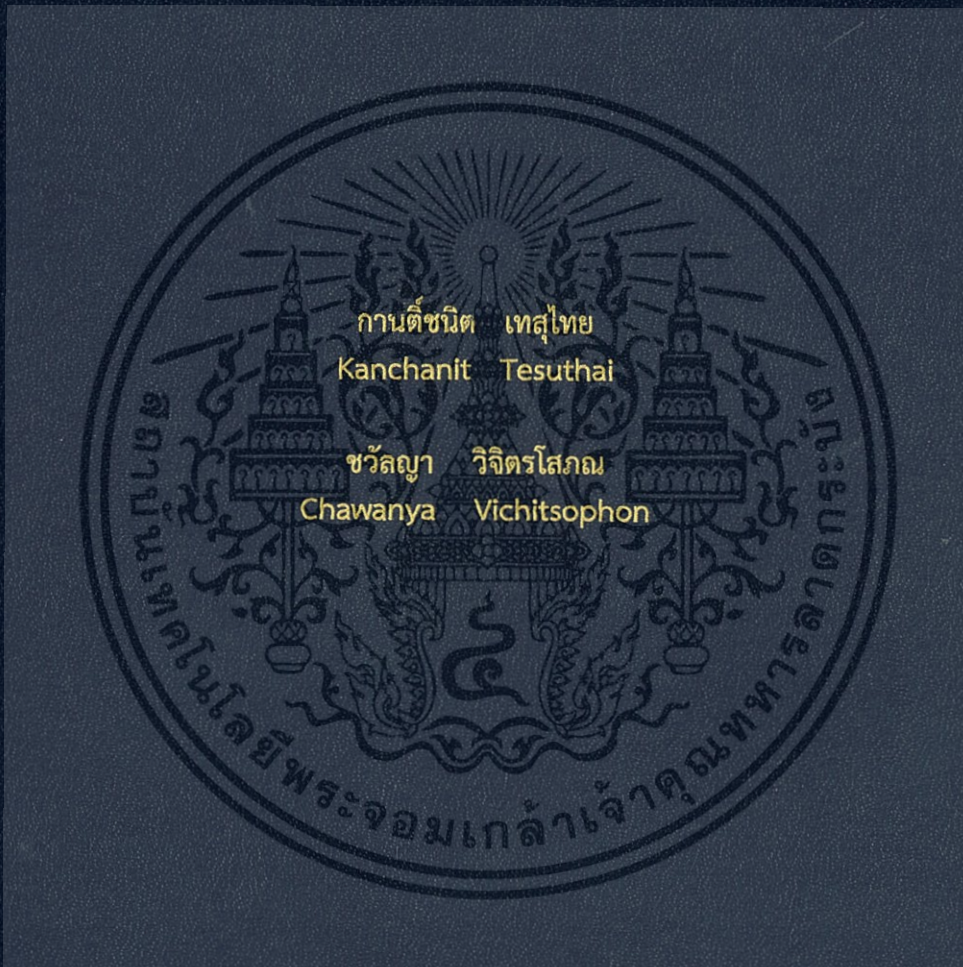


เครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก
(Miniature automatic color sorter)



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560

เครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

(Miniature automatic color sorter)

โดย

กานต์ชินิต

เทสุไทย

รหัสประจำตัว 57010075

ชวัลญา

วิจิตรโสภณ

รหัสประจำตัว 57010281



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2560
ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก
Miniature automatic color sorter
ผู้จัดทำ นางสาวกานต์ชนิต เทสุไทย รหัสประจำตัว 57010075
นางสาวชวัลญา วิจิตรโสภณ รหัสประจำตัว 57010281

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

นางสาวกานต์ชนิด เทสุไทย, นางสาวชวัลญา วิจิตรโสภณ

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.แสงระวี บัวแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ถูกจัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะนำเสนอระบบการตรวจสอบตัดแยกสีของผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยนำเสนอระบบตัดแยกสีที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วยระบบสายพานลำเลียงผลิตภัณฑ์ และ ระบบการตัดแยกสี สามารถแยกผลิตภัณฑ์ที่มีระดับสีได้ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โครงสร้างของระบบสายพานลำเลียงสร้างจากสายพานที่มีความยาวเส้นรอบวง 1 เมตร ขับเคลื่อนด้วย DC Motor และชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ สำหรับระบบจำลองการตัดแยกสีนี้ใช้ เซนเซอร์สี TCS3200 ทำงานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตัดแยกแล้วจะถูกส่งผ่านไปยังกล่องแยกเพื่อทำการคัดเก็บต่อไป

จากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่า ระบบจำลองเครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้น มีความแม่นยำในการตัดแยกสีผลิตภัณฑ์และมีการทำงานได้เป็นไปตามหลักการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ – การตัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติ ; เครื่องตัดแยกสีวัตถุ ; ระบบสายพาน ; ระบบตัดแยกวัตถุด้วยสี

Miniature automatic color sorter

Miss Kanchanit Tesuthai, Miss Chawanya Vichitsophon

Advisor: Asst.Prof.Dr. Seangrawee Buakaew

Department of Electronics Engineering

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

Abstract

This project presents the miniature of color sorting system that can be controlled by microcontroller. The project consists of a conveyor system and a color sorting system. It has ability to classify object colors into three colors : red, green and blue. The structure of the conveyor system is made of PVC belt with a circumference of 1 meter. This system is driven by motor drive board along with DC motor. This project uses the Arduino UNO R3 as a microcontroller board and TCS3200 color sensor. After, the products are processed, they will send to sorting boxes for showing the action of sorting.

From the results, they can confirm that this project can classify the object colors with high accuracy.

Keyword – Automatics color sorting ; Color sorting machine ; Conveyor system ; Color sorting system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก (Miniature automatic color sorter) สามารถสำเร็จลุล่วงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ต้องขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. แสงระวี บัวแก้ว ที่กรุณาให้ความรู้คำแนะนำและให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการทำโครงการต่างๆไม่ว่าจะเป็น การออกแบบตัวเครื่องสายพานลำเลียงชี้แนะถึงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาทำโครงการรวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนและทำรูปเล่มโครงการจนสำเร็จลุล่วงตามที่กำหนดไว้นอกจากนี้ยังขอขอบพระคุณอาจารย์ท่านอื่นๆ ในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งคอยให้คำแนะนำและให้ปรึกษาในการทำโครงการ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน อาจารย์ปรึกษา ผศ.ดร. แสงระวี บัวแก้วและอาจารย์ท่านอื่นๆในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์จึงขอ กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอขอบคุณสามารถ ปิณสุวรรณ ที่คอยให้คำแนะนำต่างๆ และช่วยเหลือ จนโครงการนี้ สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กานต์ชินิต เทสุไทย
ชวัลญา วิจิตรโสภณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 สมมติฐานของโครงการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนปฏิบัติการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
2.1 ระบบสายพานลำเลียง (Belt Conveyor System).....	4
2.1.1 สายพานลำเลียง.....	5
2.1.2 สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี (PVC lay flat hose).....	6
2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor).....	7
2.2 ระบบการตรวจจับ (Sensor Systems).....	11
2.2.1 แบบจำลองพื้นฐานการตรวจจับสี (Color Model).....	11
2.2.2 RGB Color Sensor Module TCS3200.....	12
2.2.3 Proximity Sensor(เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด E3F-DS10C4).....	16
2.3 Futaba S3003 Servo Motor.....	18
2.4 Arduino UNO R3.....	21
2.5 ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller.....	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.1 การออกแบบเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก.....	32
3.2 การออกแบบระบบสายพานลำเลียง.....	32
3.2.1 การออกแบบระบบสายพานลำเลียงด้านแมคคานิค.....	32
3.2.2 การออกแบบระบบสายพานลำเลียงด้านซอฟต์แวร์.....	35
3.3 การออกแบบระบบคัดแยกวัตถุ.....	35
3.3.1 การออกแบบระบบคัดแยกวัตถุด้านแมคคานิค.....	36
3.3.2 การออกแบบระบบคัดแยกวัตถุด้านซอฟต์แวร์.....	37
3.4 ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก.....	37
3.4.1 ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานด้านแมคคานิค.....	38
3.4.2 ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานด้านซอฟต์แวร์.....	43
3.5 การออกแบบวงจรและแผ่นพิมพ์วงจร.....	45
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	48
4.1 อุปกรณ์ในการทดลอง.....	48
4.2 การทดลองอุปกรณ์ภายในเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก.....	49
4.2.1 การวัดสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	49
4.2.1.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	49
4.2.2 การวัดสัญญาณการอ่านค่าสีของ RGB Color Sensor Module TCS3200.....	50
4.2.2.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณการอ่านค่าสีของ RGB Color Sensor Module TCS3200.....	50
4.2.3 การวัดสัญญาณการอ่านค่าสีหลากหลาย shade สีในช่วงสีแดง,สีน้ำเงิน,สีเขียว ของ RGB Color Sensor Module TCS3200.....	54
4.2.3.1 ผลการทดลองการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สี.....	54
4.2.4 การทดลองการเปรียบเทียบค่าสี RGB Color Sensor Module TCS3200.....	56
4.3 การทดลองการคัดแยกสีวัตถุ.....	59
4.3.1 ผลการทดลองการอ่านค่าสีวัตถุด้วย Color Sensor.....	61
4.4 การทดลองวัดเวลาในการวิ่งของระบบสายพาน.....	62
4.4.1 ผลการทดลองเวลาการวิ่งของสายพาน.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 ข้อผิดพลาด	64
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก ก การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานระบบจำลองเครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ	
ภาคผนวก ค การตรวจสอบและดูแลรักษาระบบสายพานลำเลียง	
ภาคผนวก ง DataSheet	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนดำเนินงานตลอดโครงการ 1.....	3
ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนดำเนินงานตลอดโครงการ 2.....	3
ตารางที่ 2.1 การกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo)	13
ตารางที่ 2.2 การกำหนดชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดที่ต้องการวัดสัญญาณ	14
ตารางที่ 2.3 สรุปหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของ IC TCS3200	14
ตารางที่ 3.1 สถานะการทำงานของเซนเซอร์สี TCS3200 (RGB Color Sensor)	37
ตารางที่ 3.2 รายการอุปกรณ์ของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติด้านแมคคาณิค	38
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีแดง.....	51
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีน้ำเงิน	52
ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีเขียว.....	53
ตารางที่ 4.4 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้ค่า shade สีแดง.....	54
ตารางที่ 4.5 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้ค่า shade สีน้ำเงิน	55
ตารางที่ 4.6 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้ค่า shade สีน้ำเงิน	55
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการคัดแยกวัตถุสีแดง	61
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการคัดแยกวัตถุสีน้ำเงิน	61
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการคัดแยกวัตถุสีเขียว	61
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเวลาการวิ่งของสายพาน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบสายพานลำเลียงในโรงงานอุตสาหกรรม	4
รูปที่ 2.2 สายพานลำเลียง	5
รูปที่ 2.3 สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี	6
รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบต่างๆของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10
รูปที่ 2.7 แบบจำลองพื้นฐานสี RGB	11
รูปที่ 2.8 RGB Colour Sensor Module TCS3200 ในมุมมองต่างๆ	12
รูปที่ 2.9 ไดอะแกรม RGB Color Sensor Module TCS3200	12
รูปที่ 2.10 ขาสัญญาณต่างๆ	15
รูปที่ 2.11 RGB Color Sensor Module TCS3200	16
รูปที่ 2.12 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด E3F-DS10C4	17
รูปที่ 2.13 Futaba S3003 Servo Motor	18
รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอก Servo Motor	19
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบภายใน Servo Motor	20
รูปที่ 2.16 Servo Motor Block Diagram	20
รูปที่ 2.17 องค์การหมุนของ Servo Motor	21
รูปที่ 2.18 Arduino UNO R3	22
รูปที่ 2.19 โครงสร้างของบอร์ด Arduino UNO R3	22
รูปที่ 2.20 ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller	29
รูปที่ 2.21 Schematic ขอบวงจร L298N Dual H-Bridge Motor Controller	30
รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของระบบสายพานลำเลียง	32
รูปที่ 3.2 โปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD 2017	32
รูปที่ 3.3 แบบจำลองโครงสร้างระบบสายพานลำเลียงแบบ 2 มิติ มีหน่วยเป็น cm (Top View)	33
รูปที่ 3.4 แบบจำลองโครงสร้างระบบสายพานลำเลียงแบบ 2 มิติ มีหน่วยเป็น cm (Side View)	33
รูปที่ 3.5 แบบจำลองโครงสร้างระบบสายพานลำเลียงแบบ 3 มิติ	33
รูปที่ 3.6 โปรแกรมเขียนโปรแกรมควบคุมชุดคำสั่ง Arduino IDE 1.8.3	35
รูปที่ 3.7 แผนภาพชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบสายพานลำเลียง	35
รูปที่ 3.8 แผนภาพการทำงานของระบบคัดแยกวัตถุ	35
รูปที่ 3.9 แบบจำลองโครงสร้างระบบระบบคัดแยกแบบ 2 มิติ มีหน่วยเป็น cm	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.10 แบบจำลองโครงสร้างระบบระบบคัตแยกแบบ 3 มิติ	36
รูปที่ 3.11 แผนภาพชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบคัตแยกวัตถุ	37
รูปที่ 3.12 นำไม้มาตัดและเจาะรูตามขนาดที่ออกแบบไว้	39
รูปที่ 3.13 ทำการขัดตัวโครงสร้างด้วยกระดาษทราย	39
รูปที่ 3.14 เจาะช่องสำหรับติดตั้งระบบคัตแยกวัตถุ	40
รูปที่ 3.15 ทำการพ่นสีสเปรย์ลงบนโครงสร้าง	40
รูปที่ 3.16 ประกอบมอเตอร์และอื่นๆเข้ากับโครงสร้างสายพานลำเลียง.....	41
รูปที่ 3.17 สายพานลำเลียง	41
รูปที่ 3.18 โครงของระบบคัตแยกวัตถุ	42
รูปที่ 3.19 ตัวตัดของระบบคัตแยกวัตถุ	42
รูปที่ 3.20 เครื่องคัตแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก	42
รูปที่ 3.21 เครื่องคัตแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก	43
รูปที่ 3.22 แผนภาพการทำงานของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก	44
รูปที่ 3.23 โปรแกรมเขียนแบบ Altium Designer 14.3	45
รูปที่ 3.24 แผนภาพการทำงานของแหล่งจ่ายไฟ	45
รูปที่ 3.25 การต่อใช้งานอุปกรณ์หลักที่ใช้ในเครื่องคัตแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก	46
รูปที่ 3.26 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	47
รูปที่ 4.1 กล้องวัตถุทรงกระบอกสีเขียว สีน้ำเงิน และ สีแดง	48
รูปที่ 4.2 ถาดรองรับกล่องคัตแยกชิ้นงาน	48
รูปที่ 4.3 ค่าสัญญาณเซอร์ไวโมเตอร์ขณะที่อยู่ที่พัก 0 องศา	49
รูปที่ 4.4 ค่าสัญญาณเซอร์ไวโมเตอร์ขณะที่อยู่ที่พัก 180 องศา	49
รูปที่ 4.5 วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีแดง.....	50
รูปที่ 4.6 วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีน้ำเงิน.....	50
รูปที่ 4.7 วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีเขียว	51
รูปที่ 4.8 shade สีต่างๆในช่วงสีแดง,สีน้ำเงิน,สีเขียว	54
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เอาท์พุท(HZ) กับ Colors shade	55
รูปที่ 4.10 ค่าสีต่างๆที่อ่านได้จาก RGB Color Sensor Module TCS3200	56
รูปที่ 4.11 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีน้ำเงินเข้ม	57
รูปที่ 4.12 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีน้ำเงินอ่อน	57
รูปที่ 4.13 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีแดงเข้ม	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.14 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีแดงอ่อน	58
รูปที่ 4.15 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีเขียวเข้ม	58
รูปที่ 4.16 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีเขียวอ่อน	58
รูปที่ 4.17 Proximity Sensor ตรวจจับวัตถุเพื่อให้ระบบสายพานลำเลียงทำงาน	59
รูปที่ 4.18 Color Sensor ตรวจจับสีของวัตถุ	59
รูปที่ 4.19 วัตถุสีอยู่ตามตำแหน่งคัตแยกของแต่ละสีที่กำหนดไว้	60
รูปที่ 4.20 หน้าจอ LCD จะแสดงผลตามค่าสีที่อ่านได้	60
รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการทดลองกับจำนวนชิ้นงาน	62
รูปที่ 4.22 วัตถุสีแดงวางบนจุดเริ่มต้นที่ตัวระบบสายพานลำเลียง	62
รูปที่ 4.23 วัตถุสีแดงเคลื่อนที่มายังปลายสายพาน	62
รูปที่ 4.24 ระบบจำลองเครื่องคัตแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเจริญเติบโตและพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาทำงานแทนแรงงานคนเนื่องจากเครื่องจักรมีความแม่นยำและรวดเร็วกว่า ในโรงงานอุตสาหกรรมแทบทุกประเภทนิยมใช้ระบบสายพานลำเลียงแทนการเคลื่อนย้ายด้วยแรงงานคน ดังนั้นระบบจำลองเครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ จึงมีความจำเป็นและมีบทบาทในการตรวจสอบและทำให้การดำเนินงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพโดยระบบสายพานลำเลียงสามารถลำเลียงวัตถุจากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทาง โดยสามารถลดปัญหาความผิดพลาดต่างๆของแรงงานคนรวมถึงมีความสะดวกหลายอย่างในเรื่องความต่อเนื่องของการทำงาน ความเร็วสม่ำเสมอของวัตถุที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย ในปัจจุบันนี้ระบบสายพานลำเลียงสามารถตัดแยกสีวัตถุได้อัตโนมัติ ซึ่งส่งผลดีต่อกระบวนการผลิต การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นอกจากนี้ยังทำให้สถานประกอบการมีผลกำไรเพิ่มขึ้น จากเหตุผลต่างๆที่กล่าวมานี้จึงได้มีแนวคิดที่จะทำการวิจัยเครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ตามสายพานลำเลียงโดยอาศัยการทำงานของมอเตอร์และการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมี Color Module TSC3200 เป็นตัวประมวลผลในช่วงความถี่ต่างๆของสีที่กำหนดไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อทำการศึกษาระบบสายพานลำเลียงวัตถุและตัดแยกสีวัตถุ
2. ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในการตรวจสอบและตัดแยกคุณภาพ
3. เพื่อเป็นแบบจำลองสายพานลำเลียงเพื่อนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการขนถ่ายวัตถุและจำแนกวัสดุต่างๆ
4. เพื่อนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้เป็นกรณีศึกษาในการทำโครงการที่เกี่ยวข้อง
5. เพื่อทำการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบสายพานลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1. ศึกษาเครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก และออกแบบสายพานลำเลียง
2. สร้างเครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ที่มีขนาดความยาว 1 m และกว้าง 10 cm
3. เครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก สามารถเริ่มและหยุดการทำงานของสายลำเลียงได้โดยใช้ Proximity Sensor เป็นตัวอ่านค่าระยะของตำแหน่งวัตถุ
4. เครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก สามารถตัดแยกสีวัตถุได้ 3 สีคือ สีเขียว สีนํ้าเงิน สีแดง

1.4 สมมติฐานของโครงการงาน

1. เครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก สามารถลำเลียงวัตถุบนสายพานได้
2. เครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก สามารถตัดแยกวัตถุที่มีสีแตกต่างกันได้อัตโนมัติ
3. เครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก สามารถแยกสีได้ 3 สี คือ สีเขียว สีนํ้าเงิน สีแดง
4. เครื่องตัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก สามารถแสดงผลค่าสีผ่านหน้าจอ LCD

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบสายพานลำเลียงวัตถุและตัดแยกสีวัตถุ
2. ได้ฝึกฝนการใช้โปรแกรม Arduino ide
3. ได้รับความรู้เกี่ยวกับด้านแมคคาณิกในการออกแบบโครงสร้างระบบสายลำเลียง
4. ได้รับความรู้ในอุปกรณ์ใหม่ๆทางอิเล็กทรอนิกส์เช่น Arduino R3 , Color Module TSC3200
5. ใช้เป็นพื้นฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดในระบบโรงงานอุตสาหกรรมประเภทการแยกวัตถุในการผลิตเพื่อจำแนกวัตถุสีให้ได้ตามที่โปรแกรมสั่งงาน
6. สามารถใช้ประโยชน์หรือเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจศึกษาการทำระบบสายพานลำเลียง
7. สามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานผลิตรถยนต์ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และระบบการเคลื่อนที่อัตโนมัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนปฏิบัติการ

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนดำเนินงานตลอดโครงการ 1 เริ่มตั้งแต่ 8 สิงหาคม 2560 ถึง 12 พฤศจิกายน 2560

รายละเอียด	เริ่มตั้งแต่ 8 สิงหาคม 2560 จนถึง 12 พฤศจิกายน 2560															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ศึกษา/ค้นคว้า	←————→															
ทฤษฎี/ข้อมูล				←————→												
ประกอบชุดการทดลอง						←————→										
บันทึกผลการทดลอง										←————→						
สรุปผลการทดลอง											←————→					
เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์														←————→		

ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนดำเนินงานตลอดโครงการ 2 เริ่มตั้งแต่ 8 มกราคม 2561 ถึง 15 เมษายน 2561

รายละเอียด	เริ่มตั้งแต่ 8 มกราคม 2561 จนถึง 15 เมษายน 2561															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ศึกษา/ค้นคว้า	←————→															
ทฤษฎี/ข้อมูล		←————→														
ประกอบชุดการทดลอง	←————→															
บันทึกผลการทดลอง				←————→												
สรุปผลการทดลอง									←————→							
เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์													←————→			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

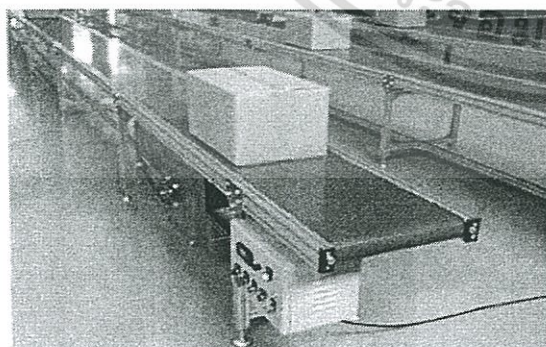
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

จากการศึกษาการขนย้ายหรือลำเลียงผลิตภัณฑ์และอุปกรณ์ต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบันมักนิยมใช้ระบบสายพานลำเลียงวัตถุ จากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทางแทนการเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยแรงงานคน เนื่องจากมีความสะดวกมีระบบที่แม่นยำมีความเร็วที่สม่ำเสมอทำให้สามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้นอกจากนี้ยังทำให้อุตสาหกรรมไทยมีความน่าเชื่อถือ ในปัจจุบันงานด้านการตรวจสอบสินค้าเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความจำเป็นอย่างยิ่งซึ่งการตรวจสอบเริ่มมีความนิยมสูงขึ้นเรื่อยๆ นับตั้งแต่โรงงานผลิตอาหาร โรงงานผลิตรถยนต์ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ เป็นต้น

2.1 ระบบสายพานลำเลียง (Belt Conveyor System)

ระบบสายพานลำเลียง คือ อุปกรณ์ที่อาศัยแรงขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้สายพานมีการเคลื่อนตัวไปอย่างต่อเนื่อง โดยวัสดุที่ต้องการลำเลียงจะวางอยู่บนตัวสายพาน ที่อาศัยแรงขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไฟฟ้านั้นสายพานจึงมีการเคลื่อนที่และทำการเคลื่อนย้ายวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการทำงานให้เป็นในรูปแบบที่ต่อเนื่องหรือหยุดชะงัก สามารถกำหนดและควบคุมระบบสายพานลำเลียงในการเคลื่อนย้ายโดย สามารถกำหนดได้ทั้งระยะสั้น ระยะยาว แนวระดับทั่วไป แนวลาดเอียงขึ้น รวมถึงแนวลาดเอียงลง โดยสามารถเลือกปรับระดับความเร็วที่ความเร็วต่างๆได้ ดังนั้นระบบสายพานลำเลียง จึงได้รับความนิยมและเหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท ที่ใช้ระบบสายพานลำเลียงวัตถุต่างๆในกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตอาหารกระป๋อง อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ระบบสายพานลำเลียงในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 สายพานลำเลียง

สายพานลำเลียง คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการลำเลียงวัสดุสิ่งของต่างๆให้เคลื่อนที่บนสายพานลำเลียง โดยที่ระบบสายพานลำเลียงมีหน้าที่เคลื่อนย้ายวัสดุสิ่งของจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยที่การเคลื่อนที่นั้นสามารถเลือกกระตบความเร็วของตัวสายพานได้ สายพานลำเลียงประกอบด้วยแผ่นของสายพานที่มีลักษณะเชื่อมต่อเป็นวง หมุนรอบตัวล้อสายพานหรือที่เรียกว่า พลูเลย์ ในการทำให้สายพานเคลื่อนที่นั้นจะต้องมีตัวขับหรือ มอเตอร์ไฟฟ้าและพลูเลย์ การเคลื่อนที่ของสายพานเกิดขึ้นจากแรงเสียดทานระหว่างตัวสายพานกับตัวล้อสายพานหรือพลูเลย์ โดยที่แรงเสียดทานดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับผิวสัมผัส ระหว่างตัวสายพานกับตัวล้อสายพานหรือพลูเลย์ และนอกจากนี้แรงดึงให้สายพานตึงยังทำหน้าที่ขับเคลื่อนให้สายพานและสิ่งของหรือวัสดุบนสายพานเคลื่อนที่ไปข้างหน้า



รูปที่ 2.2 สายพานลำเลียง

คุณสมบัติของสายพานลำเลียง

1. มีความสามารถทนทานต่อการสึกหรอ เนื่องจาก เมื่อระบบสายพานทำงานจะเกิดการเสียดสีระหว่างตัวสายพานกับตัวล้อสายพานตลอดเวลาในระหว่างการใช้งาน โดยเฉพาะในส่วนของผิวยางบน ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับวัสดุที่ต้องการจะลำเลียงดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำสายพานลำเลียงจึงจำเป็นต้องมีความแข็งแรงและทนทานต่อการสึกหรอ
2. มีความสามารถในการทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ เนื่องจาก การใช้งานสายพานลำเลียงมีลักษณะที่แตกต่างกันไป เช่นการใช้งานสายพานลำเลียงกลางแจ้งที่ต้องเผชิญกับแสงแดดฝุ่นละอองต่างๆ ซึ่งทำให้เป็นตัวเร่งให้สายพานเสื่อมสภาพเร็วมากขึ้น นอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังมีการใช้งานที่ต้องสัมผัสกับสารเคมีต่างๆ เช่น กรดและด่างซึ่งจะส่งผลให้สายพานลำเลียง มีสภาพที่สึกหรอได้ดังนั้น ยางผิวที่ใช้ควรมีสมบัติที่สามารถทนทานต่อสารเคมีต่างๆได้และมีความสามารถทนทานต่อความร้อนต่างๆได้

3. มีความสามารถทนทานต่อแรงดึง เนื่องจาก จะต้องรับแรงดึงที่ใช้ในการขับเคลื่อนสายพาน

ข้อดีของสายพานลำเลียง

1. มีแรงกระทำสม่ำเสมอและคงที่
2. วัสดุสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างต่อเนื่อง
3. มีเส้นทางลำเลียงที่คงที่จากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทางตามที่กำหนดไว้
4. มีอัตราการเคลื่อนย้ายที่แน่นอนและสม่ำเสมอ
5. สามารถเคลื่อนย้ายลำเลียงวัสดุที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายแทนแรงงานคนได้
6. สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคน

2.1.2 สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี (PVC lay flat hose)

สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซีหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าสายส่งน้ำในลอนเป็นสายส่งน้ำสี่ฟุตโดยทำมาจากไนลอนอ่อนเหนียวพิเศษเพิ่มความทนทานแข็งแรงทำให้ไม่ฉีกขาดง่ายโดยที่สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี เป็นผ้าใบแบบ 3 ชั้นสีน้ำเงิน , สีเขียว , พร้อมชั้นด้ายเสริมแรงนิยมใช้ในงานเกษตรกรรม และงานด้านชลประทานรวมถึงงานด้านอุตสาหกรรมต่างๆ



รูปที่ 2.3 สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของสายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี

1. อุณหภูมิที่สามารถได้ใช้งาน - 20 ถึง + 75 องศา เซลเซียส
2. สามารถ รองรับแรงดันได้สูง
3. โค้งงอได้ดีและสามารถยืดหยุ่นได้ดี

ข้อดีของสายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี

1. น้ำหนักเบา ง่ายต่อการขนย้าย
2. แข็งแรงทนทานทนต่อแดดและฝนสามารถใช้ได้ทั้งในกลางแจ้งและในอาคาร
3. มีราคาที่ถูกกว่า PVC Belt และ หาซื้อได้ง่ายตามร้านขายอุปกรณ์ทั่วไป

2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หรือเรียกสั้นๆว่า ดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) เป็นอุปกรณ์ทางด้านไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานจากไฟฟ้า (Electric Energy) เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบัน เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนโดยมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุดตามที่เราต้องการ เป็นที่นิยมใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรม และงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นต้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมี อุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงการแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงรวมถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรี่ส์มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

ส่วนประกอบหลักของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)

คือ ส่วนของขดลวดที่ถูกพันติดอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่มีการยึดติดกับส่วนของโครงมอเตอร์ ทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กนั้นคือขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนการเกิดในส่วนของแม่เหล็กถาวร โดยตัวขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาน้ำยาฉนวนซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 2.5 หมายเลข 1 ดังนั้นในส่วนของสนามแม่เหล็กจะสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

2. ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces)

คือ ส่วนของแกนที่ใช้สำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็กโดยถูกยึดติดกับส่วนของโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กนั้นทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆ ที่มีการอัดซ้อนกัน (Lamination Sheet Steel) เพื่อจะหลีกเลี่ยงการเกิดกระแสไหลวน (Eddy Current) ที่มีส่วนทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กลดลงซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 2.5 หมายเลข 2 ดังนั้นขั้วแม่เหล็กมีหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงที่สุด แทนในส่วนของขั้วสนามแม่เหล็กถาวร โดยที่ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี

3. โครงมอเตอร์ (Motor Frame)

คือ ส่วนของเปลือกหุ้มภายนอกของตัวมอเตอร์ โดยจะยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาที่ปิดหัวท้ายของมอเตอร์ ส่วนของโครงมอเตอร์มีหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กทำให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจรซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 2.5 หมายเลข 3

4. อาร์เมเจอร์ (Armature)

คือ ส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) โดยจะถูกยึดติดกับส่วนของเพลา (Shaft) โดยที่จะรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์สร้างขึ้นมาจากเหล็กแผ่นบางๆ ที่มีการอัดซ้อนกัน มีการเจาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อที่จะได้อาสาส่วนที่ถูกเจาะร่องนี้ไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์ก็คือขดลวดอาน้ำยาฉนวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่รอบๆและมีลิมไฟเบอร์อัดแน่นซึ่งขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ส่วนของ

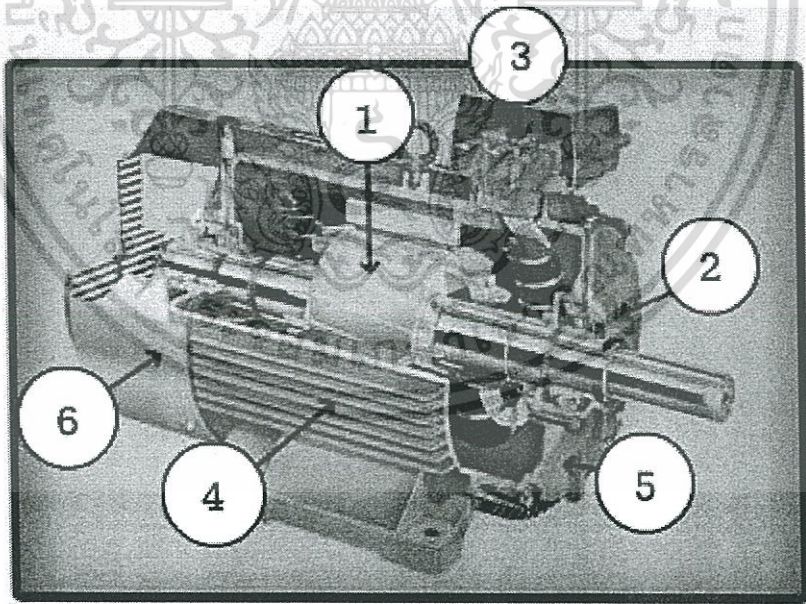
ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์จะต่อไว้กับส่วนของคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมเจอร์จะปลักดันในส่วนของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 2.5 หมายเลข 4

5. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

คือส่วนของการเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง มีการยึดติดเข้ากับส่วนของอาร์เมเจอร์และส่วนของเพลาร่วมกัน คอมมิวเตเตอร์สร้างขึ้นมาจากแท่งทองแดงแข็งที่ประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก โดยที่แต่ละแท่งทองแดงของคอมมิวเตเตอร์จะมีการแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์มีหน้าที่คือเป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากการแปร่งถ่าน โดยจะทำการส่งต่อไปให้ขดลวดอาร์เมเจอร์

6. แปรงถ่าน (Brush)

คือ ส่วนที่สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ เป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยมซึ่งมีส่วนผสมมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมกับผงทองแดง ส่งผลทำให้แข็งและมีความนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำที่ต่อร่วมกับแปรงถ่านเพื่อที่จะไปรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา ตัวแปรงถ่านมีหน้าที่คือรับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่ายโดยที่จะจ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบต่างๆของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

การทำงานของเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อมีแรงดันกระแสไฟตรงที่ผ่านเข้าไปในตัวมอเตอร์โดยสามารถแบ่งเป็นสองส่วนคือส่วนแรกที่ย้ายผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์ โดยส่งผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมา และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนที่เหลือจะไหลผ่านเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็กซึ่งจะเกิดเป็นขั้วเหนือ (N) และ เป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กผลัดกันกัน ในส่วนของอาร์เมเจอร์จะหมุนไปตามทิศทางของเข็มนาฬิกา พร้อมกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์ก็จะหมุนไปตามทิศของเข็มนาฬิกาด้วยเช่นกันเมื่อส่วนแปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์เปลี่ยนไปไปอีกปลายหนึ่งของขดลวด จะมีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆอีกครั้ง ส่งผลให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา ทำให้เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน



รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ข้อดีของมอเตอร์กระแสตรง

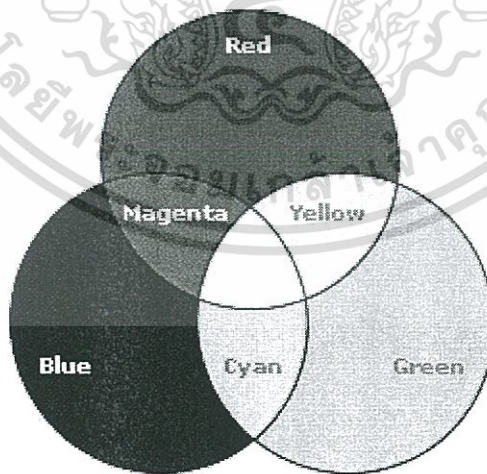
1. มีความสามารถในการควบคุมแรงบิดหรือความเร็วได้สะดวกและไม่ซับซ้อน
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (response) ได้รวดเร็ว
3. สามารถปรับความเร็วในช่วงที่ต้องการได้ในช่วงกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบการตรวจจับ (Sensor Systems)

2.2.1 แบบจำลองพื้นฐานการตรวจจับสี (Color Model)

แบบจำลองสี (Color Model) เป็นสิ่งที่ใช้สามารถอ้างอิงถึงสีต่าง ๆ โดยสำหรับส่วนของคอมพิวเตอร์แล้วเราจะใช้จะเป็น Empirical Model ที่ได้รับสัมพันธ์ของค่าที่ใช้อ้างอิงกับสีใด ๆ จากการทดลองที่เป็นการศึกษาแบบ Psychophysical ที่มีการรับรู้ของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้อง แทนการใช้แบบจำลองที่เป็น Analytical Model เหมือนกับที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้วิธีการวัดซึ่งอยู่ในรูปของพลังงานช่วงของสเปกตรัม แบบจำลองสีนั้นมีหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบจำลองสี RGB แบบจำลองสี CMY แบบจำลองสี CMYK แบบจำลองสี HSV แบบจำลองสี HIS แบบจำลองสี HLS แบบจำลองสี YIQ และแบบจำลองสี YUV แบบจำลอง YcbCR เป็นต้น แบบจำลองพื้นฐานสี RGB (RGB Color Model) คือแบบจำลองที่ใช้เฉพาะเจาะจงกับจอภาพคอมพิวเตอร์ เพราะ RGB Model ได้ทำการสร้างสีต่าง ๆ ขึ้นโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงแสดงจำนวนทั้งหมดสามสี ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) ที่เกิดจากรังสีแสงโดยมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามลำดับ ซึ่งแสงทั้งสามสีจะไม่เท่ากันในแต่ละอุปกรณ์ นอกเสียจากว่ามีคุณสมบัติของสารเรืองแสงและการตั้งค่าจอภาพ และสภาพแวดล้อมที่จอภาพคอมพิวเตอร์เหมือนกันทุกประการ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไปตามรูปที่ 2.7 แบบจำลองพื้นฐานสี RGB โดยที่แบบจำลองพื้นฐานสี RGB มีส่วนประกอบคือข้อมูลจำนวนสามส่วนคือ ค่า Intensity ของสีทั้งสามซึ่งได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

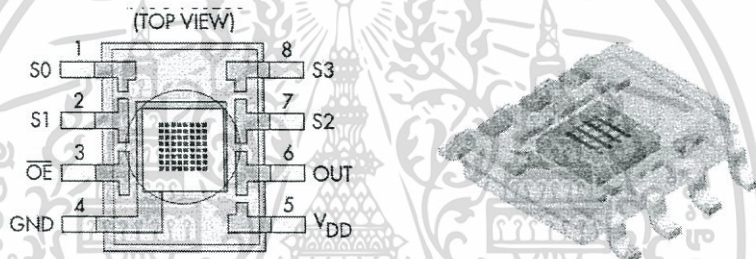


รูปที่ 2.7 แบบจำลองพื้นฐานสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

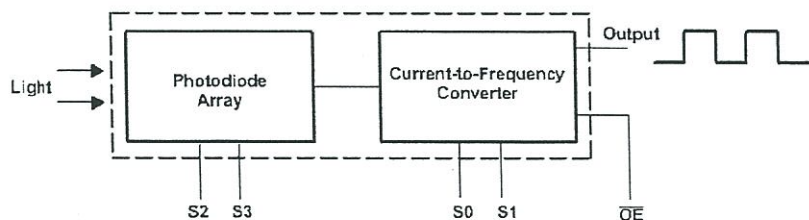
2.2.2 RGB Color Sensor Module TCS3200

RGB Color Sensor Module TCS3200 คือ อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสีหรือความสว่างของสีที่มาจากกระทบตัวโมดูลนี้ให้มีค่าออกมาเป็นค่าสัญญาณ-ความถี่เอาต์พุต มีรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) ซึ่งมีค่า duty cycle เป็น 50% โดยความถี่เอาต์พุตดังกล่าวจะมีผลโดยตรงกับค่าความสว่างของสีที่มาจากกระทบตัวโมดูลนี้โดยโมดูลตัวนี้ใช้เซ็นเซอร์ TAOS TCS3200 เป็นตัวแยกค่าความสว่างของสีโดยโครงสร้างของโมดูล TCS3200 ที่สำคัญนั้นประกอบไปด้วย โฟโตไดโอดที่มีขนาด 8x8 ตัว โดยมีการจัดเรียงกันแบบอาร์เรย์ ซึ่งโฟโตไดโอดสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ โฟโตไดโอดที่มีฟิลเตอร์ สีแดง (Red) , เขียว (Green) , น้ำเงิน (Blue) และ แบบไม่มีฟิลเตอร์ (Clear)ซึ่งแต่ละชุดมีจำนวนชุดละ 16 ตัว ทำให้การตอบสนองต่อความสว่างสีแต่ละกลุ่มแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของฟิลเตอร์นั้นๆ



รูปที่ 2.8 RGB Colour Sensor Module TCS3200 ในมุมมองต่างๆ

แสงที่เข้าจะถูกแปลงเป็นความถี่จากกระทบที่โฟโตไดโอด (Photodiode Array) ซึ่งเราสามารถเลือกและควบคุมฟิลเตอร์ของโฟโตไดโอด ได้จากขาสัญญาณ S2 และ S3 ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบกระแสไฟฟ้า จากนั้นจะทำการส่งไปยังภาค Current-to-Frequency Converter ในการแปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณความถี่ออกไปแสดงที่ขาสัญญาณ Output ซึ่งจะมีค่าเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม (50% duty cycle) โดยมี S0 และ S1 เป็นตัวควบคุมช่วงของสัญญาณความถี่ที่เราต้องการและในส่วนของขาสัญญาณ OE มีหน้าที่ควบคุมการ Enable และ Disable ของสัญญาณ Output โดยจะแอกทีฟที่สัญญาณลอจิก “0”



รูปที่ 2.9 ไตอะแกรม RGB Color Sensor Module TCS3200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติบอร์ด RGB Color Sensor Module TCS3200

1. มีความละเอียดและแม่นยำของผลลัพธ์สูง (ค่าการแปลงความเข้มแสงไปเป็นความถี่ fo)
2. สามารถเลือกตรวจวัดค่าความถี่ของสีต่างๆจากฟิลเตอร์ แดง,เขียว ,น้ำเงิน และ Clear ตามที่ต้องการ รวมถึงกำหนดระดับสัญญาณที่ fo (Frequency Output) ได้
3. สามารถเชื่อมต่อ RGB Color Sensor Module TCS3200 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง
4. สามารถทำงานในช่วงที่แรงดัน 2.7 V ถึง 5.5V
5. TCS3200 เป็นชิพที่มีคุณสมบัติใช้กำลังงานต่ำ
6. ค่าความคลาดเคลื่อน 0.2% ที่ความถี่ 50kHz
7. มีหลอดไฟ LED ในการทำการสะท้อนสีของวัตถุ

ขาสัญญาณต่างๆของบอร์ด RGB Color Sensor Module TCS3200

มีการจัดเรียงเป็นคอนเนคเตอร์ขนาด 8 PIN ประกอบด้วยตัวผู้และตัวเมีย โดยขาสัญญาณแต่ละขามีหน้าที่และการทำงานต่างกันโดยจากรูปที่ 2.11 จะทำการบอกรายละเอียดของขาสัญญาณต่างๆเรียงจากด้านซ้ายสุดไปขวาซึ่งขาสัญญาณต่างๆ มีหน้าที่ดังนี้

1. ขาที่1 คือ ขา +5V เป็นขาสัญญาณไฟเลี้ยงแรงดันไฟบวก 5 โวลท์
2. ขาที่2 คือ ขา OUT เป็นส่วนของขาสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งจะให้ค่าออกมาเป็นความถี่ fo โดยจะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม Duty cycle 50% ส่งผลให้ค่าความถี่จะแปรผันตามค่าของแสงที่ตกกระทบบนชนิดของฟิลเตอร์
3. ขาที่ 3,4 คือ S0 และ S1 เป็นขาสัญญาณที่สามารถเลือกระดับของสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo) โดยสามารถเลือกได้ 4ระดับดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 การกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo)

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (fo)
0	0	Power down (ไม่ผลิตสัญญาณความถี่)
0	1	2% (ความถี่ต่ำ)
1	0	20% (ความถี่ที่ 20%)
1	1	100% (ความถี่สูงสุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขาที่ 5,6 คือ S2 และ S3 เป็นขาสัญญาณที่ใช้สำหรับเลือกชนิดของฟิลเตอร์ให้กับตัวโฟโตไดโอดที่เราต้องการอ่านค่าดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 การกำหนดชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโตไดโอดที่ต้องการวัดสัญญาณ

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
0	0	แดง (Red)
0	1	น้ำเงิน (Blue)
1	0	ไม่มีฟิลเตอร์ (Clear : no filter)
1	1	เขียว (Green)

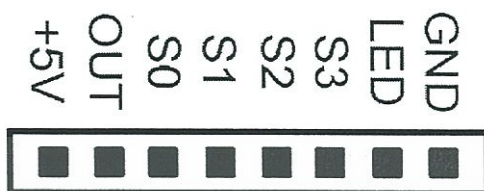
5. ขาที่ 7 คือ LED เป็นขาสัญญาณใช้สำหรับเป็นตัวควบคุมหลอดไฟ LED ให้ติด หรือ ดับ สามารถควบคุมการทำงานของ LED จากขาสัญญาณโดยทำการเลือกจัมเปอร์ DIR/CPU มาอยู่ที่ตำแหน่ง CPU ด้วย จึงจะสามารถทำการควบคุมการทำงานของหลอด LED ได้

ตารางที่ 2.3 สรุปหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของ IC TCS3200

ขาสัญญาณ	I/O	คำอธิบาย
GND		Power supply ground
OE	Input	ขาสัญญาณ Enable สัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo) ทำงานที่ลอจิก "0" โดยในบอร์ด ET-TCS230 ได้ทำการต่อ Enable ไว้ให้แล้ว
OUT	Output	ขาสัญญาณความถี่เอาต์พุต(fo) ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าความสว่างของสี
S0,S1	Input	ขาสัญญาณอินพุต กำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต(สามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 1)
S2,S3	Input	ขาสัญญาณเลือกประเภทของ Photodiode หรือ สีของฟิลเตอร์ที่ต้องการ (สามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 2)
VDD		Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ขาที่ 8 คือ GND เป็นจุดอ้างอิงโดยจุดนี้มีแรงดันเป็น 0



รูปที่ 2.10 ขาสัญญาณต่างๆ

การนำไปใช้งาน

จากที่ได้รับความหมายต่างๆของขาสัญญาณแล้วต่อมาจะพูดถึงการนำไปใช้งานโดยที่ขาสัญญาณ S0 และ S1 ได้ทำการต่อตัวต้านทาน Pull-Up ไว้โดยที่ $S0=1, S1=1$ ดังนั้นระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุตอยู่ในระดับ 100% ถ้าต้องการระดับสัญญาณที่ 100% ก็ไม่จำเป็นต้องต่อสัญญาณมาควบคุมถ้าต้องการที่ระดับอื่นๆต้องต่อสัญญาณมาควบคุมซึ่งสามารถดูข้อมูลได้ในตารางที่ 1 โดยสำหรับขาสัญญาณที่จำเป็นต้องควบคุมก็คือขาสัญญาณ S2 และ S3 โดยวิธีการในการอ่านค่าสีจากตัวเซนเซอร์สามารถทำได้โดยการเลือกฟิลเตอร์ของสีที่เราต้องการอ่านโดยทำการนับสัญญาณความถี่ f_o ที่ขาสัญญาณ OUT แล้วทำการเก็บค่าไว้ซึ่งควรจะมีการแยกเก็บตัวแปรออกเป็น 3 ตัวแปร คือ สี แดง (Red) , เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue)

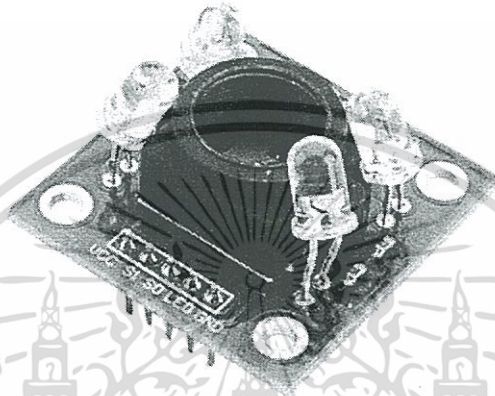
ซึ่งสามารถสรุปตามตัวอย่างการอ่านค่าสี RGB ของขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. กำหนดลอจิกให้กับ S0 และ S1 เพื่อกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุตในช่วงที่ต้องการ (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 1)
2. กำหนดลอจิกให้ $S2=0$, $S3=0$ เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีแดง
3. นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Red_result
4. กำหนดลอจิกให้ $S2=0$, $S3=1$ เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีน้ำเงิน
5. นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Blue_result
6. กำหนดลอจิกให้ $S2=1$, $S3=1$ เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีเขียว
7. นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Green_result

ในขั้นต้นที่ได้ยกตัวอย่างจะได้ผลลัพธ์ออกมา 3 ค่า คือ Red_result, Blue_result และ Green_result ซึ่งค่าทั้ง 3 นี้คือเป็นค่าของแม่สี RGB (Red,Green,Blue) โดยสีอื่นๆจะมีค่าสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันไป เราจึงสามารถจำแนกสีออกเป็นสีต่างๆ ได้จากความสัมพันธ์ของค่า RGB ที่ได้เมื่อสามารถรู้ความถี่ของแสง สีแดง เขียว น้ำเงิน ก็จะสามารถนำค่าแต่ละค่ามาผสมกัน และสามารถแยกออกมาเป็นค่าของแสงว่าคือสีอะไรนั่นเอง



รูปที่ 2.11 RGB Color Sensor Module TCS3200

2.2.3 Proximity Sensor(เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด E3F-DS10C4)

พรีอกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor)เรียกอีกชื่อว่า พรีอกซิมีตี้สวิตช์ คือ เซนเซอร์ที่มีความสามารถตรวจจับโดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุภายนอก โดยการทำงานอาจจะส่งพลังงานหรือรับพลังงานในรูปแบบต่อไปนี้ เช่น แสง เสียง สนามแม่เหล็กสนามไฟฟ้า และ สัญญาณลม พรีอกซิมีตี้เซนเซอร์นิยมใช้ในงาน ตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง โดยปกติแล้วจะนำมาใช้แทนลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) เพราะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่ามีความเร็วในการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย ทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ซึ่งอาศัยหน้าสัมผัสทางกล

คุณสมบัติเด่น

1. มีสามารถในการทำงานได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัส
2. สามารถใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย
3. สามารถตรวจจับพลังงานในรูปแบบต่างๆ ด้วยความแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มีการตอบสนองต่อการทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง
5. มีความสามารถแยกในการตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ อโลหะและแม่เหล็กได้
6. มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด (E3F-DS10C4 Infrared photoelectric switch Sensor Module) ใช้แสง Infrared ในการค้นหาวัตถุที่อยู่ด้านหน้า ตัว sensor สามารถส่งสัญญาณออกและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับ โดยมีสายสัญญาณที่ยาวถึง 1.2 เมตร สามารถใช้ไฟเลี้ยงได้ช่วงกว้างตั้งแต่ 5-36V มีกระแสเอาต์พุต 300mA มีระยะการตรวจจับวัตถุ 10-15 cm เหมาะสำหรับใช้ในงานตรวจจับการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุโดยเมื่อมีวัตถุมาบังจะให้สัญญาณเอาต์พุตค่า 0 ออกมา

การต่อใช้งาน

- สายสีน้ำตาล : VCC 5-36V
- สายสีน้ำเงิน : GND
- สายสีดำ : OUTPUT



รูปที่ 2.12 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด E3F-DS10C4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Futaba S3003 Servo Motor

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่หรือระบบขับเคลื่อนต่างๆ โดยตรวจสอบสัญญาณจากระบบขับเคลื่อนและสามารถทำการปรับค่าให้ถูกต้องตามที่ต้องการไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานอื่นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว, ควบคุมแรงบิด, ควบคุมแรง, ตำแหน่ง, ระยะทางในการเคลื่อนที่หมุน ของตัวมอเตอร์ได้ โดยที่มอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นนี้ได้ ซึ่งสามารถให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง



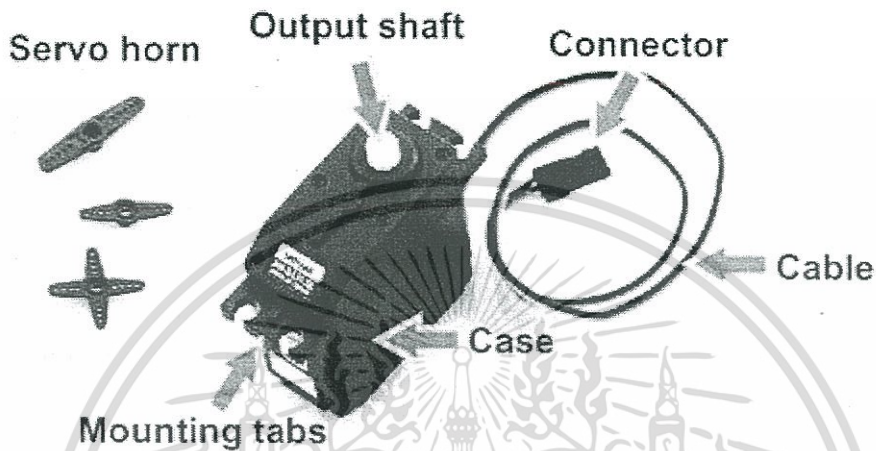
รูปที่ 2.13 Futaba S3003 Servo Motor

ส่วนประกอบภายนอก Servo Motor

1. จากรูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอกอันแรกคือ Case หรือ กรอบของตัวเซอร์โวมอเตอร์ ส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติก
2. จากรูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอกอันต่อมาคือ Mounting Tab ส่วนจับยึดตัว Servo กับชิ้นงาน
3. จากรูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอกอันต่อมาคือ Output Shaft คือ เพลาส่งกำลัง
4. จากรูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอกอันต่อมาคือ Servo Horns คือ ส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับ Output shaft เพื่อสร้างกลไก
5. จากรูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอกอันต่อมาคือ Cable สายเชื่อมต่อเพื่อ จ่ายไฟฟ้า และ ควบคุม Servo Motor โดยจะประกอบด้วยสายไฟ 3 เส้น และ ใน RC Servo Motor จะมีสีของสายแตกต่างกันไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

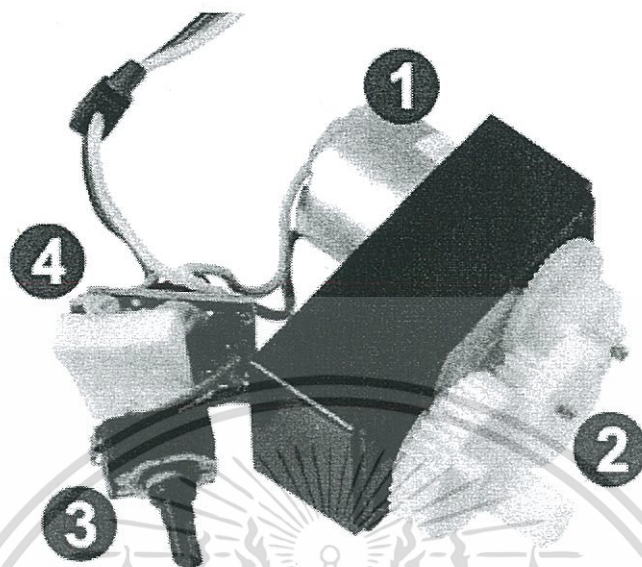
- 5.1 สายสีแดง คือ ไฟเลี้ยงมีค่า 4.8-6V
 - 5.2 สายสีดำ หรือ น้ำตาล คือ กราวด์
 - 5.3 สายสีเหลือง (ส้ม ขาว หรือฟ้า) คือ สายส่งสัญญาณพัลซ์ควบคุมมีค่า 3-5V
6. จากรูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอกอันสุดท้ายคือ Connector จุดเชื่อมต่อสายไฟ



รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบภายนอก Servo Motor

ส่วนประกอบภายใน Servo Motor

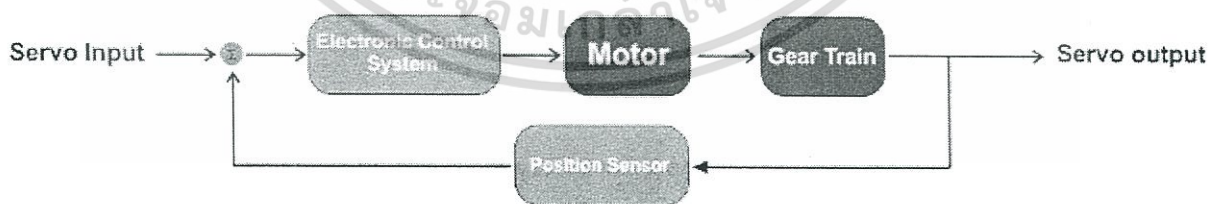
1. Motor เป็นส่วนของตัวมอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่ให้กำลังในการหมุนของเซอร์โว
2. Gear Train หรือ Gearbox เป็นชุดเกียร์ทดแรงหรือกล่าวได้ว่าเป็นชุดทดรอบของการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง
3. Position Sensor เป็นส่วนที่ใช้ตรวจวัดตำแหน่งของเซอร์โวและส่งข้อมูลกลับไปยังตัวควบคุมเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องหรืออธิบายให้เข้าใจง่าย ๆ คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเพื่อหาค่าองศาในการหมุนนั่นเอง
4. Electronic Control System เป็นส่วนที่ถอดรหัสสัญญาณที่ควบคุมและทำการประมวลผล ให้การทำงานของมอเตอร์มีการหมุนไปยังตำแหน่งที่ถอดรหัสมา



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบภายใน Servo Motor

หลักการการทำงานของ Servo Motor

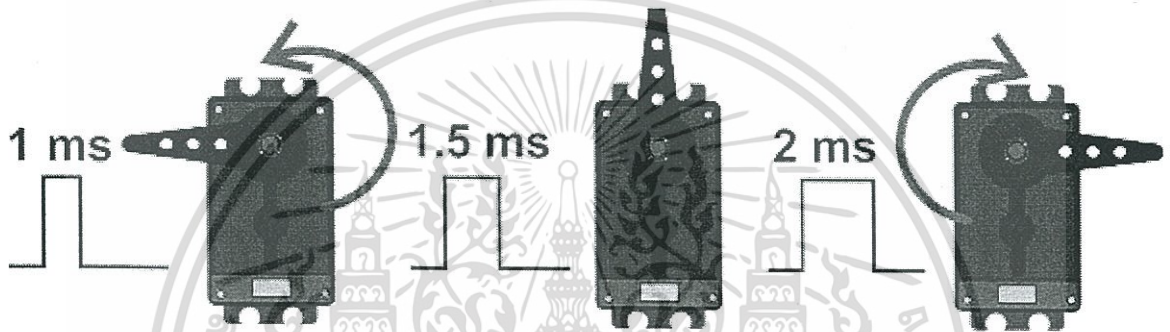
เมื่อส่งสัญญาณ PWM (Pule Width Modulation) เข้ามายัง RC Servo Motor ส่วนวงจรควบคุม ภายในเซอร์โว จะทำการอ่านถอดรหัสสัญญาณ PWM และประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณ PWM ที่ส่งเข้ามาเพื่อแปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการนั้น แล้วจึงส่งคำสั่งไปทำการควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมี Position Sensor เป็นตัวตรวจสอบตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์และส่งข้อมูลไปให้ตัวควบคุมดังนั้นเซ็นเซอร์จึงทำหน้าที่คอยวัดค่ามุมที่มอเตอร์กำลังหมุน เป็นการป้อนกลับมาให้วงจรสามารถควบคุมและเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการอย่างถูกต้องแม่นยำ



รูปที่ 2.16 Servo Motor Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

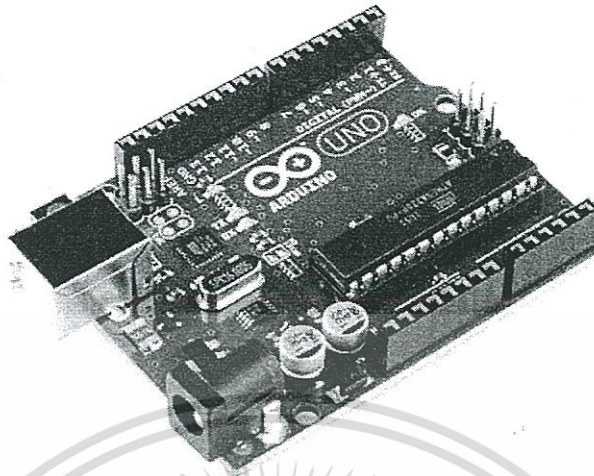
มุมหรือองศาจะขึ้นอยู่กับความกว้างของสัญญาณ PWM ซึ่งโดยส่วนมากความกว้างของสัญญาณ PWM ที่ใช้ใน เซอร์โวมอเตอร์ มีช่วงอยู่ที่ 1-2 ms หรือ 0.5-2.5 ms เช่น ให้ความกว้างของสัญญาณ PWM ไว้ที่ 1 ms ตัวเซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปทางซ้ายจนสุดดูได้จากในรูปที่ 2.18 รูปแรกด้านซ้ายสุด ในทางกลับกันถ้าให้ความกว้างของสัญญาณ PWM ไว้ที่ 2 ms ตัว เซอร์โวมอเตอร์ จะหมุนไปยังตำแหน่งขวาสุดดูได้จากในรูปที่ 2.18 รูปสุดท้ายทางด้านขวาสุดนั่นเอง แต่หากให้ความกว้างของสัญญาณ PWM ไว้ที่ 1.5 ms ตัว เซอร์โวมอเตอร์ ก็จะหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางพอดีดูได้จากในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 องศาการหมุนของ Servo Motor

2.4 Arduino UNO R3

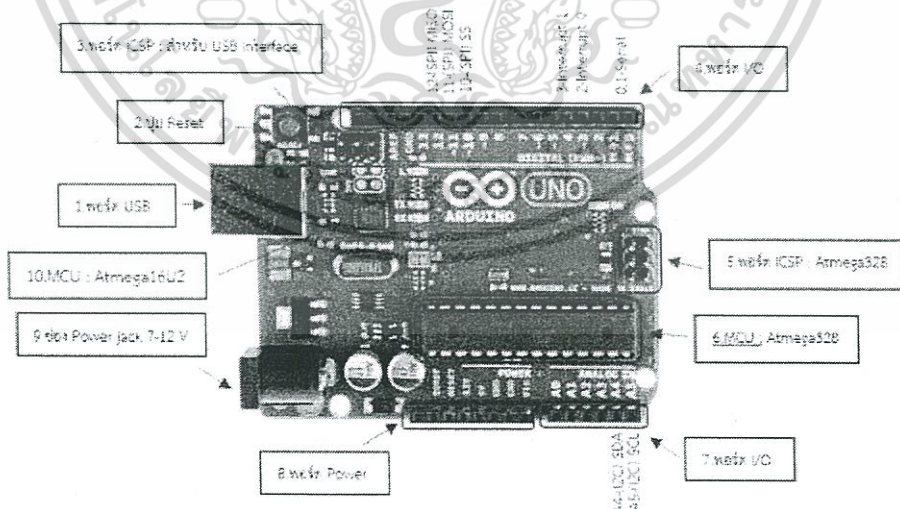
Arduino คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software โดยด้าน Hardware คือ บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายพกพาได้สะดวกโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญและมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆมาประกอบรวมกัน ต่อมาในด้าน Software ตัวบอร์ด Arduino เป็นบอร์ดที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนั้นจึงมีลักษณะภาษาแบบเดียวกับ ภาษา C/C++ ซึ่งเป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมที่แพร่หลาย ดังนั้นตัวบอร์ด Arduino จึงสามารถใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย



รูปที่ 2.18 Arduino UNO R3

ความสะดวกและไม่ซับซ้อนของบอร์ด Arduino ทำให้สามารถต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆได้อย่างสะดวกนั่นคือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆจากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเปรียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้

โครงสร้างของบอร์ด Arduino UNO R3



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของบอร์ด Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 1 USB Port : ใช้ในการต่อเข้ากับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ และจ่ายไฟ ให้กับบอร์ด

หมายเลข 2 Reset Button : ปุ่ม Reset ใช้เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มการทำงานใหม่

หมายเลข 3 ICSP Port : เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

หมายเลข 4 I/O Port : Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นเพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

หมายเลข 5 ICSP Port : Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

หมายเลข 6 MCU : Atmega328 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

หมายเลข 7 I/O Port : คือ Digital I/O และยังสามารถเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

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

หมายเลข 9 Power Jack : ส่วนที่รับไฟจาก Adapter และมีแรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

หมายเลข 10 MCU ของ Atmega16U2 : เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

การเขียนโปรแกรมพื้นฐาน Arduino

Arduino ใช้พื้นฐานลักษณะภาษาแบบเดียวกับภาษา C/C++ ดังนั้นจึงมีโครงสร้างเหมือนกับภาษา C/C++ ทว่าไปเน้นเองทำให้ง่ายต่อการศึกษาใช้งานสำหรับผู้ที่มีความรู้ภาษา C/C++ สำหรับผู้เริ่มใช้ Arduino มีหลักสำคัญที่ต้องรู้เกี่ยวกับคำสั่งพื้นฐาน Arduino ดังนี้

1. พร็ีโพรเซสเซอร์ไตรีกทีฟ (Preprocessor directives)

คือ ส่วนที่คอมไพเลอร์จะทำการประมวลผลและทำตามคำสั่งก่อนที่จะมีการคอมไพล์โปรแกรม ส่วนนี้จะเริ่มด้วยเครื่องหมายไตรีกทีฟ (directive) หรือสัญลักษณ์เครื่องหมายสี่เหลี่ยม # แล้วตามด้วยชื่อคำสั่งที่ต้องการใช้งาน หรือกำหนด ซึ่งในส่วนนี้จะอยู่ในส่วนบนสุด หรือส่วนหัวของโปรแกรม และต้องอยู่นอกฟังก์ชันหลักใดๆก็ตามถ้าให้เข้าใจง่ายๆนั้นคือ #include เป็นคำสั่งที่ใช้อ้างอิงไฟล์ภายนอกเพื่อเรียกใช้ฟังก์ชัน หรือตัวแปรที่มีการสร้างหรือกำหนดไว้ในไฟล์นั้น

รูปแบบการใช้งานคือ #include <ชื่อไฟล์.h>

ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- #include <Wire.h> // อ้างอิงไฟล์ Wire.h โดยเป็นไลบรารีพื้นฐานที่มีอยู่ใน Arduino
- #include <Time.h> // อ้างอิงไฟล์ Time.h โดยเป็นไลบรารีพื้นฐานที่มีอยู่ใน Arduino

การอ้างอิงไฟล์จากภายใน หรือไฟล์ไลบรารีที่มีอยู่แล้วใน Arduino หรือเป็นไลบรารีที่เราเพิ่มเข้าไปเอง จะใช้เครื่องหมาย <> ในการคร่อมชื่อไฟล์ไว้ โดยโปรแกรมคอมไพเลอร์จะเข้าใจว่าจะสามารถไปหาไฟล์ที่สั่งนี้จากในโพลเดอร์ไลบรารีนั้นเอง และในอีกกรณีถ้าต้องการอ้างอิงไฟล์ที่อยู่ในโพลเดอร์โปรเจกต์ จะใช้เครื่องหมาย "" คร่อมแทน ซึ่งคอมไพเลอร์จะวิ่งไปหาไฟล์นี้โดยอ้างอิงจากไฟล์โปรแกรมที่คอมไพเลอร์อยู่ ต่อมาเป็นมีความหมายคือ #define เป็นคำสั่งที่ใช้แทนข้อความที่กำหนดไว้ ด้วยข้อความที่กำหนดไว้ ซึ่งการใช้คำสั่งนี้ ข้อดี คือ ไม่มีการอ้างอิงกับตัวโปรแกรมเลย

รูปแบบการใช้งานคือ #define NAME VALUE

ตัวอย่างเช่น

- #define LEDPIN 14 // ไม่ว่าคำว่า LEDPIN จะอยู่ส่วนใดของโค้ดโปรแกรมก็ตาม คอมไพเลอร์จะแทนคำว่า LEDPIN ด้วยเลข 14 แทน ข้อดีคือเราไม่ต้องสร้างเป็นตัวแปรขึ้นมาเพื่อเปลืองพื้นที่แรม และยังช่วยให้โปรแกรมทำงานเร็วขึ้นอีกด้วยเพราะซีพียูไม่ต้องไปขอข้อมูลมาจากแรมหลายๆทอด

2. ส่วนของการกำหนดค่า (Global declarations)

เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดชนิดตัวแปรแบบนอกฟังก์ชัน หรือประกาศฟังก์ชัน เพื่อให้ฟังก์ชันที่ประกาศสามารถกำหนด หรือเรียกใช้ได้จากทุกส่วนของโปรแกรม เช่น int pin = 13; // ประกาศตัวแปรนอกฟังก์ชัน

3. ฟังก์ชัน setup() และฟังก์ชัน loop()

คือ คำสั่งที่ถูกบังคับให้ต้องมีในทุกโปรแกรม โดยฟังก์ชัน setup() เป็นฟังก์ชันแรกที่ถูกเรียกใช้ ใช้กำหนดค่าต่างๆ กำหนดขาในการใช้งานให้เป็น input หรือ output หรือเริ่มต้นใช้งานไลบรารีต่างๆ เช่น ในฟังก์ชัน setup() จะมีคำสั่ง pinMode() เพื่อกำหนดให้ขาใดๆก็ตามเป็นดิจิตอลอินพุต หรือเอาต์พุตโดยการกำหนดในส่วนนี้จะกำหนดเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ส่วนฟังก์ชัน loop() จะเป็นฟังก์ชันที่ทำงานหลังจากฟังก์ชัน setup() ได้ทำงานเสร็จสิ้นไปแล้ว โดยการทำงานจะมีการวนรูปแบบไม่รู้จบไปเรื่อยๆหรือกล่าวได้ว่าเมื่อฟังก์ชัน loop() ทำงานตามคำสั่งครบแล้ว ฟังก์ชัน loop() ก็จะถูกเรียกขึ้นมาใช้อีกเป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ

ตัวอย่างเช่น

```
int pin = 13; // ประกาศตัวแปรนอกฟังก์ชัน
void setup() {
```

```
pinMode(pin, OUTPUT); // ฟังก์ชันsetup()กำหนดให้ขาที่ 13 เป็นดิจิตอลเอาต์พุต
void loop() {
digitalWrite(pin, HIGH); // ฟังก์ชัน loop() มีการกำหนดให้พอร์ต 13 มีลอจิกเป็น 1
delay(1000); // ฟังก์ชัน delay() ในการหน่วงเวลา 1 วินาที
digitalWrite(pin, LOW); // ให้พอร์ต 13 มีสถานะลอจิกเป็น 0
delay(1000); } // หน่วงเวลา 1 วินาที
```

จากตัวอย่างแสดงว่าในฟังก์ชัน loop() เมื่อจบคำสั่ง จะเริ่มทำฟังก์ชัน loop() ใหม่ไปเรื่อยๆ ผลที่ได้คือไฟกระพริบบนบอร์ด Arduino Uno ในพอร์ตที่ 13 ทำงานแบบไม่รู้จบ

การสร้างฟังก์ชัน และการใช้งานฟังก์ชัน (Users-defined function) คำสั่งต่างๆที่อยู่ภายในฟังก์ชัน ต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมายปีกกาเปิด { และปีกกาปิด } เท่านั้น ภายใต้เครื่องหมาย {} เราสามารถนำฟังก์ชันหรือคำสั่งใดๆก็ได้มาใส่ไว้ แต่จะต้องคั่นแต่ละคำสั่งด้วยเครื่องหมายเซมิโคลอน ; โดยจะนำคำสั่งทั้งหมดไว้บรรทัดเดียวกันเลย หรือแยกบรรทัดกันก็ได้เพื่อความสวยงามของโค้ด

ตัวอย่างเช่น

```
void Mode(int pin) {
pinMode(pin, OUTPUT); } // ฟังก์ชันsetup()กำหนดให้pinที่กำหนดเป็นดิจิตอลเอาต์พุต
void setup() {
Mode(13); }
```

4. ส่วนอธิบายโปรแกรม (Program comments)

มีความหมายอีกอย่างว่าการคอมเม้นโปรแกรมเป็นส่วนที่สำคัญอย่างมากที่จะช่วยให้ผู้ที่ไม่ได้เขียนโปรแกรม หรือเป็นผู้เขียนโปรแกรมเข้าใจในตัวโปรแกรมได้ง่ายขึ้นโดยสามารถอ่านได้จากคอมเม้นแทนการทำความเข้าใจโปรแกรมโดยอ่านแต่ละฟังก์ชัน โดยส่วนอธิบายโปรแกรม หรือส่วนคอมเม้นนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อขนาดของโปรแกรมหลังคอมไพล์ นั่นเพราะส่วนนี้จะถูกตัดทิ้งทั้งหมดเนื่องจากไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน โดยจะมีผลเพียงแค่ว่าไฟล์โค้ดของโปรแกรมจะใหญ่ขึ้นมา ถ้ามีการคอมเม้นโค้ดเยอะๆ ขนาดก็จะเพิ่มขึ้นตามตัวอักษร ดังนั้นการคอมเม้นโค้ดจึงไม่คิดพื้นที่มากนัก แต่ผู้เขียนแนะนำให้คอมเม้นโค้ดให้สั้น และกระชับ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการทำความเข้าใจ การคอมเม้นโค้ดมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ เปิดด้วย /* และปิดด้วย */ และแบบสุดท้าย // เป็นการคอมเม้นโค้ดแบบข้ามบรรทัด คือตราบใดที่ยังไม่มี */ตรงส่วนนั้นจะเป็นคอมเม้นทั้งหมด

คำสั่งพื้นฐานในซีป

- pinMode(ขาที่จะใช้ ,OUTPUT) = ตั้งค่าให้ขานั้นเป็นเอาต์พุตใช้ได้ทั้งอะนาล็อกและดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- pinMode(ขาที่จะใช้, INPUT) = ตั้งค่าให้ขาเป็นอินพุตใช้ได้ทั้งอะนาล็อกและดิจิตอล
- digitalWrite(ขาที่จะใช้, สถานะที่จะแสดง) = ใช้สั่งขาเป็นเอาต์พุตดิจิตอล เช่น LED หน้าจอ
- digitalRead(ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานับรับอินพุตดิจิตอล เช่น สวิตช์กด เซ็นเซอร์ดิจิตอล
- analogWrite(ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานับรับอินพุตอะนาล็อก เช่น ICควบคุมความเร็วมอเตอร์
- analogRead(ขาที่จะใช้) = ใช้สั่งขานับรับอินพุตอะนาล็อก เช่น R-เกือกม้า LDR เซ็นเซอร์วัดระยะทาง
- delay(เวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที) = ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป
- delayMicroseconds(เวลาหน่วยเป็นไมโครวินาที) = ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป
- int = ใช้ตั้งชื่อตัวแปรสำหรับตั้งค่าเริ่มต้นที่เป็นตัวเลขหรือจุดทศนิยมที่เก็บตัวเลขหรือตั้งชื่อให้ขา
- char = ใช้ตั้งชื่อตัวแปรที่ใช้เก็บตัวอักษร(จุดทศนิยมที่ใช้เก็บอักขระ)
- Serial.begin(9600) = ตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อัตราเร็ว9600บิตต่อวินาที
- Serial.print("คำพูด") = ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อแสดงผลบนจอคอมแบบไม่เว้นบรรทัด
- Serial.println("คำพูด") = ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อแสดงผลบนจอคอมแบบเว้นบรรทัด
- Serial.available() = ใช้ตรวจสอบว่ามีการกดคีย์บอร์ดหรือไม่
- Serial.read() = ใช้อ่านค่าปุ่มคีย์บอร์ด

คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

- ชื่อตัวแปร++ = เพิ่มค่าตัวแปรนั้นทีละหนึ่ง = +1
- ชื่อตัวแปร-- = ลดค่าตัวแปรนั้นทีละหนึ่ง = -1
- / =หาร
- * = คูณ
- + = บวก
- _ = ลบ
- = = เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- == = เท่ากันกับ(สามารถใช้เปรียบเทียบค่าสั่งกับคำสั่งก็ได้ไม่จำเป็นต้องใช้กับตัวเลข)หรือเทียบความเหมือนกัน
- % = หารเอาเศษ เช่น $6\%3 = 0$ เพราะ 6 หาร 3 ลงตัว , $6\%4$ เพราะ 6 หาร 4 ได้ 1 เหลือเศษ
- != = ไม่เท่ากับ
- pi = $22/7$
- pow(x,y) = ยกกำลัง เช่น $\text{pow}(2,3) = 2^3$
- sqrt(x) = รากที่สอง
- > = มากกว่า
- < = น้อยกว่า
- >= = มากกว่าหรือเท่ากับ
- <= = น้อยกว่าหรือเท่ากับ

คำสั่งเกี่ยวกับเงื่อนไข

1. คำสั่ง do...while


```
do
{
    //คำสั่ง 1
}while(เงื่อนไข);

    //คำสั่ง 2
```

บางครั้งอาจใช้แค่ while อย่างเดียวก็ได้นั่นแปลว่า ทำคำสั่ง 1 เมื่อเงื่อนไขยังคงจริงหรือถูกต้อง ใช้ทำงานตามคำสั่ง 1 เมื่อเงื่อนไขในwhileยังคงเป็นจริง แต่ถ้าเงื่อนไขนั้นไม่เป็นจริง โปรแกรมก็จะหยุดทำคำสั่ง 1 แล้วไปทำตามคำสั่ง 2 แต่ถ้าไม่มีคำสั่ง 2 โปรแกรมก็จะหยุดทำงาน

2. คำสั่ง if


```
if(เงื่อนไข)
{
    //คำสั่ง
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายความว่า ถ้าเมื่อไหร่ที่เงื่อนไขถูกต้องหรือเป็นจริงก็ให้เริ่มทำคำสั่งนั้นได้

3. คำสั่ง if...else

```
if(เงื่อนไข)
```

```
{
```

```
    //คำสั่ง 1
```

```
}else
```

```
{
```

```
    //คำสั่ง 2
```

```
}
```

หมายความว่า ถ้าเมื่อไหร่ที่นั่นเงื่อนไขถูกต้องหรือเป็นจริงก็ให้เริ่มทำคำสั่งที่ 1 ได้ แต่ถ้ายังไม่เป็นจริงก็ให้ทำคำสั่งที่ 2 รอไปก่อน

4. คำสั่ง if...else if...else โดยตัวคำสั่งนี้สามารถต่อไปได้เรื่อยๆจนกว่าจะพอใจ

```
if(เงื่อนไข 1)
```

```
{
```

```
    //คำสั่ง 1
```

```
}else if(เงื่อนไข 2)
```

```
{
```

```
    //คำสั่ง 2
```

```
}else
```

```
{
```

```
    //คำสั่ง 3
```

```
}
```

```
    ไปเรื่อยๆ
```

หมายความว่า ถ้าเมื่อไหร่ที่นั่นเงื่อนไข 1 ถูกต้องหรือเป็นจริงก็ให้เริ่มทำคำสั่งที่ 1 ได้ แต่ถ้ายังไม่เป็นจริงก็ไปตรวจสอบที่เงื่อนไขที่ 2 ถ้าเงื่อนไขที่ 2 เป็นจริงก็ทำคำสั่งที่ 2 แต่ถ้าไม่เป็นจริงทั้งสองคำสั่งก็จะทำคำสั่งที่ 3 เป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ

5. คำสั่ง for loop

```
for(เงื่อนไขเริ่มต้น; เงื่อนไขสุดท้าย; การทำงานของเงื่อนไข)
```

{

//คำสั่ง

}

แปลว่า ให้ทำคำสั่งที่ได้ไปจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริงครบทั้ง3ข้อ โดยคำสั่งเหล่านี้จะต้องมีความสัมพันธ์กันโดยตรงด้วย

2.5 ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

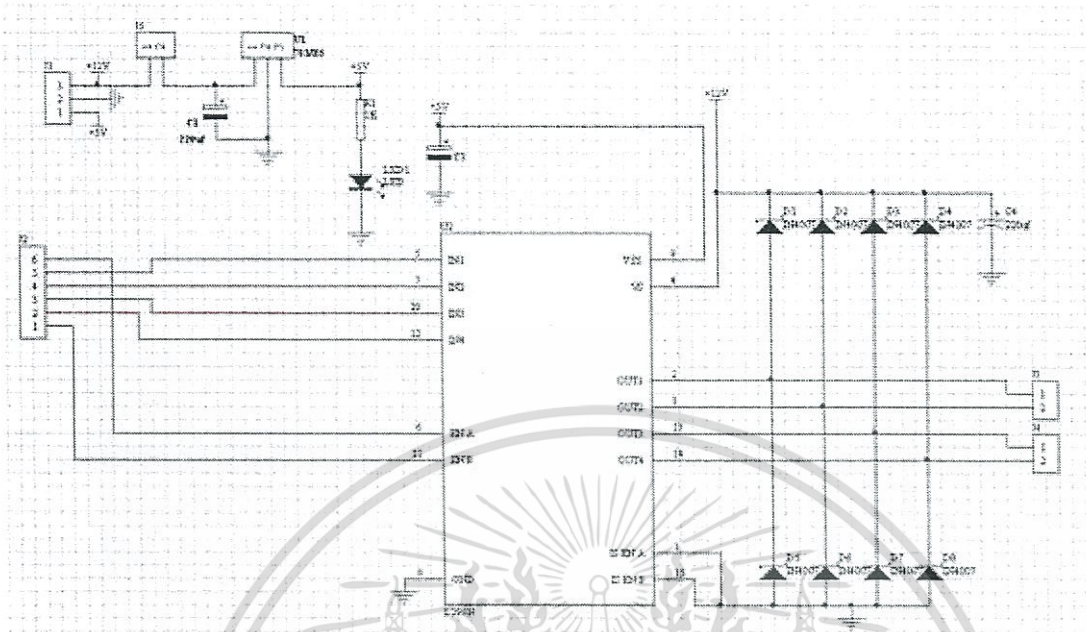
L298N Dual H-Bridge Motor Controller เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทาง และความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 Channel โดยจะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย สัญญาณ (PWM Pulse Width Modulation) ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่จะใช้



รูปที่ 2.20 ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

ในการต่อกับ Arduino นั้น ขา IN1,IN2,IN3 และ IN4 นั้น สามารถต่อกับพอร์ต Digital ใดๆก็ได้ เนื่องจาก 4 ขานี้ จะใช้ในการควบคุมสัญญาณลอจิกบอกทิศทางให้กับมอเตอร์ ส่วน ENA และ ENB นั้น จำเป็นที่จะต้องต่อกับพอร์ต Digital ที่รองรับ PWM เนื่องจากจะต้องใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 Schematic ของวงจร L298N Dual H-Bridge Motor Controller

ขาต่างๆของชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

1. Out 1: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
2. Out 2: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
3. Out 3: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
4. Out 4: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
5. 12V: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 12V (ต่อได้ตั้งแต่ 5V ถึง 35V)
6. GND: ช่องต่อไฟลบ (Ground)
7. 5V: ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5V (หากมีการต่อไฟเลี้ยงที่ช่อง 12V แล้ว)
8. ช่องนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟออก เป็น 5V Output
9. สามารถต่อไฟจากช่องนี้ไปเลี้ยงบอร์ด Arduino ได้
10. ENA: ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A
11. IN1: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
12. IN2: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
13. IN3: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
14. IN4: ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. ENB: ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B

คุณสมบัติต่างๆของชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

1. Dual H bridge Drive Chip : L298N
2. แรงดันสัญญาณลอจิก : 5V Drive voltage: 5V-35V
3. กระแสของสัญญาณลอจิก : 0-36mA
4. กระแสขั้วมอเตอร์ : สูงสุดที่ 2A (เมื่อใช้มอเตอร์เดี่ยว)
5. กำลังไฟฟ้าสูงสุด : 25W
6. ขนาด : 43 x 43 x 26 มิลลิเมตร
7. น้ำหนัก : 26 กรัม
8. มี Power Supply 5V ในตัว สามารถจ่ายไฟออกจากช่อง 5V (เพื่อจ่ายให้บอร์ด Arduino) ได้ เมื่อต่อไฟเลี้ยงเข้าที่ช่อง 12V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

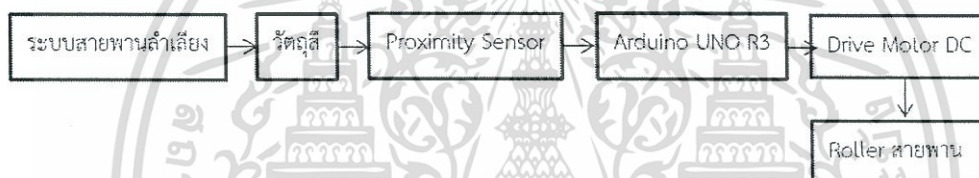
วิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

ในการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ (Automatic Color Sorter) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนประกอบด้านแมคคานิค (Mechanics) ส่วนประกอบและส่วนประกอบด้านซอฟต์แวร์ (Software)

3.2 การออกแบบระบบสายพานลำเลียง

ในการออกแบบระบบสายพานลำเลียงสามารถแสดงเป็นแผนภาพการทำงานได้ดังรูปที่ 3.1

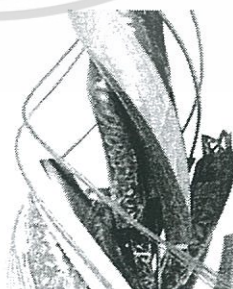


รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของระบบสายพานลำเลียง

3.2.1 การออกแบบระบบสายพานลำเลียงด้านแมคคานิค

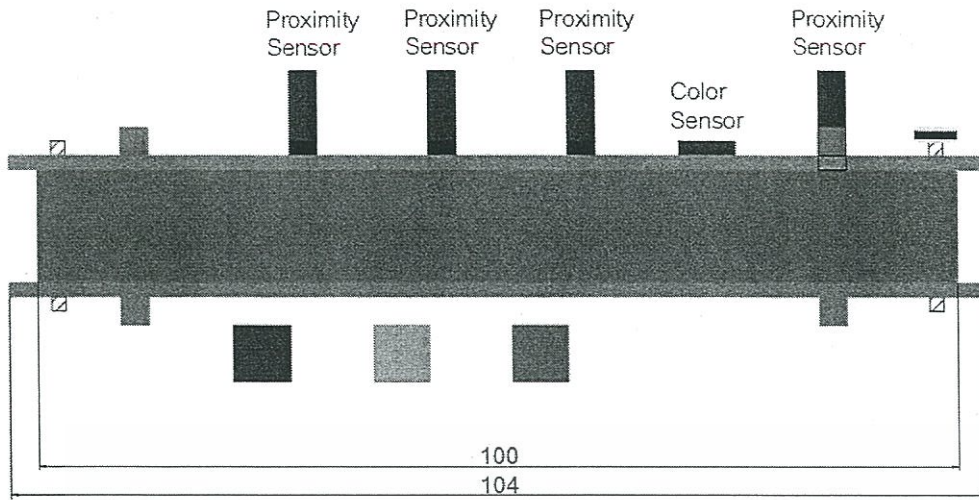
การออกแบบระบบสายพานลำเลียงด้านแมคคานิค เป็นการออกแบบเค้าโครงและแบบจำลองโครงสร้างแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ระบบสายพานลำเลียงของเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก โดยใช้โปรแกรม AutoCAD 2017 ในการออกแบบเค้าโครงและแบบจำลองโครงสร้างดังรูปที่ 3.2

AUTODESK
AUTOCAD 2017

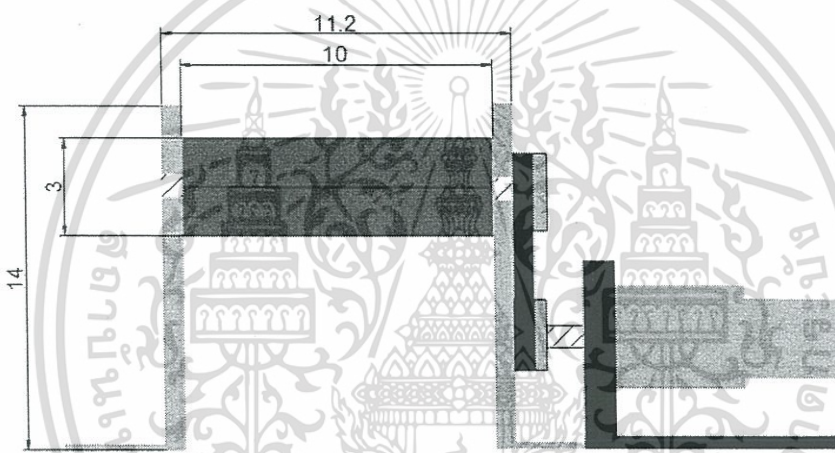


รูปที่ 3.2 โปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แบบจำลองโครงสร้างระบบสายพานลำเลียงแบบ 2 มิติ มีหน่วยเป็น cm (Top View)



รูปที่ 3.4 แบบจำลองโครงสร้างระบบสายพานลำเลียงแบบ 2 มิติ มีหน่วยเป็น cm (Side View)



รูปที่ 3.5 แบบจำลองโครงสร้างระบบสายพานลำเลียงแบบ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการคำนวณทอร์ก(T) เพื่อเลือกขนาดมอเตอร์ต้นกำลัง ได้แก่ ทอร์กที่เกิดจากน้ำหนักเพลาลูกทั้งสองฝั่ง (T') , ทอร์กที่เกิดจากน้ำหนักชิ้นงานบนสายพาน (T'') และทอร์กที่เกิดจากแรงดึงสายพาน (T''') โดยในการออกแบบนี้จะใช้เพลาลูกหนัก 0.1 กิโลกรัม รัศมี 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว และวัตถุใช้มวลหนัก 0.025 กิโลกรัม และ แรงโน้มถ่วงโลกเท่ากับ 9.81 m/s^2 จากสมการ

$$T' = \text{น้ำหนักของเพลาลูก} \times \text{รัศมีของเพลาลูก} \times \text{จำนวนของเพลาลูก} \quad (3.1)$$

แทนค่า จะได้ว่า

$$T' = 0.1 \times 1.5 \times 2$$

$$T' = 0.3 \text{ N.m}$$

$$T'' = \frac{1}{2} \times \text{แรงกระจายที่เกิดบนสายพาน} \times \text{ความยาวของสายพาน} \quad (3.2)$$

โดย แรงกระจายที่เกิดบนสายพาน = น้ำหนักของชิ้นงาน \times ความยาวของสายพาน \times ค่าแรงโน้มถ่วง
แทนค่า จะได้ว่า

$$T'' = \frac{1}{2} \times (0.025)(1)(9.81) \times 1$$

$$T'' = 0.12 \text{ N.m}$$

$$T''' = \text{แรงกระจายบนสายพาน} \times \text{รัศมีของเพลาลูก} \quad (3.3)$$

แทนค่า จะได้ว่า

$$T''' = (0.025)(1)(9.81) \times 1.5$$

$$T''' = 0.03 \text{ N.m}$$

$$\text{จะได้เป็น} \quad T = T' + T'' + T''' \quad (3.4)$$

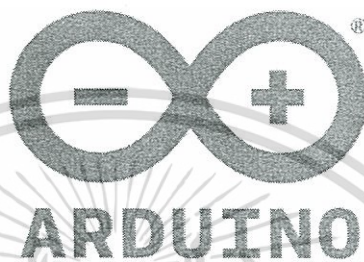
$$T = 0.3 + 0.12 + 0.03$$

$$T = 0.45 \text{ N.m}$$

นำค่าทอร์ก (T) ที่ได้คือ 0.45 N.m จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์กับค่าต่าซีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดเหมาะสม จากการออกแบบจะใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 12VDC 1A 50 rpm ที่ให้ค่าทอร์กได้ตั้งแต่ 0.3 – 1.3 N.m

3.2.2 การออกแบบระบบสายพานลำเลียงด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบระบบสายพานลำเลียงด้านซอฟต์แวร์จะใช้การเขียนโปรแกรมควบคุมชุดคำสั่งจากโปรแกรม Arduino IDE 1.8.3 โดยใช้ภาษา C++ ในการเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบสายพานลำเลียง แสดงชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบสายพานลำเลียงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 โปรแกรมเขียนโปรแกรมควบคุมชุดคำสั่ง Arduino IDE 1.8.3



รูปที่ 3.7 แผนภาพชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบสายพานลำเลียง

3.3 การออกแบบระบบคัดแยกวัตถุ

ในการออกแบบระบบคัดแยกวัตถุสามารถแสดงเป็นแผนภาพการทำงานได้ดังรูปที่ 3.8

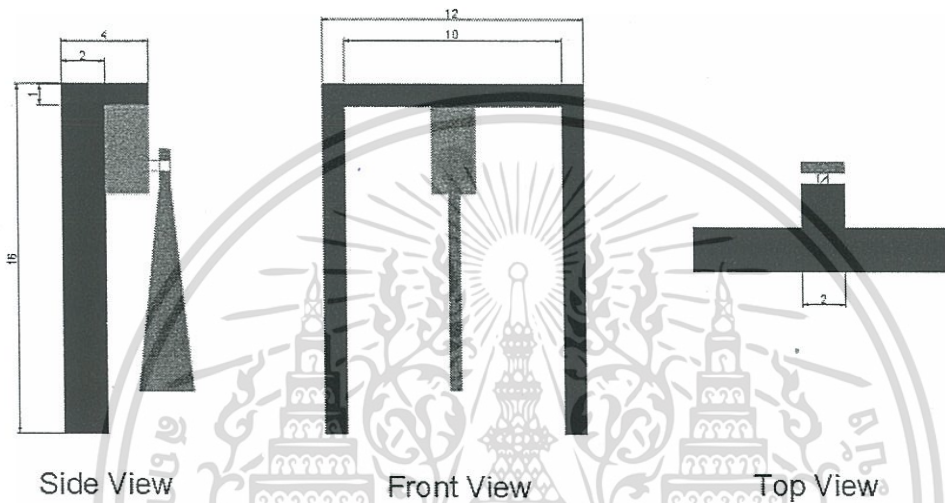


รูปที่ 3.8 แผนภาพการทำงานของระบบคัดแยกวัตถุ

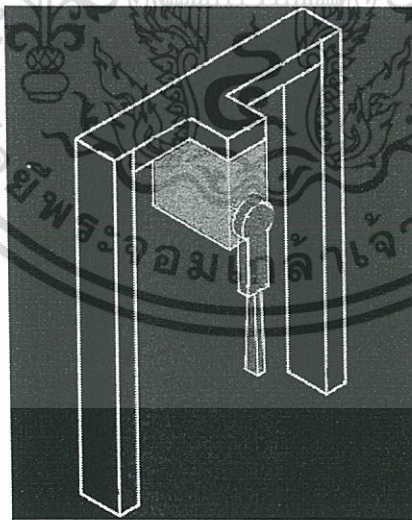
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การออกแบบระบบตัดแยกวัตถุด้านแมคคาณิก

การออกแบบระบบสายพานลำเลียงด้านแมคคาณิก เป็นการออกแบบเค้าโครงและแบบจำลองโครงสร้างแบบ 2D และ 3D ระบบตัดแยกวัตถุของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม AutoCAD 2017 ในการออกแบบเค้าโครงและแบบจำลองโครงสร้างดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.9 แบบจำลองโครงสร้างระบบระบบตัดแยกแบบ 2 มิติ มีหน่วยเป็น cm

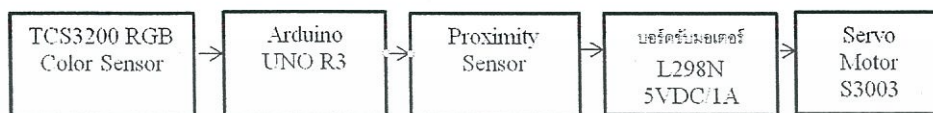


รูปที่ 3.10 แบบจำลองโครงสร้างระบบระบบตัดแยกแบบ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การออกแบบระบบตัดแยกวัตถุด้านซอฟต์แวร์

การออกแบบระบบตัดแยกวัตถุด้านซอฟต์แวร์จะใช้การเขียนโปรแกรมควบคุมชุดคำสั่งจากโปรแกรม Arduino IDE โดยใช้ภาษา C++ ในการเขียนคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบตัดแยกวัตถุ แสดงชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบตัดแยกวัตถุดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนภาพชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบตัดแยกวัตถุ

ภายในเซนเซอร์สี TCS3200 (RGB Color Sensor) มี Photodiodes ขนาด 8x8 ตัว แปลงแสงเป็นความถี่ โดยจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาทางขา S2 และ S3 ของเซนเซอร์สี TCS3200 ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สถานะการทำงานของเซนเซอร์สี TCS3200 (RGB Color Sensor)

S2	S3	เอาต์พุต
0	0	สีแดง
0	1	สีน้ำเงิน
1	0	สีขา
1	1	สีเขียว

3.4 ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

ในการประกอบและการดำเนินงานเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ควรทำการศึกษารายละเอียด คุณสมบัติและการทำงานในส่วนต่างๆของระบบก่อน ซึ่งจะส่งผลทำให้การประกอบและการดำเนินงานเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว สำหรับขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก มีขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานด้านแมคคาณิก

การประกอบและการดำเนินงานของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็กด้านแมคคาณิก ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายการอุปกรณ์ของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็กด้านแมคคาณิก

ชื่ออุปกรณ์	จำนวน
ไม้อัด	4 แผ่น
สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี (PVC Lay Flat Hose) เส้นรอบวง 1 เมตร	1 เส้น
สายพาน Timing Belt M5 80XL เส้นรอบวง 8 นิ้ว	1 เส้น
มอเตอร์เกียร์ 12VDC 50 รอบ	1 ตัว
Servo Motor S3003 5VDC หมุน 90 องศา	3 ตัว
ฉากยึดมอเตอร์เกียร์ 12VDC 50 รอบ	1 ชุด
Servos Metal Rocker	3 ชุด
เพลาลูกขนาด 6 มม. ยาว	2 ชิ้น
เพลายางขนาด ยาว	2 ชิ้น
เฟืองสายพานร่อง XL (Pulley) ขนาด 16 มม.	2 ชิ้น

ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็กด้านแมคคาณิก มีขั้นตอนดังนี้

- นำไม้ที่ทำการจัดซื้อมาต่อโครงสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ในส่วนของระบบสายพานลำเลียง โดยนำไม้มาตัดตามขนาดที่ต้องการ และเจาะรูเพื่อยึดให้มั่นคง ทำการขัดตัว

โครงสร้างด้วยกระดาษทราย ทำให้พ่นสีสเปรย์ได้ติดทนและเรียบเนียน เพื่อความสวยงามของโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.17 และ 3.18



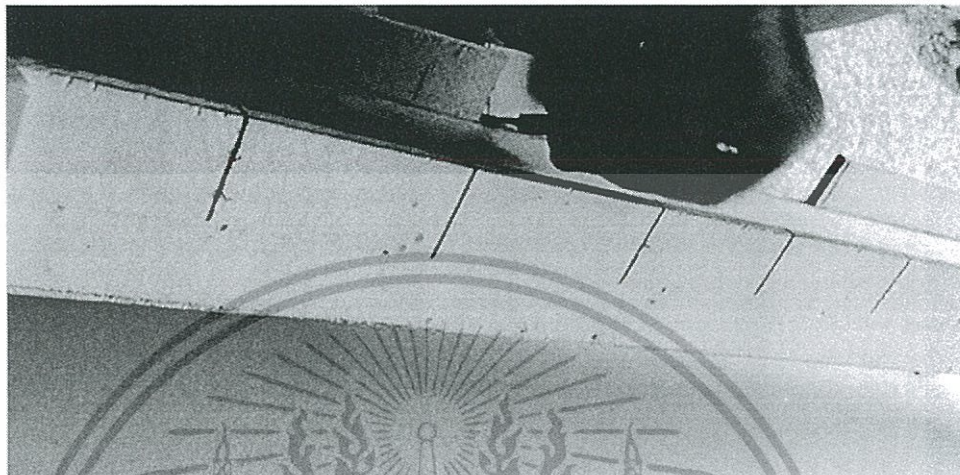
รูปที่ 3.12 นำไม้มาตัดและเจาะรูตามขนาดที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3.13 ทำการขัดตัวโครงสร้างด้วยกระดาษทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการวัดตำแหน่งเพื่อเจาะช่องสำหรับติดตั้งระบบคัดแยกวัสดุ จากนั้นจึงทำการเจาะช่องตามขนาดที่ได้ทำการออกแบบไว้และทำการพ่นสีเปรยลงบนโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.14 และ 3.15



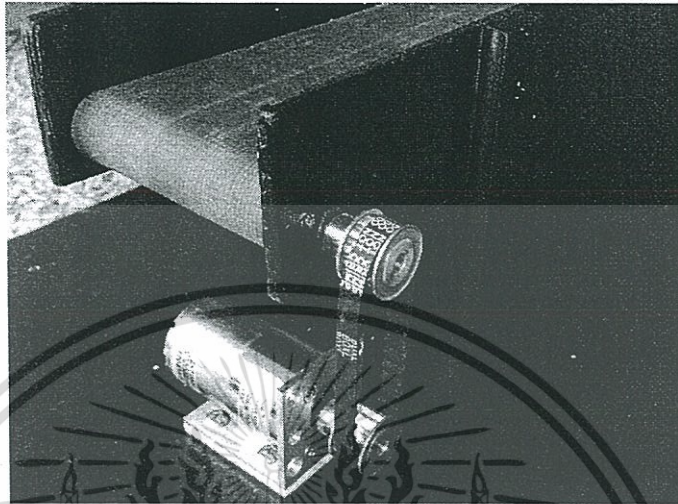
รูปที่ 3.14 เจาะช่องสำหรับติดตั้งระบบคัดแยกวัสดุ



รูปที่ 3.15 ทำการพ่นสีเปรยลงบนโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการประกอบมอเตอร์ เพลลา และสายพานเข้ากับโครงสร้าง เป็นลักษณะสายพานลำเลียง พร้อมทำการทดสอบการทำงานของมอเตอร์ดังรูปที่ 3.16 และ 3.17



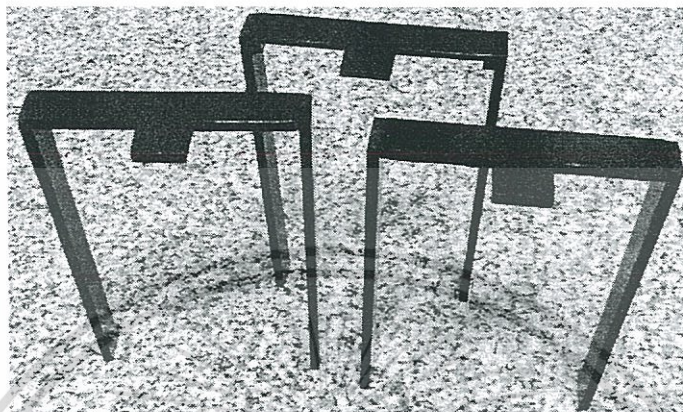
รูปที่ 3.16 ประกอบมอเตอร์และอื่นๆเข้ากับโครงสร้างสายพานลำเลียง



รูปที่ 3.17 สายพานลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำไม้ที่ทำการจัดซื้อมาต่อตามโครงสร้างของตัวติดที่ได้ทำการออกแบบไว้ในส่วนของระบบคัตแยกวัสดุ โดยนำไม้มาตัดตามขนาดที่ต้องการ และยิงกาวร้อนเพื่อยึดให้มั่นคงดังรูปที่ 3.18 และ 3.19

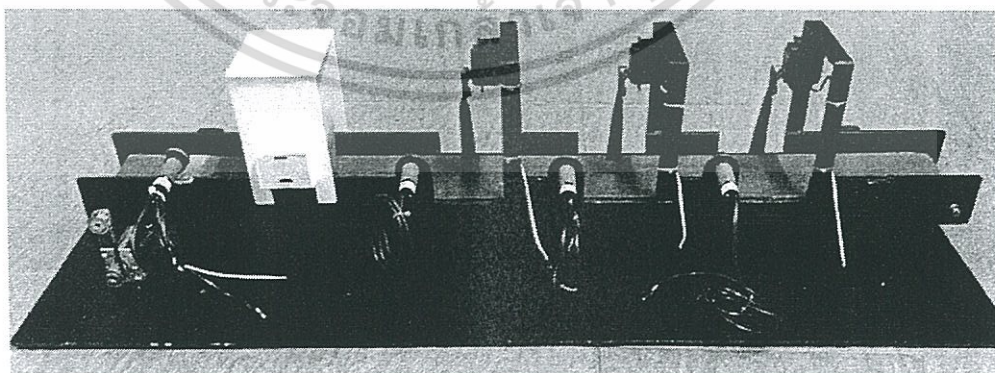


รูปที่ 3.18 โครงของระบบคัตแยกวัสดุ



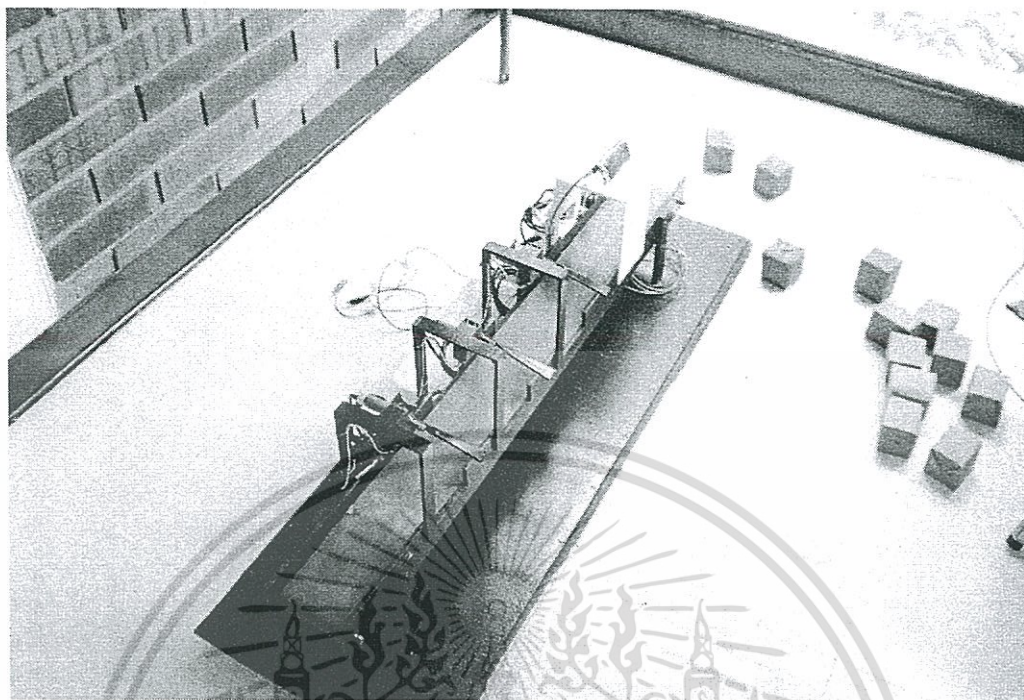
รูปที่ 3.19 ตัวติดของระบบคัตแยกวัสดุ

5. ทำการประกอบและติดตั้งในส่วนของระบบคัตแยกวัสดุ พร้อมทำการทดสอบการทำงานของมอเตอร์



รูปที่ 3.20 เครื่องคัตแยกวัสดุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



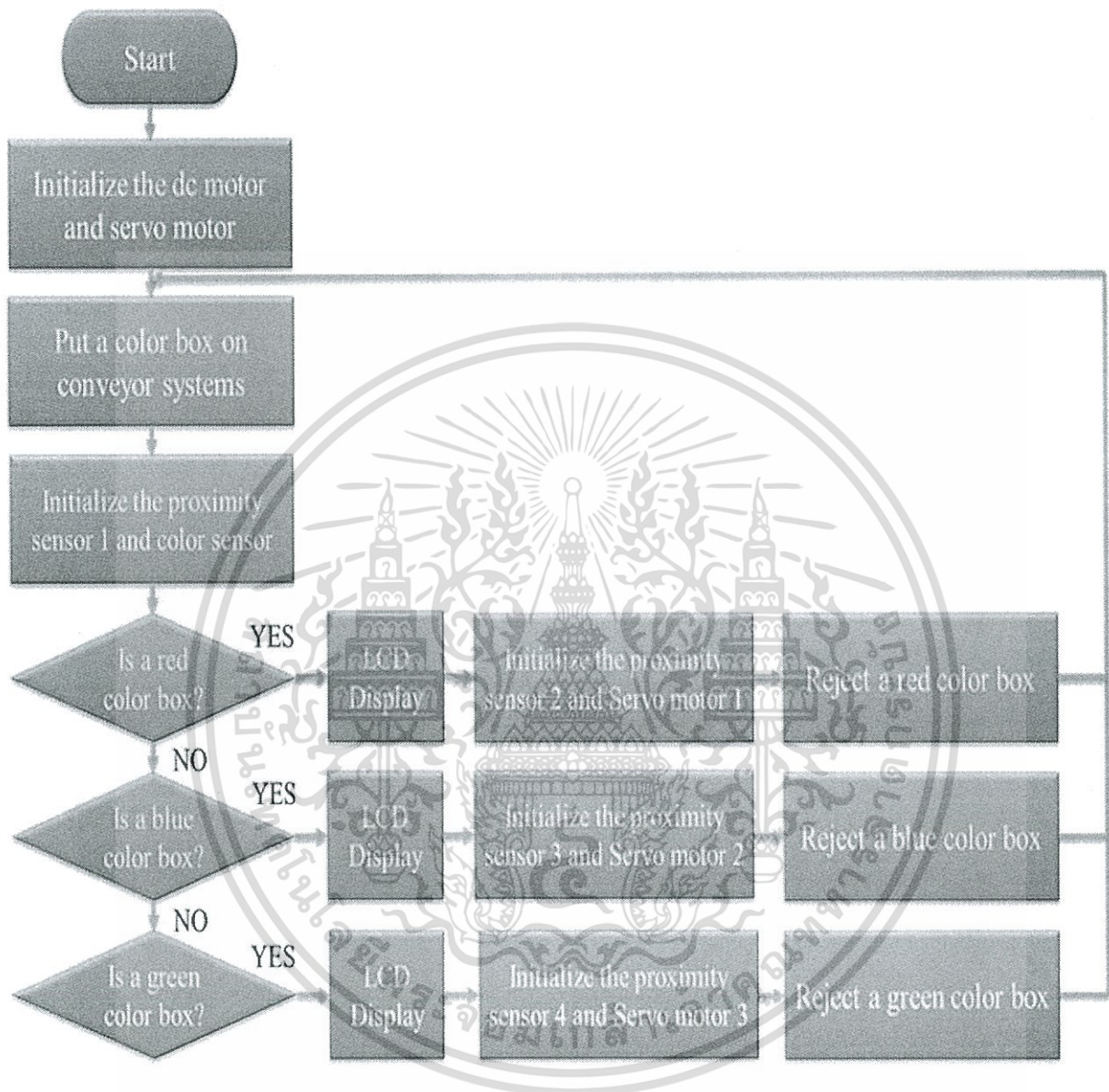
รูปที่ 3.21 เครื่องตัดแยกสวิตช์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

3.4.2 ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานด้านซอฟต์แวร์

ขั้นตอนการประกอบและการดำเนินงานด้านซอฟต์แวร์ คือ การเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งในการควบคุมการทำงานของเครื่องแยกสวิตช์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก แสดงขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ทำการเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งตามที่ได้ออกแบบการทำงานไว้
2. หากเกิดกรณีชุดคำสั่งทำงานผิดพลาดหรือทำงานไม่ถูกต้อง ให้ทำการปรับปรุงแก้ไขชุดคำสั่งให้ถูกต้อง
3. เมื่อเขียนชุดคำสั่งควบคุมการทำงานเสร็จแล้วทำการอัปโหลดไปยังบอร์ด Arduino UNO R3 เพื่อทำการทดสอบ

โปรแกรมคำสั่งในการควบคุมการทำงานของเครื่องแยกสวิตช์แบบอัตโนมัติแสดงในภาคผนวก ก

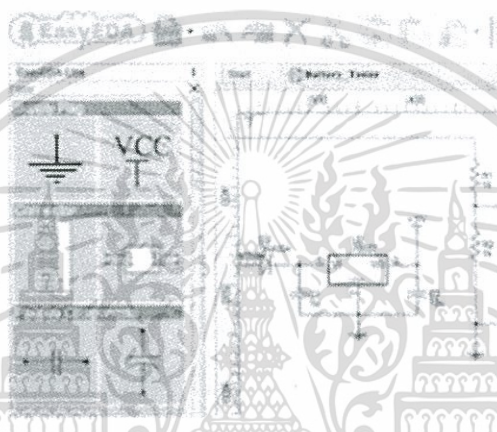


รูปที่ 3.22 แผนภาพการทำงานของเครื่องแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

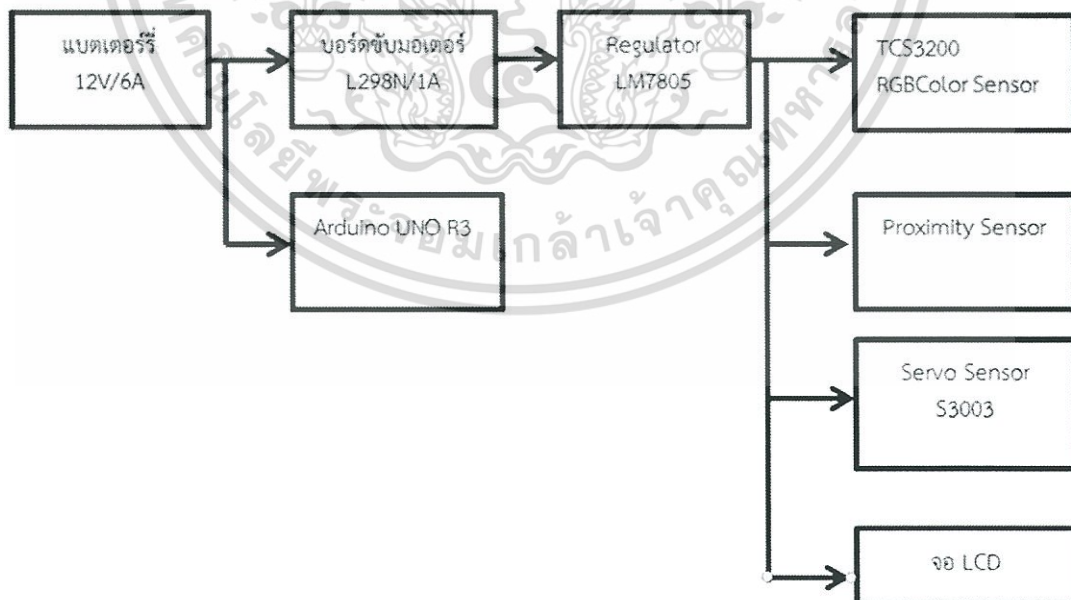
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบวงจรและแผ่นพิมพ์วงจร

การออกแบบวงจรและแผ่นพิมพ์วงจร เป็นการออกแบบวงจรโดยใช้โปรแกรม Easy,EDA ในระบบจำลองเครื่องคิดแยกสวิตต์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก จำเป็นต้องมีวงจรแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ และ 5 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในการออกแบบวงจรดังรูปที่ 3.26



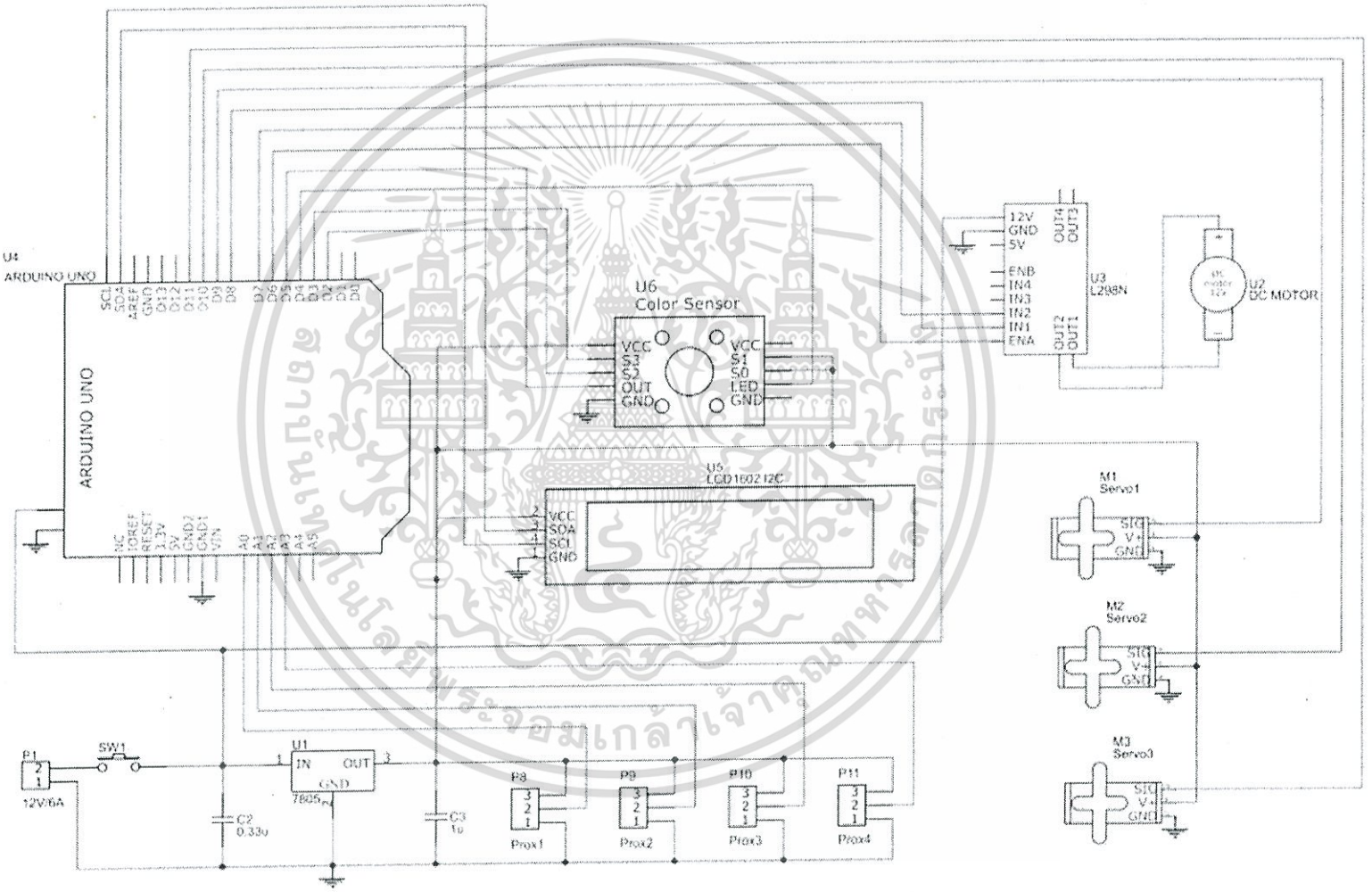
รูปที่ 3.23 โปรแกรมเขียนแบบ Altium Designer 14.3

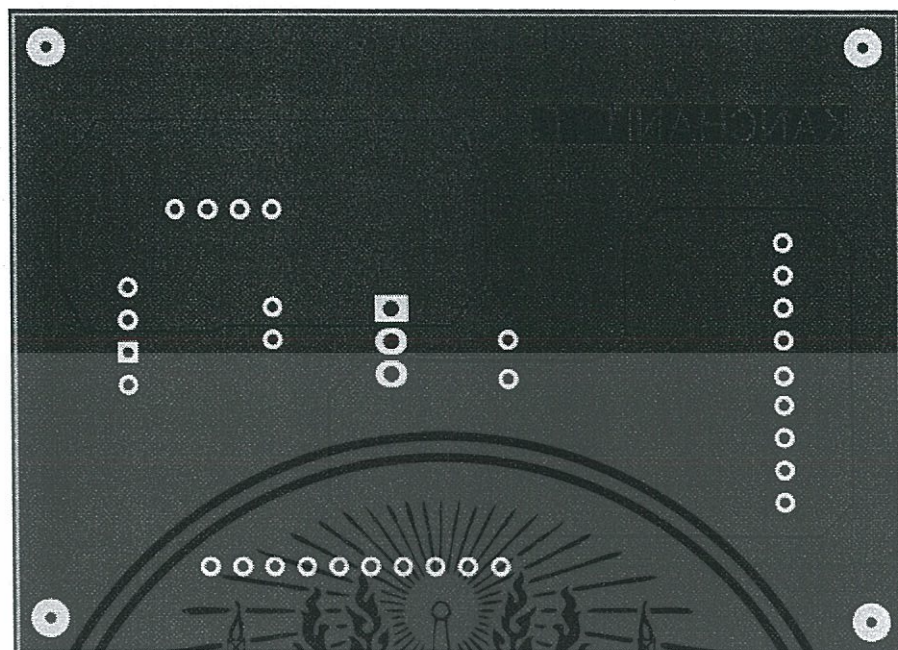


รูปที่ 3.24 แผนภาพการทำงานของแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 การต่อใช้งานอุปกรณ์หลักที่ใช้ในเครื่องคัดแยกสีอัตโนมัติขนาดเล็ก





รูปที่ 3.26 วงจรแหล่งจ่ายไฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสินค้ารวมถึงผลิตภัณฑ์ต่างๆเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน จึงจำเป็นต้องมีระบบตรวจสอบคัดแยกสีและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมการผลิต เราจึงเล็งเห็นว่าหากเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการนี้ได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในอุตสาหกรรมรวมถึงประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายจึงได้ศึกษาและทำโครงการเรื่องเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก โดยใช้สายพานลำเลียง ใช้คำสั่งควบคุมด้วยโปรแกรม Arduino โดยสามารถคัดแยกสีวัตถุได้ตามคำสั่งคือสามารถแยกสีวัตถุได้คือ สีเขียว สีน้ำเงิน สีแดง โดยอาศัยการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมี Color Module TSC3200 เป็นตัวประมวลผลในช่วงความถี่ต่างๆของสีที่กำหนดไว้

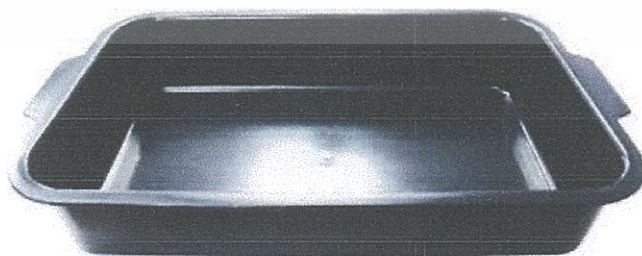
4.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. กล่องวัตถุทรงกระบอก สีแดง สีน้ำเงิน และ สีเขียว



รูปที่ 4.1 กล่องวัตถุทรงกระบอกสีเขียว สีน้ำเงิน และ สีแดง

2. ถาดรองรับกล่องคัดแยกชิ้นงาน



รูปที่ 4.2 ถาดรองรับกล่องคัดแยกชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองอุปกรณ์ภายในเครื่องคัดแยกสปีดแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

4.2.1 การวัดสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

วิธีการทดลอง

1. วัดค่าสัญญาณเซอร์โวมอเตอร์ขณะที่อยู่ที่พิกัด 0 องศา และ 180 องศา
2. ทำการบันทึกค่าสัญญาณเซอร์โวมอเตอร์ตามพิกัดที่ต้องการ

4.2.1.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 4.3 ค่าสัญญาณเซอร์โวมอเตอร์ขณะที่อยู่ที่พิกัด 0 องศา



รูปที่ 4.4 ค่าสัญญาณเซอร์โวมอเตอร์ขณะที่อยู่ที่พิกัด 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

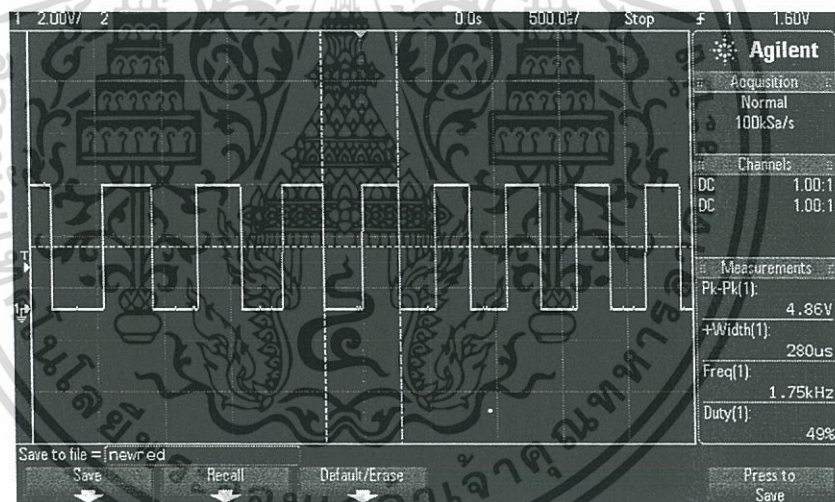
4.2.2 การวัดสัญญาณการอ่านค่าสีของ RGB Color Sensor Module TCS3200

วิธีการทดลอง

1. วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีแดง, สีน้ำเงิน ,สีเขียว
2. ทำการบันทึกค่าสัญญาณ RGB Color Sensor Module TCS3200 ตามสีที่ต้องการ
3. ทำการทดลองข้อที่ 1 และ 2 ซ้ำจำนวน 5 ครั้ง
4. นำค่าที่บันทึกได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากสูตร

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (4.1)$$

4.2.2.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณการอ่านค่าสีของ RGB Color Sensor Module TCS3200



รูปที่ 4.5 วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

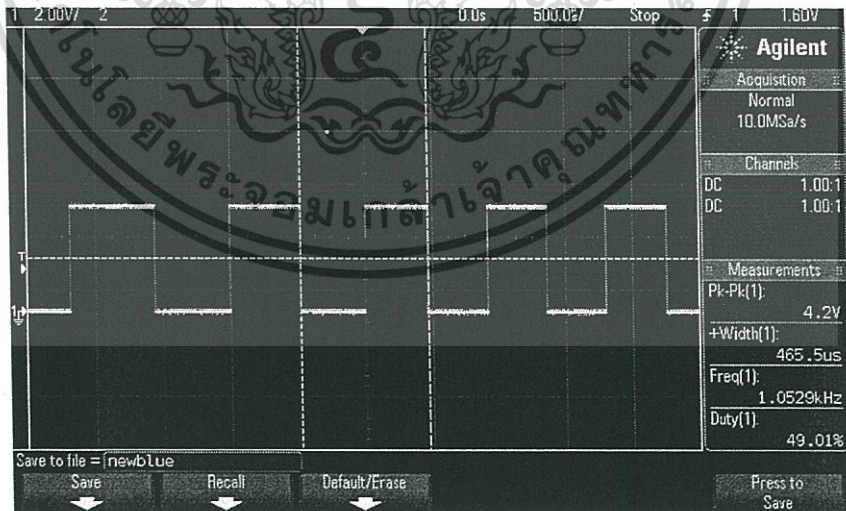
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สี่ขณะที่อ่านค่าได้สีแดง

ครั้งที่	V _{PK-PK} (V)	F _o (HZ)	Duty Cycle(%)	R	G	B
1	4.86	1.75K	49.00	240	170	193
2	4.86	1.58 K	51.22	234	174	195
3	4.86	1.57 K	50.73	235	174	196
4	4.86	1.58 K	49.49	230	183	190
5	4.86	1.6 K	49.82	234	173	185

ค่าเฉลี่ยของ F_o(HZ) จะได้ว่า

$$= \frac{(1.75+1.58+1.57+1.58+1.6)K}{5}$$

$$= 1.616 K \text{ (HZ)}$$



รูปที่ 4.6 วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สี่ขณะที่อ่านค่าได้สีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

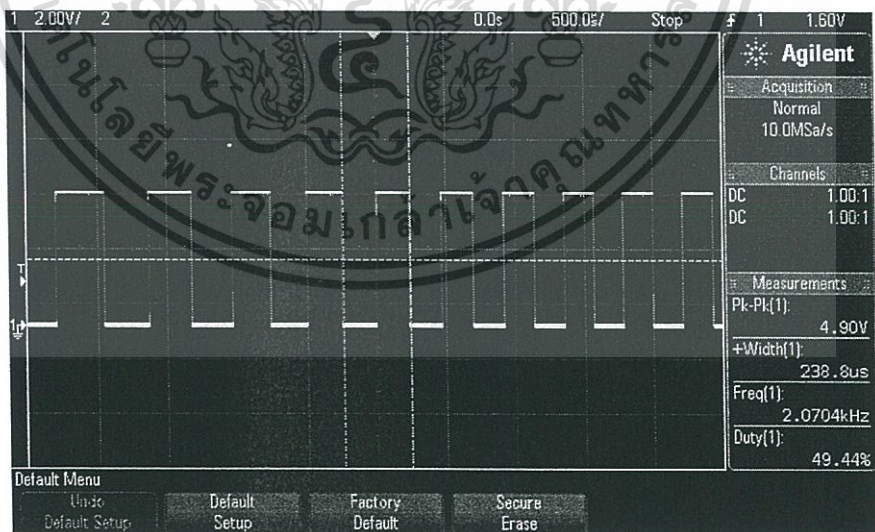
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สี่ขณะที่อ่านค่าได้สีน้ำเงิน

ครั้งที่	V _{PK-PK} (V)	f ₀ (HZ)	Duty Cycle(%)	R	G	B
1	4.2	1.05 K	49.01	135	188	215
2	4.2	1.03 K	51.92	132	182	215
3	4.2	1.09 K	49.64	152	193	222
4	4.2	1.07 K	50.31	138	175	213
5	4.2	1.05 K	49.03	131	172	215

ค่าเฉลี่ยของ F₀(HZ)จะได้ว่า

$$= \frac{(1.05+1.03+1.09+1.07+1.05)K}{5}$$

$$= 1.058 \text{ K (HZ)}$$



รูปที่ 4.7 วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สี่ขณะที่อ่านค่าได้สีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่ย่านค่าได้สีเขียว

ครั้งที่	V _{PK-PK} (V)	F _o (HZ)	Duty Cycle(%)	R	G	B
1	4.9	2.07 K	49.44	79	131	114
2	4.9	2.05 k	50.19	108	145	132
3	4.9	2.01 K	49.43	112	141	126
4	4.9	2.01 K	51.21	101	137	118
5	4.9	2.04 K	51.30	92	124	109

ค่าเฉลี่ยของ F_o(HZ) จะได้ว่า

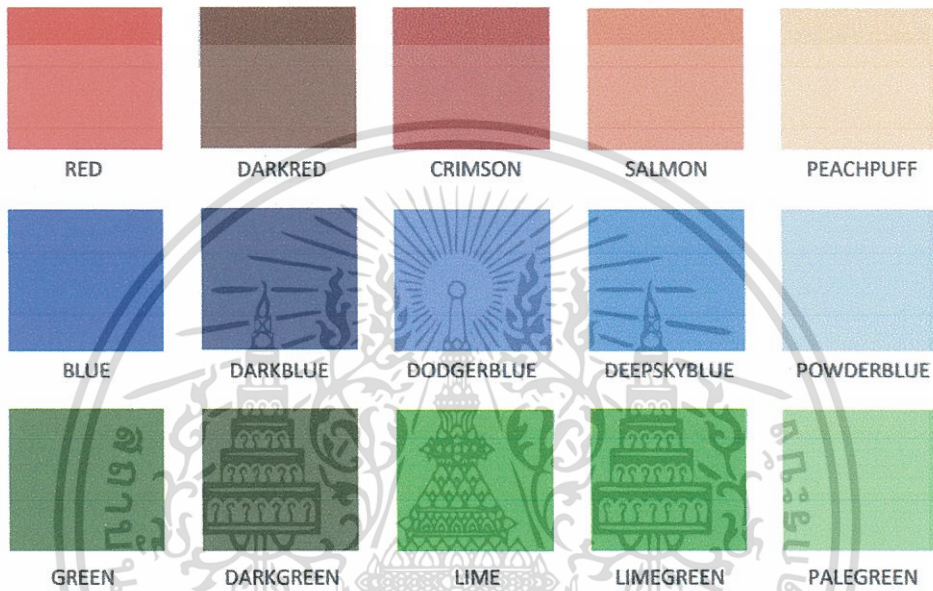
$$\begin{aligned}
 &= \frac{(2.07+2.05+2.01+2.01+2.04)K}{5} \\
 &= 2.036 K \text{ (HZ)}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การวัดสัญญาณการอ่านค่าสีหลากหลาย shade สีในช่วงสีแดง,สีน้ำเงิน,สีเขียว ของ RGB Color Sensor Module TCS3200

วิธีการทดลอง

1. วัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สี RED จนถึง PALEGREEN โดยเรียงตามแถบบนสุดจากซ้ายสุดไปขวาสุดตามลำดับดังรูปที่ 4.8
2. ทำการบันทึกค่าสัญญาณ RGB Color Sensor Module TCS3200 ตามสีที่ต้องการ



รูปที่ 4.8 shade สีต่างๆในช่วงสีแดง,สีน้ำเงิน,สีเขียว

4.2.3.1 ผลการทดลองการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สี ตารางที่ 4.4 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้ค่า shade สีแดง

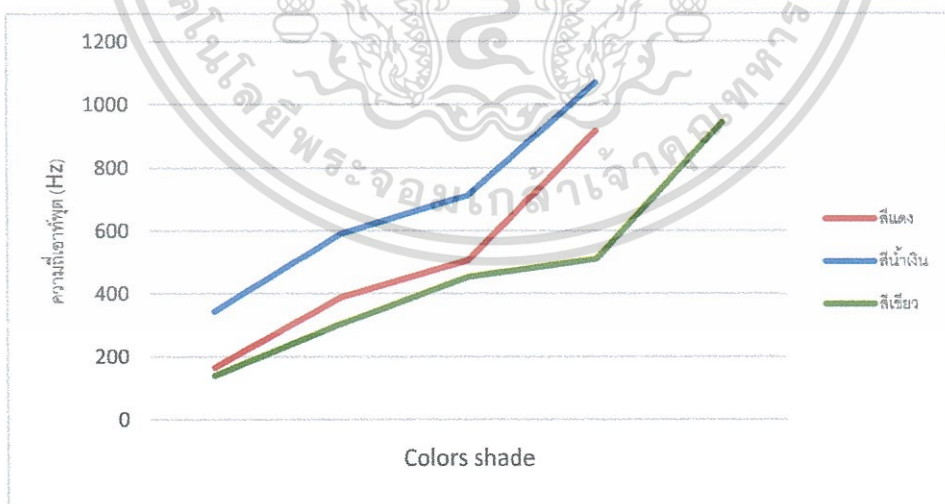
Color	Vpk-pk (V)	Fo(Hz)	Duty Cycle (%)	R	G	B
Red	5.1	388.50	49.88	255	0	0
Darkred	5.1	146.00	48.54	139	0	0
Crimson	5.1	165.65	51.70	220	20	60
Salmon	5.1	504.50	49.75	250	128	114
Peachpuff	5.1	916.00	51.10	255	218	185

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะใช้อ่านค่าได้ค่า shade สีน้ำเงิน

Color	Vpk-pk (V)	Fo(Hz)	Duty Cycle (%)	R	G	B
Blue	5.1	345.00	49.85	0	0	255
Darkblue	5.1	238.55	49.36	0	0	139
Dodgerblue	5.1	591.70	51.78	30	144	255
Deepskyblue	5.1	712.80	50.70	0	191	255
Powderblue	5.1	1.07k	51.80	240	248	255

ตารางที่ 4.6 ผลการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะใช้อ่านค่าได้ค่า shade สีน้ำเงิน

Color	Vpk-pk (V)	Fo(Hz)	Duty Cycle (%)	R	G	B
Green	5.1	303.45	51.97	0	128	0
Darkgreen	5.1	140.23	51.93	0	100	0
Lime	5.1	403.10	50.39	0	255	0
Limegreen	5.1	510.30	49.68	50	205	50
Palegreen	5.1	943.00	51.20	152	251	152



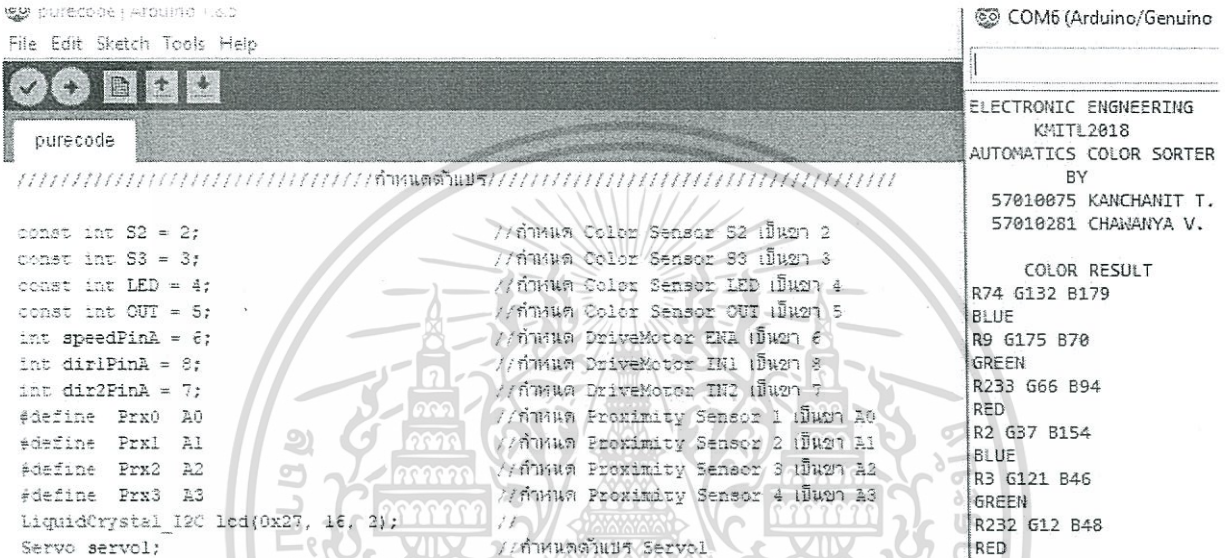
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เอาต์พุต(HZ) กับ Colors shade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองการเปรียบเทียบค่าสี RGB Color Sensor Module TCS3200

วิธีการทดลอง

1. ทำการทดลองโดยให้ RGB Color Sensor Module TCS3200 อ่านค่าสีต่างๆได้ดังรูปที่ 4.9



```

purecode | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
purecode
//////////////////////////////////กำหนดตัวแปร//////////////////////////////////
const int S2 = 2; //กำหนด Color Sensor S2 เป็นขา 2
const int S3 = 3; //กำหนด Color Sensor S3 เป็นขา 3
const int LED = 4; //กำหนด Color Sensor LED เป็นขา 4
const int OUT = 5; //กำหนด Color Sensor OUT เป็นขา 5
int speedPinA = 6; //กำหนด DriveMotor ENA เป็นขา 6
int dir1PinA = 8; //กำหนด DriveMotor IN1 เป็นขา 8
int dir2PinA = 7; //กำหนด DriveMotor IN2 เป็นขา 7
#define Prx0 A0 //กำหนด Proximity Sensor 1 เป็นขา A0
#define Prx1 A1 //กำหนด Proximity Sensor 2 เป็นขา A1
#define Prx2 A2 //กำหนด Proximity Sensor 3 เป็นขา A2
#define Prx3 A3 //กำหนด Proximity Sensor 4 เป็นขา A3
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //กำหนดตัวแปร Servo
Servo servol; //กำหนดตัวแปร Servo

ELECTRONIC ENGINEERING
KMITL2018
AUTOMATICS COLOR SORTER
BY
57010075 KANCHANIT T.
57010281 CHANANYA V.

COLOR RESULT
R74 G132 B179
BLUE
R9 G175 B70
GREEN
R233 G66 B94
RED
R2 G37 B154
BLUE
R3 G121 B46
GREEN
R232 G12 B48
RED

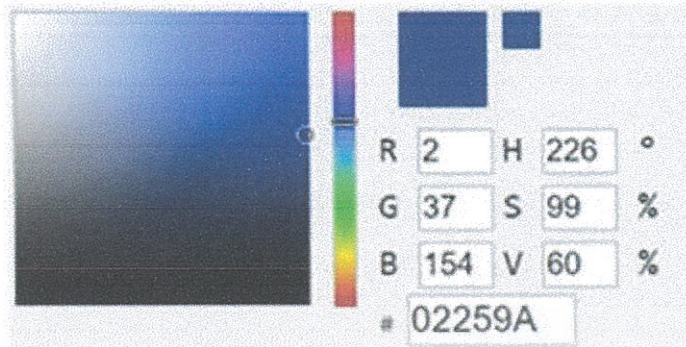
```

รูปที่ 4.10 ค่าสีต่างๆที่อ่านได้จาก RGB Color Sensor Module TCS3200

2. ทำการเปรียบเทียบค่าสี RGB Color Sensor Module TCS3200 กับค่าสี RGB Color Codes Chart ดังรูปที่ 4.9 – 4.14 โดย RGB ย่อมาจาก red, green และ blue คือกระบวนการผสมสีจากแม่สี 3 สี คือสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน การใช้สัดส่วนของสี 3 สีนี้ต่างกัน จะทำให้เกิดสีต่างๆ ได้อีกมากมาย และค่า HSV ใช้หลักการแยกความสว่างออกจากเนื้อสีของจุดภาพซึ่งประกอบด้วย H แทนค่าเนื้อสี (Hue), S แทนค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และ V แทนค่าความสว่างของแสง (Value)

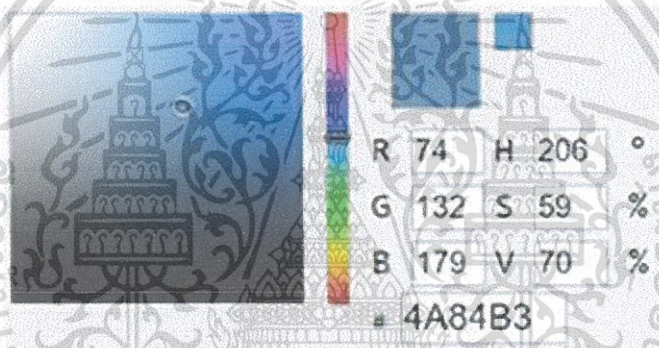
4.2.4.1 ผลการทดลองการเปรียบเทียบค่าสี RGB Color Sensor Module TCS3200 กับค่าสี RGB Color Codes Chart

RGB color picker



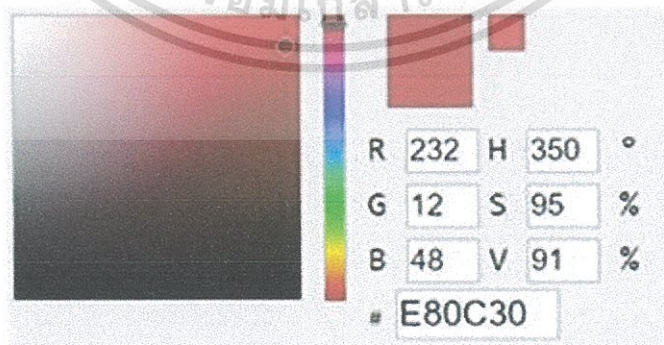
รูปที่ 4.11 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีน้ำเงินเข้ม

RGB color picker



รูปที่ 4.12 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีน้ำเงินอ่อน

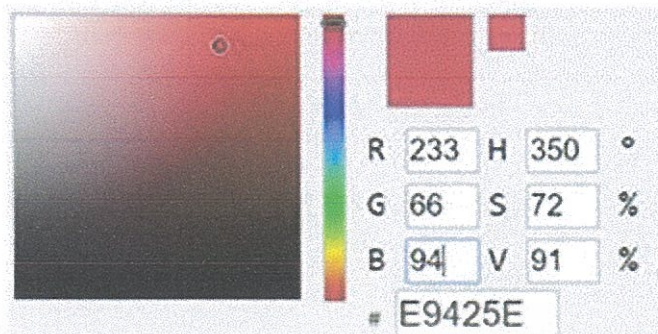
RGB color picker



รูปที่ 4.13 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีแดงเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RGB color picker



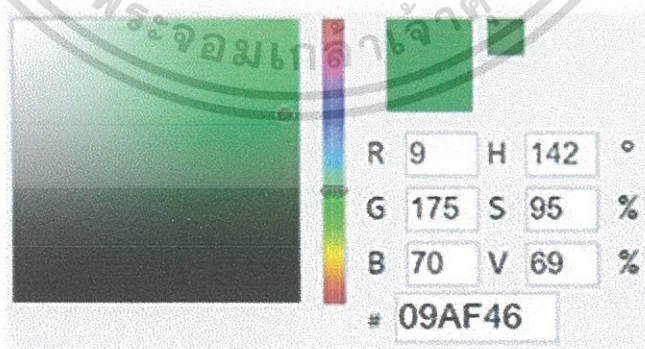
รูปที่ 4.14 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีแดงอ่อน

RGB color picker



รูปที่ 4.15 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีเขียวเข้ม

RGB color picker



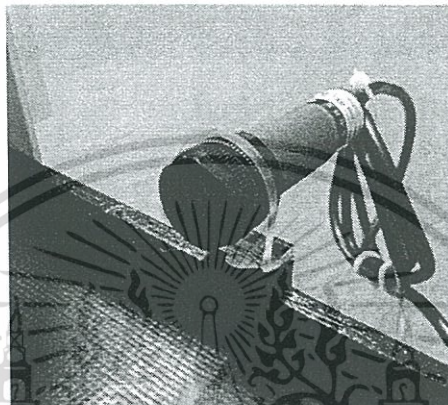
รูปที่ 4.16 ค่า RGB Color Codes Chart ของสีเขียวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการคัดแยกสีวัตถุ

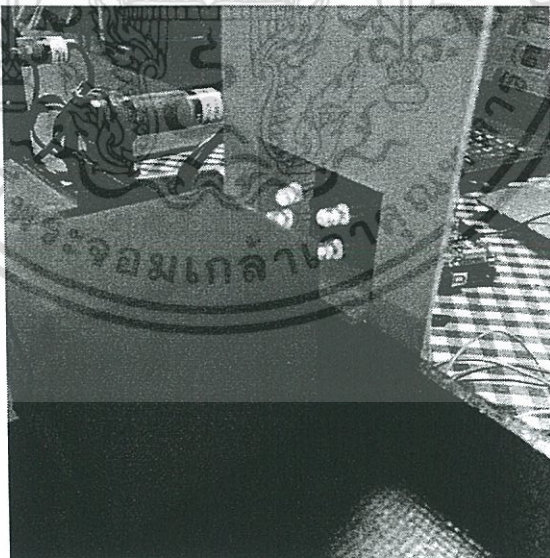
วิธีการทดลอง

1. ในการทดลองเริ่มจากวางวัตถุจากต้นทางของสายพานผ่านเข้าสู่ระบบสายพานลำเลียง ซึ่งวัตถุมีสี รูปร่างและขนาดใกล้เคียงกันตามที่กำหนดดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.17 Proximity Sensor ตรวจสอบวัตถุเพื่อให้ระบบสายพานลำเลียงทำงาน

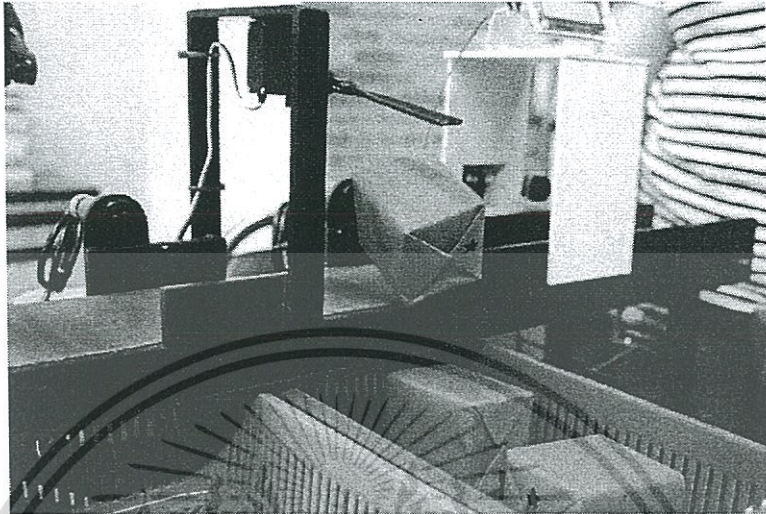
2. เมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่ Color Sensor อ่านค่าเป็นอินพุตแล้วจะส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลค่าสีที่อ่านได้ และแสดงผลที่หน้าจอ LCD



รูปที่ 4.18 Color Sensor ตรวจสอบสีของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัตถุเคลื่อนที่ตามสายพานลำเลียงไปยังตำแหน่งคัดแยกของแต่ละสีที่กำหนดไว้



รูปที่ 4.19 วัตถุสีอยู่ตามตำแหน่งคัดแยกของแต่ละสีที่กำหนดไว้

4. หน้าจอ LCD จะแสดงผลตามค่าสีที่อ่านได้



รูปที่ 4.20 หน้าจอ LCD จะแสดงผลตามค่าสีที่อ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการทดลองการอ่านค่าสีวัตถุด้วย Color Sensor

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการคัดแยกวัตถุสีแดง

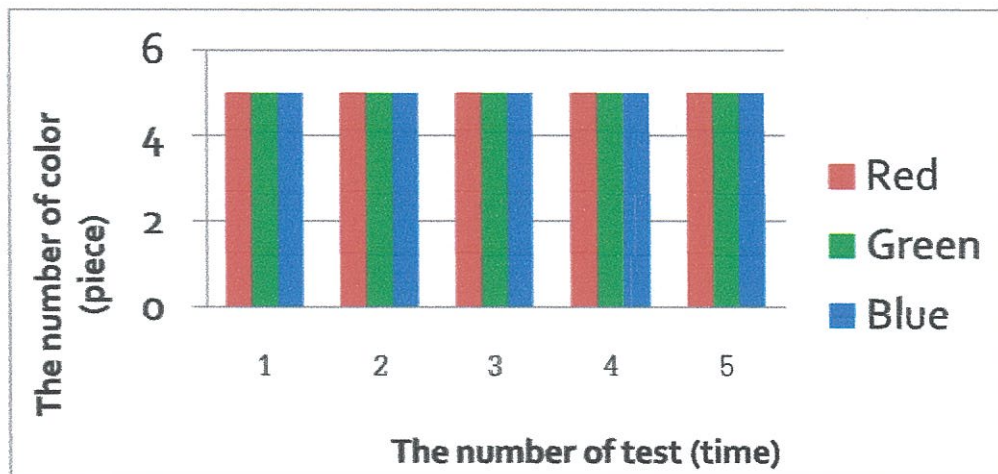
ครั้งที่	ค่าสีที่อ่านได้	ค่าสีที่ถูกต้อง	ตำแหน่งที่คัดแยก
1	แดง	แดง	ถูกต้อง
2	แดง	แดง	ถูกต้อง
3	แดง	แดง	ถูกต้อง
4	แดง	แดง	ถูกต้อง
5	แดง	แดง	ถูกต้อง

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการคัดแยกวัตถุสีน้ำเงิน

ครั้งที่	ค่าสีที่อ่านได้	ค่าสีที่ถูกต้อง	ตำแหน่งที่คัดแยก
1	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ถูกต้อง
2	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ถูกต้อง
3	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ถูกต้อง
4	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ถูกต้อง
5	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ถูกต้อง

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการคัดแยกวัตถุสีเขียว

ครั้งที่	ค่าสีที่อ่านได้	ค่าสีที่ถูกต้อง	ตำแหน่งที่คัดแยก
1	เขียว	เขียว	ถูกต้อง
2	เขียว	เขียว	ถูกต้อง
3	เขียว	เขียว	ถูกต้อง
4	เขียว	เขียว	ถูกต้อง
5	เขียว	เขียว	ถูกต้อง



รูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการทดลองกับจำนวนชิ้นงาน

4.4 การทดลองวัดเวลาในการวิ่งของระบบสายพาน

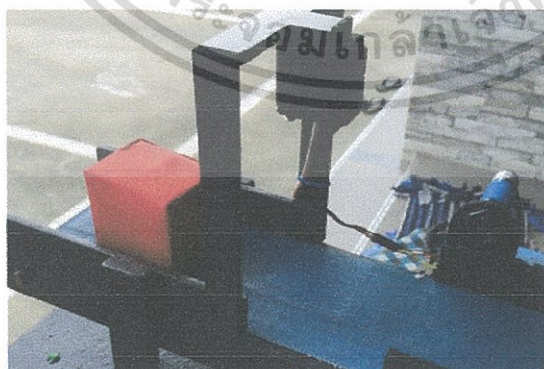
วิธีการทดลอง

- นำกล่องวัตถุสี วางบนจุดเริ่มต้นที่ตัวระบบสายพานลำเลียง



รูปที่ 4.22 วัตถุสีแดงวางบนจุดเริ่มต้นที่ตัวระบบสายพานลำเลียง

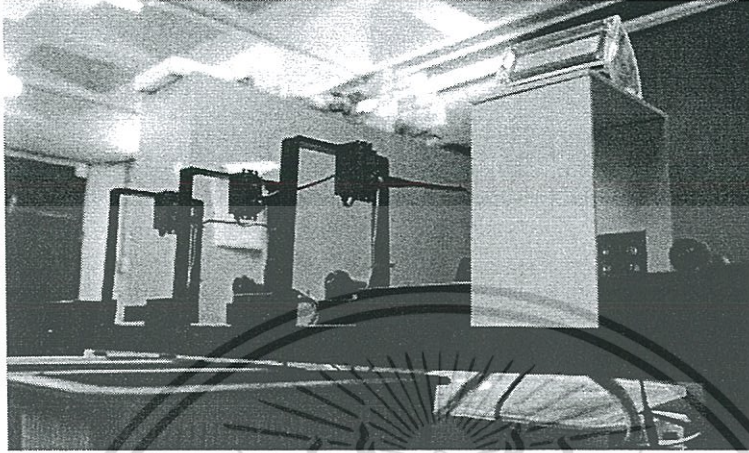
- ทำการจับเวลาจับเวลาการวิ่งของสายพานจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายสายพาน



รูปที่ 4.23 วัตถุสีแดงเคลื่อนที่มายังปลายสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการทดลองการจับเวลาซ้ำจำนวน 5 ครั้ง และบันทึกค่าเวลาที่อ่านได้



รูปที่ 4.24 เครื่องตัดแยกสวิตช์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก

4.4.1 ผลการทดลองเวลาการวิ่งของสายพาน

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองเวลาการวิ่งของสายพาน

ครั้งที่	เวลาในกาวิ่งของสายพาน
1	20 วินาที
2	20 วินาที
3	21 วินาที
4	22 วินาที
5	21 วินาที

ค่าเฉลี่ยของเวลาการวิ่งของสายพาน

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(20+20+21+22+21)}{5} \\
 &= 20.8 \text{ วินาที}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก สามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ได้โดยในการทำการทดลอง Color Sensor สามารถอ่านค่าวัตถุสีที่ทำการทดลองทั้ง 3 สีได้อย่างแม่นยำซึ่งในขณะเดียวกัน ระบบสายพานก็มีการเคลื่อนที่ตลอดการทำการทดลองนี้ซึ่งการเคลื่อนที่ของสายพานใช้เวลาจากจุดเริ่มต้นไปยังปลายสายพาน ใช้เวลาประมาณ 20 วินาที โดยเมื่อกำลังสีต่างๆเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งคัดแยกสีที่กำหนดไว้ เซอร์โวมอเตอร์จะทำการดีด กลองสีนั้นๆ ซึ่งทำให้ได้การคัดแยกสีตามตำแหน่งสีที่กำหนดไว้ ในส่วนของการวัดสัญญาณการอ่านค่าสีของ RGB Color Sensor Module TCS3200 ได้ทำการวัดค่าสัญญาณควบคุมเซนเซอร์สีขณะที่อ่านค่าได้สีแดง, สีน้ำเงิน, สีเขียวซึ่งทำการบันทึกค่าสัญญาณ RGB Color Sensor Module TCS3200 เป็นจำนวน 5 ครั้งโดยค่าเฉลี่ย Fo(HZ) ของสีแดงมีค่า 1.616 K (HZ) สีน้ำเงินมีค่า 1.058 K (HZ) สีเขียวมีค่า 2.036 K (HZ) ในส่วนของการทดลองการวัดสัญญาณการอ่านค่าสีหลาย shade สีในช่วงสีแดง, สีน้ำเงิน, สีเขียว ของ RGB Color Sensor Module TCS3200 จะพบว่าเมื่อสีที่มีความเข้มแสงมากหรือสีโทนสว่าง จะมีค่าความถี่มาก และสีที่มีความเข้มแสงน้อยหรือสีโทนเข้ม จะมีค่าความถี่น้อย

5.2 ข้อผิดพลาด

1. ตัวเครื่องสายพานลำเลียงมีการกระตุกบางครั้งเนื่องจากสายพาน Timing Belt M5 80XL มีการหย่อนในบางครั้ง
2. Color Sensor สามารถอ่านค่าได้เพียง 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน
3. ระบบคัดแยกของเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ยังไม่สามารถดีดวัตถุที่มีน้ำหนักมากได้เนื่องจากอาจจะทำให้ตัวดีดเสียหายได้
4. ในการทดลองเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก อาจมีค่าคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเนื่องจากเมื่อนำสายไฟมาต่อกันหลายเส้นเพื่อให้ได้ความยาวตามต้องการ จะทำให้เซนเซอร์ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่คงที่ ส่งผลให้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุได้คลาดเคลื่อน
5. ในการต่อใช้งานเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติขนาดเล็ก บางครั้งสายจัมเปอร์ที่ใช้อาจเกิดการหลุดหรือหลวมได้ง่ายทำให้เกิดความผิดพลาดในการใช้งานระบบจำลองเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการจัดทำเครื่องตัดแยกสวิตต์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ที่ทางผู้จัดทำ ได้รวบรวมข้อเสนอแนะ รวมถึงแนวทางที่มีประโยชน์ แก่ผู้ที่มี ความสนใจและประสงค์ที่จะทำการศึกษาเครื่องตัดแยกสวิตต์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก รวมถึงต้องการ พัฒนาในเรื่องนี้ต่อไป

1. ในการออกแบบเครื่องตัดแยกสวิตต์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก และการติดตั้งบอร์ดควบคุมหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ในการใช้งานควรคำนึงถึงพื้นที่การใช้งานการจัดวางเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่บอร์ดควบคุมและอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับบอร์ดควบคุม
2. ในการใช้งานเครื่องตัดแยกสวิตต์แบบอัตโนมัติขนาดเล็ก ควรเลือกวัสดุที่นำมาตัดแยกให้เหมาะสมกับขนาดและความสามารถของตัวเครื่องเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ข้อมูลอุปกรณ์สายพานลำเลียง (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : <https://conveyornli.wordpress.com/2016/01/31/สายพานลำเลียงคืออะไร/> ๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[2] ข้อมูลอุปกรณ์สายพานลำเลียงข้อดีและคุณประโยชน์ (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/onlinemag_preview.php?cid=933
๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[3] ข้อมูลอุปกรณ์ สายส่งน้ำผ้าใบพีวีซี (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : <http://www.kcrautoparts.com/default.asp?pid=58902&content=productdetail>
๒ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[4] ข้อมูลอุปกรณ์ RGB Colour Sensor Module TCS3200 (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : <http://alangkanart.blogspot.com/2017/02/arduino-tcs230-color-recognition-sensor.html> ๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[5] ข้อมูลอุปกรณ์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : <http://www.pspotech.co.th/มอเตอร์motorคืออะไร-19171.page> ๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[6] ข้อมูลอุปกรณ์ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : <http://www.inno-ins.com/781837/ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์-> ๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[7] ข้อมูลอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด (เอกสาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งที่มา : <https://www.arduinoall.com/product/1168/e3f-ds10c4-infrared-photoelectric-switch-sensor-module>-เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสงอินฟราเรด ๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[8] ข้อมูลอุปกรณ์ Futaba S3003 Servo Motor (เอกสาร)

แหล่งที่มา : <http://chanaphinp.blogspot.com/> ๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[9] ข้อมูลอุปกรณ์ส่วนประกอบต่างๆ Futaba S3003 Servo Motor (เอกสาร)

แหล่งที่มา : <http://www.tdhobby.com/index.php> ๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[9] ข้อมูลอุปกรณ์บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ Drive Motor Board (เอกสาร)

แหล่งที่มา : <http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html>
๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[9] ข้อมูลอุปกรณ์บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ Drive Motor Board (เอกสาร)

แหล่งที่มา : <http://www.thaieasyelec.com/products/robotics/motor-driver-control/adafruit-motor-stepper-servo-shield-for-arduino-v2-kit-1623-detail.html> ๙ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

[8] Data sheet ของ อุปกรณ์ในวงจร (ออนไลน์).

แหล่งที่มา : www.alldatasheet.com. ๔ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก .

การออกแบบทางด้าน Software

ในการออกแบบด้าน Software นี้ เป็นการออกแบบโปรแกรมชุดคำสั่งการทำงานของระบบสายพานลำเลียง และ ระบบคัดแยกสีของบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยโปรแกรม Arduino IDE 1.8.5 โดยคำสั่งจะทำการออกแบบคล้ายกับภาษา C ชุดคำสั่งที่ถูกออกแบบจะทำการอัปโหลดโปรแกรมบนบอร์ด Arduino UNO R3 โดยหลักการทำงานของโปรแกรม คือ เมื่อระบบสายพานลำเลียงทำงานลำเลียงวัตถุไปยัง เซนเซอร์สี เมื่อวัดค่าความถี่สีและประมวลผลค่าความถี่สีแล้ว จะแสดงผลออกมาใน Serial Monitor และ จอ LCD คำสั่งที่ใช้ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ ได้แก่

```
//////////////////////////////////กำหนดLibraryที่ต้องการใช้งาน//////////////////////////////////

#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Library ของ LCD
#include <Servo.h> //Library ของ Servo
#include <Wire.h> //Library ของ Wire

//////////////////////////////////กำหนดตัวแปร//////////////////////////////////

const int S2 = 2; //กำหนด Color Sensor S2 เป็นขา 2
const int S3 = 3; //กำหนด Color Sensor S3 เป็นขา 3
const int LED = 4; //กำหนด Color Sensor LED เป็นขา 4
const int OUT = 5; //กำหนด Color Sensor OUT เป็นขา 5
int speedPinA = 6; //กำหนด DriveMotor ENA เป็นขา 6
int dir1PinA = 8; //กำหนด DriveMotor IN1 เป็นขา 8
int dir2PinA = 7; //กำหนด DriveMotor IN2 เป็นขา 7
#define Prx0 A0 //กำหนด Proximity Sensor 1 เป็นขา A0
#define Prx1 A1 //กำหนด Proximity Sensor 2 เป็นขา A1
#define Prx2 A2 //กำหนด Proximity Sensor 3 เป็นขา A2
#define Prx3 A3 //กำหนด Proximity Sensor 4 เป็นขา A3
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //กำหนด Address และ ขนาดของ LCD Display
Servo servo1; //กำหนดตัวแปร Servo1
Servo servo2; //กำหนดตัวแปร Servo2
Servo servo3; //กำหนดตัวแปร Servo3
int RED = 0; //กำหนดตัวแปรเก็บค่าของสีแดง
int GREEN = 0; //กำหนดตัวแปรเก็บค่าของสีเขียว
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int BLUE = 0; //กำหนดตัวแปรเก็บค่าของสีน้ำเงิน
bool det = false; //กำหนดการอ่านค่าเริ่มต้นเป็น false

////////////////////////////////////ตั้งค่าโปรแกรม////////////////////////////////////

void setup()
{
  forward();
  Serial.begin(9600); //เปิดการใช้งานSerial monitor ที่ความเร็ว9600Bps
  servo1.attach(9); //กำหนด Servo1 เป็นขา 9
  servo2.attach(10); //กำหนด Servo2 เป็นขา 10
  servo3.attach(11); //กำหนด Servo3 เป็นขา 11
  //////////////////////////////////////กำหนดฟังก์ชันการทำงานเริ่มต้นของServo////////////////////////////////////
  servo1_set();
  servo2_set();
  servo3_set();
  DDRB = 0b11101111;
  DDRC = 0b11110000;
  DDRD = 0b11011111;
  //////////////////////////////////////กำหนดการแสดงผลข้อความบนSerial monitor////////////////////////////////////
  Serial.println("ELECTRONICS ENGINEERING");
  delay(1000);
  Serial.println(" KMITL 2018");
  delay(1000);
  Serial.println("AUTOMATIC COLOR SORTER");
  delay(1000);
  Serial.println(" BY");
  delay(1000);
  Serial.println(" 57010075 KANCHANIT T.");
  delay(500);
  Serial.println(" 57010281 CHAWANYA V.");
  Serial.println();
  delay(500);
  Serial.println(" COLOR RESULT");
  //////////////////////////////////////กำหนดการแสดงผลข้อความบนLCD Display////////////////////////////////////

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lcd.begin();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" ELECTRONICS");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ENGINEERING");
lcd.setCursor(12, 1);
delay(1000);
lcd.clear();
lcd.print("AUTOCOLOR SORTER");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" KMITL 2018");
lcd.setCursor(12, 1);
delay(1000);
}

////////////////////////////////////กำหนดฟังก์ชันการทำงานของDC Motor////////////////////////////////////

void forward()
{
  analogWrite(speedPinA, 255);
  digitalWrite(dir1PinA,LOW);
  digitalWrite(dir2PinA,HIGH);
}
void backward()
{
  analogWrite(speedPinA, 255);
  digitalWrite(dir2PinA,HIGH);
  digitalWrite(dir1PinA,LOW);
}
void motor_stop()
{
  analogWrite(speedPinA, 0);
  digitalWrite(dir2PinA,LOW);
  digitalWrite(dir1PinA,HIGH);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////กำหนดฟังก์ชันการทำงานของServoแต่ละตัว////////////////////////////////////
```

```
void servo1_set()  
{  
  servo1.write(180);  
}
```

```
void servo1_up()  
{  
  servo1.write(0);  
}
```

```
void servo2_set()  
{  
  servo2.write(180);  
}
```

```
void servo2_up()  
{  
  servo2.write(0);  
}
```

```
void servo3_set()  
{  
  servo3.write(180);  
}
```

```
void servo3_up()  
{  
  servo3.write(0);  
}
```

```
////////////////////////////////////โปรแกรมลูป////////////////////////////////////
```

```
void loop()  
{  
  if((digitalRead(Prx0)) && (det == false))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
  det = true;
  delay(500);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" COLOR RESULT");
  ////////////////////////////////////เก็บค่าสีRGB////////////////////////////////////
  uint8_t co = getColor();
  Serial.print(RED, DEC);
  Serial.print(GREEN, DEC);
  Serial.print(BLUE, DEC);
  Serial.println();
  ////////////////////////////////////ถ้าอ่านค่าสีได้สีแดง////////////////////////////////////
  if(co==1)
  {
    Serial.println("RED");
    while(digitalRead(Prx1)==0);
    while(digitalRead(Prx1)==1);
    delay(750);
    servo1_up();
    delay(500);
    servo1_set();
    delay(500);
  }
  ////////////////////////////////////ถ้าอ่านค่าสีได้สีน้ำเงิน////////////////////////////////////
  if(co==2)
  {
    Serial.println("BLUE");
    while(digitalRead(Prx2)==1);
    while(digitalRead(Prx2)==0);
    delay(750);
    servo2_up();
    delay(500);
    servo2_set();
    delay(500);
  }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
//////////////////////////////////////ถ้าอ่านค่าสีได้สีเขียว//////////////////////////////////////
if(co==3)
{
  Serial.println("GREEN");
  while(digitalRead(Prx3)==0);
  while(digitalRead(Prx3)==1);
  delay(750);
  servo3_up();
  delay(500);
  servo3_set();
  delay(500);
}
}
else if ((digitalRead(Prx0) == 0) && (det == true))
{
  det = false; //Proximity sensor กลับสู่ค่าเริ่มต้น
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("  ELECTRONICS");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("  ENGINEERING");
  lcd.setCursor(12, 1);
  delay(1000);
  lcd.clear();
  lcd.print("AUTOCOLOR SORTER");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("  KMITL 2018");
  lcd.setCursor(12, 1);
  delay(1000);
}
}
//////////////////////////////////////การประมวลผลค่าสีของcolor sensor TC3200//////////////////////////////////////

uint8_t getColor()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
uint8_t R = 1;
uint8_t B = 2;
uint8_t G = 3;

digitalWrite(LED,1);
digitalWrite(S2, LOW);
digitalWrite(S3, LOW);
RED = pulseIn(OUT, digitalRead(OUT) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(S3, HIGH);
BLUE = pulseIn(OUT, digitalRead(OUT) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(S2, HIGH);
GREEN = pulseIn(OUT, digitalRead(OUT) == HIGH ? LOW : HIGH);
digitalWrite(LED,0);

if (RED < BLUE && RED < GREEN)
{
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print("RED");
  return R;
}

else if (BLUE < RED && BLUE < GREEN)
{
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print("BLUE");
  return B;
}

else
{
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print("GREEN");
  return G;
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานระบบจำลองเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนการใช้งาน

1. ทำการเปิดสวิตซ์เพื่อทำการเปิดเครื่องระบบจำลองเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ
2. ระบบจำลองเครื่องคัดแยกสีวัตถุแบบอัตโนมัติ สามารถคัดแยกสีได้จำนวน 3 สี นั่นคือ สีแดง, สีน้ำเงิน, สีเขียว โดยเรียงลำดับช่องสีที่คัดแยกตามที่กล่าวไปข้างต้น และ สีอื่นๆที่ไม่ใช่สามสีนี้จะไปลงเ็นช่องปลายทางที่จัดเตรียมไว้
3. เมื่อเปิดเครื่องให้นำกล่องสีต่างๆที่จะทำการคัดแยกมาวางเรียงบนตัวสายพาน
4. เมื่อนำกล่องสีต่างๆวางลงบนสายพานตัว Proximity Sensor ตัวแรกสุดจะทำการส่งข้อมูลไปยัง Arduino เพื่อทำการประมวลผล
5. ยกตัวอย่างเช่นกล่องสีเขียวเมื่อกล่องสีเขียวมาถึง Color Sensor Module ก็จะส่งข้อมูลไปยัง Arduino เพื่อทำการประมวลผลและส่งข้อมูลไปให้ Proximity Sensor ถ้ากล่องสีตรงกับจุดคัดแยกสีนั้นๆก็จะทำให้ Servo Motor ทำการดีดกล่องสีที่ตรงกับที่ตั้งค่าไว้
6. กรณีที่กล่องสีไม่ใช่ สีน้ำเงิน, สีเขียว, สีแดง แต่เป็นสีอื่นงั้นตัวกล่องสีจะเคลื่อนที่ไปตามการหมุนของสายพานจนสุดและตกลงไปอย่างจุดปลายทางที่จัดเตรียมไว้

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบและดูแลรักษาระบบสายพานลำเลียง

การตรวจสอบและดูแลรักษาในส่วนต่างๆ

1. ตัวสายพานหรือ pvc lay flat hose มีข้อควรระวังและวิธีการดูแลรักษา ดังนี้
 - 1.1 ไม่ควรให้ตัวสายพานอยู่ใกล้เปลวไฟหรือสารเคมีที่มีอันตรายต่อการกัดกร่อนต่างๆ
 - 1.2 ควรใช้ตัวสายพานให้เหมาะกับประเภทของงาน ควรดูขนาดสายพานและแรงขับเคลื่อนต่างๆว่าสามารถรองรับวัตถุที่จะลำเลียงได้หรือไม่
 - 1.3 หมั่นตรวจเช็คในตัวสายพานนั้นมีการฉีกขาดหรือมีการสึกหลอหรือไม่เพื่อทำการแก้ไขอย่างตรงจุด
 - 1.4 ตรวจสอบว่าตัวสายพานตึงหรือหย่อนเกินไปหรือไม่ถ้ามีอาหารดังกล่าวควรตั้งปรับสายพานให้พอดี
 - 1.5 ตรวจสอบว่าสภาพของตัวสายพานเวลาเดินนั้นตรงหรือไม่หรือมีการเอียงไปข้างใดข้างหนึ่งข้างให้ทำการถอดและปรับตำแหน่งของตัวสายพานและปรับโรลเลอร์และพูลเลย์ให้ตรงจุดหรือเปลี่ยนตัวสายพานใหม่
2. ตัวโรลเลอร์ (Roller) มีข้อควรระวังและวิธีการดูแลรักษา ดังนี้
 - 2.1 ลูกโรลเลอร์สึกขาดหรือทะลุเนื่องจากใช้งานมาเป็นเวลานานควรทำการตรวจเช็คสภาพ และควรเปลี่ยนโรลเลอร์ใหม่เมื่อมีสภาพดังกล่าว
 - 2.2 ควรหมั่นตรวจสอบความสะอาดว่ามีวัสดุอื่น เช่น หิน, เหล็ก เข้าไปขัดในโรลเลอร์หรือไม่ถ้ามีควรทำความสะอาดให้เรียบร้อย
3. พูลเลย์ (Pulley) มีข้อควรระวังและวิธีการดูแลรักษา ดังนี้
 - 3.1 ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่า Pulley ติดตั้งได้อย่างตรงแนว เพื่อให้ การสึกหรอ เป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดผิวหน้า
 - 3.2 ควรตรวจสอบและเช็คสภาพของพูลเลย์ว่ายังอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่ถ้าเกิดการชำรุดเสียหายให้ทำการเปลี่ยนตัวใหม่
 - 3.3 ตรวจสอบสภาพของพูลเลย์ว่ามีการขันแน่นกับตัวยึดหรือไม่ ถ้าพบว่ามีหลวมหรือแกว่งให้ทำการแก้ไขทันที
4. โครงสร้างสายพานลำเลียงมีข้อควรระวังและวิธีการดูแลรักษา ดังนี้
 - 4.1 ตรวจสอบความสั่นสะเทือนของโครงสร้างสายพานลำเลียงในเวลาที่สายพานลำเลียงทำงาน ถ้าสั่นสะเทือนมากควรหาสาเหตุว่าเกิดจากอะไรและทำการแก้ไขให้ตรงจุดตรวจสอบดูสภาพของขาและโครงสร้างสายพานลำเลียงว่ามีการชำรุดหรือคดงอจากการทำงานหรือการรับน้ำหนักวัสดุที่ลำเลียงมากไปหรือไม่ถ้ามีการชำรุดให้ทำการแก้ไขโดยการซ่อมแซมส่วนนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ชั้นส่วนอื่นๆ ในระบบสายพานลำเลียง มีข้อควรระวังและวิธีการดูแลรักษา ดังนี้
 - 5.1 ตรวจสอบสัญญาณเตือนจากเครื่องจักร เช่น ความร้อน, เสียง, การสั่นสะเทือน เศษผงโลหะต่างๆ ถ้ามีความผิดปกติครั้งนี้ควรดำเนินการหาข้อผิดพลาดของระบบสายพานต่อไป
 - 5.2 ตรวจสอบแท่นยึดมอเตอร์และจุดต่างๆ รอบบริเวณสายพานละเอียดว่ายังอยู่ในสภาพขันแน่นหรือไม่ ถ้ามีการหลวมให้ทำการขันให้แน่นและตรวจเช็คอีกครั้ง
 - 5.3 หมั่นทำการสะอาดระบบสายพานลำเลียงโดยการปิดฝุ่นหรือเช็ดทำความสะอาดเพื่อไม่ให้ฝุ่นละอองหรือเศษต่างๆ เข้าไปในส่วนอื่นๆ ของสายพานได้
 - 5.4 อย่าวางสายพานลำเลียงไว้ในบริเวณที่มีสภาพอากาศโดยรอบเป็นพิษจากสารเคมีต่างๆ
 - 5.5 อุณหภูมิ ที่เหมาะสมกับการเก็บสายพานลำเลียงคือ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 30 องศา
 - 5.6 หากไม่ใช้สายพานลำเลียงนานเกิน 4-6 เดือน ควรถอดสายพานออกมาเก็บเอาไว้ก่อนเพื่อถนอมสภาพสายพานเพื่อสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้
 - 5.7 อย่าเก็บสายพานลำเลียงไว้ใกล้ๆ กับเครื่องจักรที่มีการกระจายความร้อนออกมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

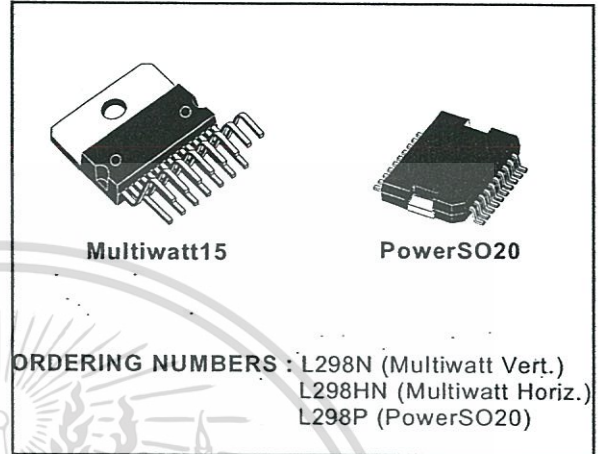


ภาคผนวก ง
DataSheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

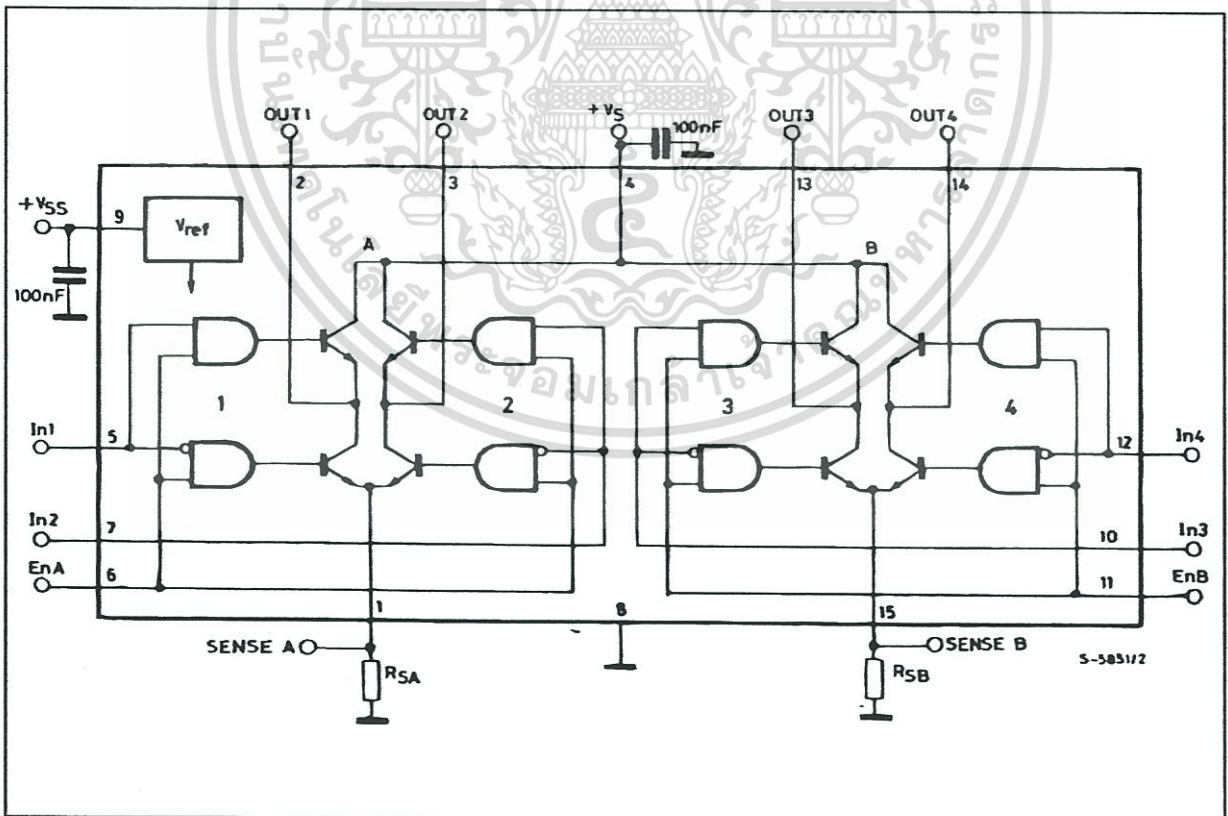


DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-

nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

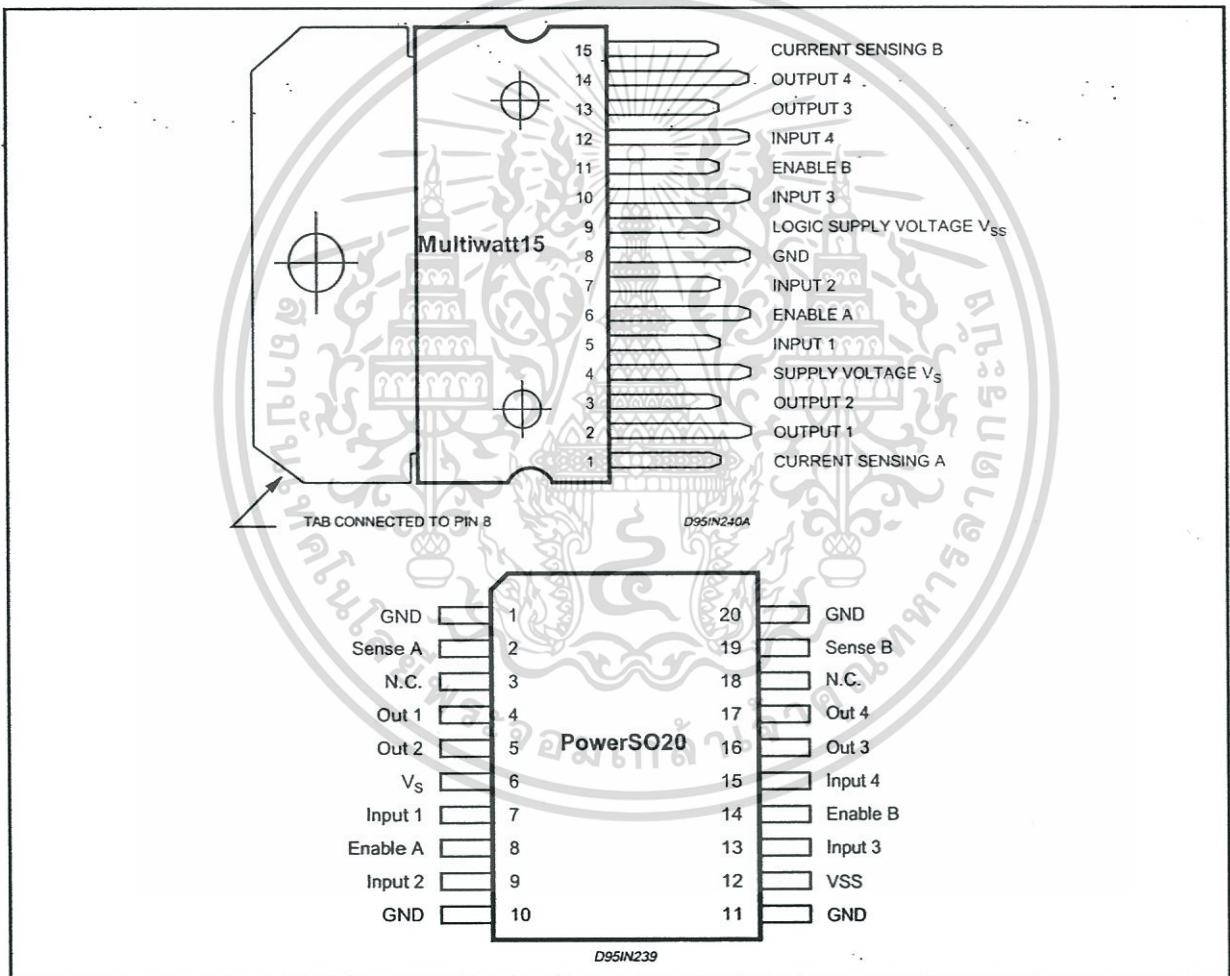
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	-	3	$^\circ C/W$
$R_{th j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	$^\circ C/W$

(*) Mounted on aluminum substrate

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V _S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V _{SS}	Supply Voltage for the Logic Blocks. A 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
-	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V _{IH} +2.5		46	V
V _{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I _S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L V _i = H		13 50	22 70	mA mA
I _{SS}	Quiescent Current from V _{SS} (pin 9)	V _{en} = L V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L V _i = H V _{en} = L V _i = X		24 7	36 12 6	mA mA mA
V _{IL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		-0.3		1.5	V
V _{IH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V _{SS}	V
I _{IL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = L			-10	μA
I _{IH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = H ≤ V _{SS} - 0.6V		30	100	μA
V _{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		-0.3		1.5	V
V _{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V _{SS}	V
I _{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = L			-10	μA
I _{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = H ≤ V _{SS} - 0.6V		30	100	μA
V _{CEsat} (H)	Source Saturation Voltage	I _L = 1A I _L = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V _{CEsat} (L)	Sink Saturation Voltage	I _L = 1A (5) I _L = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V _{CEsat}	Total Drop	I _L = 1A (5) I _L = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V _{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
T ₁ (V _i)	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (2); (4)		1.5		μs
T ₂ (V _i)	Source Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (2); (4)		0.2		μs
T ₃ (V _i)	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _i to 0.1 I _L (2); (4)		2		μs
T ₄ (V _i)	Source Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (2); (4)		0.7		μs
T ₅ (V _i)	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (3); (4)		0.7		μs
T ₆ (V _i)	Sink Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (3); (4)		0.25		μs
T ₇ (V _i)	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _i to 0.9 I _L (3); (4)		1.6		μs
T ₈ (V _i)	Sink Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (3); (4)		0.2		μs
f _c (V _i)	Commutation Frequency	I _L = 2A		25	40	KHz
T ₁ (V _{en})	Source Current Turn-off Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (2); (4)		3		μs
T ₂ (V _{en})	Source Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (2); (4)		1		μs
T ₃ (V _{en})	Source Current Turn-on Delay	0.5 V _{en} to 0.1 I _L (2); (4)		0.3		μs
T ₄ (V _{en})	Source Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (2); (4)		0.4		μs
T ₅ (V _{en})	Sink Current Turn-off Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (3); (4)		2.2		μs
T ₆ (V _{en})	Sink Current Fall Time	0.9 I _L to 0.1 I _L (3); (4)		0.35		μs
T ₇ (V _{en})	Sink Current Turn-on Delay	0.5 V _{en} to 0.9 I _L (3); (4)		0.25		μs
T ₈ (V _{en})	Sink Current Rise Time	0.1 I _L to 0.9 I _L (3); (4)		0.1		μs

- 1) Sensing voltage can be -1 V for t ≤ 50 μsec; in steady state V_{sens} min ≥ -0.5 V.
- 2) See fig. 2.
- 3) See fig. 4.
- 4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

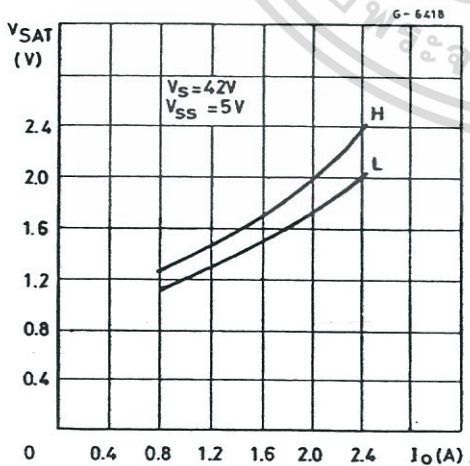
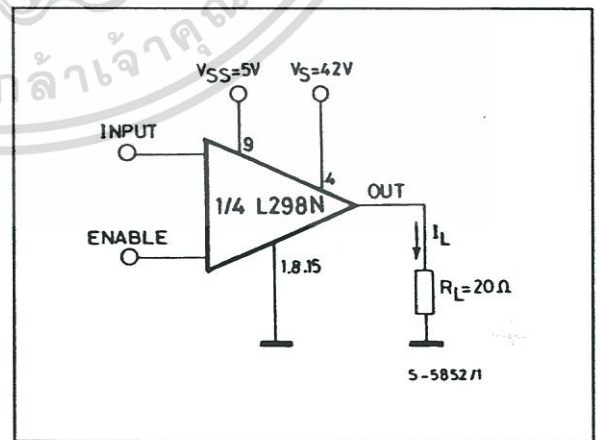


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = H



Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

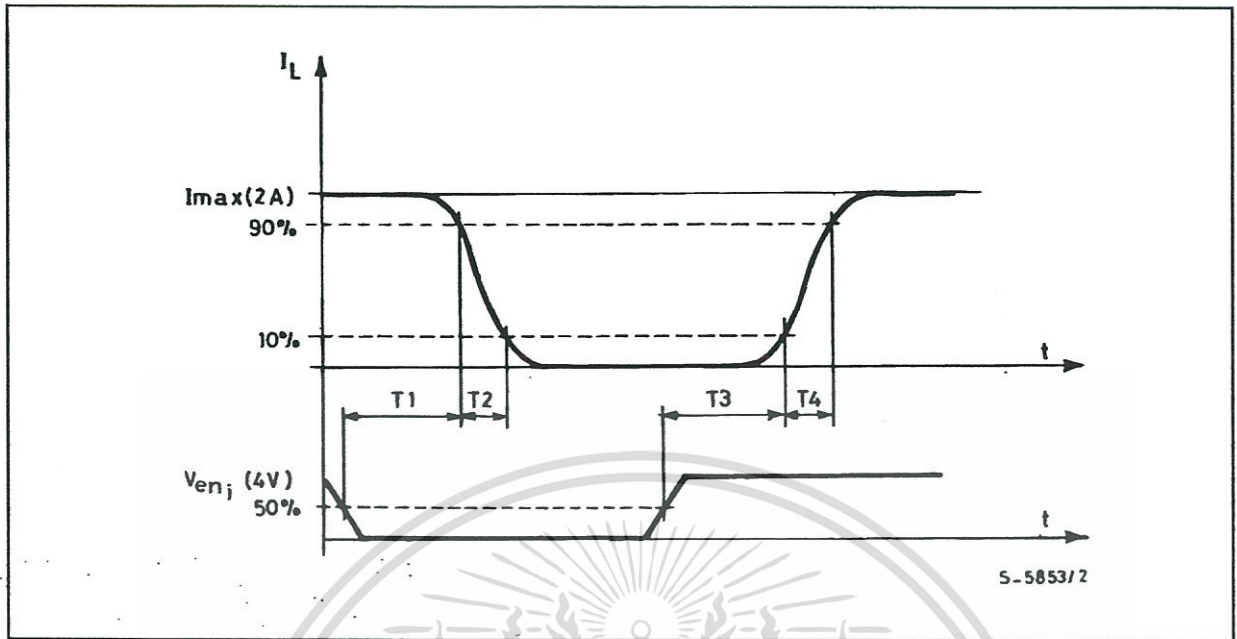
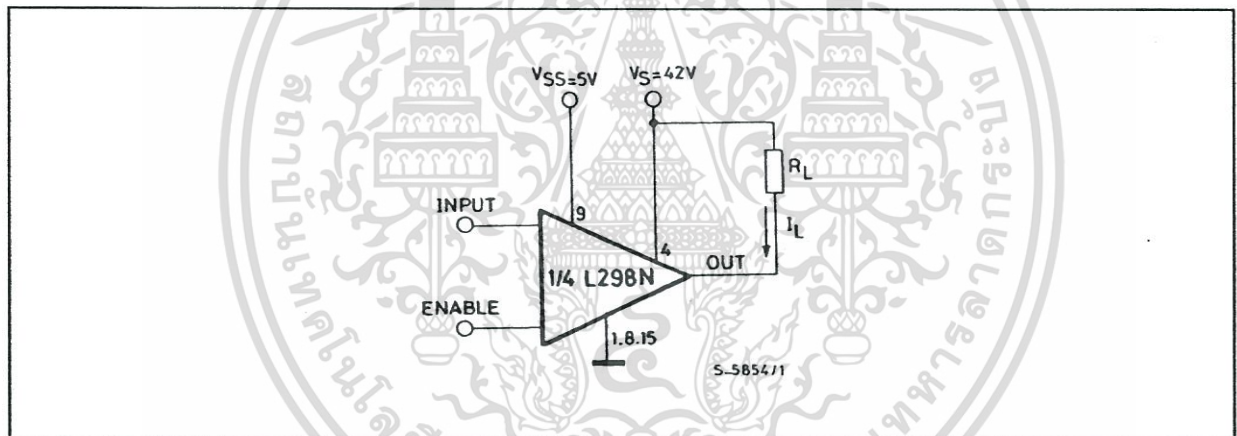
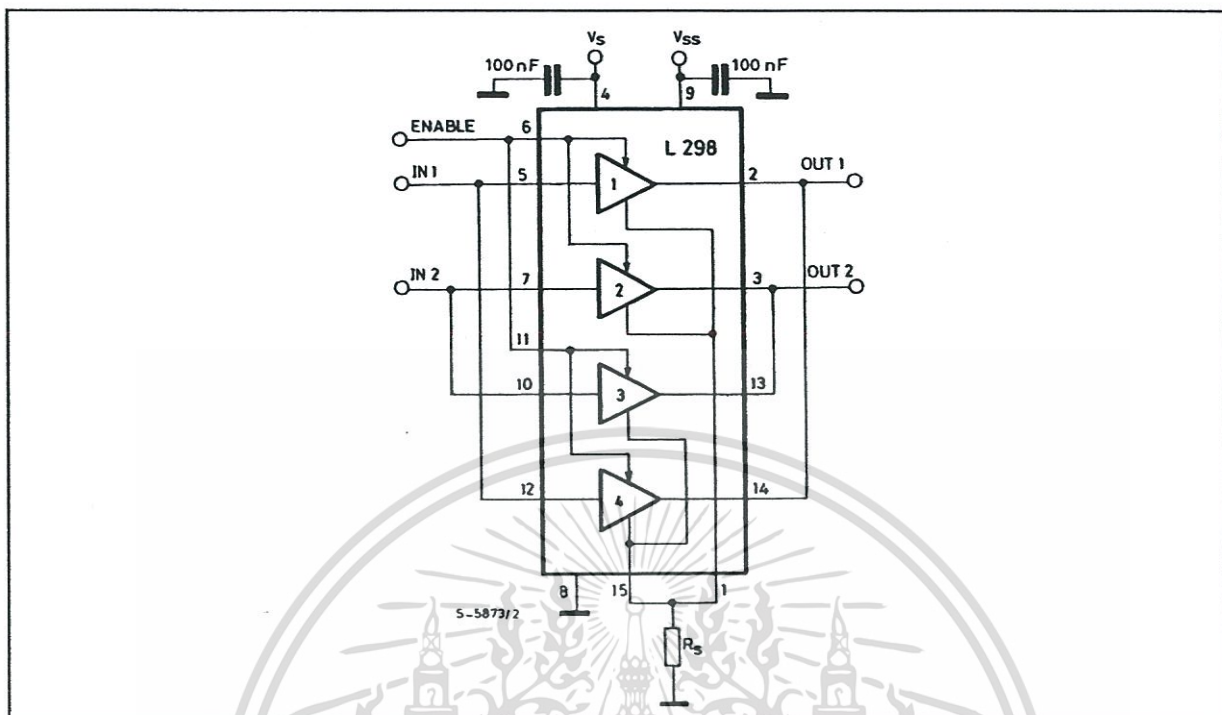


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
 For ENABLE Switching, set IN = L

Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB} .) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are $In1$; $In2$; EnA and $In3$; $In4$; EnB . The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both Vs and Vss , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of Vs that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes $D1$ to $D4$ is made by four fast recovery elements ($trr \leq 200$ nsec) that must be chosen of a V_F as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Schottky diodes would be preferred.

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

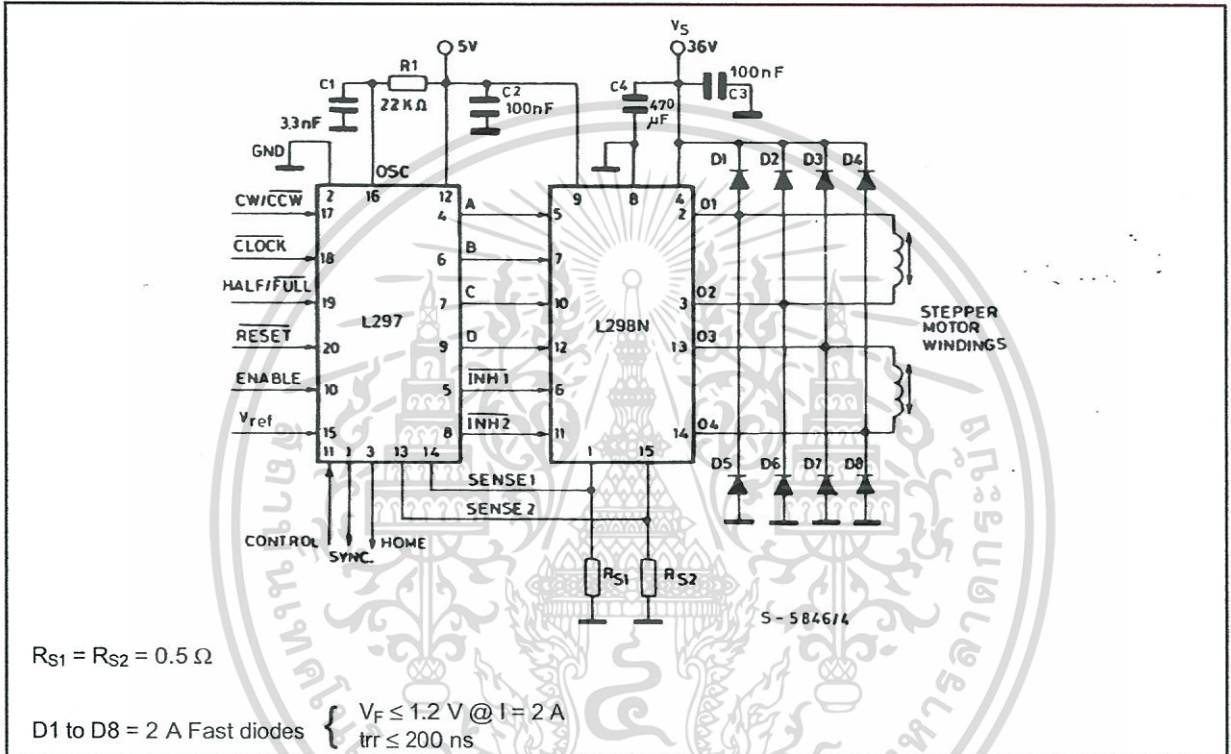


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

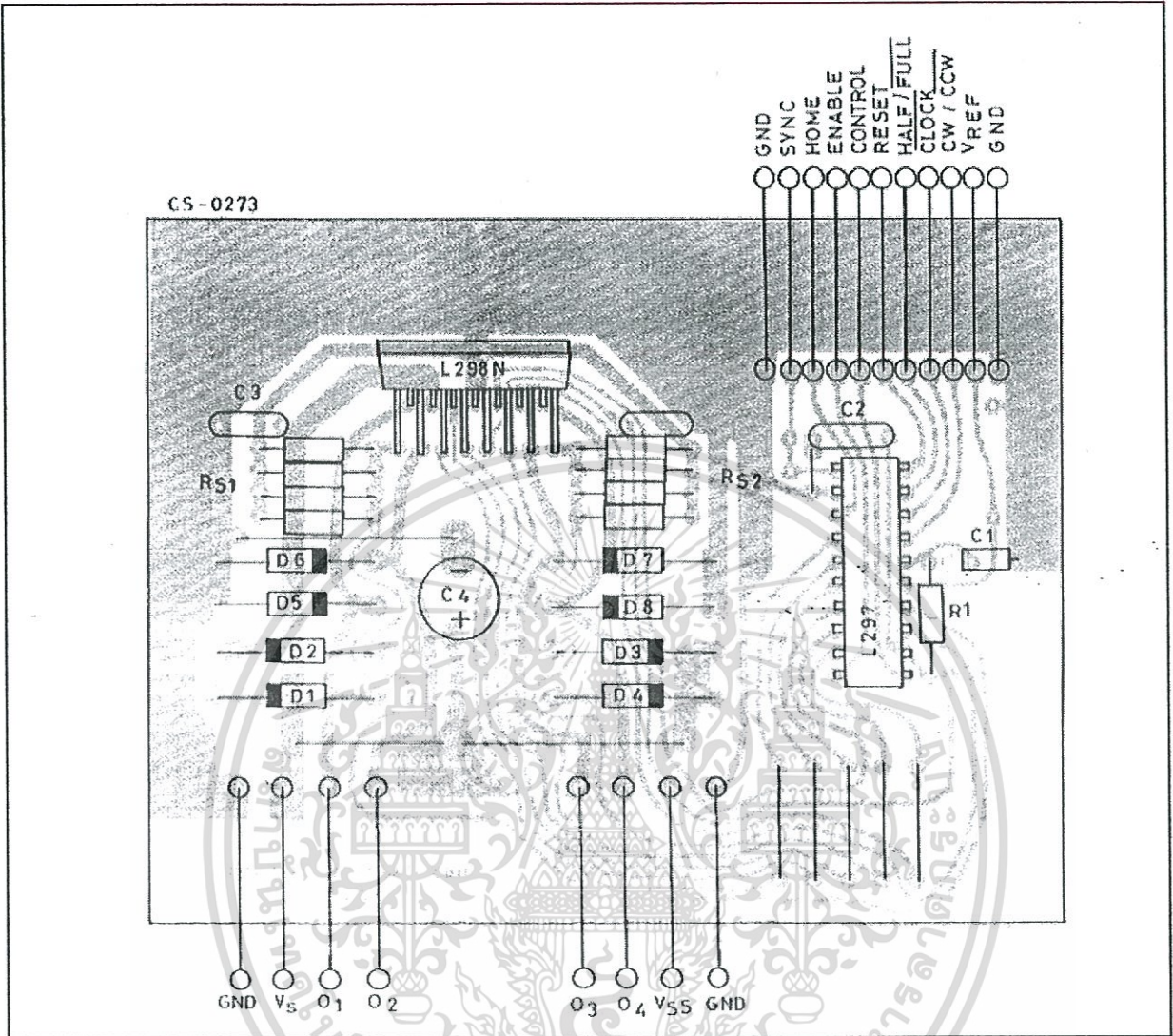
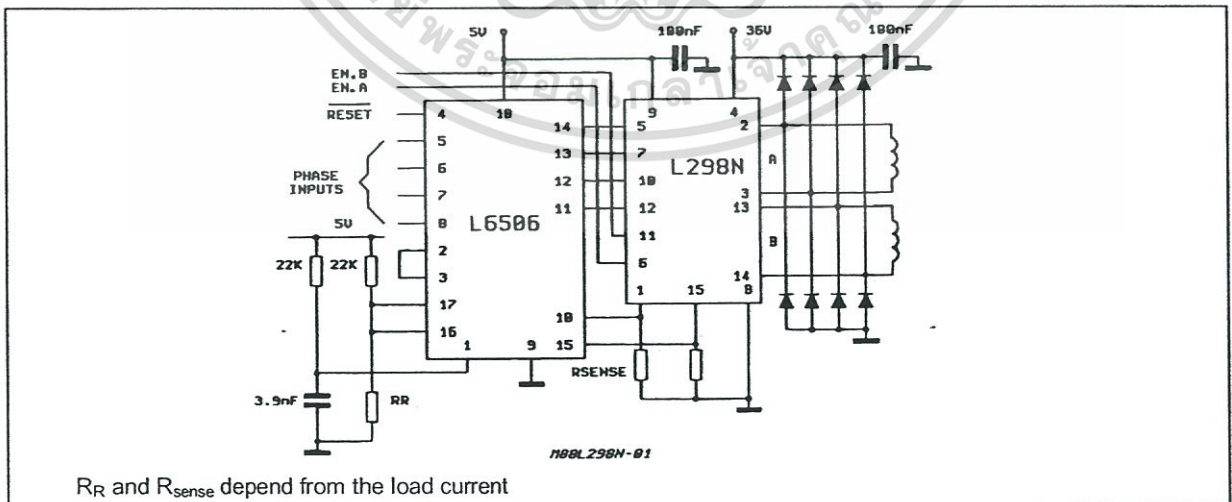
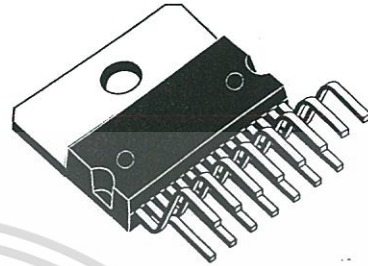


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

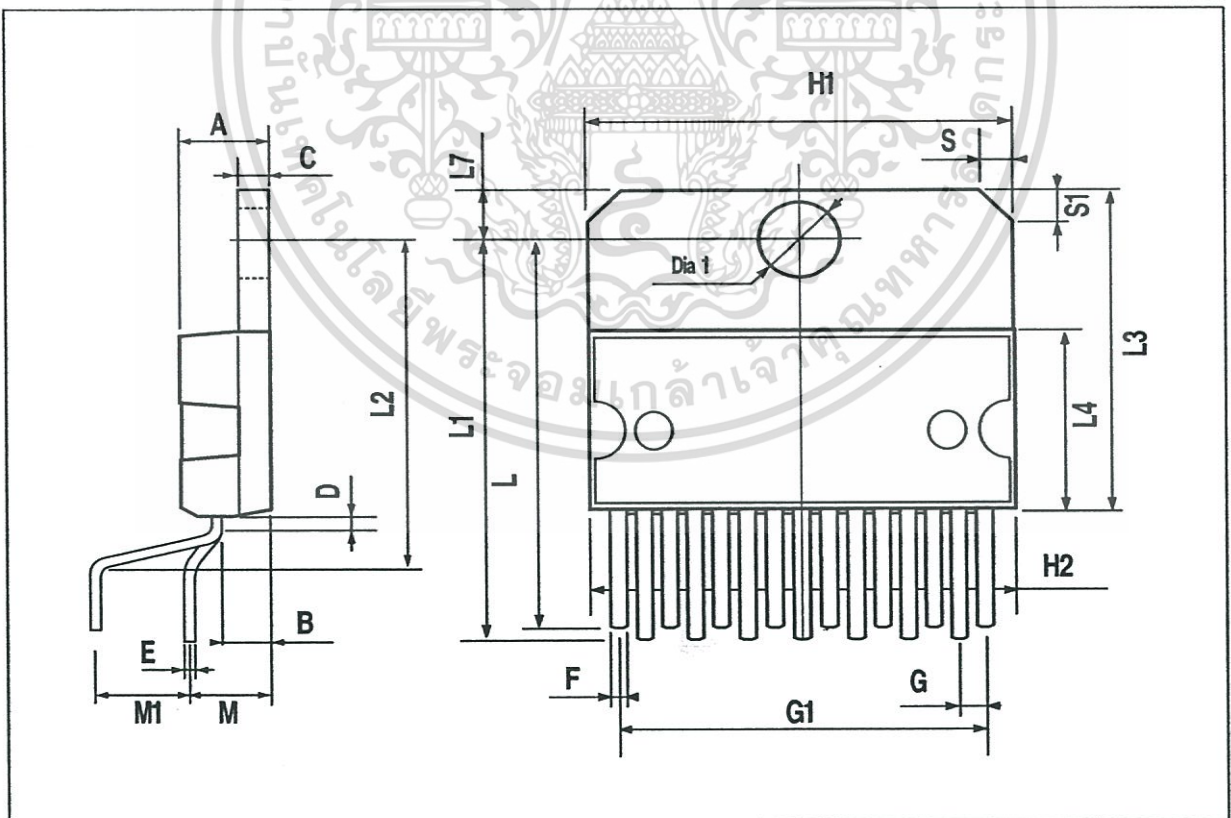


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA

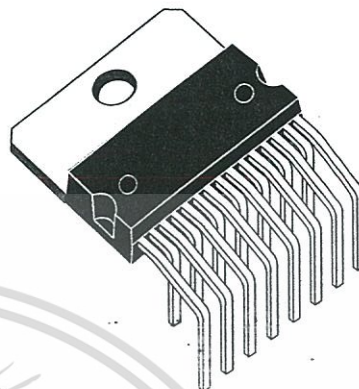


Multiwatt15 V

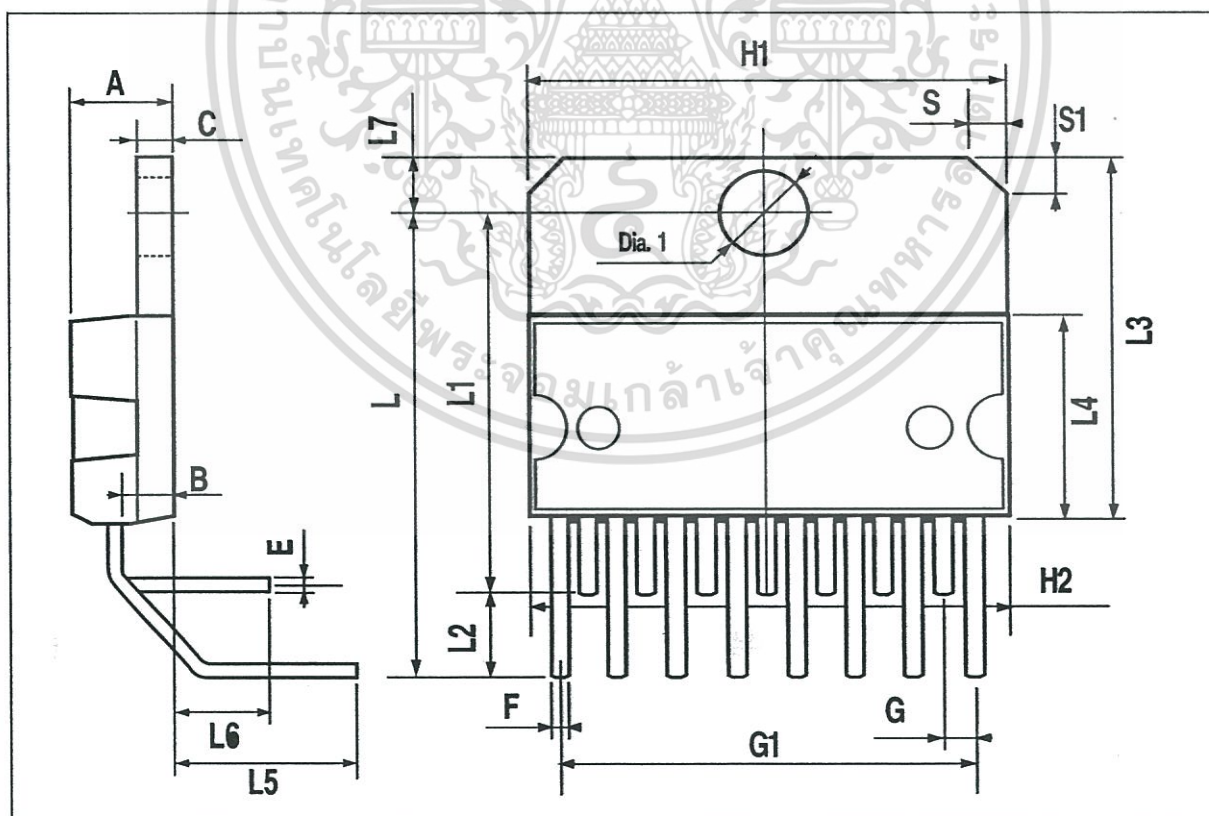


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



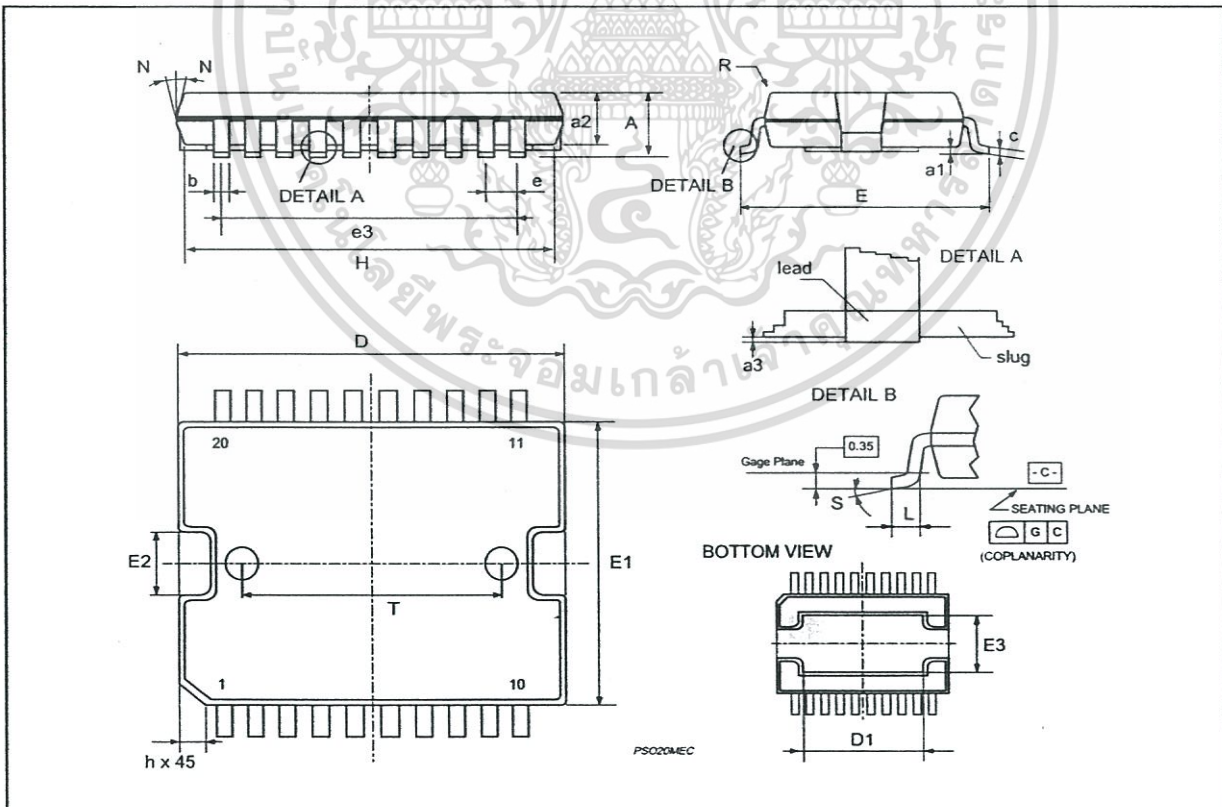
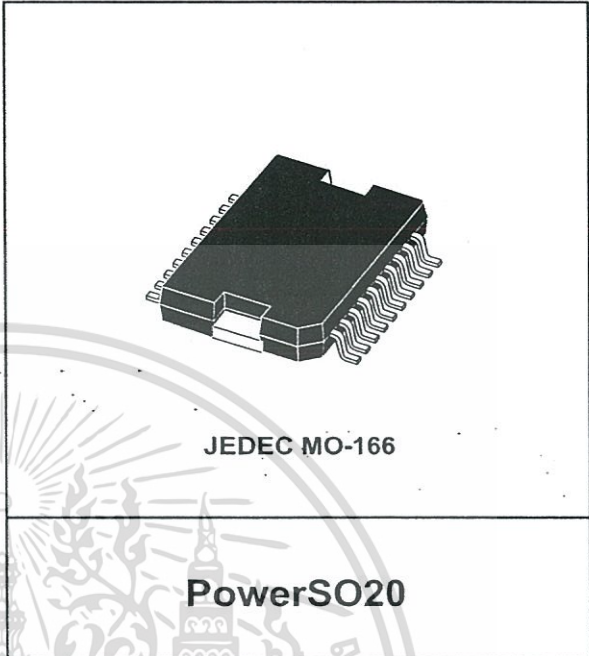
Multiwatt15 H



DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (max.)					
S	8° (max.)					
T		10			0.394	

(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").
 - Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

OUTLINE AND MECHANICAL DATA





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics
 © 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved
 STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -
 Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

<http://www.st.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **High-Resolution Conversion of Light Intensity to Frequency**
- **Programmable Color and Full-Scale Output Frequency**
- **Communicates Directly With a Microcontroller**
- **Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)**
- **Power Down Feature**
- **Nonlinearity Error Typically 0.2% at 50 kHz**
- **Stable 200 ppm/°C Temperature Coefficient**
- **Low-Profile Lead (Pb) Free and RoHS Compliant Surface-Mount Package**

Description

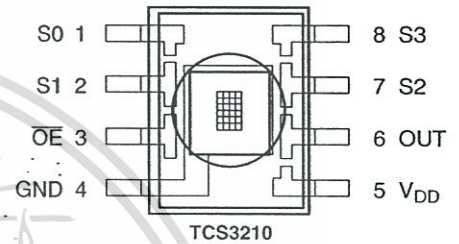
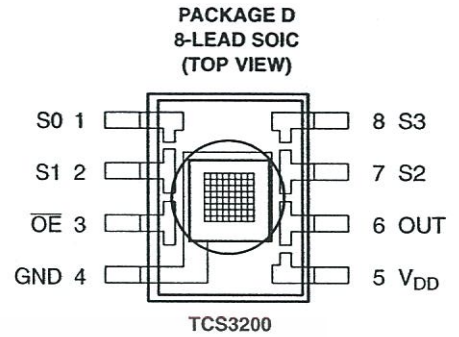
The TCS3200 and TCS3210 programmable color light-to-frequency converters that combine configurable silicon photodiodes and a current-to-frequency converter on a single monolithic CMOS integrated circuit. The output is a square wave (50% duty cycle) with frequency directly proportional to light intensity (irradiance).

The full-scale output frequency can be scaled by one of three preset values via two control input pins. Digital inputs and digital output allow direct interface to a microcontroller or other logic circuitry. Output enable (\overline{OE}) places the output in the high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

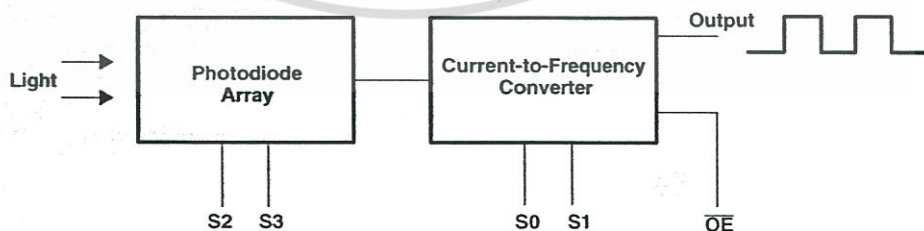
In the TCS3200, the light-to-frequency converter reads an 8 x 8 array of photodiodes. Sixteen photodiodes have blue filters, 16 photodiodes have green filters, 16 photodiodes have red filters, and 16 photodiodes are clear with no filters.

In the TCS3210, the light-to-frequency converter reads a 4 x 6 array of photodiodes. Six photodiodes have blue filters, 6 photodiodes have green filters, 6 photodiodes have red filters, and 6 photodiodes are clear with no filters.

The four types (colors) of photodiodes are interdigitated to minimize the effect of non-uniformity of incident irradiance. All photodiodes of the same color are connected in parallel. Pins S2 and S3 are used to select which group of photodiodes (red, green, blue, clear) are active. Photodiodes are 110 μm x 110 μm in size and are on 134- μm centers.



Functional Block Diagram



TCS3200, TCS3210
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS099 – JULY 2009

Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
GND	4		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
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)	S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Power down	L	L	Red
L	H	2%	L	H	Blue
H	L	20%	H	L	Clear (no filter)
H	H	100%	H	H	Green

Available Options

DEVICE	T _A	PACKAGE – LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TCS3200	-40°C to 85°C	SOIC-8	D	TCS3200D
TCS3210	-40°C to 85°C	SOIC-8	D	TCS3210D



TCS3200, TCS3210
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER
 TAOS099 – JULY 2009

Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{DD} (see Note 1)	6 V
Input voltage range, all inputs, V_I	-0.3 V to $V_{DD} + 0.3$ V
Operating free-air temperature range, T_A (see Note 2)	-40°C to 85°C
Storage temperature range (see Note 2)	-40°C to 85°C
Solder conditions in accordance with JEDEC J-STD-020A, maximum temperature (see Note 3) ...	260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. All voltage values are with respect to GND.
 2. Long-term storage or operation above 70°C could cause package yellowing that will lower the sensitivity to wavelengths < 500nm.
 3. The device may be hand soldered provided that heat is applied only to the solder pad and no contact is made between the tip of the solder iron and the device lead. The maximum time heat should be applied to the device is 5 seconds.

Recommended Operating Conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{DD}		2.7	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH}	$V_{DD} = 2.7$ V to 5.5 V	2		V_{DD}	V
Low-level input voltage, V_{IL}	$V_{DD} = 2.7$ V to 5.5 V	0		0.8	V
Operating free-air temperature range, T_A		-40		70	°C

Electrical Characteristics at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5$ V (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	$I_{OH} = -2$ mA	4	4.5		V
V_{OL}	Low-level output voltage	$I_{OL} = 2$ mA		0.25	0.40	V
I_{IH}	High-level input current				5	μA
I_{IL}	Low-level input current				5	μA
I_{DD}	Supply current	Power-on mode		1.4	2	mA
		Power-down mode			0.1	μA
	Full-scale frequency (See Note 4)	$S_0 = H, S_1 = H$	500	600		kHz
		$S_0 = H, S_1 = L$	100	120		kHz
		$S_0 = L, S_1 = H$	10	12		kHz
	Temperature coefficient of responsivity	$\lambda \leq 700$ nm, $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$		± 200		ppm/°C
k_{SVS}	Supply voltage sensitivity	$V_{DD} = 5$ V $\pm 10\%$		± 0.5		%/V

NOTE 4: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

TCS3200, TCS3210
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS099 – JULY 2009

Operating Characteristics at $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $S_0 = \text{H}$, $S_1 = \text{H}$ (unless otherwise noted) (See Notes 5, 6, 7, and 8). Values for TCS3200 (TCS3210) are below.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	CLEAR PHOTODIODE S2 = H, S3 = L			BLUE PHOTODIODE S2 = L, S3 = H			GREEN PHOTODIODE S2 = H, S3 = H			RED PHOTODIODE S2 = L, S3 = L			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
f_O Output frequency (Note 9)	$E_e = 47.2\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 470\ \text{nm}$	12.5 (4.7)	15.6 (5.85)	18.7 (7)	61%	84%	22%	43%	0%	6%	kHz			
	$E_e = 40.4\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 524\ \text{nm}$	12.5 (4.7)	15.6 (5.85)	18.7 (7)	8%	28%	57%	80%	9%	27%				
	$E_e = 34.6\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$, $\lambda_p = 640\ \text{nm}$	13.1 (4.9)	16.4 (6.15)	19.7 (7.4)	5%	21%	0%	12%	84%	105%				
R_e Irradiance responsivity (Note 10)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$	331 (124)	61%	84%	22%	43%	0%	6%	Hz/ ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)					
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$	386 (145)	8%	28%	57%	80%	9%	27%						
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$	474 (178)	5%	21%	0%	12%	84%	105%						
Saturation irradiance (Note 11)	$\lambda_p = 470\ \text{nm}$	1813 (4839)	---	---	---	---	---	---	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$					
	$\lambda_p = 524\ \text{nm}$	1554 (4138)	---	---	---	---	---							
	$\lambda_p = 640\ \text{nm}$	1266 (3371)	---	---	---	---	---							
f_D Dark frequency	$E_e = 0$	2	10	2	10	2	10	2	10	Hz				
Nonlinearity (Note 12)	$f_O = 0$ to 5 kHz	± 0.1			± 0.1			± 0.1			% F.S.			
	$f_O = 0$ to 50 kHz	± 0.2			± 0.2			± 0.2						
	$f_O = 0$ to 500 kHz	± 0.5			± 0.5			± 0.5						
Recovery from power down		100			100			100			μs			
Response time to output enable (OE)		100			100			100			ns			

- NOTES: 5. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.
6. The 470 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 470\ \text{nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 35\ \text{nm}$, and luminous efficacy = 75 lm/W.
7. The 524 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 524\ \text{nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 47\ \text{nm}$, and luminous efficacy = 520 lm/W.
8. The 640 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength $\lambda_p = 640\ \text{nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 17\ \text{nm}$, and luminous efficacy = 155 lm/W.
9. Output frequency Blue, Green, Red percentage represents the ratio of the respective color to the Clear channel absolute value.
10. Irradiance responsivity R_e is characterized over the range from zero to 5 kHz.
11. Saturation irradiance = (full-scale frequency)/(irradiance responsivity) for the Clear reference channel.
12. Nonlinearity is defined as the deviation of f_O from a straight line between zero and full scale, expressed as a percent of full scale.

TYPICAL CHARACTERISTICS

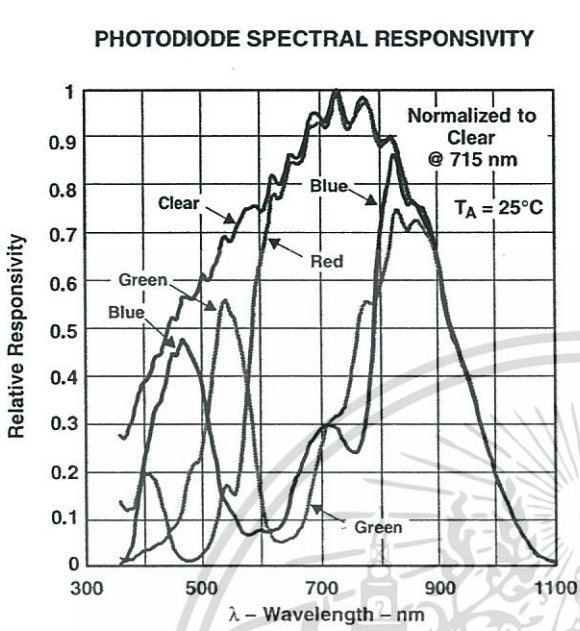


Figure 1

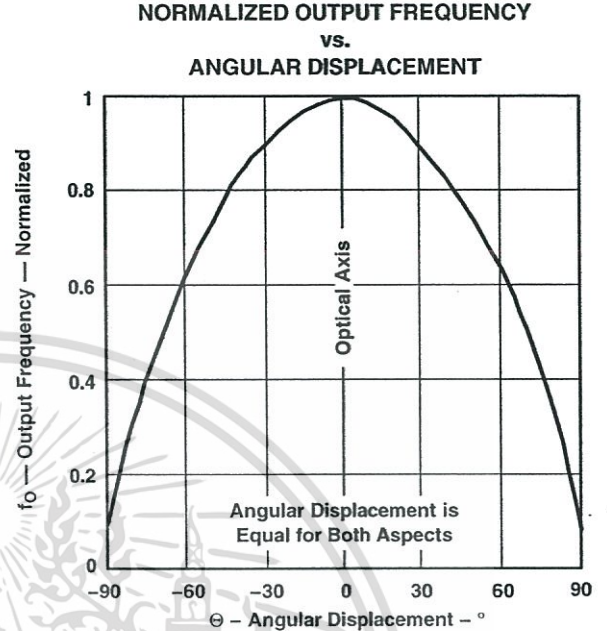


Figure 2

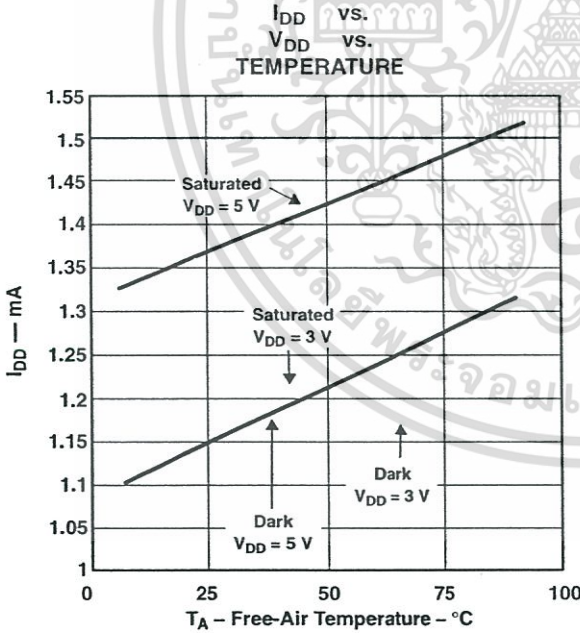


Figure 3

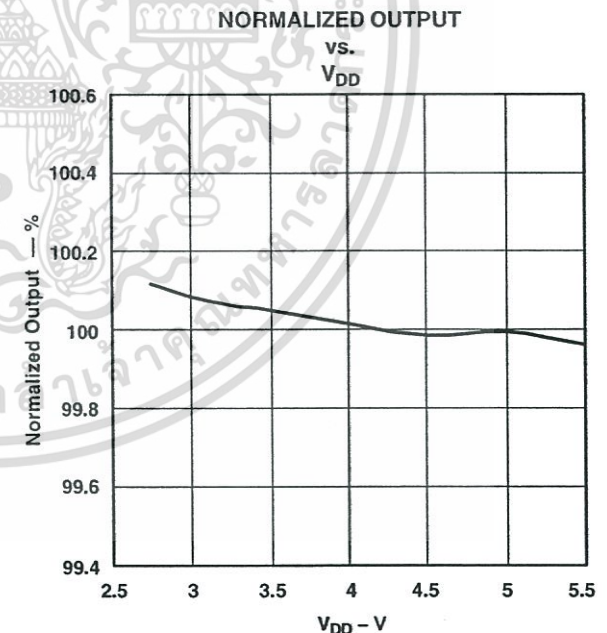


Figure 4

TYPICAL CHARACTERISTICS

PHOTODIODE RESPONSIVITY TEMPERATURE COEFFICIENT
 vs.
 WAVELENGTH OF INCIDENT LIGHT

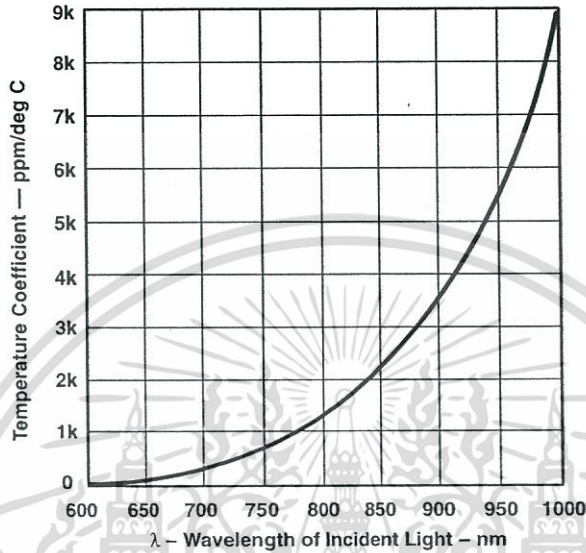
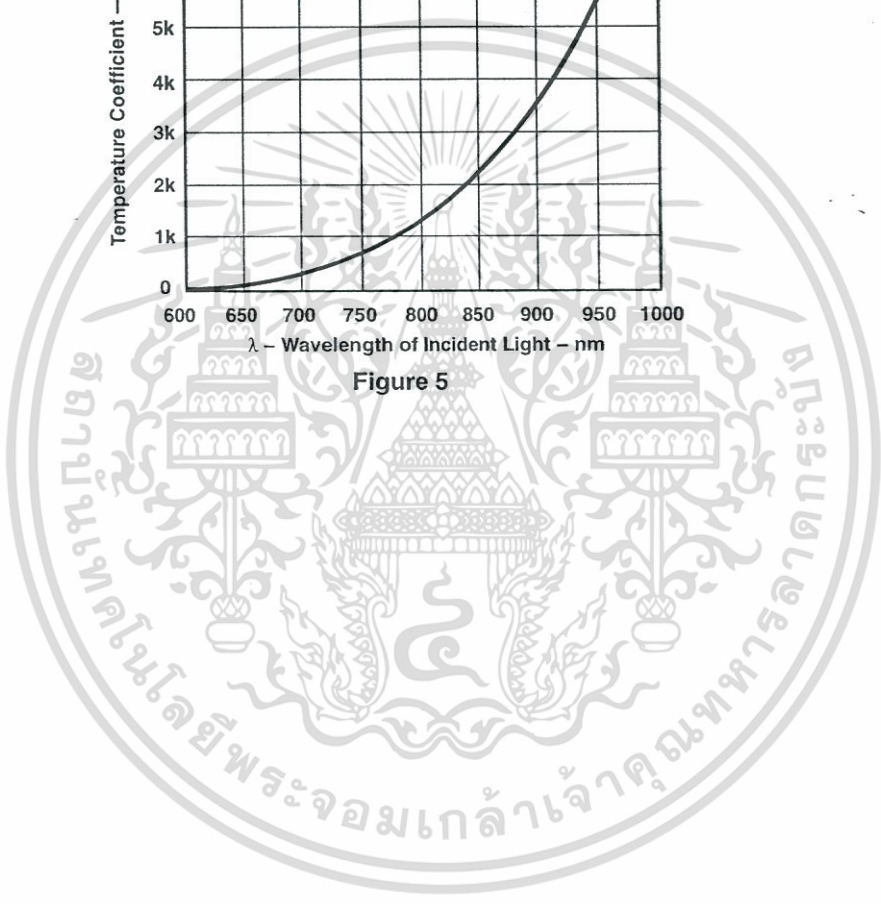


Figure 5



APPLICATION INFORMATION

Power supply considerations

Power-supply lines must be decoupled by a 0.01- μ F to 0.1- μ F capacitor with short leads mounted close to the device package.

Input interface

A low-impedance electrical connection between the device \overline{OE} pin and the device GND pin is required for improved noise immunity. All input pins must be either driven by a logic signal or connected to VDD or GND — they should not be left unconnected (floating).

Output interface

The output of the device is designed to drive a standard TTL or CMOS logic input over short distances. If lines greater than 12 inches are used on the output, a buffer or line driver is recommended.

A high state on Output Enable (OE) places the output in a high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

Power down

Powering down the sensor using S0/S1 (L/L) will cause the output to be held in a high-impedance state. This is similar to the behavior of the output enable pin, however powering down the sensor saves significantly more power than disabling the sensor with the output enable pin.

Photodiode type (color) selection

The type of photodiode (blue, green, red, or clear) used by the device is controlled by two logic inputs, S2 and S3 (see Table 1).

Output frequency scaling

Output-frequency scaling is controlled by two logic inputs, S0 and S1. The internal light-to-frequency converter generates a fixed-pulsewidth pulse train. Scaling is accomplished by internally connecting the pulse-train output of the converter to a series of frequency dividers. Divided outputs are 50%-duty cycle square waves with relative frequency values of 100%, 20%, and 2%. Because division of the output frequency is accomplished by counting pulses of the principal internal frequency, the final-output period represents an average of the multiple periods of the principle frequency.

The output-scaling counter registers are cleared upon the next pulse of the principal frequency after any transition of the S0, S1, S2, S3, and \overline{OE} lines. The output goes high upon the next subsequent pulse of the principal frequency, beginning a new valid period. This minimizes the time delay between a change on the input lines and the resulting new output period. The response time to an input programming change or to an irradiance step change is one period of new frequency plus 1 μ s. The scaled output changes both the full-scale frequency and the dark frequency by the selected scale factor.

The frequency-scaling function allows the output range to be optimized for a variety of measurement techniques. The scaled-down outputs may be used where only a slower frequency counter is available, such as low-cost microcontroller, or where period measurement techniques are used.

APPLICATION INFORMATION

Measuring the frequency

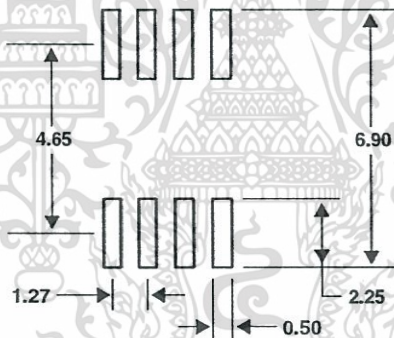
The choice of interface and measurement technique depends on the desired resolution and data acquisition rate. For maximum data-acquisition rate, period-measurement techniques are used.

Output data can be collected at a rate of twice the output frequency or one data point every microsecond for full-scale output. Period measurement requires the use of a fast reference clock with available resolution directly related to reference clock rate. Output scaling can be used to increase the resolution for a given clock rate or to maximize resolution as the light input changes. Period measurement is used to measure rapidly varying light levels or to make a very fast measurement of a constant light source.

Maximum resolution and accuracy may be obtained using frequency-measurement, pulse-accumulation, or integration techniques. Frequency measurements provide the added benefit of averaging out random- or high-frequency variations (jitter) resulting from noise in the light signal. Resolution is limited mainly by available counter registers and allowable measurement time. Frequency measurement is well suited for slowly varying or constant light levels and for reading average light levels over short periods of time. Integration (the accumulation of pulses over a very long period of time) can be used to measure exposure, the amount of light present in an area over a given time period.

PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the D package are shown in Figure 6.



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
B. This drawing is subject to change without notice.

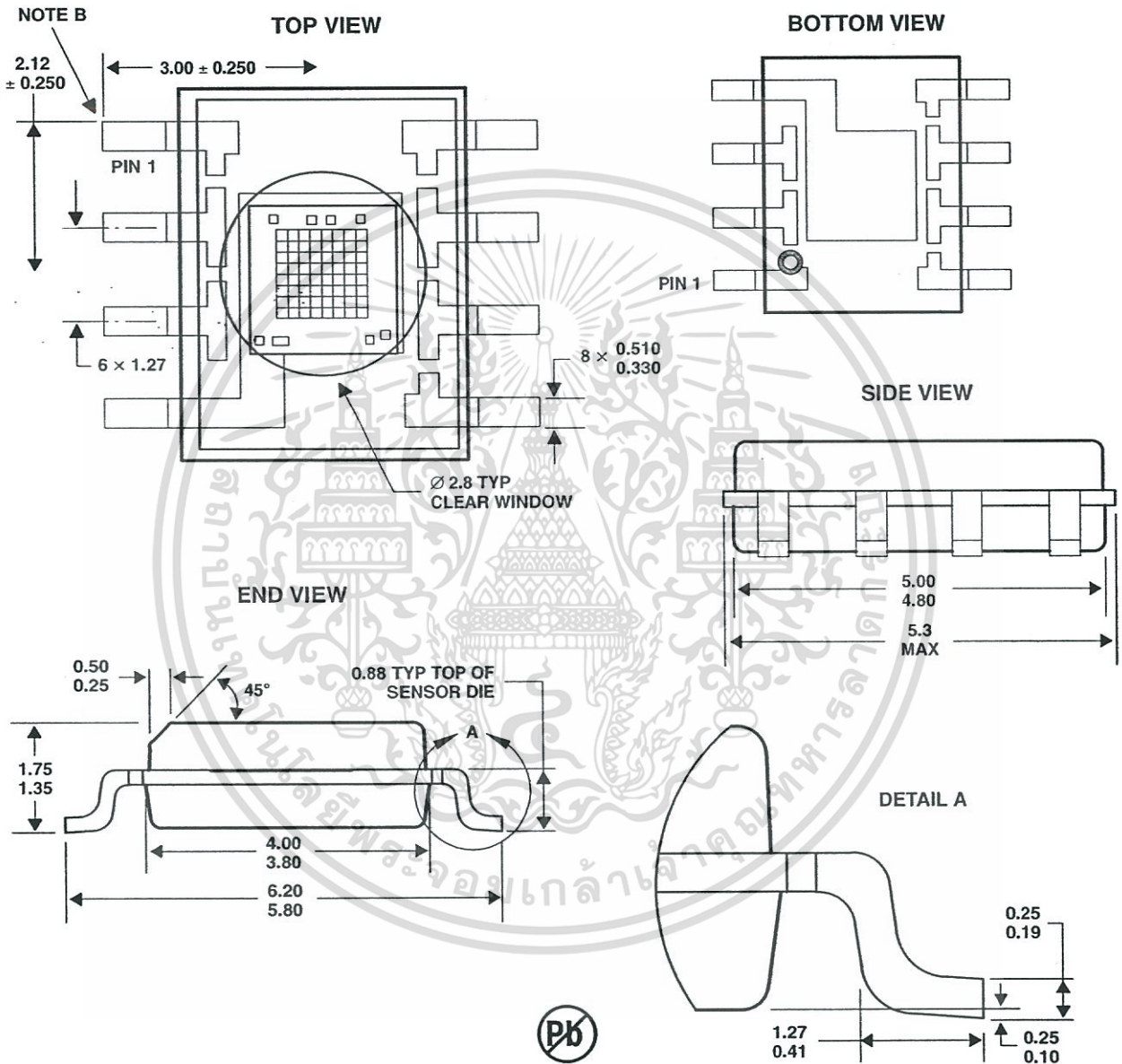
Figure 6. Suggested D Package PCB Layout

MECHANICAL INFORMATION

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS3200 has an 8 × 8 array of photodiodes with a total size of 1 mm by 1 mm. The photodiodes are 110 μm × 110 μm in size and are positioned on 134 μm centers.

PACKAGE D

PLASTIC SMALL-OUTLINE



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. The center of the 1-mm by 1-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).
 C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.
 D. This drawing is subject to change without notice.

Figure 7. Package D — TCS3200 Plastic Small Outline IC Packaging Configuration

TCS3200, TCS3210
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

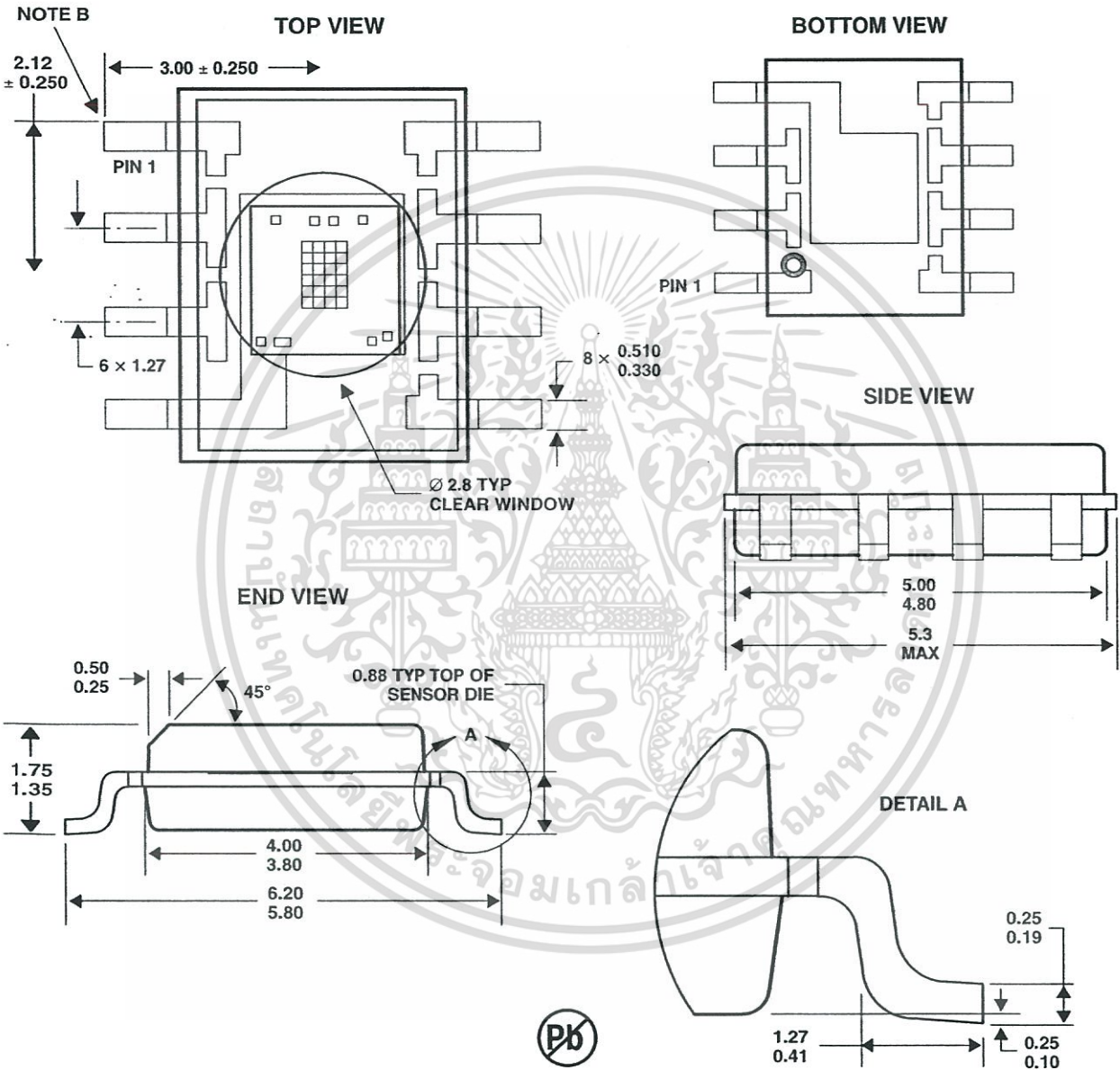
TAOS099 – JULY 2009

MECHANICAL INFORMATION

This SOIC package consists of an integrated circuit mounted on a lead frame and encapsulated with an electrically nonconductive clear plastic compound. The TCS3210 has a 4 × 6 array of photodiodes with a total size of 0.54 mm by 0.8 mm. The photodiodes are 110 μm × 110 μm in size and are positioned on 134 μm centers.

PACKAGE D

PLASTIC SMALL-OUTLINE

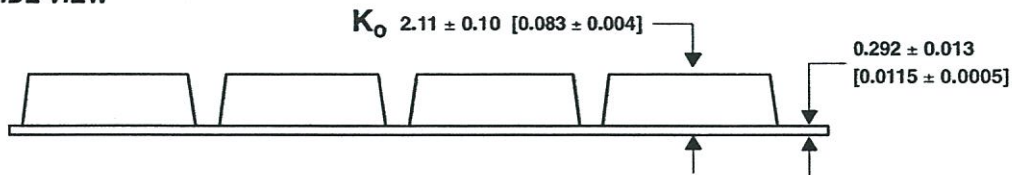


- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. The center of the 0.54-mm by 0.8-mm photo-active area is referenced to the upper left corner tip of the lead frame (Pin 1).
 C. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.
 D. This drawing is subject to change without notice.

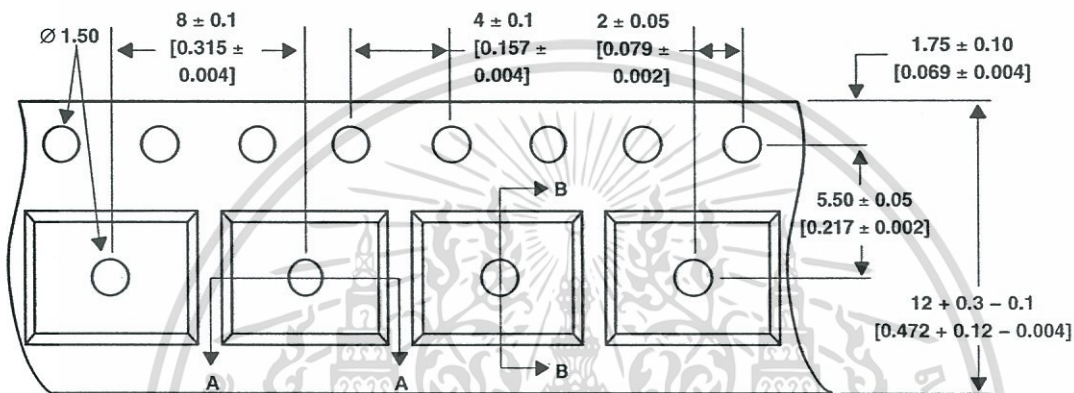
Figure 8. Package D — TCS3210 Plastic Small Outline IC Packaging Configuration

MECHANICAL INFORMATION

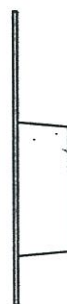
SIDE VIEW



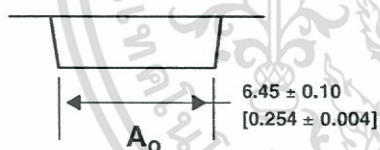
TOP VIEW



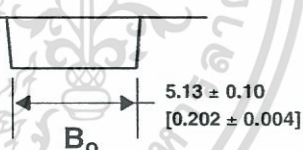
END VIEW



DETAIL A



DETAIL B



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters [inches].
 B. The dimensions on this drawing are for illustrative purposes only. Dimensions of an actual carrier may vary slightly.
 C. Symbols on drawing A_o , B_o , and K_o are defined in ANSI EIA Standard 481-B 2001.
 D. Each reel is 178 millimeters in diameter and contains 1000 parts.
 E. TAOS packaging tape and reel conform to the requirements of EIA Standard 481-B.
 F. This drawing is subject to change without notice.

Figure 9. Package D Carrier Tape



MANUFACTURING INFORMATION

The Plastic Small Outline IC package (D) has been tested and has demonstrated an ability to be reflow soldered to a PCB substrate.

The solder reflow profile describes the expected maximum heat exposure of components during the solder reflow process of product on a PCB. Temperature is measured on top of component. The component should be limited to a maximum of three passes through this solder reflow profile.

Table 2. TCS3200, TCS3210 Solder Reflow Profile

PARAMETER	REFERENCE	TCS32x0
Average temperature gradient in preheating		2.5°C/sec
Soak time	t_{soak}	2 to 3 minutes
Time above 217°C	t_1	Max 60 sec
Time above 230°C	t_2	Max 50 sec
Time above $T_{peak} - 10^\circ\text{C}$	t_3	Max 10 sec
Peak temperature in reflow	T_{peak}	260° C (-0°C/+5°C)
Temperature gradient in cooling		Max -5°C/sec

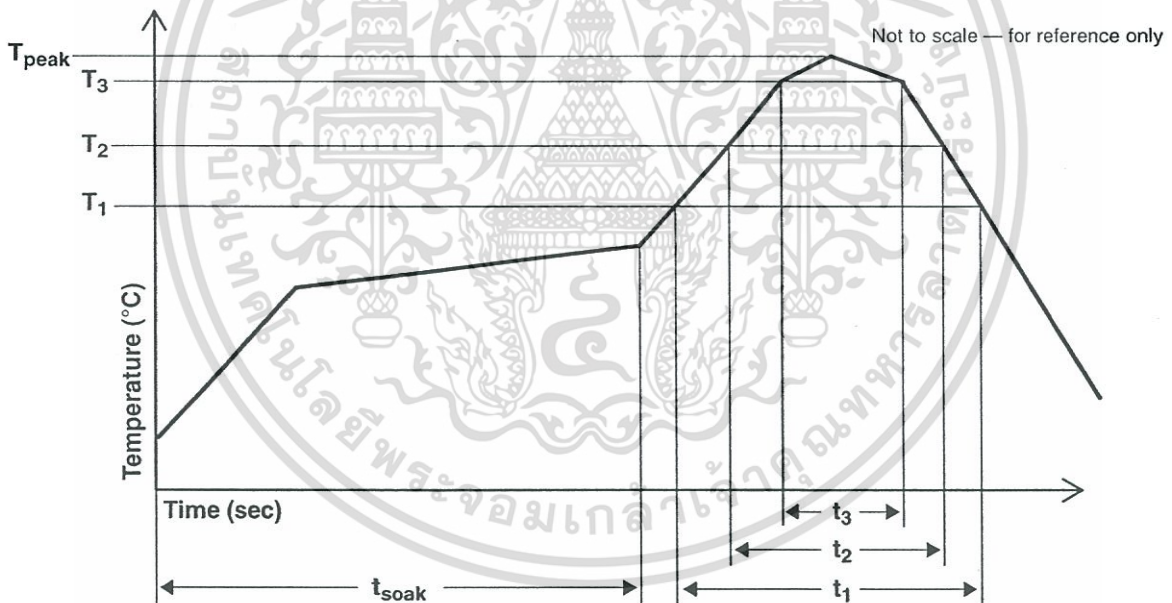


Figure 10. TCS3200, TCS3210 Solder Reflow Profile Graph

Moisture Sensitivity

Optical characteristics of the device can be adversely affected during the soldering process by the release and vaporization of moisture that has been previously absorbed into the package molding compound. To prevent these adverse conditions, all devices shipped in carrier tape have been pre-baked and shipped in a sealed moisture-barrier bag. No further action is necessary if these devices are processed through solder reflow within 24 hours of the seal being broken on the moisture-barrier bag.

However, for all devices shipped in tubes or if the seal on the moisture barrier bag has been broken for 24 hours or longer, it is recommended that the following procedures be used to ensure the package molding compound contains the smallest amount of absorbed moisture possible.

For devices shipped in tubes:

1. Remove devices from tubes
2. Bake devices for 4 hours, at 90°C
3. After cooling, load devices back into tubes
4. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).

For devices shipped in carrier tape:

1. Bake devices for 4 hours, at 90°C in the tape
2. Perform solder reflow within 24 hours after bake

Bake only a quantity of devices that can be processed through solder reflow in 24 hours. Devices can be re-baked for 4 hours in tape, at 90°C for a cumulative total of 12 hours (3 bakes for 4 hours at 90°C).



TCS3200, TCS3210
PROGRAMMABLE
COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS099 – JULY 2009

PRODUCTION DATA — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

LEAD-FREE (Pb-FREE) and GREEN STATEMENT

Pb-Free (RoHS) TAOS' terms *Lead-Free* or *Pb-Free* mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TAOS Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Green (RoHS & no Sb/Br) TAOS defines *Green* to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

Important Information and Disclaimer The information provided in this statement represents TAOS' knowledge and belief as of the date that it is provided. TAOS bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TAOS has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TAOS and TAOS suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

NOTICE

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLOGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.

