



ระบบไฟจราจรอัจฉริยะ
INTELLIGENT TRAFFIC LIGHT



กัญญากร กิจจะ
สุจินดา ฤทธิสमान

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เรื่อง ระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

Intelligent Traffic Light

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกัญญากร กิจจะ รหัสนักศึกษา 62201199
2. นายสุจินดา ฤทธิสมาน รหัสนักศึกษา 62201214


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญาบัตร	ระบบไฟจราจรอัจฉริยะ
นักศึกษา	นางสาวกัญญากร กิจจะ รหัสนักศึกษา 62201199
	นายสุจินดา ฤทธิสมาน รหัสนักศึกษา 62201214
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นการนำเสนอระบบไฟจราจรอัจฉริยะ ระบบจะประกอบด้วยสองส่วน คือ ระบบไฟจราจร และระบบประมวลผลภาพตรวจสอบผู้ฝ่าไฟจราจรแสดงผลบนหน้าเว็บเพจ โดยที่ระบบไฟจราจรมีสี่ชุด แต่ละชุด ประกอบไปด้วย ไฟเขียว ไฟเหลือง และไฟแดง ไฟแต่ละดวงทำจากแอลอีดี 91 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไฟแต่ละดวง 10 เซนติเมตร ใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry PI) ในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรและระบบประมวลผลภาพจะใช้ราสเบอร์รี่พายเป็นตัวประมวลผลซึ่งได้รับสัญญาณภาพจากกล้องการทำงานของระบบประมวลผลภาพเริ่มจาก ราสเบอร์รี่พายได้รับสัญญาณภาพจะทำการประมวลผลหาความเร็วรถ หากมีรถที่ขับเข้ามาด้วยความเร็วเกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในระยะที่กล้องจับ 20 เมตร จะทำการถ่ายภาพและทำการบันทึกภาพรถที่ฝ่าไฟแดงไว้ในโฟลเดอร์พร้อมกับส่งภาพที่ได้บันทึกลงในฐานข้อมูลและแสดงในหน้าเว็บ

จากการทดลองจับความเร็วรถและป้ายทะเบียนรถด้วยการประมวลผลภาพที่ความเร็ว 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 0.31 เปอร์เซ็นต์ และในการจับความเร็วรถที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าความผิดพลาดมากที่สุดคือ 4.4 เปอร์เซ็นต์ การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินพบว่าไฟจราจรสามารถตรวจจับและให้สัญญาณไฟเขียวได้ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 17.00 นาฬิกา เป็นต้นไป เนื่องจากเครื่องจำลองไฟฉุกเฉินที่ใช้ค่อนข้างเล็ก ดังนั้นภาพที่ได้จากกล้องจะชัดเจนในเวลากลางคืนเท่านั้น และทดสอบระบบไฟจราจรอัจฉริยะพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้

Project Title	Intelligent Traffic Light	
Student	Miss. Kanyakorn Kitcha	ID 62201199
	Mr. Sujinda Rittisaman	ID 62201214
Advisor	Mr.Sakapan Klaydokjan	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronics Engineering	
Academic Year	2021	

ABSTRACT

This thesis presents an intelligent traffic light system. The system consists of two parts: the traffic light system and the traffic light inspector visual processing system displayed on the web page. The traffic light system has four sets, each of which is assembled. Go with green light, yellow light and red light. Each light is made of 91 LEDs. The diameter of each light is 10 cm. Use a raspberry pie board to control the traffic light. And the image processing system uses raspberry pie. It is the processor which receives the video signal from the camera. The operation of the image processing system starts from Raspberry pie receives a video signal to process the vehicle speed. If there is a vehicle driving with a speed exceeding 30 km/h within a distance of 20 meters captured by the camera, a photo will be taken. Then save the image of the car that has passed the red light in a folder and send the image that has been saved in the database and displayed on the web page.

The experiment to capture the speed of the car and the license plate with image processing at a speed of 45 kilometers per hour. It has the least error value of 0.31 percent and in catching a car speed of 40 kilometers per hour. The highest error value was 4.4 percent. A test to detect the lights and sounds of emergency vehicles found that traffic lights could detect and give a green light at night from 5 PM onwards. relatively small use Therefore, the image obtained from the camera will be clear only at night and testing the intelligent traffic light system found that the system can work properly as designed.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุก ๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณพ่อแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน สนับสนุนการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จนรายงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการทำโครงการชิ้นนี้ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ และขอบคุณเพื่อน ๆ ที่มีส่วนช่วยให้โครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ นายรัชชานนท์ อุดมศิลป์ ที่อนุญาตให้ใช้รถจักรยานยนต์ เพื่อทำให้การทดลองโครงการเสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กัญญากร กิจจะ
สุจินดา ฤทธิสมาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 สัญญาณไฟจราจร.....	5
2.2 ไดโอดเปล่งแสง	6
2.3 มอสเฟต (MOSFET)	6
2.4 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply).....	8
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนเมกะ 2560 (Arduino Mega 2560)	8
2.6 แอลซีดี (LCD).....	10
2.6.1 การแบ่งแอลซีดีตามลักษณะการแสดงผล	11
2.6.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของแอลซีดี	11
2.7 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry PI).....	12
2.8 ภาษาไพทอน (Python).....	13
2.9 รีเลย์ (Relay)	13
2.9.1 ส่วนประกอบหลักของรีเลย์	14
2.9.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐานของรีเลย์	14

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.9.3 ประเภทของรีเลย์	14
2.9.4 รีเลย์สามารถแบ่งออกตามลักษณะของคอยล์	14
2.9.5 คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์	15
2.10 การประมวลผลภาพ.....	15
2.11 ระยะเวลาเบรก	17
2.11.1 ระยะเวลาคิด	17
2.11.2 ระยะเวลาเบรก.....	17
2.12 รถฉุกเฉิน	18
2.13 โมดูลไมโครโฟนความไวสูง (High Sensitive Microphone Module).....	19
2.14 รีโมทมายเอสคิวแอล (RemoteMySQL).....	19
2.15 ภาษาพีเอชพี (PHP).....	19
2.15.1 การรับรองพีเอชพี	19
2.15.2 โครงสร้างของภาษาพีเอชพี	20
2.16 ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML)	21
2.16.1 องค์ประกอบของภาษาเอชทีเอ็มแอล	21
2.16.2 ความแตกต่างระหว่างภาษาพีเอชพีกับภาษาเอชทีเอ็มแอล	21
2.16.3 โครงสร้างของภาษาเอชทีเอ็มแอล	21
บทที่ 3 การออกแบบ	22
3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบไฟจราจรอัจฉริยะ	22
3.2 โพล์ชาร์ตการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ	23
3.2.1 โพล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตั้งเวลาไฟจราจร	23
3.2.2 โพล์ชาร์ตการทำงานของระบบประมวลผลภาพ.....	24
3.3 การออกแบบวงจร.....	25
3.3.1 วงจรรวมของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ	25
3.3.2 วงจรเปลี่ยนระดับแรงดันลอจิกโดยใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์ควบคุม	26
3.3.3 วงจรส่วนประมวลผลรหัสเบอร์รี่พาย.....	26
3.3.4 วงจรส่วนแสดงผลผ่านแอลซีดี	27
3.3.5 วงจรรวมระบบตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน	27

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.6 การต่อไดโอดเปล่งแสง.....	28
3.4 การคำนวณส่วนของการประมวลผลภาพ.....	31
3.4.1 การคำนวณเวลาประมวลผลภาพ.....	31
3.4.2 การคำนวณความเร็วรถ.....	31
3.5 การออกแบบฐานข้อมูล.....	32
3.6 การออกแบบโครงสร้าง.....	34
3.6.1 โคมไฟจราจร.....	34
3.6.2 ชุดควบคุมระบบไฟจราจร.....	35
3.5.3 ไฟจราจร.....	36
3.5.4 ระบบไฟจราจรอัจฉริยะ.....	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	38
4.1 การทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร.....	38
4.1.1 วิธีการทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร.....	38
4.1.2 ผลการทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร.....	39
4.2 การทดลองการจับความเร็วจากการประมวลผลภาพ.....	40
4.2.1 วิธีการทดลองจับความเร็วจากการประมวลผลภาพ.....	40
4.2.2 ผลการทดลองจับความเร็วจากการประมวลผลภาพ.....	41
4.3 การทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ.....	44
4.3.1 วิธีการทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ.....	44
4.3.2 ผลการทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ.....	45
4.4 การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน.....	47
4.4.1 วิธีการทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน.....	47
4.4.2 ผลการทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน.....	47
4.5 การทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน.....	52
4.5.1 วิธีการทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน.....	52
4.5.2 ผลการทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน.....	53
4.6 การแสดงผลหน้าเว็บเพจ.....	56
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	58
5.1 5.1 สรุปผลการทดลองระบบไฟจราจรอัจฉริยะ.....	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.1.1 การทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร	58
5.1.2 การทดลองการจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพ	58
5.1.3 การทดลองการทดลองการจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ	58
5.1.4 การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน	58
5.1.5 การทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน	59
5.1.6 การแสดงผลหน้าเว็บเพจ	59
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	59
5.3 ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขปัญหา	59
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ	61
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานระบบไฟจราจรอัจฉริยะ	88
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (datasheet).....	96
ประวัติผู้เขียน.....	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1.....	3
1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2.....	3
4.1 ผลการทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร.....	39
4.2 ผลการทดลองการจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพ	41
4.3 ผลการทดลองการจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ	45
4.4 ผลการทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน.....	47
4.5 ผลการทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน	53



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สีของไฟจราจร	5
2.2 ไดโอดเปล่งแสง.....	6
2.3 โครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์มีนั้ท์ชนิดเอ็น	7
2.4 หลักการทั่วไปของสวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย.....	8
2.5 ตำแหน่งและรูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560	10
2.6 จอแอลซีดี 20x4	11
2.7 ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พายโมเดลบี.....	12
2.8 ภาษาไพทอน	13
2.9 ส่วนประกอบของรีเลย์.....	14
2.10 ระบบดูแลการจราจรบนท้องถนน.....	17
2.11 ค่าเฉลี่ยระยะหยุดรถในช่วงความเร็วต่างๆ.....	18
2.12 โมดูลไมโครโฟนความไวสูง	19
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ.....	22
3.2 โพล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตั้งเวลาไฟจราจร	23
3.3 โพล์ชาร์ตการทำงานของกรมผลผลิตภาพ	24
3.4 วงจรรวมของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ	25
3.5 วงจรเปลี่ยนระดับแรงดันลอจิกโดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตซ์ควบคุม	26
3.6 วงจรส่วนประมวลผลระหว่างกล้องและราสเบอร์รี่พาย.....	26
3.7 วงจรส่วนแสดงผลผ่านทางแอลซีดี	27
3.8 วงจรรวมระบบตรวจจับสัญญาณและเสียงของรถฉุกเฉิน	27
3.9 การต่อวงจรไฟเขียว	28
3.10 การต่อวงจรไฟจราจรสีเหลือง.....	29
3.11 การต่อวงจรไฟแดง	30
3.12 การคำนวณความเร็วของกล้อง	32
3.13 หน้าต่างการสร้าง Account.....	32
3.14 หน้าต่าง Login.....	33
3.15 หน้าต่างการเข้าใช้งาน DATABASES.....	33
3.16 หน้าต่างการสร้างฐานข้อมูล.....	34
3.17 โมเดลโคมไฟจราจร	34

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 โคมไฟจราจร	34
3.19 โมเดลชุดควบคุมระบบไฟจราจร.....	35
3.20 ชุดควบคุมระบบไฟจราจร	35
3.21 โมเดลไฟจราจร.....	36
3.22 ไฟจราจร	36
3.23 ระบบไฟจราจรอัจฉริยะ.....	37
4.1 สัญญาณไฟจราจรจากเสาไฟจราจรและหน้าตู้ควบคุม	40
4.2 ความเร็วที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 26.05 (กม./ชม.)	41
4.3 ความเร็วที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 31.06 (กม./ชม.)	42
4.4 ความเร็วที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 35.72 (กม./ชม.)	42
4.5 ความเร็วที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 41.64 (กม./ชม.).....	43
4.6 ความเร็วที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 44.44 (กม./ชม.).....	43
4.7 ความเร็วที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 45.15 (กม./ชม.).....	44
4.8 ภาพป้ายทะเบียนรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับป้ายทะเบียนที่ความเร็ว 25 (กม./ชม.).....	45
4.9 ภาพป้ายทะเบียนรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับป้ายทะเบียนที่ความเร็ว 30 (กม./ชม.).....	46
4.10 ภาพป้ายทะเบียนรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับป้ายทะเบียนที่ความเร็ว 35 (กม./ชม.).....	46
4.11 โปรแกรมตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเวลา 09.00 น.....	48
4.12 ภาพสัญญาณไฟรถฉุกเฉินจากกล้องโทรศัพท์เวลา 09.00 น.....	49
4.13 โปรแกรมตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเวลา 13.00 น.....	49
4.14 ภาพสัญญาณไฟรถฉุกเฉินจากกล้องโทรศัพท์เวลา 13.00 น.....	50
4.15 โปรแกรมตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเวลา 17.00 น.....	50
4.16 ภาพสัญญาณไฟรถฉุกเฉินจากกล้องโทรศัพท์เวลา 17.00 น.....	51
4.17 โปรแกรมตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเวลา 21.00 น.....	51
4.18 ภาพสัญญาณไฟรถฉุกเฉินจากกล้องโทรศัพท์เวลา 21.00 น.....	52
4.19 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 25.08 (กม./ชม.).....	53
4.20 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 29.63 (กม./ชม.).....	54
4.21 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 35.78 (กม./ชม.).....	54
4.22 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 41.08 (กม./ชม.).....	55
4.23 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 45.31 (กม./ชม.).....	55

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.24 หน้าเว็บแสดงข้อมูลปริมาณรถเคลื่อนที่ต่อนาที.....	56
4.25 หน้าเว็บแสดงข้อมูลผู้ฝ่าไฟแดง.....	56
4.26 หน้าเว็บแสดงข้อมูลป้ายทะเบียนรถผู้ฝ่าไฟแดง.....	57



บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ สมมติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญาบัตรซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเดินทางของผู้คนส่วนมาก เดินทางด้วยรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ ซึ่งทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการเดินทางเนื่องมาจากการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการชนกันกับรถที่ได้ออกตัวจากอีกฝั่งที่ปล่อยสัญญาณไฟเขียวได้ และเมื่อเกิดอุบัติเหตุจะเกิดความเสียหายทางชีวิตและทรัพย์สินแล้วผลที่ตามมาคือ ปัญหาการจราจรติดขัดทำให้รถฉุกเฉินที่ต้องเดินทางมาช่วยผู้ที่ประสบอุบัติเหตุเกิดการล่าช้าตามไปด้วย กลุ่มของข้าพเจ้าเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาจึงได้จัดทำโครงการระบบไฟจราจรอัจฉริยะขึ้นเพื่อตรวจจับในช่วงที่มีรถขับฝ่าไฟแดง มีระบบบันทึกภาพลงฐานข้อมูล และตรวจจับสัญญาณของรถฉุกเฉิน ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของรถฉุกเฉินได้ในระดับหนึ่ง

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เพื่อใช้การประมวลผลภาพจับความเร็วรถขณะรถเข้าสู่สัญญาณไฟแดง
2. เพื่อบันทึกข้อมูลผู้ที่ฝ่าไฟแดง
3. เพื่อควบคุมไฟจราจรเมื่อมีรถฉุกเฉินวิ่งผ่าน
4. เพื่ออำนวยความสะดวกแก่รถฉุกเฉินในเวลาเร่งด่วน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การตรวจจับความเร็วรถโดยการประมวลผลภาพในความเร็วที่แตกต่างกันจะมีระยะในการหยุดรถหรือเบรกขณะเข้าสู่สัญญาณไฟจราจรแตกต่างกันออกไป ดังนั้นความเร็วรถสามารถใช้ในการตรวจสอบการฝ่าไฟจราจรได้ สัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินสามารถตรวจจับได้ด้วยการประมวลผลภาพ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. ไฟจรรยาทั้ง 4 เสา สามารถให้สัญญาณไฟเขียว ไฟเหลือง ไฟแดงได้
2. ทดสอบการทำงานของไฟแดงเมื่อมีรถฝ่าไฟแดง โดยการทดสอบเพียงหนึ่งฝั่งของไฟจรรยา
3. สามารถตรวจจับรถฝ่าไฟแดงได้
4. สามารถบันทึกภาพผู้ที่ฝ่าไฟแดงลงฐานข้อมูลได้
5. สามารถตรวจจับรถฉุกเฉินโดยใช้การประมวลผลภาพและตรวจจับความถี่เสียง และให้สัญญาณไฟเขียวเพื่อให้รถฉุกเฉินผ่านได้
6. สามารถแสดงรายละเอียดบนหน้าเว็บได้ แบ่งเป็น 2 ส่วน
 - 6.1 สำหรับผู้ใช้ทั่วไป แสดงความหนาแน่นของการจราจร ปริมาณรถเคลื่อนที่จำนวนคัน ต่อนาที
 - 6.2 สำหรับหน่วยงาน (ต้องเข้าสู่ระบบ) แสดงข้อมูลผู้ที่ฝ่าไฟแดง (แสดงภาพรถ ความเร็ว ป้ายทะเบียน วันเวลา)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดอุบัติเหตุจากการฝ่าไฟแดงได้
2. สามารถบันทึกข้อมูลของผู้ที่ฝ่าไฟแดงได้
3. สามารถเขียนและออกแบบวงจรการลดอุบัติเหตุจากการฝ่าไฟแดงด้วยการประมวลผลภาพ
4. ได้เรียนรู้การใช้ราสเบอร์รี่พายในการประมวลผลภาพ

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ช่วงใหญ่ ๆ คือแผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ซึ่งได้แจกแจงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 และ ตารางที่ 1.2 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน			
	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1. คิดหัวข้อโครงการนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา	←→			
2. ศึกษาค้นคว้าการทำสัญญาณไฟจรรยา	←→	→		
3. จำลองสื่แยกไฟจรรยา		←→	→	
4. ทดสอบการทำงานของไฟจรรยาเมื่อมีรถขับฝ่าไฟแดง โดยทดสอบเพียงหนึ่งฝั่ง			←→	→
5. ทดลองการตรวจจับรถฝ่าไฟแดง โดยการบันทึกภาพ			←→	→

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน				
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1. ศึกษาค้นคว้าการตรวจจับไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน	←→				
2. ศึกษาค้นคว้าการเขียนเว็บเพจและการเชื่อมต่อฐานข้อมูล	←→				
3. สร้างหน้าเว็บเพจโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนการทำงานคือ ส่วนผู้ใช้ทั่วไป และส่วนเจ้าหน้าที่		←→	→		
4. ทดลองระบบกล้องตรวจจับเมื่อมีรถฉุกเฉินขับผ่านบริเวณสี่แยกไฟจรรยา			←→		→
5. ทดลองการแสดงผลบนเว็บเพจ			←→		→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 โครงสร้างปริญญาานิพนธ์

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับเรื่องระบบไฟจราจรอัจฉริยะ กล่าวถึงการอธิบายขั้นตอนการทำงาน ผลการทดลอง สุดท้ายจะเป็นการสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญาานิพนธ์

บทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟจราจรอัจฉริยะ และอุปกรณ์ ได้แก่ สัญญาณไฟจราจร ไดโอดเปล่งแสง มอสเฟต (MOSFET) สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 (Arduino Mega 2560) แอลซีดี (LCD) บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry PI) ภาษาไพทอน (Python) รีเลย์ (Relay) การประมวลผลภาพ ระยะเวลาการรถ รถฉุกเฉิน โมดูลไมโครโฟนความไวสูง (High Sensitive Microphone Module) รีโมทมายเอสคิวแอล (RemoteMySQL) ภาษาพีเอชพี (PHP) และภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML) เป็นต้น

บทที่ 3 การออกแบบ ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โฟร์ชาร์ตการทำงานของระบบ การออกแบบวงจร การคำนวณส่วนของการประมวลผล การออกแบบฐานข้อมูล และการออกแบบโครงสร้างของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองระบบไฟจราจรอัจฉริยะ ซึ่งมีหัวข้อการทดลองประกอบไปด้วย การทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร การทดลองการจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพ การทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน การทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลาจริง และการแสดงผลบนหน้าเว็บเพจ

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขปัญหา

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟจราจรอัจฉริยะ และอุปกรณ์ ได้แก่ สัญญาณไฟจราจร ไดโอดเปล่งแสง มอสเฟต (MOSFET) สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 (Arduino Mega 2560) แอลซีดี (LCD) บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry PI) ภาษาไพทอน (Python) รีเลย์ (Relay) การประมวลผลภาพ ระยะเบรกรถ รถฉุกเฉิน โมดูลไมโครโฟนความไวสูง (High Sensitive Microphone Module) รีโมทมายเอสคิวแอล (RemoteMySQL) ภาษาพีเอชพี (PHP) และภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML)

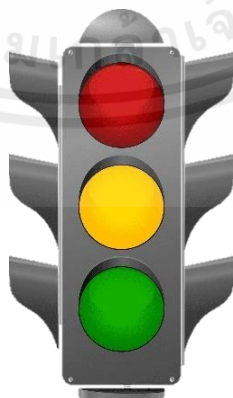
2.1 สัญญาณไฟจราจร

ไฟจราจร [1] เป็นอุปกรณ์สัญญาณไฟที่สำคัญในงานจราจรเป็นอย่างมากที่จะปรากฏตามแยกถนนต่างๆ ทั้งทางเดินเท้า และสถานที่อื่นๆ เพื่อควบคุมการจราจรบนท้องถนน โดยการแสดงสัญญาณให้กับผู้ที่ขับรถอยู่ตามท้องถนนทุกเส้นทาง ซึ่งจะเป็นการบอกสัญญาณให้รถหรือคนได้ระมัดระวัง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

ความหมายของสีที่ปรากฏบนสัญญาณไฟจราจร

1. สีเขียว อนุญาตให้รถขับผ่านไปได้
2. สีเหลืองอำพัน เตรียมให้รถหยุด
3. สีแดง หยุดรถ

โดยรูปที่ 2.1 จะเป็นตัวอย่างสีของไฟจราจร



รูปที่ 2.1 สีของไฟจราจร

(ที่มา: <https://www.pngegg.com/th/png-wzbcx>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode) หรือ แอลอีดี (LED) [2] รูปที่ 2.2 เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงให้มองเห็นได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน สีของแสงที่เปล่งออกมาขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้



รูปที่ 2.2 ไดโอดเปล่งแสง
(ที่มา: <https://1th.me/tLhdl/>)

การเลือกใช้ไดโอดเปล่งแสง

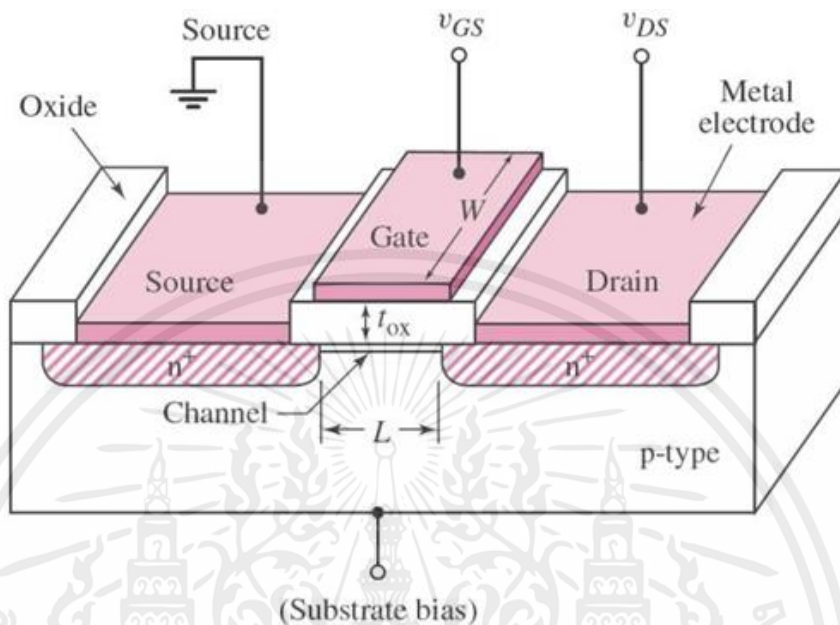
1. สีของแอลอีดี เป็นตัวบอกขนาดของความยาวคลื่นที่ไดโอดเปล่งแสงได้เปล่งแสงออกมา เช่น สีฟ้าจะมีความยาวคลื่นประมาณ 468 นาโนเมตร สีขาวจะมีความยาวคลื่นประมาณ 462 นาโนเมตร สีเหลืองจะมีความยาวคลื่นประมาณ 468 นาโนเมตร สีเขียวจะมีความยาวคลื่นประมาณ 565 นาโนเมตร สีแดงจะมีความยาวคลื่นประมาณ 630 นาโนเมตร เป็นต้น
2. เลนส์ เป็นตัวบอกประเภทและวัสดุที่ใช้ทำ
3. ความสว่างของแสง (millicandela rating) เป็นตัวบอกระดับความสว่างของแสง
4. อัตราการทนความต่างศักย์ไฟฟ้า เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ไดโอดเปล่งแสงรับได้และไม่เสียหาย

2.3 มอสเฟต (MOSFET)

มอสเฟต ย่อมาจาก (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) [3] เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีการทำงานในลักษณะที่แปลงแรงดันเป็นกระแสที่ได้เป็นผลมาจากอิเล็กตรอน (Electron) หรือโฮล (Hole) ซึ่งเป็นพาหะข้างมาก ขึ้นอยู่กับว่าอุปกรณ์ดังกล่าวเป็น มอสเฟตชนิดเอ็น (NMOS) หรือมอสเฟตชนิดพี (PMOS) มอสเฟตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion) และมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ (Enhancement) มอสเฟตแต่ละประเภทยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด คือ มอสเฟตชนิดเอ็น ซึ่งมีประจุพาหะอิเล็กตรอนเป็นตัวนำกระแส และมอสเฟตชนิดพี ซึ่งมีประจุพาหะโฮลเป็นตัวนำกระแส



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ชนิดเอ็น

(ที่มา: <https://1th.me/SA8d0/>)

จากรูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ชนิดเอ็น ขั้วซอส (Source) และขาเดรน (Drain) ถูกสร้างขึ้นโดยการแพร่อะตอมสารเจือชนิดเอ็นที่มีความหนาแน่นมากเข้าไปในฐานรอง (Substrate) ของสารกึ่งตัวนำชนิดพี ซึ่งเป็นแผ่นผลึกซิลิกอนรูปเดี่ยว (Single-Crystal) ที่มีความหนาแน่นน้อย ขั้วเกต (Gate) จะเป็นส่วนของโลหะ (Metal) หรือชั้นของโพลีซิลิกอน (Poly-Silicon) ซ่อนอยู่บนชั้นของออกไซด์ระหว่างขั้วเดรนและขั้วซอส โดยมีระยะห่างระหว่างขั้วทั้งสองเป็น ความยาวของมอสเฟต (Channel Length: L) และมีระยะทางด้านข้าง (Side-Wall) เป็นความกว้าง ของมอสเฟต (Channel Width: W) โครงสร้างของมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ชนิดพี จะมี ลักษณะคล้ายคลึงกับมอสเฟตแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ชนิดเอ็น แต่จะสลับกัน คือ มอสเฟตชนิดพีจะประกอบด้วยผลึกฐานรองชนิดเอ็น (N-Type) ที่มีความหนาแน่นน้อยและมีการแพร่อะตอมสารเจือชนิดพีที่มีความหนาแน่นมากเข้าไปฐานรองเพื่อเป็นขั้วซอสและขั้วเดรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย [4] คืออุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันสูงไปเป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ โดยหลักการทั่วไปของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะประกอบด้วย เรกติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง คอนเวอร์เตอร์ (Converter) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่สูง และแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ข้อได้เปรียบของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น คือ ประสิทธิภาพที่สูง ขนาดเล็ก และน้ำหนักเบากว่าแหล่งจ่ายไฟเชิง แต่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะมีเสถียรภาพในการทำงานที่ต่ำกว่าและก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น รวมทั้งสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังมีความซับซ้อนของวงจรมากกว่าและมีราคาสูงที่กำลั้งงานต่ำ ๆ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจึงมักนิยมใช้กันในงานที่ต้องการกำลั้งงานตั้งแต่ 20 วัตต์ขึ้นไปเท่านั้น



รูปที่ 2.4 หลักการทั่วไปของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

จากรูปที่ 2.4 หลักการทำงานเป็นหลักการทั่วไปในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดัน 220 โวลต์ ไปเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 24 โวลต์

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 (Arduino Mega 2560)

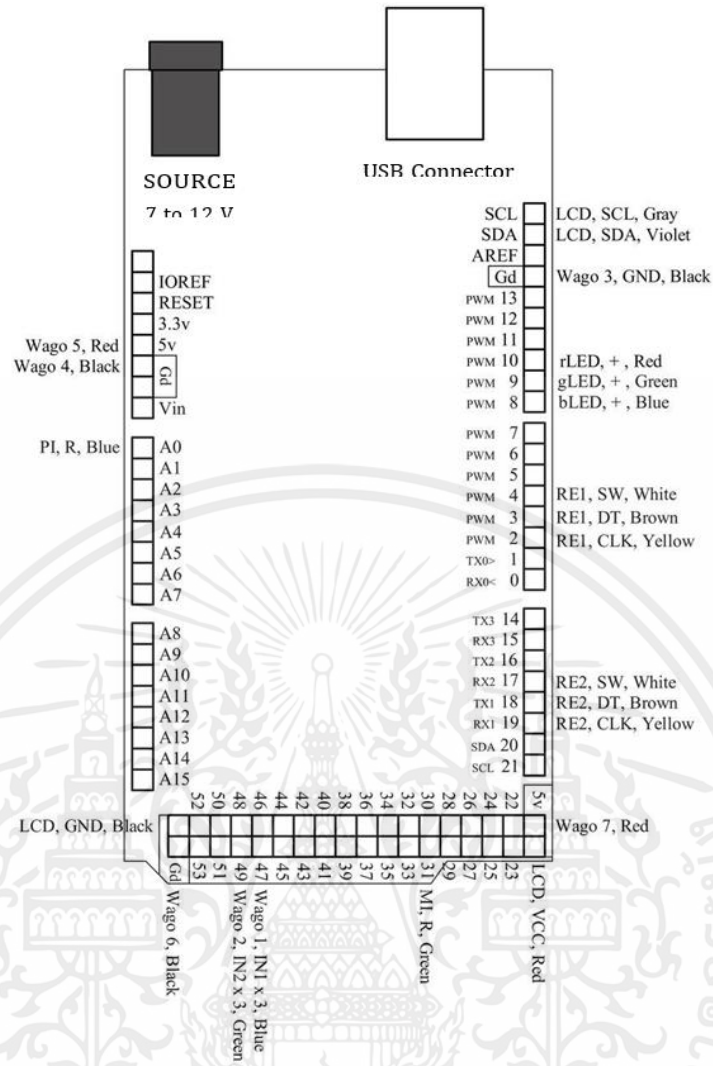
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 [5] คือบอร์ดกลุ่ม บอร์ดอาดูยโน โดยใช้ Atmega2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก สามารถเขียนโปรแกรมบน อาดูยโนไอดีอี (Arduino IDE) และโปรแกรมผ่านยูเอสบี (USB) มี 54 digital input/output โดยมีขาทั้งหมด 14 ขา ซึ่งสามารถใช้เป็นเอาต์พุต (output) แบบสัญญาณพลัสที่มีค่าความถี่คงที่ แต่ความกว้างของพลัสเปลี่ยนแปลงได้ มีขา analog input 16 ขา มีขาฮาร์ดแวร์พอร์ตอนุกรม (hardware serial ports) 4 ขา ทำงานที่ความเร็วนาฬิกา (Clock speed) 16 MHz และสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยสายเคเบิลยูเอสบี (USB) หรือใช้อัดแดปเตอร์ (adaptor) AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560

1. ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Pin) ทั่วไป
 - ขา VIN เป็นแรงดันอินพุตของบอร์ดอาดูยโนโดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก
 - ขา 5V เป็นขาเอาต์พุตที่ควบคุม 5V จากบอร์ด 3V3 เป็น 3.3 volt supply ที่สร้างขึ้นจาก regulator บนบอร์ด และให้กระแสได้สูงสุด 50mA
 - ขา GND เป็นขากาวด์
 - ขา IOREF เป็นขาที่ให้แรงดันอ้างอิงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับ shield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด
 2. หน่วยความจำ ATmega2560 มีหน่วยความจำ 256 KB (8 KB ใช้สำหรับ bootloader) นอกจากนี้ ยังมีอีก 8 KB สำหรับ SRAM และ 4 KB สำหรับ EEPROM
 3. พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเป็นพอร์ตดิจิทัลทั้งหมด 54 พอร์ต สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตโดยจะ ทำงานที่แรงดัน 5V และให้กระแสสูงสุด 40 mA
 4. พิงก์ชันอื่น ๆ อินเทอร์รัพท์ภายนอกมี อินเทอร์รัพท์ 0 ขา 2 อินเทอร์รัพท์ 1 ขา 3 อินเทอร์รัพท์ 2 ขา 21 อินเทอร์รัพท์ 3 ขา 20 อินเทอร์รัพท์ 4 ขา 19 และอินเทอร์รัพท์ 5 ขา 18
 - พอร์ต PWM 2 ถึง PWM 13 และ PWM 44 ถึง PWM 46 ให้ output PWM output 8-bits
 - พอร์ต SPI 50 (MISO), SPI 51 (MOSI), SPI 52 (SCK), SPI 53 (SS) ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบ SPI
 - พอร์ต LED 13 เป็น build-in LED ที่เชื่อมต่อกับ digital pin 13 เมื่อ pin มีค่าเป็น HIGH แอลอีดีจะติด, แต่เมื่อขาเป็น LOW แอลอีดีจะดับ
 - พอร์ต TWI 20 (SDA) and 21 (SCL) รองรับการทำงานเชื่อมต่อแบบ TWI (I2C)
 - บอร์ดเมกะ 2560 มี 16 อินพุตอนาล็อก แต่ละขาให้ความละเอียด 10 bits
 - ขา AREF แรงดันอ้างอิงสำหรับอินพุตอนาล็อก
 - ขา Reset ใช้ในการรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการเพิ่มปุ่มรีเซ็ตไว้บน shield เพื่อป้องกันปุ่มที่อยู่บนบอร์ด
- โดยรูปที่ 2.5 เป็นตำแหน่งและรูปร่างของบอร์ดอาดูยโนเมกะ 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ตำแหน่งและรูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์อาตยูโน่เมกะ 2560
(ที่มา: <https://1th.me/6zAQR/>)

2.6 แอลซีดี (LCD)

แอลซีดี ย่อมาจาก (Liquid Crystal Display) [6] เป็นจอที่ทำมาจากผลึกเหลวของคริสตอล หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง หรือที่เรียกว่าแบ็คไลท์ (Backlight) เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึกจะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟแบ็คไลท์แสดงขึ้นมาบนหน้าจอส่วนอื่น ที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะไม่สว่าง ผลึกมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ฯลฯ ทำให้เมื่อมองไปที่จอจะพบกับตัวหนังสือและพื้นหลังสีต่างๆกัน

จอแอลอีดีเป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่น่านำมาใช้งาน จอแอลซีดีมีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักษรเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่แสดงผลไว้ และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์เรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลข หรือ หน้าปัดวิทยุ เป็นต้น

2.6.1 การแบ่งแอลซีดีตามลักษณะการแสดงผล

1. แอลซีดีแสดงผลเป็นอักขระ เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอแอลซีดีขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถวมี ตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 4 บรรทัด

2. แอลซีดีแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอขึ้นแสงหรือปล่อยแสงออกไปทำให้จอนี้สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

2.6.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของแอลซีดี

โครงสร้างของแอลซีดีทั่วไปจะประกอบขึ้นด้วย 2 แผ่นแก้วประกบกัน โดยเว้นช่องว่างตรงกลางไว้ 6-10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าแบบใส มีชั้นของสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบ และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Magnetic โดยแอลซีดีสามารถแสดงผลให้เรามองเห็นได้ทั้งหมด 3 แบบด้วยกัน คือ

1. แบบใช้การสะท้อนแสง (Reflective Mode) แบบนี้ใช้สารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของแอลซีดีซึ่งแอลซีดีประเภทนี้เหมาะกับการนำมาใช้งานในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ

2. แบบใช้การส่งผ่าน (Transitive Mode) แบบนี้วางหลอดไฟไว้ด้านหลังจอเพื่อทำให้การอ่านค่าที่แสดงผลทำได้ชัดเจน

3. แบบส่งผ่านและสะท้อน (Transflective Mode) แบบนี้เป็นการนำเอาข้อดีของจอแสดงผลแอลซีดีทั้ง 2 แบบมารวมกัน มีทั้ง 16 ตัวอักษร 20 ตัวอักษรหรือมากกว่า และจำนวนบรรทัดจะมีตั้งแต่ 1 บรรทัด 2 บรรทัด 4 บรรทัดหรือมากกว่า

โดยรูปที่ 2.6 เป็นจอแอลซีดีขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด



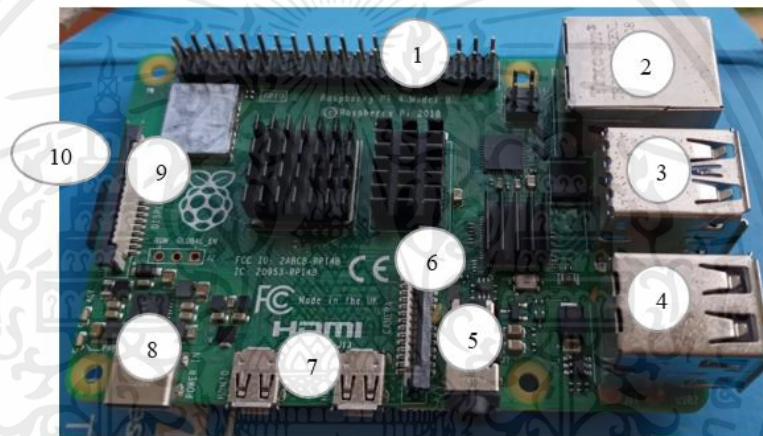
รูปที่ 2.6 จอแอลซีดี 20x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย [7] คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ (monitor) คีย์บอร์ด (keyboard) และเมาส์ (mouse) ได้ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก บอร์ดราสเบอร์รี่พายรองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux operating system) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian (Debian), Pidora (Fedora) และอาร์ชลินุกซ์ (Arch Linux) โดยติดตั้งบน SD Card บอร์ดราสเบอร์รี่พายนี้ถูกออกแบบมาให้มี CPU, GPU และ RAM อยู่ภายในชิป เดียวกัน มีจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตผ่านพอร์ต USB, LAN, HDMI, DSI, ช่องสัญญาณภาพ CSI และ GPIO (General Purpose Input Output) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้

ส่วนประกอบของบอร์ดราสเบอร์รี่พายประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของบอร์ดบอร์ดราสเบอร์รี่พายโมเดลบี

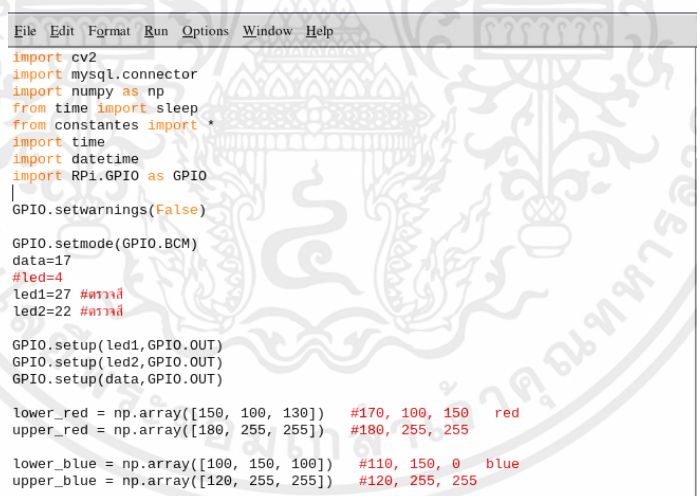
1. พอร์ตจีพีไอโอ (GPIO) ประกอบด้วย UART, SPI, PWM, I2C และอื่น ๆ เพื่อใช้ในการควบคุม และสื่อสารกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. พอร์ตเชื่อมต่อ RJ-45 Ethernet LAN 10/100Mbps
3. พอร์ต USB 3.0 จำนวน 2 พอร์ต
4. พอร์ต USB 2.0 จำนวน 2 พอร์ต
5. ช่อง Audino/Video
6. พอร์ต CSI (Camera Serial Interface) สำหรับเชื่อมต่อโมดูลกล้อง
7. พอร์ต HDMI สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพและเสียง
8. พอร์ต Type C Power สำหรับไฟเลี้ยงวงจรบอร์ด Raspberry Pi
9. พอร์ต DSI (Display Serial Interface) สำหรับต่อจอแสดงผล
10. ช่องเสียบ SD Card อยู่บริเวณด้านล่างของบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ภาษาไพทอน (Python)

ไพทอน [8] คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่มีติดกับแพลตฟอร์ม สามารถรันภาษาไพทอนได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux, Windows และ FreeBSD ภาษาไพทอนเป็น Open Source เหมือนกับภาษา PHP การเขียนโปรแกรมไพทอนจะใช้เครื่องมือในการพัฒนาเรียกว่า ไอดีอี (Integrated Development Environment: IDE) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือแก้ไขโปรแกรมต้นฉบับ (Source Code Editor) เครื่องมือแก้ไขจุดบกพร่อง (Debugger) และเครื่องมือช่วยให้โปรแกรมทำงาน (Run) โดยทั่วไปไพทอนไอดีอีจะทำงานตามคำสั่งได้ใน 2 โหมด คือ

1. โหมดอิมมีเดียท (immediate mode) เป็นโหมดที่ผู้ใช้จะพิมพ์คำสั่งลงไปในส่วนที่เรียกว่าเชลล์ (shell) หรือคอนโซล (console) ทีละคำสั่ง และตัวแปลภาษาจะแปลคำสั่ง หากไม่มีข้อผิดพลาดจะทำงานตามคำสั่งดังกล่าว
2. โหมดสคริปต์ (script mode) ในโหมดนี้ผู้เขียนโปรแกรมต้องพิมพ์คำสั่งหลายคำสั่งประกอบกันแล้วบันทึกเป็นไฟล์เพื่อจะสั่งให้ตัวแปลภาษาทำงานตามคำสั่งตั้งแต่คำสั่งแรก จนถึงคำสั่งสุดท้าย ถ้าหากต้องการตรวจสอบความถูกต้องสามารถใช้โหมดอิมมีเดียทในการทดสอบได้ ตัวอย่างของภาษาไพทอนดังรูปที่ 2.8



```
File Edit Format Run Options Window Help
import cv2
import mysql.connector
import numpy as np
from time import sleep
from constants import *
import time
import datetime
import RPi.GPIO as GPIO
GPIO.setwarnings(False)

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
data=17
#led=4
led1=27 #ตัวงี้
led2=22 #ตัวงี้

GPIO.setup(led1, GPIO.OUT)
GPIO.setup(led2, GPIO.OUT)
GPIO.setup(data, GPIO.OUT)

lower_red = np.array([150, 100, 130]) #170, 100, 150 red
upper_red = np.array([180, 255, 255]) #180, 255, 255

lower_blue = np.array([100, 150, 100]) #110, 150, 0 blue
upper_blue = np.array([120, 255, 255]) #120, 255, 255
```

รูปที่ 2.8 ภาษาไพทอน

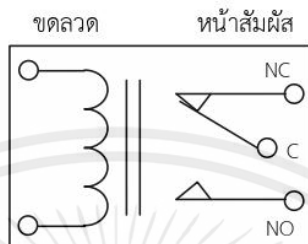
2.9 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ [9] เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อนำพลังงานดังกล่าวมาดึงดูดหน้าสัมผัสคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะเป็นเปิดหน้าสัมผัสและปิดหน้าสัมผัส ซึ่งการทำงานของรีเลย์ จะคล้ายกับการทำงานของสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับวงจรควบคุมต่างๆ ได้มากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 ส่วนประกอบหลักของรีเลย์

1. ส่วนหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เป็นตัว เปิด-ปิด วงจร
2. ส่วนขดลวด (Coil) ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่แกนโลหะ เพื่อให้หน้าสัมผัส (Contact) ติดกัน โดยจะทำงานเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า (ซึ่งปริมาณของแรงดันดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับ ชนิด และรุ่นของผู้ผลิต) ส่วนประกอบดูได้จากรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของรีเลย์

(ที่มา: <https://www.iamall.co.th/content/4402/>)

2.9.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐานของรีเลย์

1. จุดต่อแบบ NO (Normally Open) หรือ ปกติเปิด หมายความว่า หากไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดเหนี่ยวนำ หน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปจะนำไปใช้งานกับวงจรที่ต้องการควบคุมการทำงานเปิด-ปิดเอง
2. จุดต่อแบบ NC (Normally Close) หรือ ปกติปิด หมายความว่า หากยังไม่มีกระแสจ่ายไฟให้กับขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสของรีเลย์จะติดกัน โดยทั่วไปจะใช้งานกับวงจรที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2.9.3 ประเภทของรีเลย์

1. รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือคอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic Contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง จะมีขนาดที่ใหญ่กว่ารีเลย์แบบธรรมดาทั่วไป
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) หรือรีเลย์ที่เราใช้งานกันทั่วไป ใช้งานกับระบบที่ใช้กำลังไฟฟ้าไม่สูงมาก

2.9.4 รีเลย์สามารถแบ่งออกตามลักษณะของคอยล์

1. รีเลย์กระแส (Current Relay) เป็นรีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสไฟฟ้ามี่ 2 ลักษณะ รีเลย์กระแสขาด (Under Current) กับรีเลย์กระแสเกิน (Over Current)
2. รีเลย์เสริม (Auxiliary Relay) เป็นรีเลย์ที่ใช้เสริมประสิทธิภาพรีเลย์ชนิดอื่น ๆ
3. รีเลย์กำลัง (Power Relay) เป็นรีเลย์ที่ใช้กับงานที่มีกำลังไฟมาก โดยจะรวมคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รีเลย์เวลา (Time Relay) เป็นรีเลย์ที่ทำงานร่วมกันกับเวลา
5. รีเลย์กระแสต่าง (Differential Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส
6. รีเลย์มีทิศทาง (Directional Relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีทั้งแบบรีเลย์กำลังมีทิศทาง (Directional power Relay) และรีเลย์กระแสมีทิศทาง (Directional current Relay)
7. รีเลย์ระยะทาง (Distance Relay) หรือองค์ประกอบป้องกันระยะทาง คือ ระยะห่างระหว่างความต้านทานของจุดที่เกิดข้อผิดพลาดและตำแหน่งที่ตั้งรีเลย์
8. รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้
9. รีเลย์ความถี่ (Frequency Relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้
10. บุคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz 's Relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิดฟอลต์ (Fault) ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัสให้รีเลย์ทำงาน

2.9.5 คุณสมบัติที่ดีของรีเลย์

1. ต้องมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสูง (Sensitivity) คือมีความสามารถในการตรวจพบสิ่งผิดปกติเพียงเล็กน้อยได้
2. มีความเร็วในการทำงาน (Speed) คือต้องสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดปัญหาขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์และไม่กระทบกระเทือนต่อระบบ โดยทั่วไปแล้วเวลา ที่ใช้ในการตัดวงจรจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบด้วย
 - ระบบขนาด 6 - 10KV จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5 - 3.0 วินาที
 - ระบบขนาด 100 - 220KV จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15 - 0.3 วินาที

2.10 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) [10] หมายถึงกระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในแบบดิจิทัล โดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (ขนาด รูปร่าง) หลังจากนั้นสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ

เทคนิคที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

1. ปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) เป็นกระบวนการในการแปลงข้อมูลภาพตัวเลข เพื่อที่จะสร้างภาพที่เน้นรายละเอียดที่ต้องการ หรือปรับพิสัยของโทนแสงที่ต้องการของภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลหรือรายละเอียดอื่นๆ ของภาพ

2. การกรองภาพหรือการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (Image Filters) คือ การนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

3. การซ้อนทับภาพ (Image Registration) เป็นวิธีการนำข้อมูลของสองภาพหรือมากกว่ามารวมกันเพื่อให้เกิดภาพใหม่ที่มีข้อมูลภาพสมบูรณ์มากขึ้น โดยภาพใหม่ที่ได้นี้ จะเป็นการรวมตัวกันของข้อมูลหรือรายละเอียดในแต่ละภาพที่นำมาผสมกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดและข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้

4. การคืนสภาพของภาพ (Image Restoration) การทำให้ภาพคืนสู่สภาพเดิมหรือการปรับปรุงภาพให้เหมาะสมกับการมองเห็น

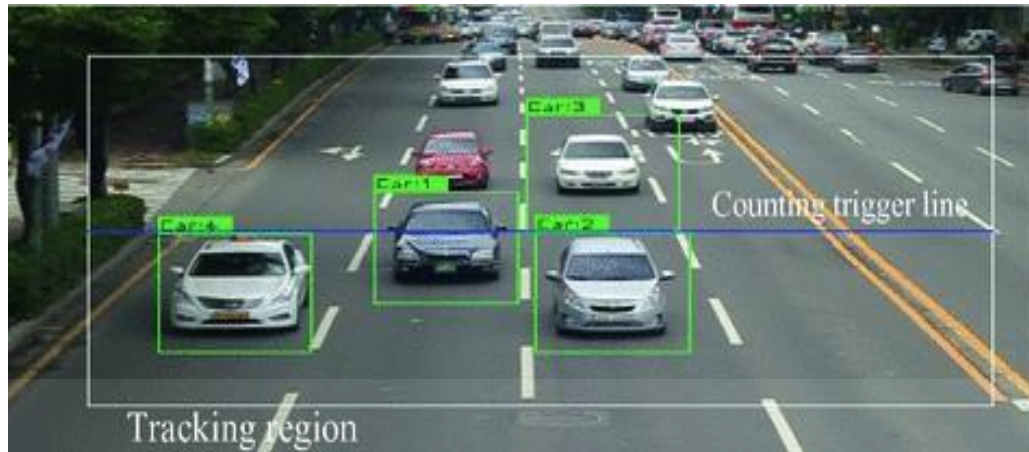
5. การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) เป็นวิธีการแบ่งส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพที่เราสนใจออกมาจากภาพที่เราต้องการ ซึ่งการแบ่งส่วนภาพนี้ โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นขั้นตอนเบื้องต้นและสำคัญอย่างมากของการประมวลผลภาพทางการแพทย์ เนื่องจากภาพทางการแพทย์ที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพแบบต่าง ๆ ปกติมักจะมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับอวัยวะที่ทำถ่ายภาพมา เช่น เนื้อเยื่อ กระดูก อวัยวะข้างเคียง หรือแม้กระทั่งสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ขึ้นในขณะถ่ายภาพ ด้วยเหตุนี้ การวิเคราะห์เฉพาะอวัยวะที่ต้องการ

6. การหาขอบภาพในวัตถุ (Image Segmentation and Edge Detection) การหาขอบภาพเราจะใช้หลักการหาความชันของความเข้มสี (intensity) เนื่องจากที่ขอบรูปจะเป็นบริเวณที่มีความแตกต่างของสีมาก ซึ่งหากเราหาความชันของค่าความเข้มสีจะได้ความชันมาก

7. การบีบอัดภาพ (Image Compression) การบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดข้อมูล (Lossless compression) ค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพจะยังคงอยู่เหมือนเดิมทุกประการหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละจุดภาพ ซึ่งการบีบอัดวิธีนี้จะอาศัยเทคนิคการจัดเก็บข้อมูลเชิงเลขในการลดขนาดของข้อมูล การบีบอัดแบบสูญเสียรายละเอียดข้อมูล (Lossy compression) วิธีการนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของจุดภาพนั้นหมายความว่า วิธีการนี้ไม่เหมาะสมสำหรับข้อมูลภาพที่ต้องการมีการจำแนกข้อมูล (Classification)

8. การสร้างภาพ 3 มิติ การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์โดยใช้ภาพ 3 มิติ กำลังได้รับความต้องการอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากภาพ 3 มิติ สามารถแสดงให้เห็นถึงภาพรวมหรือรายละเอียดในมุมมองต่าง ๆ ของอวัยวะได้ จึงมีประโยชน์อย่างมากใน การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ โดยอวัยวะหรือส่วนของร่างกายที่ได้มีการวิเคราะห์ในรูปแบบ 3 มิติ ตัวอย่างเช่น สมอง หัวใจ กระดูก ฟัน และขากรรไกร เป็นต้น

การประมวลผลภาพสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบได้ หลากหลาย ดังภาพที่ 2.10 เป็นตัวอย่างการประมวลผลเพื่อใช้วิเคราะห์ระบบจราจรบนท้องถนน



รูปที่ 2.10 ระบบดูแลการจราจรบนท้องถนน
(ที่มา: <https://1th.me/Ctdks>)

2.11 ระยะเบรก

ระยะเบรก [11] ระยะที่ใช้ในการเบรกหรือหยุดรถนั้นนอกจากแต่เบรก ต้องคำนึงรวมถึงเวลาในการตัดสินใจ โดยอาจจะใช้เวลาแตกต่างกันตามสภาพความสมบูรณ์ของรถและผู้ขับขี่ ซึ่งระยะเบรกจะเป็นอ้างอิงผลการทดลองงานวิจัย ดังรูปที่ 2.11

2.11.1 ระยะคิด

ระยะนี้เป็นระยะที่สายตาของผู้ขับขี่จะสามารถมองเห็นว่ามีเหตุการณ์อันตรายเกิดขึ้นหรือไม่ หากมีอันตรายเกิดขึ้นสมองจะทำการตัดสินใจเพื่อเบรก ซึ่งกระบวนการคิดและสื่อสารอาจต้องใช้เวลา ในกรณีนี้ผู้ขับขี่แต่ละคนจะใช้ระยะเวลาแตกต่างกันออกไป

2.11.2 ระยะเบรก

ระยะนี้เป็นระยะที่เหยียบเบรกแล้วแต่รถจะไม่หยุดในทันทีเพราะรถจะเคลื่อนที่ต่อไปอีกขึ้นอยู่กับความเร็วที่ขับขี่มาในขณะนั้น

ดังนั้นการที่จะหยุดรถต้องผนวก 2 ขั้นตอนเข้าด้วยกัน ทั้งระยะเวลาในการตัดสินใจจนถึงระยะเบรก ในการทดสอบความเร็วรถที่ความเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมงพบว่าที่ความเร็วรถ 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมงใช้ระยะเบรกเพื่อความปลอดภัยมากกว่า 14.99 เมตร และที่ความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมงใช้ระยะเบรกเพื่อความปลอดภัยมากกว่า 46.98 เมตร

The car speed (km/h)	Age Group	Braking distance (m)	Average Males' Reaction time (s)	Average females' Reaction time (s)	Males' Reaction distance (m)	Females' Reaction distance (m)	Males' Stopping distance (m)	Females' Stopping distance (m)
36	A1	8.49	0.65	0.78	6.5	7.8	14.99	16.29
	A2	8.49	0.79	0.89	7.9	8.9	16.39	17.39
	A3	8.49	0.92	1.03	9.2	10.3	17.69	18.79
	A4	8.49	1.08	1.23	10.8	12.3	19.29	20.79
	A5	8.49	1.25	1.37	12.5	13.7	20.99	22.19
54	A1	19.11	0.65	0.78	9.75	11.7	28.86	30.81
	A2	19.11	0.79	0.89	11.85	13.35	30.96	32.46
	A3	19.11	0.92	1.03	13.8	15.45	32.91	34.56
	A4	19.11	1.08	1.23	16.2	18.45	35.31	37.56
	A5	19.11	1.25	1.37	18.75	20.55	37.86	39.66
72	A1	33.98	0.65	0.78	13	15.6	46.98	49.58
	A2	33.98	0.79	0.89	15.8	17.8	49.78	51.78
	A3	33.98	0.92	1.03	18.4	20.6	52.38	54.58
	A4	33.98	1.08	1.23	21.6	24.6	55.58	58.58
	A5	33.98	1.25	1.37	25	27.4	58.98	61.38
108	A1	76.45	0.65	0.78	19.5	23.4	95.95	99.85
	A2	76.45	0.79	0.89	23.7	26.7	100.15	103.15
	A3	76.45	0.92	1.03	27.6	30.9	104.05	107.35
	A4	76.45	1.08	1.23	32.4	36.9	108.85	113.35
	A5	76.45	1.25	1.37	37.5	41.1	113.95	117.55
144	A1	135.92	0.65	0.78	26	31.2	161.92	167.12
	A2	135.92	0.79	0.89	31.6	35.6	167.52	171.52
	A3	135.92	0.92	1.03	36.8	41.2	172.72	177.12
	A4	135.92	1.08	1.23	43.2	49.2	179.12	185.12
	A5	135.92	1.25	1.37	50	54.8	185.92	190.72

รูปที่ 2.11 ค่าเฉลี่ยระยะหยุดรถในช่วงความเร็วต่างๆ
(ที่มา: Paper-1-n-80-Stopping-Distances.pdf)

2.12 รถฉุกเฉิน

ตาม พ.ร.บ.จราจรทางบก พ.ศ. 2522 มาตรา 4 ได้ให้คำนิยามของ “รถฉุกเฉิน” [12] ไว้ว่า รถดับเพลิงและรถพยาบาลของราชการบริหารส่วนกลาง ราชการบริหารส่วนภูมิภาคและราชการบริหารส่วนท้องถิ่น หรือรถอื่นที่ได้รับอนุญาตจากอธิบดีให้ใช้ไฟสัญญาณแสงวับวาบ หรือให้ใช้เสียงสัญญาณไซเรนหรือเสียงสัญญาณอย่างอื่นตามที่กำหนดให้ พ.ร.บ.ดังกล่าว ได้บัญญัติเกี่ยวกับการปฏิบัติของรถฉุกเฉินมาตรา 75 ในขณะที่ผู้ขับขี่ขับรถฉุกเฉินไปปฏิบัติหน้าที่ผู้ขับขี่มีสิทธิ ดังนี้

1. ใช้ไฟสัญญาณแสงวับวาบ ใช้เสียงสัญญาณไซเรน หรือเสียงสัญญาณอย่างอื่นตามที่อธิบดีกำหนดไว้
2. หยุดรถหรือจอดรถ ณ ที่ห้ามจอด
3. ขับรถเกินอัตราความเร็วที่กำหนดไว้
4. ขับรถผ่านสัญญาณจราจรหรือเครื่องหมายจราจรใด ๆ ที่ให้รถหยุด แต่ต้องลดความเร็วของรถให้ช้าลงตามสมควร
5. ไม่ต้องปฏิบัติตามบทแห่งพระราชบัญญัตินี้หรือข้อบังคับการจราจรเกี่ยวกับช่องเดินรถทิศทางของการขับรถหรือการเลี้ยวรถที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 โมดูลไมโครโฟนความไวสูง (High Sensitive Microphone Module)

โมดูลไมโครโฟนความไวสูง [13] หรือเซนเซอร์เสียง ใช้สำหรับตรวจจับเสียงผ่านไมโครโฟน สามารถรับได้ทั้งสัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิทัล เอาต์พุตที่ได้จะมีค่า LOW กับ HIGH หรือ 0 กับ 1 โดยเมื่อมีเสียงดังเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้จะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น 1 และเมื่อต่ำกว่าค่าที่กำหนดจะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น 0 ระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเสียงโดยทั่วไปแล้วจะเป็นสัญญาณกระแอสลับ ค่าเอาต์พุตที่ได้จะเป็นสัญญาณพัลส์ที่แต่ละลูกคลื่นมีคาบเวลาที่ไม่เท่ากัน การทดสอบสัญญาณเสียงในระยะใกล้และไกลขึ้นอยู่กับปรับความไวของไมค์ที่ตัวด้านทานปรับค่าได้ บริเวณบนบอร์ด



รูปที่ 2.12 โมดูลไมโครโฟนความไวสูง

2.14 รีโมทมายเอสคิวแอล (RemoteMySQL)

รีโมทมายเอสคิวแอล [14] คือ ฟรีเว็บไซต์สำหรับเข้าใช้งานฐานข้อมูล SQL มีโครงสร้างและเครื่องมือพื้นฐานที่ออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน โดยจะสามารถดูโครงสร้างของฐานข้อมูล เรียกดูตาราง ค้นหา SQL และการช่วยเหลืออื่น ๆ อีกมากมายที่ทางเว็บไซต์มีให้ และยังสามารถเลือกใช้ภาษาการเรียกใช้งานได้อย่างหลากหลาย

2.15 ภาษาพีเอชพี (PHP)

ภาษาพีเอชพี [15] คือภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์ (Server-side scripting) โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส (Open source) ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์และแสดงผลออกมาในรูปแบบเอชทีเอ็มแอลโดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษาซี (C) ภาษาจาวา (Java) และภาษาเพิร์ล (Perl) ภาษาพีเอชพีง่ายต่อการเรียนรู้ซึ่งเป้าหมายหลักของภาษานี้คือสามารถเขียนเว็บเพจได้อย่างรวดเร็ว

2.15.1 การรองรับพีเอชพี

การรองรับพีเอชพี คือ คำสั่งของพีเอชพีสามารถสร้างผ่านทางโปรแกรมแก้ไขข้อความทั่วไป เช่น โน้ตแพด (notepad) ซึ่งทำให้การทำงานพีเอชพีสามารถทำงานได้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการหลักเกือบทั้งหมดโดยเมื่อเขียนคำสั่งแล้วนำมาประมวลผล Apache, Microsoft Internet Information Services (IIS), Personal Web Server, Netscape และ iPlanet servers, O'Reilly Website Pro server, Caudium, Xitami, OmniHTTPd, และอื่น ๆ อีกมากมายสำหรับ ส่วนหลักของพีเอชพียังมีโมดูลในการรองรับ CGI มาตรฐาน ซึ่งพีเอชพีสามารถทำงานเป็นตัวประมวลผล CGI ด้วยและมีอิสรภาพในการเลือกระบบปฏิบัติการและเว็บเซิร์ฟเวอร์นอกจากนี้ยังสามารถใช้สร้างโครงสร้างโปรแกรมเชิงวัตถุ (OOP) หรือสร้างโปรแกรมที่รวมทั้งสองอย่างเข้าด้วยกัน

พีเอชพีสามารถทำงานร่วมกับฐานข้อมูลได้หลายชนิดซึ่งฐานข้อมูลส่วนหนึ่งที่รองรับได้แก่ออราเคิล dBase PostgreSQL IBM DB2 MySQL Informix ODBC โครงสร้างของฐานข้อมูลแบบ DBX ซึ่งทำให้พีเอชพีใช้กับฐานข้อมูลที่รองรับรูปแบบนี้และพีเอชพีสามารถรองรับ ODBC (Open Database Connection) ซึ่งเป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่ใช้กันแพร่หลาย สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่รองรับมาตรฐานโลกได้

พีเอชพีสามารถรองรับการสื่อสารกับการบริการในโพรโทคอลต่าง ๆ เช่น LDAP, IMAP, SNMP, NNTP, POP3, HTTP และ COM บนวินโดวส์และอื่น ๆ อีกมากมายสามารถเปิด Socket

บนเครือข่ายโดยตรงและตอบโต้โดยใช้โพรโทคอลใด ๆ ได้พีเอชพีมีการรองรับสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบ WDDX Complex กับ Web Programming

2.15.2 โครงสร้างของภาษาพีเอชพี

โครงสร้างของภาษาพีเอชพี เป็นภาษาที่นิยมใช้งานบนระบบเครือข่ายคือภาษาเอชทีเอ็มแอล (Hypertext Markup Language) แต่ภาษาเอชทีเอ็มแอลมีลักษณะเป็น Static คือภาษาที่มีลักษณะของข้อมูลคงที่ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ในปัจจุบันที่นิยมใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นศูนย์กลางในการติดต่อระหว่างกันทำให้ต้องการใช้เว็บไซต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ Dynamic คือเว็บไซต์ที่ข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ผู้เขียนเว็บไซต์เป็นผู้กำหนดและการควบคุมการทำงานเหล่านี้โดยใช้โปรแกรมภาษาสคริปต์เช่น ภาษาพีเอชพีซึ่งเป็นภาษาหนึ่งที่มีความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

ภาษาพีเอชพี ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ.1994 โดย Rasmus Lerdorf ต่อมาเมื่อผู้ให้ความ สนใจเป็นจำนวนมากจึงได้ออกเป็นแพ็คเกจ Personal Home Page ซึ่งเป็นที่มาของพีเอชพีโดย ภาษาพีเอชพีเป็นแบบ Server Side Script และเป็น Open Source กลางปีค.ศ.1995 ได้พัฒนาตัว แปลภาษาพีเอชพีขึ้นมาใหม่โดยใช้ชื่อว่า PHP/FI เวอร์ชัน 2 ซึ่งได้เพิ่มความสามารถในการรับข้อมูลที่ ส่งมาจากฟอร์มของเอชทีเอ็มแอลจึงมีชื่อว่า FI หรือ Form Interpreter นอกจากนี้ยังเพิ่ม ความสามารถในการติดต่อกับฐานข้อมูลด้วย

ในปี 1997 มีผู้ร่วมพัฒนาพีเอชพีเพิ่มอีก 2 คน คือ Zeev Suraski และ Andi Gutmans กลุ่มที่เรียกตัวเองว่า Zend ซึ่งย่อมาจาก Zeev และ Andi โดยได้แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และเพิ่มเติมเครื่องมือให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาพีเอชพี มีลักษณะเป็น embedded script หมายความว่าสามารถฝังคำสั่งพีเอชพี ไว้ในเว็บเพจร่วมกับคำสั่งแท็กของพีเอชพีได้และสร้างไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .php, .php3 หรือ .php4 ซึ่งไวยากรณ์ที่ใช้ในพีเอชพีเป็นการนำรูปแบบของภาษาต่าง ๆ มารวมกัน ได้แก่ ภาษาซี, ภาษาเพิร์ล และ ภาษาจาวาทำให้ง่ายต่อการใช้งาน

2.16 ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML)

ภาษาเอชทีเอ็มแอล [16] ย่อมาจากคำว่า (Hypertext Markup Language) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการเขียนเว็บเพจเรียกดูผ่านเว็บเบราว์เซอร์เริ่มพัฒนาโดย ทิม เบอร์เนอรส์ลี (Tim Berners Lee) ในปีค.ศ.1990 ภาษาเอชทีเอ็มแอลเป็นมาตรฐานที่จัดการโดย World Wide Web Consortium ซึ่งภาษาเอชทีเอ็มแอลสามารถแสดงผลได้ในรูปแบบต่าง ๆ ทั้ง ภาพกราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง หรือการเชื่อมโยงไปยังเว็บเพจอื่น ๆ ภาษาเอชทีเอ็มแอล เป็นภาษาที่มีลักษณะของโค้ด กล่าวคือจะเป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษรในมาตรฐานของรหัสแอสกี (ASCII Code) โดยเขียนอยู่ในรูปแบบของเอกสารข้อความจึงสามารถกำหนดรูปแบบและโครงสร้างได้

2.16.1 องค์ประกอบของภาษาเอชทีเอ็มแอล

ภาษาเอชทีเอ็มแอลมีองค์ประกอบหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน คือ

1. ข้อความที่ต้องการให้แสดงบนจอภาพ
2. ข้อความที่เป็นคำสั่ง โดยคำสั่งนี้จะเรียกว่าแท็ก (Tag)

2.16.2 ความแตกต่างระหว่างภาษาพีเอชพีกับภาษาเอชทีเอ็มแอล

ภาษาพีเอชพี คือส่วนที่ใช้ในการคำนวณ ประมวลผล เก็บค่า และทำตามคำสั่งต่าง ๆ ส่วนภาษาเอชทีเอ็มแอลคือภาษาที่ใช้ในการจัดรูปแบบของเว็บไซต์หรือการเติมสีสันตักแต่งเว็บไซต์

2.16.3 โครงสร้างของภาษาเอชทีเอ็มแอล

โครงสร้างของภาษาเอชทีเอ็มแอลประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นส่วนหัวจะเรียกว่า (head) และส่วนเนื้อหาจะเรียกว่า (body) โดยมีรูปแบบการเขียนภาษาเอชทีเอ็มแอล ดังนี้

```
<html> //แท็ก html เปิด
<head> //แท็ก head เปิด
<title>ข้อความที่ต้องการให้แสดงบนไตเติลบาร์</title>
</head> //แท็ก head ปิด
<body> //แท็ก body เปิด
คำสั่งและข้อความให้แสดงบนเบราว์เซอร์
</body> //แท็ก body ปิด
</html> //แท็ก html ปิด
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

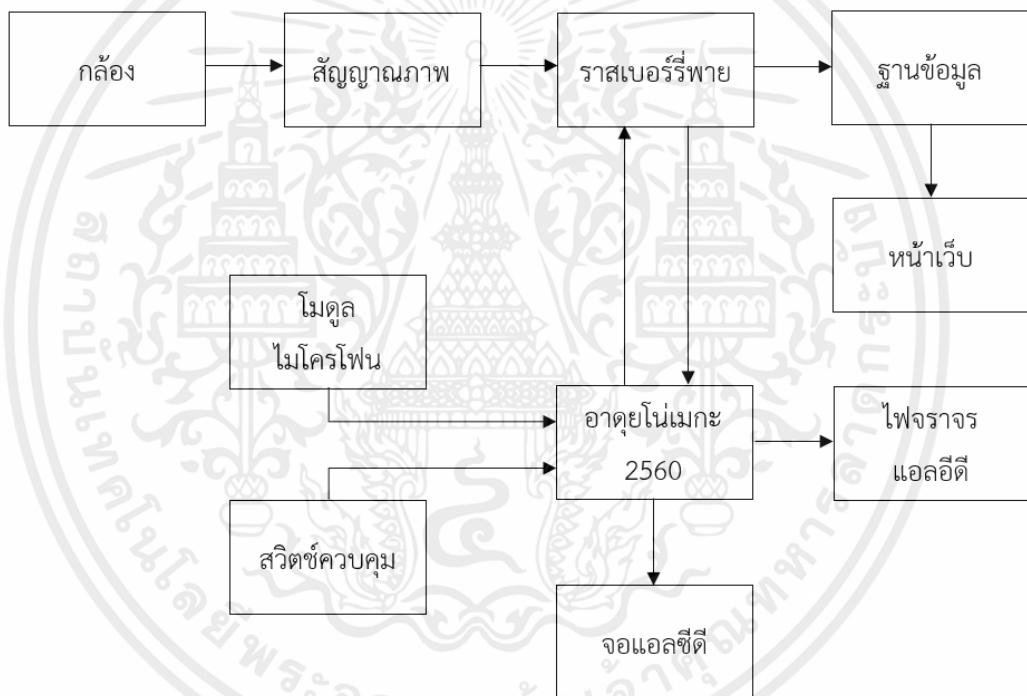
บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โพรซาร์ทการทำงานของระบบ การออกแบบวงจร การคำนวณส่วนของการประมวลผล การออกแบบฐานข้อมูล และการออกแบบโครงสร้างของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

จากรูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ การทำงานแบ่งออกเป็น 6 ส่วนการทำงาน คือ

1. อินพุตสวิตช์ เป็นสวิตช์ที่ต่อเพื่อตั้งเวลาของไฟจราจร
2. ราสเบอร์รี่พาย ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณภาพจากการผ่าไฟแดงและถ่ายภาพป้ายทะเบียนรถ
3. อาตุยโน เมกะ 2560 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

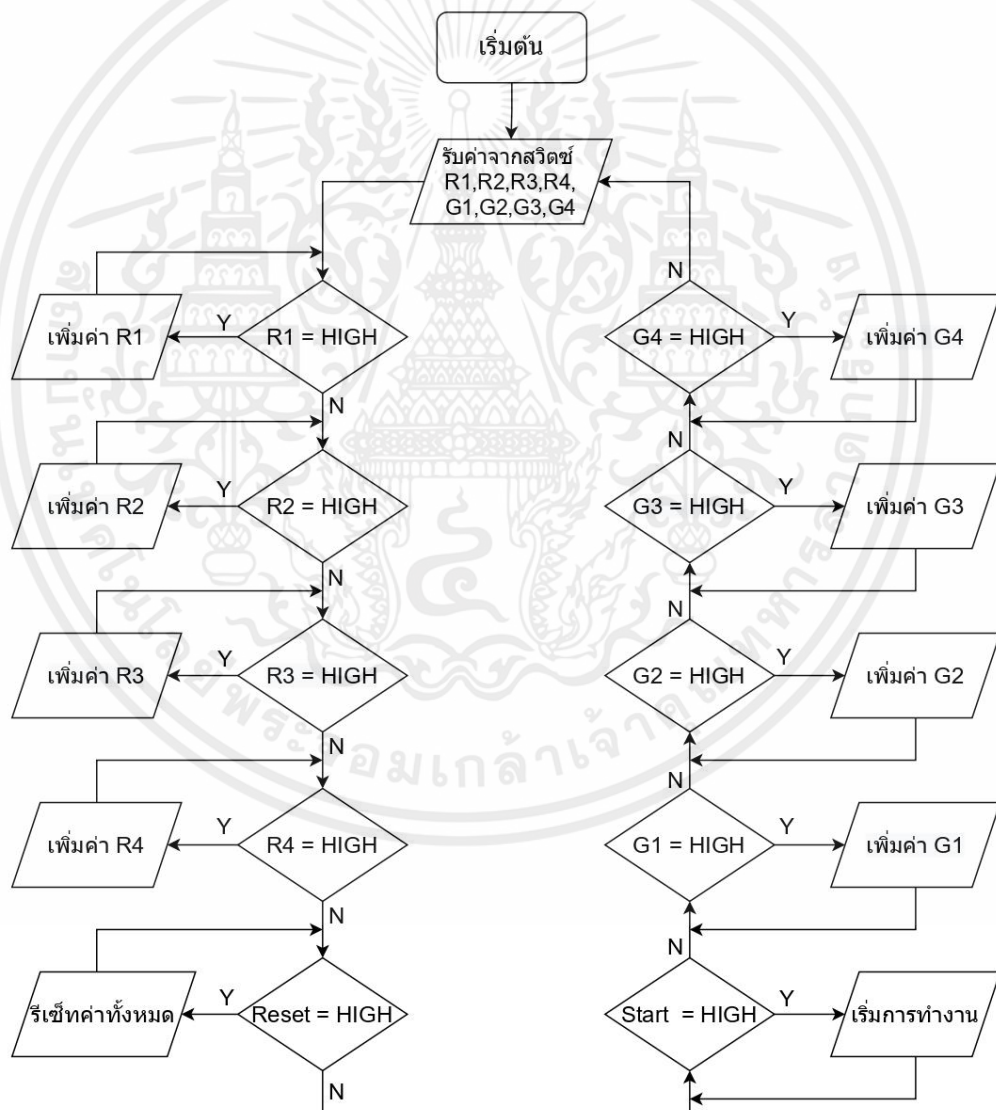
4. จอแอลซีดี ทำหน้าที่แสดงค่าเวลาของไฟจราจร
5. ไฟจราจร ทำหน้าที่แสดงสัญญาณไฟแดง ไฟเหลือง ไฟเขียว
6. จอคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ แสดงภาพจากการประมวลผลของภาพราสเบอร์รี่พาย

3.2 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

การทำงานของระบบไฟจราจรอัจฉริยะประกอบด้วย โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตั้งเวลาไฟจราจร และโฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพ

3.2.1 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตั้งเวลาไฟจราจร

โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตั้งเวลาไฟจราจร ดังรูปที่ 3.2



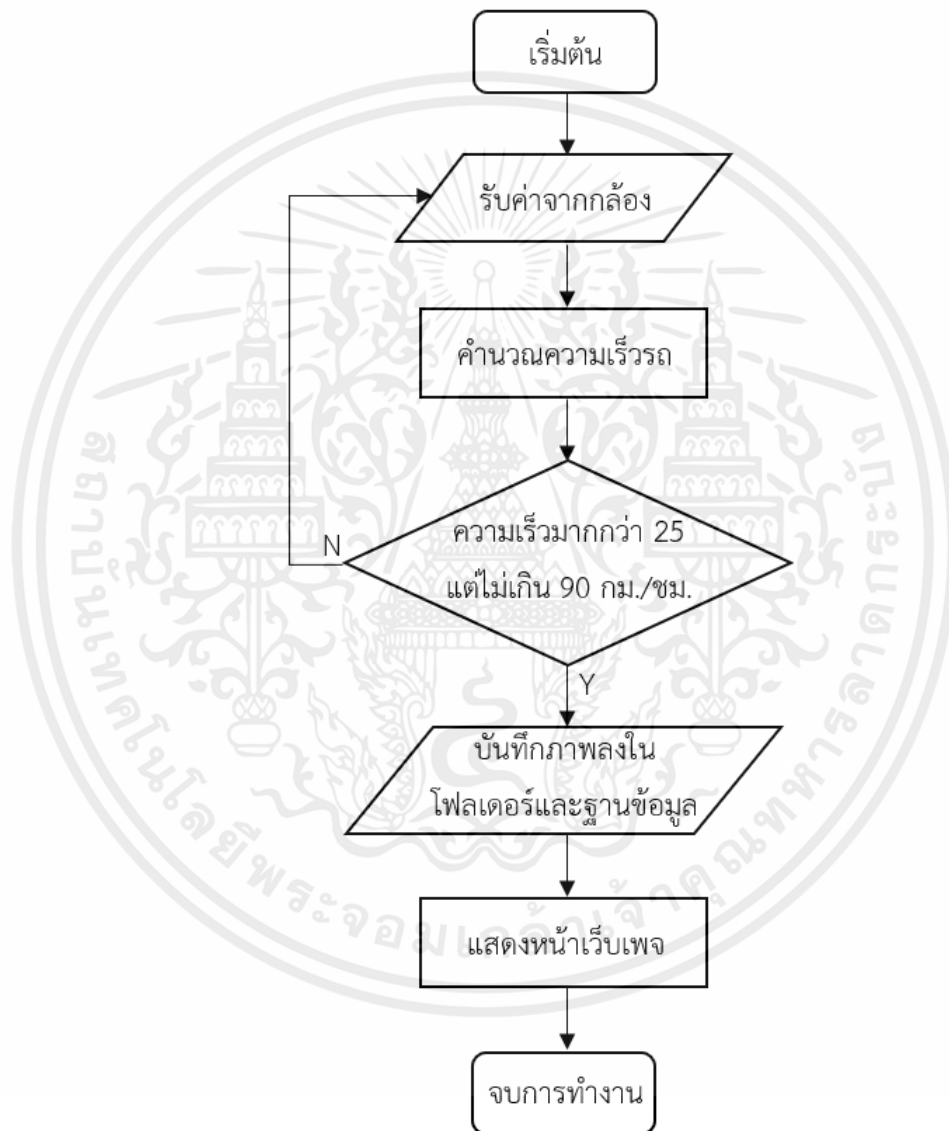
รูปที่ 3.2 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตั้งเวลาไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 โพล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมตั้งเวลาไฟจราจร กำหนดให้สวิทช์ R1, R2, R3 และ R4 เป็นสวิทช์ในการเพิ่มค่าเวลาของไฟจราจรสี่เหลืองทั้ง 4 เสา สวิทช์ G1, G2, G3 และ G4 เป็นสวิทช์ในการเพิ่มค่าเวลาของไฟจราจรสีเขียวทั้ง 4 เสา สวิทช์ Reset เป็นสวิทช์ที่ใช้รีเซ็ตค่าทั้งหมดที่ถูกตั้งไว้ สวิทช์ Start เป็นสวิทช์ที่ใช้สำหรับเริ่มการทำงานของไฟจราจร

3.2.2 โพล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพ

โพล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โพล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพ

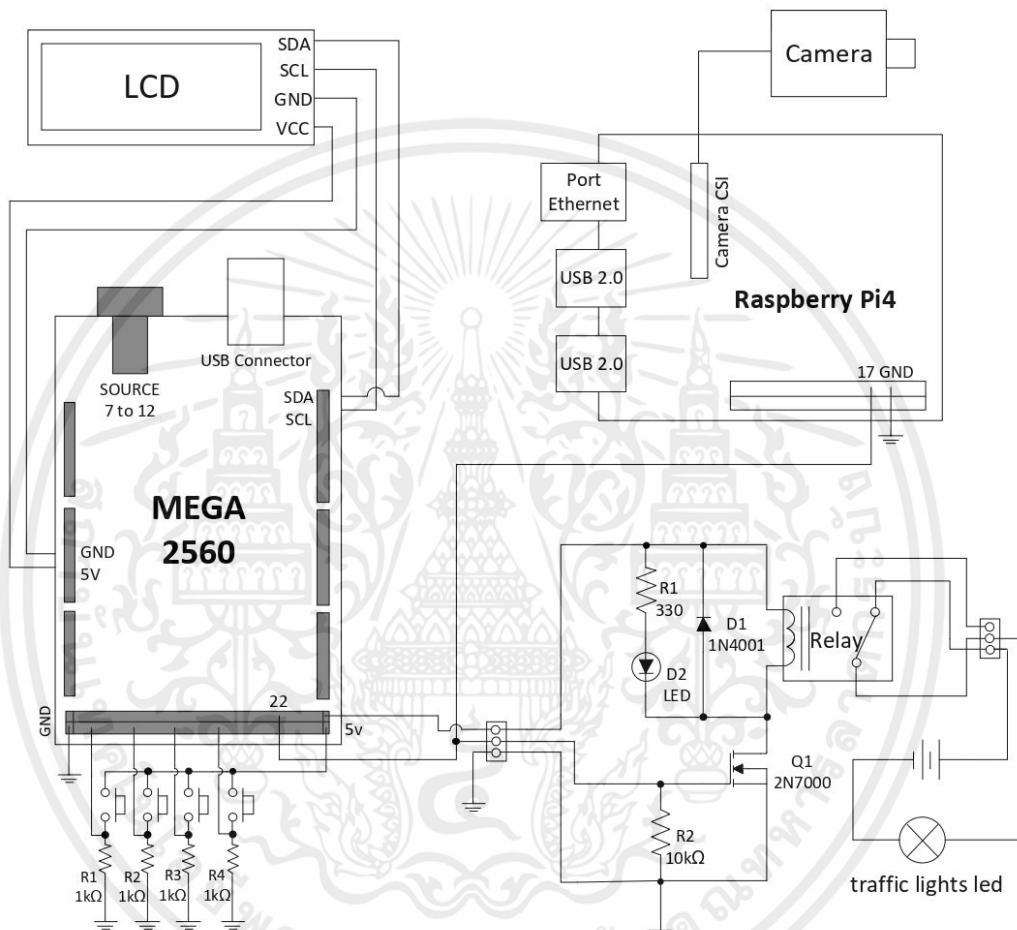
จากรูปที่ 3.3 อธิบายโพล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมประมวลผลภาพได้คือ เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานจะรับค่าจากกล้อง จากนั้นคำนวณความเร็วรถ ถ้าความเร็วเกินที่กำหนดไว้จะทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกภาพจัดเก็บไว้ในโฟลเดอร์และบันทึกลงฐานข้อมูลเพื่อแสดงที่หน้าเว็บเพจ แล้วจบการทำงาน ถ้าความเร็วรถไม่เกินที่กำหนดไว้ ให้กลับไปรับค่าจากกล้อง

3.3 การออกแบบวงจร

3.3.1 วงจรรวมของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ



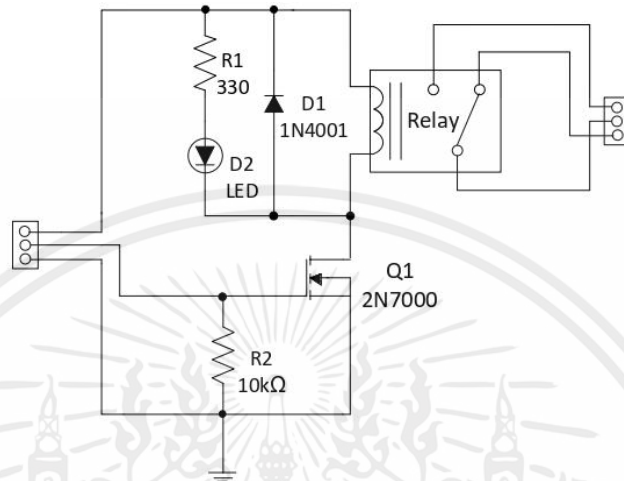
รูปที่ 3.4 วงจรรวมของระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

จากรูปที่ 3.4 เมื่อทำการจ่ายไฟให้วงจรรวม ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 ทำหน้าที่ประมวลผลและส่งข้อมูลการกดปุ่ม Button ไปแสดงที่จอแอลซีดี เมื่อมีสัญญาณเอาต์พุตจากอาดูยโน เมกะ 2560 มาที่ขาเกต (G) ของมอสเฟต ซึ่งจะทำให้มอสเฟตทำงานเกิดกระแสไหลผ่านขดลวด พร้อมกับหน้าสัมผัสสรีเลย์จะเปลี่ยนจาก NC มาที่ NO ส่งผลให้ไฟจราจรทำงาน โดยจะตั้งเวลาแสดงผลของไฟจราจรแต่ละดวงให้เริ่มทำงานหรือหยุดทำงาน ในส่วนของรอสเบอร์รี่พายทำหน้าที่รับข้อมูลไฟแดงจากไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูยโน เมกะ 2560 ส่งไปยังพอร์ตจีพีไอโอของรอสเบอร์รี่พายเพื่อประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรเปลี่ยนระดับแรงดันลอจิกโดยใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์ควบคุม

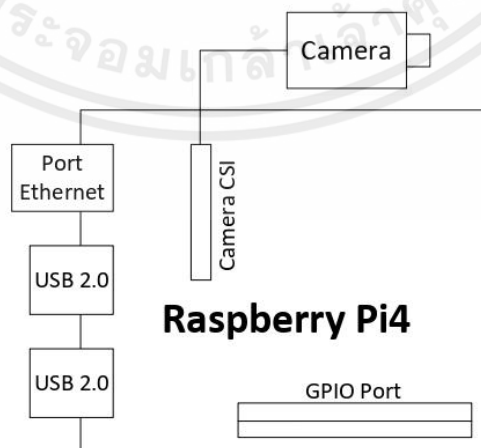
เป็นวงจรที่ใช้มอสเฟตเป็นสวิตช์และใช้รีเลย์ควบคุมไฟจราจร เมื่อมีสัญญาณเอาต์พุตจากอาดูยโน้ เมกะ 2560 มาที่ขาเกต (G) ของมอสเฟต ซึ่งจะทำให้มอสเฟตทำงาน เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด พร้อมกับหน้าสัมผัสรีเลย์จะเปลี่ยนจาก NC มาที่ NO ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรเปลี่ยนระดับแรงดันลอจิกโดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ควบคุม

3.3.3 วงจรส่วนประมวลผลผลรหัสเบอร์รี่พาย

เป็นวงจรส่วนประมวลผลระหว่างกล้องและรหัสเบอร์รี่พายโดยการจับภาพคำนวณความเร็วรถโดยสัญญาณภาพจากกล้องจะส่งมาประมวลผลที่รหัสเบอร์รี่พาย เมื่อรถมีความเร็วเกินขณะไฟเหลืองจะส่งเอาต์พุตออกที่พอร์ตจีพีไอโอของรหัสเบอร์รี่พาย เพื่อควบคุมอินพุตของรหัสเบอร์รี่พายให้แสดงไฟแดงตามที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ ดังรูปที่ 3.6

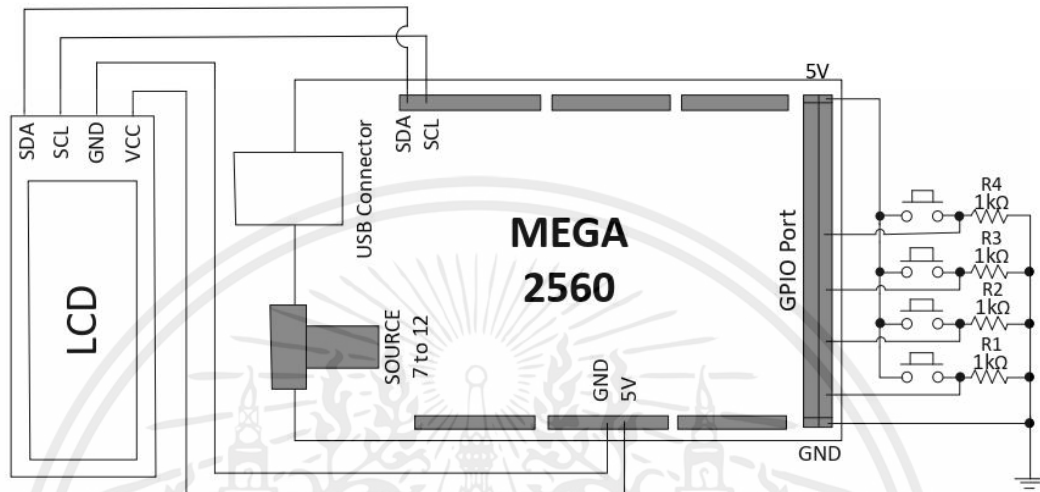


รูปที่ 3.6 วงจรส่วนประมวลผลระหว่างกล้องและรหัสเบอร์รี่พาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

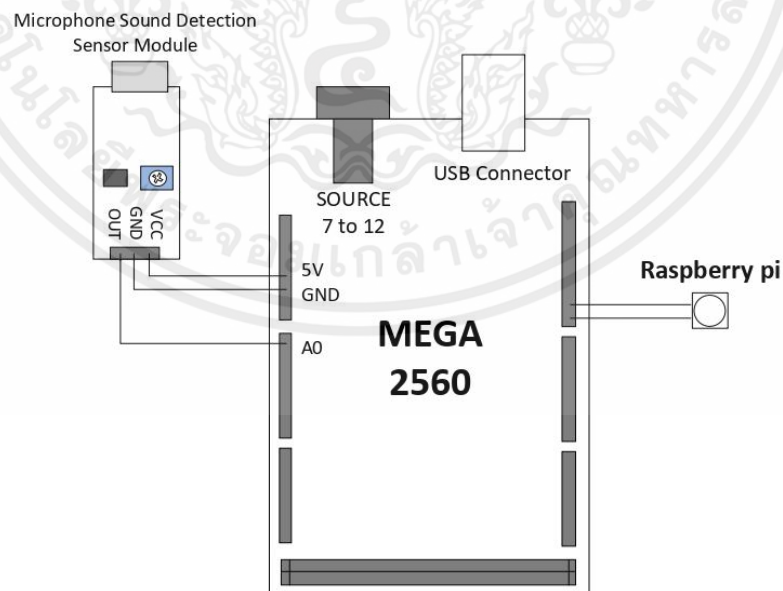
3.3.4 วงจรส่วนแสดงผลผ่านแอลซีดี

ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณอินพุตจากการกดสวิตช์ ซึ่งจะทำให้รู้ว่าได้ตั้งเวลาของไฟแต่ละดวงกี่วินาที โดยจะมีหน้าจอแอลซีดีแสดงผลของการตั้งเวลา ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรส่วนแสดงผลผ่านทางแอลซีดี

3.3.5 วงจรรวมระบบตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน



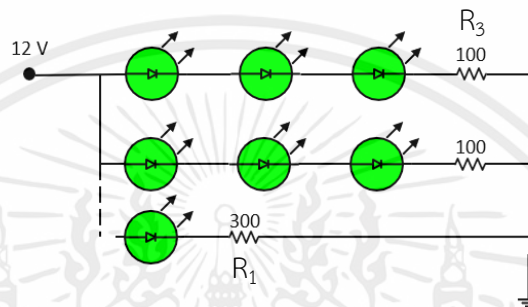
รูปที่ 3.8 วงจรรวมระบบตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณอนาล็อกจากโมดูลไมโครโฟน โดยค่าสัญญาณที่ได้จะนำมาเปลี่ยนเป็นคลื่นความถี่เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความถี่เสียงของรถฉุกเฉิน จากนั้นจะส่งสัญญาณอินพุตไปยังบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ทำการประมวลผลภาพ ตรวจจับแสงไฟของรถฉุกเฉิน แล้วส่งสัญญาณอินพุตกลับมายัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูยโนเมกะ 2560 เพื่อควบคุมสัญญาณไฟจราจรในการอำนวยความสะดวกให้รถฉุกเฉินผ่านไป

3.3.5 การต่อไดโอดเปล่งแสง

1. ไฟจราจรสีเขียว



รูปที่ 3.9 การต่อวงจรไฟเขียว

จากรูปที่ 3.9 เป็นการต่อไดโอดเปล่งแสงสีเขียว โดยอนุกรมกัน 3 ตัวและตัวต้านทาน 1 ตัว จากนั้นนำชุดที่อนุกรมต่อกันแบบขนานซึ่งแอมป์ของไดโอดเปล่งแสงตัวแรกต่อกับ VCC 12 โวลต์ และขาของตัวต้านทานต่อลงกราวด์ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวคือ 3 โวลต์ กระแสสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงคือ 30 มิลลิแอมป์ สมการแรงดันตกคร่อมในวงจรรูปที่ 3.9 แสดงดังสมการที่ 3.1

แรงดัน 3 โวลต์ กระแส 30 มิลลิแอมป์

$$V_R = V_{CC} - V_{LED} \quad (3.1)$$

$$V_R = 12 - 3(3) = 3V$$

หาค่าตัวต้านทาน (R) โดยใช้กฎของโอห์ม (Ω) ดังสมการที่ 3.2

$$V = IR \quad (3.2)$$

$$R_3 = 3/30 \times 10^{-3} = 100 \Omega$$

$$R_1 = 9/30 \times 10^{-3} = 300 \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

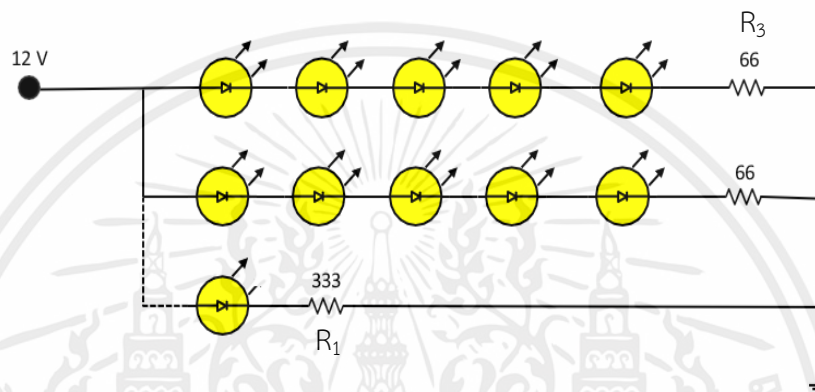
หาค่ากำลังไฟ (P) ดังสมการที่ 3.3

$$P = I^2 R \quad (3.3)$$

$$P_{R3} = (30 \times 10^{-3})^2 \times 100 = 0.09 \text{ W}$$

$$P_{R1} = (30 \times 10^{-3})^2 \times 300 = 0.27 \text{ W}$$

2. ไฟจรรยาจรสีเหลือง



รูปที่ 3.10 การต่อวงจรไฟจรรยาจรสีเหลือง

จากรูปที่ 3.10 เป็นการต่อไดโอดเปล่งแสงสีเหลือง โดยอนุกรมกัน 5 ตัวและตัวต้านทาน 1 ตัว จากนั้นนำขั้วที่อนุกรมต่อกันแบบขนานซึ่งแอโนดของไดโอดเปล่งแสงตัวแรกต่อกับ VCC 12 โวลต์ และขาของตัวต้านทานต่อลงกราวด์ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวคือ 2 โวลต์ กระแสสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงคือ 30 มิลลิแอมป์

แรงดัน 2 โวลต์ กระแส 30 มิลลิแอมป์ จากสมการที่ 3.1

$$V_R = 12 - 5(2) = 2 \text{ V}$$

หาค่าตัวต้านทาน (R) จากสมการที่ 3.2

$$R_3 = 2/30 \times 10^{-3} = 66 \text{ } \Omega$$

$$R_1 = 10/30 \times 10^{-3} = 333 \text{ } \Omega$$

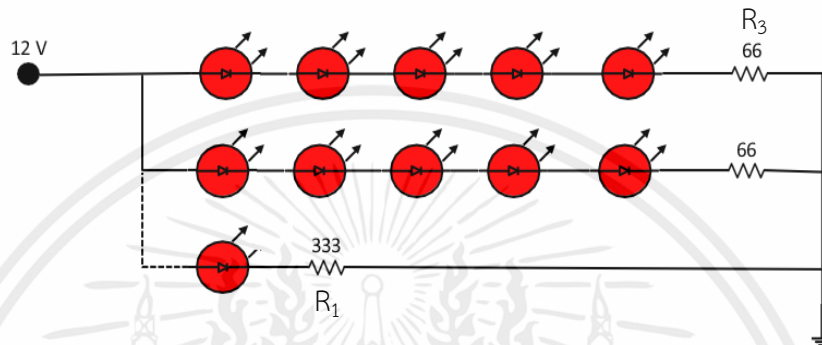
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่ากำลังไฟ (P) จากสมการที่ 3.3

$$P_{R3} = (30 \times 10^{-3})^2 \times 66 = 0.06 \text{ W}$$

$$P_{R1} = (30 \times 10^{-3})^2 \times 333 = 0.30 \text{ W}$$

3. ไฟจราจรสีแดง



รูปที่ 3.11 การต่อวงจรไฟแดง

จากรูปที่ 3.11 เป็นการต่อไดโอดเปล่งแสงสีแดง โดยอนุกรมกัน 5 ตัว และตัวต้านทาน 1 ตัวจากนั้นนำขั้วที่อนุกรมต่อกันแบบขนานซึ่งแอมโพลของไดโอดเปล่งแสงตัวแรกต่อกับ VCC 12 โวลต์ และขาของตัวต้านทานต่อลงกราวด์ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวคือ 2 โวลต์ กระแสสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงคือ 30 มิลลิแอมป์

แรงดัน 2 โวลต์ กระแส 30 มิลลิแอมป์ จากสมการที่ 3.1

$$V_R = 12 - 5(2) = 2 \text{ V}$$

หาค่าตัวต้านทาน (R) จากสมการที่ 3.2

$$R_3 = 2 / (30 \times 10^{-3}) = 66 \text{ } \Omega$$

$$R_1 = 10 / (30 \times 10^{-3}) = 333 \text{ } \Omega$$

หาค่ากำลังไฟ (P) จากสมการที่ 3.3

$$P_{R3} = (30 \times 10^{-3})^2 \times 66 = 0.06 \text{ W}$$

$$P_{R1} = (30 \times 10^{-3})^2 \times 333 = 0.30 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การคำนวณส่วนของการประมวลผลภาพ

3.4.1 การคำนวณเวลาประมวลผลภาพ

เวลาประมวลผลเป็นเวลาที่ราสเบอร์รี่พายใช้ในการประมวลผล โดยเริ่มตั้งแต่กล้องจับภาพพร้อมแล้วมาคำนวณความเร็วที่ราสเบอร์รี่พาย สิ้นสุดที่ราสเบอร์รี่พายส่งสัญญาณเอาต์พุตออกที่พอร์ตจีพีไอโอ โดยคำนวณจากเวลาขณะจับภาพถึงเวลาขณะที่ส่งสัญญาณออกที่พอร์ตจีพีไอโอจะได้เวลาประมวลผลดังสมการที่ 3.4

$$\text{ความเร็วประมวลผล} = t_{\text{OUTPUT}} - t_{\text{จับภาพ}} \quad (3.4)$$

t_{OUTPUT} = เวลาที่ราสเบอร์รี่พายทำการประมวลผลแล้วส่งสัญญาณออกทางพอร์ตจีพีไอโอ

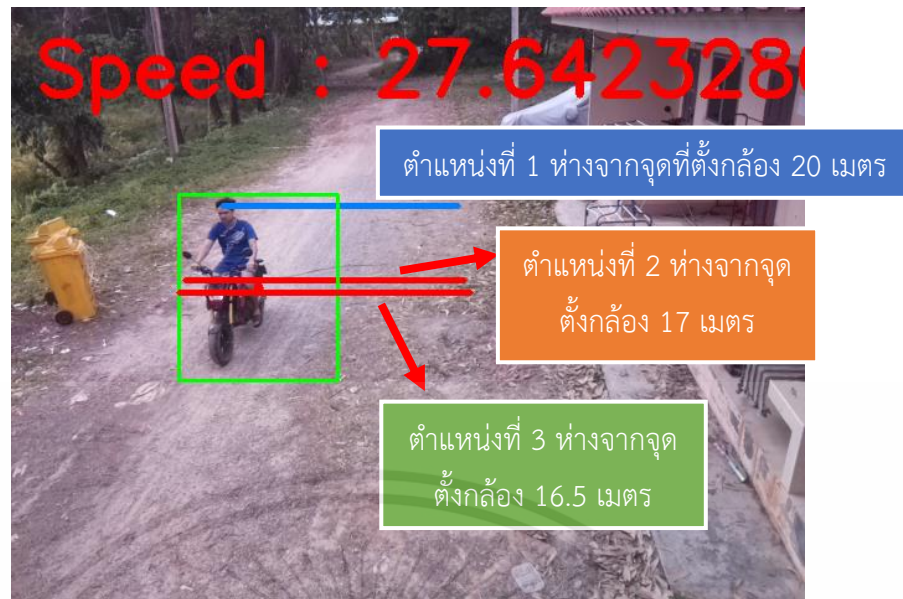
$t_{\text{จับภาพ}}$ = เวลาขณะที่กล้องจับภาพพร้อมเพื่อส่งไปคำนวณความเร็ว

3.4.2 การคำนวณความเร็วรถ

ความเร็วรถเป็นความเร็วที่คำนวณได้จากภาพที่ได้จากการจับความเร็วด้วยกล้องแล้วประมวลผลความเร็วของราสเบอร์รี่พาย โดยกล้องจับภาพรถตำแหน่งที่ 1 บันทึกเวลาที่ t_1 และจับภาพรถที่ตำแหน่งที่ 2 บันทึกเวลาที่ t_2 ซึ่ง t_1 และ t_2 มีหน่วยเป็นวินาทีโดยต้องกำหนดระยะทางระหว่างตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 แล้วนำระยะทางมาหารด้วยเวลา

$$\text{ความเร็วรถ} = \frac{\text{ระยะทาง (เมตร)} \times 1000}{(t_2 - t_1) \times 3600} \quad (3.5)$$

ในการหาระยะทางนั้นเป็นระยะห่างระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2 วัดได้จากพื้นที่จริงเมื่อเทียบกับกล้องดังภาพที่ 3.11 ตำแหน่งที่ 1 ห่างจากจุดที่ตั้งกล้อง 20 เมตร ตำแหน่งที่ 2 ห่างจากจุดที่ตั้งกล้อง 17 เมตร ดังนั้นระยะทางจะมีค่าเท่ากับ 3.1 เมตร ซึ่งจะนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการที่ 3.5 เพื่อหาความเร็วรถต่อไป



รูปที่ 3.12 การคำนวณความเร็วของกล้อง

3.5 การออกแบบฐานข้อมูล

เป็นการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับค่าวันที่ เวลา รูปภาพความเร็วรถ รูปภาพป้ายทะเบียน ที่ถูกส่งมาเพื่อบันทึกลงฐานข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นสร้างฐานข้อมูลโดยไปที่เว็บ remotemysql
2. เลื่อนลงมาด้านล่างจากนั้นกด Free MYSQL Hosting และทำการ Create Account ดัง

รูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 หน้าต่างการสร้าง Account

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ Login โดยใช้ Email และ Password ที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 3.14

The screenshot shows a login interface with three tabs: 'Login', 'Create Account', and 'Forgot Password?'. The 'Login' tab is active. Below the tabs are two input fields: 'Email' containing '62201199@kmitl.ac.th' and 'Password' containing a masked password '.....'. A green 'Login' button is positioned below the password field.

รูปที่ 3.14 หน้าต่าง Login

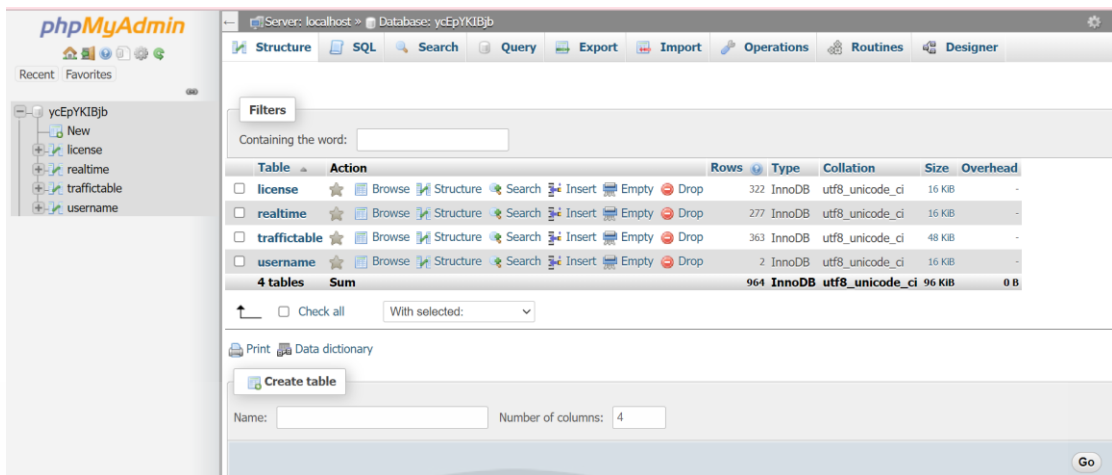
4. ทำการเลือก DATABASES จะมีชื่อฐานข้อมูลขึ้นมา ให้ทำการคลิกที่ ACTION จากนั้นให้เลือก phpMyAdmin ดังรูปที่ 3.15

The screenshot displays a database management interface. On the left is a sidebar with navigation options: DASHBOARD, DATABASES (highlighted with a green box and labeled '1'), STATISTICS, PRIVILEGES, and LEARN MYSQL. The main area shows a table with columns: USERNAME, SIZE, CREATED DATE, and ACTION. The table contains one entry with USERNAME 'ycEpYKIBjb', SIZE '0.09 MB', and CREATED DATE '2022-03-12 08:27:43'. The ACTION column for this entry has a green box labeled '2' and a dropdown menu with 'ACTION' selected. Below the table is a large advertisement for 'MySQL x DbVisualizer' with a 'Download for free' button. On the right side, there is a vertical list of actions: Statistics, Permissions, Reset Password, Delete, and phpMyAdmin (highlighted with a green box and labeled '3').

รูปที่ 3.15 หน้าต่างการใช้งาน DATABASES

5. ทำการ Create table เพื่อสร้างฐานข้อมูลสำหรับการบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



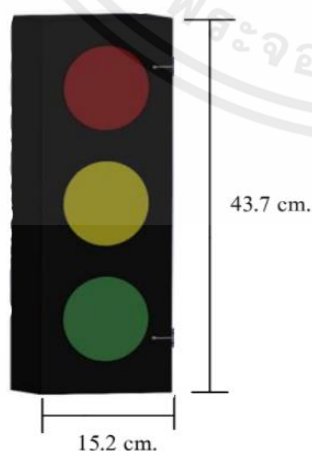
รูปที่ 3.16 หน้าต่างการสร้างฐานข้อมูล

3.6 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างของระบบไฟจราจรอัจฉริยะมีความสำคัญมากเท่ากับการออกแบบวงจรและการออกแบบซอฟต์แวร์เพราะหากออกแบบวงจรและซอฟต์แวร์ให้ดีเพียงใด แต่ถ้าโครงสร้างไม่แข็งแรงจะทำให้การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างจึงมีความสำคัญต่อการทำงานไฟจราจรเป็นอย่างยิ่ง โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) โคมไฟจราจร 2) ชุดควบคุมการทำงานระบบไฟจราจร 3) ไฟจราจร 4) ระบบประมวลผลภาพ

3.6.1 โคมไฟจราจร

ในการออกแบบโคมไฟจราจรขนาดของโคมไฟจราจร ไฟแต่ละดวงมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร กรอบไฟจราจร กว้าง 15.2 เซนติเมตร ยาว 43.7 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.13 และจากการออกแบบโคมไฟจราจรจากรูปที่ 3.17 จะได้งานโคมไฟจราจรดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 โมเดลโคมไฟจราจร

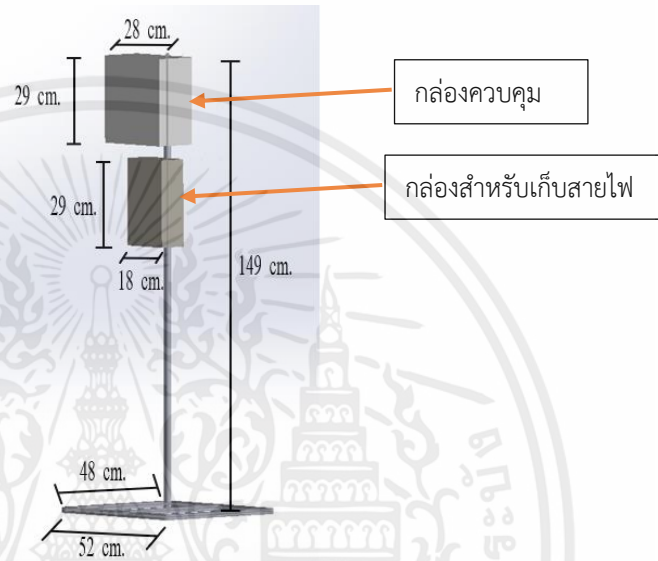


รูปที่ 3.18 โคมไฟจราจร

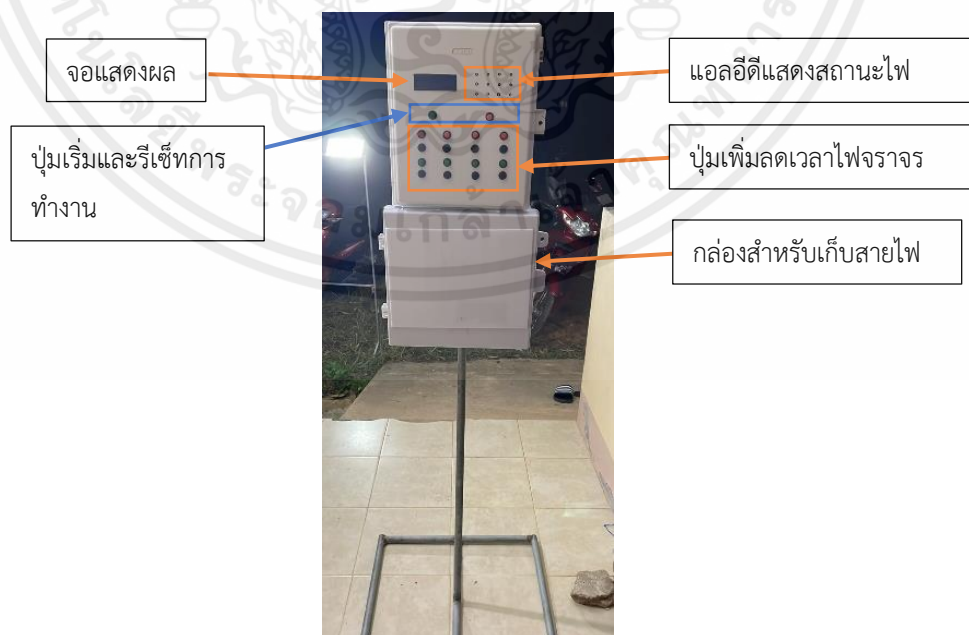
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ชุดควบคุมระบบไฟจราจร

ในการออกแบบชุดควบคุมระบบไฟจราจร ความสูงของชุดควบคุมคือ 149 เซนติเมตร กว้าง 52.5 เซนติเมตร กว้าง 28.5 เซนติเมตร ยาว 29 เซนติเมตร กว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 29 เซนติเมตร และฐานของตัวชุดควบคุมระบบไฟจราจรมีขนาด กว้าง 52.5 เซนติเมตร ยาว 48 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.15 และจากออกแบบชุดควบคุมไฟจราจรในรูปที่ 3.19 จะได้ชุดควบคุมระบบไฟจราจรดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 โมเดลชุดควบคุมระบบไฟจราจร

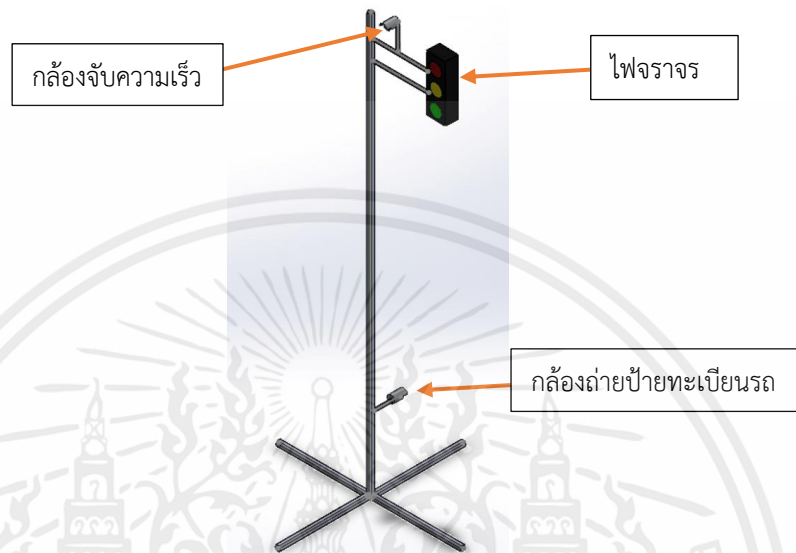


รูปที่ 3.20 ชุดควบคุมระบบไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 ไฟจราจร

ในการออกแบบไฟจราจรจะประกอบไปด้วยเสาไฟจราจรขนาด 330 เซนติเมตร และติดกล้อง 1 ตัว (จุดที่1) และประกอบกับชุดโคมไฟจราจรที่ได้จากการออกแบบโคมไฟจราจรที่ 3.5.1 (จุดที่2) ดังรูปที่ 3.21 และจากออกแบบไฟจราจรในรูปที่ 3.21 จะได้ไฟจราจรดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 โมเดลไฟจราจร

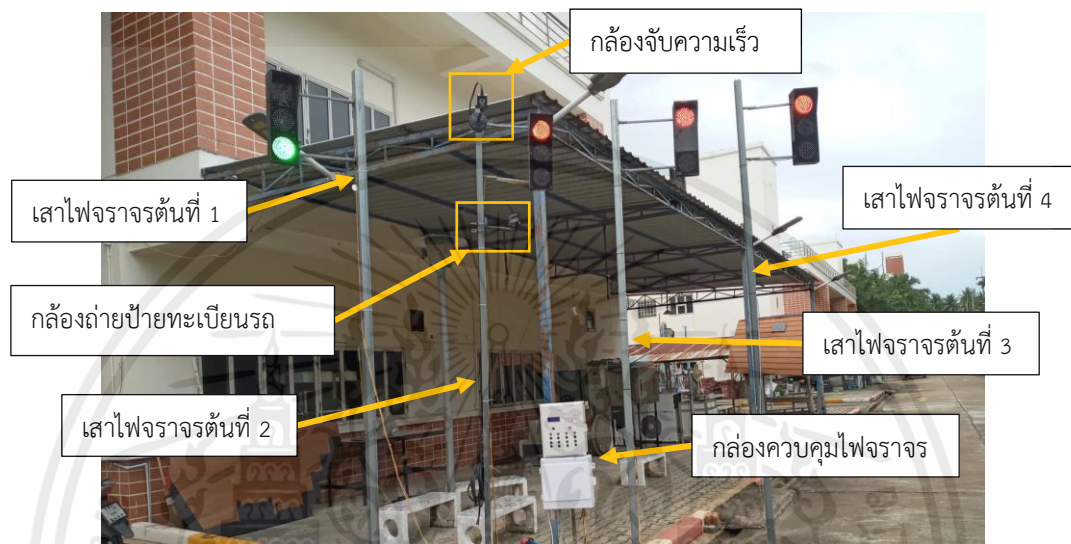


รูปที่ 3.22 ไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 ระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

ในการออกแบบระบบไฟจราจรอัจฉริยะจะประกอบไปด้วยการออกแบบไฟจราจร และการออกแบบชุดควบคุมไฟจราจรเข้าด้วยกันซึ่งในการ เชื่อมต่อสายไฟในจุดที่ 1 ความยาว 2.4 เมตร และในจุดที่ 2 ความยาว 1.3 เมตร โดยสายไฟที่ใช้จะ ใช้ขนาด 18 AWG (ทนกระแสสูงสุด 16 แอมป์) และขนาด 14 AWG (ทนกระแสสูงสุด 32 แอมป์) ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองระบบไฟจราจรอัจฉริยะ ซึ่งมีหัวข้อการทดลอง ประกอบไปด้วยการทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร การทดลองการจับความเร็วจากการประมวลผลภาพ การทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน การทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลา กลางคืน และการแสดงผลหน้าเว็บเพจ

4.1 การทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร

สวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจรคือสวิตช์ที่ใช้กำหนดเวลาของไฟจราจร โดยการกำหนดเวลา ของไฟจราจรสามารถควบคุมผ่านปุ่มสวิตช์หน้าตู้คอนโทรลแล้วให้แสดงผ่านหน้าจอแอลซีดีและ สัญญาณไฟจราจร โดยหน้าตู้คอนโทรลต้องกำหนดสีไฟจราจร และตั้งเวลาของไฟจราจร พร้อมทั้ง แสดงผ่านหน้าจอแอลซีดี โดยจะตั้งเวลาไฟจราจรทั้ง 4 โคมไฟจราจรพร้อมกัน

4.1.1 วิธีการทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร

1. เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง
2. ต่อสวิตช์ button 16 ตัวเข้ากับวงจรสวิตช์ควบคุม 16 ชุด
3. ต่อสายสัญญาณจากสวิตช์ควบคุมไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 และราสเบอร์รี่พาย
4. ต่อจอแอลซีดีและต่อไฟจราจรเข้าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560
5. ทำการรันโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนเมกะ 2560 และราสเบอร์รี่พาย
6. กดปุ่มสวิตช์ 1 (Start) และปุ่มสวิตช์2 (Reset) เพื่อเริ่มและหยุดการทำงาน
7. กดปุ่มสวิตช์ 3 (G1up) เพื่อเพิ่มเวลา 5 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 4 (G1down) เพื่อลดเวลา
8. กดปุ่มสวิตช์ 5 (R1up) เพื่อเพิ่มเวลา 3 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 6 (R1down) เพื่อลดเวลา
9. กดปุ่มสวิตช์ 7 (G2up) เพื่อเพิ่มเวลา 5 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 8 (G2down) เพื่อลดเวลา
10. กดปุ่มสวิตช์ 9 (R2up) เพื่อเพิ่มเวลา 3 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 10 (R2down) เพื่อลดเวลา
11. กดปุ่มสวิตช์ 11 (G3up) เพื่อเพิ่มเวลา 5 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 12 (G3down) เพื่อลดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. กดปุ่มสวิตช์ 13 (R3up) เพื่อเพิ่มเวลา 3 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 14 (R3down) เพื่อลดเวลา

13. กดปุ่มสวิตช์ 15 (G4up) เพื่อเพิ่มเวลา 5 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 16 (G4down) เพื่อลดเวลา

14. กดปุ่มสวิตช์ 17 (R4up) เพื่อเพิ่มเวลา 3 วินาที และกดปุ่มสวิตช์ 18 (R4down) เพื่อลดเวลา

15. กดปุ่มสวิตช์ 1 (Start) สังเกตไฟจราจรแต่ละดวง จับเวลาและบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.1

16. ทำตามการทดลองที่ 7 ถึง 10 โดยตั้งไฟเขียว 5 วินาที ไฟเหลือง 3 วินาทีจับเวลาและบันทึกผลลงในตารางที่ 4.1

การหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด ดังสมการที่ 4.1

$$\% \text{ ค่าความผิดพลาด} = \frac{\text{เวลาที่ตั้ง} - \text{เวลาที่จับได้}}{\text{เวลาที่ตั้ง}} \times 100 \quad (4.1)$$

17. นำผลการทดลองที่ได้ไปหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดจากสมการที่ 4.1

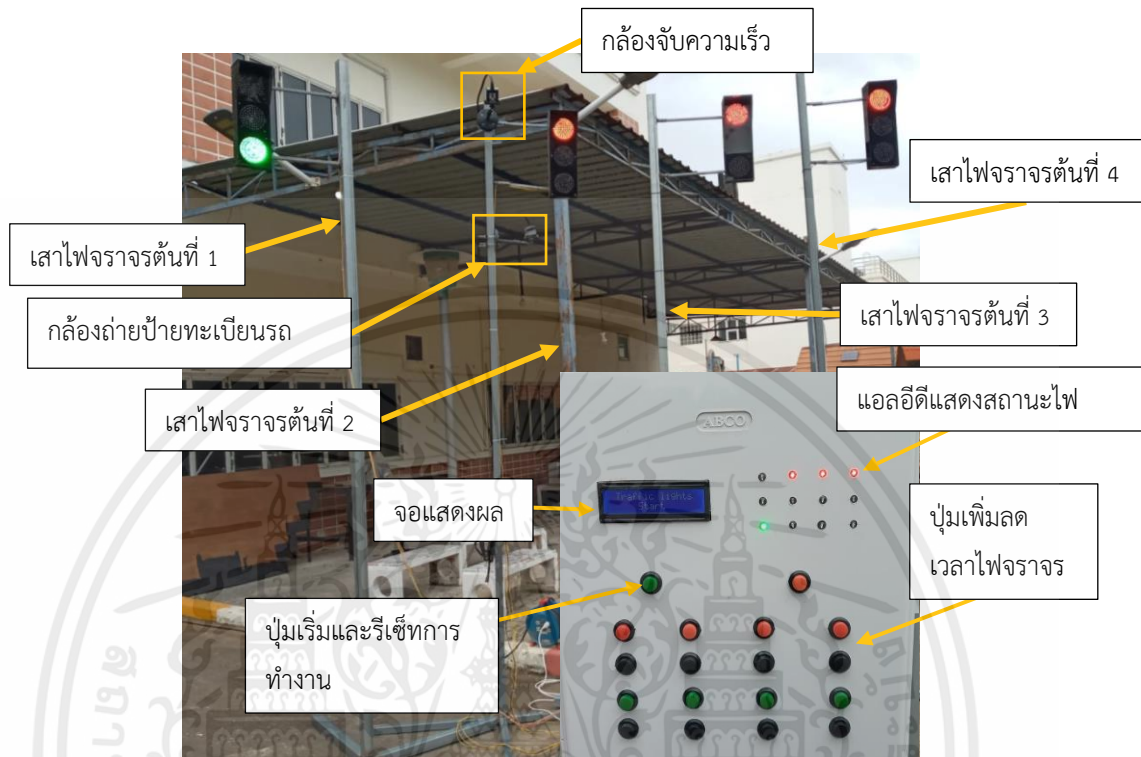
4.1.2 ผลการทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ไฟจราจร	ตั้ง เวลา (s)	ครั้งที่				% ค่าความผิดพลาด
		จับเวลา (s)				
		1	2	3	เฉลี่ย	
RED 1	12	11.95	11.95	11.98	11.96	0.33
YELLOW 1	2	2.00	1.96	1.95	1.98	1
GREEN 1	10	10.00	9.99	9.98	9.99	0.1
RED 2	12	12.00	11.96	11.98	11.98	0.16
YELLOW 2	2	1.96	2.00	1.96	1.97	1.5
GREEN 2	10	9.98	9.95	9.96	9.96	0.4
RED 3	12	11.94	11.99	11.97	11.96	0.33
YELLOW 3	2	2.01	1.98	2.00	1.99	0.5
GREEN 3	10	9.88	10.00	9.95	9.94	0.6
RED 4	12	11.91	11.93	12.00	11.94	0.5
YELLOW 4	2	2.00	1.98	1.96	1.98	1
GREEN 4	10	10.00	9.99	9.97	9.98	0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าการตั้งเวลาของไฟจราจรทั้ง 4 เสา จะเห็นได้ว่าไฟจราจรสีเหลือง ซึ่งมีการตั้งเวลาน้อยที่สุดจะมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 1.5% ไฟจราจรสีเขียวมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.2% ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณไฟจราจรจากเสาไฟจราจรและหน้าตู้ควบคุม

4.2 การทดลองการจับความเร็วจากการประมวลผลภาพ

การทดลองจับความเร็วจากการประมวลผลภาพเป็นการทดลองระหว่างการจับความเร็วรถที่ได้จากการประมวลผลภาพเทียบกับความเร็วที่เข็มไมล์รถจักรยานยนต์ที่เป็นระบบดิจิทัล และทดสอบเวลาที่ใช้การประมวลผลภาพใช้ประมวลผลความเร็วของรถ

4.2.1 วิธีการทดลองจับความเร็วจากการประมวลผลภาพ

1. เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง
2. เชื่อมต่อสายเบอร์รี่พายเป็นคอมพิวเตอร์
3. นำกล้องไปติดตั้งที่เสาไฟ จากนั้นทำการรันโปรแกรมที่สายเบอร์รี่พายเป็น
4. ทดสอบจับความเร็วรถโดยใช้สายเบอร์รี่พายเป็นการประมวลผลและเวลาที่จับได้บนเข็มไมล์ดิจิทัลจักรยานยนต์ บันทึกผลลงในตารางที่ 4.2 และบันทึกภาพผลการทดลอง
5. นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.2 ไปหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดจากสมการที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองจับความเร็วจากการประมวลผลภาพ

ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลองการจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพ

ความเร็ว (กม./ชม)	ความเร็วรถที่จับได้				ความเร็วรถที่จับได้จากกล้อง				%ค่าความ ผิดพลาด
	จากเข็มไมล์ดิจิตอล (กม./ชม)				ตรวจจับความเร็ว (กม./ชม.)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่า เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่า เฉลี่ย	
25	24	25	26	25	24.57	25.30	26.05	25.30	1.2
30	29	30	31	30	29.97	30.12	31.06	30.38	1.26
35	34	35	36	35	34.95	35.20	35.72	35.29	0.82
40	40	41	44	41.66	39.90	41.64	43.74	41.76	4.4
45	44	45	45	44.66	44.44	45	45.15	44.86	0.31

จากการทดลองพบว่า การจับความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็วที่ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 0.31 เปอร์เซ็นต์ และในการจับความเร็วรถที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด คือ 4.4 เปอร์เซ็นต์ ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 และ 4.7



รูปที่ 4.2 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 26.05 (กม./ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

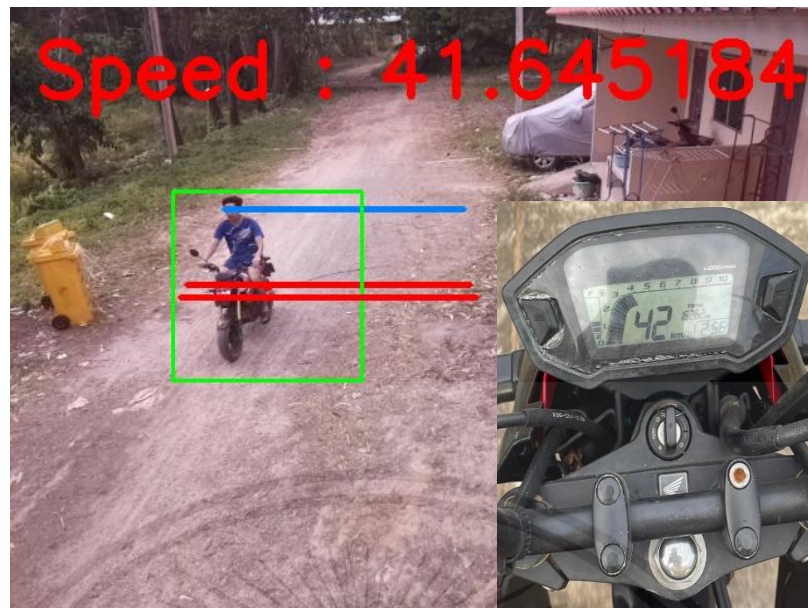


รูปที่ 4.3 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 31.06 (กม./ชม.)

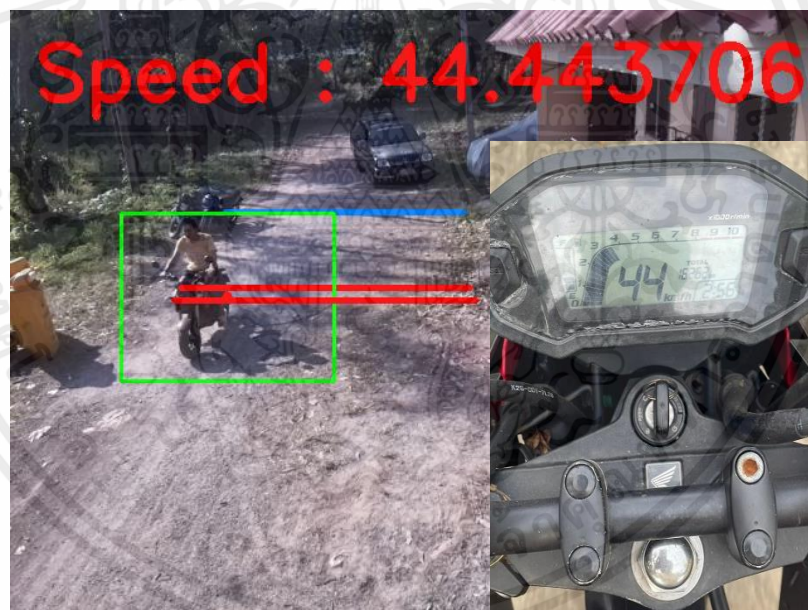


รูปที่ 4.4 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 35.72 (กม./ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 41.64 (กม./ชม.)



รูปที่ 4.6 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 44.44 (กม./ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 45.15 (กม./ชม.)

4.3 การทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ

การทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพเป็นการทดลองระหว่างการจับภาพความเร็วรถด้านหน้าที่ได้จากกล้องที่ติดอยู่ด้านบนเสาไฟจราจร หากความเร็วรถเมื่อเข้าสู่สัญญาณไฟจราจรมีความเร็วเกินพิกัดที่ตั้งไว้กล้องตัวที่ 2 ที่ติดอยู่บริเวณกลางเสาไฟจราจรจะทำการบันทึกภาพป้ายทะเบียนรถ

4.3.1 วิธีการทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ

1. เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง
2. เชื่อมต่อราสเบอร์รี่พายกับคอมพิวเตอร์
3. นำกล้องไปติดที่เสาไฟ จากนั้นทำการรันโปรแกรมที่ราสเบอร์รี่พาย
4. ทดสอบจับภาพป้ายทะเบียนรถด้านหลังโดยใช้ราสเบอร์รี่พายในการประมวลผล และ บันทึกผลลงในตารางที่ 4.3 และบันทึกภาพผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลองจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ

ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองการจับภาพป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ

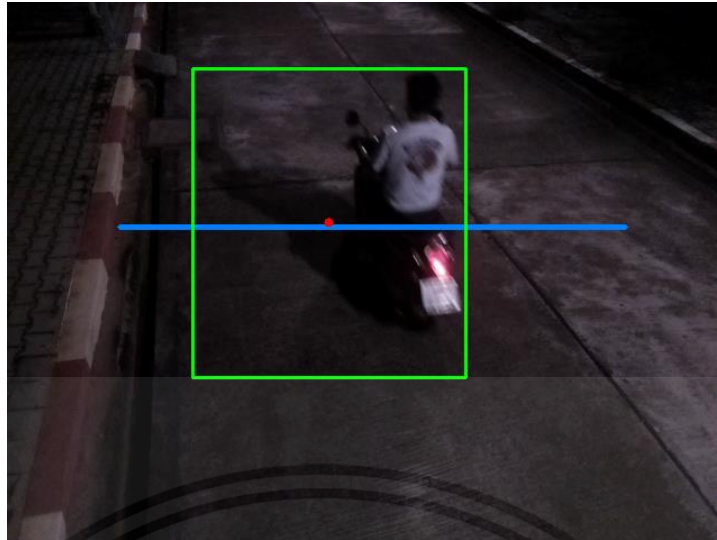
ความเร็ว (กม./ชม)	ภาพป้ายทะเบียนรถด้านหลัง				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
25	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ
30	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ
35	กล้องจับภาพ	กล้องจับภาพ	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้
40	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้	กล้องไม่สามารถ จับภาพได้

จากการทดลองพบว่าที่ความเร็ว 25 – 30 กม./ชม. กล้องสามารถตรวจจับป้ายทะเบียนได้ แต่เนื่องจากกล้องที่ใช้ไม่ใช่กล้องสำหรับตรวจจับป้ายทะเบียนโดยตรง จึงทำให้ที่ความเร็ว 35 - 40 กม./ชม. จับภาพได้ไม่ทัน และความคมชัดของภาพที่ได้ค่อนข้างน้อย ภาพที่ได้จากการทดลองแสดง ดังรูปที่ 4.8, 4.9 และ 4.10

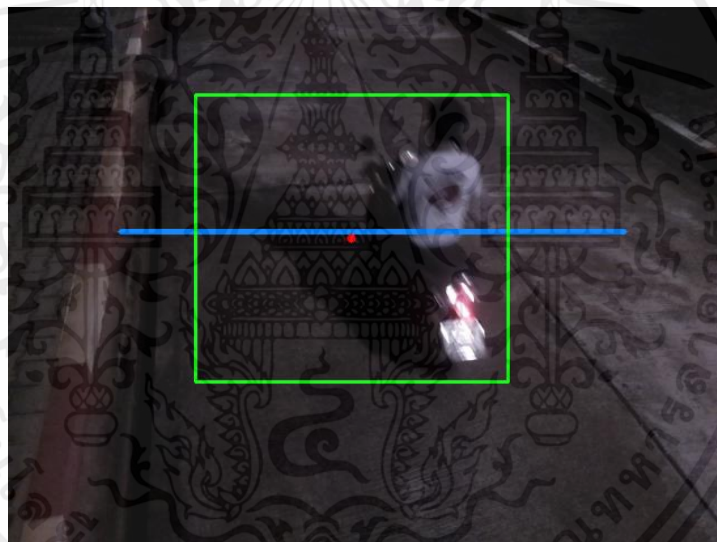


รูปที่ 4.8 ภาพป้ายทะเบียนรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับป้ายทะเบียนที่ความเร็ว 25 (กม./ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ภาพป้ายทะเบียนรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับป้ายทะเบียนที่ความเร็ว 30 (กม./ชม.)



รูปที่ 4.10 ภาพป้ายทะเบียนรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับป้ายทะเบียนที่ความเร็ว 35 (กม./ชม.)

จากรูปผลการทดลองที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 สรุปได้ว่าความไวของกล้องไม่เพียงพอต่อการจับภาพป้ายทะเบียน ทำให้ภาพป้ายทะเบียนรถที่ได้ไม่ชัดเจน

4.4 การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน

การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเป็นการทดลองระหว่างการตรวจจับสัญญาณเสียงที่รับค่ามาจากไมโครโฟนและแสงที่มาจากการประมวลผลภาพจากกล้องบนเสาไฟจราจร เมื่อก้องและไมโครโฟนตรวจจับเจอสัญญาณทั้ง 2 เสาไฟที่ติดกล้องจะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะไฟเขียว ในขณะที่เสาไฟจราจรอีก 3 เสาจะแสดงสถานะไฟแดง และเมื่อรถฉุกเฉินขับผ่านไฟจราจรจะกลับมาทำงานปกติ

4.4.1 วิธีการทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน

1. เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง
2. เชื่อมต่อราสเบอร์รี่พายกับคอมพิวเตอร์
3. นำกล้องและไมโครโฟนไปติดที่เสาไฟ จากนั้นทำการรันโปรแกรมที่ราสเบอร์รี่พาย
4. ทดสอบการตรวจจับแสงโดยใช้ราสเบอร์รี่พายในการประมวลผลและตรวจจับเสียงโดยการใช้ไมโครโฟน บันทึกผลลงในตารางที่ 4.4 และบันทึกภาพผลการทดลอง

4.4.2 ผลการทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน

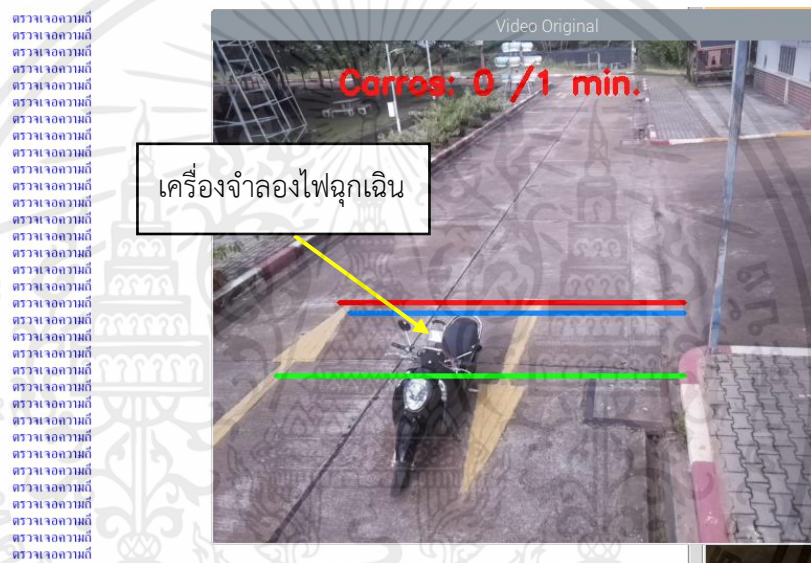
การตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน	เสาไฟจราจรที่ติดกล้อง							
	เวลา 09.00 น.		เวลา 13.00 น.		เวลา 17.00 น.		เวลา 21.00 น.	
	ไฟจราจรให้สัญญาณไฟเขียว	ไฟจราจรทำงานปกติ	ไฟจราจรให้สัญญาณไฟเขียว	ไฟจราจรทำงานปกติ	ไฟจราจรให้สัญญาณไฟเขียว	ไฟจราจรทำงานปกติ	ไฟจราจรให้สัญญาณไฟเขียว	ไฟจราจรทำงานปกติ
1. ตรวจพบสัญญาณเสียงแต่ไม่พบไฟของรถฉุกเฉิน		x		x		x		x
2. ตรวจพบสัญญาณไฟแต่ไม่พบเสียงของรถฉุกเฉิน		x		x		x		x
3. ตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน		x		x		✓		✓

หมายเหตุ x คือ ไฟจราจรทำงานปกติ ✓ คือ ไฟจราจรให้สัญญาณไฟเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าที่เวลา 09.00 – 13.00 น. เมื่อโมดูลไมโครโฟนตรวจจับได้แค่สัญญาณเสียงไฟจราจรจะทำงานตามปกติ เช่นเดียวกับกล้องที่ติดอยู่บนเสาไฟจราจรเมื่อตรวจพบแค่สัญญาณไฟจราจรจะทำงานปกติ และเมื่อตรวจพบทั้งสองอย่างเสาไฟจราจรที่มีกล้องติดจะยังทำงานปกติเนื่องจากมีแสงจากภายนอกรบกวนการทำงานของโปรแกรมทำให้ไม่สามารถตรวจจับสีได้ ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.11, 4.12, 4.13, 4.14

ที่เวลา 17.00 – 21.00 น. เมื่อโมดูลไมโครโฟนตรวจจับได้แค่สัญญาณเสียงไฟจราจรจะทำงานตามปกติ เช่นเดียวกับกล้องที่ติดอยู่บนเสาไฟจราจรเมื่อตรวจพบแค่สัญญาณไฟของรถฉุกเฉินไฟจราจรจะทำงานปกติ และเมื่อตรวจพบทั้งสองอย่างเสาไฟจราจรที่มีกล้องติดจะให้สัญญาณไฟเขียวเพื่อให้รถฉุกเฉินผ่านไปได้ ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.15, 4.16, 4.17 และ 4.18

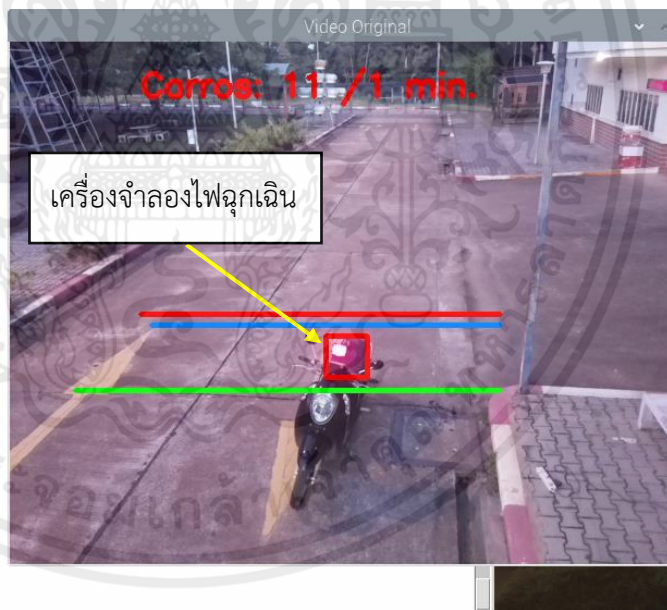


รูปที่ 4.11 โปรแกรมตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเวลา 09.00 น.



รูปที่ 4.14 ภาพสัญญาณไฟฉุกเฉินจากกล้องโทรศัพท์เวลา 13.00 น.

ตรวจเจอไฟฉุกเฉิน
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอความถี่
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอไปรถฉุกเฉิน
 ตรวจเจอความถี่



รูปที่ 4.15 โปรแกรมตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเวลา 17.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

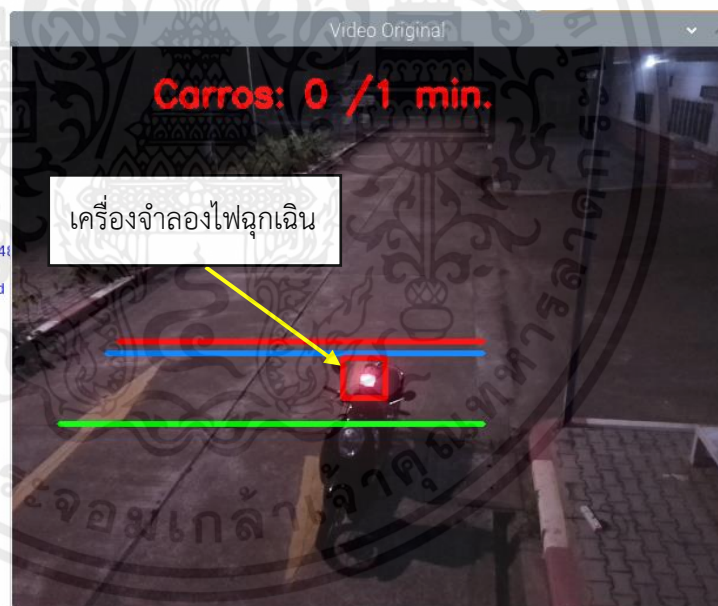


รูปที่ 4.16 ภาพสัญญาณไฟรถฉุกเฉินจากกล้องโทรศัพท์เวลา 17.00 น.

```

ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ไฟแดง 60 วิเศษต่าใหม่ 165432144
1 มันก็ก carros เรียบร้อย
MySQL connection is closed
ans = 1
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน
ตรวจเจอความถี่
ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน

```



รูปที่ 4.17 โปรแกรมตรวจพบสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉินเวลา 21.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ภาพสัญญาณไฟฉุกเฉินจากกล้องโทรศัพท์เวลา 21.00 น.

4.5 การทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน

การทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืนโดยใช้ช่วงเวลา 21.00 น. เป็นการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของกล้องจับความเร็วรถที่ได้จากการประมวลผลภาพ

4.5.1 วิธีการทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน

1. เสียบปลั๊กเพื่อเปิดเครื่อง
2. เชื่อมต่อราสเบอร์รี่พายกับคอมพิวเตอร์
3. นำกล้องไปติดที่เสาไฟ จากนั้นทำการรันโปรแกรมที่ราสเบอร์รี่พาย
4. ทดสอบจับความเร็วรถโดยใช้ราสเบอร์รี่พายในการประมวลผล บันทึกผลลงใน

ตารางที่ 4.5 และบันทึกภาพผลการทดลอง

5. นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.5 ไปหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดจากสมการที่ 4.1

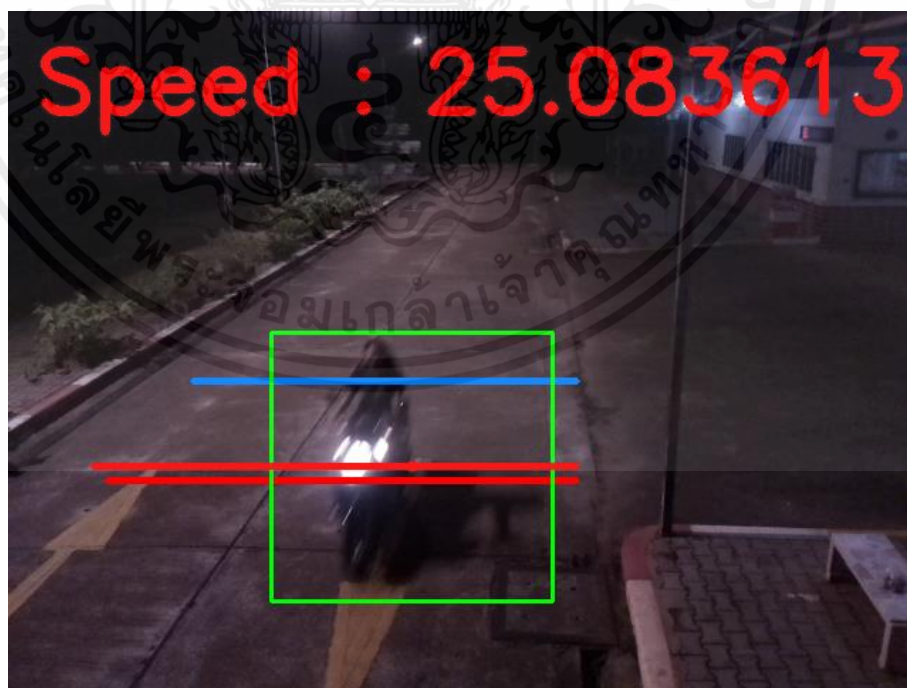
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน

ตารางที่ 4.5 ตารางผลการทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน

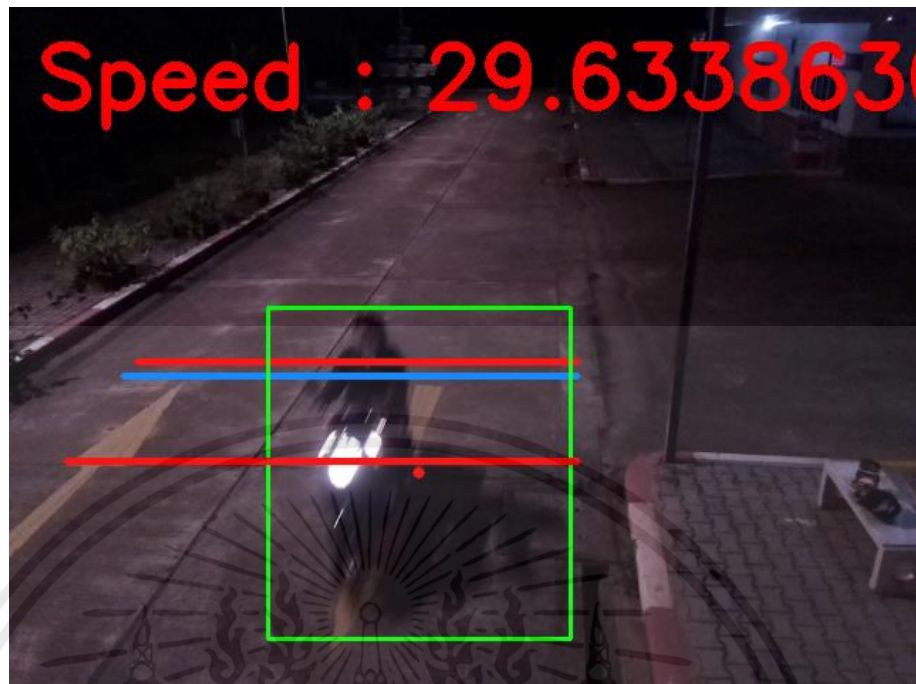
ความเร็ว (กม./ชม)	ความเร็วรถที่จับได้จากกล้อง ตรวจจับความเร็ว (กม./ชม.)				%ค่าความ ผิดพลาด
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
25	24.57	24.28	25.08	24.64	0.01
30	28.97	29.25	29.63	29.28	0.02
35	33.56	34.23	35.78	34.52	0.01
40	37.89	38.07	41.08	39.01	0.02
45	กล้องไม่สามารถ ตรวจจับได้	กล้องไม่สามารถ ตรวจจับได้	45.31	15.10	0.66

จากการทดลองพบว่าความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็วที่ 25 - 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 0.01 เปอร์เซ็นต์ และในการจับความเร็วรถที่ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด คือ 0.66 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกล้องไม่สามารถประมวลผลภาพได้ทันเมื่อขับรถด้วยความเร็วที่มากขึ้น ภาพที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.19, 4.20, 4.21, 4.22 และ 4.23

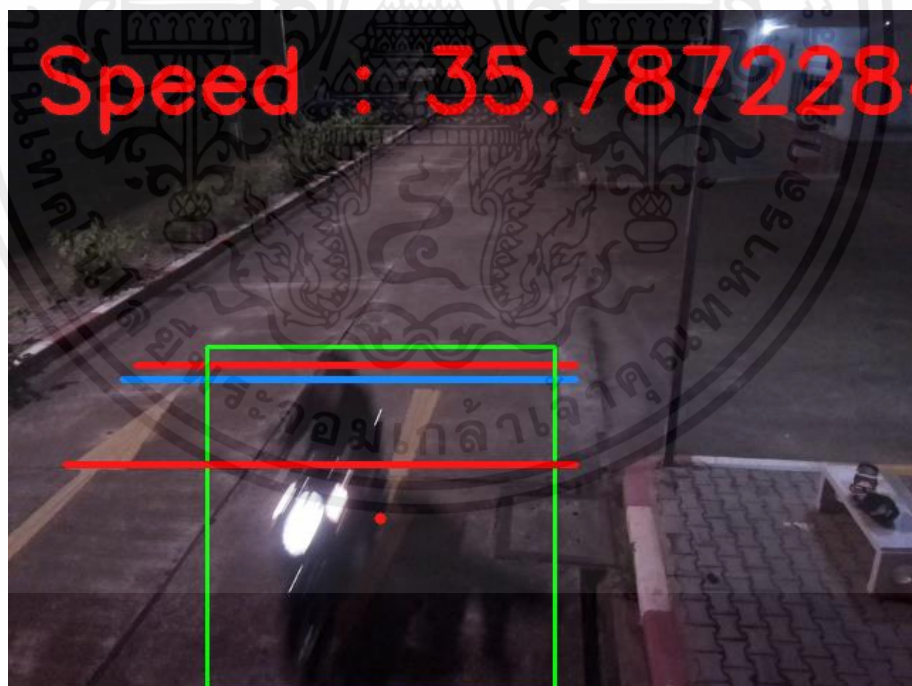


รูปที่ 4.19 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 25.08 (กม./ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

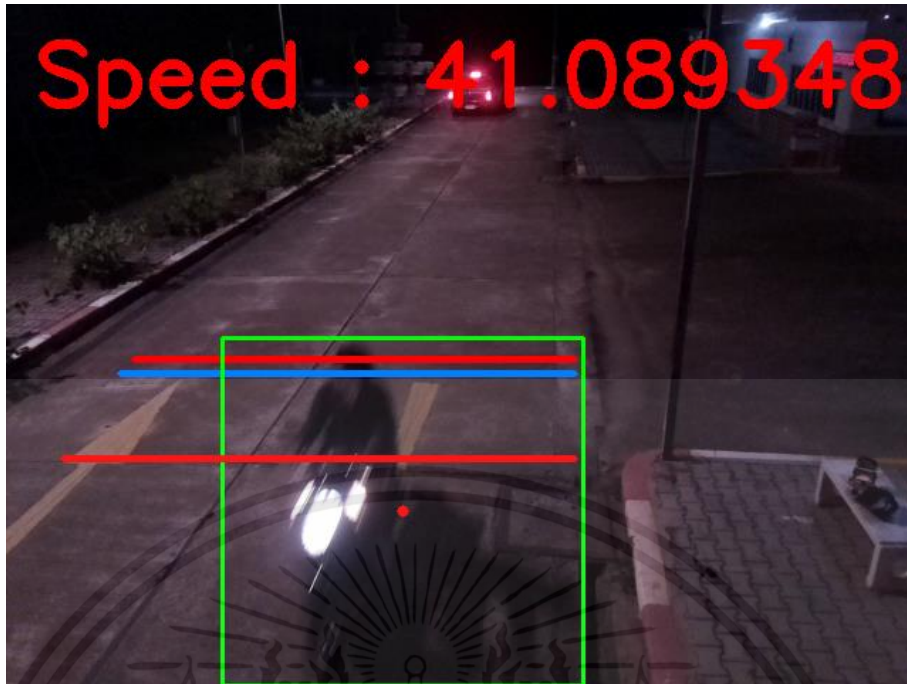


รูปที่ 4.20 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 29.63 (กม./ชม.)

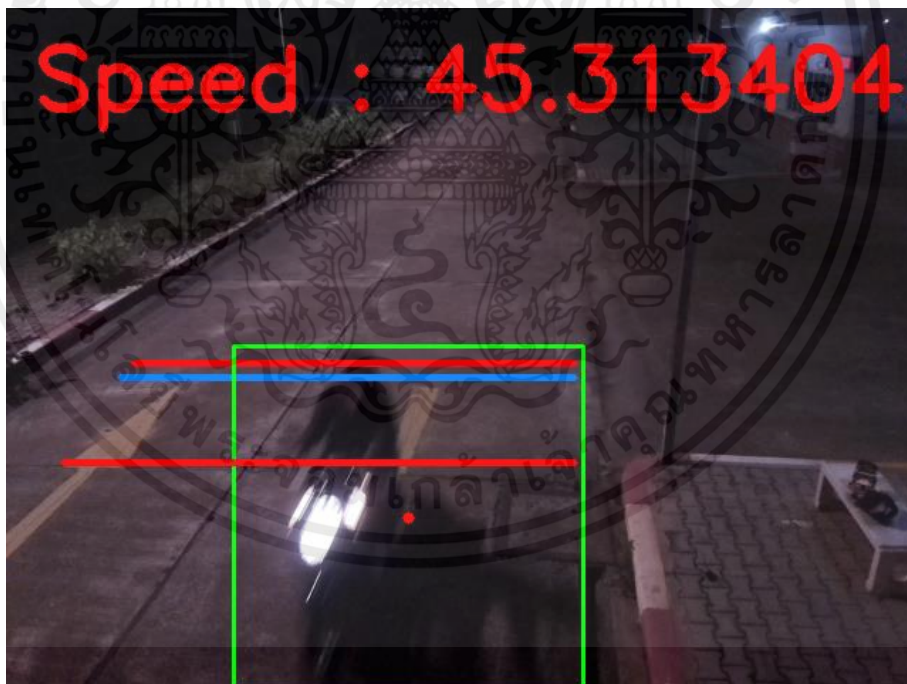


รูปที่ 4.21 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 35.78 (กม./ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 41.08 (กม./ชม.)

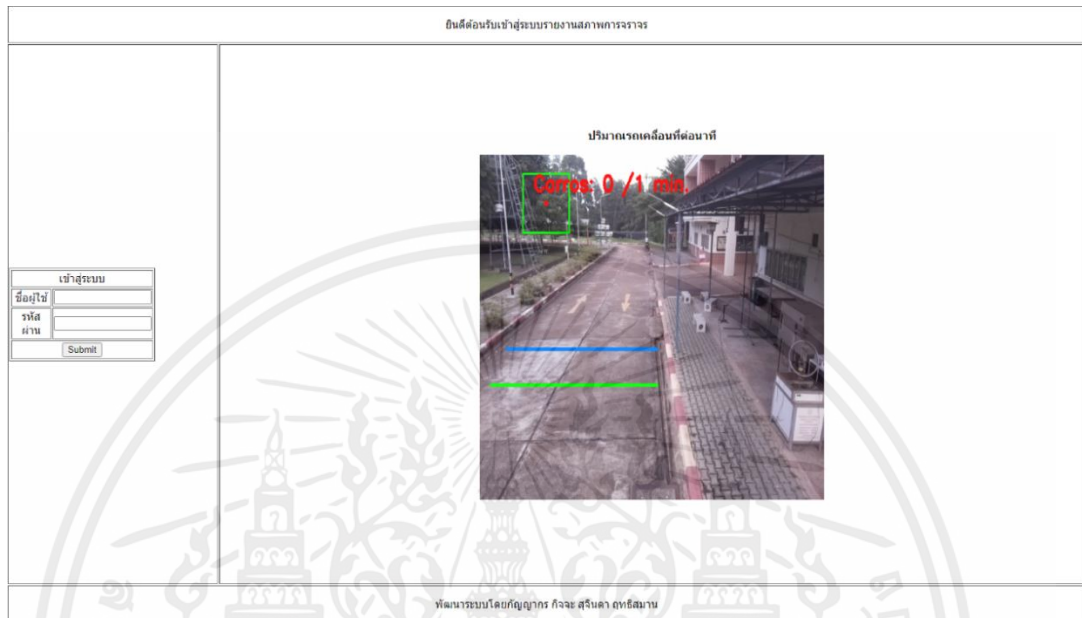


รูปที่ 4.23 ความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็ว 45.31 (กม./ชม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





4.6 การแสดงผลหน้าเว็บเพจ

การแสดงผลบนหน้าเว็บเพจเป็นการทดลองเพื่อให้ทราบว่าระบบสามารถนำรูปที่ถ่ายมาแสดงบนหน้าเว็บได้ ดังรูปที่ 4.24, 4.25 และ 4.26







รูปที่ 4.24 หน้าเว็บแสดงข้อมูลปริมาณรถเคลื่อนที่ต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลรถฝ่าไฟแดง		
ลำดับที่	รูปภาพความเร็ว	วันเวลา
321		2022-05-26 15:24:24
322		2022-05-26 15:25:46
323		2022-05-26 15:26:47
324		2022-05-26 15:28:18

รูปที่ 4.25 หน้าเว็บแสดงข้อมูลผู้ฝ่าไฟแดง

ข้อมูลรถฝ่าไฟแดง		
ลำดับที่	รูปภาพป้ายทะเบียนรถ	วันเวลา
358		2022-06-3 15:34:42
359		2022-06-3 15:35:35
360		2022-06-3 15:36:57
361		2022-06-3 15:38:28

รูปที่ 4.26 หน้าเว็บแสดงข้อมูลป้ายทะเบียนรถผู้ฝ่าไฟแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขปัญหา

5.1 สรุปผลการทดลองระบบไฟจราจรอัจฉริยะ

5.1.1 การทดลองสวิตช์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร

จากผลการทดลองพบว่าการตั้งเวลาของไฟจราจรทั้ง 4 เสา จะเห็นได้ว่าไฟจราจรสีเหลือง ซึ่งมีการตั้งเวลาน้อยที่สุดจะมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 1.5% ไฟจราจรสีเขียวมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.2%

5.1.2 การทดลองการจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพ

จากการทดลองพบว่าการจับความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็วที่ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 0.31 เปอร์เซ็นต์ และในการจับความเร็วรถที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด คือ 4.4 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 การทดลองการตรวจจับป้ายทะเบียนรถจากการประมวลผลภาพ

จากการทดลองพบว่าที่ความเร็ว 25 – 30 กม./ชม. กล้องสามารถตรวจจับป้ายทะเบียนได้ แต่เนื่องจากกล้องที่ใช้ไม่ใช่กล้องสำหรับตรวจจับป้ายทะเบียนโดยตรง จึงทำให้ที่ความเร็ว 35 - 40 กม./ชม. จับภาพได้ไม่ทัน และความคมชัดของภาพที่ได้ค่อนข้างน้อย

5.1.4 การทดลองตรวจจับสัญญาณไฟและเสียงของรถฉุกเฉิน

จากการทดลองพบว่าที่เวลา 09.00 – 13.00 น. เมื่อโมดูลไมโครโฟนตรวจจับได้แค่สัญญาณเสียงไฟจราจรจะทำงานปกติ เช่นเดียวกับกล้องที่ติดอยู่บนเสาไฟจราจรเมื่อตรวจพบแค่สัญญาณไฟของรถฉุกเฉินไฟจราจรจะทำงานปกติ และเมื่อตรวจพบทั้งสองอย่างเสาไฟจราจรที่มีกล้องติดจะยังทำงานปกติเนื่องจากมีแสงจากภายนอกรบกวนการทำงานของโปรแกรมทำให้ไม่สามารถตรวจจับสีได้

ที่เวลา 17.00 – 21.00 น. เมื่อโมดูลไมโครโฟนตรวจจับได้แค่สัญญาณเสียงไฟจราจรจะทำงานปกติ เช่นเดียวกับกล้องที่ติดอยู่บนเสาไฟจราจรเมื่อตรวจพบแค่สัญญาณไฟของรถฉุกเฉินไฟจราจรจะทำงานปกติ และเมื่อตรวจพบทั้งสองอย่างเสาไฟจราจรที่มีกล้องติดจะให้สัญญาณไฟเขียวเพื่อให้รถฉุกเฉินผ่านไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 การทดลองตรวจจับความเร็วรถจากการประมวลผลภาพในเวลากลางคืน

จากการทดลองพบว่าความเร็วรถที่จับได้จากกล้องตรวจจับความเร็วที่ 25 - 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 0.01 เปอร์เซ็นต์ และในการจับความเร็วรถที่ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด คือ 0.66 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกล้องไม่สามารถประมวลผลภาพได้ทันเมื่อขับรถด้วยความเร็วที่มากขึ้น

5.1.6 การแสดงผลหน้าเว็บเพจ

จากการทดลองพบว่าระบบสามารถบันทึกภาพและแสดงผลภาพบนหน้าเว็บเพจได้อย่างถูกต้องครบทุกส่วนการทำงาน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. แอลอีดีบางดวงในโคมไฟจราจรดับ เนื่องมาจากการบัดกรี หรือตัวอุปกรณ์เสื่อมสภาพ
2. กล้องสำหรับตรวจจับป้ายทะเบียนรถมีความละเอียดไม่เพียงพอ ทำให้ภาพที่จับได้ไม่ชัดเจน
3. การประมวลผลภาพบางครั้งเกิดการผิดพลาดเนื่องจากเสาไฟมีความสูงและแข็งแรงไม่เพียงพอ
4. สัญญาณไฟของรถฉุกเฉินไม่ต่อเนื่อง ทำให้การประมวลผลภาพผิดพลาด

5.3 ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหา

1. ควรตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนนำมาใช้งาน
2. ควรศึกษาการใช้โปรแกรมอื่นเพิ่มเติมไปด้วย
3. ควรเลือกใช้กล้องให้เหมาะสมกับการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] “สัญญาณไฟจราจร” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://1th.me/xQ8DB>
เข้าครั้งสุดท้าย 23 พฤศจิกายน 2564.
- [2] บุญธรรม ภัทราจารุกุล, งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.
- [3] “มอสเฟต” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://1th.me/SA8d0>
เข้าครั้งสุดท้าย 23 พฤศจิกายน 2564.
- [4] “สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย”, (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://1th.me/dDfBZ>
เข้าครั้งสุดท้าย 25 พฤศจิกายน 2564.
- [5] เดชฤทธิ์ มณีธรรม, คัมภีร์การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2560.
- [6] ทันพงษ์ ภูรักษ์, เอกสารประกอบการสอนวิชา Arduino เบื้องต้น, เข้าครั้งสุดท้าย 28 พฤศจิกายน 2564.
- [7] ทวีชัย อายพรกชกร, เรียนรู้ระบบฝังตัวด้วย Raspberry Pi, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2562.
- [8] สุกดา เขียวมนตรี, คู่มือเรียนเขียนโปรแกรมภาษา Python ฉบับสมบูรณ์, นนทบุรี: ไอทีซีพีริเมียร์ จำกัด, 2564.
- [9] บุญธรรม ภัทราจารุกุล, งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.
- [10] บุญธรรม ภัทราจารุกุล, การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.
- [11] Majid Farag Hichim, Ahmed Shany Khusheef & Saddam Hasan Raheemah, 2020, p.7
- [12] คู่มือแนวทางปฏิบัติการรับรองรถบริการการแพทย์ฉุกเฉิน, นนทบุรี: สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2556.
- [13] “ไมโครโฟนความไวสูง” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://www.cybertice.com/product/48/high-sensitive-microphone-module>
เข้าครั้งสุดท้าย 29 พฤษภาคม 2565.
- [14] “รีโมทมายเอสคิวแอล” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: <https://remotemysql.com/tutor1.html>
เข้าครั้งสุดท้าย 29 พฤษภาคม 2565.
- [15] บัญชา ปะสีละเตสัง, พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วย PHP ร่วมกับ MySQL และ jQuery, กรุงเทพมหานคร, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2561.
- [16] “ภาษาเอชทีเอ็มแอล” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://aostudio.com/single-blog.php> เข้าถึงครั้งล่าสุดเมื่อ 6 กรกฎาคม 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//โค้ดควบคุมไฟจราจรและแสดงผลทางจอLCD
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); //เรียกใช้ library I2C
#include <arduinoFFT.h> //เรียกใช้ library FFT
#define SAMPLES 256
#define SAMPLING_FREQUENCY 4096
arduinoFFT FFT = arduinoFFT();
unsigned int samplingPeriod;
unsigned long microSeconds;
double vReal[SAMPLES];
double vImag[SAMPLES];
const int sensor1 = 7;
const int sensor2 = 8;
int led0 = 9;
int ans = 0;
bool int_flag1;
const int start = 18; //ประกาศตัวแปร start ที่ port 18
const byte reset = 19; //ประกาศตัวแปร reset ที่ port 19
const int R1 = 22; //ประกาศตัวแปร R1 ที่ port 22
const int Y1 = 23;
const int G1 = 24;
const int R2 = 25;
const int Y2 = 26;
const int G2 = 27;
const int R3 = 28;
const int Y3 = 29;
const int G3 = 30;
const int R4 = 31;
const int Y4 = 32;
const int G4 = 33;
const int R1up = 34;
const int R1down = 35;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

const int G1up   = 36;
const int G1down = 37;
const int R2up   = 38;
const int R2down = 39;
const int G2up   = 40;
const int G2down = 41;
const int R3up   = 42;
const int R3down = 43;
const int G3up   = 44;
const int G3down = 45;
const int R4up   = 46;
const int R4down = 47;
const int G4up   = 48;
const int G4down = 49;
int r1, g1, r2, g2, r3, g3, r4, g4;
int x1, x2, x3, x4;
int z1, z2, z3, z4;
int state=0; //ประกาศตัวแปร state เท่ากับ 0

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(sensor1,INPUT); //กำหนดให้ตัวแปร sensor1 เป็น input
  pinMode(sensor2,INPUT); //กำหนดให้ตัวแปร sensor2 เป็น input
  pinMode(led0, OUTPUT); //กำหนดให้ตัวแปร led0 เป็น output
  samplingPeriod = round(1000000*(1.0/SAMPLING_FREQUENCY));
  pinMode(reset, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(reset), RESET,FALLING);
  pinMode(R1,OUTPUT); //กำหนดให้ตัวแปร R1 เป็น output
  pinMode(Y1,OUTPUT);
  pinMode(G1,OUTPUT);
  pinMode(R2,OUTPUT);
  pinMode(Y2,OUTPUT);
  pinMode(G2,OUTPUT);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(R3,OUTPUT);
pinMode(Y3,OUTPUT);
pinMode(G3,OUTPUT);
pinMode(R4,OUTPUT);
pinMode(Y4,OUTPUT);
pinMode(G4,OUTPUT);

pinMode(R1up,INPUT); //กำหนดให้ตัวแปร R1up เป็น input
pinMode(R1down,INPUT);
pinMode(G1up,INPUT);
pinMode(G1down,INPUT);
pinMode(R2up,INPUT);
pinMode(R2down,INPUT);
pinMode(G2up,INPUT);
pinMode(G2down,INPUT);
pinMode(R3up,INPUT);
pinMode(R3down,INPUT);
pinMode(G3up,INPUT);
pinMode(G3down,INPUT);
pinMode(R4up,INPUT);
pinMode(R4down,INPUT);
pinMode(G4up,INPUT);
pinMode(G4down,INPUT);

lcd.init();
lcd.backlight(); //ใช้ไฟ lcd backlight

}

void loop() {
  lcd.setCursor(1,0); //กำหนดค่าเริ่มต้นของแถวและบรรทัด
  lcd.print("Traffic lights"); //แสดงข้อความบนจอ lcd

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (digitalRead(start) == HIGH){ //ถ้าค่าที่อ่านได้จากตัวแปร start มีสถานะเป็น HIGH
    state = 1; //ตัวแปร state เท่ากับ 1
    lcd.clear(); //clear หน้าจอ lcd
    lcd.setCursor(1,0); //กำหนดค่าเริ่มต้นของแถวและบรรทัด
    lcd.print("Traffic lights"); //แสดงข้อความบนจอ lcd
    lcd.setCursor(5,1); //กำหนดค่าเริ่มต้นของแถวและบรรทัด
    lcd.print("Start"); //แสดงข้อความบนจอ lcd
}

if (state == 1){ //ถ้าตัวแปร state มีค่าเท่ากับ 1
    traffic(); //ทำงานในฟังก์ชัน traffic
}

if(int_flag1==1){ //ถ้าตัวแปร int_flag1 มีค่าเท่ากับ 1
    lcd.clear(); //clear หน้าจอ lcd
    lcd.setCursor(1,0); //กำหนดค่าเริ่มต้นของแถวและบรรทัด
    lcd.print("Traffic lights"); //แสดงข้อความบนจอ lcd
    lcd.setCursor(5,1); //กำหนดค่าเริ่มต้นของแถวและบรรทัด
    lcd.print("Reset"); //แสดงข้อความบนจอ lcd
    int_flag1=0; //ให้ตัวแปร int_flag1 มีค่าเท่ากับ 0
}

if (digitalRead(R1up) == HIGH){ //ถ้าค่าที่อ่านได้จากตัวแปร R1up มีสถานะเป็น HIGH
    while(digitalRead(R1up) == HIGH); //ให้ตัวแปร R1up มีสถานะเป็น HIGH เพียง 1 รอบ
    YELLOW1UP(); } //ทำงานในฟังก์ชัน YELLOW1UP
if (digitalRead(R1down) == HIGH){
    while(digitalRead(R1down) == HIGH);
    YELLOW1DOWN(); }
if (digitalRead(G1up) == HIGH){
    while(digitalRead(G1up) == HIGH);
    GREEN1UP(); }
if (digitalRead(G1down) == HIGH){
    while(digitalRead(G1down) == HIGH);
    GREEN1DOWN(); }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (digitalRead(R2up) == HIGH){
  while(digitalRead(R2up) == HIGH);
  YELLOW2UP(); }
if (digitalRead(R2down) == HIGH){
  while(digitalRead(R2down) == HIGH);
  YELLOW2DOWN(); }
if (digitalRead(G2up) == HIGH){
  while(digitalRead(G2up) == HIGH);
  GREEN2UP(); }
if (digitalRead(G2down) == HIGH){
  while(digitalRead(G2down) == HIGH);
  GREEN2DOWN(); }

if (digitalRead(R3up) == HIGH){
  while(digitalRead(R3up) == HIGH);
  YELLOW3UP(); }
if (digitalRead(R3down) == HIGH){
  while(digitalRead(R3down) == HIGH);
  YELLOW3DOWN(); }
if (digitalRead(G3up) == HIGH){
  while(digitalRead(G3up) == HIGH);
  GREEN3UP(); }
if (digitalRead(G3down) == HIGH){
  while(digitalRead(G3down) == HIGH);
  GREEN3DOWN(); }

if (digitalRead(R4up) == HIGH){
  while(digitalRead(R4up) == HIGH);
  YELLOW4UP(); }
if (digitalRead(R4down) == HIGH){
  while(digitalRead(R4down) == HIGH);
  YELLOW4DOWN(); }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (digitalRead(G4up) == HIGH){
  while(digitalRead(G4up) == HIGH);
  GREEN4UP(); }
if (digitalRead(G4down) == HIGH){
  while(digitalRead(G4down) == HIGH);
  GREEN4DOWN(); }
}

```

```

void traffic(){ //ประกาศฟังก์ชัน traffic

```

```

  digitalWrite(Y4,LOW); //ตัวแปร Y4 มีสถานะเป็น LOW
  digitalWrite(R1,LOW); //ตัวแปร R1 มีสถานะเป็น LOW
  digitalWrite(G1,HIGH); //ตัวแปร G1 มีสถานะเป็น HIGH
  digitalWrite(R2,HIGH); //ตัวแปร R2 มีสถานะเป็น HIGH
  digitalWrite(R3,HIGH); //ตัวแปร R3 มีสถานะเป็น HIGH
  digitalWrite(R4,HIGH); //ตัวแปร R4 มีสถานะเป็น HIGH
  delay(z1); //หน่วงเวลา
  checksound(); //ทำงานในฟังก์ชัน checksound

```

```

  digitalWrite(G1,LOW);
  digitalWrite(Y1,HIGH);
  digitalWrite(R2,HIGH);
  digitalWrite(R3,HIGH);
  digitalWrite(R4,HIGH);
  delay(x1); // 3 วิ
  checksound();

```

```

  digitalWrite(Y1,LOW);
  digitalWrite(R2,LOW);
  digitalWrite(R1,HIGH);
  digitalWrite(G2,HIGH);
  digitalWrite(R3,HIGH);
  digitalWrite(R4,HIGH);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
delay(z2);
checksound();
```

```
digitalWrite(G2,LOW);
digitalWrite(Y2,HIGH);
digitalWrite(R1,HIGH);
digitalWrite(R3,HIGH);
digitalWrite(R4,HIGH);
delay(x2);
checksound();
```

```
digitalWrite(Y2,LOW);
digitalWrite(R3,LOW);
digitalWrite(R1,HIGH);
digitalWrite(G3,HIGH);
digitalWrite(R2,HIGH);
digitalWrite(R4,HIGH);
delay(z3);
checksound();
```

```
digitalWrite(G3,LOW);
digitalWrite(Y3,HIGH);
digitalWrite(R1,HIGH);
digitalWrite(R2,HIGH);
digitalWrite(R4,HIGH);
delay(x3);
checksound();
```

```
digitalWrite(Y3,LOW);
digitalWrite(R4,LOW);
digitalWrite(R1,HIGH);
digitalWrite(G4,HIGH);
digitalWrite(R2,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(R3,HIGH);
delay(z4);
checksound();

digitalWrite(G4,LOW);
digitalWrite(R4,LOW);
digitalWrite(Y4,HIGH);
digitalWrite(R1,HIGH);
digitalWrite(R2,HIGH);
digitalWrite(R3,HIGH);
delay(x4);
checksound();
}

void RESET(){ //ประกาศฟังก์ชัน RESET
int_flag1=1; //ให้ตัวแปร int_flag1 มีค่าเท่ากับ 1
state = 0; //ให้ตัวแปร state มีค่าเท่ากับ 0
x1=0,x2=0,x3=0,x4=0,z1=0,z2=0,z3=0,z4=0;
r1=0,r2=0,r3=0,r4=0,g1=0,g2=0,g3=0,g4=0;
digitalWrite(R1,LOW); //ตัวแปร R1 มีสถานะเป็น LOW
digitalWrite(Y1,LOW);
digitalWrite(G1,LOW);
digitalWrite(R2,LOW);
digitalWrite(Y2,LOW);
digitalWrite(G2,LOW);
digitalWrite(R3,LOW);
digitalWrite(Y3,LOW);
digitalWrite(G3,LOW);
digitalWrite(R4,LOW);
digitalWrite(Y4,LOW);
digitalWrite(G4,LOW);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void GREEN1UP(){ //ประกาศฟังก์ชัน GREEN1UP
    g1=g1+1; //ให้ตัวแปร g1 บวก 1
    z1=z1+1000; //ให้ตัวแปร z1 บวก 1000
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green1 = ");
    lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g1,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}

void GREEN1DOWN(){
    g1=g1-1; z1=z1-1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green1 = ");
    lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g1,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}

void YELLOW1UP(){
    r1=r1+1; x1=x1+1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow1 = ");
    lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r1,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}

void YELLOW1DOWN(){
    r1=r1-1; x1=x1-1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow1 = ");
    lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r1,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}

void GREEN2UP(){
    g2=g2+1; z2=z2+1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green2 = ");
    lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g2,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}

void GREEN2DOWN(){
    g2=g2-1; z2=z2-1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green2 = ");
    lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g2,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void YELLOW2UP(){
    r2=r2+1; x2=x2+1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow2 = ");
    lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r2,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}

void YELLOW2DOWN(){
    r2=r2-1; x2=x2-1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow2 = ");
    lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r2,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}

void GREEN3UP(){
    g3=g3+1; z3=z3+1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green3 = ");
    lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g3,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}

void GREEN3DOWN(){
    g3=g3-1; z3=z3-1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green3 = ");
    lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g3,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}

void YELLOW3UP(){
    r3=r3+1; x3=x3+1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow3 = ");
    lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r3,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}

void YELLOW3DOWN(){
    r3=r3-1; x3=x3-1000;
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow3 = ");
    lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r3,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}

void GREEN4UP(){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

g4=g4+1; z4=z4+1000;
lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green4 = ");
lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g4,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}
void GREEN4DOWN(){
g4=g4-1; z4=z4-1000;
lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Green4 = ");
lcd.setCursor(9,1); lcd.print(g4,DEC); lcd.setCursor(12,1); lcd.print("sec");
}
void YELLOW4UP(){
r4=r4+1; x4=x4+1000;
lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow4 = ");
lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r4,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}
void YELLOW4DOWN(){
r4=r4-1; x4=x4-1000;
lcd.clear(); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Yellow4 = ");
lcd.setCursor(10,1); lcd.print(r4,DEC); lcd.setCursor(13,1); lcd.print("sec");
}

void checksound(){ //ประกาศฟังก์ชัน checksound
for(int i=0; i<SAMPLES; i++) //ให้ตัวแปร i=0 เมื่อตัวแปร i มีค่าน้อยกว่า SAMPLES ให้ i
เพิ่มขึ้นทีละ 1
{
microSeconds = micros(); //ตัวแปร microSeconds มีค่าเท่ากับ micros
vReal[i] = analogRead(0); //ตัวแปร vReal[i] รับค่าจาก port 0
vImag[i] = 0; //ให้ตัวแปร vImag[i] มีค่าเท่ากับ 0

while(micros() < (microSeconds + samplingPeriod))
{
//do nothing
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

FFT.Windowing(vReal, SAMPLES, FFT_WIN_TYP_HAMMING, FFT_FORWARD);
FFT.Compute(vReal, vImag, SAMPLES, FFT_FORWARD);
FFT.ComplexToMagnitude(vReal, vImag, SAMPLES);

double peak = FFT.MajorPeak(vReal, SAMPLES, SAMPLING_FREQUENCY);
Serial.println(peak); //แสดงค่า peak ทาง Serial Monitor

if (peak > 1200 && peak < 1600) { //ถ้าค่า peak มีค่ามากกว่า 1200 และน้อยกว่า 1600
  digitalWrite(led0,HIGH); //ตัวแปร led0 มีสถานะเป็น HIGH
  ans = 1; //ตัวแปร ans เท่ากับ 1
  Serial.println(ans); //แสดงค่า ans ทาง Serial Monitor
}
else{ //ถ้านอกเหนือเงื่อนไขก่อนหน้า
  digitalWrite(led0,LOW); //ตัวแปร led0 มีสถานะเป็น LOW
  ans = 0; //ตัวแปร ans เท่ากับ 0
  Serial.println(ans); //แสดงค่า ans ทาง Serial Monitor
}

if (digitalRead(sensor1) == HIGH || digitalRead(sensor2) == HIGH){ //ถ้า sensor1 หรือ
sensor2 มีสถานะเป็น HIGH
  while(ans==1){
    digitalWrite(G1,HIGH); //ตัวแปร G1 มีสถานะเป็น HIGH
    digitalWrite(R2,HIGH);
    digitalWrite(R3,HIGH);
    digitalWrite(R4,HIGH);
    digitalWrite(R1,LOW);
    digitalWrite(Y1,LOW);
    digitalWrite(Y2,LOW);
    digitalWrite(Y3,LOW);
    digitalWrite(Y4,LOW);
    digitalWrite(G2,LOW);
    digitalWrite(G3,LOW);
    digitalWrite(G4,LOW);
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(2000); //หน่วงเวลา

if (peak > 1000 && peak < 1700) { //ถ้าค่า peak มีค่ามากกว่า 1000 และน้อยกว่า
1700
    ans = 0; //ตัวแปร ans เท่ากับ 0
    Serial.println(ans); //แสดงค่า ans ทาง Serial Monitor
}
if (digitalRead(sensor1) == LOW && digitalRead(sensor2) == LOW) { //ถ้า sensor1
หรือ sensor2 มีสถานะเป็น LOW
    ans = 0; //ตัวแปร ans เท่ากับ 0
    Serial.println(ans); //แสดงค่า ans ทาง Serial Monitor
}
if (ans==0){ //ถ้าตัวแปร ans มีค่าเท่ากับ 0
    traffic(); //ให้ทำงานในฟังก์ชัน traffic
}
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#โค้ดประมวลผลภาพความเร็วและบันทึกภาพลงฐานข้อมูล

```
import cv2 // เรียกใช้ libraly cv2
import mysql.connector // เรียกใช้ libraly mysql
import numpy as np // เรียกใช้ libraly numpy as np
from time import sleep // เรียกใช้การหน่วงเวลา
from constantes import *
import time // เรียกใช้การบันทึกเวลา
import datetime // เรียกใช้การบันทึกวันเวลา
import RPi.GPIO as GPIO เรียกใช้ port GPIO

GPIO.setwarnings(False)

GPIO.setmode(GPIO.BCM) เลือกโหมดของ GPIO เป็นแบบ BCM
data=17 // ตัวแปร data เท่ากับ port 17
data2=4 // ตัวแปร data2 เท่ากับ port 4
led1=27 // ตัวแปร led1 เท่ากับ port 27
led2=22 // ตัวแปร led2 เท่ากับ port 22

GPIO.setup(led1,GPIO.OUT) // กำหนด led1 เป็น output
GPIO.setup(led2,GPIO.OUT) // กำหนด led2 เป็น output
GPIO.setup(data,GPIO.OUT) // กำหนด data เป็น output
GPIO.setup(data2,GPIO.OUT) // กำหนด data2 เป็น output

lower_red = np.array([150, 100, 130]) //กำหนดค่าสีของสีแดง
upper_red = np.array([180, 255, 255])

lower_blue = np.array([100, 150, 100]) //กำหนดค่าสีของสีน้ำเงิน
upper_blue = np.array([120, 255, 255])

largura_min=80
altura_min=80
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

offset=11 // ขดเซยแกน x ของเส้นที่1 11 หน่วย
offset2=10 // ขดเซยแกน x ของเส้นที่2 10 หน่วย
offset3=12 // ขดเซยแกน x ของเส้นที่3 12 หน่วย
pos1_linha=270 // วางเส้นตรงเส้นที่1 ที่ตำแหน่ง 270
L1 = 330 // เพิ่มความยาวเส้นที่1 ทางซ้าย 330 หน่วย
R1 = 50 // เพิ่มความยาวเส้นที่1 ทางขวา 50 หน่วย
pos2 = 320 // วางเส้นตรงเส้นที่2 ที่ตำแหน่ง 320
L2 = 330 // เพิ่มความยาวเส้นที่2 ทางซ้าย 330 หน่วย
R2 = 20 // เพิ่มความยาวเส้นที่1 ทางขวา 50 หน่วย
pos_linha=250 // วางเส้นตรงเส้นที่3 ที่ตำแหน่ง 250
L3 = 330 // เพิ่มความยาวเส้นที่3 ทางซ้าย 330 หน่วย
R3 = 90 // เพิ่มความยาวเส้นที่1 ทางขวา 90 หน่วย
detec = [] // สร้างกรอบ
Speed = 0
delay= 110
st1 = time.time()
ans=0
ans2=0
fature = 0
count = 0
carros = 0
car = 0
caminhoes = 0

```

```
def pega_centro(x, y, largura, altura):
```

```

    x1 = largura // 2
    y1 = altura // 2
    cx = x + x1
    cy = y + y1
    return cx, cy

```

```
def set_info(detec):
```

```

    global carros,car

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (x, y) in detec:
    if (pos_linha + offset) > y > (pos_linha - offset):
        carros += 1

def show_info(frame1, dilatada):
    text1 = f'Carros: {carros} /1 min.' // แสดงข้อความบนวีดีโอ
    cv2.putText(frame1, text1, (120, 50), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0, 0, 255), 3)
// ใส่ขนาดและตำแหน่งตัวอักษร
    cv2.imshow("Video Original", frame1)

def Speed_Cal(time): // เรียกใช้ฟังก์ชัน time
    global Speed
    try:
        Speed = (2.914*3600)/(time*1000)
        return Speed
    except ZeroDivisionError:
        print('Error')

cap = cv2.VideoCapture(0) // เปิดกล้อง
subtracao = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2() // สร้างแบล็กกราวด์

while True:
    dt = str(datetime.datetime.now())
    fetures = int(time.time())
    ret , frame1 = cap.read()
    img = cv2.cvtColor(frame1,cv2.COLOR_BGR2HSV) // แปลงภาพ BGR เป็นรูปแบบ HSV
    mask1 = cv2.inRange(img, lower_red, upper_red) // ตรวจสอบสีแดงภายในภาพ
    mask2 = cv2.inRange(img, lower_blue, upper_blue) // // ตรวจสอบสีน้ำเงินภายในภาพ
    mask1_contours, hierarchy = cv2.findContours(mask1, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    mask2_contours, hierarchy = cv2.findContours(mask2, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

tempo = float(1/delay)
sleep(tempo)
grey = cv2.cvtColor(frame1,cv2.COLOR_RGB2GRAY) // ทำให้ภาพเป็นโทนขาวดำ
blur = cv2.GaussianBlur(grey,(3,3),5) // เบลอภาพ
img_sub = subtracao.apply(blur)
dilat = cv2.dilate(img_sub,np.ones((5,5)))
kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE, (5, 5))
dilatada = cv2.morphologyEx (dilat, cv2. MORPH_CLOSE , kernel)
dilatada = cv2.morphologyEx (dilatada, cv2. MORPH_CLOSE , kernel)
_,contours, _ =
cv2.findContours(dilatada,cv2.RETR_TREE,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
contorno,h=cv2.findContours(dilatada,cv2.RETR_TREE,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

cv2.line(frame1, (L1, pos1_linha), (R1, pos1_linha), (255,127,0), 3) // สร้างเส้นตรงที่ 1
cv2.line(frame1, (L2, pos2), (R2, pos2), (0,255,0), 3) // สร้างเส้นตรงที่ 2
cv2.line(frame1, (L3, pos_linha), (R3, pos_linha), (0, 0, 255), 3) // สร้างเส้นตรงที่ 3

if GPIO.input(data2)==0: // ถ้าตัวแปร data2 เท่ากับ 0
    ans2=1 // ตัวแปร ans2 เท่ากับ 1
if GPIO.input(data2)==1: // ถ้าตัวแปร data2 เท่ากับ 1
    ans2=0 // ตัวแปร ans2 เท่ากับ 1
    print('ตรวจเจอความถี่') // แสดงข้อความทาง Serail port

if ans2==0: // ถ้าตัวแปร ans2 เท่ากับ 0
    if len(mask1_contours) != 0:
        for mask_contour in mask1_contours:
            if cv2.contourArea(mask_contour) > 500:
                x, y, w, h = cv2.boundingRect(mask_contour)
                cv2.rectangle(frame1, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 3) // สร้างกรอบ

```

คอบัวตฤ

```

GPIO.output(led1,True) // ตัวแปร led1 มีสถานะเป็น HIGH
time.sleep(1) // หน่วงเวลา 1 วินาที
ans = 3 // ตัวแปร ans เท่ากับ 3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

print ('ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน' )

else:
    GPIO.output(led1,False) // ตัวแปร led1 มีสถานะเป็น LOW

if len(mask2_contours) != 0:
    for mask_contour in mask2_contours:
        if cv2.contourArea(mask_contour) > 500:
            x, y, w, h = cv2.boundingRect(mask_contour)
            cv2.rectangle(frame1, (x, y), (x + w, y + h), (255, 0, 0), 3) // สร้างกรอบ
            ครอบวัตถุ
            GPIO.output(led2,True) // ตัวแปร led2 มีสถานะเป็น HIGH
            time.sleep(1) // หน่วงเวลา 1 วินาที
            ans = 4 // ตัวแปร ans เท่ากับ 4
            print('ตรวจเจอไฟรถฉุกเฉิน') // แสดงข้อความทาง Serail port
        else:
            GPIO.output(led2,False) // ตัวแปร led1 มีสถานะเป็น LOW

for(i,c) in enumerate(contorno):
    (x,y,w,h) = cv2.boundingRect(c)
    validar_contorno = (w >= largura_min) and (h >= altura_min)
    if not validar_contorno:
        continue

    cv2.rectangle(frame1,(x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2) // สร้างกรอบครอบวัตถุ
    centro = pega_centro(x, y, w, h)
    centrol = pega_centrol(x, y, w, h)
    detec.append(centro)
    detec.append(centrol)

    cv2.circle(frame1, centro, 4, (0, 0,255), -1) // สร้างจุดตรงวัตถุ
    cv2.circle(frame1, centrol, 4, (0, 0,255), -1) // สร้างจุดตรงวัตถุ

if fetures > feture+60: // ถ้าตัวแปร fetures มากกว่า 60

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

print("ไฟแดง 60 วิเศษต์ค่าใหม่',fetures) // แสดงข้อความทาง Serail port
text1 = f'Carros: {carros} /1 min.' // แสดงข้อความบนวีดีโอ
fature = int(time.time())
cv2.putText(frame1, text1, (100, 50), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0, 0,
255), 3) // ใส่ขนาดและตำแหน่งตัวอักษร
cv2.imwrite('/var/www/html/carros/img'+ str(count) + '.png',frame1) //
บันทึกภาพลงโฟลเดอร์ carros
imgcar = '/carros/img'+ str(count) + '.png'
dt = str(datetime.datetime.now())

try:
connection = mysql.connector.connect(host='remotemysql.com', //
เชื่อมต่อฐานข้อมูล
database='ycEpYKIBjb',
user='ycEpYKIBjb',
password='!YhuAryLD0')

mysql_insert_query = """INSERT INTO realtime (imagecar, DateTime)
VALUES (%s,%s) """
valcar = (imgcar, dt)
cursor = connection.cursor()
cursor.execute(mysql_insert_query, valcar)
connection.commit()
print(cursor.rowcount, "บันทึก carros เรียบร้อย")
cursor.close()

except mysql.connector.Error as error:
print("บันทึกรูปภาพผิดพลาด".format(error)) // แสดงข้อความทาง Serail port

finally:
if connection.is_connected():
connection.close()
print("MySQL connection is closed")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if GPIO.input(data)==0: // ถ้าตัวแปร data มีค่าเท่ากับ 0
    ans=1 // ตัวแปร ans = 1
if GPIO.input(data)==1: // ถ้าตัวแปร data มีค่าเท่ากับ 1
    ans=0 // ตัวแปร ans = 0
    print ('ไฟแดง') // แสดงข้อความทาง Serail port

if ans==0: // ถ้าตัวแปร ans = 0
    for (x,y) in detec:
        if y < (pos1_linha+offset) and y>(pos1_linha -offset):
            count =count+1 // เพิ่มค่า 1 ค่า
            st1 = time.time() // บันทึกเวลาที่ตัวแปร st1
            cv2.line(frame1, (L1, pos1_linha), (R1, pos1_linha), (0,255,0), 3)
            detec.remove((x,y))

        if y<(pos2+offset2) and y>(pos2-offset2):
            count =count+1 // เพิ่มค่า 1 ค่า
            st2 = time.time() // บันทึกเวลาที่ตัวแปร st2
            cv2.line(frame1, (L2, pos2), (R2, pos2), (0,0,255), 3)
            Speed = Speed_Cal(st2 - st1) // ใช้ฟังก์ชัน speed
            detec.remove((x,y))

        if Speed >=20 and Speed <= 90: // ถ้า speed มีค่าระหว่าง 20 ถึง 90
            print(Speed)
            st3 = time.time()
            cv2.putText(frame1, "Speed : " + str(Speed), (20, 70),
            cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 2, (0, 0, 255),5) // ใส่ขนาดและตำแหน่งตัวอักษร
            cv2.imwrite('/var/www/html/speedCar/img'+ str(count) +
            '.png',frame1) // บันทึกภาพไปยังโฟลเดอร์ speedCar

            img = '/speedCar/img'+ str(count) + '.png'
            dt = str(datetime.datetime.now())

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

try:
    connection =
mysql.connector.connect(host='remotemysql.com',
                        database='ycEpYKIBjb',
                        user='ycEpYKIBjb',
                        password='lYhuAryLD0')

mySql_insert_query = """INSERT INTO traffictable (image,
DateTime)
VALUES
(%s,%s) """
val = (img, dt)
cursor = connection.cursor()
cursor.execute(mySql_insert_query, val)
connection.commit()
print(cursor.rowcount, "บันทึกรูปภาพเรียบร้อยแล้ว")
cursor.close()

except mysql.connector.Error as error:
    print("บันทึกรูปภาพผิดพลาด".format(error))

finally:
    if connection.is_connected():
        connection.close()
        print("MySQL connection is closed")

print(st3-st2)
count = count+1 // เพิ่มค่า 1 ค่า
else :
    Speeds = Speed

```

set_info(detec)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
show_info(frame1, dilatada)
cv2.imshow("Video Original" , frame1) // โชว์วิดีโอ

if cv2.waitKey(1) == 27:
    break

cv2.destroyAllWindows()
cap.release()
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#โค้ดประมวลผลภาพป้ายทะเบียนรถและบันทึกภาพลงฐานข้อมูล

```

import cv2 // เรียกใช้ libraly cv2
import mysql.connector // เรียกใช้ libraly mysql
import numpy as np // เรียกใช้ libraly numpy as np
from time import sleep // เรียกใช้การหน่วงเวลา
from constantes import *
import time // เรียกใช้การบันทึกเวลา
import datetime // เรียกใช้การบันทึกวันเวลา
import RPi.GPIO as GPIO // เรียกใช้ port GPIO

GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM) // เลือกโหมดของ GPIO เป็นแบบ BCM
data=17 // ตัวแปร data เท่ากับ port 17
led=4 // ตัวแปร led เท่ากับ port 4
GPIO.setup(led,GPIO.OUT) // กำหนด led1 เป็น output
GPIO.setup(data,GPIO.OUT) // กำหนด data เป็น output

count = 0
L2 = 550 // เพิ่มความยาวทางซ้าย 550 หน่วย
R2 = 100 // เพิ่มความยาวทางขวา 100 หน่วย
pos_linha=170 // วางเส้นตรงที่ตำแหน่ง 170
offset=11 // ชดเชยแกน x เท่ากับ 11 หน่วย
ans = 0

def pega_centro(x, y, largura, altura):
    x1 = largura // 2
    y1 = altura // 2
    cx = x + x1
    cy = y + y1
    return cx, cy

def set_info(detec):
    global carros,car

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (x, y) in detec:
    if (pos_linha + offset) > y > (pos_linha - offset):
        cv2.line(frame1, (L2, pos_linha), (R2, pos_linha), (0, 127, 255), 3) // ใส่เส้น
อ่าอิงในวิดีโอ
        detec.remove((x, y))

def show_info(frame1, dilatada):
    cv2.putText(frame1, text1, (100, 70), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 2, (0, 0, 255), 5)
    cv2.imshow("Video Original", frame1)

carros = car = caminhoes = 0
cap = cv2.VideoCapture(0) // เปิดกล้อง
subtracao = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2() // สร้างแบ็กกราวด์

while True:
    ret, frame1 = cap.read()
    tempo = float(1/delay)
    sleep(tempo)
    grey = cv2.cvtColor(frame1, cv2.COLOR_RGB2GRAY) // ทำให้ภาพเป็นโทนขาวดำ
    blur = cv2.GaussianBlur(grey, (3,3), 5) // เบลอภาพ
    img_sub = subtracao.apply(blur)
    dilat = cv2.dilate(img_sub, np.ones((5,5)))
    kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE, (5, 5))
    dilatada = cv2.morphologyEx (dilat, cv2. MORPH_CLOSE , kernel)
    dilatada = cv2.morphologyEx (dilatada, cv2. MORPH_CLOSE , kernel)
    contorno,h=cv2.findContours(dilatada,cv2.RETR_TREE,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

    cv2.line(frame1, (L2, pos_linha), (R2, pos_linha), (255, 127, 0), 3) // สร้างเส้นตรง

    for (i, c) in enumerate(contorno):
        (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(c)
        validar_contorno = (w >= largura_min) and (h >= altura_min)
        if not validar_contorno:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
continue
```

```
cv2.rectangle(frame1, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 2) // สร้างกรอบคอบวัตถุ
centro = pega_centro(x, y, w, h)
detec.append(centro)
cv2.circle(frame1, centro, 4, (0, 0, 255), -1)
```

```
if GPIO.input(data)==0: // ถ้าตัวแปร data มีค่าเท่ากับ 0
```

```
    ans=1 // ตัวแปร ans = 1
```

```
if GPIO.input(data)==1: // ถ้าตัวแปร data มีค่าเท่ากับ 1
```

```
    ans=0 // ตัวแปร ans = 0
```

```
if (ans==0): // ถ้าตัวแปร ans = 0
```

```
    for (x,y) in detec:
```

```
        if (pos_linha + offset) > y > (pos_linha - offset):
```

```
            cv2.imwrite('/var/www/html/licensecar/img'+ str(count) + '.png',frame1)
```

```
// บันทึกภาพไปยังโฟลเดอร์ licensecar
```

```
            count = count+1 // เพิ่มค่า 1 ค่า
```

```
            imgcar = '/licensecar/img'+ str(count) + '.png'
```

```
            dt = str(datetime.datetime.now())
```

```
            try:
```

```
                connection = mysql.connector.connect(host='remotemysql.com',
```

```
                database='ycEpYKIBjb',
```

```
                user='ycEpYKIBjb',
```

```
                password='!YhuAryLD0')
```

```
                mySql_insert_query = """INSERT INTO license (imagecar, test)
```

```
                VALUES
```

```
                (%s,%s) """
```

```
                val = (imgcar, dt)
```

```
                cursor = connection.cursor()
```

```
                cursor.execute(mySql_insert_query, val)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

connection.commit()
print(cursor.rowcount, "บันทึกรูปภาพเรียบร้อยแล้ว")
cursor.close()

except mysql.connector.Error as error:
    print("บันทึกรูปภาพผิดพลาด".format(error))

finally:
    if connection.is_connected():
        connection.close()
        print("MySQL connection is closed")

set_info(detec)
show_info(frame1, dilatada)
cv2.imshow("Video Original" , frame1) // โชว์วิดีโอ

if cv2.waitKey(1) == 27:
    break

cv2.destroyAllWindows()
cap.release()

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คู่มือการใช้งานโครงงานระบบไฟจราจรอัจฉริยะ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
 ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งาน

1. ทำการเสียบปลั๊กไฟ เพื่อเปิดเครื่อง ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 เสียบปลั๊ก

2. กดสวิตช์เพื่อตั้งเวลาไฟเหลือง ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 การตั้งเวลาไฟเหลือง

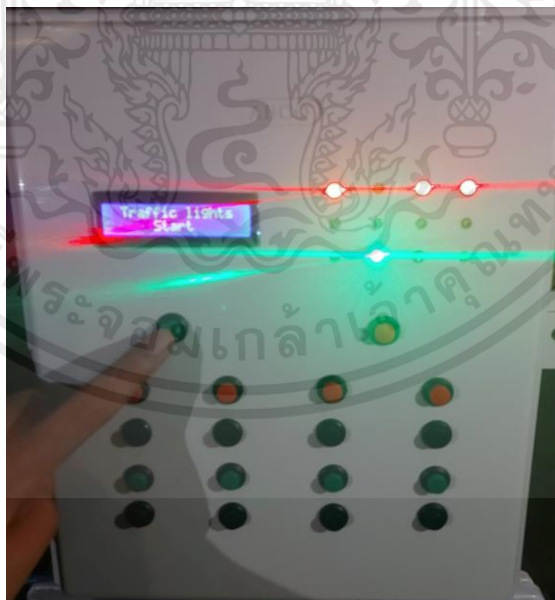
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดสวิตช์เพื่อตั้งเวลาไฟเขียว ดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 การตั้งเวลาไฟเขียว

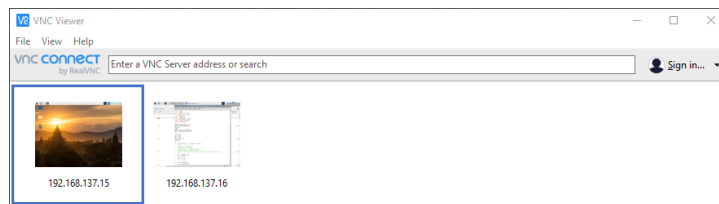
4. กดปุ่ม start เพื่อเริ่มการทำงาน ดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 เริ่มการทำงานโดยปุ่ม Start

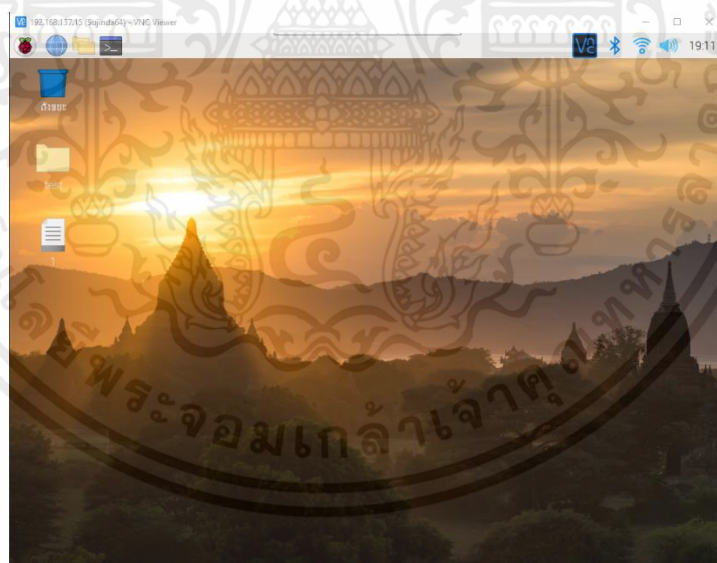
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เปิดโปรแกรม VNC Viewer และเลือก IP ของรหัสเบอร์รีพาย ดังรูปที่ ข.5



รูปที่ ข.5 เลือก IP ของรหัสเบอร์รีพาย

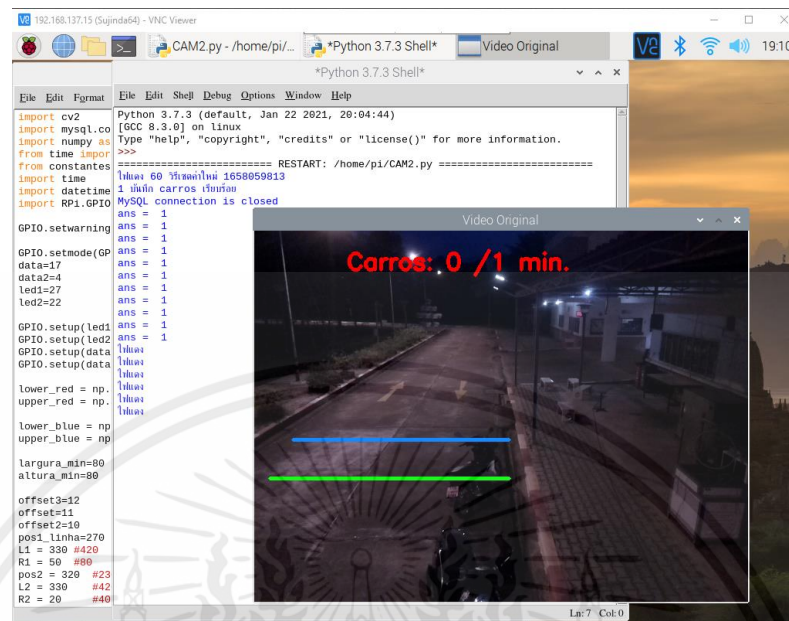
6. เปิดหน้าจอของรหัสเบอร์รีพาย ดังรูปที่ ข.6



รูปที่ ข.6 หน้าจอของรหัสเบอร์รีพาย

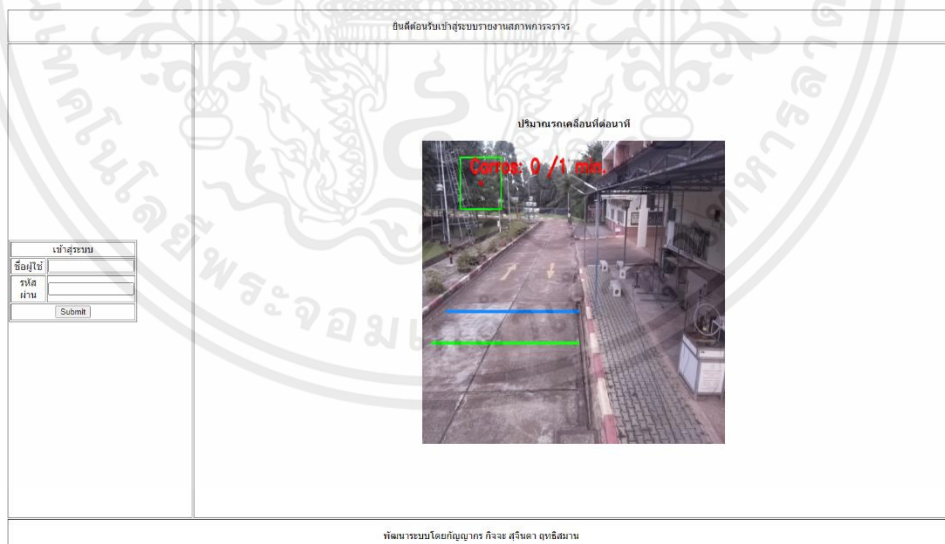
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เปิดหน้าต่าง Python จากนั้น run program เพื่อเปิดกล้อง ดังรูปที่ ข.7



รูปที่ ข.7 run program

8. เปิดเว็บเบราว์เซอร์เพื่อเข้าหน้าเว็บเพจ ดังรูปที่ ข.8



รูปที่ ข.8 หน้าเว็บเพจส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานส่วนของเจ้าหน้าที่ ดังรูปที่ ข.9

เข้าสู่ระบบ	
ชื่อผู้ใช้	<input type="text"/>
รหัสผ่าน	<input type="text"/>
<input type="submit" value="Submit"/>	

รูปที่ ข.9 เข้าสู่ระบบ

10. หน้าเว็บเพจส่วนของเจ้าหน้าที่ ดังรูปที่ ข.10 และรูปที่ ข.11

ข้อมูลรถผู้ฝ่าไฟแดง		
ลำดับที่	รูปภาพความเร็ว	วัน เวลา
321		2022-05-26 15:24:23
322		2022-05-26 15:25:46
323		2022-05-26 15:26:47
324		2022-05-26 15:28:18

รูปที่ ข.10 เว็บเพจส่วนของเจ้าหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รูปภาพเบี่ยงเบนจาก	วัน เวลา
358		2022-06-03 18:01:59
359		2022-06-03 18:04:01
363		2022-06-03 18:04:37
364		2022-06-03 18:04:45

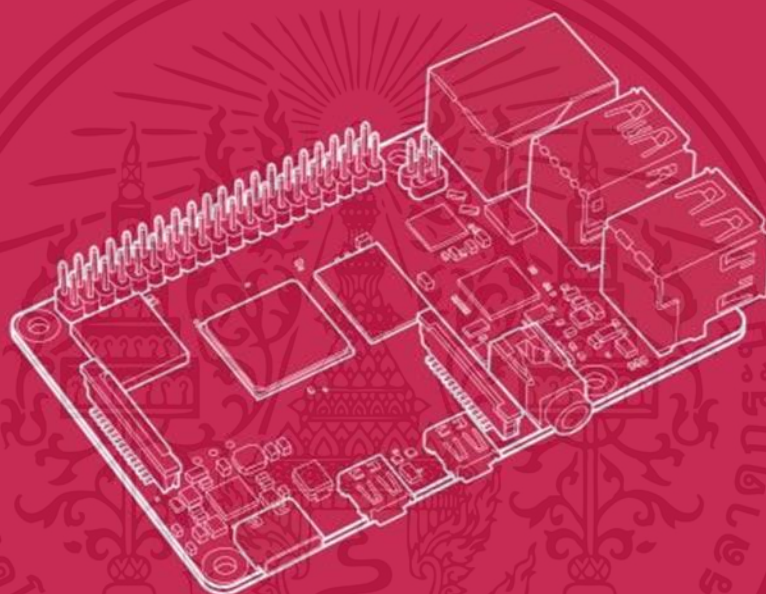
รูปที่ ข.11 เว็บเพจส่วนของเจ้าหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Raspberry Pi 4 Computer Model B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview



Raspberry Pi 4 Model B is the latest product in the popular Raspberry Pi range of computers. It offers ground-breaking increases in processor speed, multimedia performance, memory, and connectivity compared to the prior-generation Raspberry Pi 3 Model B+, while retaining backwards compatibility and similar power consumption. For the end user, Raspberry Pi 4 Model B provides desktop performance comparable to entry-level x86 PC systems.

This product's key features include a high-performance 64-bit quad-core processor, dual-display support at resolutions up to 4K via a pair of micro-HDMI ports, hardware video decode at up to 4Kp60, up to 4GB of RAM, dual-band 2.4/5.0 GHz wireless LAN, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, USB 3.0, and PoE capability (via a separate PoE HAT add-on).

The dual-band wireless LAN and Bluetooth have modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced compliance testing, improving both cost and time to market.

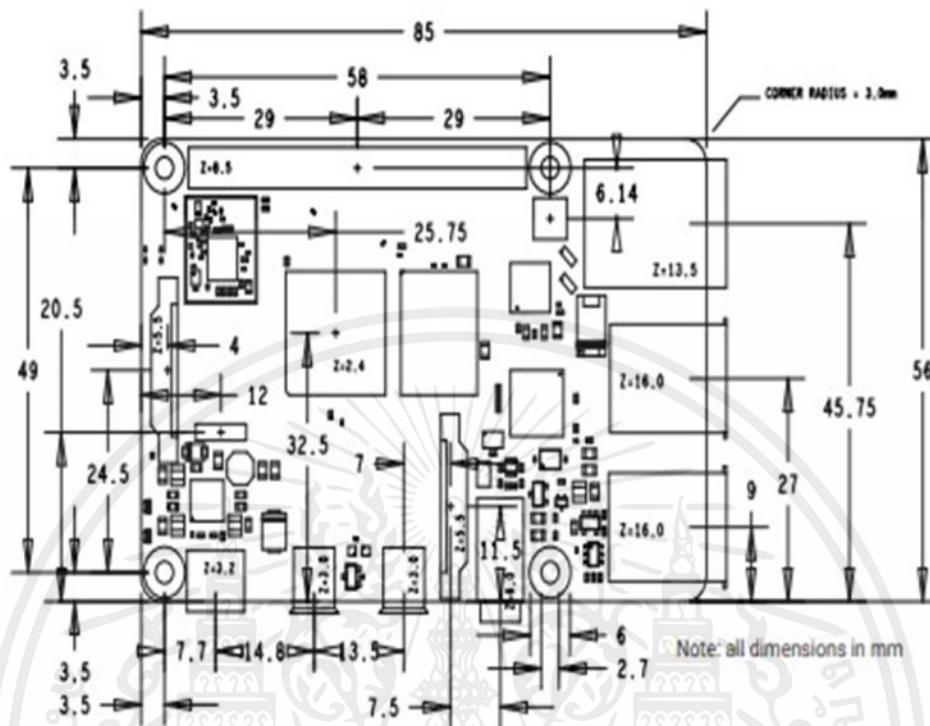
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification

Processor:	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Memory:	1GB, 2GB or 4GB LPDDR4 (depending on model)
Connectivity:	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports.
GPIO:	Standard 40-pin GPIO header (fully backwards-compatible with previous boards)
Video & sound:	2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported) 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 4-pole stereo audio and composite video port
Multimedia:	H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics
SD card support:	Micro SD card slot for loading operating system and data storage
Input power:	5V DC via USB-C connector (minimum 3A ¹) 5V DC via GPIO header (minimum 3A ¹) Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature 0–50°C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/conformity.md
Production lifetime:	The Raspberry Pi 4 Model B will remain in production until at least January 2026.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Specifications



WARNINGS

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/3A DC or 5.1V/ 3A DC minimum¹. Any external power supply used with the Raspberry Pi 4 Model B shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- This product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface in use and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance and result in damage to the unit and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- Where peripherals are connected that do not include the cable or connector, the cable or connector must offer adequate insulation and operation in order that the relevant performance and safety requirements are met.

SAFETY INSTRUCTIONS

To avoid malfunction or damage to this product please observe the following:

- Do not expose to water, moisture or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose it to heat from any source; Raspberry Pi 4 Model B is designed for reliable operation at normal ambient room temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Avoid handling the printed circuit board whilst it is powered and only handle by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท ไรaspberry Pi จำกัด ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Arduino Mega 2560 Datasheet

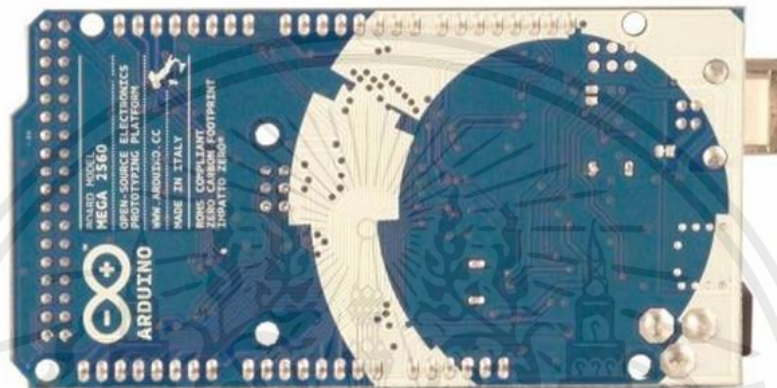


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



www.robotshop.com

La robotique à votre service! - Robotics at your service!



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



La robotique à votre service! - Robotics at your service!



Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an Input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove or Decimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a `Wire` library to simplify use of the I²C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



communicates using the original STK500 protocol ([reference, C header files](#)). You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data. The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Decimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Decimila. *Please note that I²C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Decimila (analog inputs 4 and 5).*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVERLIGHT

Technical Data Sheet

5 mm Round White LED (T-1 3/4)

Preliminary**334-15/T1C1-4WYA****Features**

- Popular T-1 3/4 colorless 5mm package.
- High luminous power.
- Typical chromaticity coordinates $x=0.30$, $y=0.29$ according to CIE1931.
- Bulk, available taped on reel.
- ESD-withstand voltage: up to 4KV
- The product itself will remain within RoHS compliant version.

**Descriptions**

- The series is designed for application required high luminous intensity.
- The phosphor filled in the reflector converts the blue emission of InGaN chip to ideal white.

Applications

- Outdoor Displays
- Optical Indicators
- Backlighting
- Marker Lights

Device Selection Guide

PART NO.	Chip		Lens Color
	Material	Emitted Color	
334-15/T1C1-4WYA	InGaN	White	Water Clear

Everlight Electronics Co., Ltd.

<http://www.everlight.com>

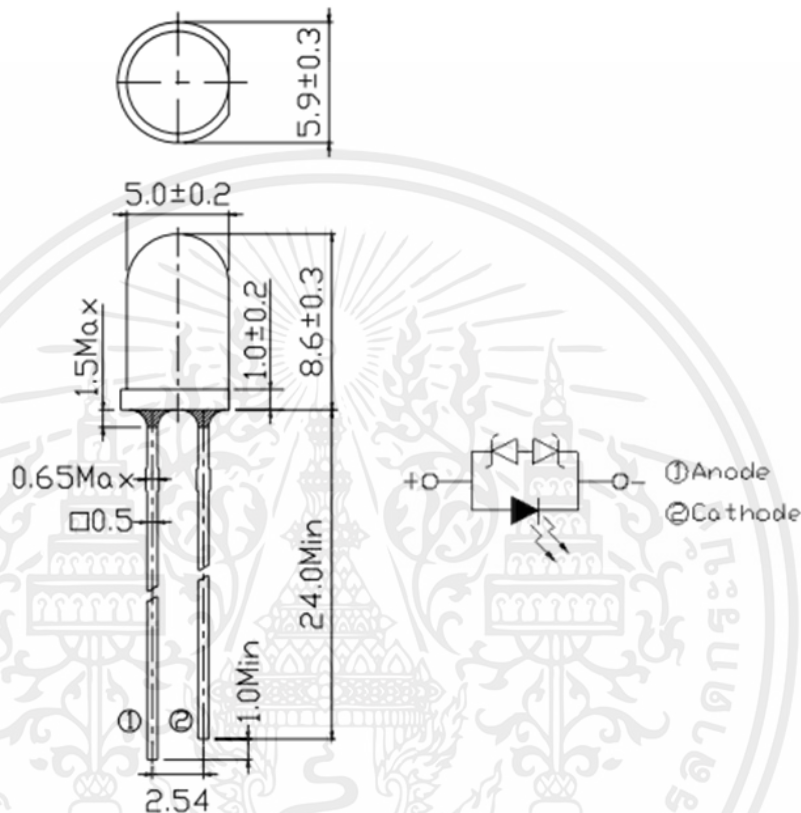
Rev: Page: 1 of 10

Device Number:

Established date:3-7-2007

Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVERLIGHT
Technical Data Sheet
5 mm Round White LED (T-1 3/4)
Preliminary**334-15/T1C1-4WYA****Package Dimensions****Notes:**

1. All dimensions are in millimeters, and tolerance is 0.25mm except being specified.
2. Lead spacing is measured where the lead emerges from the package.
3. Protruded resin under flange is 1.5mm Max. LED.

Everlight Electronics Co., Ltd.

<http://www.everlight.com>

Rev: Page: 2 of 10

Device Number:

Established date: 3-7-2007

Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVERLIGHT

Technical Data Sheet

5 mm Round White LED (T-1 3/4)

Preliminary**334-15/T1C1-4WYA****Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)**

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Continuous Forward Current	I_F	30	mA
Peak Forward Current(Duty /10 @ 1KHZ)	I_{FP}	100	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Operating Temperature	T_{opr}	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ +100	°C
Soldering Temperature (T=5 sec)	T_{sol}	260 ± 5	°C
Power Dissipation	P_d	100	mW
Zener Reverse Current	I_z	100	mA
Electrostatic Discharge	ESD	4K	V

Everlight Electronics Co., Ltd.

<http://www.everlight.com>

Rev: Page: 3 of 10

Device Number:

Established date:3-7-2007

Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

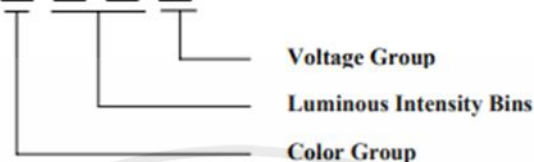
EVERLIGHT

Technical Data Sheet

5 mm Round White LED (T-1 3/4)

Preliminary**334-15/T1C1-4WYA****Production Designation**

334-15/T1C1-□ □ □ □

**Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)**

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Forward Voltage	V_F	$I_F=20\text{mA}$	3.0	----	3.6	V
Zener Reverse Voltage	V_Z	$I_Z=5\text{mA}$	5.2	----	----	V
Reverse Current	I_R	$V_R=5\text{V}$	----	----	50	μA
Luminous Intensity	I_V	$I_F=20\text{mA}$	14250	----	28500	mcd
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$	$I_F=20\text{mA}$	----	15	----	deg
Chromaticity Coordinates	x	$I_F=20\text{mA}$	----	0.30	----	
	y		----	0.29	----	

Everlight Electronics Co., Ltd.
Device Number:

<http://www.everlight.com>
Established date:3-7-2007

Rev: Page: 4 of 10
Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVERLIGHT**Technical Data Sheet****5 mm Round White LED (T-1 3/4)****Preliminary****334-15/T1C1-4WYA****Luminous Intensity Combination (mcd at 20mA)**

Rank	Min	Max
W	14250	18000
X	18000	22500
Y	22500	28500

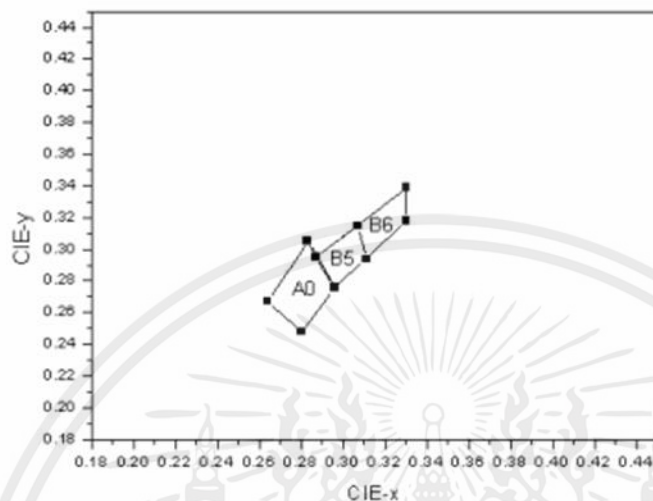
*Measurement Uncertainty of Luminous Intensity: $\pm 15\%$ **Forward Voltage Combination (V at 20mA)**

Group	A			
	0	1	2	3
Rank	0	1	2	3
Min.	2.80	3.00	3.20	3.40
Max.	3.00	3.20	3.40	3.60

*Measurement Uncertainty of Forward Voltage : $\pm 0.1V$ **Color Combination (at 20mA)**

Group	Bins
4	A0+B5+B6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVERLIGHT
Technical Data Sheet
5 mm Round White LED (T-1 3/4)
Preliminary**334-15/T1C1-4WYA****CIE Chromaticity Diagram****Color Ranks (IF=20mA , Ta=25°C)**

Color Ranks		CIE			
A0	X	0.264	0.283	0.296	0.28
	Y	0.267	0.305	0.267	0.248
B5	X	0.287	0.307	0.311	0.296
	Y	0.295	0.315	0.294	0.276
B6	X	0.307	0.33	0.33	0.311
	Y	0.315	0.339	0.318	0.294

*Measurement uncertainty of the color coordinates : ± 0.01

Everlight Electronics Co., Ltd.

<http://www.everlight.com>

Rev: Page: 6 of 10

Device Number:

Established date:3-7-2007

Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



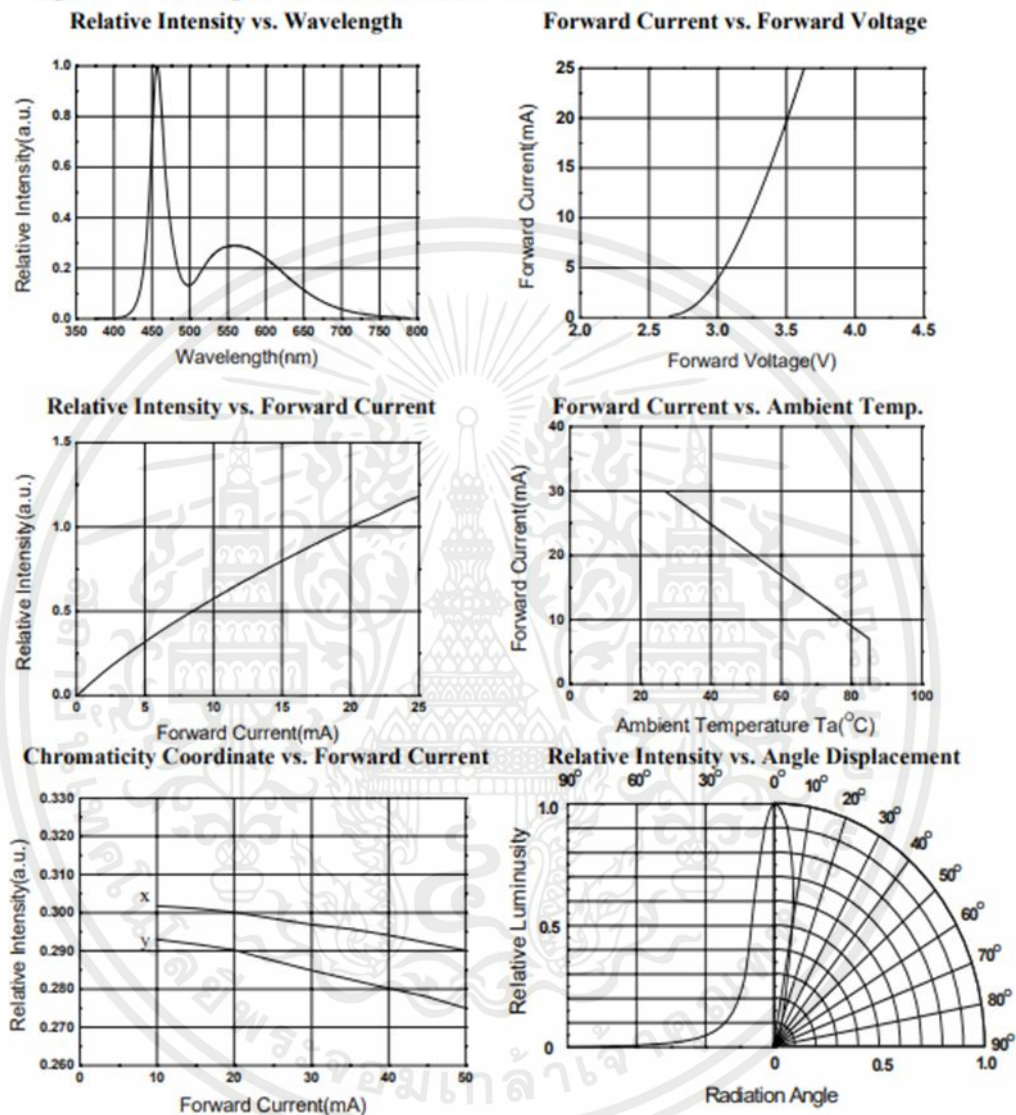
Technical Data Sheet

5 mm Round White LED (T-1 3/4)

Preliminary

334-15/T1C1-4WYA

Typical Electro-Optical Characteristics Curves



Everlight Electronics Co., Ltd.

<http://www.everlight.com>

Rev: Page: 7 of 10

Device Number:

Established date: 3-7-2007

Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVERLIGHT




Technical Data Sheet

5 mm Round White LED (T-1 3/4)

Preliminary**334-15/T1C1-4WYA****Packing Quantity Specification**

1. 500PCS/1Bag · 5Bags/1Box
2. 10Boxes/1Carton

Label Form Specification

EVERLIGHT		CPN: Customer's Production Number
CPN:		P/N: Production Number
P/N:		QTY: Packing Quantity
	RoHS	CAT: Ranks of Luminous Intensity and Forward Voltage
334-15/T1C1-4WYA		HUE: Color Rank
QTY :	CAT:	REF: Reference
	HUE:	LOT No: Lot Number
LOT NO :	REF:	MADE IN TAIWAN: Production Place
		
MADE IN TAIWAN		

Everlight Electronics Co., Ltd.
Device Number:

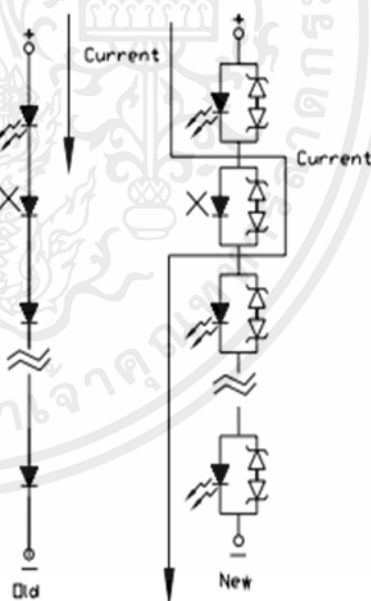
<http://www.everlight.com>
Established date:3-7-2007

Rev: Page: 8 of 10
Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVERLIGHT**Technical Data Sheet****5 mm Round White LED (T-1 3/4)****Preliminary****334-15/T1C1-4WYA****Notes**

1. Above specification may be changed without notice. EVERLIGHT will reserve authority on material change for above specification.
2. When using this product, please observe the absolute maximum ratings and the instructions for using outlined in these specification sheets. EVERLIGHT assumes no responsibility for any damage resulting from use of the product which does not comply with the absolute maximum ratings and the instructions included in these specification sheets.
3. These specification sheets include materials protected under copyright of EVERLIGHT corporation. Please don't reproduce or cause anyone to reproduce them without EVERLIGHT's consent.
4. Below the zener reference voltage V_z , all the current flows through LED and as the voltage rises to V_z , the zener diode "breakdown." If the voltage tries to rise above V_z current flows through the zener branch to keep the voltage at exactly V_z .
5. When the LED is connected using serial circuit, if either piece of LED is no light up but current can't flow through causing others to light down. In new design, the LED is parallel with zener diode. if either piece of LED is no light up but current can flow through causing others to light up



Everlight Electronics Co., Ltd.

<http://www.everlight.com>

Rev: Page: 9 of 10


Device Number:

Established date:3-7-2007

Established by: Amy Ma

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	SRD
---	---------------	-----



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil	Contact form
SRD	03 D5 D6 D9 I2 E4 H8 VDC	S: Sealed type F: Flux free type	L: 0.36W D: 0.45W	A: 1 form A B: 1 form B C: 1 form C

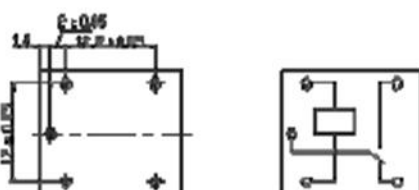
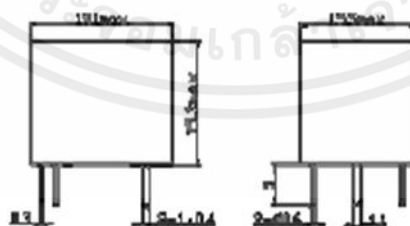
4. RATING

CCC	FILE NUMBER: CQC03001003729	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER: CQC03001003731	10A/250VDC
UL /CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R50056114	10A/250VAC 30VDC

5. DIMENSION (unit:mm)

DRILLING (unit:mm)

WIRING DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. COIL DATA CHART (AT20 ° C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) □	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	80	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

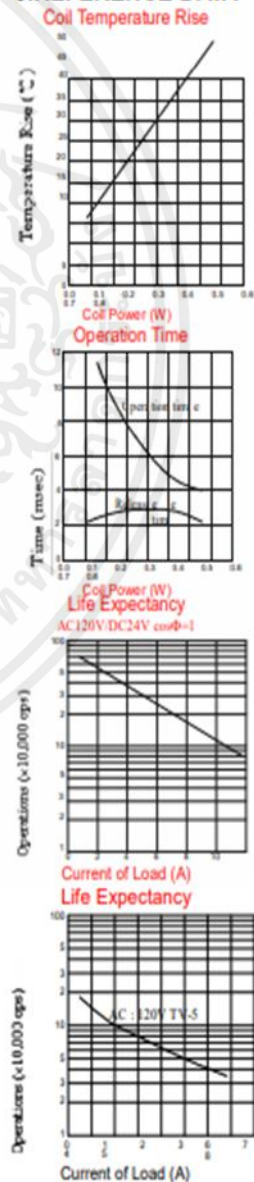
7. CONTACT RATING

Item	Type	SRD
	FORM C	FORM A
Contact Capacity	7A	10A 30VDC
Resistive Load (cosφ=1)	30VDC	10A 240VAC
Inductive Load (cosφ=0.4 L/R=7msec)	10A 125VAC	5A 120VAC
	10A 250VAC	5A 28VDC
Max. Allowable Voltage	3A 120VAC	
	3A 28VDC	
Max. Allowable Power Force	250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
	800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material	AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	SRD
Contact Resistance		100mΩ Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength	Between coil & contact	1500VAC 50/60HZ (1 minute)
	Between contacts	1000VAC 50/60HZ (1 minute)
	Insulation Resistance	100 MΩ Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching	Mechanically	300 operation/min
	Electrically	30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70 °C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration	Endurance	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
	Error Operation	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock	Endurance	100G Min.
	Error Operation	10G Min.
Life Expectancy	Mechanically	10 ⁷ operations. Min. (no load)
	Electrically	10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA



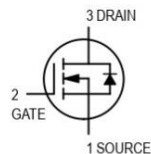
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by 2N7000/D

TMOS FET Transistor
N-Channel — Enhancement
2N7000

Motorola Preferred Device


 CASE 29-04, STYLE 22
 TO-92 (TO-226AA)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Drain-Source Voltage	V_{DS}	60	Vdc
Drain-Gate Voltage ($R_{GS} = 1.0\text{ M}\Omega$)	V_{DGR}	60	Vdc
Gate-Source Voltage	V_{GS}	± 20	Vdc
— Continuous	V_{GSM}	± 40	Vpk
— Non-repetitive ($t_p \leq 50\ \mu\text{s}$)			
Drain Current			mAdc
— Continuous	I_D	200	
— Pulsed	I_{DM}	500	
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	P_D	350	mW
Derate above 25°C		2.8	mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	357	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes, 1/16" from case for 10 seconds	T_L	300	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS				
Drain-Source Breakdown Voltage ($V_{GS} = 0, I_D = 10\ \mu\text{Adc}$)	$V_{(BR)DSS}$	60	—	Vdc
Zero Gate Voltage Drain Current ($V_{DS} = 48\ \text{Vdc}, V_{GS} = 0$) ($V_{DS} = 48\ \text{Vdc}, V_{GS} = 0, T_J = 125^\circ\text{C}$)	I_{DSS}	—	1.0 1.0	μAdc mAdc
Gate-Body Leakage Current, Forward ($V_{GSF} = 15\ \text{Vdc}, V_{DS} = 0$)	I_{GSSF}	—	-10	nAdc
ON CHARACTERISTICS(1)				
Gate Threshold Voltage ($V_{DS} = V_{GS}, I_D = 1.0\ \text{mAdc}$)	$V_{GS(th)}$	0.8	3.0	Vdc
Static Drain-Source On-Resistance ($V_{GS} = 10\ \text{Vdc}, I_D = 0.5\ \text{Adc}$) ($V_{GS} = 4.5\ \text{Vdc}, I_D = 75\ \text{mAdc}$)	$r_{DS(on)}$	—	5.0 6.0	Ohm
Drain-Source On-Voltage ($V_{GS} = 10\ \text{Vdc}, I_D = 0.5\ \text{Adc}$) ($V_{GS} = 4.5\ \text{Vdc}, I_D = 75\ \text{mAdc}$)	$V_{DS(on)}$	—	2.5 0.45	Vdc

 1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

REV 3

Motorola, Inc. 1997



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2N7000

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS(1) (continued)				
On-State Drain Current ($V_{GS} = 4.5\text{ Vdc}$, $V_{DS} = 10\text{ Vdc}$)	$I_{d(on)}$	75	—	mAdc
Forward Transconductance ($V_{DS} = 10\text{ Vdc}$, $I_D = 200\text{ mAdc}$)	g_{fs}	100	—	μmhos
DYNAMIC CHARACTERISTICS				
Input Capacitance	$(V_{DS} = 25\text{ V}$, $V_{GS} = 0$, $f = 1.0\text{ MHz}$)	C_{iss}	—	60
Output Capacitance		C_{oss}	—	25
Reverse Transfer Capacitance		C_{rss}	—	5.0
SWITCHING CHARACTERISTICS(1)				
Turn-On Delay Time	$(V_{DD} = 15\text{ V}$, $I_D = 500\text{ mA}$, $R_{gen} = 25\text{ ohms}$, $R_L = 25\text{ ohms}$)	t_{on}	—	10
Turn-Off Delay Time		t_{off}	—	10

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

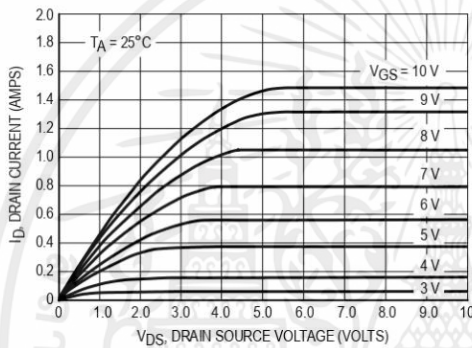


Figure 1. Ohmic Region

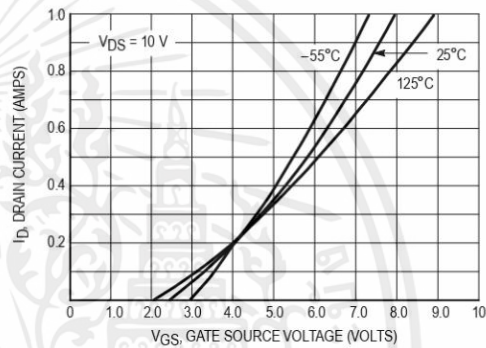


Figure 2. Transfer Characteristics

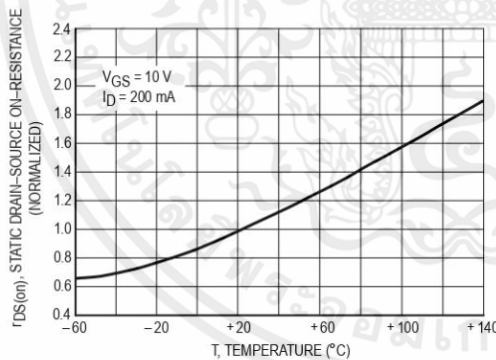


Figure 3. Temperature versus Static Drain-Source On-Resistance

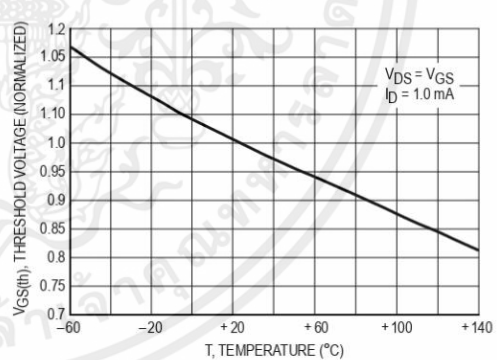
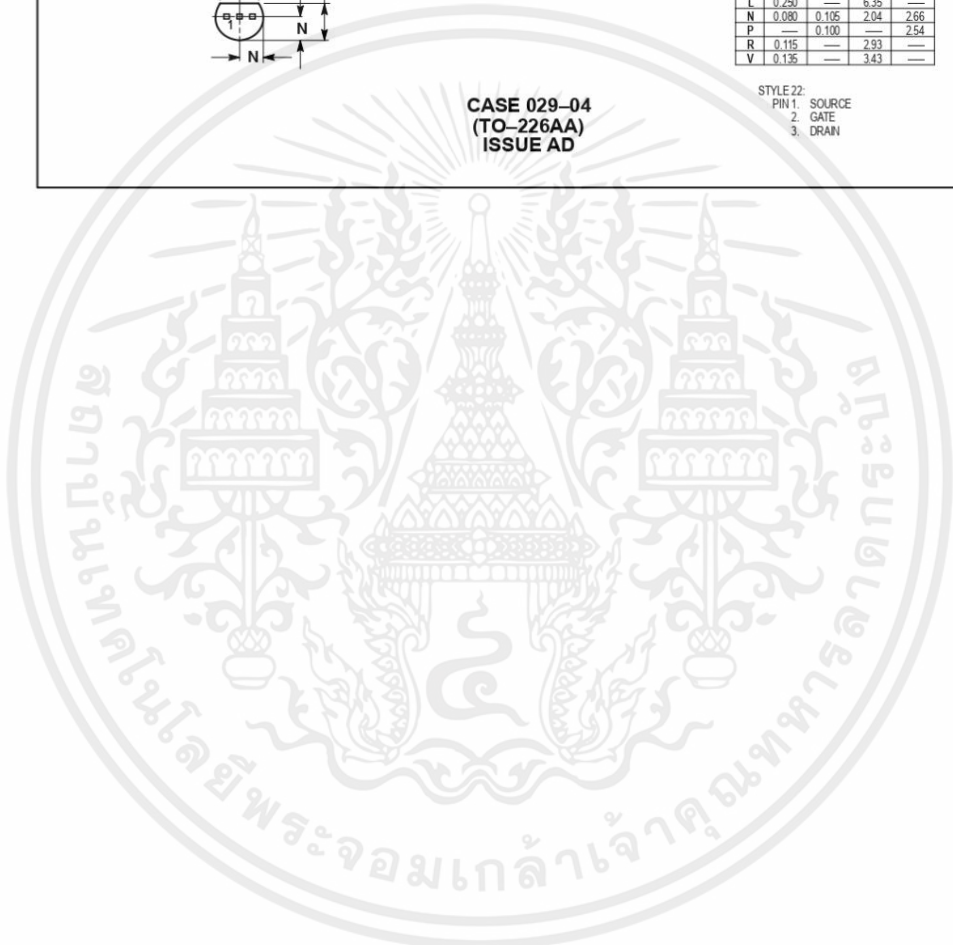
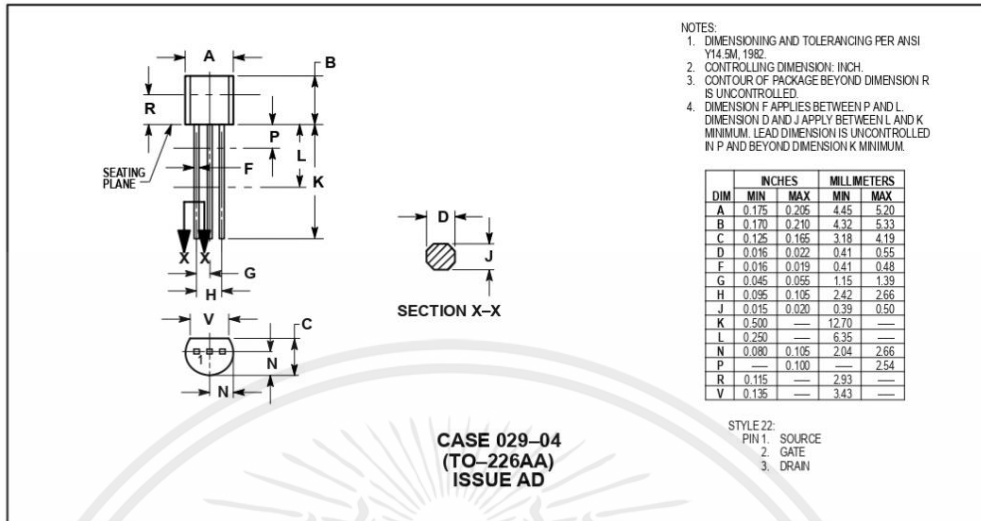


Figure 4. Temperature versus Gate Threshold Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2N7000

PACKAGE DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - สกุล

นางสาวกัญญากร กิจจะ

วัน เดือน ปีเกิด

23 กันยายน 2541

ที่อยู่

48/4 หมู่3 ต.สะพลี อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86230

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

วิทยาลัยเทคนิคชุมพร จังหวัดชุมพร

Tel. 0910135941

Email. 62201199@kmitl.ac.th



ชื่อ - สกุล

นายสุจินดา ฤทธิสมาน

วัน เดือน ปีเกิด

23 กรกฎาคม 2541

ที่อยู่

31/3 หมู่6 ต.นาทุ่ง อ.เมือง จ.ชุมพร 86000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

วิทยาลัยเทคนิคชุมพร จังหวัดชุมพร

Tel. 0987023224

Email. 62201214@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้