าของกิจการ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับการเกิดรายได้และผลกำไรของการประกอบกิจการ พนักงานเก็บรักษาจะต้องรายงานคำแนะนำหรือคำสั่งในการปฏิบัติเมื่อปรากฏว่ามีเนื้อที่ในการเก็บรักษาสูญเสียไปโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์เกิดขึ้นในพื้นที่ปฏิบัติการของตนและถือปฏิบัติคำแนะนำ

2. การใช้เวลาและแรงงานที่ให้ได้ประโยชน์มากที่สุด การใช้เวลาและแรงงานให้ได้ประโยชน์มากที่สุดเป็นการประหยัดทรัพยากรที่มีค่าในการปฏิบัติงานที่เก็บรักษาสินค้าอีกส่วนหนึ่ง หากสินค้าได้มีการจัดเก็บอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ถูกต้องแล้ว การจัดส่งสินค้าที่มีน้ำหนักมากจะสามารถทำการยกขนโดยใช้กำลังคนแต่น้อยและใช้เวลาน้อย กำลังคนสัมพันธ์กับเวลาคำนวณออกมาเป็นชั่วโมง คนมีค่าเป็นเงินค่าใช้จ่ายอันเป็นต้นทุนส่วนหนึ่งของกิจการ กระจายสินค้าการใช้อย่างไม่ประหยัด ย่อมมีผลกระทบโดยตรงต่อการเกิดกำไรของกิจกรรมผู้จัดการเก็บรักษาจะต้องมีทั้งแรงงาน เวลา และเฉลียวฉลาด เพื่อประสิทธิผลของการดำเนินกิจการ

3. การเข้าถึงสินค้าที่เก็บไว้นั้นได้สะดวกที่สุด สินค้าจะต้องได้รับการจัดเก็บในลักษณะที่สามารถนำออกได้ง่าย และจัดส่งออกไปด้วยความพยายามลดค่าใช้จ่ายให้เหลือน้อยที่สุดการจัดเก็บสินค้าจะต้องอยู่ภายใต้การอำนวยการของหัวหน้างานจัดเก็บรักษาและปฏิบัติให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนดปัจจัยที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาในการจัดเก็บสินค้าที่จะให้สามารถเข้าถึงได้สะดวก ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้งของประตูและทางเดิน แถวและทิศทางของการจัดเก็บสินค้า

4. การป้องกันสินค้าในที่เก็บรักษาได้เป็นอย่างดีที่สุด สินค้าจะต้องได้รับการจัดเก็บในลักษณะสินค้าที่ป้องกันสินค้านั้นจากการสูญหายหรือการบุบสลาย อันเนื่องมาจากการลักขโมย สภาพอากาศอัคคีภัย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรุนแรง กลิ่นและสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ และแสงสว่างที่มากเกินไปการป้องกันอาจรวมไปถึงความต้องการในการใช้มาตรการบำรุงรักษาเป็นพิเศษต่าง ๆ ต่อสินค้าบางรายการในขณะที่เก็บรักษาอยู่ในคลังสินค้า

2.1.2 หลักการดำเนินงานในคลังสินค้า

หลักการดำเนินงานคลังสินค้า ไม่ว่าเป็นกิจการคลังสินค้าประเภทใดหรือสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บรักษาแบบใดย่อมมีหลักการที่จะต้องยึดถือเป็นเบื้องต้นอยู่ด้วยกัน 4 ประการคือ (คำนาย อภิปรัชญาสกุล : 2557)

1. หลักการสงวนเนื้อที่ เนื้อที่เก็บรักษาเป็นสิ่งที่มีค่าเป็นทรัพยากรมูลฐานของกิจการคลังสินค้า การเก็บรักษาที่ไม่ถูกวิธีทำให้เกิดเนื้อที่สูญเปล่าไปโดยไม่ได้ประโยชน์ หมายถึงการใช้จ่ายอันเป็นต้นทุนในการประกอบธุรกิจต้องเพิ่มขึ้นโดยไม่ได้เกิดรายได้ที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้กำไรน้อยลงหรือขาดทุนในที่สุด หลักการสงวนเนื้อที่เป็นหลักการปฏิบัติที่อำนวยให้วัตถุประสงค์ของการเก็บรักษาประการแรกคือ การใช้เนื้อที่เก็บรักษาที่มีอยู่ให้ได้ประโยชน์สูงสุด วิธีการเก็บรักษาที่จะสงวนเนื้อที่ได้นั้นจะต้องจัดวางสินค้าให้ได้ความสูงมากที่สุดและให้ได้ความแน่นมากที่สุดโดยการนำระบบชั้นวางสินค้ามาใช้ การที่จะสามารถกระทำได้เช่นนี้ต้องขึ้นอยู่กับการกำหนดมาตรฐาน วิธีการจัดเก็บสินค้าที่มีประสิทธิภาพ มีการบรรจุหีบห่อที่ได้มาตรฐาน และมีการใช้อุปกรณ์การช่วยในการเก็บรักษาที่เหมาะสม พนักงานเก็บรักษาทุกระดับจะต้องมีความรู้ความเข้าใจและมีความชำนาญในการใช้วิธีเก็บรักษา และเทคนิคในการเก็บรักษาเป็นอย่างดีสามารถปฏิบัติให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การจัดวางสินค้าในคลังสินค้าให้ได้ความสูงมากที่สุดและให้ได้ความแน่นมากที่สุด ตามหลักการสงวนเนื้อที่นั้น มีข้อจำกัดอยู่เป็นอันมาก การใช้หลักการสงวนเนื้อที่ให้ได้ผลก็คือการลดข้อจำกัดเหล่านี้ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ได้ประโยชน์มากที่สุด ข้อจำกัดเหล่านี้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1) โครงสร้างและอุปกรณ์ติดตั้งด้านบนของอาคาร โครงสร้างด้านบนซึ่งเป็นส่วนของหลังคาหรือเพดานของอาคารคลังสินค้าเช่น ชื่อ คานของอาคาร ฝ้าเพดาน และอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างเหล่านั้น เช่น ระบบฉีดน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ระบายอากาศเหล่านี้เป็นสิ่งที่จำกัดความสูงของกองสินค้า ซึ่งได้มีการกำหนดมาตรฐานการเว้นช่วงระหว่างด้านบนสุดของตัวสินค้ากับโครงสร้างหรือตัวอุปกรณ์เหล่านี้ไว้เป็นหลักสากลโดยทั่วไป คือ สินค้ากองสูงไม่เกิน 4.5 เมตรต้องเว้นให้ 45 เซนติเมตรถ้าเกิน 4.5 เมตร ต้องเว้นไว้ 90 เซนติเมตร (1 เมตร) แต่ถ้าเป็นสินค้าอันตรายไวไฟไม่ว่าจะกองสูงเท่าไรก็ตามหรือถ้าคลังสินค้านั้นไม่ได้ติดตั้งระบบฉีดน้ำดับเพลิงอัตโนมัติไม่ว่าจะเป็นสินค้าชนิดใด หรือความสูงของกองจะเป็นเท่าไรก็ตามต้องเว้นช่วงไว้ 90 เซนติเมตร (1 เมตร)

2) ความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นอาคาร ความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นเป็นข้อจำกัดความสูงของกองสินค้าอีกประการหนึ่งที่ต้องพิจารณา ส่วนมากจะเป็นจุดอ่อนที่สำคัญในกรณีคลังสินค้าที่มีอาคารหลายชั้น แต่กรณีที่เป็นอาคารชั้นเดียวก็อาจมีได้เช่นเดียวกันอาคารคลังสินค้าจะต้องแสดงอัตราการรับน้ำหนักของพื้นซึ่งวิศวกรได้รับรองแล้วว่าให้พนักงานเก็บรักษาได้ทราบโดยทั่วถึงกัน และการจัดเก็บทุกครั้งจะต้องคำนึงถึงอยู่เสมอในบางกรณีตำแหน่งต่าง ๆ ในอาคารเดียวกันอาจมีพื้นที่ได้ไม่เท่ากันซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก การแก้ข้อจำกัดอันนี้อาจทำได้โดยการจัดเก็บสินค้าที่น้ำหนักไว้โดยตำแหน่งที่พื้นคลังรับน้ำหนักไว้มากและเก็บสินค้าในตำแหน่งที่เบาไว้ในตำแหน่งพื้นที่คลังรับน้ำหนักได้น้อยกว่า ก็จะสามารถใช้ความสูงของการเก็บรักษาได้มากที่สุดหรือในกรณีที่อาคารคลังมีข้อจำกัดความสูงในเรื่องโครงสร้างด้านบนแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน ก็เลือกเก็บสินค้าน้ำหนักมากไว้ในตำแหน่งที่มีข้อจำกัดความสูงอยู่แล้วและเก็บสินค้าที่มีน้ำหนักเบากว่าในตำแหน่งที่อาจกองไว้สูงกว่าเป็นต้น

3) ความสามารถของเครื่องมือยกขน ถ้าการจัดวางสินค้ากระทำด้วยมือโดยวิธียกขึ้นวางซ้อนกันเป็นชั้นความสูงของกองสินค้าย่อมจำกัดอยู่ในช่วงที่ไม่สูงเกินกว่าความสามารถของแรงคนที่จะไม่เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานส่วนการจัดวางสินค้าด้วยเครื่องมือยกขนที่เป็นเครื่องจักรกลความสูงของกองสินค้าก็ขึ้นอยู่กับความสามารถในการยกของเครื่องมือนั้นว่าจะกระทำได้สูงเพียงใด ดังนั้นการจัดหาเครื่องมือยกขนมาใช้จึงต้องเลือกแต่ละชนิดละขนาดที่มีช่วงการยกได้สูงอย่างเพียงพอที่จะสามารถวางกองสินค้าได้เต็มผู้ควบคุมคลังสินค้าสมัยใหม่ของผู้เขียนความสูงของคลังสินค้านั้นได้

4) ความแข็งแรงของหีบห่อที่บรรจุสินค้า หากสินค้าบรรจุอยู่ในหีบห่อที่ไม่แข็งแรงอาจทำให้เสียหายได้เมื่อกองซ้อนกันทับกันหลายครั้ง โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ชั้นล่างซึ่งต้องถูกกดทับด้วยน้ำหนักของสินค้าที่ซ้อนอยู่ชั้นบน ลักษณะและความแข็งแรงของหีบห่อจึงเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งในการจัดวางสินค้าให้ได้ความสูงตามที่ต้องการ แต่อาจแก้ไขได้ด้วยการจัดให้มีอุปกรณ์ช่วยในการเก็บรักษาที่เหมาะสม เช่น ชั้นวางสินค้า ช่องเก็บเหนือพาเลท กระบะ หีบ ซึ่งจะลดข้อจำกัดในการกองสูงของคลังสินค้าที่บรรจุหีบห่อไม่แข็งแรงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5) การเว้นระยะในทางข้าง การที่จะวางสินค้าให้ชิดแน่นในทางข้างโดยไม่ให้มีช่องว่างในทางข้างของกองสินค้าเลยตามแนวคิดการสงวนเนื้อที่นั่นย่อมเป็นไปไม่ได้ เพราะหากจะทำเช่นนั้นก็ไม่อาจบรรลุวัตถุประสงค์ของการเก็บรักษาที่ต้องให้สามารถเข้าถึงสินค้าที่เก็บรักษานั้นได้สะดวกที่สุดและขัดกับหลักความปลอดภัยในการเก็บรักษา ซึ่งจำเป็นต้องมีช่องทางและระยะห่างด้านข้างของคลังสินค้าซึ่งมีหลักเกณฑ์ที่ถือปฏิบัติสำหรับคลังสินค้าโดยทั่วไป คือ

(1) ขนาดจำกัดของกลุ่มกองสินค้า ถ้าเป็นสินค้าอันตรายไวไฟสูง กลุ่มกองหนึ่งต้องมีขนาดพื้นที่ไม่เกิน 200 ตารางเมตร เว้นระยะห่างระหว่างกลุ่ม 1.25 เมตร ถ้าเป็นสินค้าอันตรายไวไฟขนาดกลาง กลุ่มกองหนึ่งต้องมีขนาดพื้นที่ไม่เกิน 500 ตารางเมตร เว้นระยะห่างระหว่างกลุ่ม 1.75 เมตร แต่ถ้าสินค้านั้นเป็นชนิดที่ไม่มีอันตรายไม่ไวไฟ ก็ไม่จำกัดขนาดระหว่างของกองและไม่ต้องเว้นระยะ

(2) กองสินค้าห่างออกจากช่องประตูโดยรอบ 1.00 เมตร ห่างจากทางเลื่อนของบานประตู 0.50 เมตร ห่างจากผนังกั้นไฟที่มีคุณสมบัติต่ำกว่ามาตรฐาน หรือทนไฟได้ไม่ถึง 3 ชั่วโมง เป็นระยะ 0.50 เมตร และห่างจากโครงสร้างของอาคารหรืออุปกรณ์ติดตั้งกับอาคารทางด้านข้าง 0.45 เมตร

(3) ระยะเคียงด้านข้างโดยรอบกระบะเก็บสินค้า เพื่อสะดวกแก่การโยกย้ายและจัดวางด้านละ 5 เซนติเมตร

6) การวางสินค้ารอบเสา เสาภายในอาคารคลังสินค้าเป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้เนื้อที่เก็บรักษาว่างขึ้น เนื่องจากการที่ไม่สามารถจัดวางสินค้าให้ชิดแน่นโดยรอบเสาทุกด้านได้ เพราะขนาดของหีบห่อที่บรรจุสินค้าหรือขนาดของกระบะที่จัดวางสินค้าอย่างไม่พอดีเสาการจัดวางย่อมเกินเลยไปในทางใดทางหนึ่งทำให้เกิดช่องว่างขึ้น แม้แต่ละเสาจะเสียพื้นที่ไปไม่มากแต่ในคลังเก็บสินค้ามีเสาเป็นจำนวนมากรวมกันเข้าแล้วเป็นพื้นที่ต้องเสียไปไม่น้อยทีเดียว ทางที่จะลดข้อจำกัดนี้ลงได้บ้างก็คือ หาทางหันมุมของหีบห่อบรรจุสินค้าหรือกระบะวางสินค้าให้เข้ากับรูปร่างของเสาให้เหลือส่วนที่ว่างน้อยที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ต้องระวังไม่ให้เกะกะกีดขวางในการนำสินค้าเข้าจัดเก็บและนำสินค้าออกมาจากกองได้ แต่ถ้าสามารถออกแบบให้มีขนาดช่วงความกว้างของอาคารสูงไม่มีเสากลางอาคาร ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดเก็บได้โดยง่าย

2. หลักการความรวดเร็วในการขนย้าย คลังสินค้าไม่ใช่ที่ซึ่งสินค้าจะถูกเก็บอย่างถาวร แต่เป็นเพียงจุดพักชั่วระยะเวลาสั้น ๆ ในการเดินทางของสินค้าจากแหล่งผลิตไปสู่ผู้บริโภค ดังนั้นการจัดวางสินค้าในพื้นที่เก็บรักษา จะต้องอยู่ในลักษณะที่สามารถขนย้ายออกได้อย่างสะดวกและรวดเร็วประหยัดทั้งเวลา แรงงาน บุคคลที่จะทำหน้าที่จัดเก็บสินค้าจะต้องมีสำนึกในการขนย้ายสินค้าอยู่ในใจตลอดเวลาที่ทำการจัดเก็บ การขนย้ายสินค้าจากที่จัดเก็บที่รวดเร็วก็สามารถนำสินค้าตัวใหม่เข้ามาเก็บได้เร็วตามไปด้วย ซึ่งหมายถึงการใช้เนื้อที่เดียวกันเพื่อเก็บสินค้าได้มากขึ้นในเวลาอันหนึ่ง เพราะมีการไหลเวียนสินค้าได้หลายรอบ ความคุ้มค่าของการใช้เนื้อที่เก็บรักษาก็มีมากขึ้นความรวดเร็วในการขนย้ายสินค้าสามารถทำได้โดยอาศัยการวางแผนผังพื้นที่เก็บรักษาอย่างเหมาะสมและวิธีการเก็บรักษาที่เอื้ออำนวยต่อการขนย้ายซึ่งมีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1) การจัดทางเดิน จะต้องให้มีพื้นที่ทางเดินในการเก็บรักษาอันจำเป็นเพื่อความสะดวกในการเข้าถึงและการยกขนสินค้าที่เก็บอยู่ ความกว้างของทางเดินต้องพอเพียงที่จะสามารถใช้เครื่องจักรกลยกขนอย่างคล่องตัว จำนวนของทางเดินต้องมีมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดความแออัดของการจราจรภายในพื้นที่เก็บรักษาตำแหน่งและทางเดินต้องอำนวยให้การขนย้ายไหลเป็นเส้นตรงมากที่สุด

2) การจัดตำแหน่งวางสินค้า สินค้ามีการหมุนเวียนสูงมีการรับเข้าและจ่ายออกในอัตราความถี่สูงต้องเก็บรักษาในตำแหน่งที่เข้าถึงได้เร็วมีระยะทางขนย้ายสั้น เช่น อยู่ใกล้ทางเข้าออกหรือเข้าพื้นที่รับจ่ายสินค้า เป็นต้น

3) การเลือกวิธีกอง ต้องคำนึงถึงอัตราความถี่ในการหมุนเวียนของสินค้า เช่น สินค้าที่มีการหมุนเวียนสูงก็ใช้วิธีกองที่จะยกออกได้ง่ายไม่ต้องเน้นถึงความมั่นคงและแข็งแรงมากนักเพราะเป็นการเก็บไว้ในระยะสั้น ๆ แล้วก็หมุนเวียนออกไป แต่ถ้าสินค้ารายการใดมีอัตราการหมุนเวียนต่ำนาน ๆ จึงมีการนำเข้าและขนย้ายออกต้องการวิธีการที่มั่นคงแข็งแรงกว่าซึ่งต้องเก็บไว้นานซึ่งวิธีกองสินค้าที่นิยมใช้กันมี 2 แบบคือ แบบวางซ้อนหีบห่อเป็นแนวตั้งตรงกับแบบวางซ้อนสลับเป็นรูปก่ออิฐ แบบแรกนำออกได้รวดเร็วแต่ไม่ค่อยแข็งแรง ส่วนแบบหลังมั่นคงแข็งแรงกว่าแต่น้ำออกจากกองได้ช้า

3. หลักการความมั่นคงในการเก็บรักษา การวางสินค้าได้แนวตรงและแนวแน่นหนาแข็งแรงไม่หมิ่นเหม่ต่อการพังทลายลงมาของกองสินค้าซึ่ง จะเกิดความเสียหายต่อกองสินค้านั้นเองเกิดอันตรายแก่พนักงานเก็บสินค้าซึ่งมีหลักการพิจารณาดังนี้

1) การบรรจุหีบห่อ สินค้าที่วางซ้อนในกลุ่มเดียวกันจะต้องบรรจุที่มีขนาดเป็นมาตรฐานอย่างเดียวกันวัสดุที่ใช้ในการทำหีบห่อต้องมีความแข็งแรง และจัดทำอย่างแน่นหนาสามารถรับน้ำหนักจากส่วนที่วางซ้อนอยู่ข้างบนได้

2) การใช้อุปกรณ์ช่วยเก็บรักษาสินค้าบางอย่างอาจจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเก็บรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสินค้าที่ไม่ได้บรรจุหีบห่อหรือบรรจุหีบห่อที่ไม่มีความความแข็งแรงหรือสินค้าที่มีรูปร่างแปลก ๆ ไม่สามารถวางซ้อนกันได้อย่างมั่นคงพนักงานเก็บรักษาสินค้าจะต้องมีความเข้าใจว่าสินค้าชนิดใดควรจะใช้อุปกรณ์แบบใดเช่นกระบะชนิดต่าง ๆ ไม้หมอนไม้กั้นไม้ครอบและเครื่องรัดยึดตรง เป็นต้น

3) การกำหนดมาตรฐานในการจัดเก็บผู้จัดเก็บรักษาจะต้องพิจารณาศึกษาและค้นหาวิธีการที่เหมาะสมและวางมาตรฐานในการจัดเก็บสินค้าแต่ละชนิดที่มีขาดรูปร่างและลักษณะที่แตกต่างกันเพื่อให้เป็นแบบอย่างสำหรับพนักงานเก็บรักษาที่จะได้ยึดถือปฏิบัติให้เป็นแบบเดียวกันจะต้องกำกับดูแลปฏิบัติอย่างใกล้ชิดเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนดไว้

4. หลักการความเป็นระเบียบ หมายถึงการคลังสินค้าเป็นแนวเป็นแถวเข้าถึงง่ายตรวจตราได้ทั่วถึงสินค้าเดียวกันให้อยู่ในพื้นที่เดียวกันหรือใกล้เคียงกัน แต่ละแถวแต่ละกองต้องเป็นสินค้าชนิดเดียวกันรุ่นเดียวกันบรรจุหีบห่อเป็นมาตรฐานเดียวกัน เก็บให้เต็มความสูงเต็มพื้นที่หนึ่งแล้วจึงเริ่มเก็บที่ใหม่ต่อไปตามลำดับวางสินค้าบนเครื่องหมายบนหีบห่อหันออกด้านนอกเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจด้วยสายตา ซึ่งจะต้องกระทำอยู่เป็นประจำ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เก็บรักษาไม่เป็นระเบียบจะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นในกองสินค้าซึ่งเป็นที่ว่างที่ไม่สามารถใช้เก็บรักษาสินค้าอื่นหรือสินค้าที่รับเข้ามาใหม่ได้เมื่อที่ว่างนี้เกิดมาหลาย ๆ แห่งในพื้นที่เก็บรักษาจะเกิดการสูญเสียเนื้อที่เป็นอันมากสภาพเช่นนี้เรียกว่า สภาพรังผึ้ง (Honey Comp) การป้องกันไม่ให้เกิดสภาพรังผึ้งขึ้นในคลังสินค้านับว่าเป็นปัญหาที่ค่อนข้างยุ่งยากมาก ซึ่งพนักงานเก็บรักษาจะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษซึ่งบางก็เป็นภาระที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็ให้มีน้อยที่สุด หลักเกณฑ์ในการเก็บรักษาและวิธีป้องกันมิให้เกิดสภาพรังผึ้งขึ้นได้ในที่เก็บรักษาสินค้า คือ

1) การกำหนดแถวกองสินค้า แนวของกองสินค้าที่จัดวางแต่ละชนิดแต่ละรุ่นที่รับที่รับเข้ามานั้นควรวางกองเป็นแถวสั้น ๆ หลายแถวเพื่อให้สามารถนำออกจ่ายหรือจัดส่งให้หมดทั้งแถวในคราวเดียวกันสามารถที่จะใช้เนื้อที่ที่วางลงนั้นจัดวางสินค้าที่ได้รับเข้ามาใหม่ได้ เพราะถ้าจัดเป็นแถวยาวแถวเดียวเมื่อต้องการนำสินค้านั้นออกไปเพื่อจ่ายหรือจัดส่งครั้งเดียวไม่หมด จะทำให้เกิดที่ว่างตรงหน้าแถวซึ่งไม่สามารถที่จะใช้เก็บสินค้าที่รับเข้ามาใหม่ได้เพราะจะไปกั้นหน้าของสินค้าเก่าที่เหลืออยู่ทางด้านในของแถวเมื่อต้องการนำออกจ่ายหรือจัดส่งในคราวต่อไปก็จะทำไม่ได้ที่ว่างหน้าแถวของกองสินค้าเป็นลักษณะหนึ่งของสภาพรังผึ้งที่เกิดขึ้นทั่วไปในคลังสินค้าที่ขาดความเป็นระเบียบ

2) การวางซ้อนทางสูง ต้องจัดวางสินค้าแต่ละกองให้วางซ้อนสูงกันได้สูงเต็มที่ก่อนที่จะเริ่มจัดวางกองใหม่ต่อไป เพราะถ้าปล่อยให้เกิดที่ว่างด้านบนของกองสินค้าที่ว่างนั้นก็ไม่สามารถรับสินค้าใหม่เข้ามา สภาพรังผึ้งก็เกิดขึ้นนั้นก็เป็นอีกลักษณะหนึ่งของการขาดความเป็นระเบียบและเกิดความเสียเปล่าของเนื้อที่ที่เก็บรักษา แต่การที่จะกองสูงได้มากเพียงใดนั้นจำเป็นต้องคำถึงหลักเกณฑ์ในการเว้นช่วงบนของกองสินค้า ความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นคลังและความแข็งแรงของหีบห่อบรรจุสินค้า ที่จะทานน้ำหนักในการกดทับโดยไม่เสียหาย

3) การจัดเก็บใหม่ ต้องมีแผนงานการจัดเก็บใหม่ไว้เป็นประจำการเก็บรักษาโดยใช้พาเลทหรือกระบะวางสินค้า ทำให้เกิดความสะดวกมากในการยกย้ายสินค้า การจัดเก็บใหม่จึงสามารถกระทำได้ง่ายหากได้มีการกำหนดแผนงานได้อย่างเป็นมาตรฐาน เป็นการประจำการจัดเก็บใหม่ก็เพื่อขจัดรังผึ้งที่มีอยู่ในคลังสินค้าให้หมดไป โดยการยกย้ายสินค้าที่ไม่เป็นแถวหรือไม่เต็มความสูง ซึ่งมีอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ในคลังสินค้าออกมาวางกองใหม่ในตำแหน่งที่ความยาวของแถวพอดีกับจำนวนสินค้าที่เหลืออยู่หรือถ้าหากเป็นสินค้าชนิดเดียวกัน รุ่นเดียวกัน และการบรรจุหีบห่อเป็นมาตรฐานอย่างเดียวกันก็ยกย้ายมารวมเป็นแถวเดียวกันให้เต็มพื้นที่ของแถวและเต็มความสูงที่กำหนด การกระทำเช่นนี้จะทำให้สภาพรังผึ้งที่มีอยู่ในคลังสินค้าหมดไปและได้พื้นที่ว่างขึ้นมาใหม่ ซึ่งเป็นที่ว่างซึ่งสามารถใช้ในการคลังสินค้าที่รับเข้ามาใหม่

4) การจัดวางสินค้าบนพาเลทหรือกระบะ สภาพรังผึ้งในคลังสินค้าเกิดขึ้นจากการจัดวางสินค้าบนกระบะในลักษณะที่ปล่อยให้มีช่องว่างโดยไม่ระมัดระวังอีกด้วย ดังนั้นการจัดวางสินค้าบนกระบะจึงให้ชิดแน่นมากที่สุดเท่าที่สามารถจะกระทำได้ การที่สามารถจะกระทำได้นั้นต้องมีมาตรฐานสำหรับการจัดวางสินค้าที่บรรจุหีบห่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขนาดต่าง ๆ ลงบนกระบะและปฏิบัติให้เป็นไปตามมาตรฐานอย่างเคร่งครัด นอกจากนั้นการวางสินค้าไม่เต็มขอบกระบะทำให้เกิดช่องว่างข้างเคียงระหว่างกระบะในกองสินค้ามากเกินไป

5) การขนสินค้าออกจากกอง การขนย้ายสินค้าออกจากกองเพื่อนำออกจ่ายหรือจัดส่งให้แก่ ผู้รับนั้นต้องขนออกจากแถวหนึ่งให้หมดเสียก่อนจึงจะไปเริ่มขนออกจากแถวหนึ่งให้หมดไปเป็นแถว ๆ เพื่อให้เกิดที่ว่างสำหรับใช้จัดเก็บรักษาสินค้าที่รับเข้ามาใหม่ได้ทันที เพราะสินค้าในแถวหนึ่งต้องเป็นชนิดเดียวกัน รุ่นเดียวกัน รับเข้ามาในคราวเดียวกันจะเอาสินค้าต่างชนิด ต่างรุ่น ต่างล็อต มาเก็บไว้ในแถวเดียวกันไม่ได้ ในทำนองเดียวกันการขนสินค้าออกจากกองโดยขนออกจากด้านหน้าเรียงกันหลาย ๆ แถวเหลือสินค้าที่อยู่ด้านในของแถวเหล่านั้นไว้เป็นการขนออกไม่ถูกวิธี ทำให้ว่างซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะด้านหน้าของแถวใช้เก็บสินค้าเข้ามาใหม่ไม่ได้กลายเป็นสภาพรังผึ้งไป ซึ่งการขนออกในลักษณะนี้ดูเหมือนว่าจะสะดวกมากกว่าการขนออกให้หมดแต่ละแถว แต่ผลที่เกิดขึ้นเป็นการสูญเสียเนื้อที่เก็บรักษาและผิดหลักการความเป็นระเบียบ

2.2 ปฏิบัติการคลังสินค้า (Warehouse Operations)

ไชยยศ ไชยมั่งคง และมยุขพันธ์ ไชยมั่งคง (2556) ได้อธิบายไว้ว่า งานปฏิบัติการคลังสินค้ามีขั้นตอนและรายละเอียดมาก งานส่วนใหญ่จะเป็นงานด้านการยกขน การจัดเก็บ และหยิบสินค้าตาม ใบสั่งซื้อ ปฏิบัติการคลังสินค้า มีดังนี้

2.2.1 การรับสินค้า (Receiving)

สินค้าที่ส่งมาจากโรงงานของบริษัทหรือจากซัพพลายเออร์ เมื่อสินค้ามาถึงคลังสินค้า ปฏิบัติการคลังสินค้า ดังนี้

1. ขนถ่ายสินค้าออกจากยานพาหนะ (Unloading) สินค้าที่มาถึงคลังสินค้าอาจขน โดยรถบรรทุก รถไฟ หรือเรือ เมื่อยานพาหนะมาถึงคลังสินค้า พนักงานคลังสินค้าจะขนถ่ายสินค้ามาวางกอง ณ พื้นที่จุดรับสินค้า (Receiving Dock) การขนถ่ายสินค้าออกจากยานพาหนะอาจใช้รถ โฟร์คลิฟต์ รถลาก สายพานลำเลียง หรือแรงงานคน เวลาที่ใช้จึงขึ้นอยู่กับการใช้อุปกรณ์และทักษะพนักงาน

2. ตรวจนับจำนวน (Counting) สินค้าที่ขนออกจากยานพาหนะและนำมากองไว้ พนักงานจะนับจำนวนหีบห่อ หรือจำนวนชิ้นสินค้าตามเอกสารกำกับสินค้า การตรวจนับเพื่อจะได้ ทราบจำนวนว่าถูกต้องหรือไม่ หากจำนวนสินค้าไม่ถูกต้องหรือขาดจำนวน พนักงานก็จะบันทึกไว้ ในเอกสารรับสินค้าเพื่อเป็นหลักฐาน

3. การตรวจสภาพสินค้า (Survey) การตรวจสภาพสินค้าเป็นการตรวจสภาพภายนอก หีบห่อโดยดูจากสภาพหีบห่อว่ามีสภาพบุบ ย่นหรือฉีกขาดหรือไม่ หากมีหีบห่อเสียหาพนักงานจะบันทึกไว้เพื่อเป็นหลักฐานการเรียกร้องค่าเสียหาย (Claim) จากบริษัทประกันหรือผู้รับขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.2 การระบุประเภทและจัดกลุ่มสินค้า (Identifying and Sorting)

สินค้าขาเข้าเมื่อตรวจนับจำนวนและสภาพแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการระบุประเภท และจัดกลุ่มสินค้า

1. ระบุประเภทสินค้า สินค้าที่นำมาวางกอง ณ จุดรับสินค้าและผ่านการตรวจนับ และตรวจสภาพภายนอกแล้วพนักงานจะระบุประเภทสินค้าโดยการทำเครื่องหมาย การระบุประเภทสินค้าก็เพื่อประโยชน์ในการจัดเก็บสินค้า

2. จัดกลุ่มสินค้า สินค้าที่ระบุประเภทแล้วจะทำการแยกกลุ่มพร้อมกับทำเครื่องหมายไว้บนหีบห่อ เครื่องหมายหีบห่อเป็นตัวอักษรหรือตัวเลขก็ได้ เพื่อสะดวกต่อการหยิบ สินค้าและตรวจนับสต็อก

2.2.3 การจัดเก็บสินค้า (Storage)

สินค้าขาเข้าเมื่อผ่านกระบวนการรับและจัดกลุ่มแล้วก็จะ ทราบว่าสินค้าใด เป็นสินค้าผ่านคลังสินค้า และสินค้าใดที่จะต้องเก็บรักษาไว้ที่คลังสินค้า สินค้าผ่านคลังจะขนไปไว้ที่ลานวางสินค้าขาออก เพื่อยกขนขึ้นยานพาหนะต่อไป สินค้าที่จะต้องเก็บมี ขั้นตอน ดังนี้

1. แผนจัดเก็บ (Storage Plan) การจัดเก็บจะพิจารณาปัจจัยด้านสินค้าและปัจจัยด้านพื้นที่คลังสินค้า ปัจจัยด้านคลังสินค้าที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบการทำแผนจัดเก็บสินค้า ได้แก่ ปริมาณและความถี่การผ่านเข้า-ออกของสินค้าแต่ละชนิด และคุณลักษณะสินค้าว่าเป็น สินค้ามีมูลค่าสูง แตกหักง่าย เน่าเสียง่าย หรือเป็นสินค้าอันตราย ข้อมูลข้างต้นนำมาใช้ในการ จัดสรรพื้นที่และตำแหน่งหรือสถานที่เก็บ สินค้าที่มีปริมาณเข้า–ออกมากก็จะจัดสรรพื้นที่เก็บมาก และเก็บไว้ใกล้ประตูเข้า-ออก

2. ระบบการจัดเก็บ (Storage System) คลังสินค้าจะใช้ระบบการจัดเก็บแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมระบบการจัดเก็บ มีดังนี้

(1) แบบกำหนดพื้นที่ตายตัว (Fixed - Slot Storage) การจัดตามแบบนี้คลังสินค้าจะกำหนดพื้นที่จัดเก็บสินค้าแต่ละกลุ่มไว้ตายตัว นั่นคือ สินค้าจะเก็บตามที่กำหนดไว้การกำหนดพื้นที่เก็บสินค้ามีข้อดีที่ง่ายต่อการหยิบสินค้า (Picking) ข้อด้อย คือ อาจมีพื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์อันเนื่องจากปริมาณสินค้าเข้า-ออกน้อย หรืออาจเกิดภาวะพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับสินค้าบางกลุ่มที่มีปริมาณมาก

(2) แบบไม่กำหนดพื้นที่ (Floating Slot Storage or Randomized - Slot Storage) การเก็บสินค้าแบบนี้ใช้วิธีมีที่ว่างที่ใดก็เก็บสินค้า ณ ที่นั้น วิธีนี้สะดวกในการเก็บ แต่ยุ่งยากในการหยิบสินค้าซึ่งจะใช้เวลานานและเส้นทางเดินหยิบสินค้าไกล การเก็บวิธีนี้มีข้อดีที่ใช้ประโยชน์พื้นที่ คลังสินค้าได้เต็มที่ ดังนั้นหากจะให้มีประสิทธิภาพจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมเพื่อง่ายต่อการ ค้นหาและหยิบสินค้าที่ต้องการ

(3) แบบกำหนดโซน (Zone - Slot Storage) ระบบนี้จะแบ่งพื้นที่คลังสินค้าเป็น Zone จำนวน Zone จะขึ้นอยู่กับการจัดกลุ่มสินค้า ถ้าจัดกลุ่มสินค้าน้อยกลุ่ม จำนวนโซนก็จะน้อยวิธีนี้มีข้อดีที่สินค้าหลายชนิดจะอยู่ในโซนเดียวกัน ทำให้ใช้ประโยชน์พื้นที่คลังสินค้าได้มากขึ้น แต่จะมีความล่าช้าในการหยิบเช่นเดียวกับแบบไม่กำหนดพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.4 การปกป้องสินค้า (Damage Protection)

คลังสินค้ามีพื้นที่กว้างขวางและเก็บสินค้าหลากหลายชนิด สินค้ามีการวางทับซ้อนกัน สินค้าที่วางอยู่ล่างอาจได้รับความเสียหายจากการทับซ้อน หรือเสียหายจากการบีบอัดหรือขาดการถ่ายเทอากาศ สินค้าที่เก็บเข้าที่แล้วจะต้องดูแลมิให้เกิดความ เสียหาย ชำรุด บุบสลาย หรือสูญเสีย โดยจัดวางสินค้าในสภาพแวดล้อมที่ดีและสามารถตรวจได้

2.2.5 การหยิบสินค้า (Order Picking)

งานหยิบสินค้าเป็นงานปฏิบัติการคลังสินค้าที่สำคัญ การหยิบสินค้าที่มีประสิทธิภาพจะลดเวลาวงจรสั่งซื้อและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ รวดเร็ว ประสิทธิภาพการหยิบสินค้าในคลังสินค้า ประกอบด้วย ความรวดเร็ว ความถูกต้องและ สินค้าไม่เสียหาย เมื่อคลังสินค้าได้รับใบสั่งจ่ายสินค้าก็จะมอบหมายให้พนักงานคลังสินค้าทำการ หยิบสินค้า ใบสั่งจ่ายจะระบุประเภท ชนิด ปริมาณ(จำนวน) การหีบห่อ และการขนส่งสินค้าที่หยิบแล้วจะนำไปวางลานหีบห่อ วิธีการหยิบ มีดังนี้

1. ระบบไม่กำหนดพื้นที่ (Floating System) เป็นระบบที่พนักงานหยิบ แต่ละคนรับผิดชอบแต่ละใบสั่งจ่ายสินค้า พนักงานหยิบจะหยิบสินค้าตามรายการใบสั่งจ่ายแล้วนำสินค้าไป วางที่ลานขาออก การหยิบตามวิธีนี้มีข้อเสีย คือ ระยะทางเดินยาว สำหรับข้อดี คือ สินค้าแต่ละใบสั่งจ่ายจะรวมอยู่ที่เดียวกัน

2. ระบบแบ่งเขตพื้นที่ (Zone System) วิธีนี้จะแบ่งพื้นที่คลังสินค้าเป็นโซน พนักงาน หยิบจะรับผิดชอบเป็นโซนไป ใบสั่งจ่ายสินค้าจะแจกจ่ายไปแต่ละโซน เมื่อพนักงานหยิบสินค้า แล้วก็จะนำไปวางที่ลานรวบรวมสินค้า ข้อดีของวิธีนี้คือ ลดระยะทางการหยิบ ข้อเสีย เพิ่มงานรวบรวมสินค้าตามใบสั่ง

3. ระบบตามลำดับบริเวณ (Sequential System) วิธีนี้จะจัดลำดับบริเวณคลังสินค้า การหยิบสินค้าจะหยิบตามลำดับบริเวณ เมื่อพนักงานหยิบสินค้าลำดับบริเวณแรกแล้วเสร็จก็จะส่งใบสั่งจ่ายสินค้าต่อไปเรื่อยจนหยิบสินค้าได้ครบ ข้อดี คือ ลดระยะทางหยิบสินค้า แต้ต้องใช้อุปกรณ์ยกขนมาก

4. ระบบรวบรวมใบสั่งจ่าย (Multiple Order System) วิธีการหยิบสินค้าในระบบนี้จะรวบรวมใบสั่งจ่ายสินค้าแล้วทำการจำแนกกลุ่มสินค้า พนักงานจะได้รับมอบหมายให้หยิบสินค้า ตามกลุ่มสินค้า เมื่อหยิบสินค้าได้แล้วก็นำไปวางเพื่อคัดแยกตามแต่ละใบสั่ง ข้อดีวิธีนี้คือ หยิบสินค้าครั้งละจำนวนมากทำให้ประหยัด สำหรับข้อเสีย คือ ต้องมาทำการคัดแยกสินค้าตามแต่ละใบสั่งจ่ายสินค้าอีก

2.2.6 หีบห่อเพื่อการขนส่ง

มีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องความเสียหายสินค้าจากการขนส่ง และใช้ประโยชน์พื้นที่ระวางยานพาหนะสูงสุด สินค้าที่หยิบออกจากที่เก็บเป็นหน่วยเล็กหรือแบ่งจากหน่วยใหญ่จะนำมาหีบห่อใหม่ หีบห่อจะติดฉลากบอกประเภท และปริมาณสินค้า และ คำแนะนำการยกขนและเก็บรักษา หีบห่อควรมีขนาดที่สอดคล้องกันกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

มาตรฐานสากลทั้งนี้เพื่อใช้ ประโยชน์ระวางบรรทุก อุปกรณ์เคลื่อนย้ายและเครื่องมือยกขนสูงสุด รวมทั้งให้สอดคล้องกับรูปแบบขนส่งที่ใช้

2.2.7 การขนสินค้าขึ้นยานพาหนะ (Loading)

สินค้าที่หยิบจากที่เก็บจะนำมาวางรวมที่ลานสินค้าขาออก พนักงานทำการตรวจสอบและนับสินค้าที่ขนขึ้นยานพาหนะแต่ละคัน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ มีความผิดพลาดด้านจำนวนและชนิดสินค้า ความผิดพลาดเป็นสิ่งสูญเสียเพราะต้องนำสินค้ากลับคืนซึ่งเสียค่าขนส่ง ขณะที่ลูกค้าไม่มีสินค้าใช้หรือขายและสินค้าอาจเสียหายจากการยกขนและขนส่งซ้ำซ้อน

2.2.8 การตรวจนับสินค้า (Inventory Checking)

การตรวจนับสินค้าในคลังสินค้าเป็นการตรวจสอบสต็อกสินค้าตามชนิดและปริมาณ และเปรียบเทียบกับสถิติสินค้าที่ได้จ่ายออกไปว่าถูกต้องตรงกันหรือไม่ นอกจากนี้ยังเป็นการตรวจสอบสภาพและตำแหน่งที่จัดเก็บสินค้าอีกด้วย

2.2.9 การจัดทำรายงาน (Reporting)

การจัดทำรายงานเป็นการปฏิบัติการคลังสินค้าขั้นสุดท้าย รายงานจะแสดงปริมาณสินค้าผ่านเข้า-ออกคลังสินค้า การรับ-จ่ายสินค้า สินค้าเสียหาย และ ปริมาณสินค้าในคลัง ณ สิ้นงวด หรือสิ้นปี ข้อมูลใช้ประโยชน์เพื่อวางแผนการผลิตและบริการลูกค้า

2.3 ระบบการจัดเก็บสินค้า (Storage Policy)

James และ Jerry (1998) ได้กล่าวไว้ในหนังสือเรื่อง The Warehouse Management Handbook; the second edition ในเรื่อง Stock Location Methodology โดยมีการจัดรูปแบบในการจัดเก็บสินค้าออกเป็น 6 แนวคิด คือ

2.3.1 ระบบจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ (Informal System)

เป็นรูปแบบการจัดเก็บสินค้าที่ ไม่มีการบันทึกตำแหน่งการจัดเก็บเข้าไว้ใน ระบบ และสินค้าทุกชนิดสามารถจัดเก็บไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ในคลังสินค้า ซึ่งพนักงานที่ปฏิบัติงานในคลังสินค้านั้นจะเป็นผู้ที่รู้ตำแหน่งในการจัดเก็บ เก็บทั้งจำนวนสินค้าที่จัดเก็บ ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดเก็บนี้เหมาะสาหรับคลังสินค้าที่มีขนาดเล็กมีจำนวนสินค้าหรือ SKU (Stock Keeping Unit หมายถึง หน่วยที่เล็กที่สุด) มีจำนวนตำแหน่งที่จัดเก็บน้อยด้วย สำหรับในการทำงานนั้นจะมีการแบ่งพนักงานที่รับผิดชอบเฉพาะเป็นโซน ๆ โดยที่แต่ละโซนนั้นไม่ได้มีแนวทางการปฏิบัติไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำให้อาจเกิดปัญหาการจัดเก็บหรือยากในการ ค้นหาสินค้า ในวันที่พนักงานประจำโซนไม่มาทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 ระบบจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ (Informal System)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม่มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ 2. มีความยืดหยุ่นสูง	1. ความยากในการค้นหาสินค้า 2. ขึ้นอยู่กับทักษะของพนักงานคลังสินค้า 3. ไม่มีประสิทธิภาพ

2.3.2 ระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System)

แนวความคิดในการจัดเก็บสินค้ารูปแบบนี้เป็นแนวคิดที่มาจากทฤษฎีกล่าวคือ สินค้าทุกชนิดหรือทุก SKU นั้นจะมีตำแหน่งจัดเก็บที่กำหนดไว้ตายตัวอยู่แล้ว ซึ่งการจัดเก็บรูปแบบนี้เหมาะสาหรับ คลังสินค้าที่มีขนาดเล็ก มีจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานไม่มากและมีจำนวนสินค้าหรือจำนวน SKU ที่ไม่มากโดยจากการศึกษาพบว่าแนวคิดจัดเก็บสินค้านี้จะมีข้อจำกัดหากเกิดกรณีสินค้านั้นมีการสั่งซื้อเข้ามาทีละมาก ๆ จนเกินจำนวนโซนที่กำหนดไว้ของสินค้าชนิดนั้น หรือในกรณีที่สินค้าชนิดนั้นมีการ สั่งซื้อเข้ามาน้อยในช่วงเวลานั้นซึ่งไม่เป็นการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ในจัดเก็บที่ดีในการจัดเก็บที่ดี

ตารางที่ 2.2 ระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ง่ายต่อการนำไปใช้ 2. ง่ายต่อการปฏิบัติงาน	1. การใช้พื้นที่จัดเก็บที่ไม่เต็มที่ 2. ต้องเสียพื้นที่จัดเก็บโดยเปล่าประโยชน์ในกรณี ที่ไม่มีสินค้าอยู่ในสต็อก 3. ต้องใช้พื้นที่จำนวนหลายตำแหน่งเพื่อจัดเก็บ สินค้าให้มากที่สุด 4. ยากง่ายต่อการจดจำตำแหน่งในการจัดเก็บสินค้า 5. ยากง่ายต่อการขยายพื้นที่จัดเก็บ

2.3.3 ระบบจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า (Part Number System)

รูปแบบจัดเก็บสินค้าโดยใช้รหัสสินค้า มีแนวคิดใกล้เคียงกับการจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว โดยข้อแตกต่างนั้นจะอยู่ที่การเก็บแบบใช้รหัสสินค้านั้น จะมีลำดับการจัดเก็บเรียงกัน เช่น รหัสสินค้าหมายเลข A123 นั้นจะถูกเก็บก่อนรหัสสินค้าหมายเลข B123 เป็นต้น ซึ่งการจัดเก็บแบบนี้เหมาะกับกับองค์กรที่มีความต้องการในการเข้า และออกของรหัสสินค้านั้นจำนวนคงที่ เนื่องจากมีการกำหนดตำแหน่งจัดเก็บไว้แล้ว ในการจัดเก็บแบบใช้รหัสสินค้าจะทำให้พนักงานรู้ตำแหน่งสินค้าได้ง่าย แต่จะไม่มีความยืดหยุ่นในกรณีที่องค์กรหรือบริษัทนั้นกำลังเติบโตและมีความต้องการขยายจำนวน SKU ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 ระบบจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า (Part Number System)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ง่ายต่อการค้นหาสินค้า 2. ง่ายต่อการหยิบสินค้า 3. ง่ายต่อการนำไปใช้ 4. ไม่จำเป็นต้องมีการบันทึกตำแหน่งสินค้า	1. ไม่มีความยืดหยุ่น 2. ยากต่อการปรับปริมาณความต้องการสินค้า 3. การเพิ่มการจัดเก็บสินค้าใหม่นั้นจะมีผลกระทบต่อการจัดเก็บสินค้าทั้งหมด 4. การใช้พื้นที่จัดเก็บไม่เต็มที่

2.3.4 ระบบจัดการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า (Commodity System)

เป็นรูปแบบการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า (Product Type) โดยมีการจัดตำแหน่งการวางคล้ายกับร้านค้าปลีก หรือ Supermarket ทั่วไปที่มีการจัดวางสินค้าในกลุ่มเดียวกันหรือประเภทเดียวกัน ไว้ในตำแหน่งที่ใกล้กัน ซึ่งรูปแบบในการจัดเก็บสินค้าจัดอยู่ในรูปแบบตามประเภทของสินค้า (Combination System) ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บสินค้าคือการเน้นเรื่องการใช้พื้นที่จัดเก็บมากขึ้นและสะดวกสำหรับพนักงานหยิบสินค้าในการทราบถึงตำแหน่งของสินค้าที่จะต้องไปหยิบ แต่มีข้อเสียคือ พนักงานที่หยิบสินค้าต้องมีความรู้ในเรื่องของสินค้าแต่ละชนิดหรือแต่ละยี่ห้อที่จัดอยู่ในประเภทเดียวกัน ไม่เช่นนั้นอาจเกิดการหยิบสินค้าผิดได้

ตารางที่ 2.4 ระบบจัดการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า (Commodity System)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. การแบ่งประเภทของสินค้าทำให้พนักงานปฏิบัติงานเข้าใจง่าย 2. การหยิบสินค้าทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3. มีความยืดหยุ่นสูง	1. ในกรณีที่สินค้าประเภทเดียวกันมีหลายรุ่น อาจทำให้หยิบสินค้าผิดรุ่นหรือยี่ห้อได้ 2. จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องของสินค้าแต่ละ ชนิดหรือแต่ละยี่ห้อที่จะหยิบ 3. การใช้พื้นที่จัดเก็บดีขึ้นแต่ยังไม่ดีที่สุด 4. สินค้าบางประเภทมีความยุ่งยากในการจัด ประเภทสินค้า

2.3.5 ระบบการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random Location System)

เป็นการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว ทำให้สินค้าแต่ละชนิดสามารถจัดเก็บไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ในคลังสินค้า แต่รูปแบบการจัดเก็บแบบนี้จำเป็นต้องมีระบบสารสนเทศในการจัดเก็บและติดตาม ข้อมูลของสินค้าว่าจัดเก็บอยู่ในตำแหน่งใดโดยต้องมีการปรับปรุงข้อมูลอยู่ตลอดเวลาด้วย ซึ่งในการจัดเก็บแบบนี้จะเป็นรูปแบบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ใช้พื้นที่จัดเก็บอย่างคุ้มค่า เพิ่มการใช้งานเพิ่มพื้นที่การจัดเก็บและเป็น ระบบถือว่ามีความยืดหยุ่นสูงเหมาะกับคลังสินค้าทุกขนาด

ตารางที่ 2.5 ระบบการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random Location System)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถใช้งานพื้นที่จัดเก็บได้เกิดประโยชน์สูงสุด 2. มีความยืดหยุ่นสูง 3. การง่ายต่อการขยายการจัดเก็บ 4. การง่ายในการปฏิบัติงาน 5. ระยะทางในการเดินหยิบสินค้าไม่ไกล	1. ต้องมีการบันทึกข้อมูลการจัดเก็บสินค้าอย่างละเอียดและมีประสิทธิภาพ 2. ต้องเข้มงวดในติดตามการบันทึกข้อมูลการจัดเก็บ

2.3.6 ระบบการจัดเก็บแบบผสม (Combination System)

เป็นรูปแบบการจัดเก็บที่ผสมผสานหลักการของรูปแบบการจัดเก็บในข้างต้น โดยตำแหน่งในการจัดเก็บนั้นจะต้องมีการพิจารณาจากเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสินค้าชนิดนั้น ๆ เช่น หากคลังสินค้านั้นมีสินค้าที่เป็นวัตถุอันตรายหรือสารเคมีต่าง ๆ รวมอยู่กับสินค้าอาหาร จึงควรแยกการจัดเก็บสินค้าอันตราย และสินค้าเคมีดังกล่าวให้อยู่ห่างจากประเภทสินค้าอาหาร และเครื่องดื่ม เป็นต้น ซึ่งถือเป็นรูปแบบการจัดเก็บแบบกำหนดตำแหน่งตายตัวสำหรับพื้นที่ที่เหลือในคลังสินค้านั้น เนื่องจากมีการคำนึงถึงเรื่องการใช้ งานพื้นที่จัดเก็บ ดังนั้นจึงจัดให้พื้นที่ที่เหลือมีการจัดเก็บแบบไม่กำหนดตำแหน่งตายตัวก็ได้ โดยรูปแบบการจัดเก็บแบบนี้เหมาะสำหรับคลังสินค้าทุก ๆ ประเภทโดยเฉพาะอย่างยิ่งคลังสินค้าที่มีขนาด ใหญ่และคลังสินค้าที่จัดเก็บนั้นมีความหลากหลาย

ตารางที่ 2.6 ระบบการจัดเก็บแบบผสม (Combination System)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีความยืดหยุ่นสูง 2. เป็นการรวมข้อดีของทุกระบบการจัดเก็บ 3. สามารถปรับเปลี่ยนการจัดเก็บได้ตามสภาพของสินค้า 4. สามารถควบคุมการจัดเก็บได้เป็นอย่างดี 5. สามารถขยายการจัดเก็บได้ง่าย	1. อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความสับสน เนื่องจากมีระบบการจัดเก็บมากกว่า 1 วิธี 2. การใช้ประโยชน์จากพื้นที่จัดเก็บมีความไม่แน่นอน สามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนวัสดุอัตโนมัติ (Automated Storage/Retrieval System)

การทำงานของระบบการจัดเก็บในคลังสินค้าหรือโกดังที่มีการควบคุมด้วยระบบการจัดเก็บวัสดุ การรับวัสดุ รวมทั้งการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ขนถ่ายที่ทำงานร่วมกับโรงงานและคลังสินค้า ซึ่งสามารถออกแบบการใช้งานให้เหมาะสมกับการทำงานลักษณะต่าง ๆ ได้ โดยทั่วไปแล้วปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการจัดเก็บและเรียกใช้ของอุปกรณ์แบบ AS/RS (Automated Storage/Retrieval System) จะพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างของหิ้งที่ใช้จัดเก็บ ความเร็วในการเคลื่อนของอุปกรณ์ AS/RS ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของห่วงโซ่อุปทานที่สำคัญ

ลักษณะการทำงานของระบบการจัดเก็บสามารถตรวจสอบได้ใน 2 ประเด็น ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของระบบการจัดเก็บ (Storage System Performance)

มาตรการต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดเก็บ ประกอบด้วย

1) ความจุของการจัดเก็บ (Storage Capacity)

- พื้นที่ปริมาตรรวมที่ใช้ได้
- จำนวนช่องเก็บของทั้งหมด (เช่น unit loads)

“ความจุของการจัดเก็บถูกวัดได้จากจำนวนของ unit loads ที่สามารถเก็บไว้ในระบบ”

ความจุทางกายภาพของระบบการจัดเก็บควรจะมากกว่าปริมาณสูงสุดที่คาดว่าจะจัดเก็บ เพื่อให้มีพื้นที่ว่างสำหรับวัสดุที่เข้าสู่ระบบและอนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงในข้อกำหนดการจัดเก็บสูงสุด

2) ความหนาแน่นในการจัดเก็บ (Storage Density) ความหนาแน่นในการจัดเก็บจะถูกกำหนดเป็นพื้นที่ปริมาตรรวมที่ใช้ได้สำหรับการจัดเก็บเมื่อเทียบกับพื้นที่ปริมาตรรวมในสถานที่จัดเก็บ สำหรับการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพระบบการจัดเก็บควรได้รับการออกแบบให้มีความหนาแน่นสูง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อความหนาแน่นของระบบการจัดเก็บเพิ่มขึ้นความสามารถในการเข้าถึงก็เป็นอีกประการหนึ่งที่สำคัญของประสิทธิภาพการจัดเก็บ

3) ความสามารถเข้าถึงได้ (Accessibility) ความสามารถเข้าถึงได้หมายถึง ความสามารถในการเข้าถึงรายการที่ต้องการหรือโหลดที่เก็บไว้ในระบบ ในการออกแบบระบบของจัดเก็บจะต้องกำหนดการแลกเปลี่ยนระหว่างความหนาแน่นของการจัดเก็บและความสามารถเข้าถึงได้

4) ปริมาณงานของระบบ (System Throughput) ปริมาณงานระบบถูกกำหนดให้เป็นอัตรารายชั่วโมงในระบบการจัดเก็บ

- รับและวางโหลดลงในที่เก็บ
- ดึงและส่งมอบโหลดไปยังสถานีส่งออก
- การทำรายการของการจัดเก็บโดยทั่วไป ประกอบด้วยองค์ประกอบต่อไปนี้

(1) รับโหลดที่สถานี input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(2) เคลื่อนย้ายไปยังตำแหน่งที่จัดเก็บ

(3) วางโหลดลงในตำแหน่งที่จัดเก็บ

(4) เคลื่อนย้ายกลับไปที่สถานี input

- การทำรายการการเรียกคืน ประกอบด้วย

(1) เคลื่อนย้ายไปยังที่เก็บสินค้า

(2) เลือกรายการจากการจัดเก็บ

(3) เคลื่อนย้ายไปยังสถานี output

(4) ขนลงที่สถานี output

แต่ละขั้นต้องใช้เวลา ปริมาณงานของระบบการจัดเก็บจะถูกกำหนดโดยผลรวมขององค์ประกอบเวลา (เวลาการทำรายการทั้งหมด) บางครั้งสามารถเพิ่มปริมาณงานได้ด้วยการรวมที่จัดเก็บและการทำรายการการเรียกคืนได้ในรอบเดียวซึ่งช่วยลดเวลาในการเคลื่อนย้าย เรียกว่า dual command cycle เมื่อการจัดเก็บหรือการทำรายการการเรียกคืนเพียงอย่างเดียวถูกดำเนินการในรอบ จะเรียกว่า single command cycle

5) Utilization ค่า Utilization ถูกกำหนดให้เป็นสัดส่วนของเวลาที่ระบบใช้ในการดำเนินการจัดเก็บและการเรียกคืนเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้จริง ความต้องการในการออกแบบระบบจัดเก็บอัตโนมัติสำหรับการใช้งานในช่วง 80-90% หากค่า Utilization ต่ำเกินไป แสดงว่าระบบมีการออกแบบมากเกินไป หากค่า Utilization สูงเกินไป แสดงว่าไม่มีค่าเผื่อสำหรับช่วงเวลาเร่งด่วนหรือระบบ breakdowns

6) ความพร้อมใช้งาน (Availability) ความพร้อมใช้งานคือการวัดความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของระบบหมายถึง สัดส่วนของเวลาที่ระบบสามารถใช้งานได้ (ไม่เสีย) เทียบกับเวลาปกติที่กำหนดไว้

“ความน่าเชื่อถือของระบบที่มีอยู่สามารถปรับปรุงได้โดยขั้นตอนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่ดี และมีชิ้นส่วนซ่อมในมือสำหรับส่วนประกอบที่สำคัญ ควรวางแผนขั้นตอนการสำรองข้อมูลเพื่อลดผลกระทบของการหยุดทำงานของระบบ”

2. การวางกลยุทธ์ของระบบการจัดเก็บ (Storage Location Strategies)

“การวางกลยุทธ์ของระบบการจัดเก็บ พยายามจะจัดระเบียบสต็อกในระบบการจัดเก็บด้วยกลยุทธ์ของที่ตั้งที่เลือกซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพ” ประกอบด้วย 2 กลยุทธ์หลัก คือ

1) การจัดเก็บแบบสุ่ม (Randomized Storage) สินค้าจะถูกเก็บไว้ในตำแหน่งใด ๆ ที่อยู่ในระบบการจัดเก็บซึ่งเป็นตำแหน่งเปิดที่ใกล้ที่สุดที่มีอยู่สำหรับการเรียกคืนผลิตภัณฑ์ SKU จะถูกนำมาจากหน่วยของการจัดเก็บตามนโยบายการเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out) เพื่อให้สินค้าที่อยู่ในการจัดเก็บที่ยาวที่สุดถูกย้ายออกก่อน โดยทั่วไปจำเป็นต้องใช้พื้นที่การจัดเก็บที่น้อยลงสำหรับระบบการจัดเก็บแบบสุ่ม ถึงแม้ว่าจะมีผลกระทบต่อปริมาณงานของระบบในการรับส่งสินค้า โดยการลดพื้นที่จัดเก็บลงบางครั้งก็มีนัยสำคัญ (แต่ละประเภทของสินค้าที่จัดเก็บในคลังสินค้าเรียกว่า Stock Keeping Unit (SKU)).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) การจัดเก็บสินค้าเฉพาะบางประเภท (Dedicated Storage) SKU ถูกกำหนดให้กับสถานที่เฉพาะในสถานที่จัดเก็บ ดังนั้นการสำรองที่กำหนดไว้ของ SKU สามารถเกิดขึ้นได้และระบบอาจได้รับการออกแบบเพื่อรองรับ SKU ระดับสูงสุดที่จัดขึ้นในสินค้าคงคลัง

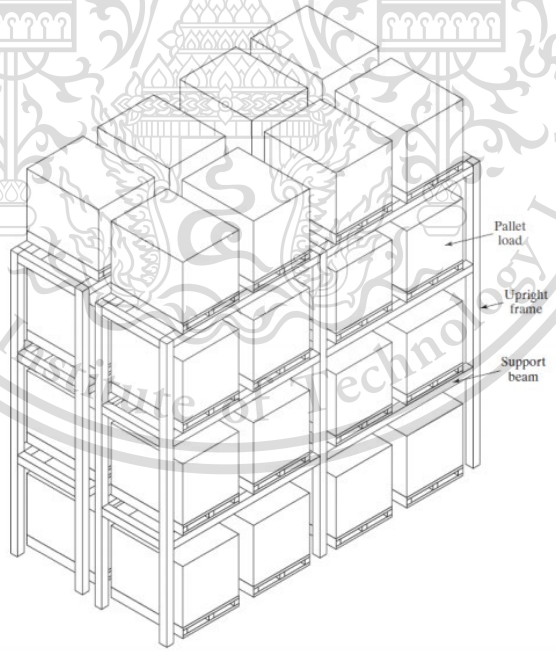
หลักการโดยทั่วไปสำหรับการตัดสินใจเลือกสถานที่

- สินค้าที่เก็บไว้ในลำดับหมายเลข
- สินค้าที่จัดเก็บตามระดับกิจกรรม
- สินค้าที่จัดเก็บตามอัตราส่วนกิจกรรมต่อพื้นที่

2.4.1 ระบบชั้นวางสินค้า (Rack Systems)

ระบบชั้นวางสินค้า จัดหาอุปกรณ์การจัดเก็บสินค้าจำนวนมากด้วยการสนับสนุนที่เพียงพอเพื่อช่วยในการจัดเก็บอย่างปลอดภัยด้วยวิธีการต่าง ๆ

1. ชั้นวางสินค้าที่มีการจัดเก็บสินค้าบนพาเลท (Pallet Racks) ประกอบด้วยเฟรมเพื่อรองรับหนึ่ง unit loads ที่อยู่เหนือเฟรมอื่นโดย ไม่มีน้ำหนักของโหลดสูงสุดที่วางอยู่บนโหลดต่ำลง ประกอบด้วยกรอบที่มีคานรองรับน้ำหนักแนวนอน ต้นทุนต่ำ ความหนาแน่นของการจัดเก็บดีและมีการเข้าถึงได้ง่าย

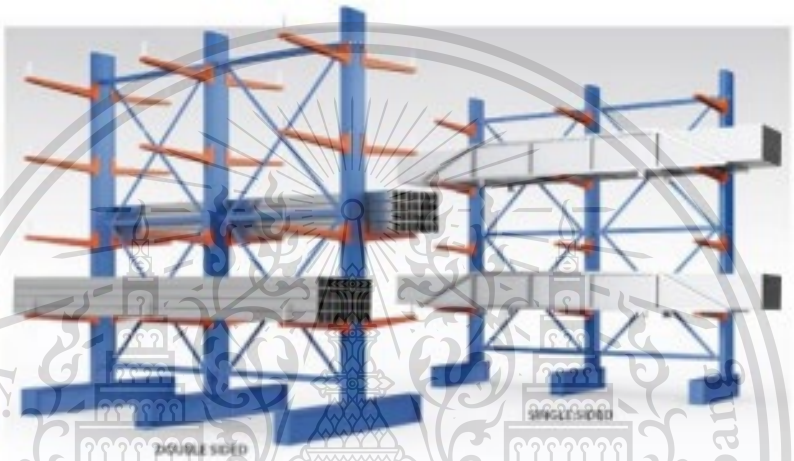


รูปที่ 2.1 Pallet racks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. ชั้นวางสินค้าตามแนวลึก (Drive Through Racks) ประกอบด้วยกรอบที่มีทางเดินลงกลางคอลัมน์แนวตั้งสองแนว จึงจัดให้มีการจัดเก็บที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง

3. Cantilever Racks เป็นชั้นวางสินค้าที่ได้รับการออกแบบให้มีลักษณะที่เป็นแขนยื่นออกมา เพื่อรองรับสินค้าที่มีขนาดยาว อาทิเช่น ท่อเหล็ก ท่อ พลาสติก เหล็กรูปพรรณ หรือไม้เป็นต้น และสามารถทำได้ 2 แบบ คือ ด้านเดียว และสองด้าน ตามความต้องการของลูกค้า ตามความเหมาะสมของพื้นที่และชิ้นงานที่จะวาง Cantilever สามารถรับน้ำหนักได้ตั้งแต่ 200 – 1,000 กิโลกรัมต่อระดับชั้น



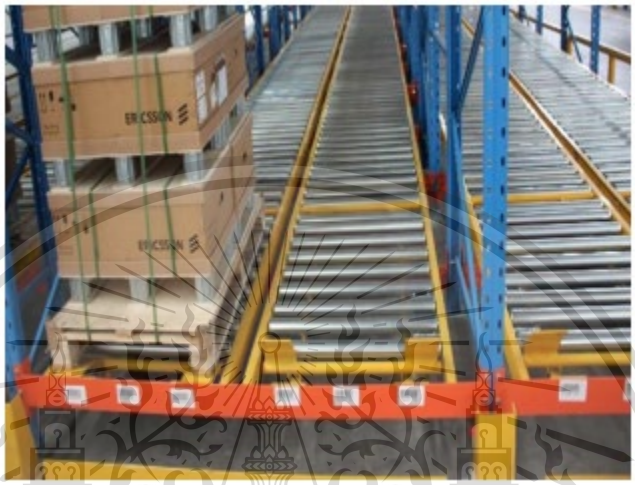
รูปที่ 2.2 Cantilever racks

4. Portable racks ประกอบด้วยเฟรมกล่องแบบพกพาที่เก็บโหลดพาเลทเดียว

รูปที่ 2.3 Portable racks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. Flow-through racks เป็นการจัดเก็บสินค้าที่สายพานเข้ามาเป็นส่วนประกอบ เหมาะสำหรับศูนย์กระจายสินค้าที่ต้องการความคล่องตัวในการเบิกจ่ายสินค้าเป็นกล่องหรือพาเลท ระบบการจัดเก็บสินค้าแบบนี้สามารถจัดเก็บสินค้าได้มากและประหยัดพื้นที่ใช้สอย



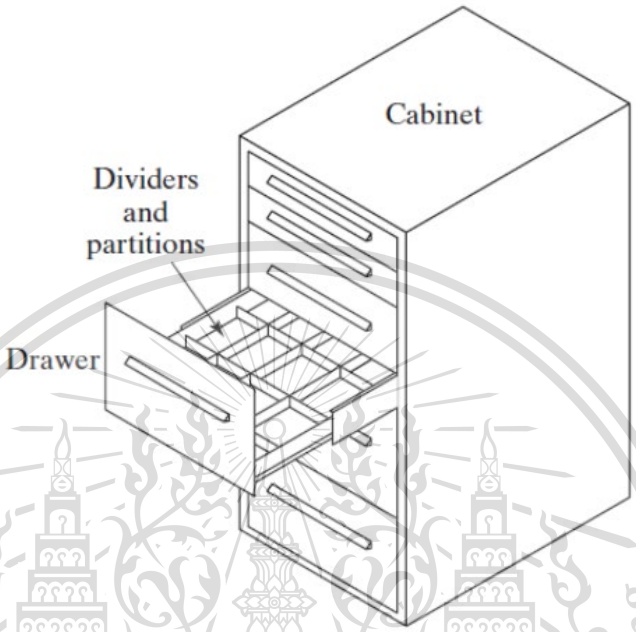
รูปที่ 2.4 Flow-through racks

6. Shelving and Bins เป็นชั้นวางเป็นแพลตฟอร์มแนวนอนรองรับโดยผนังหรือกรอบ ซึ่งสินค้าถูกจัดเก็บอยู่ด้านใน มักจะใช้นิยมเก็บสินค้าที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก

รูปที่ 2.5 Shelving and Bins

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. Drawer Storage จะช่วยแก้ปัญหาของ Shelving and Bins ซึ่งสินค้ามักถูกมองข้าม โดยอนุญาตให้ผู้ดูแลดึงลิ้นชักออกมาเพื่อเปิดเผยสินค้าทั้งหมด มองเห็นได้ง่าย เข้าถึงได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง



รูปที่ 2.6 Drawer Storage

2.4.2 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบ AS/RS

1. โครงสร้างที่เก็บวัสดุ (Storage Structure) ทำจาก Fabricated steel, Rack framework รองรับโหลดที่มีอยู่ในระบบ AS/RS เพื่อจัดเก็บรายการสินค้าคงคลัง

2. เครื่อง S/R (Storage/Retrieval Machine) สามารถเคลื่อนไหวได้ทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ใช้เพื่อย้ายรายการเข้าและออกจากสินค้าคงคลัง ระบบรางตามแนวพื้นของเครื่อง

3. หน่วยของการเก็บวัสดุ (Storage Modules) เป็น unit load ใช้สำหรับเก็บรายการสินค้าคงคลัง เช่น pallets, steel wire baskets, containers โดยทั่วไปโมดูลจะถูกสร้างให้มีขนาดฐานมาตรฐานที่สามารถเก็บไว้ในโครงสร้างและเคลื่อนย้ายโดย S/R Machines

4. สถานีหยิบและฝากวัสดุ (Pickup and Deposit (P/D) Stations) โหลดจะถูกถ่ายโอนเข้าและออกจากสถานีAS/RS จะตั้งอยู่ท้ายทางเดินเพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงเครื่อง S/R จากระบบจัดการวัสดุจากภายนอก ตำแหน่งและจำนวนสถานี P/D ขึ้นอยู่กับจุด origin ของโหลดขาเข้าและปลายทางของโหลดเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

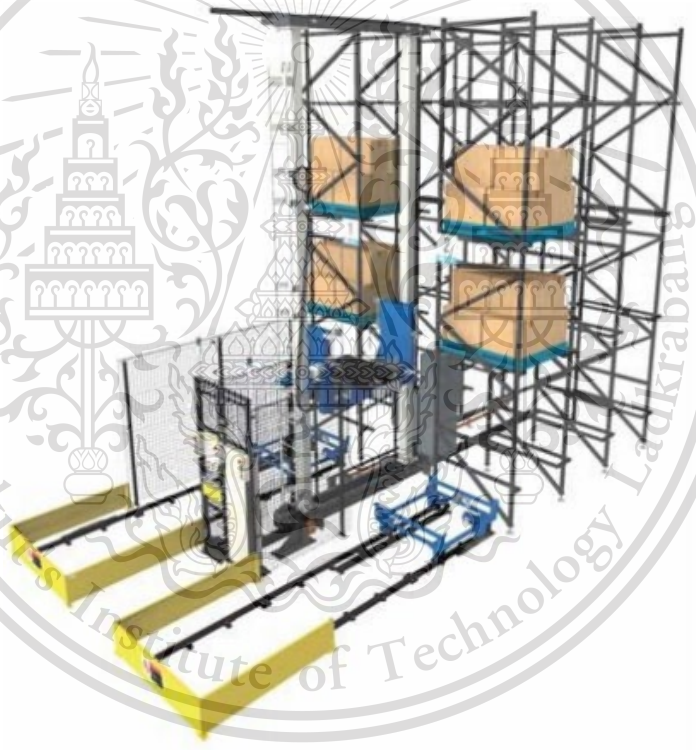
2.4.3 ประเภทของระบบ AS/RS

ระบบการจัดเก็บและเรียกคืนแบบอัตโนมัติที่สำคัญสามารถแยกได้หลายประเภท ดังนี้

1. Unit load AS/RS

ระบบแบบ Unit load คือการขนถ่ายวัสดุที่เป็น Pallet, ภาชนะบรรจุ, ถุง หรือกล่องต่างๆ (Package) ที่มีขนาดมาตรฐาน เป็นระบบอัตโนมัติขนาดใหญ่ ระบบ AS/RS แบบ Unit load จะทำงานที่น้ำหนักของวัสดุต่อ 1 หน่วย มีค่าตั้งแต่ 1,000 ปอนด์ขึ้นไป

ระบบประกอบไปด้วยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์, S/R Machine ที่จะเคลื่อนที่ไปตามรางและมีระบบเลื่อนสำหรับรับ-ส่งวัสดุ



รูปที่ 2.7 Unit load AS/RS

2. Deep - lane AS/RS

ระบบแบบ deep-lane ใช้กับการจัดเก็บที่มีความหนาแน่นสูง มีปริมาณสินค้าคงคลังสูง แต่ชนิดของสินค้า (SKUs) น้อย การทำงานค่อนข้างเหมือนกับระบบ Unit-load แต่ใน 1 ช่องจัดเก็บมีความลึก สามารถจัดเก็บได้มากกว่า 1 หน่วย

ชั้นวางมีการออกแบบให้น้ำหนักบรรทุกไหลเข้าไป (Flow Through designed) โดยแต่ละ rack ออกแบบให้ flow-through การจัดเก็บวัสดุทำงานด้านหนึ่ง ส่วนการรับวัสดุจะทำงานอีกด้านหนึ่ง การออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

S/R Machine สำหรับระบบ deep-lane เมื่อ S/R Machine เข้าไปยังจุดจัดเก็บโดยการส่งพาหนะเข้าไปในชั้นวางตามความลึกที่ต้องการ (Rack Entry Vehicle) วางวัสดุลง และกลับมายัง S/R Machine สามารถเก็บ load ได้ 10 หรือมากกว่า ใน single rack

รูปที่ 2.8 Deep - lane AS/RS

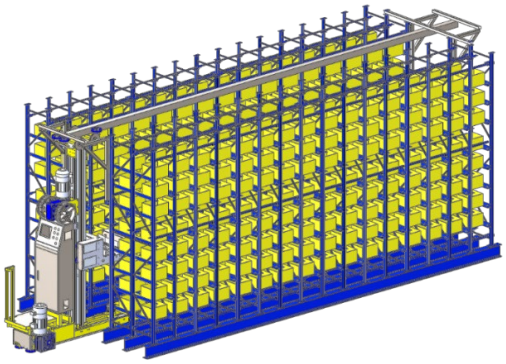
3. Miniload AS/RS

ระบบ Miniload AS/RS เป็นการออกแบบเพื่อเพิ่มปริมาณจัดเก็บในพื้นที่ที่จำกัด โครงสร้างของระบบ AS/RS ผลิตจากโลหะอัลลอยย์น้ำหนักเบา ที่แข็งแรงทนทาน ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง การทำงาน และการบำรุงรักษา ด้วยน้ำหนักเบาของอัลลอยย์จึงช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการทำงาน ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากกว่าระบบเดิม

ระบบ AS/RS ชนิดนี้เหมาะกับการจัดเก็บสิ่งของขนาดเล็กที่ต้องการการจัดการ การคัดแยก และเบิกจ่ายของ ตามรายการคำสั่ง ในการใช้งานและติดตั้งส่วนใหญ่จะใช้ควบคู่กับระบบลำเลียง ชั้นวางอุตสาหกรรม และชั้นวางของระบบ Miniload เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการจัดเก็บที่มีหลายรายการ

ในการจัดเก็บ ระบบจะจัดเก็บสินค้ากระจายไปในคลังสินค้าโดยในกล่องเก็บสินค้าได้หลายชนิด ระบบคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการจัดเก็บสามารถ ระบุตำแหน่ง ค้นหา เคลื่อนย้าย และเบิกจ่ายสินค้าทั้งหมดตามความต้องการของผู้ปฏิบัติงานมายังสถานีรับสินค้า

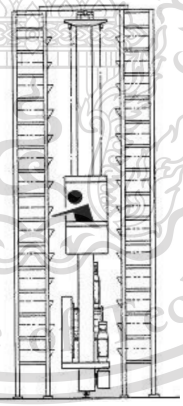
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.9 Miniload AS/RS

4. Man-on-board AS/RS

ระบบแบบ man-on-board หรือที่เรียกว่า man-aboard เป็นการแก้ปัญหาความต้องการการรับวัสดุแบบเจาะจง จากการจัดเก็บในระบบนี้ผู้ทำงานจะควบคุมอยู่บน S/R Machine ใช้คนในการขับเคลื่อน S/R machine มีการหยิบวัสดุแต่ละชิ้นจากตำแหน่งที่เก็บได้โดยตรงความแตกต่างกับระบบ miniload คือ ไม่จำเป็นต้องนำลังหรือกล่องออกมายังจุดรับ-ส่งแล้วนำเข้าไปเก็บ แต่ผู้ทำงานสามารถหยิบสิ่งที่ต้องการออกมาจากจุดจัดเก็บได้ในทันที ซึ่งหมายถึงการเพิ่มประสิทธิภาพเวลาการทำงาน



รูปที่ 2.10 Man-on-board AS/RS

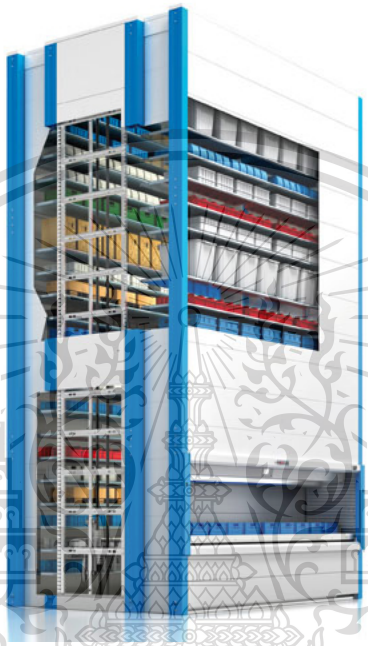
5. Automated item retrieval

ระบบแบบ Automated item retrieval มีการออกแบบให้สามารถรับวัสดุเฉพาะ โดยใช้การทำงานออกแบบชั้นวางแบบ Flow-through ให้การจัดเก็บวัสดุทางด้านหลังและรับวัสดุออกทางด้านหน้าด้วยการผลักบนชั้นวางแบบ flow-through ให้วัสดุไหลไปบนสายพานลำเลียง การจัดเก็บสามารถทำงานได้แบบ FIFO ใช้สำหรับวัสดุเป็นชิ้น ๆ หรือ load ที่มีขนาดเล็กที่เก็บในกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. Vertical lift storage modules (VLSM)

ระบบแบบ Vertical lift storage systems หรือ Vertical lift automated storage/retrieval systems (VL-AS/RS) แตกต่างจาก AS/RS ทั่ว ๆ ไปที่ออกแบบไปตามแนวขวาง แต่ VL-AS/RS ออกแบบให้ระบบมีความสูงมาก โดยทั่วไปสูงตั้งแต่ 10 เมตร (30 ft) หรือมากกว่า



รูปที่ 2.11 Vertical lift storage modules (VLSM)

2.5 บอร์ดควบคุม

2.5.1 บอร์ด Arduino

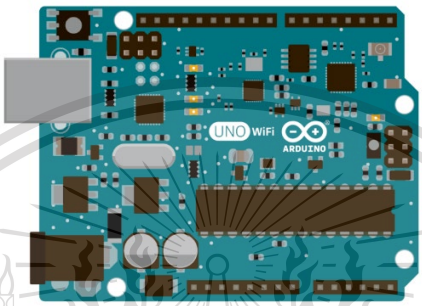
Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย โดย Arduino จะประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. ส่วนที่เป็น Hardware

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU: Microcontroller Unit) เป็นการร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ประกอบเป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดหรือสเปค เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ แรงดันไฟที่ใช้



รูปที่ 2.12 ไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ส่วนที่เป็น Software

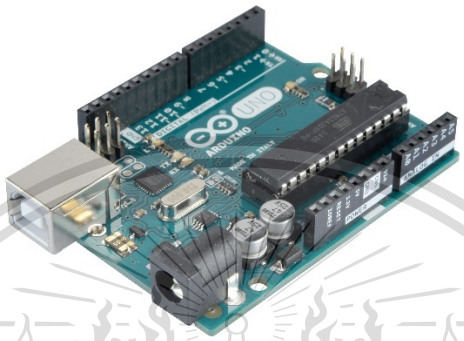
ภาษา C / C++ เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)

รูปที่ 2.13 โปรแกรมควบคุม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประเภทของบอร์ด Arduino แบ่งจากแหล่งที่มาที่ต่างกันได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. Official Board หรือ บอร์ดที่ผลิตโดยต้นผู้ผลิตหลัก จากประเทศอิตาลี บอร์ดจะถูกผลิตด้วยความประณีต มีเพกเกจสวยงาม อุปกรณ์แต่ละชิ้นได้มาตรฐาน ผ่านการตรวจเช็คความสมบูรณ์ของสินค้าอย่างดีก่อนออกจำหน่าย ทำให้ราคาสูง



รูปที่ 2.14 Official Arduino Board

2. Compatible Board หรือ บอร์ดที่เข้ากันได้ (ใช้แทน Official Board ได้) ซึ่งไม่ได้ถูกผลิตโดยผู้ผลิตหลัก แต่อาจถูกผลิตขึ้นมาตามแบบแปลน หรืออาจผลิตให้ใกล้เคียงกับแบบแปลนจากผู้ผลิตหลัก โดยอาจมีการปรับแบบหรืออุปกรณ์เพื่อลดต้นทุน หรือเพื่อแม้แต่เพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพ บอร์ดประเภทนี้ส่วนมากผลิตที่จีน คุณภาพอาจไม่ดีมากนัก หรืออาจจะดีกว่าก็ได้ แต่ราคาถูก เหมาะกับการนำมาศึกษาในระดับผู้เริ่มต้น ซึ่งถ้าเทียบราคากันในรุ่น Arduino MEGA 2560 ราคาของ Official Board จะอยู่ที่ราว ๆ 1,600 บาท ส่วน Compatible Board ราคาจะถูกว่าเกินครึ่ง

รูปที่ 2.15 Compatible Arduino Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.2 บอร์ด ESP32

ESP32 เป็นชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ที่มี Wi-Fi และบลูทูธเวอร์ชั่น 4.2 ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน รองรับการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE และรองรับไลบารี่ส่วนใหญ่ของ Arduino ทำให้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้

- ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- มีแรมในตัว 512KB
- รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
- มี Wi-Fi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
- มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C

ESP32 มีเซนเซอร์ต่าง ๆ มาในตัวด้วย ดังนี้

- วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
- เซนเซอร์แม่เหล็ก
- เซนเซอร์สัมผัส (Capacitive Touch) รองรับ 10 ช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ
- ขาใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อบัสต่าง ๆ ดังนี้
- มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
- รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

นอกจากนี้ ESP32 ยังรองรับฟังก์ชันเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ได้แก่

• รองรับการเข้ารหัส Wi-Fi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise

• มีวงจรเข้ารหัส AES / SHA2 / Elliptical Curve Cryptography / RSA-4096 ในตัว

ในด้านประสิทธิ์ภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดย

• รับ – ส่ง ข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b

• เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ – ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 135Mbps

• ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5μA

2.6 Stepping Motor

สเต็ปมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง เป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุนที่ต้องการตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอน การทำงานของสเต็ปมอเตอร์จะขับเคลื่อนทีละขั้น (Step) ขั้นละ 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของสเต็ปมอเตอร์ตัวนั้น ๆ สเต็ปมอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC Motor) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบสเต็ปได้ทำให้การนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า ส่วนใหญ่จะใช้สเต็ปมอเตอร์มาทำการการควบคุมโดยใช้วิธีในระบบดิจิตอล เช่น พรินเตอร์ (Printer) พล็อตเตอร์ (X-Y Plotter) ดิสก์ไดร์ฟ (Disk Drive) เป็นต้น

ส่วนประกอบของสเต็ปมอเตอร์จะประกอบด้วย สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่ติดกับตัวถังของมอเตอร์จะเป็นขั้วแม่เหล็กที่มีปลายเป็นฟันซี่เล็ก ๆ พันด้วยขดลวดเพื่อเหนี่ยวนำให้สนามแแม่เหล็กเปลี่ยนแปลง และโรเตอร์ (Rotor) เป็นก้อนแม่เหล็กถาวร มีลักษณะคล้ายเฟือง มีฟันเป็นซี่ ๆ เพื่อดูดเข้าไปตรงกันกับซี่ฟันของสเตเตอร์ โดยโรเตอร์จะติดอยู่กับแกนหมุนเพื่อนำไปใช้งานตามต้องการ สเต็ปมอเตอร์ที่มีซี่ฟันจำนวนมาก ทำให้สามารถขยับเป็นสเต็ปเล็ก ๆ ได้

การทำงานของสเต็ปมอเตอร์จะมีหลักการเหมือนกับมอเตอร์กระแสตรง คือการจ่ายไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดเพื่อเปลี่ยนเป็นสนามแม่เหล็ก จากนั้นแม่เหล็กที่แกน Rotor ก็จะดูดเข้ากับขดลวด เท่ากับมอเตอร์เคลื่อน 1 Step

2.6.1 ชนิดของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์สามารถแบ่งชนิดได้หลายแบบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.แบ่งตามโครงสร้าง

1) แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet: PM) สเต็ปมอเตอร์แบบ PM จะมีสเตเตอร์ (Stator) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล และมีโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร รูปทรงเป็นกระบอกฟันเลื่อย เมื่อป้อนไฟกระแสตรงให้กับขดสเตเตอร์จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุน มอเตอร์แบบ PM จะเกิดแรงฉุดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด ขนาดของ Step angle จะเป็น 1.8, 7.5, 15, 30, 45 และ 90 องศา

2) แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (Variable Reluctance: VR) สเต็ปมอเตอร์แบบ VR โรเตอร์ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติกกำลังอ่อน หรือที่เรียกว่าเหล็กอ่อน มอเตอร์แบบนี้ ในขณะที่ไม่จ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ โรเตอร์สามารถหมุนได้อย่างอิสระ โรเตอร์มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย รูปทรงกระบอก โดยจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนท์ต่าที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลาย ๆ จุดดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่าง ๆ ในมอเตอร์แตกต่างขดกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่าง ๆ กันโรเตอร์ของ VR จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบ PM

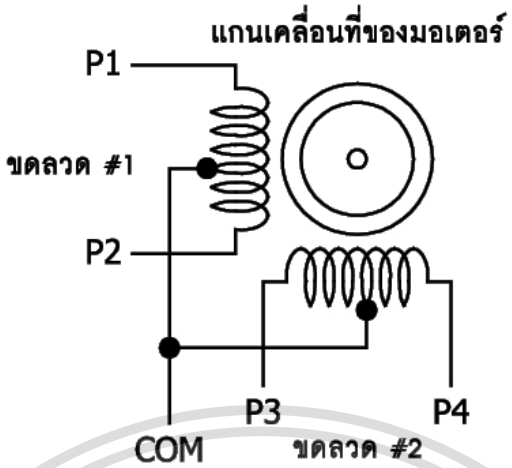
3) แบบผสม (Hybrid: H) สเต็ปมอเตอร์แบบ H จะเป็นลูกผสมของ VR กับ PM โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ใน VR โรเตอร์มีหมวกหุ้มปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุมการหมุนแต่ละครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูงและมีขนาดกระทัดรัดและให้แรงฉุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ

2. แบ่งตามลักษณะการพันขดลวด

1) สเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์ มีลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2.16 มีด้วยกัน 2 แบบคือ แบบ 5 และ 6 สาย บางครั้งเรียกสเต็ปมอเตอร์แบบนี้ว่า เป็นสเต็ปมอเตอร์แบบ 4 เฟส การขับจะต้องป้อนสัญญาณเข้าที่ขั้วหรือเฟสของมอเตอร์ให้เรียงลำดับอย่างถูกต้อง มอเตอร์จึงจะสามารถหมุนได้อย่างราบรื่น

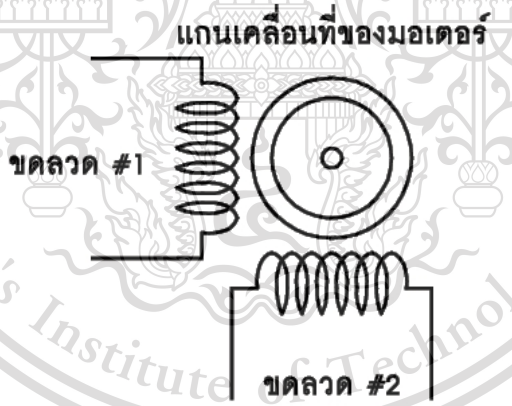
สเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจะมี 4 เฟส คือ เฟส 1, 2, 3 และ 4 มีการต่อสายออกมาจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้สเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย ถ้าเป็นแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสายเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.16 ลักษณะการพันขดลวดสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

2) สเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์ มีลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2.17 แบ่งออกเป็น 2 ขดที่ไม่มีแท็ปกลาง ทำให้บางครั้งจึงเรียกสเต็ปมอเตอร์แบบนี้ว่า เป็นสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส การขับให้มอเตอร์แบบนี้หมุนจะต้องป้อนแรงดันต่างขั้วกันให้แก่ขดลวดแต่ละขด ทำให้วงจรขับสเต็ปมอเตอร์แบบนี้ค่อนข้างซับซ้อน



รูปที่ 2.17 ลักษณะการพันขดลวดสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์

2.6.2 การกระตุ้นเฟส

การกระตุ้นเฟส หมายถึง การจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าที่ขดลวดของมอเตอร์เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน จากลักษณะการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ การป้อนกระแสไฟฟ้าจึงต้องป้อนเป็น Pulse ให้กับมอเตอร์ ความเร็วในการหมุนทิศทางของการหมุนของมอเตอร์นี้ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการป้อน Pulse วิธีการป้อน Pulse มี 3 วิธีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1. การกระตุ้นเฟสแบบ Full Step

สามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

1) การกระตุ้นเฟสแบบ Full Step 1 เฟส หรือแบบเวฟ แสดงดังตารางที่ 2.7 จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเตปปิ้งมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวดจะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปมอเตอร์มีน้อย

ตารางที่ 2.7 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบเวฟ หรือแบบFull Step 1 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวดที่ 1	ขดลวดที่ 2	ขดลวดที่ 3	ขดลวดที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

2) การกระตุ้นเฟสแบบ Full Step 2 เฟส แสดงดังตารางที่2.8 เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเตปปิ้งมอเตอร์พร้อม ๆ กันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกับไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

ตารางที่ 2.8 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบ Full Step 2 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวดที่ 1	ขดลวดที่ 2	ขดลวดที่ 3	ขดลวดที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

2. การกระตุ้นเฟสแบบ Half Step Motor หรือ การกระตุ้นทั้งหนึ่งและสองเฟส

เป็นการกระตุ้นเฟสแบบ Full Step 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แสดงดังตารางที่ 2.9 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้จะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ของแบบ Full Step 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

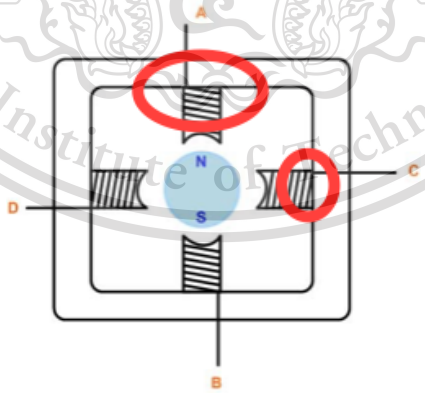
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.9 รูปแบบการกระตุ้นขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบ Full Step 2 เฟส

สเต็ปที่	ขดลวดที่ 1	ขดลวดที่ 2	ขดลวดที่ 3	ขดลวดที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

3. การกระตุ้นเฟสแบบ Micro Step:

การกระตุ้นเฟสแบบ Micro Step เป็นนำหลักการ PWM มาใช้ ผสมผสานกับสเต็ปมอเตอร์ ซึ่งเราจะส่งไฟไปให้กับมอเตอร์ทีละ 2 เฟส ดังรูปที่ 2.18 แต่ว่าใน 2 เฟสนั้นจะต้องมีเฟสใดเฟสหนึ่งที่มีไฟเข้าไปมากกว่าอีกเฟส ซึ่งถ้าเฟส A มีไฟเข้าไปมาก และเฟส C มีไฟเข้าไปน้อย มอเตอร์ก็อยู่ตรงตำแหน่งที่ใกล้กับเฟส A มากกว่า ในทำนองเดียวกัน ถ้าค่อย ๆ ลดไฟตรงเฟส A และ เพิ่มไฟตรงเฟส C ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ใกล้กับเฟส C มากขึ้น จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูง



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการกระตุ้นเฟสแบบ Micro Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

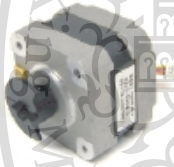
2.6.3 ขนาดของสเต็ปมอเตอร์

เพื่อให้การเลือกใช้งานสเต็ปมอเตอร์ เป็นสากลจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานขนาดของสเต็ปมอเตอร์ขึ้นภายใต้ข้อตกลงร่วมกันของสมาคมผู้ผลิตชิ้นส่วนทางไฟฟ้าแห่งชาติหรือ NEMA (National Electrical Manufacturer's Association) ได้ทำการกำหนดขนาดมาตรฐานของสเต็ปมอเตอร์ออกมา โดยแบ่งตามลักษณะรูปร่างของสเต็ปมอเตอร์ ดังนี้

1. รูปลูกบาศก์ (Cube) มีด้วยกัน 4 ขนาดคือ NEMA 14, 15, 16 และ 17

ข้อมูลทางเทคนิคที่สำคัญ

- เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนหมุน 0.197 นิ้ว
- เส้นผ่านศูนย์กลางของร่องแกน 0.866 นิ้ว
- จำนวนสเต็ปต่อรอบ 200 หรือ 400 (1.8 องศา/สเต็ป หรือ 0.9 องศา/สเต็ป)

รูปร่าง	NEMA	ขนาดด้านหน้า (นิ้ว)	ระยะห่างของรูยึด (นิ้ว)
	14	1.38	1.024
	15	1.57	1.220
	16	1.57	1.220
	17	1.65	1.220

รูปที่ 2.19 สเต็ปมอเตอร์รูปลูกบาศก์

2. ทรงกระบอก (Cylinder) มีขนาดเดียวคือ NEMA 23

ข้อมูลทางเทคนิคที่สำคัญ

- เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนหมุน 0.25 นิ้ว
- เส้นผ่านศูนย์กลางของร่องแกน 1.5 นิ้ว
- จำนวนสเต็ปต่อรอบ 200 สเต็ป (1.8 องศา/ สเต็ป)
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวถังมอเตอร์ 2.2 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.20 สเต็ปมอเตอร์ทรงกระบอก

3. ทรงกระป๋องซ้อน (Stack Can) สเต็ปมอเตอร์ที่มีรูปร่างแบบนี้จะมีขนาดที่ไม่แน่นอน แต่ส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กคือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว

ข้อมูลทางเทคนิคที่สำคัญ

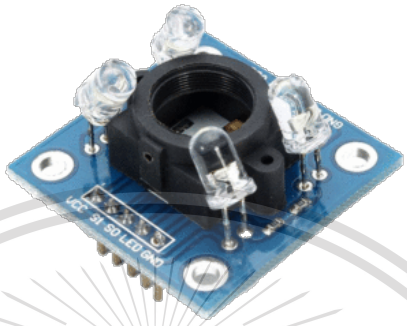
- เส้นผ่านศูนย์กลางของแกนหมุนมีหลายขนาด
- ไม่มีร่องแกน
- จำนวนสเต็ปต่อรอบ 24 หรือ 48 สเต็ป (15 องศา/สเต็ป หรือ 7.5 องศา/ สเต็ป)
- ที่ปลายของแกนหมุนมักกะห์ติดตั้งเฟืองเพื่อใช้ในการขับกลไกเชื่อมต่อ

รูปที่ 2.21 สเต็ปมอเตอร์ทรงกระป๋องซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.8 RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300)

โมดูล RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300) ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 - 5 โวลต์ ใช้สายสัญญาณ 3 เส้น มีสายสำหรับควบคุมไฟ LED อีก 1 เส้น สามารถสั่งเปิดไฟตอนกำลังอ่านค่าสี และสั่งให้ปิดเมื่ออ่านค่าสีเสร็จแล้วได้



รูปที่ 2.22 RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300)

โมดูล TCS230 Color Recognition Sensor module ตัวนี้ใช้เซนเซอร์ TAOS TCS230 เป็นตัวแยกความถี่ของแสง โดยใช้ photodiodes การแปลงแสงเป็นความถี่ อ่านได้จากค่า photodiodes ที่อยู่ในชิปของโมดูล TCS230

ขาสัญญาณต่าง ๆ จะถูกจัดเรียงเป็นคอนเนคเตอร์ขนาด 8 PIN โดยมีทั้งตัวผู้และตัวเมียเพื่อความสะดวกในการต่อใช้งาน ซึ่งขาสัญญาณต่างๆ มีหน้าที่ดังนี้

1.+5V คือ ขาสัญญาณไฟเลี้ยงแรงดันไฟบวก 5 โวลท์

2. OUT คือ ขาสัญญาณเอาต์พุต โดยให้ค่าออกมาเป็นความถี่ เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม Duty cycle 50% ซึ่งค่าความถี่จะแปรผันตามค่าของแสงที่ตกกระทบ ชนิดของฟิลเตอร์

3.S0 และ S1 เป็นขาสัญญาณเลือกระดับของสัญญาณความถี่เอาต์พุต โดยสามารถเลือกได้ 4 ระดับ

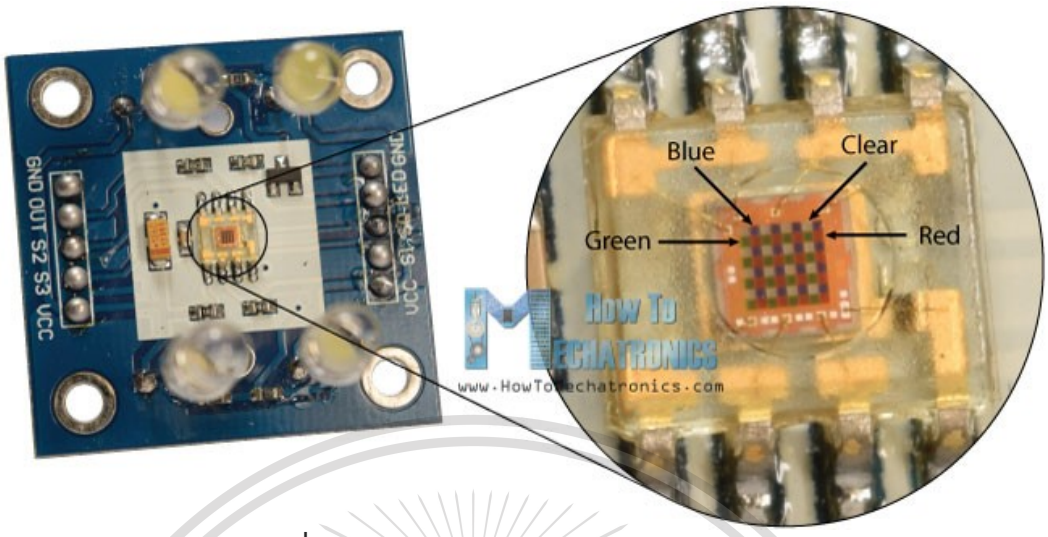
4.S2 และ S3 เป็นขาสัญญาณที่ใช้เลือกชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดที่เราต้องการอ่านค่า

5. LED เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมหลอดไฟ LED ให้ติดสว่างหรือดับ

2.8.1 TCS230

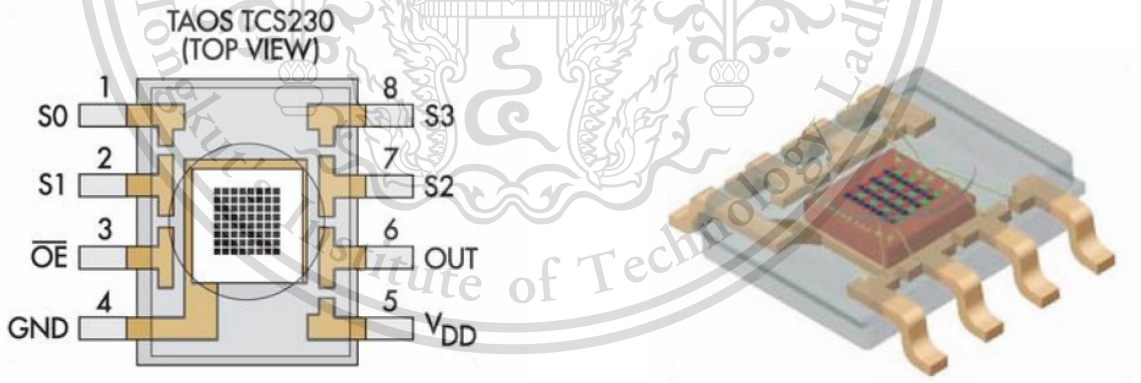
TCS230 คือเซนเซอร์ตรวจวัดค่าระดับความสว่างของสี ซึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณความถี่เอาต์พุตสี่เหลี่ยม (Square Wave) โดยมีค่า duty cycle เป็น 50% ซึ่งความถี่เอาต์พุตดังกล่าวจะมีผลความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบตัวเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



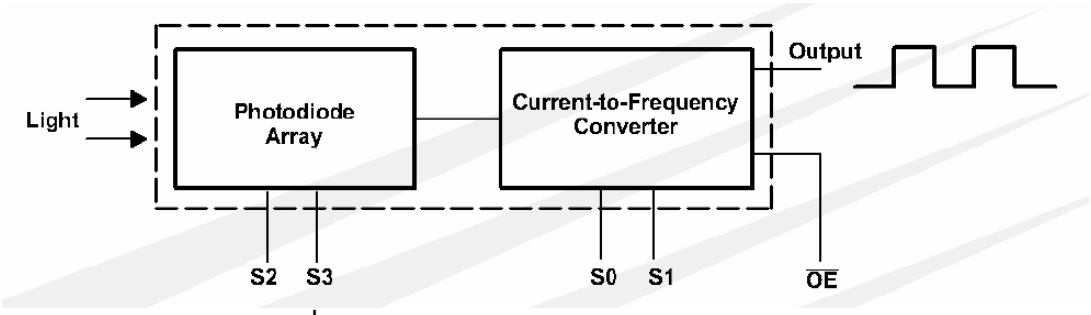
รูปที่ 2.23 Photo Diode in TCS230

โครงสร้างของ TCS230 จะประกอบไปด้วย โฟโต้ไดโอดขนาด 8x8 ตัว ซึ่งมีการจัดเรียงกันแบบ อาร์เรย์ โดยโฟโต้ไดโอดเหล่านี้จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ โฟโต้ไดโอดที่มีฟิลเตอร์ สีแดง (Red), เขียว (Green), น้ำเงิน (Blue) และแบบไม่มีฟิลเตอร์ (Clear) จำนวนชุดละ 16 ตัว ซึ่งแต่ละกลุ่มก็จะตอบสนองต่อสนองต่อความสว่างของสีแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของฟิลเตอร์นั้น ๆ



รูปที่ 2.24 TCS230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.25 Functional Block Diagram

จากรูปบล็อกไดอะแกรม แสง (Light) จะเข้ามาตกกระทบที่โฟโต้ไดโอด (Photodiode Array) ซึ่งเราสามารถเลือกชนิดฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดได้จากขาสัญญาณ S2 และ S3 โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า และจะถูกส่งไปยังภาค Current-to-Frequency Converter เพื่อทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณความถี่ออกไปที่ขาสัญญาณ Output โดยมี S0 และ S1 เป็นตัวกำหนดช่วงของสัญญาณความถี่ที่เราต้องการ ส่วนขาสัญญาณ OE ทำหน้าที่ควบคุมการ Enable และ Disable ของสัญญาณ Output ซึ่งจะแอคทีฟที่สัญญาณลอจิก “0”

คุณสมบัติของ TCS230

• ให้ค่าความละเอียดของผลลัพธ์สูง (ค่าจากการแปลงความเข้มของแสงไปเป็นความถี่)

• สามารถโปรแกรมเลือกตรวจวัดค่าสีจากฟิลเตอร์ (Red, Green, Blue และ Clear) ตามต้องการ และกำหนดระดับสัญญาณของเอาต์พุต (Frequency Output) ได้

• สามารถทำการเชื่อมต่อสัญญาณต่าง ๆ เขากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง

• ทำงานที่แรงดัน 2.7 V ถึง 5.5V

• TCS230 เป็นชิปที่มีคุณสมบัติกินกำลังงานต่ำ

• ค่าความคลาดเคลื่อน 0.2% ที่ความถี่ 50kHz

2.8.2 การนำ RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300) ไปใช้งาน

ขั้นแรกเราต้องกำหนดพินที่เซนเซอร์เชื่อมต่อ และกำหนดตัวแปรสำหรับอ่านความถี่ ในส่วนการตั้งค่าจำเป็นต้องกำหนด control pins ทั้งสี่เป็นเอาต์พุต และเอาต์พุตของเซนเซอร์เป็นอินพุตของ Arduino โดยต้องตั้งค่าความถี่ด้วย เช่น ตั้งค่าความถี่เป็น 20% และเริ่มการสื่อสารเพื่อแสดงผลลัพธ์ใน Serial Monitor

ในส่วนลูปจะเริ่มต้นด้วยการอ่านโฟโตไดโอดกรองสีแดง โดยจะต้องตั้งค่าพินควบคุมสองตัว S2 และ S3 เป็นระดับลอจิกต่ำ จากนั้นใช้ฟังก์ชัน“ pulseIn ()” เพื่ออ่านความถี่เอาต์พุตและใส่ลงในตัวแปร“frequency” การใช้ฟังก์ชัน Serial.print () เราจะพิมพ์ผลลัพธ์บน Serial Monitor ขั้นตอนเดียวกันนี้ใช้กับสีอื่น ๆ อีกสองสี เพียงแค่ต้องปรับ control pinsเพื่อให้ได้สีที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) มีต้นกำเนิดมาจากการค้นคว้าวิจัยในเชิงของวิทยาการคอมพิวเตอร์ ฐานข้อมูลเป็นพื้นที่จัดเก็บข้อมูล ที่ถูกออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถให้ผู้ใช้จัดการข้อมูล การเรียกใช้ และการเข้าถึงข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ และรวมทั้งการบำรุงรักษาข้อมูลได้ ฐานข้อมูลมีหลายประเภทตามความเหมาะสมสำหรับความต้องการของแต่ละอุตสาหกรรม ฐานข้อมูลอาจมีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลประเภทแบบไบนารีไฟล์ เอกสาร รูปภาพ วีดีโอ ข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ข้อมูลเชิงมิติ ข้อมูลทรานแซคชัน ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ ข้อมูลภูมิศาสตร์และข้อมูลประเภทอื่น ๆ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐสิทธิ์ สุขะหุต. ผู้แปลและเรียบเรียง. 2555)

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร (2550) ได้อธิบายความหมายของฐานข้อมูลว่า ฐานข้อมูล คือกลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ในที่เดียวกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถค้นหาเพิ่มเติม ลบ และแก้ไขข้อมูลได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ การสร้างฐานข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม เช่น MySQL, Oracle Microsoft SQL Server และ Microsoft Access โปรแกรมเหล่านี้นอกจากใช้สร้างฐานข้อมูลแล้ว ยังมีหน้าที่จัดการและดำเนินการกับฐานข้อมูลตามที่ผู้ใช้ข้อมูลร้องขอมาด้วย จึงมีชื่อเรียกเต็มว่าโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล Database Management Systems: DBMS

2.9.1 ระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System)

ระบบจัดการฐานข้อมูล (DataBase Management System: DBMS) หมายถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับเป็นเครื่องมือในการควบคุมการเข้าถึง จัดระเบียบ จัดเก็บ จัดการ เรียกใช้ และบำรุงรักษาข้อมูลในฐานข้อมูล การใช้งานฐานข้อมูลจำเป็นที่จะต้องติดตั้งซอฟต์แวร์บนเครื่องแม่ข่ายฐานข้อมูล (Database Server) เพื่อให้สามารถทำงานและรองรับการให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบจัดการฐานข้อมูลเป็นเครื่องมือที่ทำให้เราสามารถจัดเก็บข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการเข้าถึง และการเรียกใช้ข้อมูล โดยข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลจะต้องมีความสอดคล้องกันของข้อมูล ซึ่งปกติระบบฐานข้อมูลจะมีความสามารถในการรองรับผู้ใช้งานหลายคนเข้ามาทำงานพร้อมกันได้ โดยระบบฐานข้อมูลจะต้องมีระบบการป้องกัน เช่น การเพิ่ม การปรับปรุง และการลบข้อมูลตัวเดียวกันได้โดยไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งานอื่น หมายความว่าผู้ใช้งานแต่ละคนจะไม่ทำให้เกิดความไม่สอดคล้องกันของข้อมูล ข้อมูลจะไม่สูญหายโดยไม่ตั้งใจระหว่างการดำเนินการ นอกจากนี้เราจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ติดต่อกับระบบฐานข้อมูล (Interface) แบบมาตรฐานสำหรับการเข้าถึงข้อมูล เครื่องมือสำหรับการสำรองข้อมูล การคืนกลับข้อมูล และกู้คืน และระบบฐานข้อมูลที่ดี ควรมีวิธีการจัดการกับสิ่งที่นอกเหนือจากความคาดหมายอื่น ๆ เช่น การรองรับการทำงานกับข้อมูลจำนวนมหาศาลและผู้ใช้จำนวนมาก ระบบจัดการฐานข้อมูลจึงถูกออกแบบเพื่อจัดการกับความท้าทายต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผู้ผลิตซอฟต์แวร์ระบบฐานข้อมูลส่วนใหญ่ได้มีการพัฒนาระบบการจัดการฐานข้อมูลในลักษณะที่เป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational DataBase Management System: RDBMS) ซึ่งปัจจุบันได้กลายมาเป็นแกนหลักสำคัญในการรองรับข้อมูลขององค์กรต่าง ๆ และทำงานร่วมกันกับแอพพลิเคชันในหลากหลายอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น งานธนาคาร งานขนส่ง งานสาธารณสุขและอื่น ๆ อีกทั้ง แอพพลิเคชันที่ทำงานบนเว็บที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทั้งในด้านของจำนวนผู้ใช้และขอบเขตของการใช้งาน เช่น ในกรณีของงานธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อรองรับข้อมูลของการทำธุรกิจและการค้าแบบออนไลน์

2.9.2 ภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

ในปี 1970's Don Chamberlin และ Ray Boyce จากบริษัทไอบีเอ็ม ได้พัฒนาภาษา SQL ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาระบบ System R โครงการนี้ได้แสดงความมุ่งมั่นที่จะนำ แบบจำลองเชิงสัมพันธ์ ตามแนวคิดของ Codd เพื่อนำไปใช้ในเชิงปฏิบัติจริง แต่เดิมภาษานี้ถูกตั้งชื่อว่า "Structured English Query Language" หรือ SEQUEL แต่ภายหลังถูกเปลี่ยนเป็น SQL เนื่องจากว่า SEQUEL เป็นชื่อที่ถูกจดทะเบียนทางการค้าไว้แล้วโดยบริษัทแห่งหนึ่งในประเทศสหราชอาณาจักร (United Kingdom) ปัจจุบันภาษา SQL ได้รับการยอมรับให้เป็นภาษามาตรฐานสำหรับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยถูกประกาศให้ใช้เป็นภาษามาตรฐานในปี 1986 โดย American National Standards Institute (ANSI) และโดย International Standards Organization (ISO) ในปี 1987 และภาษา SQL ได้ถูกปรับปรุงมาแล้ว 6 ครั้ง นับตั้งแต่ภาษานี้ได้รับการยอมรับให้เป็นภาษามาตรฐาน โดยมีการปรับปรุงครั้งล่าสุดในปี ค.ศ. 2008 และเรามักจะเรียกตามชื่อและปีที่ได้รับการยอมรับความเป็นมาตราฐาน เรียกว่า SQL:2008

ภาษา Structured Query Language (SQL) หรือเรียกว่า เอส-คิว-แอล เป็นภาษาพื้นฐานที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ภาษา SQL มีจุดแข็งอย่างหนึ่งคือให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลที่สนใจหรือต้องการเรียกใช้โดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจหรือรู้ถึงวิธีการที่จะเรียกใช้ข้อมูล ซึ่งระบบการจัดการฐานข้อมูลจะทำหน้าที่ในการหากรรมวิธีในการเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ โดยผ่านทางการใช้คำสั่ง SQL นี้ให้เอง คำสั่ง SQL นั้นจะทำงานกับข้อมูลที่เป็นตาราง โดยสามารถทำงานได้กับตารางอย่างน้อยหนึ่งตารางหรือมากกว่าเป็นต้นไป

คำสั่ง SQL สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามประเภทฟังก์ชันของการใช้งานดังต่อไปนี้

1) DDL (Data Definition Language) ประกอบด้วยกลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการนิยามข้อมูล ใช้ในการกำหนด เปลี่ยนแปลงโครงสร้าง หรือลบออบเจ็กต์ใด ๆ ในฐานข้อมูล

2) DML (Data Manipulation Language) ประกอบด้วยกลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการเรียกใช้ ปรับเปลี่ยน และลบข้อมูลในฐานข้อมูล

3) DCL (Data Control Language) ประกอบด้วยกลุ่มคำสั่งที่ใช้สำหรับการควบคุมสิทธิ์การใช้งาน และการเข้าถึงฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.3 การกำหนดโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ใน SQL

1. ประเภทของข้อมูล (Data Type)

ในระบบจัดการฐานข้อมูลมีการสนับสนุนชุดของประเภทของข้อมูล (Data Type) จำกัดชุดหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้เพื่อกำหนดประเภทของข้อมูลที่จัดเก็บในแต่ละคอลัมน์ ประเภทของข้อมูลพื้นฐาน ตัวอย่างเช่น เลขจำนวนเต็ม (Integer) เลขทศนิยม (Float) อักขระ (Char) วันที่ (Date) เวลา (Time) บล็อบ (Blob) และอื่น ๆ นอกจากนี้ ในระบบจัดการฐานข้อมูลเรายังสามารถเลือกที่จะสร้างประเภทของข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดเอง เรียกว่า User-Defined Data Type หรือ UDT อย่างไรก็ตามข้อกำหนดของประเภทของข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดเองนี้ ยังขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูลพื้นฐานที่สนับสนุนโดยระบบจัดการฐานข้อมูล ตัวอย่าง UDT เช่น address, country, phone number, social security number, postal zip code

2. การสร้างตาราง (Create Table)

ตาราง (Table) ประกอบไปด้วยชุดข้อมูลที่มีการจัดการและจัดเก็บไว้ในแถว (Rows) และคอลัมน์ (Column) ตัวอย่างตารางที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล เช่น รายการนักศึกษา อาจารย์ วิชา หนังสือฯลฯ

จากการสร้างแบบจำลองข้อมูล เอนทิตี (Entities) จะถูกนำมาสร้างเป็นตารางในฐานข้อมูล และ แอตทริบิวต์ของเอนทิตีก็จะถูกนำ ไปสร้างเป็นคอลัมน์ต่าง ๆ ภายในตาราง ตัวอย่างของคำสั่ง SQL สำหรับสร้างตารางอย่างง่าย ๆ

create table myTable (col1 integer)

คำสั่งข้างต้นจะทำการสร้างตารางชื่อ myTable ประกอบด้วยคอลัมน์หนึ่งชื่อ col1 ที่สามารถเก็บข้อมูลที่มีประเภทของข้อมูล เป็นจำนวนเต็ม คอลัมน์นี้จะสามารถรับค่าจำนวนเต็มใด ๆ หรือยอมรับค่าที่เป็นค่าว่าง หรือค่า NULL เป็นค่าถูกต้อง

การสร้างตาราง ประกอบด้วย

1) ค่าเริ่มต้น (Default Values) เมื่อข้อมูลถูกเพิ่มลงในตาราง เราอาจจะต้องการสร้างค่าเริ่มต้นสำหรับบางคอลัมน์โดยอัตโนมัติ ตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ใช้เว็บไซต์ลงทะเบียนในเว็บไซต์ ถ้าผู้ใช้เว็บไซต์ไม่ได้ใส่ค่าในฟิลด์ที่เก็บข้อมูลอาชีพ เราอาจจะไม่ต้องการให้ฟิลด์นี้มีค่าเป็นค่าว่าง เราจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้น (ค่า Default) ให้ ด้วยคำสั่ง default

2) ค่าว่าง (NULL Values) หรือค่าว่าง เป็นการแสดงถึงสถานะของข้อมูลที่เป็น Unknown คือไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นค่าอะไรหรือไม่มีการใส่ค่าให้แก่คอลัมน์นั้น ตัวอย่างเช่น ตารางที่มีการเก็บข้อมูลคอลัมน์คะแนนของนักเรียนสามารถมีค่าเป็นค่าว่าง NULL ได้ ทั้งนี้การยอมให้มีการจัดเก็บค่าว่างนี้อาจจะหมายความว่าในความเป็นจริงนักเรียนยังไม่ได้ส่งการบ้านหรือยังไม่ได้ทำข้อสอบ ซึ่งยังไม่สามารถระบุคะแนนได้ ซึ่งจะแตกต่างจากค่าคะแนนที่เป็นศูนย์ในกรณีที่นักเรียนทำข้อสอบผิดทุกข้อ อย่างไรก็ตาม บางครั้งเราอาจจะมีสถานการณ์ที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ต้องการให้คอลัมน์มีข้อมูลเป็นค่าว่าง ตัวอย่างเช่น กรณีที่ไม่ต้องการให้ฟิลด์ข้อมูลสำหรับประเทศ (Country) ในใบรับสมัครเป็นค่าว่าง เราสามารถระบุคำสั่ง NOT NULL สำหรับฟิลด์ข้อมูลนั้น ๆ เมื่อมีการสร้างตาราง

3) ข้อกำหนด (Constraints) ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เราสามารถระบุข้อกำหนด เป็นการกำหนดเงื่อนไขซึ่งเป็นกฎที่ใช้บังคับในตารางฐานข้อมูล โดยแต่ละตารางอาจจะมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน ข้อกำหนดมีหลายประเภท ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) A UNIQUE เป็นข้อกำหนดที่ใช้สำหรับป้องกันความซ้ำกันของข้อมูลในตาราง โดย UNIQUE สามารถกำหนดโดยสร้างเป็นดัชนีที่ป้องกันการซ้ำกัน (Unique Indexes) หรือจะระบุคีย์เวิร์ด UNIQUE ในคำสั่งสร้างตาราง ซึ่งค่า NULL เป็นส่วนหนึ่งของค่าที่ไม่ซ้ำกันในโดเมน UNIQUE

(2) A PRIMARY KEY เป็นข้อกำหนดสำหรับคีย์หลักที่คล้ายคลึงกับข้อกำหนดของการไม่ซ้ำกัน อย่างไรก็ตาม สำหรับคีย์หลักนี้จะทำให้ข้อมูลมีคุณสมบัติทั้งสองอย่างคือไม่ซ้ำ UNIQUE และข้อมูลจะต้องไม่เป็นค่าว่าง ข้อกำหนดคีย์หลัก จะมีดัชนีที่ป้องกันการซ้ำกัน (Unique Indexes) ให้ร่วมด้วย

(3) A REFERENTIAL เป็นข้อกำหนดที่ใช้สำหรับสนับสนุนแนวคิดกฎความสัมพันธ์ referential integrity ซึ่งจะช่วยให้สามารถจัดการความสัมพันธ์ระหว่างตาราง

(4) A CHECK เป็นข้อกำหนดที่ใช้สำหรับการตรวจสอบว่าข้อมูลที่บันทึกลงในตารางเป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในข้อกำหนด CHECK

4) ความสัมพันธ์ (Referential Integrity) ใช้สำหรับสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตาราง ซึ่งเป็นการสร้างความเชื่อมโยงกันระหว่างคีย์หลัก (Primary Key) และคีย์นอก (Foreign Key) เพื่อเป็นการบังคับให้ข้อมูลที่จัดเก็บในตารางต่าง ๆ นั้นมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งนั่นก็ย่อมหมายถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในเรื่องความถูกต้องของข้อมูลด้วย การสร้าง referential integrity จะช่วยลดความซับซ้อนของการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์โดยลดการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในระดับของโปรแกรมประยุกต์ สำหรับตารางที่มีคอลัมน์ของข้อมูลที่มีค่าขึ้นอยู่กับค่าข้อมูลของตารางอื่นจะเรียกว่าตารางพึ่งพา (Dependent) หรือเราเรียกตารางนี้ว่าเป็นตารางลูก (Child Table) และตารางที่จะถูกอ้างอิงถึงเรียกว่า ตารางพื้นฐาน (Base) หรือตารางแม่ (Parent Table) ซึ่งตารางที่มีการกำหนดคอลัมน์ให้เป็นคีย์หลัก (Primary Key) หรือ ไม่ซ้ำ (Unique) เท่านั้น ที่จะสามารถถูกอ้างอิงในตารางอื่น ๆ สำหรับใช้เป็นคีย์นอกเพื่ออ้างอิงตามกฎความสัมพันธ์ (Referential Integrity) การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตารางนั้นสามารถกำหนดขึ้นได้เมื่อมีการสร้างตารางใหม่ขึ้นมา หรือกำหนดหลังจากที่ตารางได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้ว

3. การปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือคุณสมบัติของออบเจ็กต์ฐานข้อมูล

หลังจากที่ออบเจ็กต์ฐานข้อมูลถูกสร้างขึ้นมา ออบเจ็กต์ฐานข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติให้เหมาะสมกับความต้องการทางธุรกิจที่เปลี่ยนแปลง การลบและการสร้างออบเจ็กต์ฐานข้อมูลขึ้นมาใหม่จัดว่าเป็นวิธีการหนึ่งในการปรับเปลี่ยนนี้ อย่างไรก็ตามการลบออบเจ็กต์อาจจะส่งผลกระทบต่อระบบงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผู้ใช้ ทางเลือกวิธีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของออบเจ็กต์ฐานข้อมูลเราสามารถใช้คำสั่ง SQL ALTER ตัวอย่างเช่น สมมติว่าเราต้องการเปลี่ยนข้อกำหนดของตารางเพื่อให้บางคอลัมน์ไม่สามารถมีค่าว่าง NULLs ได้ โดยคำสั่ง SQL ต่อไปนี้

alter table myTable alter column col1 set not null

ในทำนองเดียวกันการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือเงื่อนไขอื่น ๆ ของตาราง เช่น การเพิ่มหรือลบคอลัมน์ การกำหนดหรือลบคีย์หลัก เราก็ใช้คำสั่ง ALTER นอกจากนี้เรายังสามารถใช้คำสั่ง ALTER กับออบเจ็กต์อื่น ๆ ของฐานข้อมูลได้เช่นเดียวกัน

2.9.3 การจัดการข้อมูลโดยอาศัยคำสั่ง SQL

กลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล ซึ่งเรียกกลุ่มคำสั่งนี้ว่า Data Manipulation Language หรือเรียกโดยย่อว่า DML ในส่วนนี้จะอธิบายถึงวิธีการอ่าน การปรับปรุง และการลบข้อมูลโดยใช้คำสั่ง SQL

1. การอ่านข้อมูล (Select)

การอ่านข้อมูลโดยใช้คำสั่ง SQL เป็นการอ่านหรือการดึงข้อมูล (Retrieve) ที่เป็นแถวและคอลัมน์จากตารางในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ในที่นี้ การอ่านข้อมูลจะดำเนินการโดยใช้คำสั่ง select ตัวอย่างสมมติจากตารางชื่อ myTable คำสั่งที่ง่ายที่สุดในการอ่านข้อมูลจากตารางนี้คือ

select * from myTable

อักขระพิเศษ '*' ในที่นี้เป็นสัญลักษณ์ที่ให้ผลลัพธ์ที่ได้แสดงข้อมูลทุกคอลัมน์จากตาราง myTable การใช้ '*' ในการอ่านข้อมูลอาจจะไม่จำเป็นต้องใช้ในทุกกรณี เนื่องจากในการใช้งานจริงบางครั้งเราต้องการที่จะสอบถามข้อมูลเพียงบางคอลัมน์เท่านั้น ในกรณีนี้การเลือกที่จะแสดงข้อมูลเพียงบางคอลัมน์ควรระบุ ดังตัวอย่างคำ สั่งต่อไปนี้

select col1, col2 from myTable

จากตัวอย่างข้างต้น จะเป็นการเลือกดึงเอาเฉพาะข้อมูลในคอลัมน์ col1 และ col2 จากตาราง myTable มาแสดง

ในเบื้องต้น คำสั่ง select ที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจะส่งค่าผลลัพธ์ในลักษณะที่ไม่ได้จัดลำดับ การเรียกใช้คำสั่ง select เดียวกันในแต่ละครั้งจะทำให้ได้ผลลัพธ์เดียวกันแต่อาจจะมีการจัดลำดับที่แตกต่างกัน ซึ่งหากเราต้องการแสดงผลและให้มีการจัดลำดับผลลัพธ์ (Order) ตามความต้องการ เช่น แสดงผลเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก หรือมากไปหาน้อยนั้น เราสามารถใช้คำสั่ง ORDER BY ใน SQL ดังตัวอย่างต่อไปนี้

(ตัวอย่างที่ 1) SELECT col1 FROM myTable ORDER BY col1 ASC ASC

จะส่งชุดผลลัพธ์ตามลำดับของ col1 จากน้อยไปหามาก (Ascending) ในที่นี้จะหมายถึงการจัดลำดับของผลลัพธ์จากน้อยไปมาก ซึ่งเป็นค่าโดยปริยายของการจัดลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(ตัวอย่างที่ 2) SELECT col1 FROM myTable ORDER BY col1 DESC

สำหรับกรณีที่ต้องการจัดลำดับของผลลัพธ์จากมากไปหาน้อย สามารถใช้คำสั่ง DESC (Decending) ดังตัวอย่างข้างต้น

2. การบันทึกข้อมูล (Insert)

การบันทึกข้อมูลหรือการนำข้อมูลใส่ลงในตารางสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง INSERT ซึ่งภาษา SQL เราสามารถบันทึกข้อมูลทีละแถว หรือทีละหลายแถวต่อหนึ่งคำสั่ง INSERT หรือนำเอาผลลัพธ์ของการอ่านจาก SELECT มาบันทึกลงในตาราง

(ตัวอย่างที่ 1) insert into myTable values (1, ‘myName’, ‘2010-01-01’);

insert into myTable values (1);

ในตัวอย่างแรกนี้ เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลทีละแถวเข้าในตาราง myTable

(ตัวอย่างที่ 2) insert into myTable values (1),(2),(3);

insert into myTable values (1, ‘myName1’,’2010-01-01’),

(2, ‘myName2’,’2010-02-01’), (3, ‘myName3’,’2010-03-01’);

ตัวอย่างที่สองนี้เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลหลายแถว (3 แถว) เข้าในตาราง myTable

(ตัวอย่างที่ 3) insert into myTable (select * from myTable2)

ตัวอย่างสุดท้ายนี้ เป็นคำสั่งที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลจากผลลัพธ์ที่ได้จากการอ่านข้อมูลตาราง myTable2 โดยใช้ sub-query “select * from myTable2” เพื่อมาบันทึกเข้าในตาราง myTable

3. การลบข้อมูล (Delete)

การลบข้อมูลออกจากตารางสามารถกระทำได้โดยอาศัยคำสั่ง delete โดยสามารถลบแถวใดแถวหนึ่งออกจากตาราง หรือทีละหลายแถวในหนึ่งคำสั่ง โดยระบุเงื่อนไขสำหรับการลบแถวของข้อมูล โดยการระบุเงื่อนไข where ของคำสั่ง delete ตัวอย่างคำสั่ง delete ต่อไปนี้ เป็นการลบข้อมูลทุกแถวที่มีค่าภานใน col1 มากกว่า 1000

(ตัวอย่างที่ 1) DELETE FROM myTable WHERE col1 > 1000

หมายเหตุ เมื่อมีการใช้คำสั่ง delete เพื่อทำการลบข้อมูล จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขภายใน where ก่อนที่จะทำการลบข้อมูล แต่หากไม่ได้ระบุเงื่อนไข where ข้อมูลทุกแถวในตารางจะถูกลบทิ้งทั้งหมด

4. การปรับปรุงข้อมูล (Update)

การปรับปรุงข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในตารางสามารถกระทำได้โดยใช้คำสั่ง UPDATE ซึ่งข้อมูลสามารถถูกปรับปรุงทีละหนึ่งแถวหรือทีละหลายแถวในหนึ่งคำสั่ง โดยระบุเงื่อนไขข้อมูลที่ต้องการปรับปรุง โดยการระบุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เงื่อนไข where ของคำสั่ง UPDATE สำหรับแต่ละแถวของข้อมูลที่ต้องการปรับปรุง เราสามารถปรับปรุงค่าในคอลัมน์ทีละหลายคอลัมน์พร้อมกันดังตัวอย่างต่อไปนี้

(ตัวอย่างที่ 1) UPDATE myTable SET col1 = -1 WHERE col2 < 0 ;

UPDATE myTable SET col1 = -1, col2 = ‘a’, col3 = ‘2010-01-01’

WHERE col4 = ‘0’;

หมายเหตุ เมื่อมีการใช้คำสั่ง update เพื่อทำการปรับปรุงข้อมูล จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขภายใน where ก่อนที่จะทำการปรับปรุงข้อมูล แต่หากไม่ได้ระบุเงื่อนไข where ข้อมูลทุกแถวในตารางจะถูกปรับปรุงทั้งหมด

2.9.4 การอ่านข้อมูลจากตารางมากกว่าหนึ่งตาราง

คำสั่ง Select ที่ใช้สำหรับการอ่านหรือเรียกดูข้อมูลในภาษา SQL นั้นเป็นคำสั่งที่ใช้ในการเลือกข้อมูลหนึ่งคอลัมน์หรือหลายคอลัมน์จากตารางเดียว ซึ่งเป็นคำสั่งที่ง่ายและไม่ซับซ้อน จะมีระดับของความซับซ้อนเพิ่มขึ้นเมื่อเราต้องทำการดึงข้อมูลมากกว่าหนึ่งตารางขึ้นไป สำหรับผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้จากคำสั่ง select ที่ใช้สำหรับการเรียกดูข้อมูลมากกว่าหนึ่งตารางขึ้นไปนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเชื่อมโยงตาราง ที่เรียกว่าประเภทของการจอยน์ ซึ่งประเภทของการจอยน์ตาราง มีอยู่ 2 ประเภทใน SQL คือ

1. การเชื่อมโยงตารางแบบอินเนอร์จอยน์ (Inner Join)

ลักษณะของการเชื่อมโยงแบบอินเนอร์จอยน์ (Inner Join) นั้นเป็นรูปแบบการเชื่อมโยงแบบปกติในคำสั่ง SQL ซึ่งสามารถแบ่งการเชื่อมโยงได้เป็น 3 ประเภท

1) การเชื่อมโยงตารางแบบ Equi-join จะเป็นการเชื่อมโยงในลักษณะที่ทั้งสองตารางนั้นมีค่าของข้อมูลในคอลัมน์ที่เท่ากัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

SELECT * FROM student, enrollment

WHERE student.enrollment_no=enrollment.enrollment_no

OR

SELECT * FROM student INNER JOIN enrollment

ON student.enrollment_no=enrollment.enrollment_no

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า การเชื่อมโยงตาราง student และ enrollment นั้นจะมีการเทียบค่าของคอลัมน์ enrollment_no จากตารางทั้งสองที่มีค่าเท่ากัน

2) การเชื่อมโยงตารางแบบ Natural จะมีการปรับปรุงเพิ่มเติมจาก equi-join โดยที่การเชื่อมโยงระหว่างตารางนั้น ไม่จำเป็นต้องมีการระบุชื่อคอลัมน์ที่ใช้ในการเชื่อมโยง โดยที่ DB2 จะทำการเลือกคอลัมน์ที่ชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เหมือนกันมาทำการเทียบค่าของคอลัมน์ที่มีค่าเท่ากันให้โดยอัตโนมัติ ซึ่งการเชื่อมแบบ Natural นั้นจะทำการตัดคอลัมน์ที่เหมือนกันออกให้เหลือคอลัมน์เดียว ดังตัวอย่างของคำสั่งที่ใช้ในการเชื่อมตารางแบบ Natural ต่อไปนี้

SELECT * FROM STUDENT NATURAL JOIN ENROLLMENT

การเชื่อมโยงแบบ Natural นั้นอาจจะทำให้เกิดข้อสงสัยและความกำกวมในบางครั้ง เช่นในกรณีที่มีจำนวนคอลัมน์ที่มีชื่อเหมือนกันเกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งคอลัมน์ในแต่ละตาราง หรือในความเป็นจริงนั้นอาจเป็นไปได้ที่ผู้ใช้งานมีความจำเป็นต้องการเชื่อมโยงคอลัมน์ที่อาจจะชื่อไม่เหมือนกัน ซึ่งจากประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้เป็นเหตุผลที่ทำให้ระบบฐานข้อมูลส่วนใหญ่จะไม่สนับสนุนการเชื่อมโยงแบบ Natural Join นี้

3) การเชื่อมโยงตารางแบบ Cross เป็นการเชื่อมโยงแบบการไขว้ตารางโดยไม่มีการระบุคอลัมน์ที่ใช้ในการเชื่อมโยง ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ของการเชื่อมโยงโดยที่แต่ละแถวของตารางที่หนึ่งรวมกับทุกแถวของตารางที่สองโดยเรียกผลลัพธ์นี้ว่า คาร์ทีเซียนโพรดักท์ (Cartesian Product) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

SELECT * FROM STUDENT, ENROLLMENT

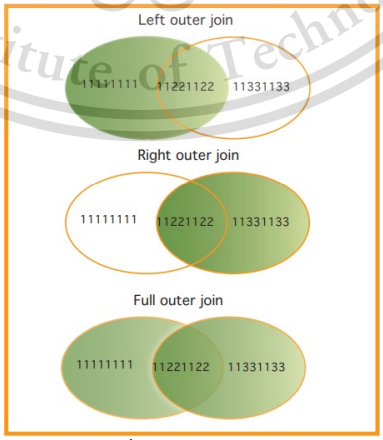
2. การเชื่อมโยงตารางแบบเอาท์เทอร์จอยน์ (Outer Join)

การเชื่อมโยงตารางในลักษณะของ Outer Join นั้นเป็นรูปแบบคำ สั่งแบบพิเศษที่อยู่ในภาษา SQL ซึ่งเชื่อมโยงตารางรูปแบบนี้ ชื่อตารางแรกที่เราจะต้องกำ หนดใน FROM ของคำ สั่ง SQL ซึ่งเราจะถือว่าเป็นตารางทางด้านซ้าย (LEFT Table) และตารางที่จะเชื่อมโยงด้วยเรียกว่าตารางด้านขวา (RIGHT Table) โดยประเภทของ Outer Join นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) Left outer join การเชื่อมโยงตารางโดยยึดแถวของตารางทางซ้ายเป็นหลัก

2) Right outer join การเชื่อมโยงตารางโดยยึดแถวของตารางทางขวาเป็นหลัก

3) Full outer join การเชื่อมโยงตารางโดยยึดแถวของตารางทั้งทางซ้ายและทางขวาเป็นหลัก



รูปที่ 2.26 รูปแบบของการเชื่อมโยงตารางแบบ Outer join

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.5 ตัวดำเนินการเชิงสัมพันธ์

ตัวดำเนินการเชิงสัมพันธ์ (Relational Operators) เป็นตัวที่ใช้สำหรับการทดสอบค่าของข้อมูล และการดำเนินการที่สามารถกระทำกับข้อมูล ตัวดำเนินการเหล่านี้รวมถึง

1) การดำเนินการทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน เช่น '+', '-', '*' และ '/'

2) ตัวดำเนินการเชิงตรรกะ เช่น 'AND', 'OR' และ 'NOT'

3) ตัวดำเนินการที่จัดการกับข้อมูลประเภทตัวอักษร เช่น 'CONCATENATE', 'LENGTH' และ 'SUBSTRING'

4) ตัวดำเนินการที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เช่น '=', '<', '>', '>=', '<=' และ '!='

5) ตัวดำเนินการที่ใช้ในการจัดกลุ่ม (Grouping) และการรวมค่า (Aggregate)

6) ตัวดำเนินการอื่น ๆ เช่น DISTINCT

2.10 PHP Language

ภาษา PHP ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1995 โดย Rasmas Lerdorf ต่อมามีผู้คนให้ความสนใจจำนวนมาก จึงได้ออกแบบเป็นแพ็คเกจ (Package) ชื่อ "Personal Home Page" ในช่วงแรกภาษา PHP ยังไม่เป็นที่นิยม จนกระทั่งมีการพัฒนา PHP ภายใต้ชื่อ PHP/FI เวอร์ชั่น 2 ซึ่งมีความสามารถในการทำงานร่วมกับฟอร์ม HTML นอกจากนี้ยังสามารถติดต่อกับฐานข้อมูล MySQL ได้ จึงทำให้มีผู้เริ่มใช้งานกันมากขึ้น ต่อมาทีมงานได้แก้ไขข้อบกพร่อง และเพิ่มความสามารถของ PHP เช่น ความสามารถในด้านภาษาเชิงวัตถุจนกลายเป็นเวอร์ชัน 3 พร้อมกับเปลี่ยนชื่อจาก Personal Home Page เป็น Pue Hypertex Preprocessor หลังจากนั้น PHP ก็ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในเวอร์ชั่น 4 เป็นเวอร์ชั่นที่ได้รับความนิยมอย่างมาก PHP เวอร์ชั่น 4 ยังไม่เป็นภาษาเชิงวัตถุที่สมบูรณ์เนื่องจากยังขาดความสามารถที่รองรับการทำงานของโปรแกรมเชิงวัตถุอยู่หลายด้านนี้ยังไม่รองรับ MySQL เวอร์ชั่น 5 จึงมีการพัฒนา PHP เวอร์ชัน 5 เพื่อแก้ไขปัญหา

ธันยพัฒน์ วงศ์รัตน์ (2555) ได้อธิบายเกี่ยวกับภาษา PHP เป็นภาษาเขียนเว็บไซต์ที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถสร้างระบบงานเว็บไซต์หรือเว็บแอพพลิเคชั่นได้มากมาย ไม่ว่าจะเป็นระบบสมาชิกและรหัสผ่านระบบเว็บบอร์ดหรือฟอร์มหรือระบบโหลดซึ่งภาษา PHP มีความสามารถ ดังนี้

1) ภาษา PHP ที่สามารถทำงานร่วมกับโค้ดภาษา HTML ได้โดยการแทรกโค้ด PHP เข้าไประหว่างภาษา HTML

2) ภาษา PHP สามารถรับส่งข้อมูลจากฟอร์มของ HTML ได้ซึ่งทำให้เกิดความสามารถในการโต้ตอบหรือรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องบริการเว็บไซต์ทันที

3) ภาษา PHP สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้มากมาย ซึ่งฐานข้อมูลที่ภาษา PHP นิยมใช้คือ MySQL เนื่องจากมีการใช้งานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4) ภาษา PHP สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการ Operating System ไม่ว่าจะเป็นระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (UNIX) ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (Linux) หรือระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows)

5) ภาษา PHP สามารถทำงานได้กับทุกโปรแกรมบราวเซอร์ (Browser) ไม่ว่าจะเป็น Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera

2.10.1 องค์ประกอบของการเขียนโปรแกรมภาษา PHP

องค์ประกอบของการเขียนโปรแกรมภาษา PHP มี 5 ส่วน

1. HTML (Hypertext Markup Language) เป็นภาษาที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจมีลักษณะเป็น Static Language หมายถึงข้อมูลภายในหน้าเว็บเพจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ คำสั่งของ HTML จะต้องอยู่ภายในแท็ก (Tag) คือเครื่องหมาย < และ >

2. แท็กของ PHP เป็นตัวบอกโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ว่าโค้ดของภาษา PHP เริ่มต้นและสิ้นสุดที่ไหนโดยการแปล (Interpret) โค้ดที่อยู่ภายในแท็กของ PHP จะเกิดขึ้นที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server-Side Script) ตัวอย่างการเปิดใช้แท็ก เช่น <?php เขียนคำสั่ง PHP ?>

3. คำสั่งของ PHP จะต้องอยู่ในแท็ก (Tag) ของ PHP และปิดท้ายคำสั่งด้วยเครื่องหมาย Semicolon (;) ตัวอย่างการเปิดใช้แท็ก เช่น <?php echo “สวัสดี” ?> ผลลัพธ์ที่ได้คือ สวัสดี

4. White space เป็นตัวอักษรหรือคำสั่งที่มองไม่เห็น แต่ทำให้เกิดช่องว่างหรือการขึ้นบรรทัดใหม่ (Spacing Character) ซึ่งประกอบด้วย Carriage Returns (ขึ้นบรรทัดใหม่), Space และ Tabs

5. หมายเหตุ (Comment) คือส่วนที่ผู้เขียนโปรแกรมใช้สำหรับอธิบายรายละเอียดของโปรแกรมเพื่อประโยชน์ในการทำความเข้าใจและความสะดวกเมื่อต้องการที่จะแก้ไขโปรแกรม (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจันทรขจร แซ่อุ๊น, 2552)

2.10.2 การใช้ภาษา HTML ร่วมกับภาษา PHP

เนื่องจากภาษา HTML เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการเขียนโปรแกรมภาษา PHP โดยการเขียนภาษา HTML ร่วมกับ ภาษาPHP มี 2 รูปแบบ

1. การแทรกโค้ด PHP ลงใน HTML สามารถแทรกโค้ดของ PHP ใน HTML ได้เลย แต่ต้องอยู่ภายในแท็กของ PHP เพื่อให้โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) นำโค้ดไปประมวลผล หลักการทำงานคือ เมื่อมีการร้องขอเพจที่มีการแทรกโค้ด PHP โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์จะอ่านโค้ดตั้งแต่บรรทัดแรกลงไปจนถึงบรรทัดสุดท้ายเพื่อค้นหาแท็กของ PHP เมื่อพบแท็กเปิดของ PHP จึงเริ่มประมวลผลคำสั่งนั้นจนถึงแท็กปิด PHP จึงหยุดการประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ให้กับเพจในรูปแบบของ HTML

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. การแทรกโค้ด HTML ลง PHP จะใช้คำสั่ง Echo ซึ่งเป็นฟังก์ชันมาตรฐานที่ใช้แสดงผลลัพธ์ออกทางหน้าจอ โดยต้องเขียนคำสั่ง HTML ในรูปแบบสตริงอยู่ภายในเครื่องหมาย Single Quote หรือ Double Quote ต่อท้ายคำสั่ง echo แล้วปิดด้วยเครื่องหมาย Semicolon (;) (กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจันทรขจร แซ่อุ๊น, 2552)

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร (2550) ได้อธิบายว่า ข้อจำกัดของภาษา HTML เพียงอย่างเดียวที่จะมีเนื้อหาที่ตายตัวเรียกว่า State Page จากข้อจำกัดนี้ จึงทำให้เกิดแนวคิดการเรียนชุดคำสั่งหรือสคริปต์ (Script) แทรกไว้ในเว็บเพจรวมกับคำสั่งในภาษา HTML ที่แตกต่างกันไป ผลก็คือเนื้อหาของเว็บเพจแสดงออกมาในหน้าจอของเว็บบราวเซอร์จะสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขและสถานะต่าง ๆ เราจึงเรียกเว็บเพจในลักษณะนี้ว่า Dynamic Page ซึ่งภาษา PHP เป็นภาษาโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะ เนื่องจากโค้ด (Code PHP) จะถูกประมวลผลที่ฝั่ง Web Server ซึ่งต่างจากภาษาหรือเทคโนโลยีอย่างเช่น JavaScript Flash หรือ ActiveX ที่จะถูกประมวลผลโดยโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ที่ฝั่งผู้ใช้ ดังนั้นผู้ใช้จึงไม่มีโอกาสเห็นโค้ด PHP ที่เขียนไว้ใน PHP page เพราะว่าโค้ดเหล่านี้จะถูกประมวลผลไปจนหมดที่ฝั่ง Web Server แล้วให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นข้อมูลธรรมดาและแพคในภาษา HTML เท่านั้น แต่บางครั้งก็อาจให้ผลลัพธ์เป็นโค้ด JavaScript หรืออื่น ๆ ที่ถูกส่งไปประมวลผลที่ฝั่งเว็บบราวเซอร์ด้วย

โดยสรุปโค้ดโปรแกรมในเว็บเพจแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือโค้ดที่ทำงานฝั่ง Web Server กับโค้ดที่ทำงานฝั่งเว็บบราวเซอร์ หรือพูดง่าย ๆ ก็คือผู้ใช้ เช่น หากเป็นการติดต่อกับฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลของเว็บไซต์เราจะต้องเขียนโค้ดที่ทำงานฝั่ง Web Server แต่หากเป็นการใส่ลูกเล่นให้เว็บเพจก็จะต้องใช้โค้ดที่ทำงานฝั่งเว็บบราวเซอร์แทน

2.10.3 ตัวแปร ชนิดข้อมูล และค่าคงที่

ตัวแปร (Variable) คือสิ่งที่เก็บค่า (Value) หรือข้อมูล (Data) ไว้ชั่วคราว เพื่อที่เราจะนำค่า/ข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในภายหลัง ค่าที่เก็บไว้ในตัวแปรอาจเป็นข้อมูลเลขจำนวนเต็มและเลขจำนวนทศนิยมค่าตรรกะ (จริง/เท็จ) วัน/เวลา การอ้างอิงตัวแปรในภาษา PHP จะต้องมีเครื่องหมายดอลลาร์ ($) นำหน้าเสมอ และใช้เครื่องหมายเท่ากับ (=) โดยมีชื่อตัวแปรอยู่ข้างซ้าย และค่าที่จะทำหนดให้ตัวแปรนั้นอยู่ทางด้านขวา เพียงเท่านี้ตัวแปรก็จะถูกสร้างขึ้นมาและมีค่าตามที่กำหนดไว้แล้ว

การตั้งชื่อตัวแปรภาษา PHP กำหนดไว้ว่า “ชื่อตัวแปรจะต้องประกอบด้วยตัวอักษร ตัวเลข เครื่องหมายขีดล่างอันเดอร์สกอร์ (Underscores) เท่านั้น และห้ามขึ้นต้นด้วยตัวเลข

ชนิดข้อมูล Data Type ตัวแปรแต่ละตัวจะมีชนิดข้อมูล Data Type ประจำตัวชนิดข้อมูลของตัวแปรจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูล/ค่าที่เก็บไว้ เช่น ตัวแปร $name และ $age (พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร,2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

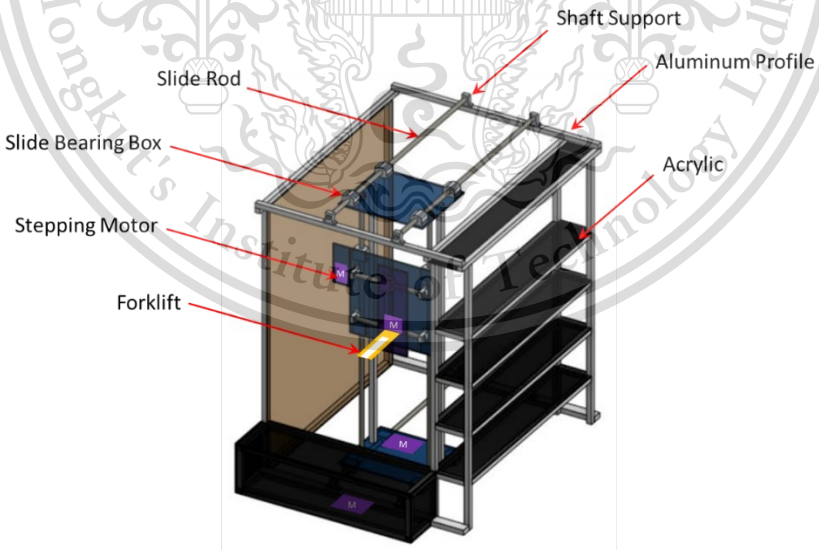
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนของการดำเนินงานได้วางแผนไว้ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาหลักการเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้
3. ออกแบบและวางแผนการประกอบโครงสร้างของคลังสินค้า
4. สั่งซื้ออุปกรณ์
5. ประกอบโครงสร้างของคลังสินค้า
6. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบคลังสินค้าและส่วนแสดงผล
7. ทดสอบและแก้ไขการทำงานของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ
8. สรุปผลและจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

3.2 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ

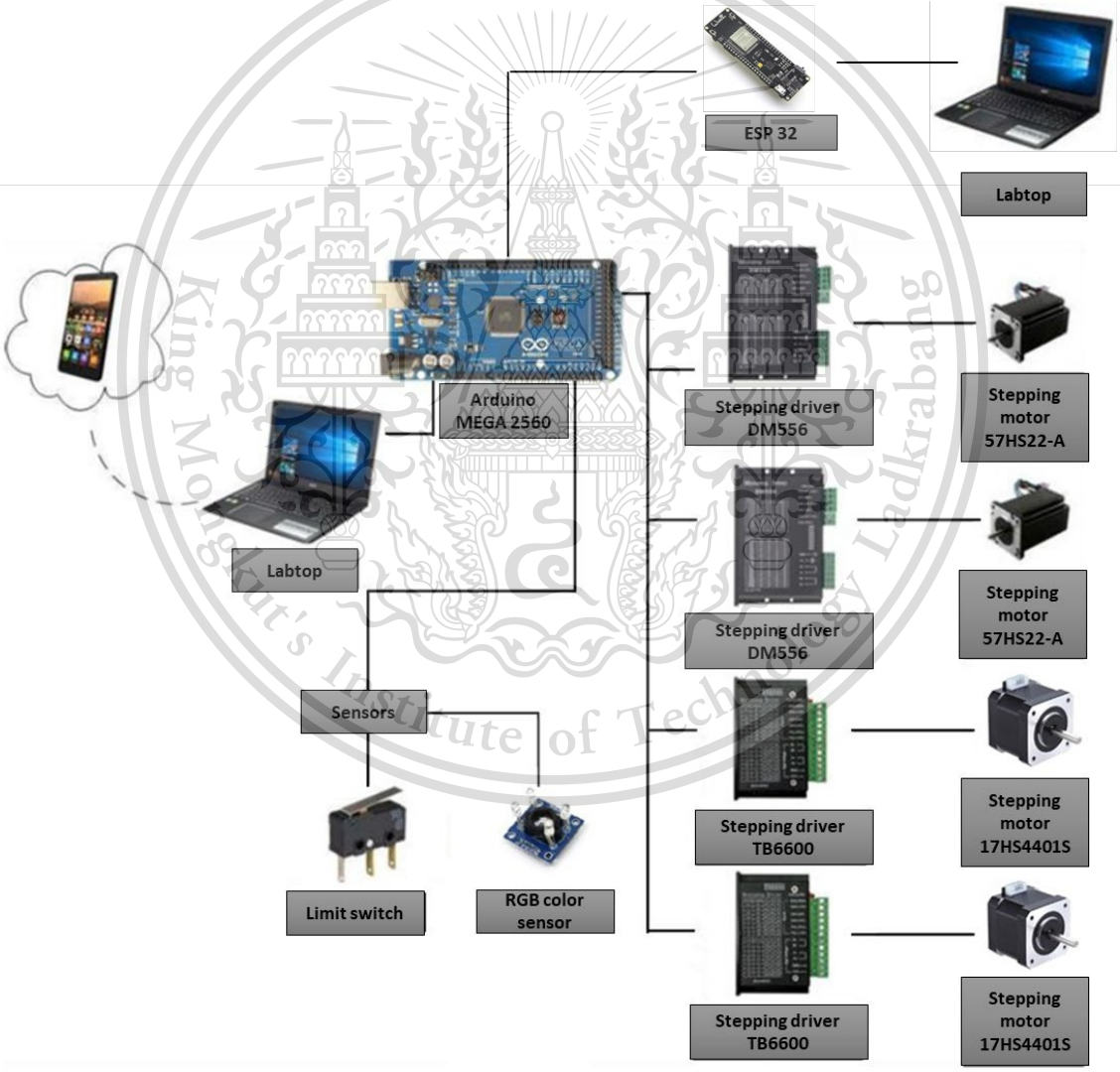


รูปที่ 3.1 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในรูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมโครงสร้างของคลังสินค้าจำลองที่ได้ทำการออกแบบ ในส่วนประกอบหลักและการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย โครงหลักของคลังสินค้าทำจาก Aluminum Profile, ชั้นสำหรับวางสินค้าปูด้วยแผ่น Acrylic, มี Forklift ติดกับมอเตอร์สำหรับการขนย้ายสินค้า, ใช้ Stepping Motor จำนวน 3 ตัว ในการเคลื่อนที่ และอีก 1 ตัวสำหรับ Forklift และ มี Slide Bearing Box สำหรับการเคลื่อนที่ไปบน Slide Rod ซึ่งถูกยึดกับตัวโครงด้วย Shaft Support

3.3 System Diagram



รูปที่ 3.2 System Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในรูปที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการทำงานของคลังสินค้า ได้แก่ Laptop, Arduino MEGA 2560, Stepping Motor Driver (DM556) จำนวน 2 ตัว, Stepping Motor Driver (TB6600) จำนวน 2 ตัว, Stepping Motor (57HS22-A) จำนวน 2 ตัว, Stepping Motor (17HS4401S) จำนวน 2 ตัว, RGB Color Sensor, Limit Switch และ ESP32

3.4 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

1. Stepping Motor

รูปที่ 3.3 Stepping Motor Nema 23 (57HS22-A)

รูปที่ 3.4 Stepping Motor Nema 17 (17HS4401S-0.9)

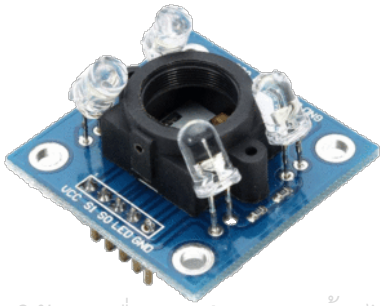
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. Stepping Motor Driver

รูปที่ 3.5 Stepping Motor Driver (TB6600)

รูปที่ 3.6 Stepping Motor Driver (DM556)

3. RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300)



รูปที่ 3.7 RGB Color Sensor (TCS230/TCS2300)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

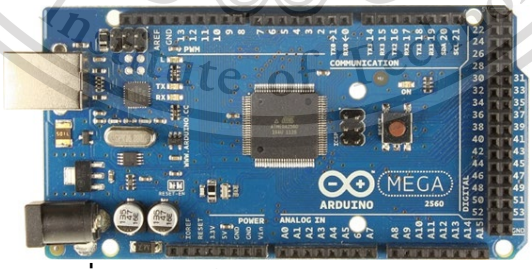
4. Limit switch

รูปที่ 3.8 Limit switch

5. Switching power supply

รูปที่ 3.9 Switching Power Supply

6. Arduino **Mega 2560**



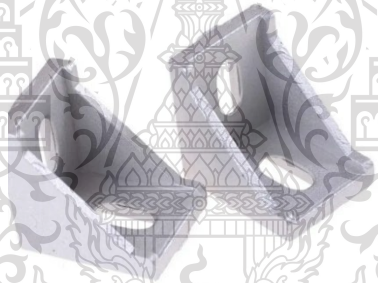
รูปที่ 3.10 บอร์ด Arduino Mega 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7. Aluminum Profile

รูปที่ 3.11 Aluminum Profile

8 Aluminum profile connectors



รูปที่ 3.12 Aluminum profile connectors

9. Bracket for Stepping Motor

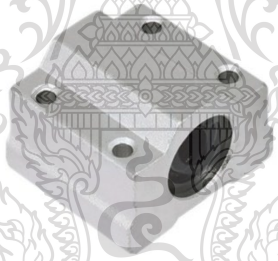
รูปที่ 3.13 Bracket for Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

10. Slide Rod

รูปที่ 3.14 Slide Rod

11. Slide Bearing Box



รูปที่ 3.15 Slide Bearing Box

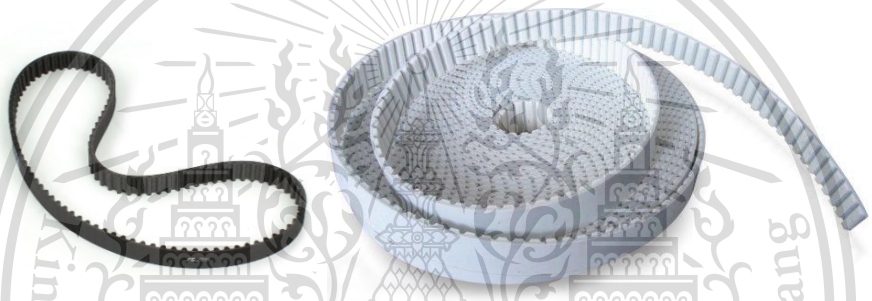
12. Shaft Support

รูปที่ 3.16 Shaft Supports แบบตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.17 Shaft Supports แบบนอน

13. Timing Belt



รูปที่ 3.18 Timing Belt

14. Timing Pulley

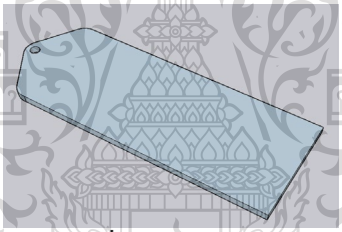
รูปที่ 3.19 Timing Pulley

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

15. Acrylic

รูปที่ 3.20 Acrylic

16. Forklift



รูปที่ 3.21 Forklift

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้สร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ

ลำดับ	รายการ	ขนาด	ความยาว	จำนวน
1	Aluminum Profile	20x20 mm.	1100	6
			860	11
			120	8
			1000	3
			1070	2
			680	3
			160	4
			140	2
		20x40 mm.	730	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2	Slide rod	16 mm.	1000 mm.	4
			300 mm.	2
			1070 mm.	2
3	Slide Bearing Box	16 mm.		14
4	Shaft Support แบบตั้ง	16 mm.		12
5	Shaft Supports แบบนอน	16 mm.		4
6	Stepping Motor(57HS22-A)	Nema23		2
7	Stepping Motor (17HS4401S-0.9)	Nema17		2
8	Stepping Driver (M542)			2
9	Stepping Driver (DM556)			2
10	Bracket for Stepping Motor	NEMA 23		2
11	Bracket for Stepping Motor	NEMA 17		2
12	Forklift			1
13	Switching Power Supply	24 VDC 10A		2
14	Arduino MEGA 2560			1
15	Clamping plate, L			3
16	Timing Belt	12.7 mm.		3
17	Timing Pulley,	12.7 mm. 10teeth		4
		10 mm. 40teeth		2
18	Limit Switch			6
19	RGB Color Sensor			1
20	Acrylic	3 mm.	160x900 mm.	4
		5 mm	300x350 mm	2
			420x350 mm	1
			120x350 mm	1
			206x726	2
			180x200	2
			200x726	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

1. Arduino IDE

รูปที่ 3.22 สัญลักษณ์โปรแกรม Arduino IDE

Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload) สำหรับระบบคลังสินค้าอัตโนมัติจะใช้ Arduino ในการควบคุม Stepping Motor 4 ตัวผ่าน Driver

2. Onshape

รูปที่ 3.23 สัญลักษณ์เว็บแอปพลิเคชัน Onshape

เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับการออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ ในการสร้างโมเดลของคลังสินค้าเพื่อที่จะได้ทราบขนาดและลักษณะการวางของอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถทำงานบน Web Browser ได้ แต่จะต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตระหว่างการใช้งาน โดย Onshape มีการอนุญาตให้นักออกแบบคนอื่น ๆ สามารถเข้ามาออกแบบชิ้นงานร่วมกันได้ หรือที่เรียกว่า Collaboration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. Adobe Illustrator

รูปที่ 3.24 สัญลักษณ์โปรแกรม Adobe Illustrator

Adobe Illustrator คือ โปรแกรมออกแบบงานทางด้านกราฟิก เป็นมาตรฐานในการออกแบบระดับสากลสามารถทำงานออกแบบได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นสิ่งพิมพ์ บรรจุภัณฑ์ และยังออกแบบงานเพื่อใช้เป็นภาพประกอบในการทำงานอื่น ๆ เช่น การ์ตูนหรือภาพประกอบหนังสือ ซึ่งในระบบคลังสินค้าอัตโนมัติจะใช้โปรแกรมนี้ในการออกแบบชิ้นส่วน Acrylic ต่าง ๆ เพื่อนำไปตัดด้วยเลเซอร์

4. Visual Studio Code

รูปที่ 3.25 สัญลักษณ์โปรแกรม Visual Studio

เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการพัฒนา User Interface โดยใช้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันทั้งในส่วนของการแสดงผลหน้าเว็บแอปพลิเคชัน การประมวลผลของเว็บแอปพลิเคชัน รวมถึงการเชื่อมต่อฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. XAMPP

รูปที่ 3.26 สัญลักษณ์โปรแกรม XAMPP

เป็นโปรแกรมจำลอง web server ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบหรือทดลองเว็บแอปพลิเคชันได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

3.6 การออกแบบและวางแผนการทำงาน

3.6.1 การออกแบบและการวางแผนทางด้านฮาร์ดแวร์

1. ศึกษารูปแบบของคลังสินค้า
2. ออกแบบโครงสร้างและการทำงานของคลังสินค้า
3. ศึกษาและเลือกเซนเซอร์ที่ต้องการ
4. ศึกษาและเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน
5. เลือกอุปกรณ์สำหรับแสดงผล แหล่งจ่ายไฟ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการต่อร่วมกัน
6. หาผู้จำหน่ายและดำเนินการสั่งซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ
7. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และผลการวัดของเซนเซอร์
8. ประกอบชิ้นงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

3.6.2 การออกแบบและการวางแผนทางด้านซอฟต์แวร์

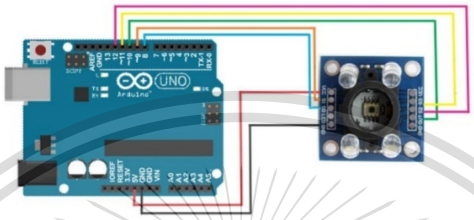
1. ศึกษาโปรแกรมและทฤษฎีที่ต้องใช้
2. ออกแบบความสัมพันธ์ของตารางข้อมูลในฐานข้อมูล
3. ออกแบบหน้าต่างเว็บแอปพลิเคชันและการใช้งาน
4. เขียนโปรแกรมสำหรับการทำงานและการแสดงผลหน้าเว็บแอปพลิเคชัน
5. เขียนโปรแกรม Arduino เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์และควบคุมการรับส่งค่าจากเซนเซอร์
6. เขียนโปรแกรมเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างคลังสินค้ากับเว็บแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7 วิธีการดำเนินงาน

3.7.1 การทดสอบ RGB color sensor

ทดสอบการทำงานและการตรวจจับค่าของสีที่ได้กำหนดเอาไว้ทั้ง 4 สี เช่น สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และสีดำ โดยจะนำตัวโมดูลเซนเซอร์มาต่อเข้ากับบอร์ด Arduino uno ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 การต่อ RGB color sensor กับ Arduino uno

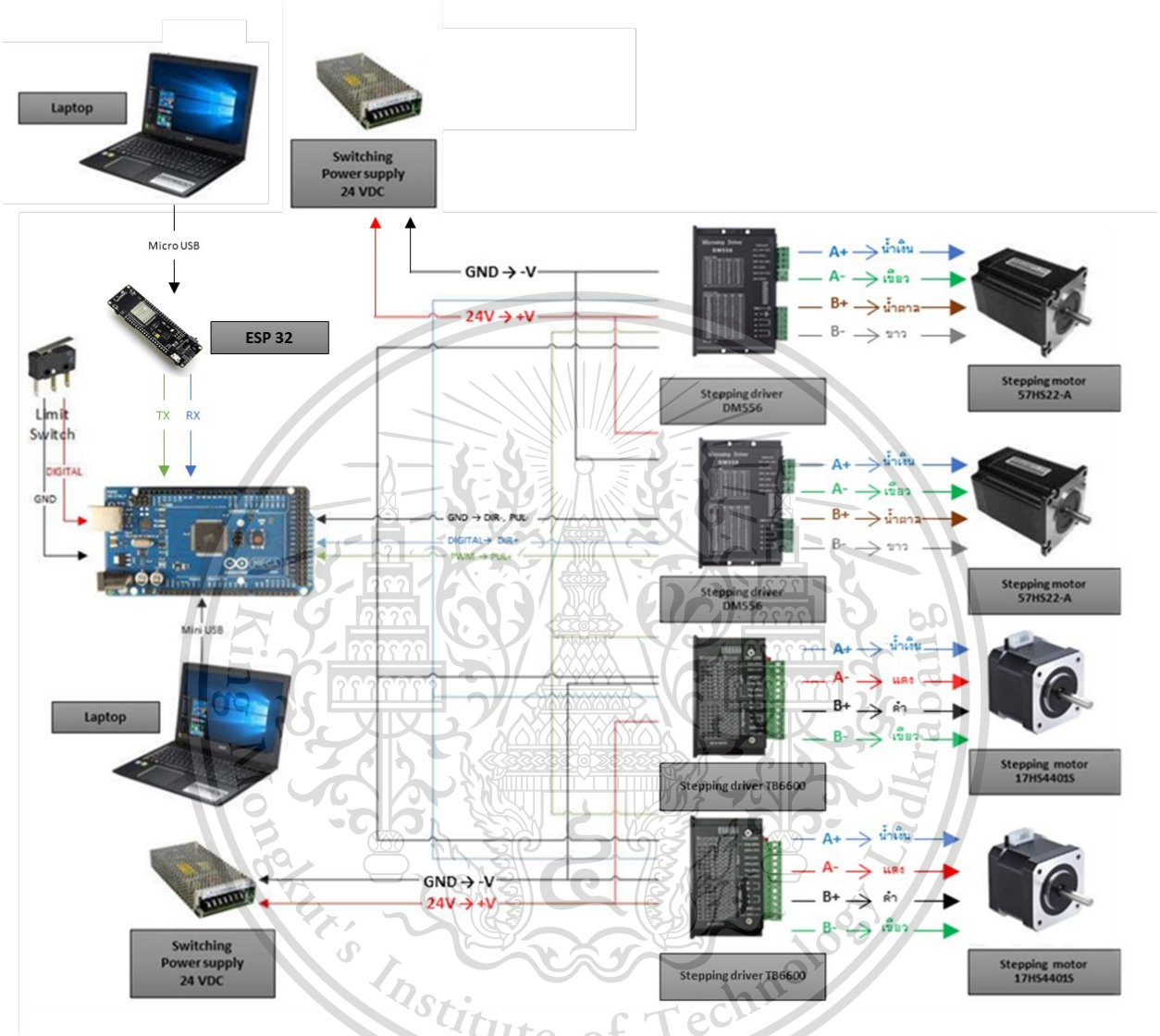
โดยในการทดสอบนั้นจะวางเซนเซอร์ไว้ในที่ที่มีแสงปกติ ไม่สว่างและไม่มืดจนเกินไป เนื่องจากอาจทำให้ค่าที่ได้รับนั้นผิดเพี้ยนได้ ตำแหน่งความสูงของการวางจากฐานถึงตัวเซนเซอร์เท่ากับ 10 เซนติเมตร ซึ่งช่วงของค่าที่เป็นสีแดง แสดงดังรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 ค่าจาก RGB color sensor

จากรูปที่ 3.28 จะเห็นได้ว่าสีแดงช่วงของค่า R จะมีค่าที่มากกว่า 25 ช่วงค่า G จะมากกว่า 40 และค่า R จะเป็นค่าที่น้อยที่สุดของทั้ง 3 ค่าตัวแปร สีเขียวจะมีช่วงของค่า G จะมีค่าที่น้อยกว่า 40 ส่วน R จะเป็นค่าที่น้อยที่สุดจากทั้งหมด สีน้ำเงินจะมีช่วงของค่า R นั้นจะมีค่าที่มากกว่า 40 และค่าของ R นั้นจะมีค่ามากที่สุด และค่าตัวเลขของสีดำจะทั้ง R G และ B นั้นจะมีค่าที่มากกว่า 100 ทั้ง 3 ค่า และเมื่อนำมาบวกกันจะได้ค่าที่มากกว่า 300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.2 Wiring Diagram

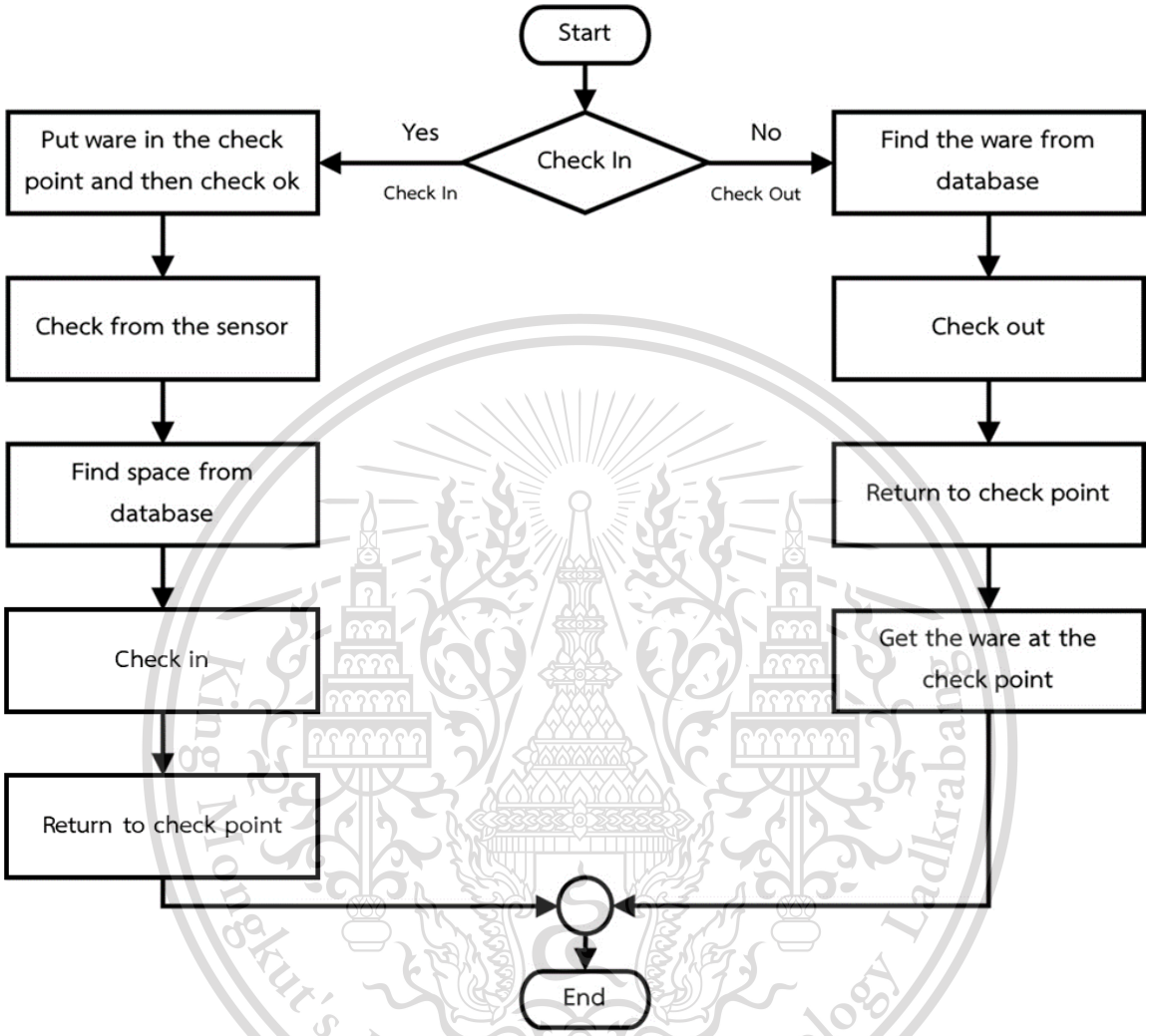


รูปที่ 3.29 Wiring Diagram

ในรูปที่ 3.29 แสดงถึงการต่อสายไฟสำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ เช่น การต่อสายไฟแต่ละสีจาก Stepping Motor เข้ากับ Driver โดยอ้างอิงจาก datasheet หรือ การต่อ Driver, เซนเซอร์และบอร์ด ESP32 เข้ากับเข้ากับพอร์ตต่าง ๆ ของบอร์ด Arduino MEGA 2560 รวมถึงการต่อ Driver เข้ากับ Power Supply เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.3 Flowchart



รูปที่ 3.30 Flowchart

ในรูปที่ 3.30 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมด ได้แก่ Check in และ Check out

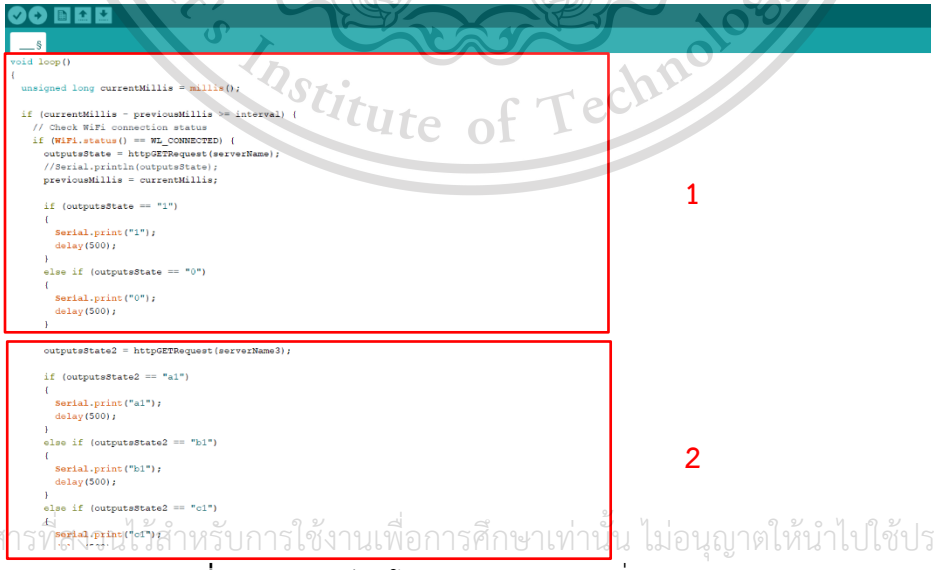
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.4 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32

ส่วนนี้จะเป็นขั้นตอนของการรับ-ส่งข้อมูลไปมาระหว่างกันของบอร์ด Arduino MEGA 2560 กับ ESP32 เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงาน และ ESP32 กับ web application เพื่อทำการแสดงผลของการทำงาน

รูปที่ 3.31 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (1)

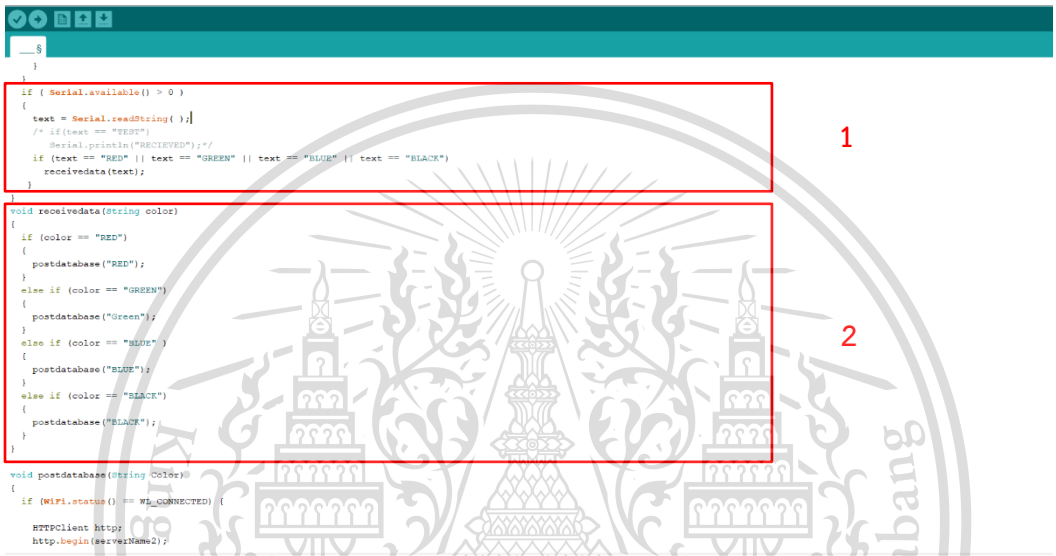
จากรูปที่ 3.31 จะมีทั้งหมด 2 ส่วนด้วยกัน โดยในส่วนที่ 1 นั้นจะเป็นการเรียกใช้ไลบรารีที่จะต้องนำมาใช้ในขั้นตอนการทำงาน กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ทั้งกำหนด ID, password ที่ใช้สำหรับการต่อ Wi-Fi หรือกำหนด URL ของ web application ที่นำมาใช้งานด้วย ต่อมาส่วนที่ 2 คือการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 กับ Wi-Fi ที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 3.32 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

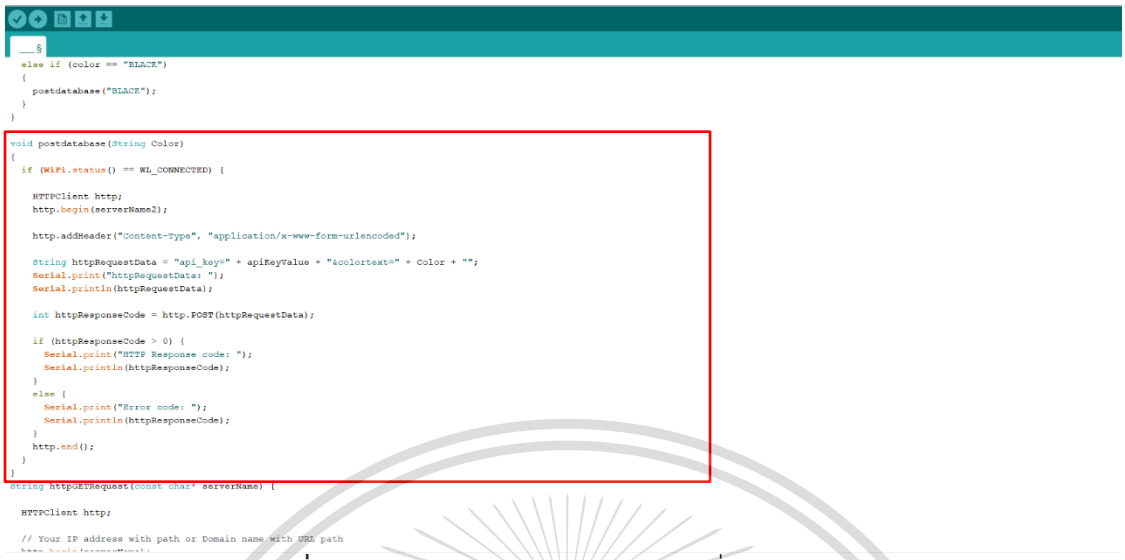
จากรูปที่ 3.32 มีทั้งหมด 2 ส่วนด้วยกันโดยจะเป็นลูปการทำงานของโค้ด ซึ่งส่วนแรกคือการรับค่า 1 และ 0 ที่ถูกส่งมาจาก web application และส่งค่าให้ฝั่ง Arduino เพื่อเริ่มทำงาน และ 0 เป็นการให้ค้างค่านั้น ๆ ไว้ไม่มีการทำงาน ต่อมาในส่วนที่ 2 คือการรับค่าจาก web application เหมือนกัน แต่จะรับค่า a1 b1 c1 ไปจนถึง a4 b4 c4 ซึ่งเป็นค่าของตำแหน่งช่องจัดเก็บสินค้าทั้ง 12 ช่อง และจะส่งให้ Arduino เพื่อเริ่มการทำงาน



รูปที่ 3.33 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (3)

จากรูปที่ 3.33 ประกอบด้วย 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นเงื่อนไขการอ่านค่าที่ถูกส่งมาจากทางฝั่ง Arduino ว่าส่งค่าอะไรมาจากนั้นจึงเข้าในส่วนที่ 2 ต่อไป ส่วนที่ 2 เป็นเงื่อนไขการส่งค่าสีต่าง ๆ ที่ได้รับขึ้นบน web application เพื่ออัพเดทข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



```
  else if (color == "BLACK")
  {
    postdatabase("BLACK");
  }
}

void postdatabase(String Color)
{
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {

    HTTPClient http;
    http.begin(serverName2);

    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

    String httpRequestData = "api_key=" + apiKeyValue + "&colortext=" + Color + "";
    Serial.print("httpRequestData: ");
    Serial.println(httpRequestData);

    int httpResponseCode = http.POST(httpRequestData);

    if (httpResponseCode > 0) {
      Serial.print("HTTP Response code: ");
      Serial.println(httpResponseCode);
    }
    else {
      Serial.print("Error code: ");
      Serial.println(httpResponseCode);
    }
    http.end();
  }
}
String httpGETRequest(const char* serverName) {

  HTTPClient http;

  // Your IP address with path or Domain name with URL path
```

รูปที่ 3.34 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (4)

จากรูปที่ 3.34 เป็นฟังก์ชันการส่งข้อมูลที่ได้รับจากฝั่ง Arduino ให้กับ web application เมื่อสามารถส่งข้อมูลได้สำเร็จก็จะมีค่า response ส่งกลับมา แต่ถ้าไม่สามารถส่งได้จะแสดงค่า error แทน

```
    Serial.print("HTTP Response code: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
  }
  else {
    Serial.print("Error code: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
  }
  http.end();
}
String httpGETRequest(const char* serverName) {

  HTTPClient http;

  // Your IP address with path or Domain name with URL path
  http.begin(serverName);

  // Send HTTP POST request
  int httpResponseCode = http.GET();

  String payload = "{}";

  if (httpResponseCode > 0) {
    //Serial.print("HTTP Response code: ");
    //Serial.println(httpResponseCode);
    payload = http.getString();
  }
  else {
    Serial.print("Error code: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
  }
  // Free resources
  http.end();

  return payload;
}
```

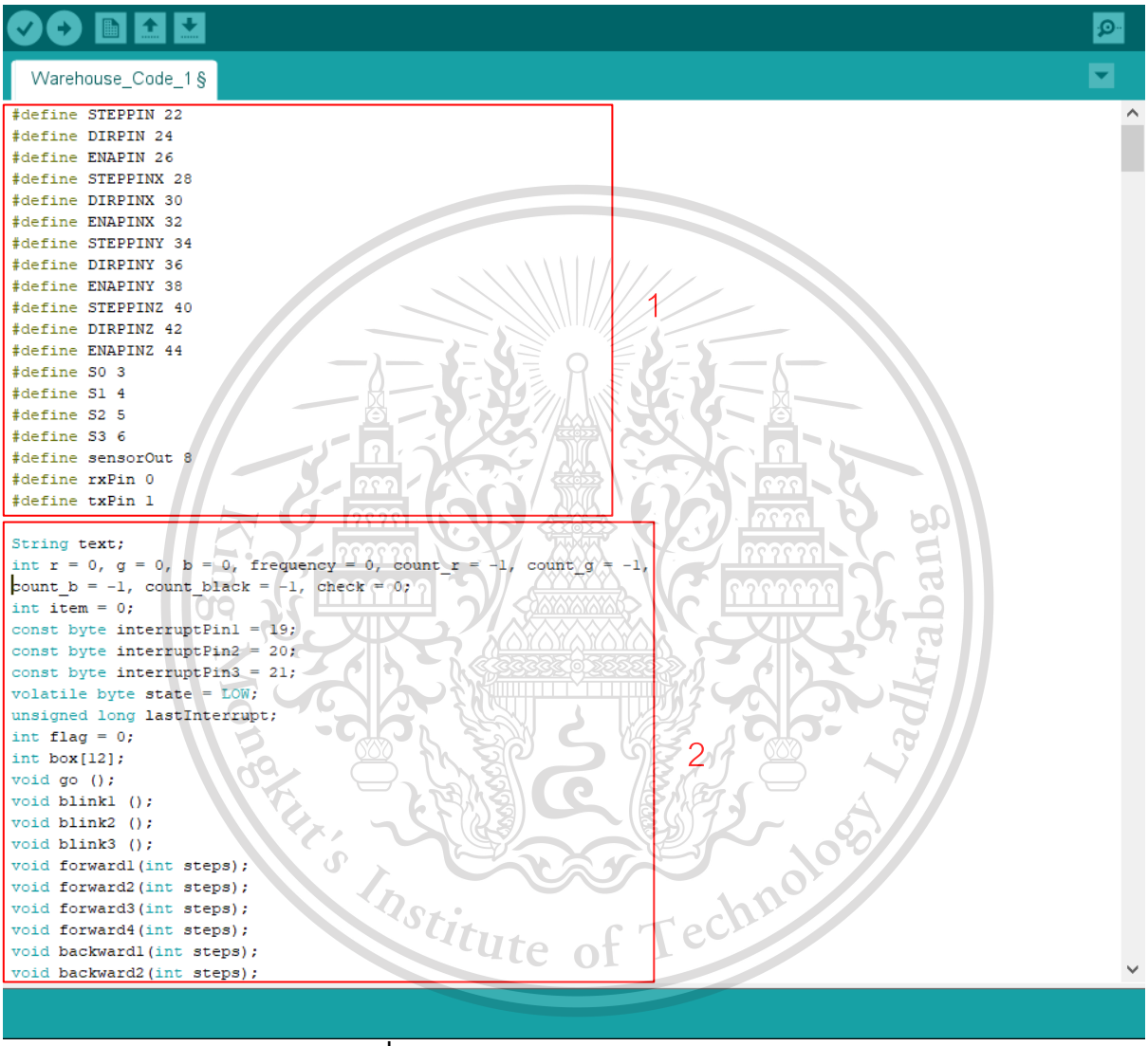
รูปที่ 3.35 การเขียนโปรแกรม Arduino ฝั่ง ESP32 (5)

จากรูปที่ 3.35 เป็นฟังก์ชันการรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก web application เมื่อสามารถรับข้อมูลได้สำเร็จก็จะมีค่า response แสดงขึ้นมา แต่ถ้าไม่สามารถรับได้จะแสดงค่า error แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.5 การเขียนโปรแกรม Arduino

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าจากเซนเซอร์มาประมวลผล และส่งค่าไปแสดงผลที่อุปกรณ์แสดงผล



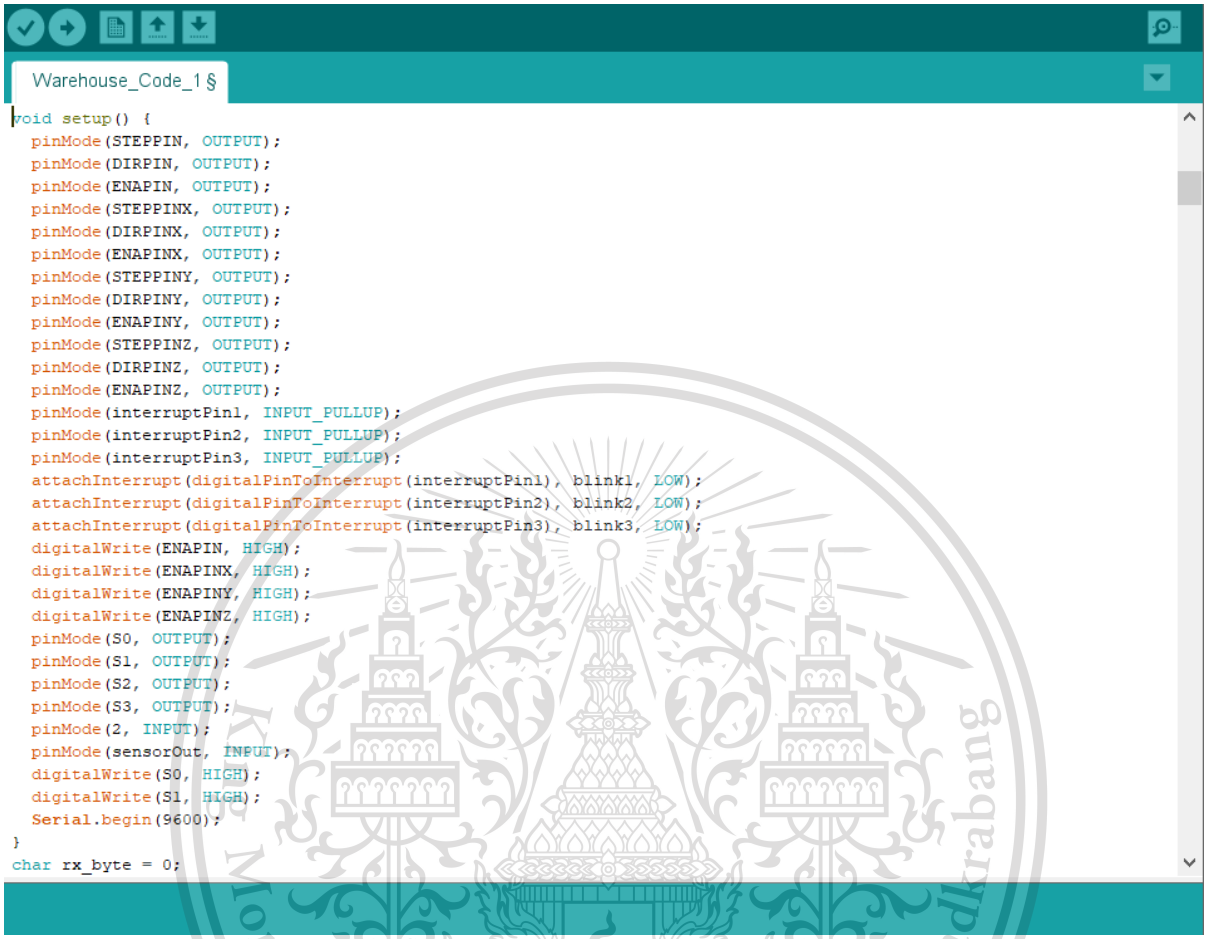

```
#define STEPPIN 22
#define DIRPIN 24
#define ENAPIN 26
#define STEPPINX 28
#define DIRPINX 30
#define ENAPINX 32
#define STEPPINY 34
#define DIRPINY 36
#define ENAPINY 38
#define STEPPINZ 40
#define DIRPINZ 42
#define ENAPINZ 44
#define S0 3
#define S1 4
#define S2 5
#define S3 6
#define sensorOut 8
#define rxPin 0
#define txPin 1
```

```
String text;
int r = 0, g = 0, b = 0, frequency = 0, count_r = -1, count_g = -1,
count_b = -1, count_black = -1, check = 0;
int item = 0;
const byte interruptPin1 = 19;
const byte interruptPin2 = 20;
const byte interruptPin3 = 21;
volatile byte state = LOW;
unsigned long lastInterrupt;
int flag = 0;
int box[12];
void go ();
void blink1 ();
void blink2 ();
void blink3 ();
void forward1(int steps);
void forward2(int steps);
void forward3(int steps);
void forward4(int steps);
void backward1(int steps);
void backward2(int steps);
```

รูปที่ 3.36 การเขียนโปรแกรม Arduino (1)

จากรูปที่ 3.36 จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 #define จะเป็นส่วนการกำหนดขาที่ใช้ในการต่อกับตัวบอร์ด Arduino Mega 2560 และ การเรียกใช้ไลบรารีที่จำเป็นต่อการเขียนเพื่อประมวลผล และในส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนสำหรับการประกาศตัวแปรค่าเริ่มต้นที่ใช้ในการคำนวณ การเก็บค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์ และ ค่าการทำงานจากมอเตอร์

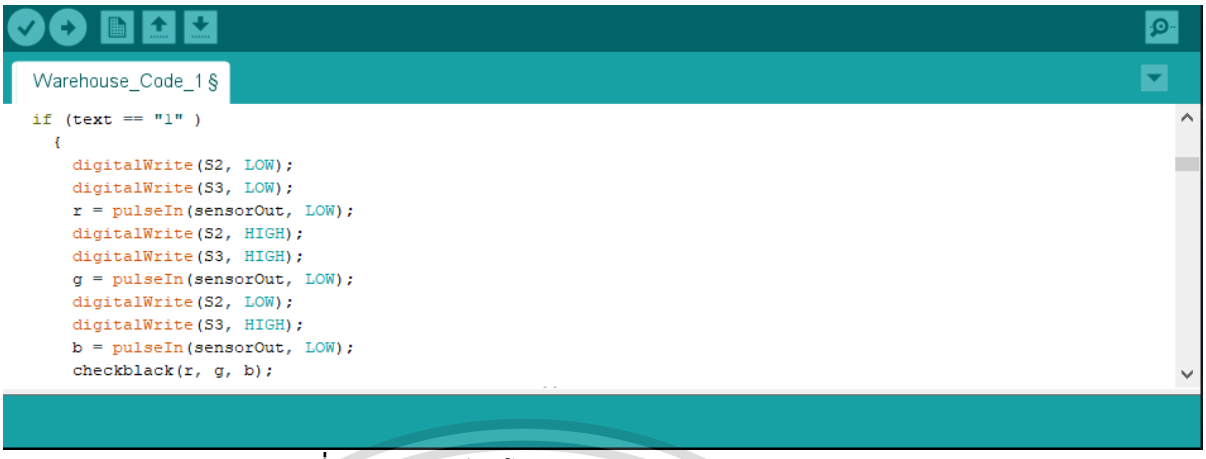
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.37 การเขียนโปรแกรม Arduino (2)

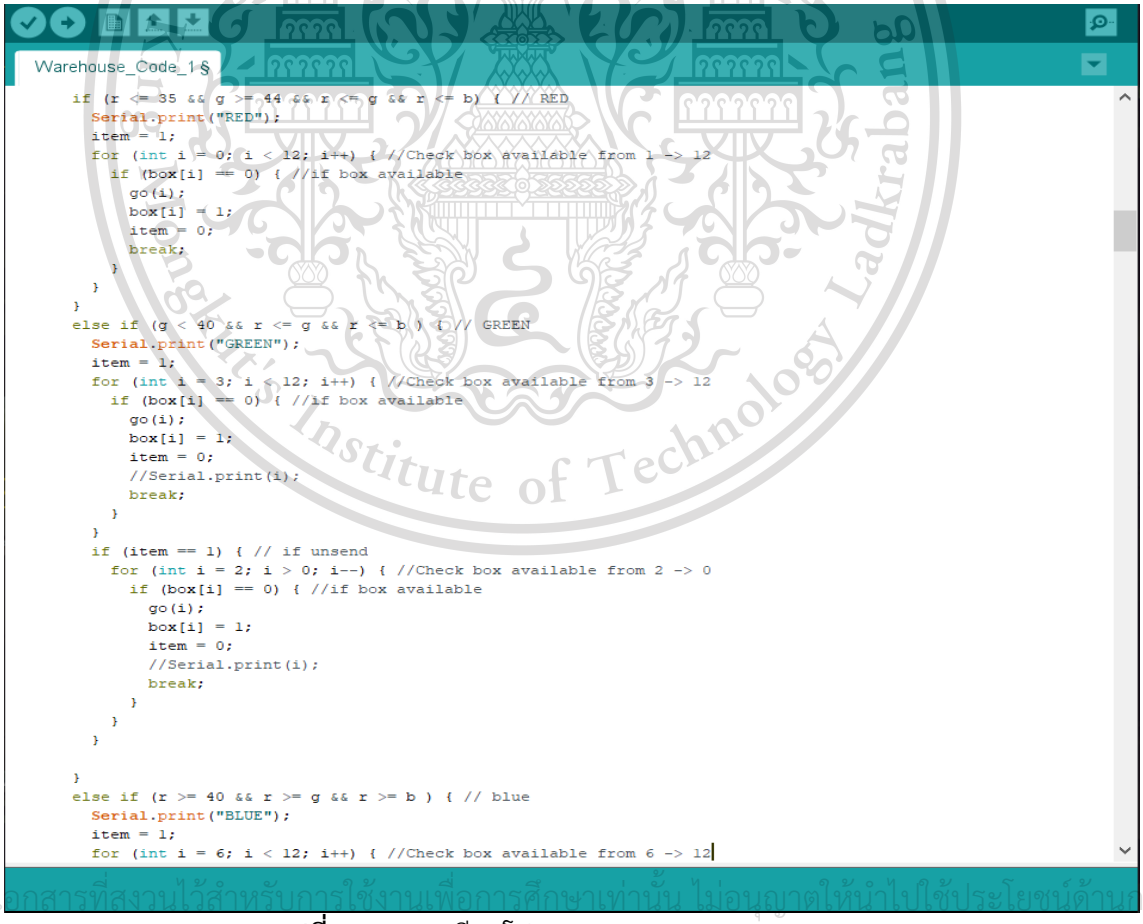
จากรูปที่ 3.37 จะประกอบด้วย void setup( ) คือส่วนต้นของโปรแกรมที่ใช้ในการประกาศ หรือตั้งค่าการทำงานในตอนเริ่มต้นเป็นการกำหนดขาอินพุต ขาเอาต์พุต ที่เชื่อมต่ออยู่กับอุปกรณ์เซนเซอร์และอุปกรณ์แสดงผลต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.38 การเขียนโปรแกรม Arduino (3)

จากรูปที่ 3.38 จะเป็นการประมวลผลในส่วนของเงื่อนไขในการตั้งค่าเริ่มต้นการทำงานของ RGB color sensor เพื่อพร้อมต่อการตรวจค่าสี



รูปที่ 3.39 การเขียนโปรแกรม Arduino (4)

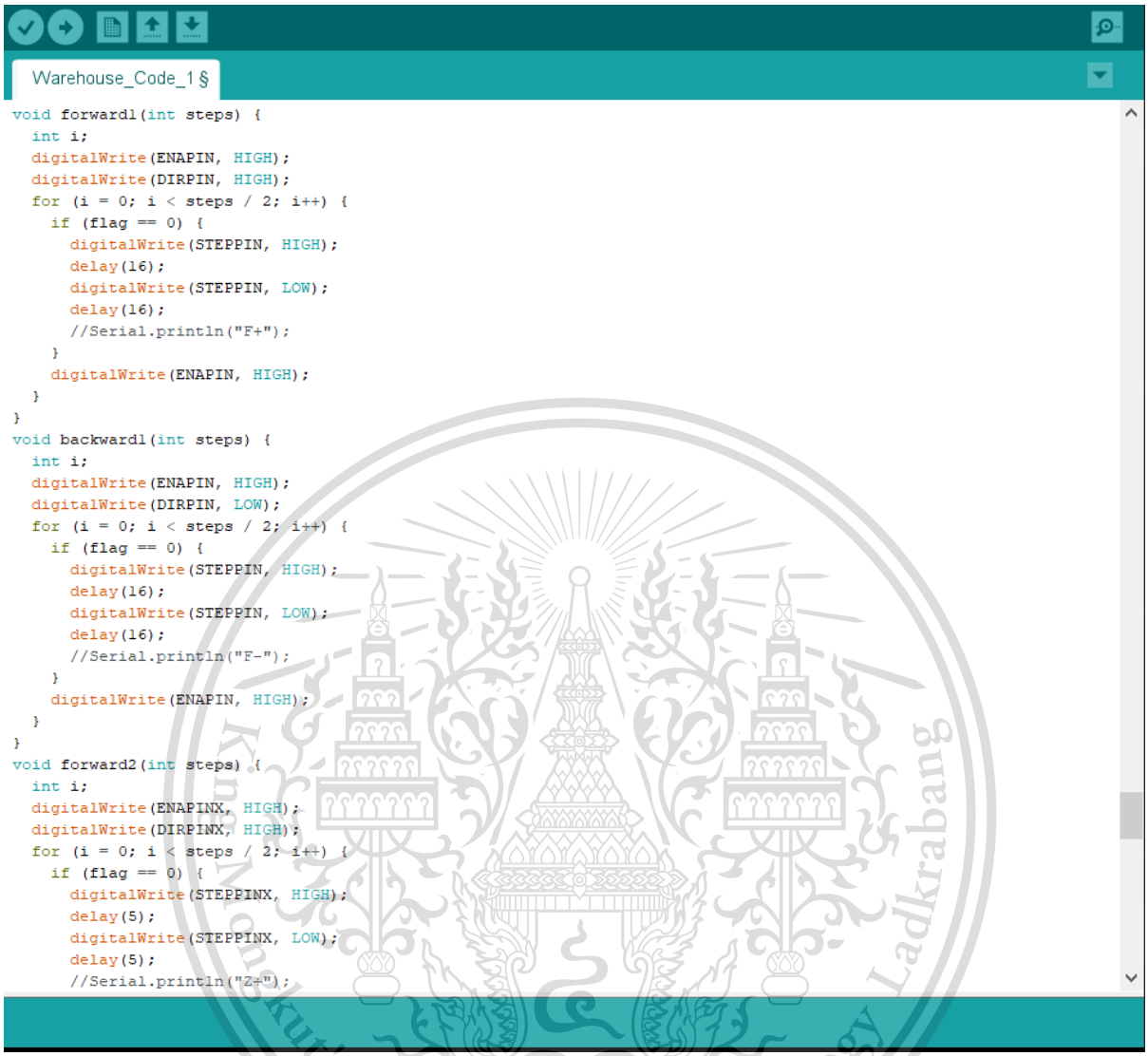
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 3.39 จะเป็นการประมวลผลในส่วนของเงื่อนไขในการทำงานของ RGB color sensor ใช้แยกว่าสีที่อยู่หน้าเซนเซอร์นี้เป็นสีอะไร จากการเทียบเอาต์พุตที่อ่านได้จากค่า RGB color sensor และการส่งสีที่ตรวจได้ไปให้ตัวบอร์ด ESP32

รูปที่ 3.40 การเขียนโปรแกรม Arduino (5)

จากรูปที่ 3.40 จะเป็นการประมวลผลในส่วนของเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์ในระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ โดยในแต่ละเงื่อนไขจะมีคำสั่งอยู่ 4 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X ส่วนที่ 2 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน Y ส่วนที่ 3 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน Z และส่วนที่ 4 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน Forklift

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



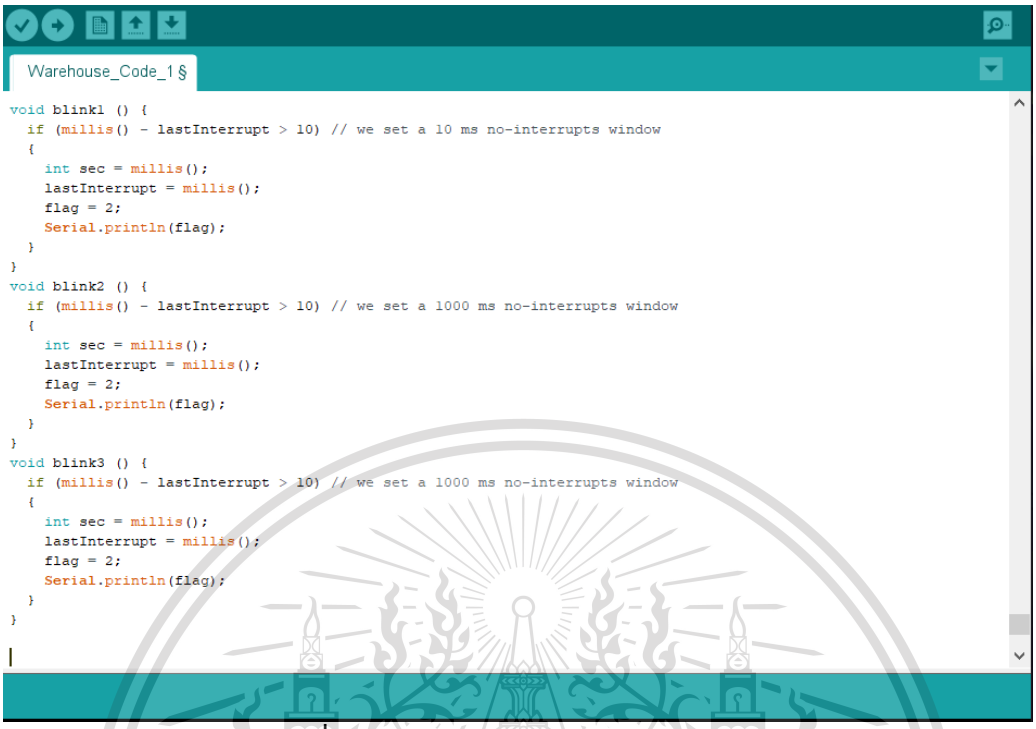
Warehouse_Code_1 §

```
void forward1(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  digitalWrite(DIRPIN, HIGH);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPIN, HIGH);
      delay(16);
      digitalWrite(STEPPIN, LOW);
      delay(16);
      //Serial.println("F+");
    }
    digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  }
}
void backward1(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  digitalWrite(DIRPIN, LOW);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPIN, HIGH);
      delay(16);
      digitalWrite(STEPPIN, LOW);
      delay(16);
      //Serial.println("F-");
    }
    digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  }
}
void forward2(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPINX, HIGH);
  digitalWrite(DIRPINX, HIGH);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPINX, HIGH);
      delay(5);
      digitalWrite(STEPPINX, LOW);
      delay(5);
      //Serial.println("Z+");
```

รูปที่ 3.41 การเขียนโปรแกรม Arduino (6)

จากรูปที่ 3.41 จะเป็นส่วนของเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์แต่ล่ะแกนในระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ โดยในแต่ละเงื่อนไขจะมีคำสั่งตรวจสอบการเปิดใช้งานมอเตอร์ในแต่ล่ะแกนโดยจะมีคำสั่งอยู่ 4 แกน คือ การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน X, การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน Y, การเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน Z และการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แกน Forklift

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

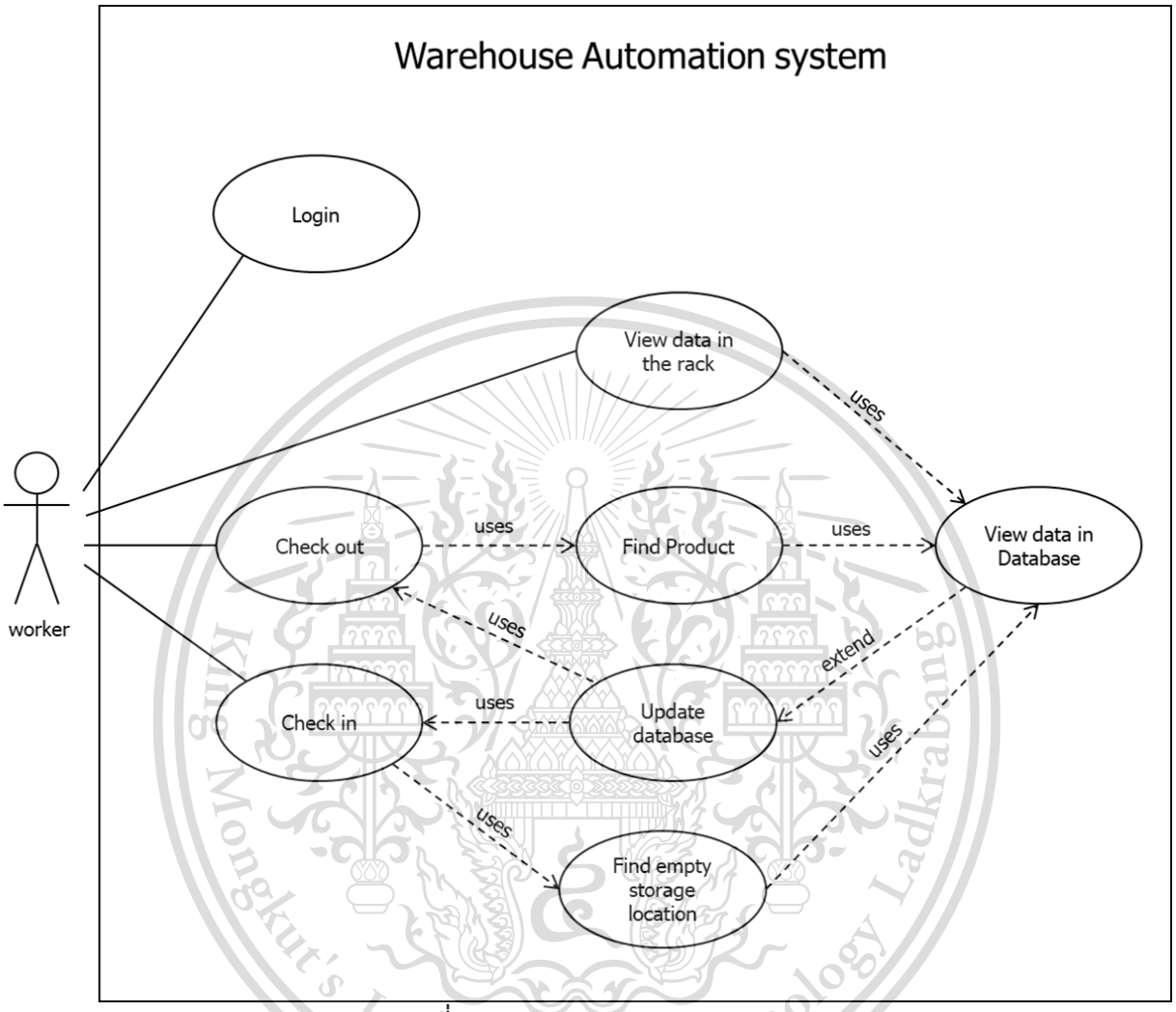


รูปที่ 3.42 การเขียนโปรแกรม Arduino (7)

จากรูปที่ 3.42 จะเป็นการเขียนเงื่อนไขการทำงาน interrupt คือ การขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรมปกติ เมื่อเกิดเหตุการณ์บางอย่างขึ้นที่ส่งผลกระทบต่อฟังก์ชันการทำงานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.6 Use Case Diagram



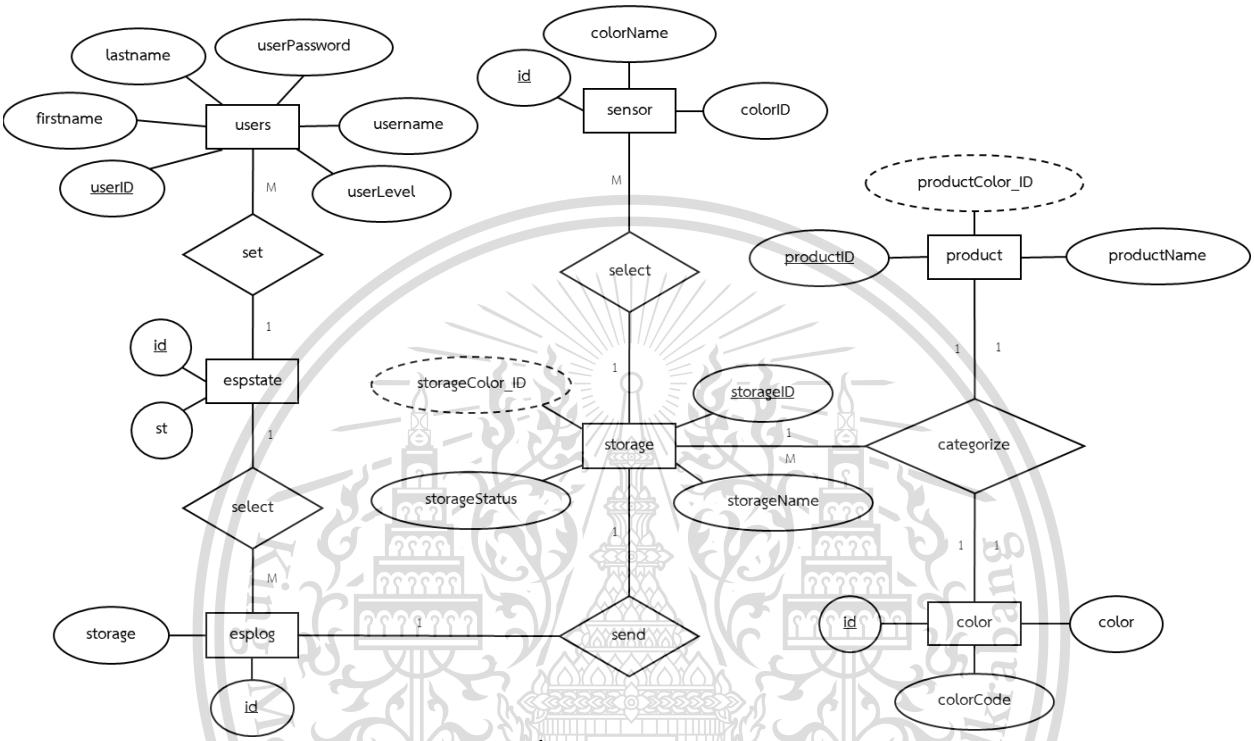
รูปที่ 3.43 Use Case Diagram

ในรูปที่ 3.43 แสดงการทำงานของระบบโดยมีบุคคลที่เกี่ยวข้องคือพนักงานผู้ที่จะใช้งานคลังสินค้า ซึ่งจะสามารถดำเนินการในการล็อกอินเพื่อใช้งานระบบ ทำการจัดเก็บหรือเรียกคืนสินค้า รวมถึงดูรายละเอียดของสินค้าที่อยู่ในช่องจัดเก็บสินค้าได้ ระบบจะทำการเรียกดูข้อมูลจากฐานข้อมูล ซึ่งจะถูกอัพเดตเมื่อมีการจัดเก็บหรือเรียกคืนสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.7 การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูล เริ่มจากการเขียน ER Diagram เพื่อให้เข้าใจในภาพรวมของฐานข้อมูลว่าจะต้องใช้ตารางข้อมูลอะไรบ้าง และข้อมูลในแต่ละตารางมีความสัมพันธ์กันอย่างไรก่อนที่ทำการจะสร้างฐานข้อมูล



รูปที่ 3.44 ER Diagram

จากรูปที่ 3.44 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในฐานข้อมูล ประกอบด้วยเอนทิตีซึ่งเป็นส่งที่สนใจ ในแต่ละเอนทิตีจะแบ่งเป็นแอตทริบิวต์ซึ่งเป็นคุณสมบัติหรือองค์ประกอบของต่าง ๆ ของเอนทิตี

เอนทิตี users และ เอนทิตี esplog จะสัมพันธ์กับเอนทิตี espstate ในการเลือกสถานการณ์ทำงานเพื่อส่งให้ ESP32, เอนทิตี storage จะสัมพันธ์กับ เอนทิตี esplog ในการส่งค่าของตำแหน่งช่องเก็บสินค้า, เอนทิตี sensor จะสัมพันธ์กับเอนทิตี storage ในการส่งค่าสีของสินค้า และเอนทิตี product กับเอนทิตี storage จะมีการแบ่งประเภทโดยจะสัมพันธ์กับเอนทิตี color

โดยแต่ละเอนทิตีจะมีแอตทริบิวต์ที่เป็นไอดีซึ่งจะใช้เป็น primaty key เพื่อใช้ในการเชื่อมความสัมพันธ์กับตารางอื่น จากการออกแบบ แอตทริบิวต์ productColor_ID แอตทริบิวต์ storageColor_ID จะเป็น Foreign Key ที่ไม่มีค่าที่แน่นอนในตัวเอง จะดึงค่าจากแอตทริบิวต์อื่นที่เป็น Primary Key ในที่นี้จะดึงค่ามาจากแอตทริบิวต์ id ของ เอนทิตี color

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.8 การเขียนเว็บแอปพลิเคชัน

เป็นขั้นตอนในการสร้างหน้าเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการใช้งานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ โดยการสร้างเว็บแอปพลิเคชันจะแบ่งเป็นส่วนของการแสดงผลหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ส่วนการประมวลผล และส่วนการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน และใช้โปรแกรม XAMPP ในการทดสอบการใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน และสร้างฐานข้อมูลก่อนที่จะนำไปฝากไว้กับ web hosting

ส่วนการแสดงผลหน้าเว็บแอปพลิเคชันจะเขียนด้วยภาษา HTML และ CSS โดยภาษา HTML จะใช้สำหรับเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จะแสดงบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน และภาษา CSS จะใช้สำหรับการจัดการรูปแบบหรือลักษณะต่าง ๆ ขององค์ประกอบนั้นให้สวยงาม ซึ่งในส่วนของการเขียนหน้าเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา HTML จะเริ่มด้วยแท็ก <html> และปิดด้วยแท็ก </html> ดังรูปที่ 3.45

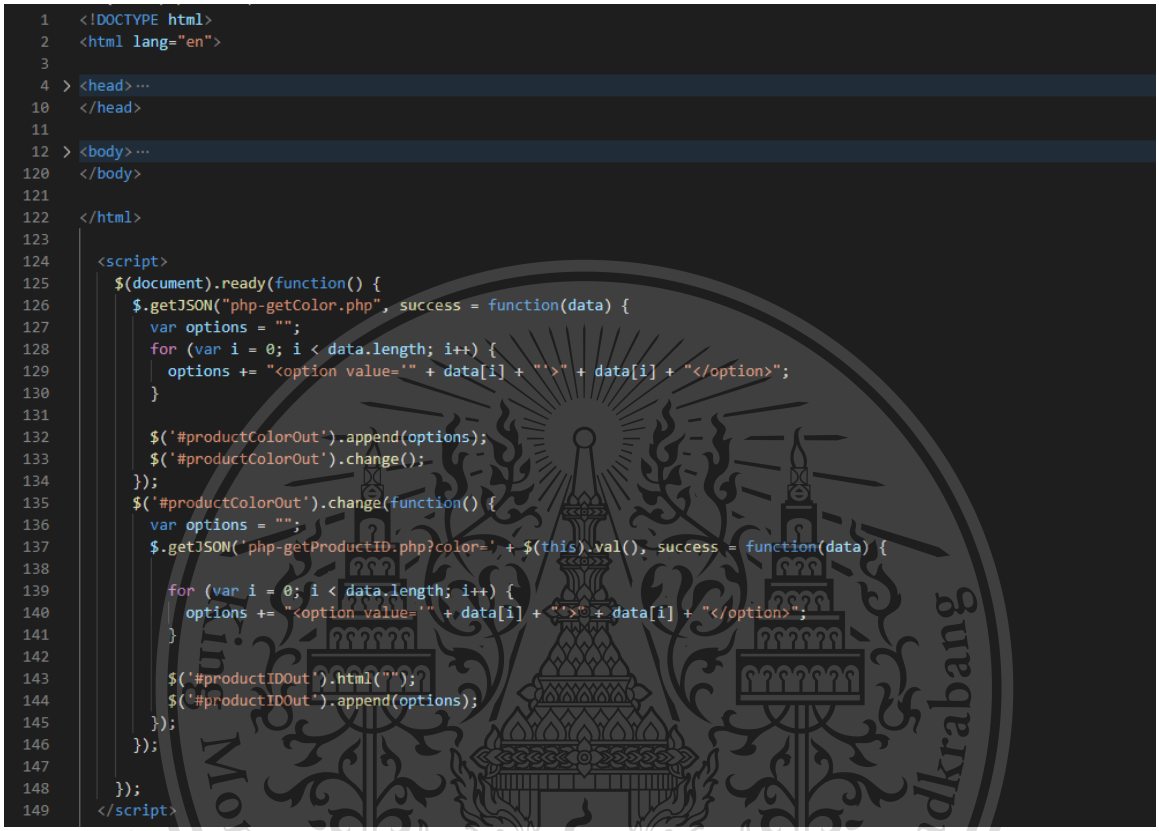
```php
<?php session_start();?>
<!doctype html>
<html>

<head>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<title>Warehouse Automation Systems</title>
<link rel="stylesheet" href="node_modules/bootstrap/dist/css/bootstrap.min.css">
</head>

<body>
<section class="min-vh-100" style="background-color:#ECECEC;">
<div class="header text-center bg-dark text-light">
    <h6>Warehouse Automation Systems</h6>
</div>

<div class="card-body-sm container">
      <form name="frmlogin"  method="POST" action="php_login.php">
        <p></p>
        <p><b> Warehouse Automation Systems </b></p>
        <div class="form-group">
            <label for="username"> ชื่อผู้ใช้ : </label>
            <input type="text" name="username"  id="username" class="form-control" placeholder="Username">
        </div>
        <div class="form-group">
            <label for="password">รหัสผ่าน : </label>
            <input type="password" name="password" id="password" class="form-control" placeholder="Password">
        </div>

        <p>
          <button type="submit" class="btn btn-primary">Login</button>
          <br>
        </p>
      </form>
</div>

</section>
</body>

</html>
```

รูปที่ 3.45 ตัวอย่างการเขียนหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่เขียนด้วยภาษา HTML

ส่วนการประมวลผลจะเขียนด้วยภาษา PHP และ JavaScript เพื่อใช้สำหรับการประมวลผลการดำเนินการต่าง ๆ บนเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งในส่วนของการเขียนหน้าเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จะเริ่มด้วย <?php และปิดด้วย ?> ส่วนในภาษา JavaScript จะเริ่มด้วยแท็ก <script> และปิดด้วยแท็ก </script> หรือสามารถเขียนแยกอีกไฟล์แล้วใช้แท็ก <script src = “ชื่อไฟล์”> เพื่อดึงโค้ดมาใช้ได้ ดังรูปที่ 3.46



```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">

<head>···
</head>

<body>···
</body>

</html>

  <script>
    $(document).ready(function() {
      $.getJSON("php-getColor.php", success = function(data) {
        var options = "";
        for (var i = 0; i < data.length; i++) {
          options += "<option value='" + data[i] + "'>" + data[i] + "</option>";
        }

        $('#productColorOut').append(options);
        $('#productColorOut').change();
      });
      $('#productColorOut').change(function() {
        var options = "";
        $.getJSON('php-getProductID.php?color=' + $(this).val(), success = function(data) {

          for (var i = 0; i < data.length; i++) {
            options += "<option value='" + data[i] + "'>" + data[i] + "</option>";
          }

          $('#productIDOut').html("");
          $('#productIDOut').append(options);
        });
      });

    });
  </script>
```

รูปที่ 3.46 ตัวอย่างการเขียนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันที่เขียนด้วยภาษา JavaScript

ส่วนการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลจะเขียนด้วยภาษา PHP ซึ่งใช้สำหรับดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลและการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล โดยจะใช้ควบคู่ไปกับภาษา SQL ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้จัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ ดังรูปที่ 3.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```php
<?php
    define('host','localhost');
    define('dbname','id16315251_warehouseproject');
    define('user_admin','id16315251_mywarehouse');
    define('user_pwd','myproject-4E');

    $conn= @mysqli_connect(host,user_admin,user_pwd,dbname);
            @mysqli_query($conn, "set names utf8");

if(!$conn){
    Print "<h1>Connect Failed</h1>";
}


// mysql_close($connect);
?>
```

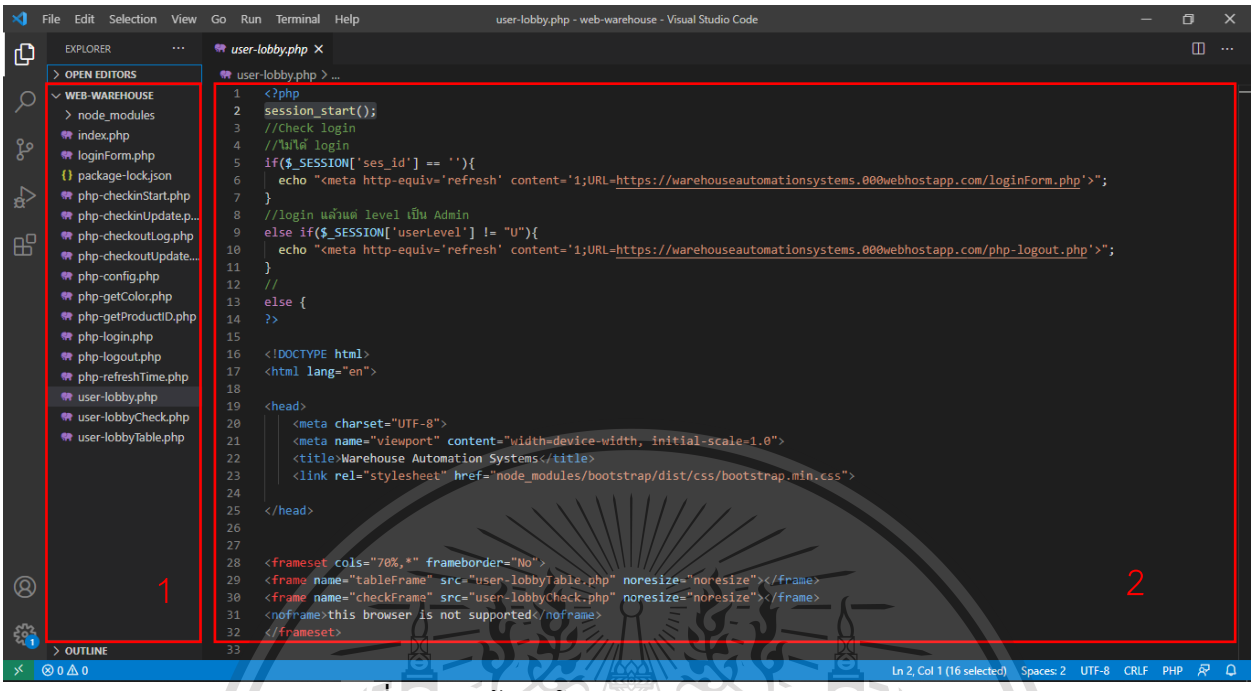
รูปที่ 3.47 ตัวอย่างการเขียนเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่เขียนด้วยภาษา PHP

```php
<?php
session_start();
require("php-config.php");
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">

<head>...
</head>

<body class="w-100 p-3" style="background-color:#ECECEC;">

    <div name="showStorage" id="showStorage">...
    </div>

    <script src="node_modules/jquery/dist/jquery.min.js"></script>
    <script src="node_modules/popper.js/dist/umd/popper.min.js"></script>
    <script src="node_modules/bootstrap/dist/js/bootstrap.min.js"></script>

</body>
</html>
```

รูปที่ 3.48 ตัวอย่างการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน

จากรูปที่ 3.48 แสดงตัวอย่างการเขียนเว็บแอปพลิเคชันโดยตัวเลขแสดงการเขียนด้วยภาษา PHP ภาษา HTML ภาษา CSS และภาษา JavaScript ตามลำดับ

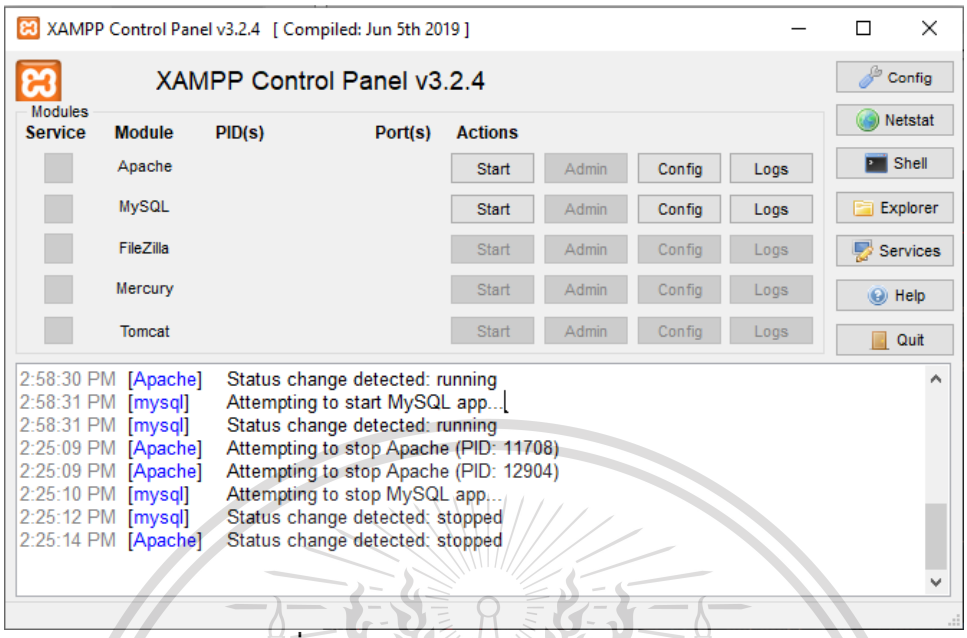
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.49 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio Code

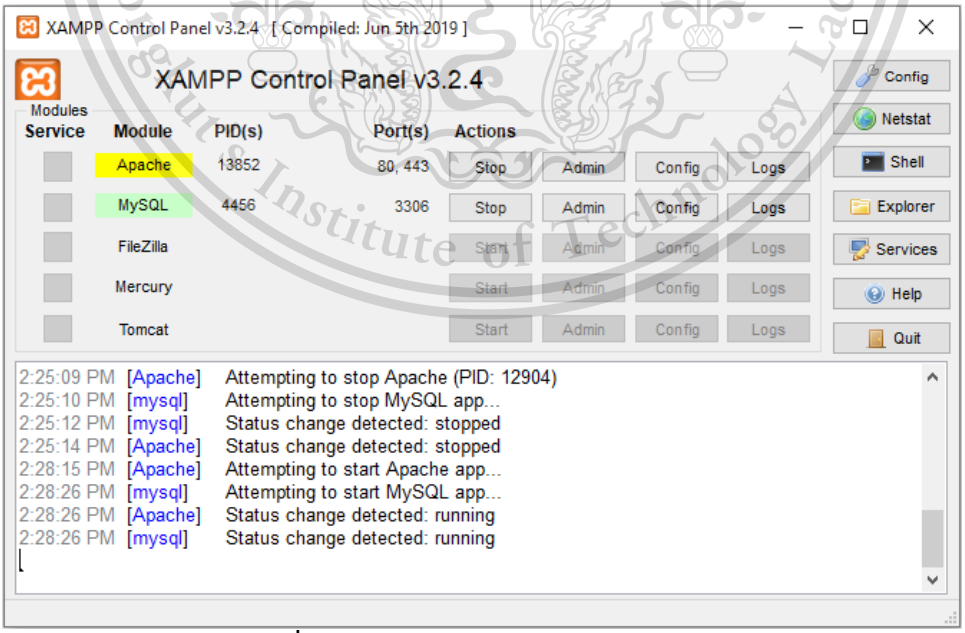
จากรูปที่ 3.49 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Visual Studio Code ที่ใช้ในการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน โดยในกรอบสีแดงหมายเลข 1 จะแสดงไฟล์ทั้งหมดที่สร้างขึ้นสำหรับเขียนเว็บแอปพลิเคชัน และในกรอบสีแดงหมายเลข 2 จะแสดงพื้นที่ที่ใช้สำหรับการเขียนโค้ด โดยหลังจากเขียนเว็บแอปพลิเคชันแล้วจะสามารถทดสอบการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันได้โดยใช้โปรแกรม XAMPP ซึ่งจะช่วยให้สามารถทดสอบหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและไม่ต้องใช้บริการ web hosting ซึ่งอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเช่า web hosting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.50 หน้าต่างโปรแกรม XAMPP (1)

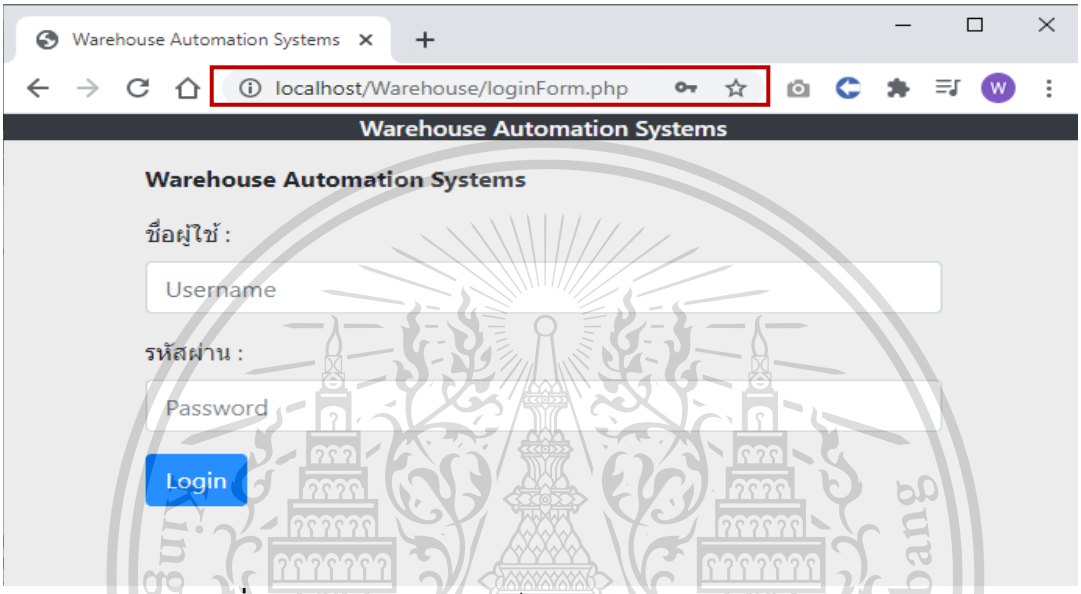
จากรูปที่ 3.50 แสดงหน้าต่างโปรแกรม XAMPP ที่ใช้ทดสอบการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันและสร้างฐานข้อมูล โดยจะต้องกดปุ่ม start ของ Apache สำหรับทดสอบหน้าเว็บ และปุ่ม start ของ MySQL สำหรับการสร้างฐานข้อมูล โดยจะสามารถจัดการฐานข้อมูลได้โดยกดปุ่ม Admin ของ MySQL ดังรูปที่ 3.51



รูปที่ 3.51 หน้าต่างโปรแกรม XAMPP (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

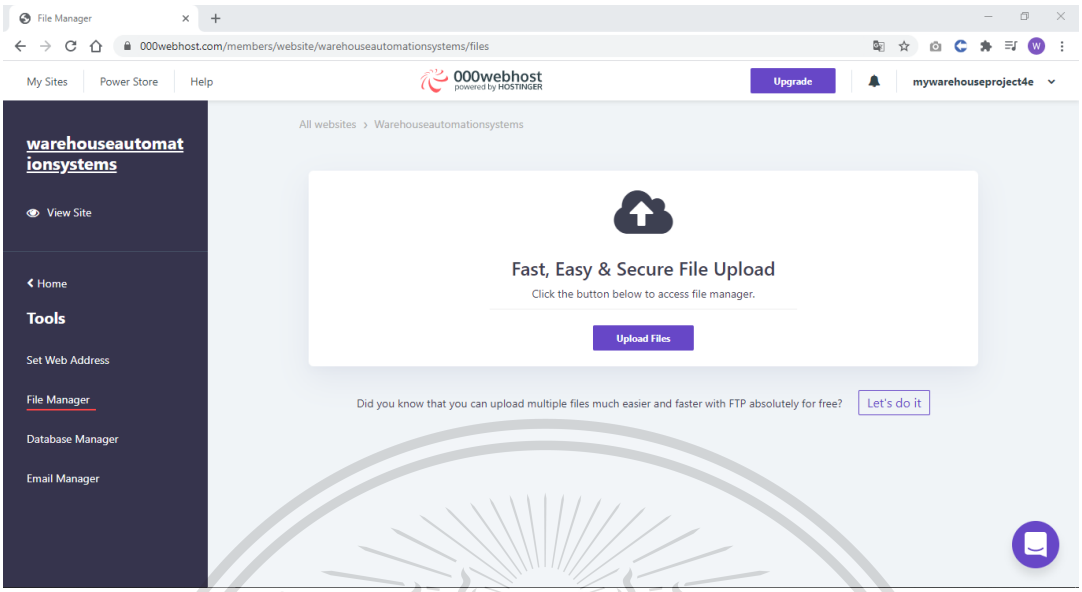
เมื่อกดปุ่ม start ของ Apache ในโปรแกรม XAMPP แล้ว จะสามารถทดสอบหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้โดยการเข้า web browser ที่มีอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นไปที่ http://localhost แล้วเลือกไฟล์ที่เขียนหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ต้องการทดสอบ ดังรูปที่ 3.52 โดยไฟล์ที่เขียนจะต้องบันทึกไว้ในโฟลเดอร์ htdocs ของโปรแกรม XAMPP



รูปที่ 3.52 การทดสอบหน้าเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ localhost

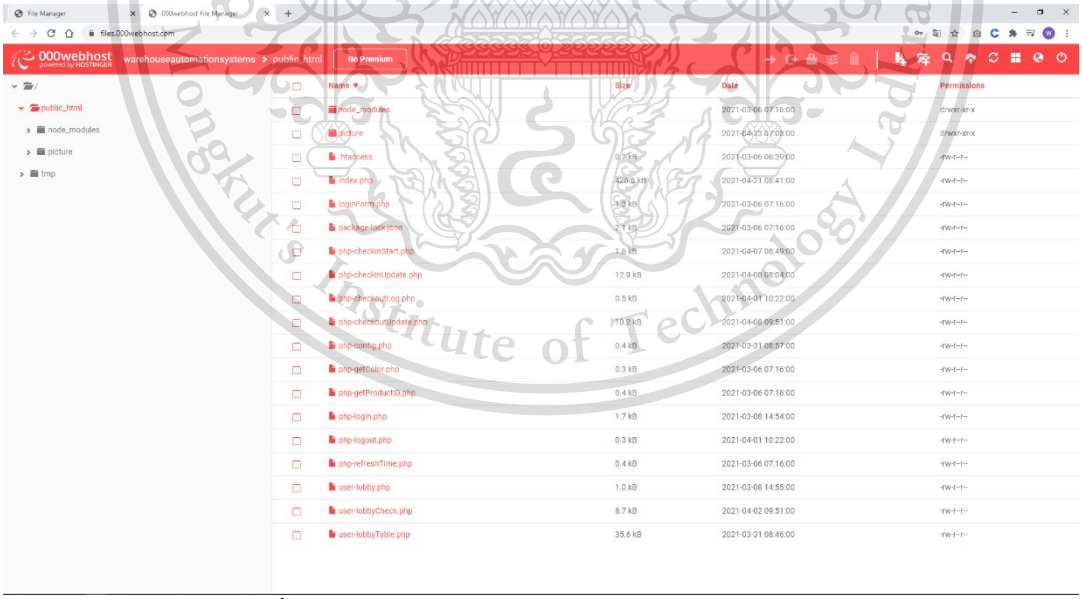
ในการทดสอบการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน หากต้องใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลจะต้องกดปุ่ม start ของ MySQL ในโปรแกรม XAMPP ด้วย เมื่อเขียนเว็บแอปพลิเคชันเสร็จเรียบร้อยตามที่ต้องการแล้วสามารถนำไฟล์ต่าง ๆ ไปอัปโหลดใน web hosting เพื่อทำให้สามารถใช้งานเว็บแอปพลิเคชันแบบออนไลน์ได้ สำหรับระบบคลังสินค้าอัตโนมัตินี้ได้เลือก www.000webhost.com เป็น web hosting ซึ่งสามารถสมัครเข้าใช้งานเพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันและอัปโหลดไฟล์ที่ได้เขียนเว็บแอปพลิเคชันไว้โดยเข้าไปในเมนู File Manager และคลิกปุ่ม Upload Files ในหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 3.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.53 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (1)

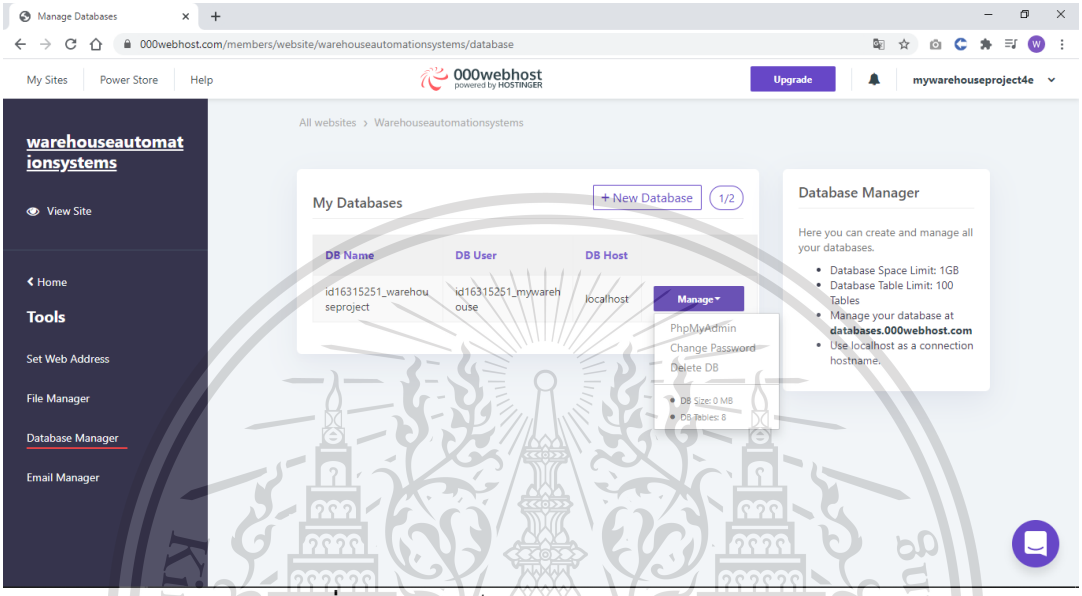
เมื่อคลิกปุ่ม Upload Files แล้วจะแสดงหน้าเว็บดังรูปที่ 3.54 ซึ่งจะสามารถดำเนินการเพิ่ม แก้ไข หรือลบไฟล์ที่ได้ทำการอัปโหลดได้



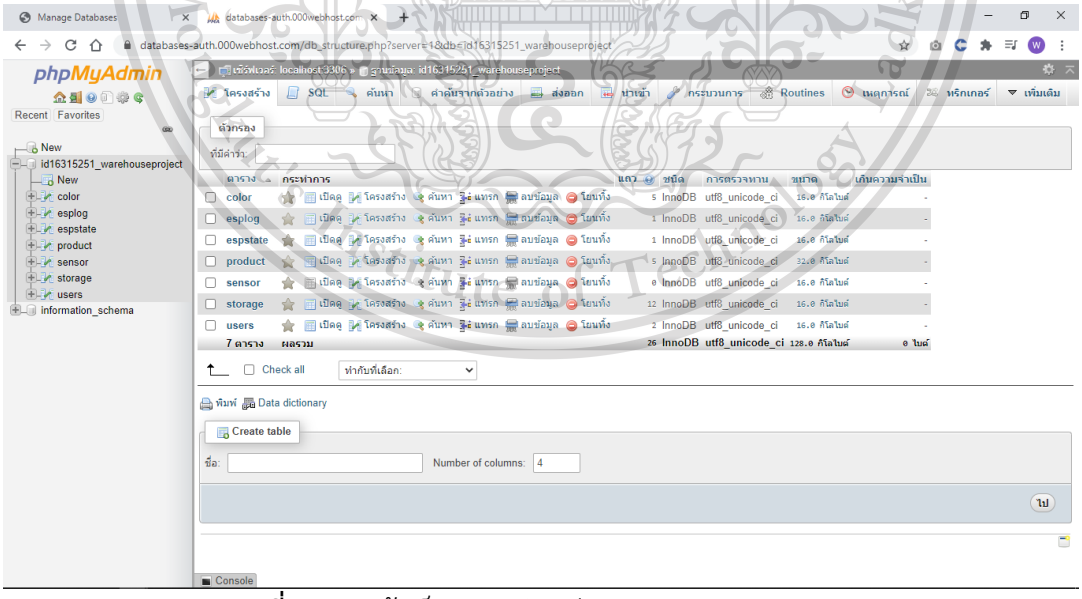
รูปที่ 3.54 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในส่วนของฐานข้อมูลสามารถสร้างและจัดการได้ โดยเลือกเมนู Database Manager จากนั้นเลือก phpMyAdmin ในหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 3.55 เมื่อเลือก phpMyAdmin แล้วจะแสดงหน้าเว็บดังรูปที่ 3.56 ซึ่งจะสามารถจัดการฐานข้อมูลได้



รูปที่ 3.55 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (3)

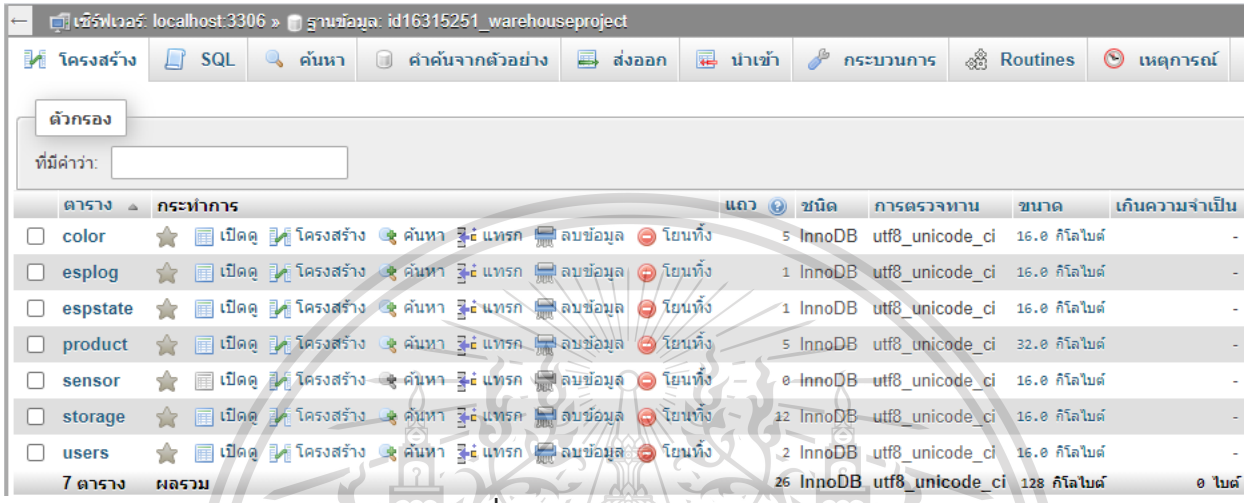


รูปที่ 3.56 หน้าเว็บแอปพลิเคชันของ web hosting (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.9 Database

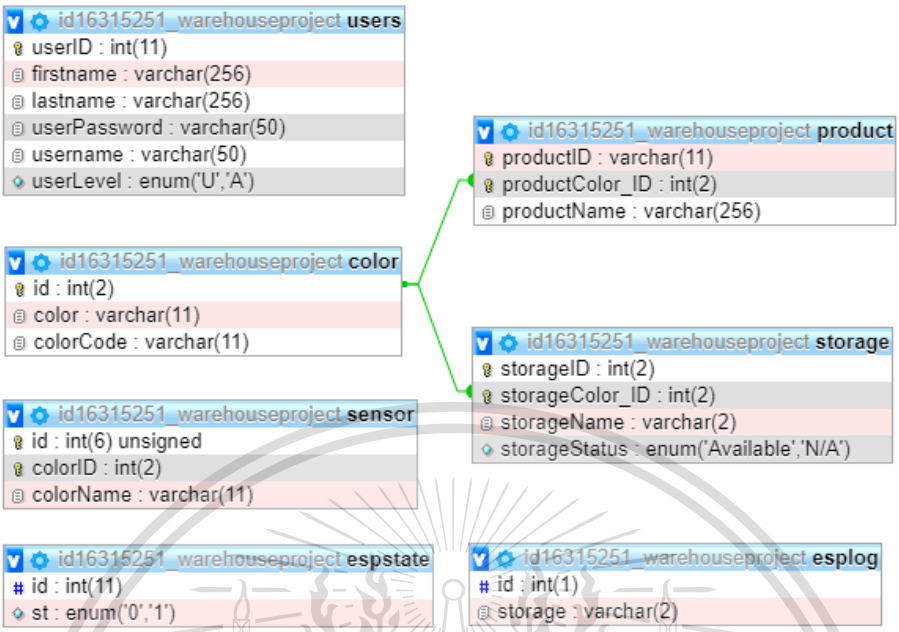
ในการสร้างตารางฐานข้อมูล เป็นการนำข้อมูลจาก ER diagram ที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.44 มาสร้างตารางฐานข้อมูล โดยจะประกอบด้วยตาราง 7 ตารางดังรูปที่ 3.57



รูปที่ 3.57 ตารางใน Database

ตารางต่าง ๆ ในฐานข้อมูลประกอบด้วย ตาราง color เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสีสำหรับการแบ่งประเภท, ตาราง esplog เก็บข้อมูลเกี่ยวกับช่องเก็บสินค้า สำหรับสื่อสารกับบอร์ด ESP32, ตาราง espstate เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการ Check in สำหรับสื่อสารกับบอร์ด ESP32, ตาราง product เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า, ตารางsensor เก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่าของสีที่ RGB color sensor ตรวจจับได้และส่งค่าผ่าน ESP32, ตารางstorage เก็บข้อมูลเกี่ยวกับช่องเก็บสินค้า, ตาราง users เก็บข้อมูลเกี่ยวกับพนักงานที่จะใช้งานระบบคลังสินค้าผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยแต่ละตารางจะมีความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 3.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.58 ความสัมพันธ์ระหว่างตารางใน Database

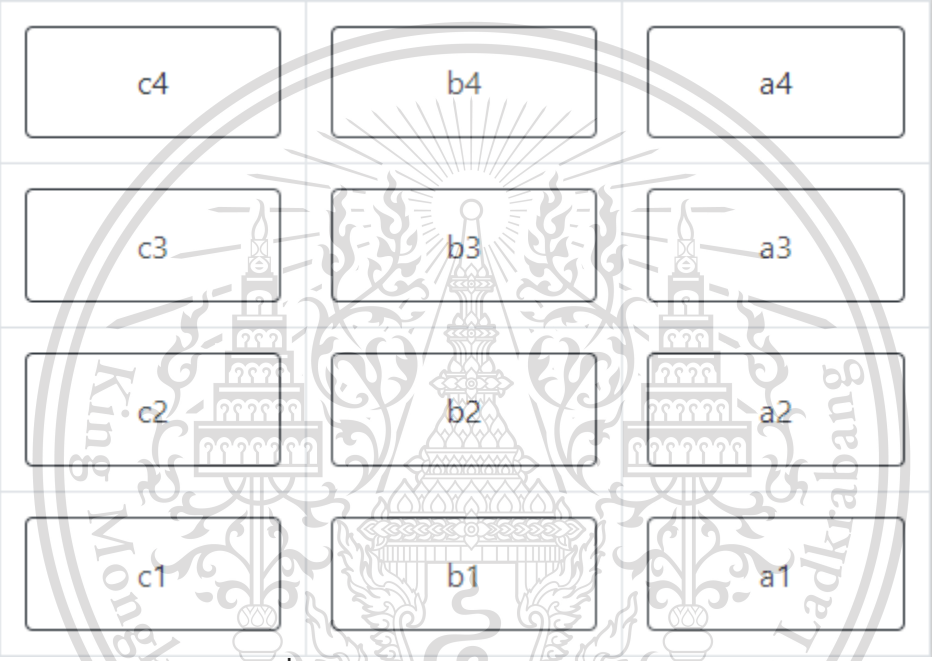
ความสัมพันธ์ระหว่างตารางในฐานข้อมูล แถว color ในตาราง color จะมีความสัมพันธ์กับแถว productColor_ID ในตาราง product และแถว storageColor_ID ในตาราง storage โดยแถว color เป็น Primary Key และแถว productColor_ID กับแถว storageColor_ID เป็น Foreign Key

การสร้างความสัมพันธ์นั้นทำเพื่อเป็นการป้องกันการกระทำกับข้อมูลที่ผิดพลาด โดยข้อมูลในแถว productColor_ID และแถว storageColor_ID เมื่อทำการ INSERT หรือ UPDATE ข้อมูลจะไม่นอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ในแถว color

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7.10 การทดสอบการทำงานของคลังสินค้า

ทดลองนำสินค้าเข้าไปเก็บยังช่องวางสินค้าและนำสินค้าออกจากช่องวางสินค้าทีละช่องเพื่อดูการทำงานว่าโฟร์คลิฟท์สามารถนำสินค้าไปเก็บยังช่องต่าง ๆ และนำสินค้าจากช่องจัดเก็บสินค้ากลับมายังจุดรับสินค้าได้หรือไม่ โดยทำการทดลองจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าทีละช่องเป็นจำนวนช่องละ 5 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ถึงตารางที่ 3.5 ซึ่งแบ่งเป็นชั้นวางสินค้าที่ 1, 2, 3 และ 4 จากชั้นล่างขึ้นบนตามลำดับ และแบ่งช่องวางสินค้าเป็น a, b และ c จากฝั่งที่ใกล้จุดเริ่มต้นไปยังฝั่งที่อยู่ไกลสุดตามลำดับ ดังรูปที่ 3.59



รูปที่ 3.59 ตำแหน่งของช่องจัดเก็บสินค้า

ตารางที่ 3.2 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 1

ครั้งที่	ช่อง a	ช่อง b	ช่อง c
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2	ปกติ	ปกติ	วางสินค้าไม่ตรงช่อง
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.3 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 2

ครั้งที่	ช่อง a	ช่อง b	ช่อง c
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ

ตารางที่ 3.4 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 3

ครั้งที่	ช่อง a	ช่อง b	ช่อง c
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ
4	วางสินค้าไม่ตรงช่อง	ปกติ	ปกติ
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ

ตารางที่ 3.5 ผลการทำงานในการจักเก็บ-เรียกคืนสินค้าแต่ละช่องในชั้นที่ 4

ครั้งที่	ช่อง a	ช่อง b	ช่อง c
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3	วางสินค้าไม่ตรงช่อง	ปกติ	ปกติ
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ

จากการทดสอบพบว่า เมื่อนำสินค้าไปเก็บยังช่องต่าง ๆ เป็นจำนวนช่องละ 5 ครั้ง มี 3 ครั้งจากการทดลองทั้งหมด ที่นำสินค้าไปวางได้ไม่ตรงกับตำแหน่งช่องเก็บสินค้า โดยโฟร์คลิฟท์นำสินค้าไปจัดเก็บในช่องที่ต้องการแต่ไม่สามารถวางสินค้าในช่องจัดเก็บนั้นได้ เกิดการเหลื่อมกันระหว่างสินค้ากับชั้นวางทำให้สินค้าตกลงมา การสังเกตพบว่า เกิดจากการวางสินค้า ณ จุดเริ่มต้นที่ไม่เหมาะสม เมื่อทำการนำสินค้าไปเก็บยังช่องจัดเก็บทำให้ตัวสินค้าเข้าไปได้ไม่ถึงในจุดที่วางสินค้า วิธีการแก้ปัญหานี้คือ กำหนดตำแหน่งสำหรับวางสินค้าที่จุดเริ่มต้นให้แน่นอน ในส่วนของการเรียกคืนสินค้าสามารถเรียกคืนสินค้าได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ

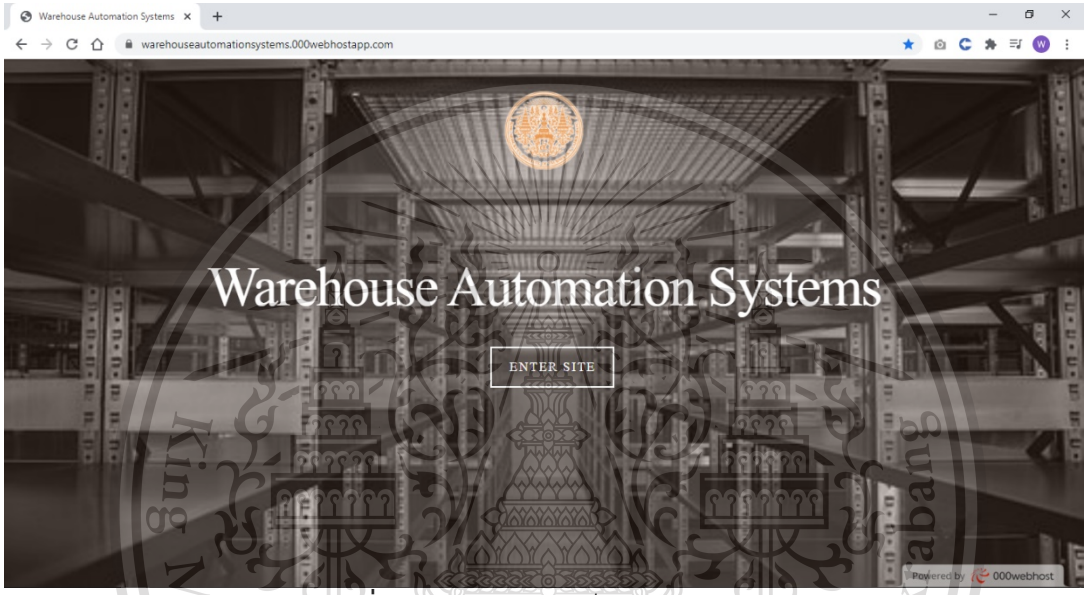
รูปที่ 4.1 โครงสร้างคลังสินค้าอัตโนมัติ

ในรูปที่ 4.1 แสดงถึงโครงสร้างของคลังสินค้าจำลองว่าหลังจากที่ได้ทำการประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 Web Application

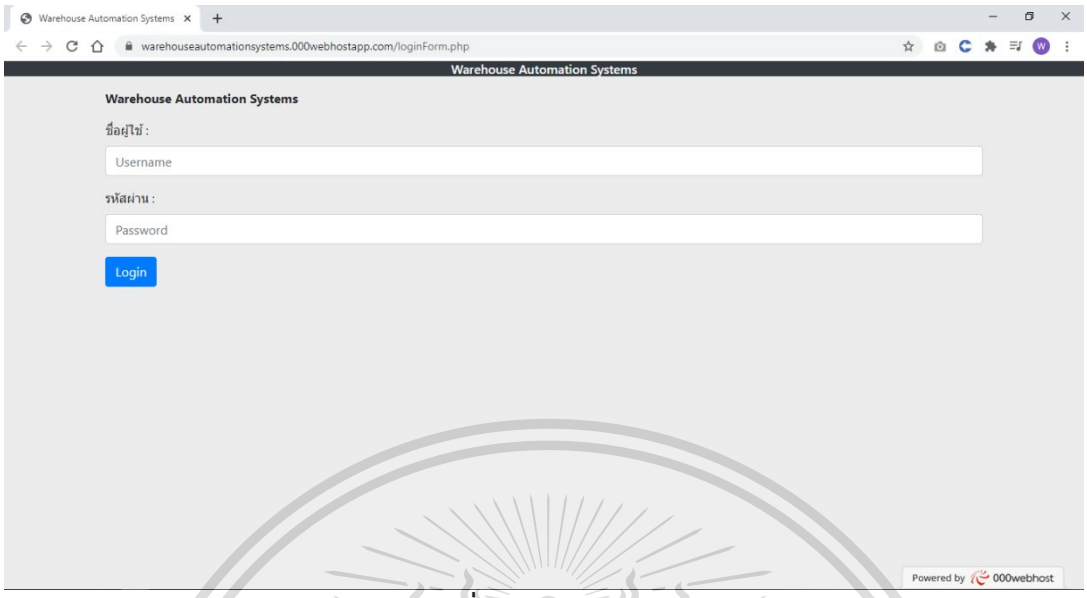
หลังจากออกแบบและสร้างฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการออกแบบการทำงานและรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ใช้ภาษา HTML และ CSS ในการเขียนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ใช้ภาษา PHP และภาษา JavaScript ในการเขียนเพื่อเชื่อมต่อฐานข้อมูลและการประมวลผลต่าง ๆ บนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการออกแบบและพัฒนา โดยมีการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันดังนี้



รูปที่ 4.2 หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชัน

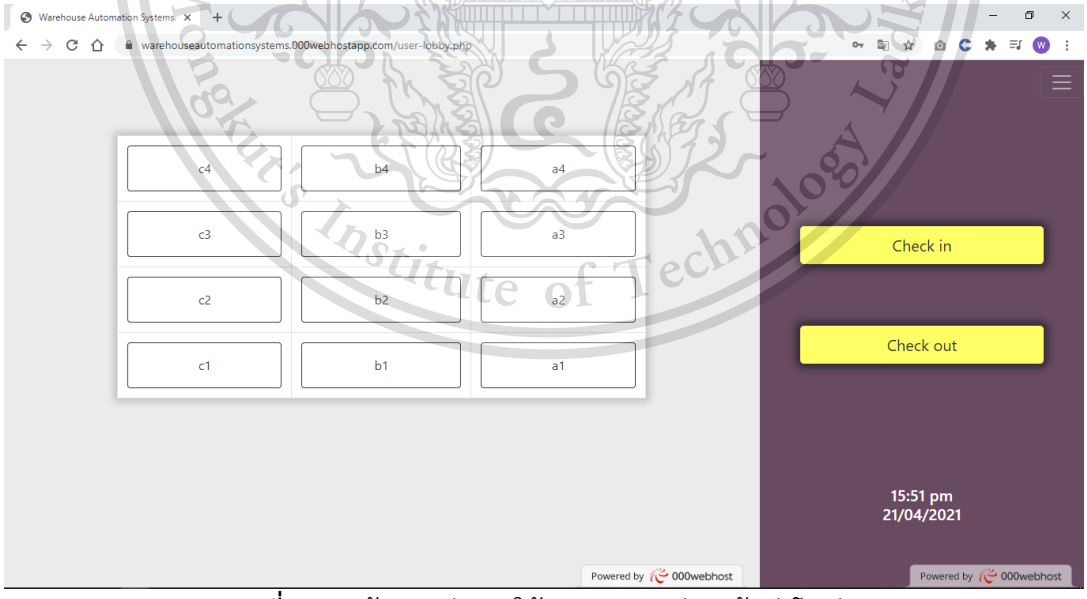
หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชันจะมีปุ่ม ENTER SITE สำหรับเข้าสู่เว็บแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ ดังรูปที่ 4.2 เมื่อเข้าสู่เว็บแอปพลิเคชันแล้ว จะมีหน้าเว็บแอปพลิเคชันสำหรับเข้าสู่ระบบโดยการป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านซึ่งจะถูกเพิ่มไว้ในฐานข้อมูลแล้ว ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



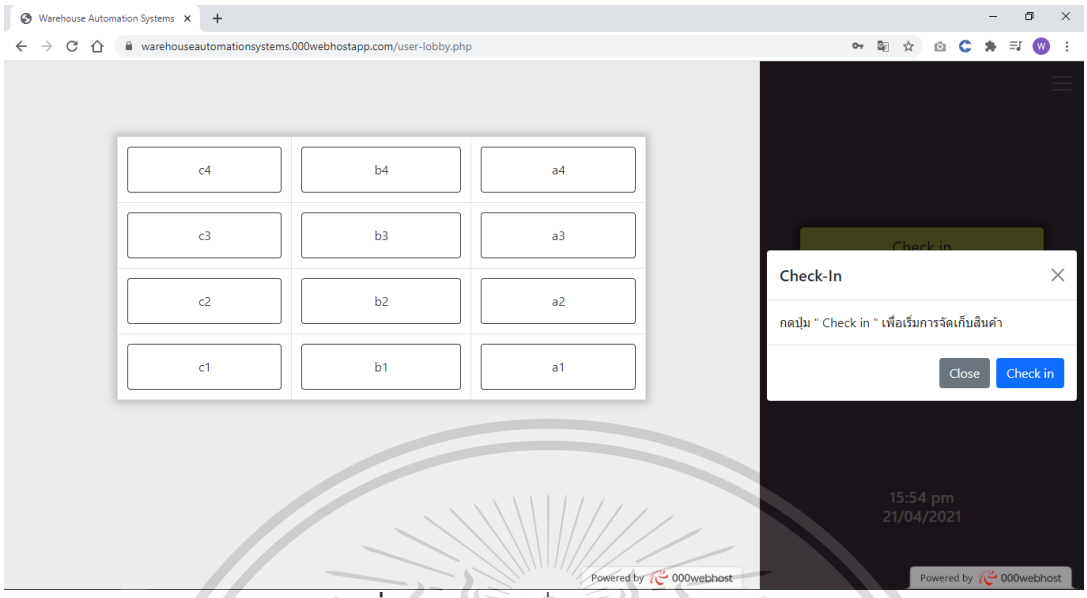
รูปที่ 4.3 หน้า Login

เมื่อทำการเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว จะเข้าสู่หน้าสำหรับการใช้งานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ฝั่งคือ ด้านซ้ายสำหรับแสดงสถานะของช่องจัดเก็บสินค่าซึ่งแบ่งเป็น 12 ช่อง และด้านขวาสำหรับการ check in หรือ check out สินค้า ดังรูปที่ 4.4



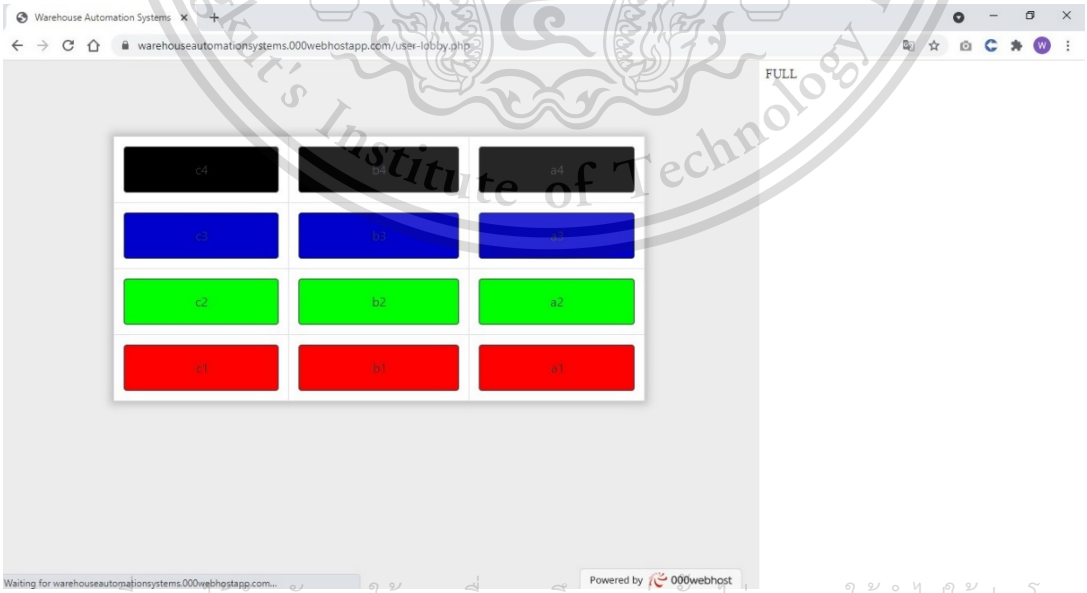
รูปที่ 4.4 หน้าสำหรับการใช้งานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



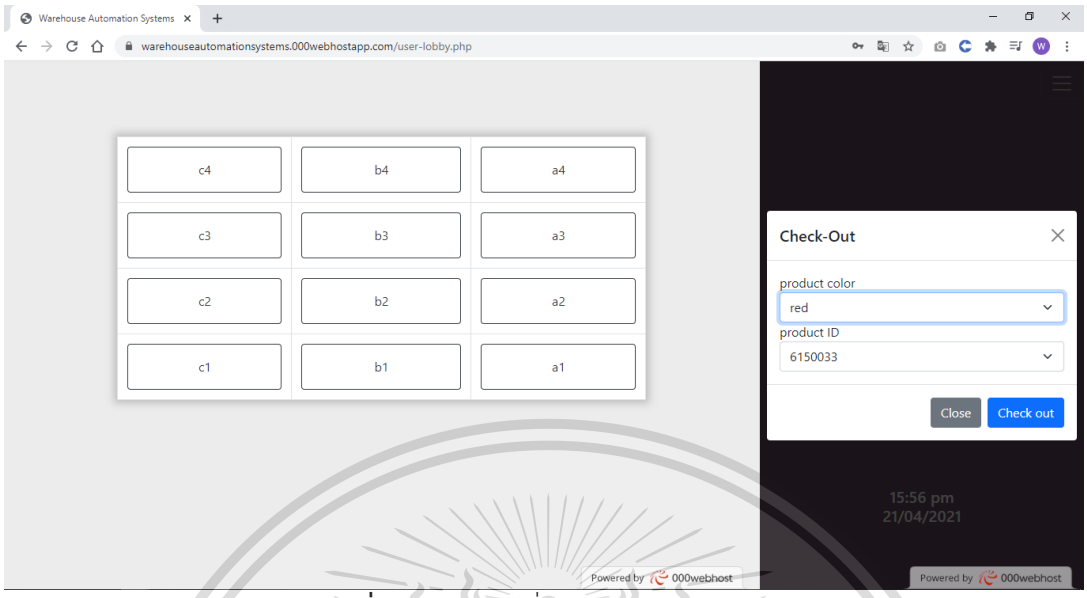
รูปที่ 4.5 ผลลัพธ์เมื่อกดปุ่ม Check in

เมื่อทำการกดปุ่ม Check in จะแสดงหน้าต่างสำหรับกด Check in อีกครั้ง ดังรูปที่ 4.5 เพื่อเริ่มการจัดเก็บสินค้า จากนั้นจะเริ่มการทำงานของคลังสินค้าในส่วนฮาร์ดแวร์และการอัพเดทฐานข้อมูล หากมีช่องว่างสำหรับใส่สินค้าจะแสดงสีในช่องที่สินค้าถูกนำไปจัดเก็บทางด้านซ้ายของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะเป็นสีตามประเภทของสินค้าที่ถูกนำไปจัดเก็บ หากไม่มีช่องว่างสำหรับจัดเก็บสินค้าจะแสดงข้อความว่า “FULL” ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การแจ้งเตือนว่าไม่มีช่องว่างในการจัดเก็บสินค้าเมื่อทำการ check in

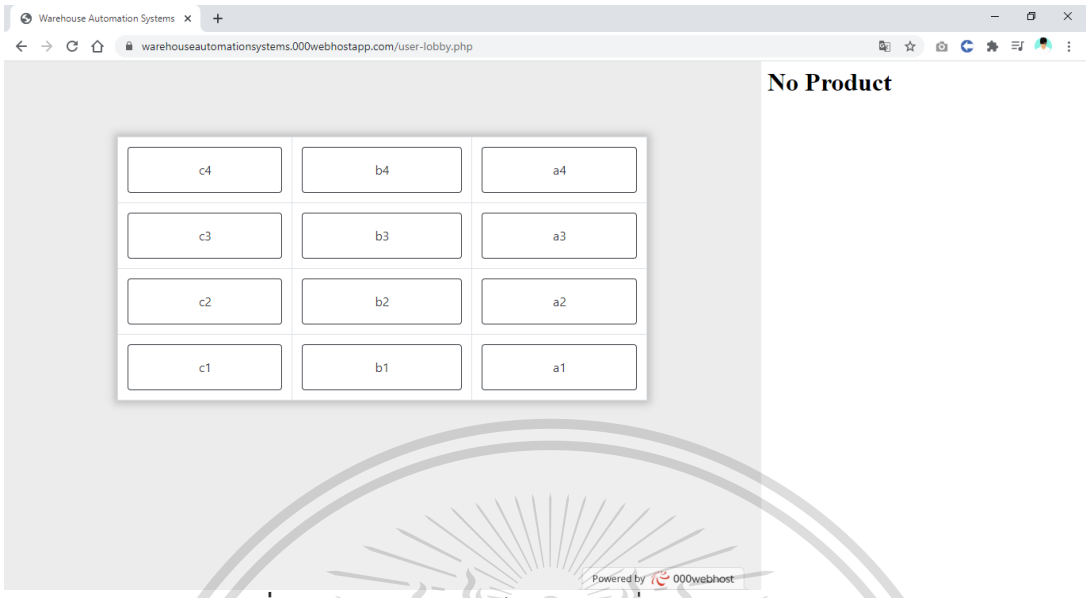
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



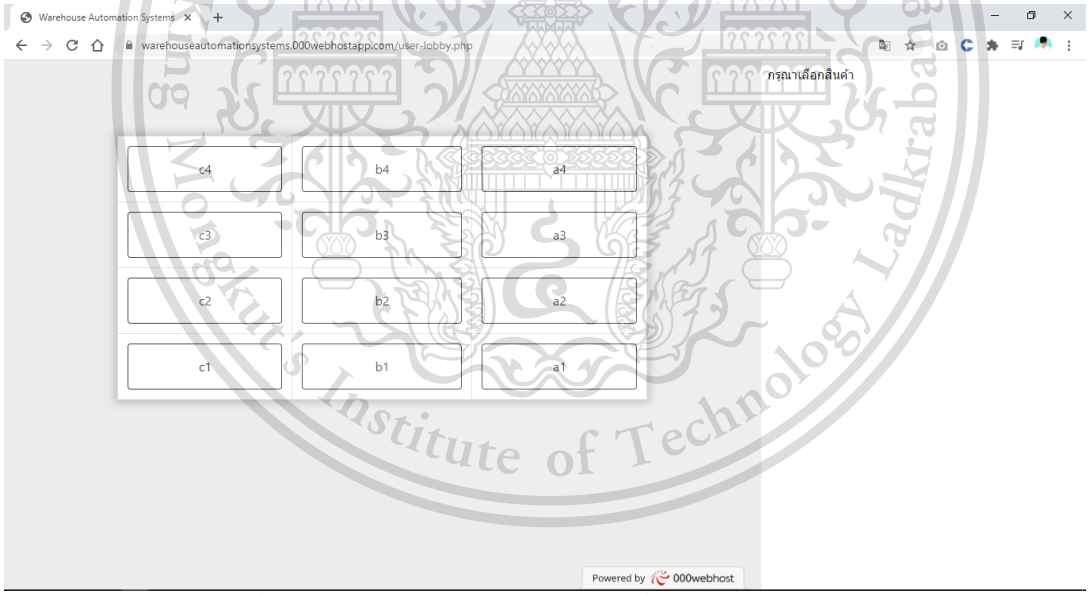
รูปที่ 4.7 ผลลัพธ์เมื่อกดปุ่ม Check out

เมื่อทำการกดปุ่ม Check out จะแสดงหน้าต่างสำหรับเลือกสีของสินค้าที่ต้องการนำออก โดยจะแสดงรหัสของสินค้าซึ่งถูกแบ่งไว้ตามสีด้วย ดังรูปที่ 4.7 เมื่อกดปุ่ม Check out อีกครั้ง จะเริ่มการทำงานของคลังสินค้าในส่วนฮาร์ดแวร์และการอัพเดทฐานข้อมูลเพื่อนำสินค้าออก หากมีสินค้าที่ต้องการอยู่สีในช่องที่สินค้าถูกนำออกไปจะกลายเป็นสีขาว หากไม่มีสินค้านั้นอยู่ในคลังสินค้าจะแสดงข้อความว่า “No Product” ดังรูปที่ 4.8 หากกดปุ่ม Check out โดยไม่ได้เลือกสินค้าจะแสดงข้อความว่า “กรุณาเลือกสินค้า” ดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

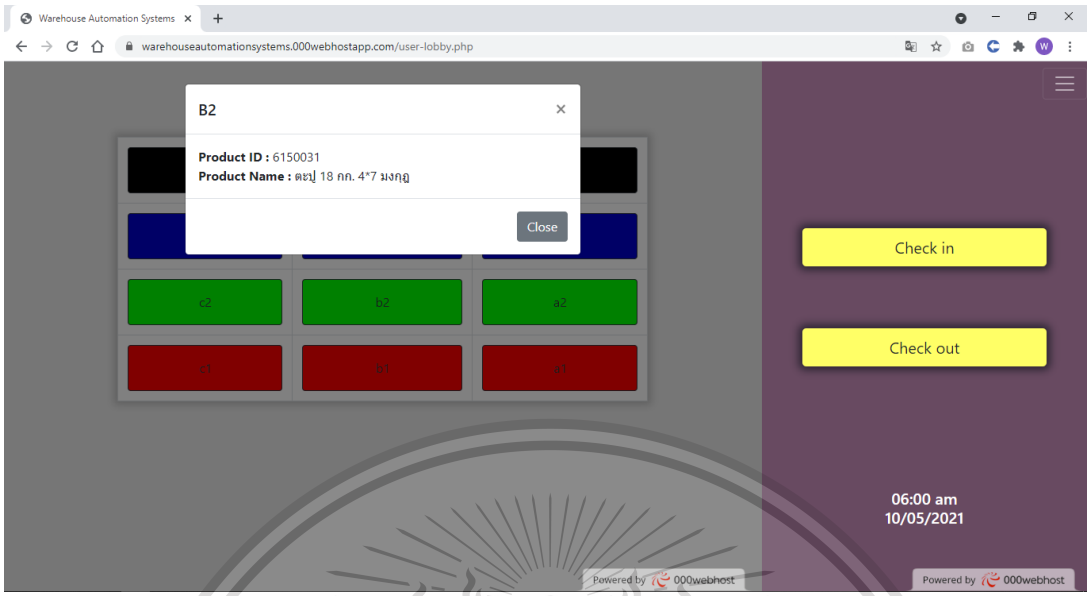


รูปที่ 4.8 การแจ้งเตือนว่าไม่มีสินค้าเมื่อทำการ check out



รูปที่ 4.9 การแจ้งเตือนให้เลือกสินค้าเพื่อทำการ check out

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



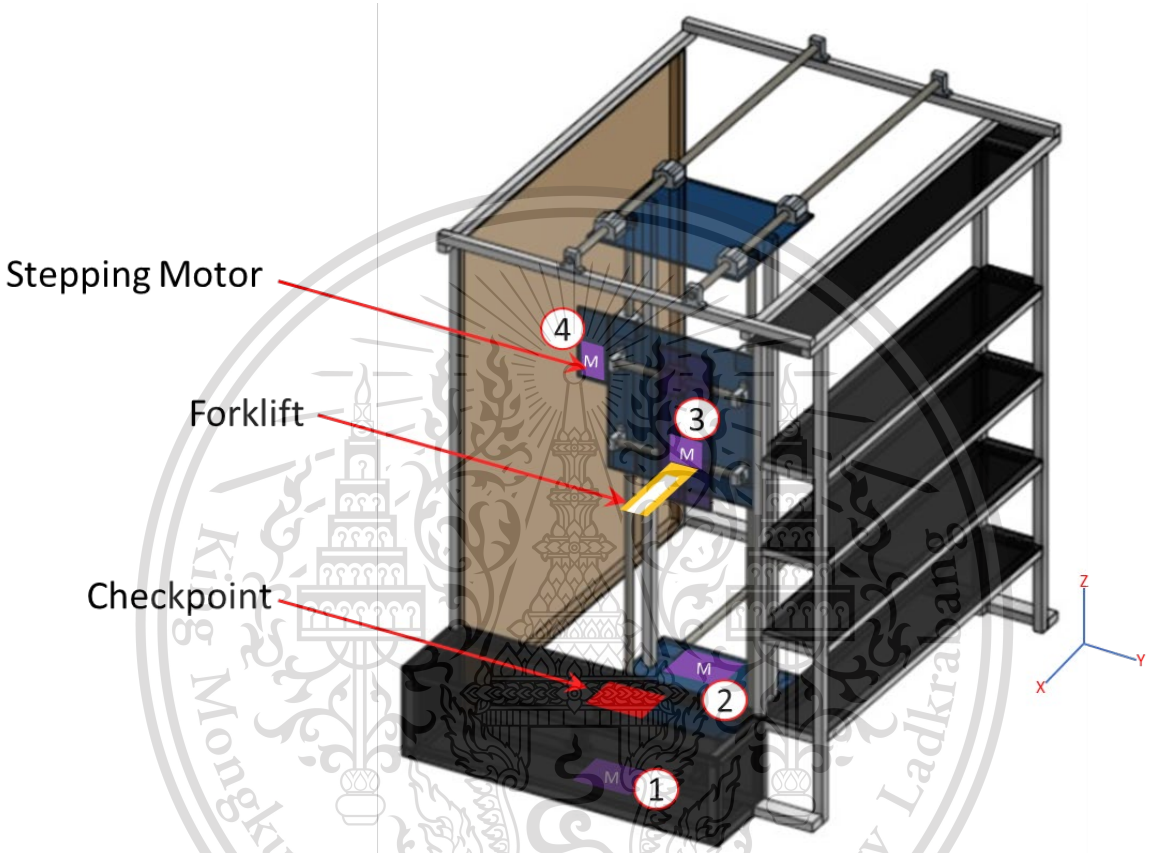
รูปที่ 4.10 modal แสดงรายละเอียดสินค้าในช่องเก็บสินค้า

นอกจากการสั่งการทำงานของคลังสินค้าด้วยการกด Check in และ Check out แล้ว ยังสามารถดูข้อมูลของสินค้าที่อยู่ในคลังสินค้าได้ด้วยการกดไปที่ช่องต่าง ๆ ซึ่งแสดงถึงช่องจัดเก็บสินค้าแต่ละช่อง โดยจะแสดงรายละเอียดของสินค้าที่อยู่ในช่องสินค้าดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การทำงานของคลังสินค้า

คลังสินค้าจะมีลักษณะเป็น 3 แกน มีฝั่งสำหรับเก็บสินค้า 1 ฝั่ง สามารถเก็บสินค้าได้ 4 ชั้น แต่ละชั้นสามารถเก็บสินค้าได้ชั้นละ 3 ชิ้น ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 โมเดลของคลังสินค้าอัตโนมัติ

การสั่งการทำงานของมอเตอร์จะเริ่มจากการที่ user ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันซึ่งเป็น user interface จากนั้นจะมีการส่งค่าผ่านบอร์ด ESP32 ไปยังบอร์ด Arduino MEGA 2560 เพื่อให้มอเตอร์ทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยในการนำสินค้าไปจัดเก็บจะมีการรับค่าจากเซนเซอร์ที่ตรวจจับสีของสินค้า ณ จุด checkpoint เมื่อได้รับค่าสีแล้วจะตรวจสอบหาช่องที่จะนำสินค้าไปจัดเก็บจากฐานข้อมูลแล้วส่งค่ามายัง Arduino เพื่อสั่งให้มอเตอร์ไปยังช่องนั้น รวมถึงการนำสินค้าออกจากคลังสินค้าก็จะมีการตรวจสอบหาช่องที่สามารถนำสินค้าที่ต้องการออกจากคลังสินค้าในฐานข้อมูลแล้วส่งค่ามายัง Arduino เพื่อสั่งให้มอเตอร์ไปยังช่องนั้น เพื่อนำสินค้ากลับมายังจุด checkpoint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การเคลื่อนที่ของ Forklift ในโหมด Check-in มีดังนี้

1. มอเตอร์หมายเลข 2 จะทำหน้าที่เคลื่อนที่ขึ้นและลง (แนวแกน Z) ลำดับแรกมอเตอร์หมายเลข 2 จะยกพาเลทสินค้าขึ้นจากจุด checkpoint ให้สูงจากพื้นเล็กน้อย
2. มอเตอร์หมายเลข 1 จะทำหน้าที่เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง (แนวแกน X) ในลำดับที่สองมอเตอร์หมายเลข 1 จะทำให้ forklift เคลื่อนที่ไปด้านหลังยังแถวที่จะนำสินค้าไปจัดเก็บ
3. มอเตอร์หมายเลข 2 จะยก forklift ขึ้นไปยังชั้นที่จะจัดเก็บสินค้า (แนวแกน Z) โดยจะเคลื่อนที่เป็นลำดับที่สาม
4. มอเตอร์หมายเลข 3 จะติดอยู่กับ forklift มีหน้าที่หมุนเปลี่ยนทิศทางของ forklift ในลำดับที่สี่จะทำการหมุน forklift เพื่อเปลี่ยนทิศทางไปยังชั้นสำหรับจัดเก็บ
5. มอเตอร์หมายเลข 4 จะทำหน้าที่เลื่อน forklift เข้าไปเก็บสินค้าในช่องที่จะจัดเก็บ (แนวแกน Y) โดยจะทำหน้าที่ลำดับที่ห้า
6. มอเตอร์หมายเลข 2 จะเลื่อน forklift ลงเพื่อวางพาเลทสินค้าอย่างนุ่มนวลเป็นลำดับที่หก
7. เคลื่อนที่ forklift กลับไปยังตำแหน่ง checkpoint โดยเริ่มย้อนการทำงานของมอเตอร์จากมอเตอร์หมายเลข 4 และมอเตอร์หมายเลข 3, 2, 1 ตามลำดับ จากนั้นเลื่อน forklift ลงเล็กน้อยด้วยมอเตอร์หมายเลข 2 เพื่อรอการทำงานครั้งต่อไป

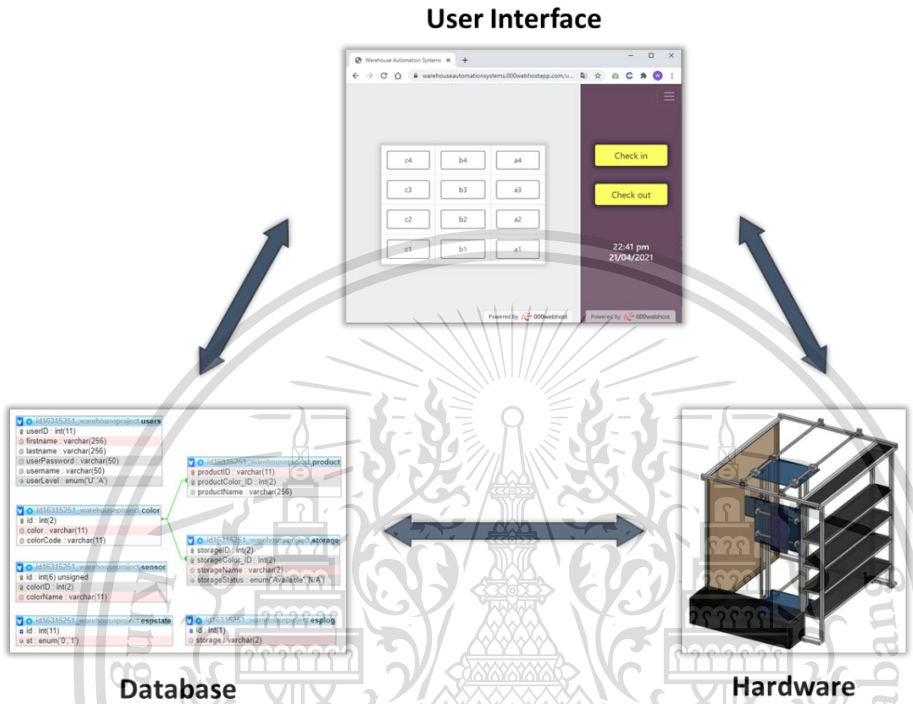
การเคลื่อนที่ของ Forklift ใน Mode Check-Out มีดังนี้

1. มอเตอร์หมายเลข 1 จะทำหน้าที่เคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลัง (แนวแกน X) ในลำดับที่แรกมอเตอร์หมายเลข 1 จะทำให้ forklift เคลื่อนที่ไปด้านหลังยังแถวที่จะนำสินค้าออก
2. มอเตอร์หมายเลข 2 จะยก forklift ขึ้น (แนวแกน Z) ไปยังชั้นที่จะนำสินค้าออก โดยจะเคลื่อนที่เป็นลำดับที่สอง
3. มอเตอร์หมายเลข 3 จะติดอยู่กับ forklift มีหน้าที่หมุนเปลี่ยนทิศทางของ forklift ในลำดับที่สามจะทำการหมุน forklift เพื่อเปลี่ยนทิศทางไปยังช่องที่จะนำสินค้าออก
4. มอเตอร์หมายเลข 4 จะทำหน้าที่เลื่อน forklift เข้าไปรับสินค้าในช่องที่วางสินค้า (แนวแกน Y) โดยจะทำหน้าที่ลำดับที่สี่
5. มอเตอร์หมายเลข 2 จะเลื่อน forklift ขึ้น (แนวแกน Z) เพื่อยกพาเลทสินค้าขึ้นจากชั้นเป็นลำดับที่ห้า
6. เคลื่อนที่ forklift กลับไปยังตำแหน่ง checkpoint โดยเริ่มย้อนการทำงานของมอเตอร์จากมอเตอร์หมายเลข 4 และมอเตอร์หมายเลข 3, 2, 1 ตามลำดับ จากนั้นเลื่อน forklift ลงเล็กน้อยด้วยมอเตอร์หมายเลข 2 เพื่อวางพาเลทสินค้าที่จุด checkpoint

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 การใช้งานคลังสินค้าอัตโนมัติ

ระบบคลังสินค้าอัตโนมัตินี้จะประกอบด้วยสามส่วนที่เกี่ยวข้องกันดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ส่วนประกอบของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ

สิ่งที่จำเป็นต้องมีคือ เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในส่วนของ User Interface และติดต่อกับ Hardware ผ่านทาง Serial Port จาก Arduino

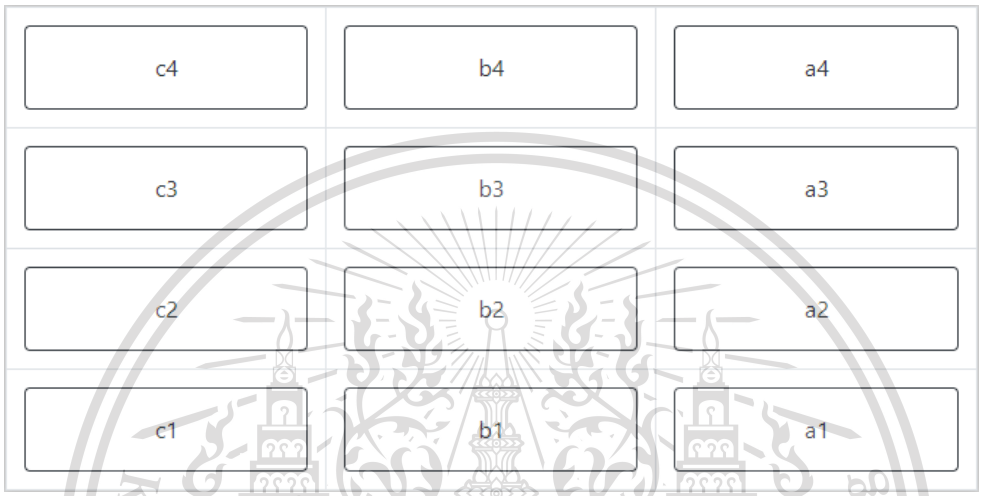
ขั้นตอนการใช้งานระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ

1. เข้าสู่เว็บแอปพลิเคชัน https://warehouseautomationsystems.000webhostapp.com
2. เข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน
3. เสียบสาย USB เข้า Port ที่ตรงกับที่เขียนในโปรแกรม
4. อัปโหลดโค้ดควบคุมไปยัง Arduino และ ESP32
5. เปิด serial monitor เพื่อให้ ESP32 เชื่อมต่อกับ Wi-Fi
6. Test จุดเริ่มต้น เพื่อให้ Forklift อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5 การจัดเก็บสินค้าของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ

สินค้าที่จัดเก็บจะถูกแบ่งประเภทตามความถี่ของการใช้งานซึ่งได้ทำการแบ่งสินค้าเป็น 4 ประเภท โดยสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยจะใช้สีแดง สินค้าที่มีความเคลื่อนไหวน้อยกว่าจะเป็นสีเขียว สีน้ำเงิน และสีดำตามลำดับ โดยแบ่งช่องจัดเก็บสินค้า ดังรูปที่ 4.13



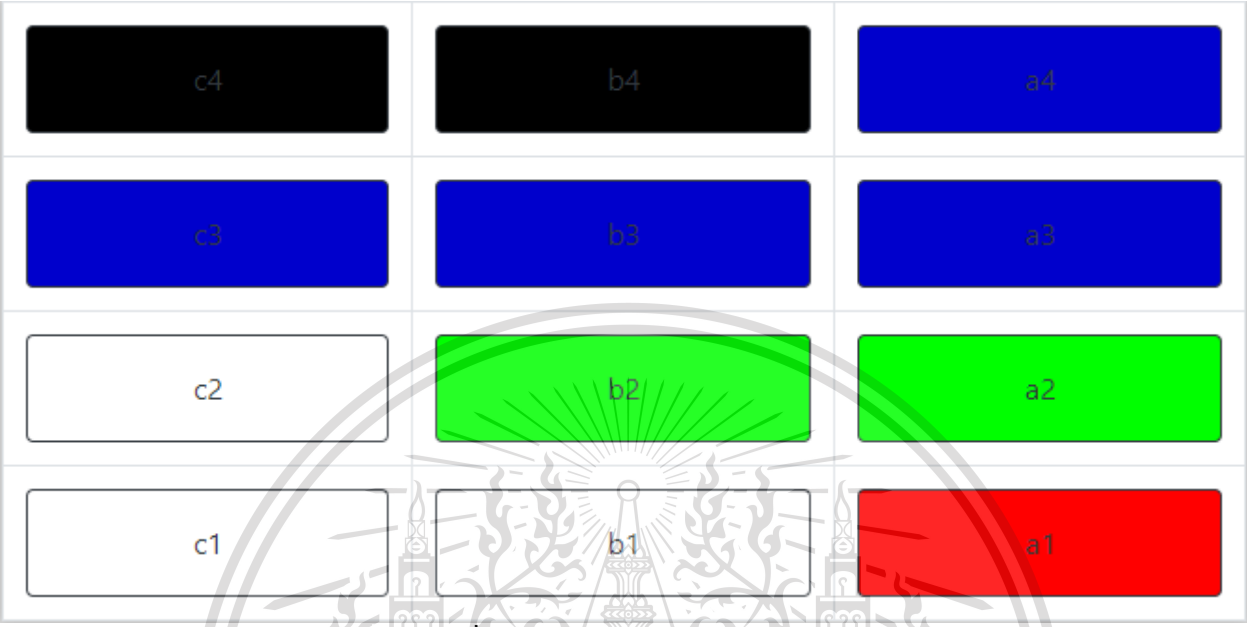
รูปที่ 4.13 การแบ่งช่องสำหรับจัดเก็บสินค้า

การจัดเก็บสินค้าแต่ละประเภทในคลังสินค้า

1. สินค้าสีแดงจะถูกเรียงจากชั้นที่ 1 ก่อนแล้วจึงจะขึ้นไปยังชั้นถัดไป โดยแต่ละชั้นจะเรียงจากช่อง a ไปยังช่อง c
2. สินค้าสีเขียวจะถูกเรียงจากชั้นที่ 2 แล้วจึงจะขึ้นไปยังชั้นถัดไป โดยแต่ละชั้นจะเรียงจากช่อง a ไปยังช่อง c หากช่องที่อยู่ในชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 เต็มหมดแล้วจึงจะนำสินค้ามาวางในชั้นที่ 1 โดยจะเรียงจากช่อง c ไปยังช่อง a
3. สินค้าสีน้ำเงินจะถูกเรียงจากชั้นที่ 3 แล้วจึงจะขึ้นไปยังชั้นถัดไป โดยแต่ละชั้นจะเรียงจากช่อง a ไปยังช่อง c หากช่องที่อยู่ในชั้นที่ 4 เต็มหมดแล้วจึงจะนำสินค้ามาวางในชั้นที่ 2 และ 1 ตามลำดับ โดยแต่ละชั้นจะเรียงจากช่อง c ไปยังช่อง a
4. สินค้าสีดำจะถูกเรียงจากชั้นที่ 4 ก่อนแล้วจึงจะลงมายังชั้นถัดไป โดยแต่ละชั้นจะเรียงจากช่อง c ไปยังช่อง a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การนำสินค้าแต่ละประเภทออกจากคลังสินค้า



รูปที่ 4.14 ช่องสำหรับจัดเก็บสินค้า

สินค้าแต่ละประเภทจะถูกนำออกจากคลังสินค้า โดยพิจารณาจากชิ้นที่อยู่ในชั้นที่ 1 ก่อนแล้วจึงจะขึ้นไปยังชั้นถัดไป สินค้าแต่ละชั้นจะถูกนำออกโดยเรียงจากช่อง a ไปยังช่อง c

ตัวอย่างการนำสินค้าออกจากคลังสินค้าโดยมีสินค้าในคลังสินค้า ดังรูปที่ 4.14

1. หากต้องการนำสินค้าสีแดงออกจากคลังสินค้า สินค้าสีแดงที่อยู่ในช่อง a1 จะถูกนำออกจากคลังสินค้า
2. หากต้องการนำสินค้าสีเขียวออกจากคลังสินค้า สินค้าสีเขียวที่อยู่ในช่อง a2 จะถูกนำออกจากคลังสินค้าก่อน
3. หากต้องการนำสินค้าสีน้ำเงินออกจากคลังสินค้า สินค้าสีน้ำเงินที่อยู่ในช่อง a3 จะถูกนำออกจากคลังสินค้าก่อน
4. หากต้องการนำสินค้าสีดำออกจากคลังสินค้า สินค้าสีดำที่อยู่ในช่อง b4 จะถูกนำออกจากคลังสินค้าก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานตามขั้นตอนตามที่กล่าวมา โดยเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและวางแผนขอบเขตของโครงงาน จากนั้นได้แบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟต์แวร์ ในส่วนของฮาร์ดแวร์ ได้ทำการศึกษาหลักการของอุปกรณ์ต่าง ๆ และออกแบบชิ้นงานให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ในส่วนของซอฟต์แวร์ คือส่วนของการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิ้นงาน เว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน โปรแกรมสำหรับสื่อสารระหว่างเว็บแอปพลิเคชันและชิ้นงาน โดยได้มีการออกแบบการทำงานของระบบคลังสินค้าให้สามารถลำดับความสำคัญของสินค้าในการจัดเก็บหรือเรียกคืนได้อัตโนมัติ และออกแบบการใช้งานของส่วนแสดงผลหรือเว็บแอปพลิเคชัน รวมถึงออกแบบฐานข้อมูลสำหรับบันทึกและจัดการข้อมูล

เมื่อออกแบบและสร้างระบบคลังสินค้าอัตโนมัติเรียบร้อยแล้ว จึงทดสอบการทำงานของระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ โดยการทดลองจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าแต่ละประเภทผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่ได้ออกแบบไว้ พบว่าระบบคลังสินค้าสามารถนำสินค้าไปจัดเก็บและเรียกคืนได้ตามตำแหน่งที่ได้ทำการออกแบบไว้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

1. การเสียสมดุลทางด้านน้ำหนักของตัวเครื่อง เนื่องจากมีชั้นเก็บของเพียงฝั่งเดียว
2. Forklift ที่ออกแบบมีขนาดที่ไม่พอดี ทำให้เสียสมดุลและเสียหายง่าย
3. การวางสินค้าที่จุดเริ่มต้นในระยะที่ไม่เหมาะสม ทำให้ไม่สามารถนำสินค้าไปวางในตำแหน่งจัดเก็บได้
4. ขาดความชำนาญในการทำงานบางส่วน ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษาและทำความเข้าใจเพิ่มเติม รวมถึงต้องใช้เวลาในการจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้น

5.3 แนวทางแก้ไข

1. ออกแบบให้มีชั้นเก็บของ 2 ฝั่ง หรือให้มีการถ่วงน้ำหนัก เพื่อรักษาสมดุลในเรื่องน้ำหนักของตัวเครื่อง
2. ออกแบบหรือเลือกซื้อ Forklift ให้มีความเหมาะสมกับวัสดุที่จะทำการยก
3. ระบุตำแหน่งสำหรับวางสินค้าให้แน่นอนชัดเจน เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการเคลื่อนย้ายสินค้า
4. ศึกษาเพิ่มเติมจากสื่อการสอนต่าง ๆ ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาหรือผู้ที่มีความชำนาญในเรื่องนั้น ๆ

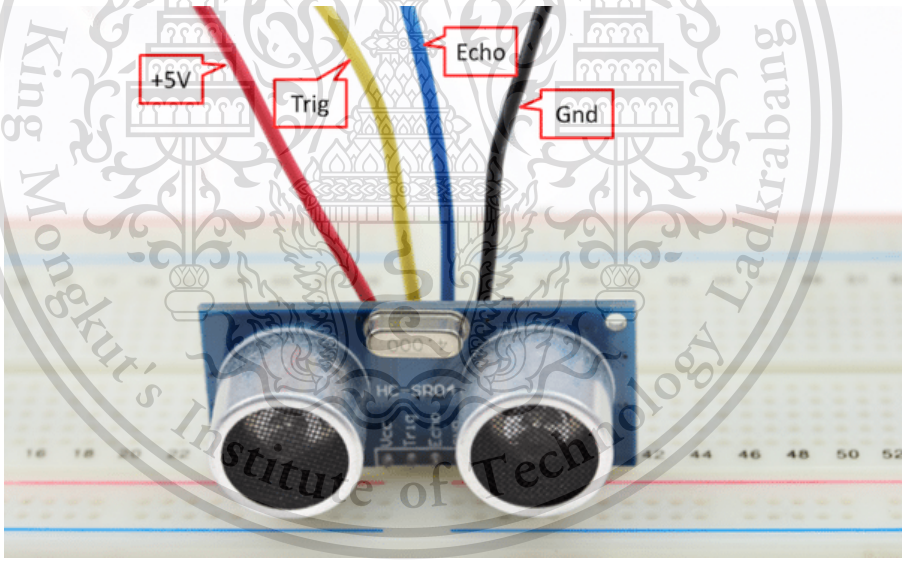
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานที่ผ่านมา สามารถออกแบบระบบหรือติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบคลังสินค้าได้อีก เช่น

5.4.1 ติดตั้ง Ultrasonic Sensor

Ultrasonic Sensor คือ เซนเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจจับวัตถุต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นความถี่เสียง และคำนวณหาค่าระยะทางได้จากการเดินทางของคลื่น และนำมาเทียบกับเวลา โดยจะส่งคลื่นเสียงความถี่ 40 kHz ออกไปจากลำโพงตัวซ้าย แล้วรอฟังคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาเมื่อกระทบวัตถุด้วยลำโพงตัวขวา แล้วนับเวลาที่คลื่นส่งออกไป จนถึงได้รับคลื่นกลับมา มีข้อดีอยู่ตรงที่แม้อยู่ในสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยเช่นฝุ่นผงและความสกปรก สามารถตรวจวัดระยะห่างของวัตถุได้ดีแม้ว่าวัตถุนั้นจะมีความโปร่งใส โปร่งแสง มีความแวววาวได้อย่างแม่นยำ และยังเหมาะสำหรับการตรวจจับของเหลวและวัตถุที่เป็นเม็ดได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 5.1 Ultrasonic Sensor

จากรูปตัวอย่าง Ultrasonic Sensor ประกอบไปด้วย 4 ขาด้วยกัน คือ

1. ขา VCC สำหรับต่อแรงดันไฟเลี้ยงไม่เกิน 5V

2. ขา Trig เป็นขาอินพุตรับสัญญาณพัลส์ความกว้าง 10 ไมโครวินาทีเพื่อกระตุ้นการสร้างคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40kHz ออกสู่อากาศจากตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. ขา Echo เป็นขาเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณพัลส์ออกจากโมดูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจจับความกว้างของสัญญาณพัลส์และคำนวณเป็นระยะทาง

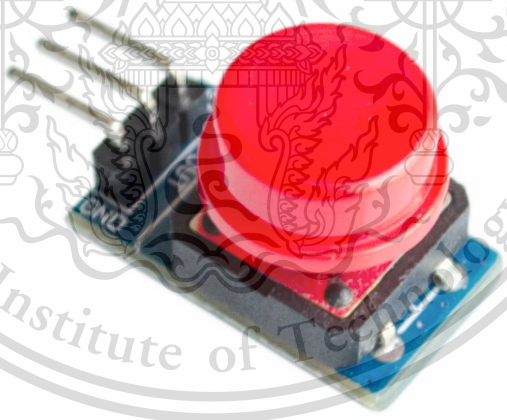
4. ขา GND สำหรับต่อจุดกราวด์ร่วมแรงดัน และสัญญาณ

การนำมาใช้งาน

สามารถนำมาใช้กับเครื่องได้โดยการติดเอาไว้ที่ด้านหน้าของตัวมอเตอร์ nema 17 หรือบนแผ่นโฟร์คลิฟต์ที่ไว้ใช้ยกของ เพื่อป้องกันสิ่งของที่อาจตกระหว่างทางที่จะนำไปไว้บนชั้นวางหรือระหว่างนำสิ่งของลงมาได้ โดยที่ถ้าเกิดว่าสิ่งของนั้นตกลงมาจะทำให้ระบบการทำงานทุกอย่างหยุดทำงานและแจ้งกลับไปยังผู้ใช้งาน

5.4.2 ติดตั้ง Push Button Switch แบบกดติดปล่อยดับ

เมื่อมีการกด Push button Switch หน้าสัมผัสดังกล่าวจะเปลี่ยนสถานะ จาก NO เป็น NC หรือ จาก NC จะเป็น NO แต่เมื่อปล่อยมือออกจาก Push button Switch หน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาวะปกติในตำแหน่งเดิม โดยมีแรงผลักดันจากสปริงให้ Push button Switch เข้าสู่สภาวะปกติ



รูปที่ 5.2 Push button Switch

การนำมาใช้งาน

สามารถนำมาใช้งานได้โดยการนำไปติดไว้ที่พื้นของช่องวางสิ่งของทุกช่อง เพื่อที่จะให้ตัวระบบสามารถแจ้งได้ว่าที่ช่องนั้นมาสิ่งของวางอยู่หรือไม่ ถ้ามีแล้วก็จะแสดงสถานะว่าเต็ม แต่ถ้าไม่มีก็จะแสดงสถานะว่าว่างและสามารถนำสิ่งของไปวางในช่องนั้น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.4.3 ออกแบบการทำงานในส่วน Back-End ของเว็บแอปพลิเคชัน

เป็นการออกแบบในส่วนของระบบสำหรับจัดการเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งจะมีไว้สำหรับแอดมินเพื่อใช้ในการจัดการฐานข้อมูลหรือโครงสร้างต่าง ๆ ของเว็บแอปพลิเคชัน เช่น จัดการข้อมูลของผู้ใช้งาน (User) จัดการข้อมูลสินค้าในฐานข้อมูล และจัดการการแบ่งสีหรือประเภทของสินค้า เป็นต้น

5.4.4 เพิ่มการบันทึกประวัติในการจัดเก็บและเรียกคืนสินค้า

เป็นการออกแบบระบบฐานข้อมูลให้มีการบันทึกวันและเวลาที่มีการจัดเก็บหรือเรียกคืนสินค้า รวมถึงรายละเอียดของการจัดเก็บสินค้านั้น ๆ โดยจะอาศัยการเขียนโค้ดเพื่อบันทึกข้อมูลเมื่อมีการดำเนินการการจัดเก็บหรือเรียกคืนสินค้าขึ้น ซึ่งสามารถเรียกดูประวัติในการจัดเก็บและเรียกคืนสินค้าได้ผ่านทางหน้าเว็บแอปพลิเคชัน และสามารถออกแบบให้สามารถแสดงข้อมูลผ่านทางโปรแกรม Microsoft Excel ได้ การเรียกดูประวัติอาจจะออกแบบให้อยู่ในส่วนของ Front-End, Back-End หรือทั้งสองส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

[1] **“Warehousing Asia Pacific Vision Study”** เข้าถึงได้จาก: https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/solutions-verticals/vertical-solutions/warehouse-management/vision-study/2024/warehouse-vision-study-en-ap.pdf

[2] คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2557). **การจัดการคลังสินค้า**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง

[3] ไชยยศ ไชยมั่นคง, มยุขพันธ์ ไชยมั่น. (2556). **กลยุทธ์โลจิสติกส์และซัพพลายเชน**. พิมพ์ครั้งที่ 7. นนทบุรี: วิชั่น พรีเพรส

[4] **“การทำงานร่วมกันจองระบบการขนถ่ายวัสดุ”** เข้าถึงได้จาก https://msie4.ait.ac.th/wp-content/uploads/sites/5/2020/07/Thai-MSIE-11-L-M2S3.pdf

[5] **“Arduino คืออะไร?”** เข้าถึงได้จาก:https://www.arduinoone.com/index.php?module=knowledge&cat=1

[6] **“ESP32 คืออะไร?”** เข้าถึงได้จาก: https://www.arduinoone.com/index.php?module=knowledge&cat=2

[7] **“Arduino Basic [EP0] : Arduino คืออะไร ? ทำอะไรได้ ? มีกี่แบบ ?”** เข้าถึงได้จาก: http://www.arduino-makerzone.com/article/1/arduino-basic-ep0-arduino-คืออะไร-ทำอะไรได้-มีกี่แบบ

[8] **“สเต็ปมอเตอร์ (STEPPING MOTOR)”** เข้าถึงได้จาก: http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/15-stepper_motor.pdf

[9] **“สเต็ปเปอร์มอเตอร์”** เข้าถึงได้จาก http://www.inventor.in.th/home/สเต็ปเปอร์มอเตอร์

[10] **“สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)”** เข้าถึงได้จาก: http://www.9ddn.com/content.php?pid=884

[11] **“g1.2 Stepper Motor”** เข้าถึงได้จาก: https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-2

[12] **“Arduino Color Sensing Tutorial – TCS230 TCS3200 Color Sensor”** เข้าถึงได้จาก: https://howtomechatronics.com/author/howtom12_wp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[13] **“โมดูลแยกสี Arduino TCS230 Color Recognition Sensor module”** เข้าถึงได้จาก: http://alangkanart.blogspot.com/2017/02/arduino-tcs230-color-recognition-sensor.html

[14] **“อุปกรณ์ตรวจวัดค่าสี”** เข้าถึงได้จาก: http://www.ett.co.th/product/robot/tcs230/ET_TCS230_Manual.pdf

[15] **“ฐานข้อมูลเบื้องต้น”** เข้าถึงได้จาก: http://www.sourcecode.in.th/download/database_fundamentals_th.pdf

[17] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. (2550). คู่มือเรียน PHP และ MySQL สำหรับผู้เริ่มต้น. กรุงเทพฯ: โปรโมชั่น

[18] กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจันทรขจร แซ่อุ๊น. (2559). PHP. กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์

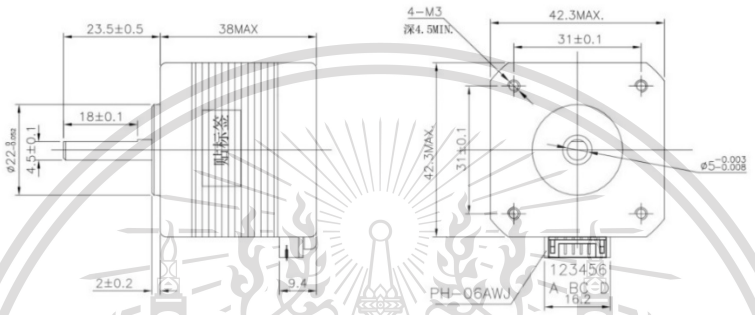
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก
คุณสมบัติของอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ

Stepping Motor Nema 17



รูปที่ ก.1 Stepping motor nema 17

General Specification

Code: 17HS4401S

Motor Frame Size: 42mm x 42mm x 38mm (Length x Width x Height)

Step angle accuracy: +- 5%(Full Step, Not Load)

Resistance accuracy: +- 10%

Inductance accuracy: +- 20%

Temperature rise: 80deg Max (Rated Current, 2 phase on)

Ambient temperature: -20deg~+50deg

Insulation resistance: 100MΩ Min, 500VDC

Insulation Strength: 500VAC for one minute

Model	Step Angle (deg)	Motor Length (mm)	Rated Current (A)	Phase Resistance (Ohm)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N.cm)	Detent Torque (N.cm)	Rotor Inertia (g.cm2)	Lead Wire (No)	Motor Weight (g)
17HS4401S	1.8	40	1.7	1.5	2.8	42	2.65	65	4	300

รูปที่ ก.2 General specification of stepping motor Nema 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เฟสของสายไฟมอเตอร์ :

Red : A+

Green : A-

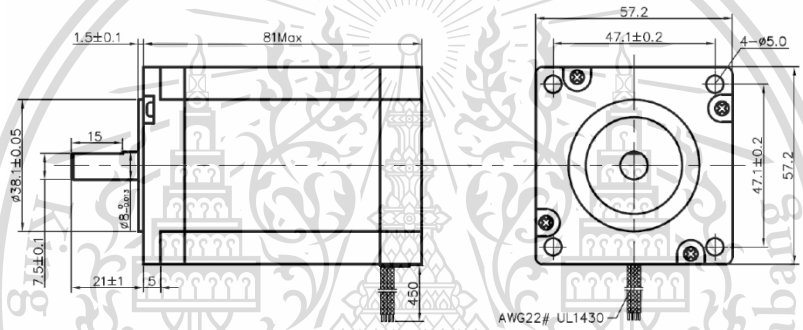
Yellow : B+

Blue : B-

Diameter shaft : 5mm

รูปที่ ก.3 เฟสของสายไฟมอเตอร์

Stepping Motor Nema 23



รูปที่ ก.4 Stepping motor nema 23

General Specifications

Step Angle Degree	1.8°
Step Angle Accuracy	±5%(full step，no load)
Temperature Rise	80°CMax
Ambient Temperature	-10°C —— +50°C
Insulation Resistance	100MΩmin.500VDC
Dielectric Strength	500VAC for one minute
Shaft Radial Play	0.06 Max.(450g-load)
Shaft Axial Play	0.08 max.(450g-load)

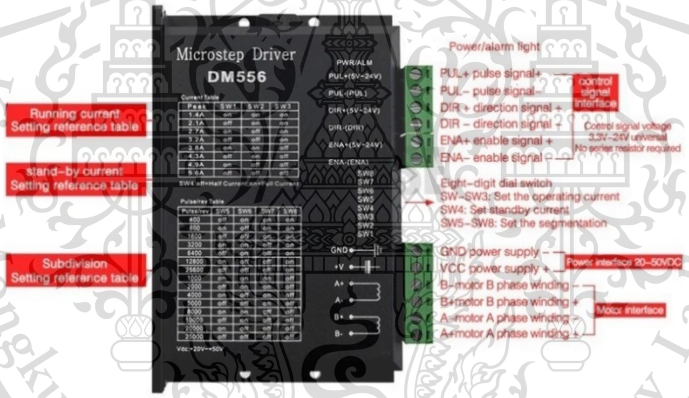
รูปที่ ก.5 General specification of stepping motor Nema 23 (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Model Number	Connection	Motor Length L inch (mm)	Holding Torque Oz-in (Nm)	Number of Leads	Phase Current (Amps)	Phase Resistance (Ohm)	Phase Inductance (mH)	Rotor Inertia Oz-in-sec² (g.cm²)	Detent Torque Oz-in (g.cm)	Weight Oz (kg)
57HS04	(Bipolar) Series	1.61（41）	56.64（0.4）	6	2.0	1.4±10%	1.4±20%	0.001917（135）	-	15.87（0.45）
	Unipolar		39.65（0.28）		2.8	0.7±10%	0.35±20%			
57HS09	(Bipolar) Parallel	2.13（54）	184.08（1.3）	8	4.0	0.4±10%	1.2±20%	0.003692（260）	5.664（408）	21.16（0.6）
	(Bipolar) Series		184.08（1.3）		2.0	1.6±10%	4.8±20%			
	Unipolar		127.44（0.9）		2.8	0.8±10%	1.2±20%			
57HS13	(Bipolar) Parallel	2.99（76）	254.88（1.8）	8	4.0	0.5±10%	2.1±20%	0.006532（460）	9.912（714）	35.27（1.0）
	(Bipolar) Series		254.88（1.8）		2.0	2.0±10%	8.4±20%			
	Unipolar		184.08（1.3）		2.8	1.0±10%	2.1±20%			
57HS22	(Bipolar) Parallel	3.19（81）	311.52（2.2）	8	5.7	0.4±10%	1.8±20%	0.006816（480）	-	40.57（1.15）
	(Bipolar) Series		311.52（2.2）		2.8	1.6±10%	7.2±20%			
	Unipolar		212.4（1.5）		4.0	0.8±10%	1.8±20%			

รูปที่ ก.6 General specification of stepping motor Nema 23 (2)

Stepping Motor Driver DM556



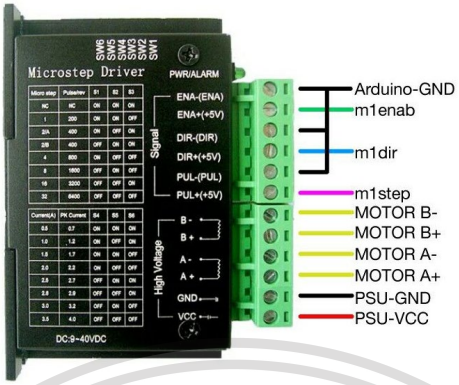
รูปที่ ก.7 Stepping motor driver DM556

Parameters	DM556			
	Min	Typical	Max	Unit
Output current	0.5	-	5.6 (4.0 RMS)	A
Supply voltage	+20	+36	+45	VDC
Logic signal current	7	10	16	mA
Pulse input frequency	0	-	200	kHz
Isolation resistance	500			MΩ

รูปที่ ก.8 Electrical specification of Stepping motor driver DM556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Stepping Motor Driver TB6600



รูปที่ ก.9 Stepping motor driver TB6600

Electrical Specifications:

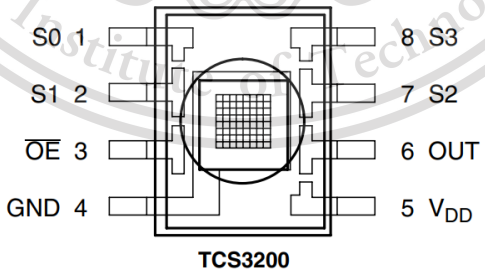
Parameters	Min	Typ.	Max	Unit
Output current	0.7	-	4.0 (3.5 RMS)	A
Supply voltage	+9	+36	+40	VDC
Logic signal current	8	10	15	mA
Puls input frequency	0	-	20 when duty cyle is 25 high / 75 low 13 when duty cycle is 50 / 50	kHz
Insulation resistance	500			MΩ

Further Specifications:

Microsteps / 1,8 °	200		6400
PUL / DIR		yes	
NEMA sizes	17		24
Motor type Mechelltron	42BYGH-XXXX		60BYGH-XXX

รูปที่ ก.10 Electrical specification of Stepping motor driver TB^^))

RGB Color Sensor (TCS230/ TCS3200)



รูปที่ ก.11 RGB Color Sensor TCS3200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Terminal Functions

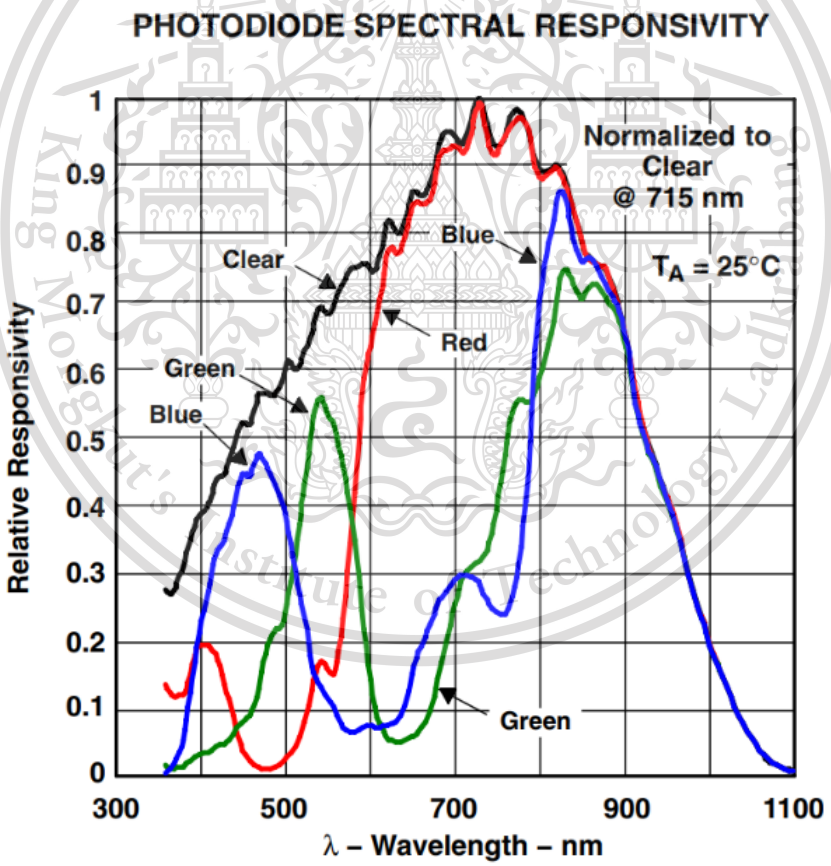
TERMINAL NAME	TERMINAL NO.	I/O	DESCRIPTION
GND	4		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
$\overline{OE}$	3	I	Enable for f_o (active low).
OUT	6	O	Output frequency (f_o).
S0, S1	1, 2	I	Output frequency scaling selection inputs.
S2, S3	7, 8	I	Photodiode type selection inputs.
V_{DD}	5		Supply voltage

Table 1. Selectable Options

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

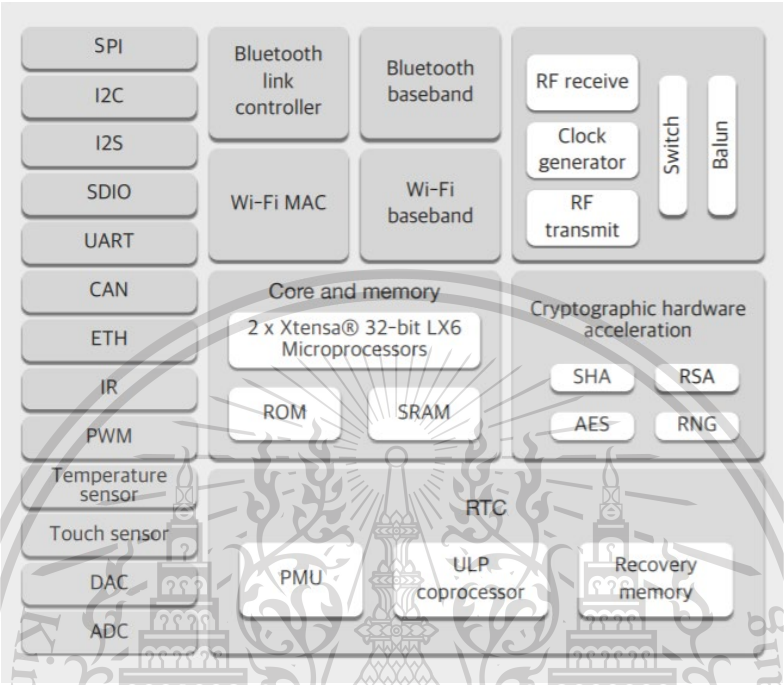
รูปที่ ก.12 Function of RGB Color Sensor (TCS230/ TCS3200)



รูปที่ ก.13 Photodiode spectral responsivity

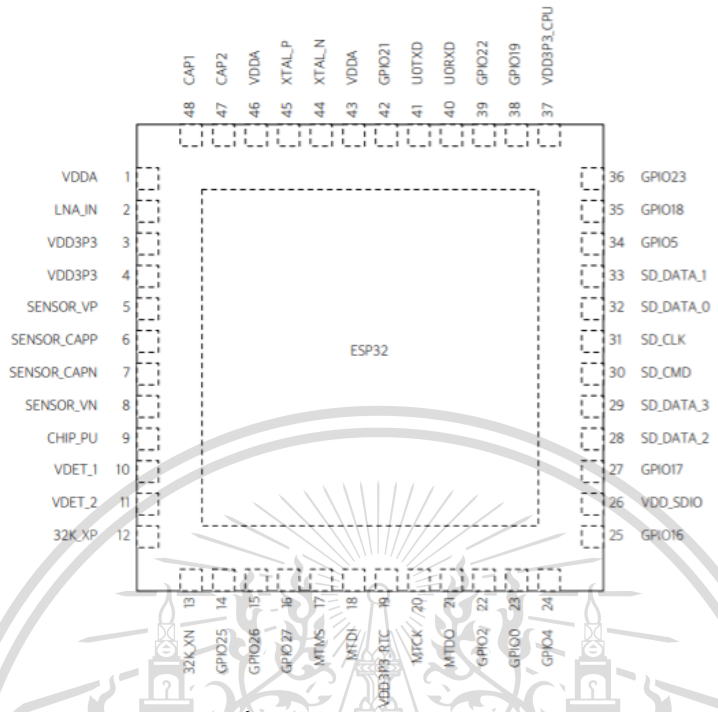
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บอร์ด ESP32



รูปที่ ก.14 Function Block Diagram ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก.15 ESP32 Pin Layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Table 1: Pin Description

Name	No.	Type	Function
			Analog
VDDA	1	P	Analog power supply (2.3V ~ 3.6V)
LNA_IN	2	I/O	RF input and output
VDD3P3	3	P	Amplifier power supply (2.3V ~ 3.6V)
VDD3P3	4	P	Amplifier power supply (2.3V ~ 3.6V)
			VDD3P3_RTC
SENSOR_VP	5	I	GPIO36, ADC_PRE_AMP, ADC1_CH0, RTC_GPIO0 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VP to SENSOR_CAPP when used as ADC_PRE_AMP.
Name	No.	Type	Function
			Analog
VDDA	1	P	Analog power supply (2.3V ~ 3.6V)
LNA_IN	2	I/O	RF input and output
VDD3P3	3	P	Amplifier power supply (2.3V ~ 3.6V)
VDD3P3	4	P	Amplifier power supply (2.3V ~ 3.6V)
			VDD3P3_RTC
SENSOR_VP	5	I	GPIO36, ADC_PRE_AMP, ADC1_CH0, RTC_GPIO0 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VP to SENSOR_CAPP when used as ADC_PRE_AMP.
Name	No.	Type	Function
SENSOR_CAPP	6	I	GPIO37, ADC_PRE_AMP, ADC1_CH1, RTC_GPIO1 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VP to SENSOR_CAPP when used as ADC_PRE_AMP.
SENSOR_CAPN	7	I	GPIO38, ADC1_CH2, ADC_PRE_AMP, RTC_GPIO2 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VN to SENSOR_CAPN when used as ADC_PRE_AMP.
SENSOR_VN	8	I	GPIO39, ADC1_CH3, ADC_PRE_AMP, RTC_GPIO3 Note: Connects 270 pF capacitor from SENSOR_VN to SENSOR_CAPN when used as ADC_PRE_AMP.
CHIP_PU	9	I	Chip Enable (Active High) High: On, chip works properly Low: Off, chip works at the minimum power Note: Do not leave CHIP_PU pin floating.
VDET_1	10	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
VDET_2	11	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
32K_XP	12	I/O	GPIO32, 32K_XP (32.768 kHz crystal oscillator input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
32K_XN	13	I/O	GPIO33, 32K_XN (32.768 kHz crystal oscillator output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
GPIO25	14	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
GPIO26	15	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
GPIO27	16	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
MTMS	17	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
MTDI	18	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
VDD3P3_RTC	19	P	RTC IO power supply input (1.8V ~ 3.3V)
MTCK	20	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
MTDO	21	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, RTC_GPIO13, MTDO, HSPICS0, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
GPIO2	22	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
GPIO0	23	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
GPIO4	24	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
			VDD_SDIO
GPIO16	25	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
VDD_SDIO	26	P	1.8V or 3.3V power supply output
GPIO17	27	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
SD_DATA_2	28	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SD_DATA_3	29	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
SD_CMD	30	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SD_CLK	31	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS

รูปที่ ก.16คุณสมบัติของบอร์ด ESP32 (1)

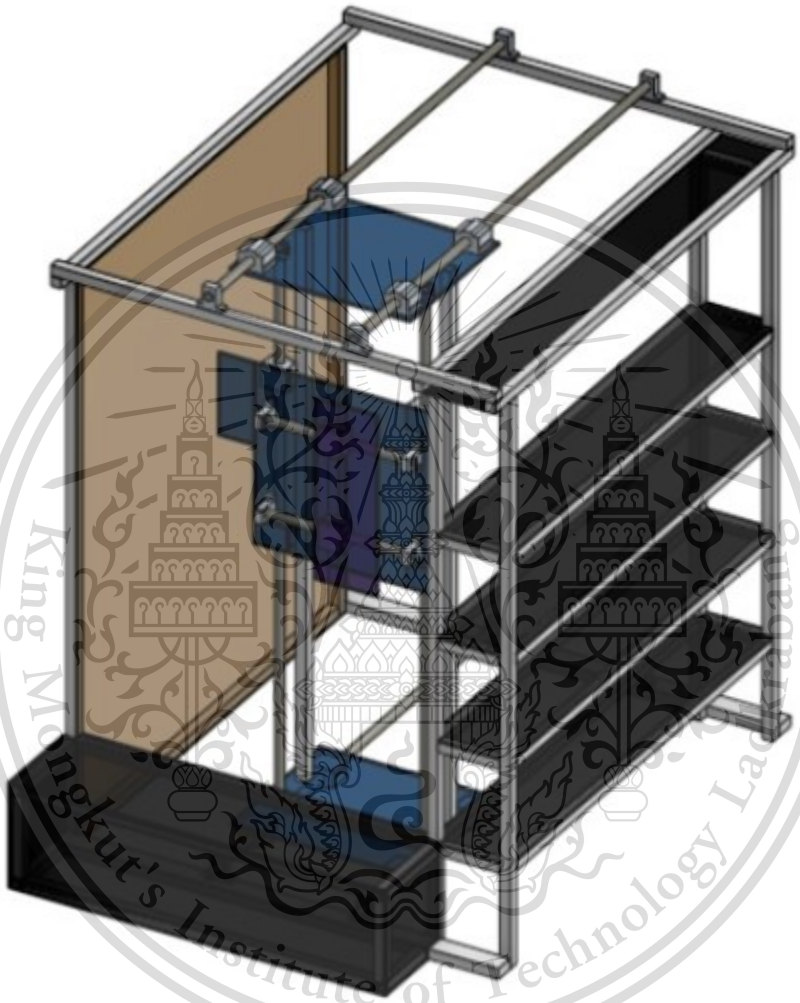
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Name	No.	Type	Function
SD_DATA_0	32	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SD_DATA_1	33	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
VDD3P3_CPU			
GPIO5	34	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
GPIO18	35	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
GPIO23	36	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
VDD3P3_CPU	37	P	CPU IO power supply input (1.8V - 3.3V)
GPIO19	38	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
GPIO22	39	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
U0RXD	40	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
U0TXD	41	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
GPIO21	42	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
Analog			
VDDA	43	I/O	Analog power supply (2.3V - 3.6V)
XTAL_N	44	O	External crystal output
XTAL_P	45	I	External crystal input
VDDA	46	P	Digital power supply for PLL (2.3V - 3.6V)
CAP2	47	I	Connects with a 3 nF capacitor and 20 kΩ resistor in parallel to CAP1
CAP1	48	I	Connects with a 10 nF series capacitor to ground

รูปที่ ก.17 คุณสมบัติของบอร์ด ESP32 (2)

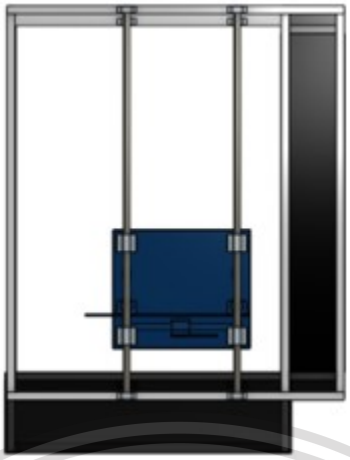
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข
โมเดลเครื่องต้นแบบ



รูปที่ ข.1 โมเดลเครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ข.2 โมเดลเครื่องต้นแบบ Top view

รูปที่ ข.3 โมเดลเครื่องต้นแบบ Front view

รูปที่ ข.4 โมเดลเครื่องต้นแบบ Side view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ค
โปรแกรมควบคุมการทำงานของชิ้นงาน

```
#define STEPPIN 22
#define DIRPIN 24
#define ENAPIN 26
#define STEPPINX 28
#define DIRPINX 30
#define ENAPINX 32
#define STEPPINY 34
#define DIRPINY 36
#define ENAPINY 38
#define STEPPINZ 40
#define DIRPINZ 42
#define ENAPINZ 44
#define S0 3
#define S1 4
#define S2 5
#define S3 6
#define sensorout 8
#define rxPin 0
#define txPin 1
String text;
int r = 0, g = 0, b = 0,  count_r = -1, count_g = -1,
count_b = -1, count_black = -1, check = 0;
int item = 0;
const byte interruptPin1 = 19;
const byte interruptPin2 = 20;
const byte interruptPin3 = 21;
volatile byte state = LOW;
unsigned long lastInterrupt;
int flag = 0;
int box[12];
void go ();
void blink1 ();
void blink2 ();
void blink3 ();
void forward1(int steps);
void forward2(int steps);
void forward3(int steps);
void forward4(int steps);
void backward1(int steps);
void backward2(int steps);
void backward3(int steps);
void backward4(int steps);
void setup() {
  pinMode(STEPPIN, OUTPUT);
  pinMode(DIRPIN, OUTPUT);
  pinMode(ENAPIN, OUTPUT);
  pinMode(STEPPINX, OUTPUT);
  pinMode(DIRPINX, OUTPUT);
  pinMode(ENAPINX, OUTPUT);
  pinMode(STEPPINY, OUTPUT);
  pinMode(DIRPINY, OUTPUT);
  pinMode(ENAPINY, OUTPUT);
  pinMode(STEPPINZ, OUTPUT);
  pinMode(DIRPINZ, OUTPUT);
  pinMode(ENAPINZ, OUTPUT);
  pinMode(interruptPin1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(interruptPin2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(interruptPin3, INPUT_PULLUP);
 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin1),
blink1, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin2),
blink2, LOW);
 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin3),
blink3, LOW);
  digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  digitalWrite(ENAPINX, HIGH);
  digitalWrite(ENAPINY, HIGH);
  digitalWrite(ENAPINZ, HIGH);
  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);
  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(sensorout, INPUT);
  digitalWrite(S0, HIGH);
  digitalWrite(S1, HIGH);
  Serial.begin(9600);
}
char rx_byte = 0;
void loop() {
  if (flag == 2)
  {return;}
  if ( Serial.available() >= 0 )
  {
    text = Serial.readString( );
    if (text == "1" )
    { digitalWrite(S2, LOW);
      digitalWrite(S3, LOW);
      r = pulseIn(sensorout, LOW);
      digitalWrite(S2, HIGH);
      digitalWrite(S3, HIGH);
      g = pulseIn(sensorout, LOW);
      digitalWrite(S2, LOW);
      digitalWrite(S3, HIGH);
      b = pulseIn(sensorout, LOW);
      checkblack(r, g, b);
      if (r <= 35 && g >= 44 && r <= g && r <= b) { //
RED
        Serial.print("RED");
        item = 1;
        for (int i = 0; i < 12; i++) { //Check box
available from 1 -> 12
          if (box[i] == 0) { //if box available
            go(i);
            box[i] = 1;
            item = 0;
            break;
          }
        }
      }
      else if (g < 40 && r <= g && r <= b ) { // GREEN
      Serial.print("GREEN");
        item = 1;
        for (int i = 3; i < 12; i++) { //Check box
available from 3 -> 12
          if (box[i] == 0) { //if box available
            go(i);
            box[i] = 1;
            item = 0;
            break;
          }
        }
        if (item == 1) { // if unsend
          for (int i = 2; i > 0; i--) { //Check box
available from 2 -> 0
            if (box[i] == 0) { //if box available
              go(i);
              box[i] = 1;
              item = 0;
              break;
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
          }
        }
      }
    }
    else if (r >= 40 && r >= g && r >= b ) { // blue
      Serial.print("BLUE");
      item = 1;
      for (int i = 6; i < 12; i++) { //Check box
available from 6 -> 12
        if (box[i] == 0) { //Check box available from
6 -> 12
          go(i);
          box[i] = 1;
          item = 0;
          break;
        }
      }
      if (item == 1) { // if unsend
        for (int i = 5; i > 0; i--) { //Check box
available from 5 -> 0
          if (box[i] == 0) { //if box available
            go(i);
            box[i] = 1;
            item = 0;
            break;
          }
        }
      }
    }
  }
void checkblack(int min, int max1, int max2)
{
  if (min >= 100 && min + max1 + max2 > 170 &&
count_black <= 2)
  { Serial.print("BLACK");
    for (int i = 11; i > 0; i--) { //Check box available
from 11 -> 0
      if (box[i] == 0) { //if box available
        go(i);
        box[i] = 1;
        break;
      }
    }
  }
}
void go(int num) {
 switch (num)
 {
  case 0: flag = 0;
   forward2(120);
   forward3(800);
   forward1(200);
   forward4(600);
   backward2(120);
   backward4(600);
   backward1(196);
   backward3(800);
   break;
  case 1: flag = 0;
   forward2(120);
   forward3(2675);
   forward1(200);
   forward4(600);
   backward2(120);
   backward4(600);
   backward1(196);
   backward3(2675);
   break;
  case 2: flag = 0;
   forward2(120);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  forward3(4550);
  forward1(200);
  forward4(600);
  backward2(120);
  backward4(600);
  backward1(196);
  backward3(4550);
  break;
 case 3: flag = 0;
  forward2(120);
  forward3(800);
  forward1(200);
  forward2(1650);
  forward4(600);
  backward2(120);
  backward4(600);
  backward2(1530);
  backward1(196);
  backward3(800);
  backward2(120);
  break;
 case 4: flag = 0;
  forward2(120);
  forward3(2675);
  forward1(200);
  forward2(1650);
  forward4(600);
  backward2(120);
  backward4(600);
  backward2(1530);
  backward1(196);
  backward3(2675);
  backward2(120);
  break;
 case 5: flag = 0;
  forward2(120);
  forward3(4550);
  forward1(200);
  forward2(1650);
  forward4(600);
  backward2(120);
  backward4(600);
  backward2(1530);
  backward1(196);
  backward3(4550);
  backward2(120);
  break;
 case 6 : flag = 0;
  forward2(120);
  forward3(800);
  forward1(200);
  forward2(3300);
  forward4(600);
  backward2(120);
  backward4(600);
  backward2(3180);
  backward1(196);
  backward3(800);
  backward2(120);
  break;
 case 7 : flag = 0;
  forward2(120);
  forward3(2675);
  forward1(200);
  forward2(3300);
  forward4(600);
  backward2(120);
  backward4(600);
  backward2(3180);
  backward1(196);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    backward3(2675);
    backward2(120);
    break;
  case 8 : flag = 0;
    forward2(120);
    forward3(4550);
    forward1(200);
    forward2(3300);
    forward4(600);
    backward2(120);
    backward4(600);
    backward2(3180);
    backward1(196);
    backward3(4550);
    backward2(120);
    break;
  case 9 : flag = 0;
    forward2(120);
    forward3(800);
    forward1(200);
    forward2(5010);
    forward4(600);
    backward2(120);
    backward4(600);
    backward2(4890);
    backward1(196);
    backward3(800);
    backward2(120);
    break;
  case 10 : flag = 0;
    forward2(120);
    forward3(2675);
    forward1(200);
    forward2(5010);
    forward4(600);
    backward2(120);
    backward4(600);
    backward2(4890);
    backward1(196);
    backward3(2675);
    backward2(120);
    break;
  case 11 : flag = 0;
    forward2(120);
    forward3(4550);
    forward1(200);
    forward2(5010);
    forward4(600);
    backward2(120);
    backward4(600);
    backward2(4890);
    backward1(196);
    backward3(4550);
    backward2(120);
    break;
  case 12 : flag = 0;
    forward3(800);
    forward1(200);
    forward4(600);
    forward2(120);
    backward4(600);
    backward1(196);
    backward3(800);
    backward2(120);
    break;
void forward1(int steps) {
 int i;
 digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
 digitalWrite(DIRPIN, HIGH);
 for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPIN, HIGH);
      delay(16);
      digitalWrite(STEPPIN, LOW);
      delay(16);
       }
    digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  }
}
void backward1(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  digitalWrite(DIRPIN, LOW);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPIN, HIGH);
      delay(16);
      digitalWrite(STEPPIN, LOW);
      delay(16);
       }
    digitalWrite(ENAPIN, HIGH);
  }
}
void forward2(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPINX, HIGH);
  digitalWrite(DIRPINX, HIGH);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPINX, HIGH);
      delay(5);
      digitalWrite(STEPPINX, LOW);
      delay(5);
       }
  }
  digitalWrite(ENAPINX, HIGH);
}
void backward2(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPINX, HIGH);
  digitalWrite(DIRPINX, LOW);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPINX, HIGH);
      delay(5);
      digitalWrite(STEPPINX, LOW);
      delay(5);
       }
  }
  digitalWrite(ENAPINX, HIGH);
}

void forward3(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPINY, HIGH);
  digitalWrite(DIRPINY, HIGH);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPINY, HIGH);
      delay(5);
      digitalWrite(STEPPINY, LOW);
      delay(5);
       }
  }
  digitalWrite(ENAPINY, HIGH);
}
void backward3(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPINY, HIGH);
  digitalWrite(DIRPINY, LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPINY, HIGH);
      delay(5);
      digitalWrite(STEPPINY, LOW);
      delay(5);
      }
  }
  digitalWrite(ENAPINY, HIGH);
}
void forward4(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPINZ, HIGH);
  digitalWrite(DIRPINZ, HIGH);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPINZ, HIGH);
      delay(10);
      digitalWrite(STEPPINZ, LOW);
      delay(10);
       }
    digitalWrite(ENAPINZ, HIGH);
  }
}
void backward4(int steps) {
  int i;
  digitalWrite(ENAPINZ, HIGH);
  digitalWrite(DIRPINZ, LOW);
  for (i = 0; i < steps / 2; i++) {
    if (flag == 0) {
      digitalWrite(STEPPINZ, HIGH);
      delay(10);
      digitalWrite(STEPPINZ, LOW);
      delay(10);
      }
    digitalWrite(ENAPINZ, HIGH);
  }
}
void blink1 () {
  if (millis() - lastInterrupt > 10)
  {
    int sec = millis();
    lastInterrupt = millis();
    flag = 2;
    Serial.println(flag);
  }
}
void blink2 () {
  if (millis() - lastInterrupt > 10)
  {
    int sec = millis();
    lastInterrupt = millis();
    flag = 2;
    Serial.println(flag);
  }
}
void blink3 () {
  if (millis() - lastInterrupt > 10)
  {
    int sec = millis();
    lastInterrupt = millis();
    flag = 2;
    Serial.println(flag);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.