



หมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา
Blind Spot Eliminator

ธนภัทร แก้วจุลกาญจน์
Tanaphat Kaewjullakan
นราวิชญ์ นาคเล็ก
Narawit Naklek

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

A PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIRMENTS
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHONOLOGY SRIVIJAYA

2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เน้นตรวจสอบ
ปริญญานิพนธ์
24 ธ.ค. 68

หมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา

Blind Spot Eliminator

ธนภัทร แก้วจุลกาญจน์

Tanaphat Kaewjullakan

นราวิชญ์ นาคเล็ก

Narawit Naklek

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

A PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS

FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SRIVIJAYA

2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

Project Report Title : Blind Spot Eliminator
Name : Mr.Tanaphat Kaewjullakan
: Mr.Narawit Naklek
Major Field : Electrical Engineering

Major Advisor

.....
(Asst.Prof.Phithak Sathitwantana)

Examining Committee

..... Chairperson
(Asst.Prof.Somkid Suttisak)

..... Committee
(Asst.Prof.Channarong Pongraktham)

..... Committee
(Asst.Prof.Dr. Patimakorn Jantaraprim)

Accepted by the Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology
Srivijaya in Partial Fulfillment of the Requiements for the Degree of Bachelor of
Electrical Engineering.

.....
(Asst.Prof.Channarong Pongraktham)
Chief Curriculum/Head of Curriculum

หัวข้อปริญญานิพนธ์ : หมวกกันน็อกเตือนมูมอัสายตา
โดย : นายธนภัทร แก้วจุลภาณุ
: นายนราวิชญ์ นาคเล็ก
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สถิตววรรณะ
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาหมวกกันน็อกแจ้งเตือนมูมอัสายตาสำหรับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยมุ่งเน้นเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนผ่านระบบตรวจจับวัตถุด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกจำนวน 3 ตัว ที่ติดตั้งบริเวณด้านซ้าย ขวา และด้านหลังของหมวก โดยสามารถตรวจจับวัตถุในรัศมี 120 องศาบริเวณด้านหลังหมวกกันน็อกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีวัตถุเข้าใกล้ในระยะไม่เกิน 300 เซนติเมตร ระบบจะทำการแจ้งเตือนผู้ขับขี่ด้วยไฟ LED NeoPixel สีส้มหรือแดง พร้อมเสียงเตือนผ่าน Buzzer เพื่อให้ผู้ขับขี่เพิ่มความระมัดระวัง ทั้งนี้ระบบยังเชื่อมต่อกับกล้อง ESP32-CAM เพื่อบันทึกภาพเมื่อเกิดการแจ้งเตือน พร้อมระบบตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ ซึ่งจะแสดงไฟแจ้งเตือนสีแดงเมื่อแรงดันต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยระบบทั้งหมดทำงานผ่านบอร์ด ESP32-S ที่ได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน 7.4V พร้อมโมดูลชาร์จและโมดูลเพิ่มแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย โดยสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องประมาณ 3 ชั่วโมงต่อการชาร์จแบตเตอรี่เต็มหนึ่งครั้ง

คำสำคัญ : หมวกกันน็อกอัจฉริยะ, มูมอัสายตา, ESP32-CAM, เซนเซอร์อัลตราโซนิก, ระบบแจ้งเตือน

(ปริญญานิพนธ์นี้มีทั้งสิ้น 99 หน้า)

Project Report Title : Blind Spot Eliminator
Name : Mr.Tanaphat Kaewjullakan
: Mr.Narawit Naklek
Advisor : Asst.Prof.Phithak Sathitwantana
Major Field : Electrical Engineering
Academic Year : 2024

Abstract

This thesis aims to design and develop a blind spot warning helmet for motorcycle riders, with a focus on enhancing road safety. The system utilizes three ultrasonic sensors installed on the left, right, and rear sides of the helmet to detect nearby objects within a 300-centimeter range. It is capable of monitoring a 120-degree detection area behind the helmet. When an object is detected within the danger zone, the system alerts the rider using NeoPixel LEDs in orange or red, along with a buzzer sound to encourage increased awareness. Additionally, the system is connected to an ESP32-CAM module that captures images whenever a warning is triggered. A battery voltage monitoring feature is also included, which activates a red warning light when the voltage drops below the designated threshold. The entire system is operated by an ESP32-S board powered by a 7.4V lithium-ion battery, supported by charging and boost converter modules. The system can operate continuously for approximately 3 hours on a full battery charge.

Keywords: Smart Helmet, Blind Spot, ESP32-CAM, Ultrasonic Sensor, Warning System

(Total 99 pages)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้และการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สถิตวรรธนะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้ให้คำแนะนำ แนวทางในการพัฒนาโครงการ รวมถึงการแก้ไขปัญหาในแต่ละขั้นตอนอย่างใกล้ชิด ทั้งยังเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ อันเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้โครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจอย่างสม่ำเสมอ และให้การสนับสนุนทั้งในด้านกำลังใจและค่าใช้จ่ายมาโดยตลอด จนสามารถดำเนินการศึกษาและโครงการได้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณอาจารย์และบุคลากรทุกท่านในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความรู้ แนะนำ และคำปรึกษาในด้านวิชาการ และการดำเนินงานโครงการมาอย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียน และนักศึกษารุ่นพี่ รุ่นน้องในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่คอยให้ความช่วยเหลือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหา ตลอดระยะเวลาการทำโครงการ

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่เปิดโอกาสให้ศึกษา ค้นคว้า และสร้างสรรค์นวัตกรรม จนสามารถพัฒนาโครงการนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ และก้าวเข้าสู่การเป็นวิศวกรอย่างภาคภูมิใจ

ธนภัทร แก้วจุลกาญจน์

นราวิชญ์ นาคเล็ก

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2. งานวิจัย และทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 งานวิจัยและทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 ศึกษาระบบเตือนจุดบอดเชิงรุก (Proactive Blind Spot Warning - PBSW)	5
2.1.2 หลักการทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา	7
2.1.3 การกำหนดโซนจุดบอดของรถจักรยานยนต์	9
2.1.4 กระจกมองหลังแบบโปรเกรสซีฟ สำหรับมอเตอร์ไซค์	11
2.1.5 ทฤษฎีการมองเห็นของสายตามนุษย์	13
2.1.6 ทฤษฎีสีและการรับรู้ของมนุษย์	14
2.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ	16
2.2.1 ESP32 CAM	16
2.2.2 เซนเซอร์วัดระยะ AJ-SR04M	17
2.2.3 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) ขนาด 3.7V 2000 mAh	18

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.4 Mini 560 DC-DC Step-Down Converter 5A	18
2.2.5 บอร์ด ESP32S	19
2.2.6 Voltage Sensor Module	19
บทที่ 3. วิธีการดำเนินการ	21
3.1 ออกแบบกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา	23
3.1.1 อุปกรณ์ประกอบหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา	25
3.1.2 หลักการทำงานของโครงงาน	26
3.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ	27
3.2.1 บอร์ด ESP32S	27
3.2.2 บอร์ด ESP32-CAM	27
3.2.3 เซนเซอร์วัดระยะ AJ-SR04M	28
3.2.4 NeoPixel LED Strip	29
3.2.5 Buzzer	30
3.2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) ขนาด 3.7V 2000 mAh	31
3.2.7 BMS 2S 7.4V 8A โมดูลป้องกันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบ 2 เซลล์	31
3.2.8 Mini560 DC-DC Step-Down Converter 5A	33
3.2.9 Voltage Sensor Module	33
3.2.10 แผ่นวงจรบอร์ดไข่ปลา ขนาด 8x12 เซนติเมตร	34
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	35
3.3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบตรวจจับวัตถุและการแจ้งเตือน	35
3.3.2 ออกแบบระบบและการติดตั้งอุปกรณ์บนหมวกกันน็อค	37
3.3.3 การติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก	43
3.3.4 ทดสอบการจ่ายไฟและการทำงานเบื้องต้น	46
3.3.5 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ ESP32-S และ ESP32-CAM	49
3.3.6 ออกแบบวงจรการทำงานและวงจรการต่อใช้งานจริง	51
บทที่ 4. การทดสอบการใช้งานของหมวกกันน็อคแจ้งเตือนมุมอับสายตา	54
4.1 วิธีการทดสอบ	54

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.1 ติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกทั้ง 3 จุด (ซ้าย ขวา และหลัง)	54
4.1.2 เชื่อมต่อวงจรควบคุมและระบบจ่ายไฟให้กับ ESP32-S และอุปกรณ์ทั้งหมด	55
4.1.3 ทดสอบการทำงานของระบบ โดยใช้วัตถุเข้าใกล้ในแต่ละมุมเพื่อตรวจสอบสนองของ เซนเซอร์	56
4.1.4 ทดสอบการทำงานของกล้อง ESP32-CAM ในการบันทึกภาพขณะเกิดการแจ้งเตือน	58
4.2 ผลการทดลอง	59
4.2.1 ทดลองระยะการตรวจจับของตัว Sensor เทียบกับระยะจริง โดยจะมีการจำลองการติดตั้ง ตัวSensorด้านซ้ายและทำการวัดระยะSensorที่แสดงบนMonitorเทียบกับตัวตลับเมตร ค่าที่ได้ดังตาราง ที่ 4-1	59
4.2.2 ทดลองระยะการตรวจจับของตัว Sensor เทียบกับระยะจริง โดยจะมีการจำลองการติดตั้ง ตัวSensorด้านขวาและทำการวัดระยะSensorที่แสดงบนMonitorเทียบกับตัวตลับเมตร ค่าที่ได้ดังตาราง ที่ 4-2	60
4.2.3 ทดลองระยะการตรวจจับของตัว Sensor เทียบกับระยะจริง โดยจะมีการจำลองการติดตั้ง ตัวSensorด้านหลังและทำการวัดระยะSensorที่แสดงบนMonitorเทียบกับตัวตลับเมตร ค่าที่ได้ดังตาราง ที่ 4-3	61
4.2.4 การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่อมีวัตถุเข้าสู่ ระยะตรวจจับที่กำหนด โดยใช้อุปกรณ์ในการแจ้งเตือน ได้แก่ Buzzer และ NeoPixel	62
4.2.5 การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถของกล้อง ESP32-CAM ในการ ทำงานร่วมกับบอร์ด ESP32-S โดยระบบจะทำการถ่ายภาพอัตโนมัติเมื่อมีวัตถุเข้ามาในระยะ ≤ 300 เซนติเมตร ตามเงื่อนไขที่กำหนด	63
4.3 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	64
บทที่ 5. สรุป วิเคราะห์ผล และข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผลที่ได้จากการทำโครงงาน	65
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	65
5.2.1 ปัญหาจากการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบบอร์ดรวม	65

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2.2 การจ่ายไฟให้ระบบด้วย Boost Converter	66
5.2.3 การสื่อสารระหว่าง ESP32-S และ ESP32-CAM	67
5.2.4 การทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมจริง	67
5.2.5 ปัญหากล่อง ESP32-CAM จากการติดตั้งผิดตำแหน่ง	67
5.3 ข้อควรระวังและข้อเสนอแนะ	68
5.3.1 การติดตั้งเซนเซอร์ให้ตรงตำแหน่งและระยะที่เหมาะสม	68
5.3.2 การเก็บสายไฟและอุปกรณ์ให้เรียบร้อย	68
5.3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน	68
5.3.4 ตรวจสอบระบบก่อนใช้งานจริง	69
5.3.5 ทดสอบระบบซ้ำและเตรียมแผนสำรองกรณีเกิดข้อผิดพลาด	69
5.4 แนวทางในการพัฒนา	69
5.4.1 เชื่อมต่อแอปฯ แจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟน	69
5.4.2 เพิ่มระบบ GPS เพื่อติดตามตำแหน่ง	69
5.4.3 ปรับกล้องให้ใช้งานกลางคืนได้ (Night Vision)	69
5.4.4 ออกแบบวงจรให้เล็กลงด้วยแผ่น PCB	69
5.4.5 ใช้แบตเตอรี่แบบถอดเปลี่ยนหรือชาร์จในระยะยาว	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก ก. คู่มือแนะนำการใช้งาน	74
ภาคผนวก ข. ภาพผังวงจรของระบบหมวกกันน็อกแจ้งเตือนมุมอับสายตา	67
ภาคผนวก ค. SOURCE CODE	78
ภาคผนวก ง. จบประมาณ	95
ประวัติผู้จัดทำปฏิญานินพนธ์	97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	แผนการดำเนินงาน	3
2-1	ช่วงความยาวคลื่นของแสงที่ตามนุษย์มองเห็นและสีที่สัมพันธ์กัน	15
3-1	อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างชิ้นงาน	25
4-1	ทดสอบค่าระยะจาก Sensor ด้านซ้ายเทียบกับระยะจริง	59
4-2	ทดสอบค่าระยะจาก Sensor ด้านขวาเทียบกับระยะจริง	60
4-3	ทดสอบค่าระยะจาก Sensor ด้านหลังเทียบกับระยะจริง	61
4-4	ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงและNeoPixel	62
4-5	ผลการทดสอบระบบกล้อง ESP32-CAM	63
ก-1	แสดงตำแหน่งการตรวจจับและรูปแบบการแจ้งเตือนของระบบ	75
ง-1	งบประมาณในการจัดทำหมวกกันน็อกแจ้งเตือนมุมอับสายตา	96

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 จุดบอดของรถบัส คือ โชนสีแดง และจุดที่มองเห็นได้ คือ โชนสีเขียว	6
2-2 พื้นที่ความแตกต่างของรัศมีระหว่างล้อด้านในของรถบัส	6
2-3 การออกแบบระบบเฉพาะสำหรับโครงการนี้	7
2-4 แผนผังบล็อกของหน่วยส่งสัญญาณ	8
2-5 แผนผังบล็อกของหน่วยรับ	8
2-6 Grid-based technique for BSZ	9
2-7 ผลลัพธ์สำหรับความสูงต่างๆ ของผู้ขับซึ่รถจักรยานยนต์สำหรับ มุมของ BSZ และพื้นที่ของ BSZ	10
2-8 จุดอับสายตาสำหรับรถจักรยานยนต์	10
2-9 Image jump can be observed when the eye sees across the borders between sections with different orientations and curvatures. The borders of (a) a mirror composed of a convex portion and a flat portion and (b) a multiradius mirror.	11
2-10 Diagram depicting (a) the FOV of various rear-view mirrors for cars, and (b) the FOV goal of the proposed mirror for motorcycles.	12
2-11 Three viewed targets, which represent far, middle, and near vision conditions.	12
2-12 Reflective images of (a) a flat mirror and (b) a freeform reflector	13
2-13 แสดงการจำแนกพื้นที่การมองเห็น: binocular zone และ temporal crescent	14
2-14 Visible Spectrum Chart	15
2-15 บอร์ด ESP32 Cam	17
2-16 เซนเซอร์ Ultrasonic JSN-SR04M	17
2-17 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion)	18
2-18 Boost Converter 3.7V to 5V	19
2-19 ESP-32S	19
2-20 Voltage Sensor Module	20
3-1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ	22
3-2 แบบจำลองกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา	23

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-3	โครงสร้างและอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา	23
3-4	โครงสร้างและอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา	24
3-5	โครงสร้างกล่องควบคุมและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ภายใน	24
3-6	แผนผังออกแบบการสร้างโปรแกรมการทำงานของระบบเตือนมุมอับสายตา	26
3-7	บอร์ด ESP32S	27
3-8	บอร์ด ESP32-CAM	28
3-9	เซนเซอร์วัดระยะ AJ-SR04M	29
3-10	NeoPixel LED Strip	30
3-11	Buzzer	30
3-12	แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion)	31
3-13	BMS 2S 7.4V 8A	32
3-14	Boost Converter 3.7V to 5V	33
3-15	Voltage Sensor Module	34
3-16	แผ่นวงจรบอร์ดไข่ปลา ขนาด 8x12 เซนติเมตร	34
3-17	แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์	35
3-18	แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับNeoPixel (RGB LED Strip)ผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์	36
3-19	แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับBuzzer (Passive Buzzer)ผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์	36
3-20	แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมดูล ESP32-CAM ผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์	37
3-21	แสดงขั้นตอนการกำหนดค่าตรวจสอบของเซนเซอร์	37
3-22	แสดงการวางตำแหน่งหมวกกันน็อคบนแผ่นองศาสำหรับประเมินมุมการตรวจจับ	38
3-23	แสดงการวางตำแหน่งหมวกกันน็อคบนแผ่นองศาสำหรับประเมินมุมการตรวจจับ	38
3-24	แสดงการวางตำแหน่งหมวกกันน็อคบนแผ่นองศาสำหรับประเมินมุมการตรวจจับ	39
3-25	แสดงด้านซ้ายของหมวกกันน็อค สำหรับติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้านซ้าย	39
3-26	แสดงด้านขวาของหมวกกันน็อค สำหรับติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้านขวา	40
3-27	แสดงด้านหลังของหมวกกันน็อค สำหรับติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้านหลัง	40
3-28	แสดงขั้นตอนการเจาะหมวกเพื่อเตรียมติดตั้งเซนเซอร์	40
3-29	แสดงขั้นตอนการเจาะหมวกเพื่อเตรียมติดตั้งเซนเซอร์	41

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-30 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก	41
3-31 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก	42
3-32 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก	42
3-33 แสดงกล่องควบคุมที่จัดเตรียมสายไฟสำหรับเชื่อมต่อกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ ต่างๆ	43
3-34 บัดกรีแผงวงจรลงบนปริ้นต์บอร์ดเพื่อควบคุมระบบ	43
3-35 ติดตั้งบอร์ด ESP32-S พร้อมโมดูล Mini 560 และสวิตช์ควบคุมระบบ	44
3-36 ต่อสายเซนเซอร์เข้าระบบควบคุม	44
3-37 เดินสายเซนเซอร์จากหมวกเข้าสู่กล่องควบคุม	45
3-38 แสดงการติดตั้งกล่องควบคุมและเซนเซอร์อัลตราโซนิกบนหมวกกันน็อกสำหรับ ตรวจจับและแจ้ง เตือนมุมอับสายตา	45
3-39 แสดงสถานการณ์ทำงานของระบบหลังเชื่อมต่อไฟเรียบร้อยแล้ว	46
3-40 แสดงการทดสอบระบบในสถานการณ์จริงเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้จากด้านซ้าย	46
3-41 แสดงการทดสอบระบบในสถานการณ์จริงเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้จากด้านขวา	47
3-42 แสดงการทดสอบระบบในสถานการณ์จริงเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้จากด้านหลัง	47
3-43 ภาพจากกล้อง ESP32-CAM เมื่อมีวัตถุเข้าสู่ระยะ 300 ซม.	48
3-44 ภาพจากกล้อง ESP32-CAM เมื่อมีวัตถุเข้าสู่ระยะ 300 ซม.	48
3-45 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมกำหนดการใช้งานของ ESP32-S	49
3-46 ตัวอย่างกำหนดการใช้งานของ ESP32-CAM สำหรับรับสัญญาณและควบคุมกล้อง	50
3-47 วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบ	51
3-48 วงจรแสดงการต่อใช้งานอุปกรณ์จริง	52
3-49 การประกอบวงจรเพื่อใช้งานจริง	53
4-1 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านซ้ายและขวาบนหมวกกันน็อก เพื่อใช้ ตรวจจับวัตถุ ในมุมอับสายตาทั้งสองด้าน	54
4-2 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านหลังของหมวกกันน็อก สำหรับตรวจจับ วัตถุที่ เคลื่อนเข้ามาทางด้านหลังของผู้ขับขี่	55

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-3 แสดงขั้นตอนการเสียบสายไฟเข้ากับกล่องควบคุมระบบ เพื่อเริ่มต้นการจ่ายไฟให้กับ ESP32 S และอุปกรณ์ทั้งหมด	55
4-4 แสดงกล่องควบคุมที่เชื่อมต่อสายไฟและอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว พร้อมสำหรับใช้งานภาคสนาม	56
4-5 แสดงการขับเข้าใกล้ในมุมด้านซ้ายของหมวก เพื่อทดสอบเซนเซอร์ฝั่งซ้าย	56
4-6 แสดงการขับเข้าใกล้ในมุมด้านขวาของหมวก เพื่อทดสอบเซนเซอร์ฝั่งขวา	57
4-7 แสดงการขับเข้าใกล้ด้านหลังของหมวกในแนวตรง เพื่อทดสอบเซนเซอร์ด้านหลัง	57
4-8 แสดงภาพขณะมียานพาหนะเข้ามาในระยะตรวจจับ กล้อง ESP32-CAM ทำการบันทึกภาพ โดยอัตโนมัติทันทีเมื่อเกิดการแจ้งเตือน	58
4-9 แสดงภาพของยานพาหนะที่อยู่ในระยะตรวจจับ กล้องสามารถบันทึกภาพผู้ขับขี่และ ยานพาหนะได้อย่างชัดเจน	58
4-10 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์ในมุม 60° เพื่อครอบคลุมมุมอับสายตา รวม 120°	64
5.2-1 แสดงเซนเซอร์ JSN-SR04T แบบบอร์ดรวม ที่ไม่สามารถปรับมุมติดตั้งบนหมวกกันน็อกได้อย่าง ยืดหยุ่น	66
5.2-2 แสดงโมดูล Boost Converter ที่ใช้ใน ช่วงเริ่มต้นของการทดสอบระบบจ่ายไฟ	66
5.2-3 การทดสอบการสื่อสารระหว่าง ESP32-S และ ESP32-CAM	67
5.2-4 กล้อง ESP32-CAM เสียหายจากการต่อสายแพไม่ตรงข้อ	68
ก-1 กล่องควบคุมหลักพร้อมสายเชื่อมต่อเซนเซอร์และจ่ายไฟเข้าสู่ระบบ	74
ก-2 กล่องควบคุมหลักพร้อมสวิตช์เปิด-ปิดระบบ ที่ติดตั้งบริเวณด้านหลังหมวกกันน็อก	75
ก-3 โฟลเดอร์จัดเก็บภาพอัตโนมัติจาก ESP32-CAM (/A1 และ /B1) บน MicroSD Card	76
ก-4 สายชาร์จแบตเตอรี่แบบ JST กำลังชาร์จผ่านพอร์ต USB (ไฟสถานะสีแดง)	77
ก-5 สายชาร์จแบตเตอรี่แบบ JST ขณะชาร์จผ่านพอร์ต USB (ไฟสถานะสีเขียว: ชาร์จเต็มแล้ว)	77
ข-1 ผังวงจรควบคุมระบบทั้งหมด	80
ข-2 ผังวงจรเซนเซอร์อัลตราโซนิก AJ-SR04M ติดตั้ง 3 ตัว (ซ้าย ขวา หลัง)	81
ข-3 ผังวงจรกล้อง ESP32-CAM	82
ข-4 ผังวงจรแบตเตอรี่และลดแรงดัน	83
ข-5 ผังวงจรแจ้งเตือนด้วย NeoPixel และ Buzzer	84

บทที่ 1

บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการขอบเขตของโครงการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการของโครงการ รวมถึงแผนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการ

ในปัจจุบัน การใช้จักรยานยนต์และจักรยานกำลังเป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการเดินทางและการใช้ชีวิตประจำวัน การขับขี่จักรยานยนต์ในเมืองใหญ่เต็มไปด้วยความท้าทาย เนื่องจากมีรถยนต์และยานพาหนะอื่น ๆ ที่มีความเร็วสูงรวมอยู่ด้วย อุบัติเหตุที่เกิดจากการมองไม่เห็นหรือจุดบอดในระหว่างการขับขี่มักทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ขับขี่และผู้ใช้ถนนคนอื่น ๆ โดยเฉพาะในจุดที่มีการเปลี่ยนเลนหรือบริเวณที่มีการจราจร การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดความเสี่ยงเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น โครงการ "Blind Spot Eliminator" จึงถูกสร้างขึ้นเพื่อตอบโจทยดังกล่าว โดยการพัฒนาหมวกกันน็อคอัจฉริยะที่ติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ในจุดบอดของผู้ขับขี่ได้

โครงการนี้มีความสำคัญไม่เพียงแต่ในด้านการป้องกันอุบัติเหตุเท่านั้น แต่ยังช่วยสร้างความตระหนักรู้ถึงความปลอดภัยในการขับขี่ให้กับผู้ใช้รถใช้ถนนทั่วไป การติดตั้งระบบแจ้งเตือนด้วยไฟ LED และเสียงจาก Buzzer จะช่วยเตือนผู้ขับขี่เมื่อมีวัตถุอยู่ในระยะใกล้ ข้อมูลจากเซนเซอร์จะถูกประมวลผลและแสดงผลผ่านระบบที่ใช้งานง่าย ซึ่งทำให้ผู้ขับขี่สามารถมีสมาธิในการขับขี่ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ ระบบยังช่วยให้ผู้ขับขี่รู้สึกมั่นใจในการเปลี่ยนเลนและเคลื่อนตัวในสภาพการจราจรที่หนาแน่น การพัฒนาหมวกกันน็อคที่มีฟังก์ชันดังกล่าวจึงเป็นการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ในการเสริมสร้างความปลอดภัยในการขับขี่ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในสังคมปัจจุบัน และเป็นการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่สามารถลดอุบัติเหตุและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการขับขี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ขับขี่
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบเตือนภัยเมื่ออันตรายให้ผู้ขับขี่
- 1.2.3 เพื่อสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีในการขับขี่
- 1.2.4 เพื่อศึกษาตัวเซนเซอร์อัลตราโซนิก JSN-SR04M

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์สำหรับหมวกกันน็อค 1 ชุด
- 1.3.2 แจ้งเตือนในมุมมองสายตาดำรงไม่น้อยกว่า 60 องศา
- 1.3.3 ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง
- 1.3.4 มีระบบแสดงผลพลังงานแบตเตอรี่พร้อมแจ้งเตือนเมื่อพลังงานต่ำกว่า 20%
- 1.3.5 สามารถบันทึกข้อมูลทุกครั้งเมื่อมีการแจ้งเตือนใส่SDcard

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน
- 1.4.2 เพิ่มสมรรถภาพของผู้ขับขี่
- 1.4.3 สร้างนวัตกรรมใหม่ในอุตสาหกรรม
- 1.4.4 ได้ความรู้เพิ่มขึ้นจากที่ไปศึกษาตัวเซนเซอร์อัลตราโซนิก JSN-SR04T

1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

- 1.5.1 จัดหาหัวข้อโครงการ
- 1.5.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบเตือนมุมมอง
- 1.5.3 ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา และวางแผนทางพัฒนา
- 1.5.4 ออกแบบโครงสร้างและระบบ
- 1.5.5 จัดซื้ออุปกรณ์และวัสดุอิเล็กทรอนิกส์
- 1.5.6 พัฒนาโปรแกรมควบคุมเซนเซอร์และกล้อง ESP32-CAM
- 1.5.7 ทดสอบระบบการตรวจจับวัตถุและการแจ้งเตือน
- 1.5.8 ประกอบอุปกรณ์เข้ากับหมวกกันน็อค

บทที่ 2

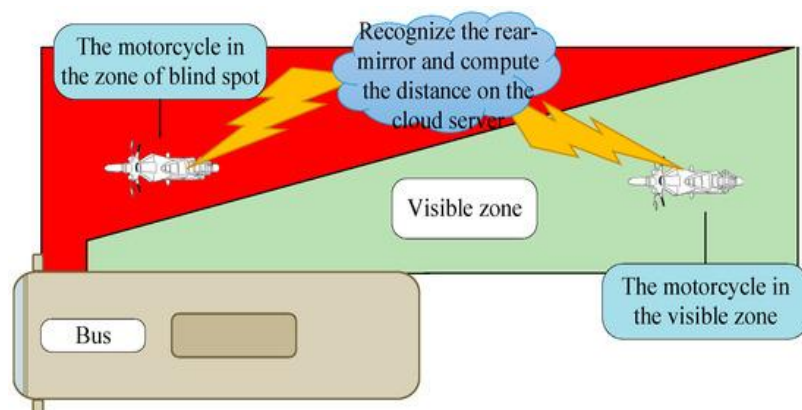
งานวิจัย และทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยและทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง

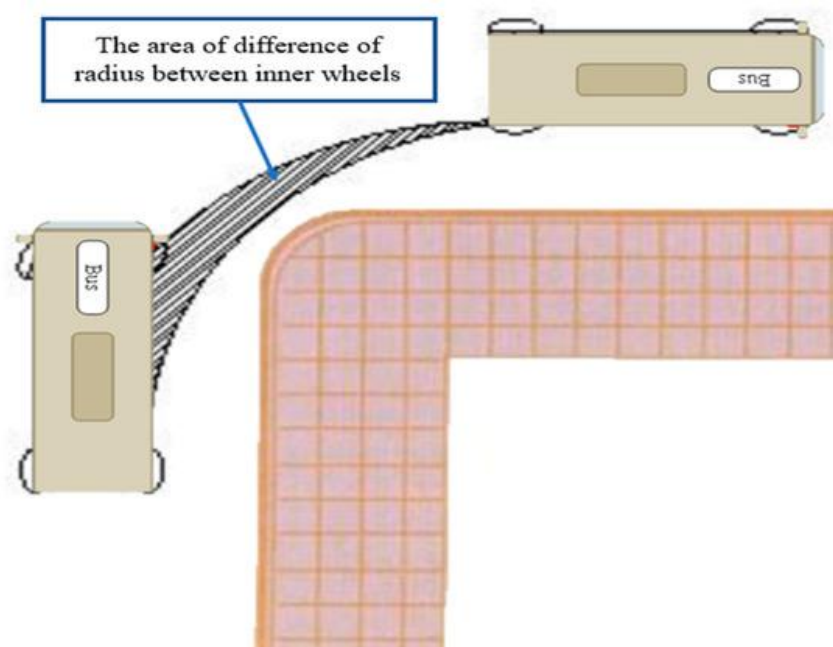
2.1.1 ศึกษาาระบบเตือนจุดบอดเชิงรุก (Proactive Blind Spot Warning - PBSW)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบเตือนจุดบอดมีการศึกษาและพัฒนาาระบบเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่อย่างต่อเนื่อง ในระบบตรวจจับจุดบอด (Blind Spot Detection - BSD) แบบดั้งเดิม มักใช้เซ็นเซอร์เรดาร์หรือกล้องเพื่อตรวจจับวัตถุที่อยู่ในจุดบอดของยานพาหนะ ระบบนี้สามารถช่วยแจ้งเตือนผู้ขับขี่เมื่อมีวัตถุ เช่น รถจักรยานยนต์หรือยานพาหนะอื่น เข้าใกล้จุดบอดขณะเปลี่ยนเลนหรือเลี้ยว เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของระบบ BSD ทัวไป คือ การแจ้งเตือนนั้นเน้นไปที่ผู้ขับขี่ยานพาหนะหลักเท่านั้น แต่ผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่เข้ามาในจุดบอดอาจไม่ได้รับการแจ้งเตือน ทำให้ยังมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุในสถานการณ์จริง[1]

การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการประมวลผลภาพมาใช้ในระบบเตือนจุดบอดได้รับความนิยมอย่างมาก งานวิจัยบางชิ้นได้นำกล้องเลนส์คู่ (Dual-lens) หรือกล้องแบบ fisheye มาใช้ในการสร้างภาพสเตอริโอเพื่อประเมินระยะห่างระหว่างยานพาหนะ ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางรอบด้านได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในด้านความสามารถในการแยกแยะประเภทของสิ่งกีดขวางอย่างแม่นยำ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ งานวิจัยปัจจุบันได้นำเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุ เช่น YOLOv4 มาช่วยในการจำแนกวัตถุ เช่น กระงมมองข้างของรถบัส ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการคำนวณระยะห่างระหว่างรถบัสกับจักรยานยนต์ได้อย่างแม่นยำมากขึ้น[2]



ภาพที่ 2 - 1 จุดบอดของรถบัส คือ โซนสีแดง และจุดที่มองเห็นได้ คือ โซนสีเขียว



ภาพที่ 2 - 2 พื้นที่ความแตกต่างของรัศมีระหว่างล้อด้านในของรถบัส

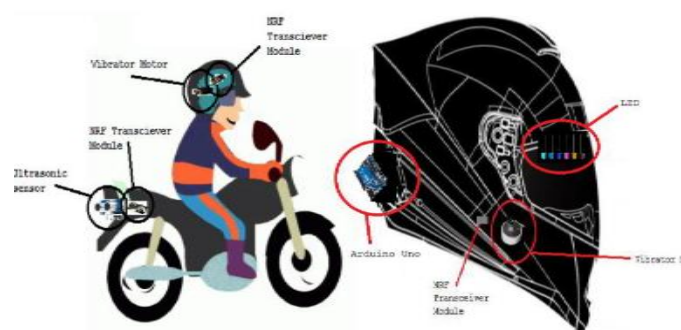
ระบบ BSD แบบทั่วไปยังมีข้อจำกัดในการต้องพึ่งพาการติดตั้งเซนเซอร์หรือระบบตรวจจับบนยานพาหนะทุกคัน จึงจะสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้ถนนทั้งหมดได้ ซึ่งเป็นความท้าทายในการทำให้ระบบนี้เป็นที่แพร่หลาย งานวิจัยในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาระบบเตือนเชิงรุก

(Proactive Warning System) ที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยการติดตั้งระบบตรวจจับในยานพาหนะทุกคัน แต่สามารถตรวจจับและแจ้งเตือนผู้ขับขี่จักรยานยนต์เมื่อเข้าใกล้จุดบอดของยานพาหนะคันอื่นได้[3]

นอกจากนี้ งานวิจัยยังกล่าวถึงการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลขอบ (Edge Computing) ซึ่งช่วยให้สามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็วและแม่นยำในพื้นที่เครือข่าย โดยไม่ต้องพึ่งพาการประมวลผลบนคลาวด์อย่างเต็มที่ ส่งผลให้ระบบมีการตอบสนองที่ดีและเหมาะกับการใช้งานในสถานการณ์จริง ระบบเตือนจุดบอดเชิงรุกที่พัฒนาขึ้นนี้จึงสามารถช่วยให้ผู้ขับขี่จักรยานยนต์ได้รับการแจ้งเตือนทันทีเมื่อเข้าสู่พื้นที่อันตราย เช่น จุดบอดหรือวงเลี้ยวด้านในของรถบัส ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนอย่างมีนัยสำคัญ

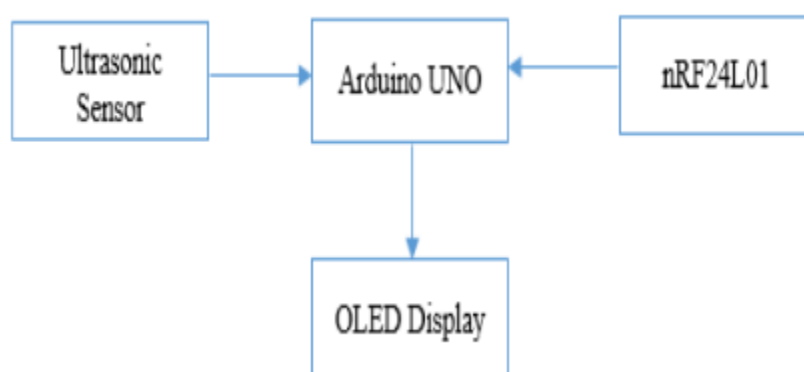
2.1.2 หลักการทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา

การพัฒนาหมวกกันน็อคอัจฉริยะที่สามารถตรวจจับ จุดบอด ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยมุ่งเน้นไปที่การลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุที่เกิดจากการเปลี่ยนเลนโดยไม่สามารถมองเห็นยานพาหนะที่อยู่ใน จุดอับสายตา (Blind Spot) ได้ งานวิจัยนี้พัฒนาระบบโดยใช้ เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก ตรวจจับยานพาหนะที่อยู่ด้านหลังของผู้ขับขี่ ในระยะประมาณ 10-50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่มีความเสี่ยงสูงต่อการชนหากผู้ขับขี่ไม่ทันสังเกต ระบบจะทำการแจ้งเตือนผ่าน ไฟ LED, บัสเซอร์ และมอเตอร์สั่น ที่ติดตั้งภายในหมวกกันน็อค[4]

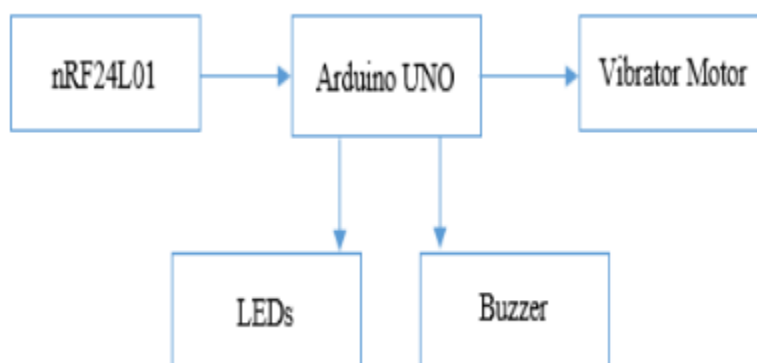


ภาพที่ 2 - 3 การออกแบบระบบเฉพาะสำหรับโครงการนี้

การทำงานของระบบถูกควบคุมผ่าน Arduino UNO ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ประมวลผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์ และเชื่อมต่อกับ โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยังหมวกกันน็อค ทำให้ผู้ขับขี่สามารถรับการแจ้งเตือนได้แบบเรียลไทม์โดยไม่ต้องละสายตาจากท้องถนน นอกจากนี้ หน้าจอแสดงผล OLED Display ยังถูกนำมาใช้ในการแสดงค่าระยะทางที่ตรวจพบแบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้ขับขี่สามารถประเมินสถานการณ์ได้อย่างแม่นยำขึ้น[5]



ภาพที่ 2 - 4 แผนผังบล็อกของหน่วยส่งสัญญาณ



ภาพที่ 2 - 5 แผนผังบล็อกของหน่วยรับ

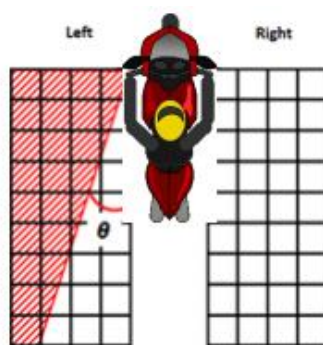
จากผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ พบว่า ระบบตรวจจับจุดบอดที่ติดตั้งบนหมวกกันน็อคอัจฉริยะสามารถช่วยลดอุบัติเหตุจากการเปลี่ยนเลนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกรณีที่ผู้ขับขี่ไม่สามารถหันไปมองด้านหลังได้อย่างสะดวก เช่น เมื่ออยู่บนท้องถนนที่มีการจราจรหนาแน่นหรือมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง นอกจากนี้ยังพบว่าการแจ้งเตือนผ่านมอเตอร์สั่น (Vibration Motor) มีประสิทธิภาพในการดึงความสนใจของผู้ขับขี่ได้ดีกว่าการแจ้งเตือนด้วยเสียงเพียงอย่างเดียว ซึ่งช่วยลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากความตกใจหรือการเสียสมาธิ

2.1.3 การกำหนดโซนจุดบอดของรถจักรยานยนต์

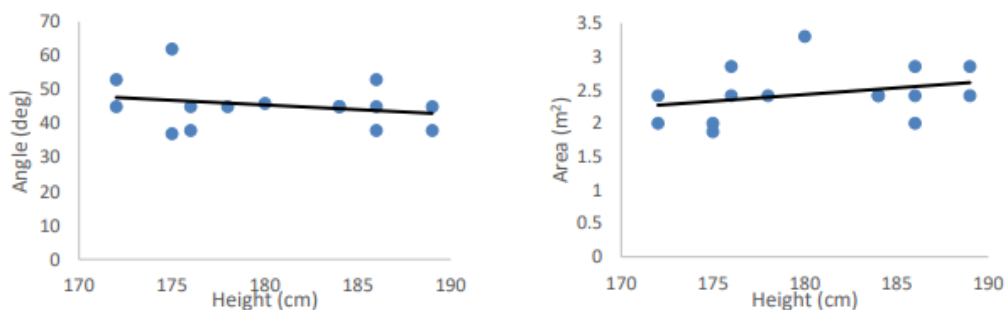
เขตจุดบอด (Blind Spot Zone - BSZ) ของรถจักรยานยนต์ ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของอุบัติเหตุบนท้องถนน โดยเฉพาะการชนกันระหว่างรถจักรยานยนต์กับรถยนต์ หรือรถจักรยานยนต์กับยานพาหนะอื่นๆ งานวิจัยระบุว่า จุดบอดของรถจักรยานยนต์เกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น

- การเปลี่ยนเลนหรือเลี้ยวโดยไม่สามารถมองเห็นยานพาหนะรอบข้างได้ชัดเจน
- การพึ่งพากระจกมองข้างเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีขอบเขตการมองเห็นที่จำกัด
- สภาพแวดล้อม เช่น ถนนที่มีแสงน้อย หรือไฟหน้ารถที่อาจบดบังการมองเห็น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ระบุขอบเขตของจุดบอดของรถจักรยานยนต์ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของจุดบอด, ขนาดของพื้นที่จุดบอด และความสูงของผู้ขับขี่ โดยใช้ เทคนิคกริด (Grid-based Technique) ในการวัดมุมและขนาดของจุดบอด[6]



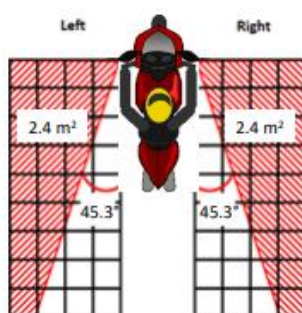
ภาพที่ 2 - 6 Grid-based technique for BSZ



ภาพที่ 2 - 7 ผลลัพธ์สำหรับความสูงต่างๆ ของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์สำหรับ มุมของ BSZ และ พื้นที่ของ BSZ

ผลการศึกษาเกี่ยวกับจุดบอดของรถจักรยานยนต์

1. มุมของจุดบอด (Blind Spot Angle) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 45.3° สำหรับด้านซ้ายและขวาของรถจักรยานยนต์
2. ขนาดของพื้นที่จุดบอดเฉลี่ยอยู่ที่ 2.4 ตารางเมตร
3. มุมของจุดบอดลดลงเมื่อความสูงของผู้ขับขี่เพิ่มขึ้น
4. พื้นที่ของจุดบอดเพิ่มขึ้นตามความสูงของผู้ขับขี่



ภาพที่ 2 - 8 จุดอับสายตาสำหรับรถจักรยานยนต์

โดยผลลัพธ์เหล่านี้บ่งชี้ว่า การออกแบบกระจกมองข้างและการใช้ระบบช่วยตรวจจับจุดบอดเป็นสิ่งสำคัญ ในการลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุ

2.1.4 กระจกมองหลังแบบโปรเกรสซีฟ สำหรับมอเตอร์ไซค์

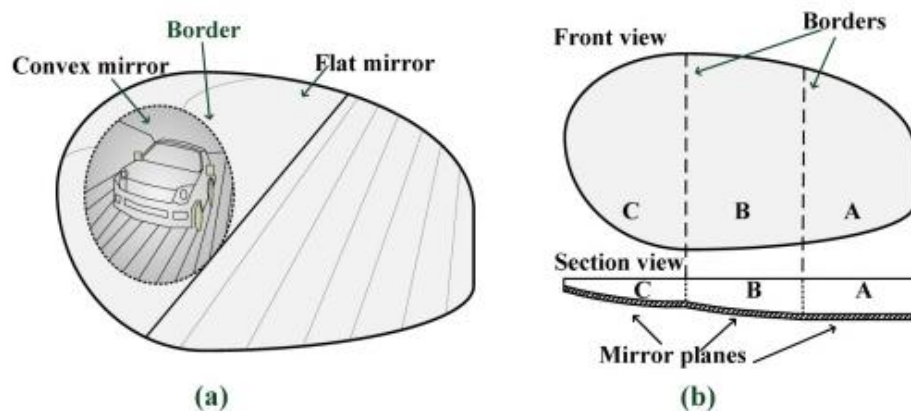
การออกแบบและการผลิตกระจกมองหลังแบบโปรเกรสซีฟสำหรับรถจักรยานยนต์ ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อลดจุดบอด (Blind Spot) และเพิ่มขอบเขตการมองเห็นของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ งานวิจัยนี้ได้ใช้ แบบจำลองเรขาคณิตและการจำลองเชิงแสง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง โครงร่างของกระจก, ขอบเขตการมองเห็น (Field of View - FOV), และขนาดของภาพสะท้อน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่[7]

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการ เปรียบเทียบกระจกประเภทต่างๆ รวมถึง

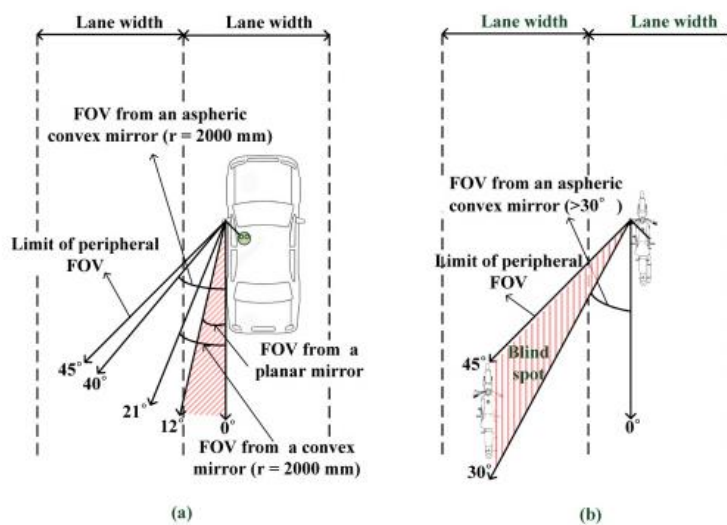
กระจกแบน (Flat Mirror) → ให้ภาพสะท้อนที่มีขนาดและระยะเท่ากับวัตถุจริง แต่มีขอบเขตการมองเห็นที่จำกัด

กระจกโค้งทรงกลม (Spherical Convex Mirror) → สามารถเพิ่มขอบเขตการมองเห็นได้ แต่มีข้อเสียคือทำให้ภาพที่สะท้อนมีขนาดเล็กลง

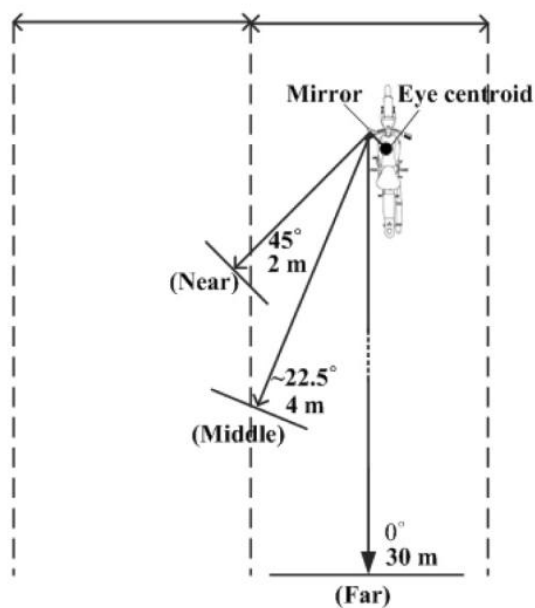
กระจกแบบโปรเกรสซีฟ (Progressive Rear-View Mirror) → สามารถลดจุดบอด ขยายขอบเขตการมองเห็น และทำให้ภาพสะท้อนมีความเสถียร



ภาพที่ 2 – 9 Image jump can be observed when the eye sees across the borders between sections with different orientations and curvatures.



ภาพที่ 2 - 10 Diagram depicting (a) the FOV of various rear-view mirrors for cars, and (b) the FOV goal of the proposed mirror for motorcycles.



ภาพที่ 2 - 11 Three viewed targets, which represent far, middle, and near vision conditions.

ผลการทดลองพบว่า กระจกโปรเกรสซีฟสามารถขยายขอบเขตการมองเห็นได้มากถึง 52.4° ซึ่งมากกว่ากระจกมองหลังทั่วไปที่มีขอบเขตการมองเห็นเพียง 40° โดยมุมมองที่กว้างขึ้นนี้ช่วยลดโอกาสที่ผู้ขับขี่ไม่สามารถมองเห็นยานพาหนะที่อยู่ในจุดบอดของตนเอง



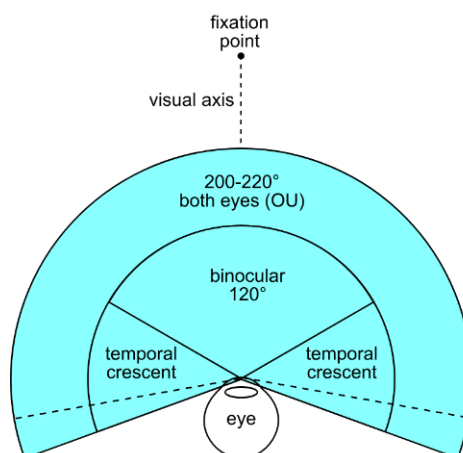
ภาพที่ 2 - 12 Reflective images of (a) a flat mirror and (b) a freeform reflector

2.1.5 ทฤษฎีการมองเห็นของสายตามนุษย์

สายตามนุษย์สามารถมองเห็นในแนวนอนได้รวมประมาณ 200–220 องศา โดยไม่ต้องหันศีรษะ ซึ่งสามารถแบ่งขอบเขตการมองเห็นออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

120 องศากลาง (Binocular Zone): เป็นช่วงที่มองด้วยตาทั้งสองข้างพร้อมกัน ทำให้เห็นภาพได้คมชัดและมีมิติ (depth perception) สูงด้านข้างซ้ายและขวาอย่างละ 40–50 องศา: เป็นช่วงที่มองด้วยตาข้างเดียว (Monocular Vision) ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวหรือวัตถุที่เข้ามาใกล้ทางมุมสายตา

แม้ว่าบริเวณรอบข้าง (temporal crescent) จะไม่เห็นรายละเอียดชัดเจนเท่าส่วนกลาง แต่ก็มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรับรู้ภัยคุกคามจากมุมอับ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีวัตถุเข้ามาใกล้จากด้านหลังหรือด้านข้าง ซึ่งมักเป็นจุดที่กระจกมองข้างหรือการหันศีรษะไม่สามารถรับรู้ได้ทันเวลา[8]



ภาพที่ 2-13 แสดงการจำแนกพื้นที่การมองเห็น: binocular zone และ temporal crescent

2.1.6 ทฤษฎีสีและการรับรู้ของมนุษย์

การรับรู้สีของมนุษย์เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและดวงตา โดยมีเซลล์รับแสงชนิด cone ภายในเรตินา (retina) ทำหน้าที่ตรวจจับความยาวคลื่นของแสงในช่วงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ (Visible Spectrum) ซึ่งมีค่าประมาณระหว่าง 400–700 นาโนเมตร โดยช่วงของสีที่มองเห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ ช่วงโทนร้อน ได้แก่ สีแดง ส้ม และเหลือง

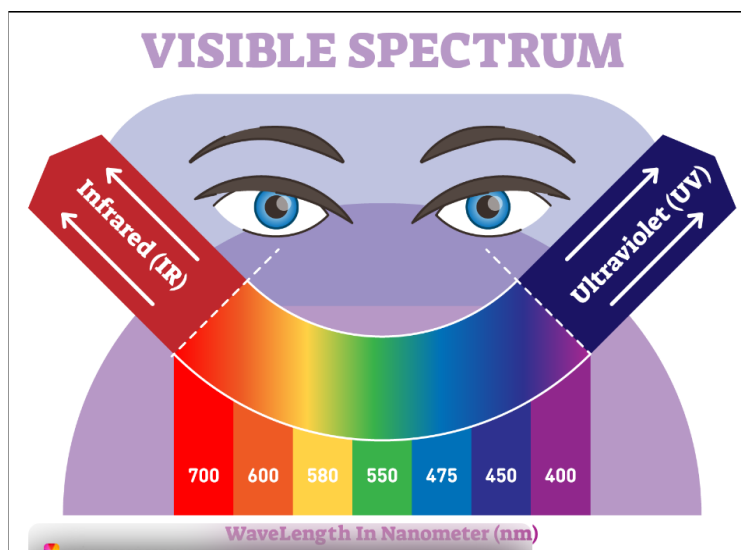
เซลล์ cone แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่:

1. L-cone: ไวต่อแสงในช่วงสีแดง (~560–700 nm)
2. M-cone: ไวต่อแสงในช่วงสีเขียว (~500–570 nm)
3. S-cone: ไวต่อแสงในช่วงสีน้ำเงิน (~400–500 nm)

ตารางที่ 2-1 ช่วงความยาวคลื่นของแสงที่ตามนุษย์มองเห็นและสีที่สัมพันธ์กัน

ช่วงความยาวคลื่น (นาโนเมตร, nm)	สีที่มองเห็น
400 – 450	ม่วง – น้ำเงิน (Violet – Blue)
475 – 500	ฟ้า – เขียวอมฟ้า (Cyan – Green)
550 – 580	เขียว – เหลือง (Green – Yellow)
580 – 600	เหลือง – ส้ม (Yellow – Orange)
600 – 700	ส้ม – แดง (Orange – Red)

จากข้อมูลในตารางจะเห็นได้ว่าสีส้มอยู่ในช่วงที่สายตามนุษย์ตอบสนองได้ดี โดยเฉพาะในกลุ่ม L-cone และ M-cone จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นไฟแจ้งเตือนในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ



ภาพที่ 2-14 Visible Spectrum Chart

เนื่องจากสีส้มมีความยาวคลื่นเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 580–600 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ระหว่างสีเหลืองและสีแดงในสเปกตรัม จึงเป็นสีที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนมากโดยมนุษย์ อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นความสนใจได้ดีโดยไม่ทำให้รู้สึกตกใจหรือวิตกกังวลมากเกินไปเหมือนสีแดง[9]

จากหลักจิตวิทยาการใช้สี สีส้มมักถูกใช้เป็นสัญญาณ “เตือน” (Warning) หรือแจ้งเตือนล่วงหน้าในระดับอันตรายปานกลาง เช่น สัญญาณไฟกะพริบ ป้ายเตือนงานถนน หรือสัญญาณในยานพาหนะต่าง ๆ ซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ของโครงการนี้ที่ต้องการให้ผู้รับรู้ถึงวัตถุเข้าใกล้จากจุดบอดด้วยความรวดเร็ว

2.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ

2.2.1 ESP32 CAM

การพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและทำงานอัตโนมัติได้รับความนิยมอย่างมาก หนึ่งในอุปกรณ์ที่เป็นที่นิยมในกลุ่มนักพัฒนาคือ ESP32 CAM ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth รวมถึงกล้อง OV2640 ที่สามารถถ่ายภาพและวิดีโอได้ การใช้งาน ESP32 CAM จึงมีความหลากหลายและตอบสนองความต้องการในหลายด้าน[10]

- ส่วนประกอบหลักของ ESP32 CAM

ESP32 CAM ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่มีหน่วยประมวลผลแบบ dual-core ซึ่งช่วยให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันกล้อง OV2640 ที่มีความละเอียดสูงถึง 2MP ช่วยให้ผู้ใช้สามารถจับภาพและวิดีโอได้ในคุณภาพที่ดี นอกจากนี้ ESP32 CAM ยังมีฟังก์ชันการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth ที่ช่วยให้สามารถส่งข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ ได้อย่างสะดวกสบาย

- การทำงานและฟังก์ชันการใช้งาน

ESP32 CAM สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย Wi-Fi เพื่อส่งข้อมูลภาพหรือวิดีโอไปยังเซิร์ฟเวอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ การควบคุมกล้องสามารถทำได้ผ่านการเขียนโปรแกรมซึ่งสามารถตั้งค่าความละเอียด การเปิด/ปิดแฟลช และการปรับโฟกัสได้ตามต้องการ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ ESP32 CAM ในการสตรีมมิงวิดีโอแบบเรียลไทม์ไปยังเว็บเบราว์เซอร์หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ ได้ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานการณ์ต่าง ๆ ได้จากระยะไกล

อีกทั้ง ESP32 CAM ยังเหมาะสำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยสามารถตั้งโปรแกรมให้กล้องจับภาพเมื่อมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น และส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ ผ่าน Wi-Fi ได้ ทำให้ ESP32 CAM เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบ IoT



ภาพที่ 2 - 15 บอร์ด ESP32 Cam

2.2.2 เซนเซอร์วัดระยะ AJ-SR04M

เป็นเซนเซอร์อัลตราโซนิกชนิดกั้นน้ำ ที่ใช้หลักการส่งคลื่นเสียงความถี่สูง (ประมาณ 40 kHz) ไปกระทบกับวัตถุ แล้ววัดเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมานำมาคำนวณเป็นระยะทาง[11] โดยมีช่วงการวัดที่ครอบคลุมตั้งแต่ 25 เซนติเมตร ถึง 450 เซนติเมตร ทำให้เหมาะสำหรับงานตรวจจับสิ่งกีดขวาง เช่น ระบบแจ้งเตือนมุมอับสายตาบนหมวกกันน็อค

ในการคำนวณระยะทาง เซนเซอร์จะอาศัยความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปที่อุณหภูมิประมาณ 20°C คลื่นเสียงจะเดินทางด้วยความเร็วประมาณ 343 เมตรต่อวินาที (m/s) หรือเท่ากับ 0.0343 เซนติเมตรต่อไมโครวินาที (cm/ μ s)[12] โดยค่าระยะทางจะคำนวณจากเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางไปกลับระหว่างเซนเซอร์และวัตถุ แล้วหารสองเพื่อให้ได้ระยะทางด้านเดียว

ด้วยคุณสมบัติในการกันน้ำและฝุ่นในระดับ IP65 เซนเซอร์ AJ-SR04M สามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง หรือสภาวะที่อาจมีละอองน้ำและฝุ่นรบกวน อีกทั้งยังตอบสนองได้รวดเร็ว โดยมีเวลาในการวัดระยะต่อครั้งประมาณ 20 มิลลิวินาที หรือประมาณ 50 ครั้งต่อวินาที (50 Hz)[13]



ภาพที่ 2 - 16 เซนเซอร์ Ultrasonic JSN-SR04M

2.2.3 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) ขนาด 3.7V 2000 mAh

เป็นแบตเตอรี่เซลล์เดี่ยวที่ได้รับความนิยมสูงในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา เนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา และให้พลังงานได้ต่อเนื่อง เหมาะสำหรับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ESP32, Arduino, โมดูล Wi-Fi, และอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ [14]

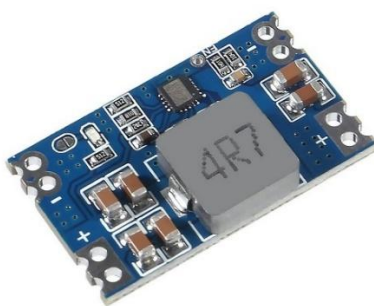
แบตเตอรี่รุ่นนี้สามารถนำไปใช้งานร่วมกับโมดูลควบคุมการชาร์จ เช่น TP4056 และโมดูล Boost Converter เพื่อเพิ่มแรงดันเป็น 5V สำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2 - 17 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion)

2.2.4 Mini560 DC-DC Step-Down Converter 5A

โมดูลนี้สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5A มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และมีขนาดกะทัดรัด เหมาะสำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ต้องการความเสถียรของแรงดันไฟฟ้า [15]



ภาพที่ 2 - 18 Boost Converter 3.7V to 5V

2.2.5 บอร์ด ESP32S

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชิป ESP32 ซึ่งเป็นชิป 32 บิตแบบ Dual-Core ที่พัฒนาโดยบริษัท Espressif Systems ประเทศจีน โดยมีคุณสมบัติเด่นในการรวมเอาการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth (Classic + BLE) ไว้ภายในชิปเดียว พร้อมรองรับการประมวลผลความเร็วสูง และการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ[16]

ด้วยความสามารถที่หลากหลายของ ESP32S จึงเหมาะสำหรับงานพัฒนาอุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart Devices), ระบบ IoT (Internet of Things), ระบบควบคุมแบบฝังตัว (Embedded Systems), ระบบตรวจจับเซนเซอร์, การสื่อสารไร้สาย และระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติในอุตสาหกรรมหรืองานวิจัย



ภาพที่ 2 - 19 ESP-32S

2.2.6 Voltage Sensor Module

โมดูล Voltage Sensor ใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยต่อร่วมกับบอร์ดควบคุม เช่น ESP32 หรือ Arduino ผ่านขา ADC โดยภายในมีวงจรแบ่งแรงดัน ทำให้สามารถวัดแรงดันอินพุตได้ถึงประมาณ 25V และแปลงให้อยู่ในช่วงปลอดภัย (0–3.3V สำหรับ ESP32)[17]

การต่อใช้งานคือ ขา Vin ต่อกับแหล่งแรงดัน ขา GND ต่อกราวด์ และขา Vout ต่อ ADC โดยใช้สูตร:

$$V_{out} = \frac{ADC \times 3.3}{4095} \quad \text{และ} \quad V_{bat} = V_{out} \times 5.7$$



ภาพที่ 2 - 20 Voltage Sensor Module

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

การออกแบบและขั้นตอนการสร้างหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา โดยนำความรู้จากทฤษฎีต่างๆ ที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และพัฒนาระบบตรวจจับวัตถุโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก JSN-SR04M โดยการส่งคลื่นความถี่เสียงไปกระทบตัววัตถุแล้วสะท้อนกลับมาเพื่อประมวลผลระยะห่างของวัตถุ โดยมีตัวEsp32S เป็นตัวควบคุม Sensor เมื่อระยะตกกระทบเปลี่ยนแปลงเพื่อให้มั่นใจว่าระบบดังกล่าวจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของวัตถุได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ยังได้ศึกษาการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิก JSN-SR04M เพื่อให้มั่นใจว่าระบบจะสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในขอบเขตของโครงการ ดังต่อไปนี้

1. ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์สำหรับหมวกกันน็อค 1 ชุด
2. แจ้งเตือนในมุมอับสายตาข้างละไม่น้อยกว่า 60 องศา
3. ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง
4. มีระบบแสดงผลพลังงานแบตเตอรี่พร้อมแจ้งเตือนเมื่อพลังงานต่ำกว่า 20%
5. สามารถบันทึกรูปทุกครั้งเมื่อมีการแจ้งเตือนใส่SDcard

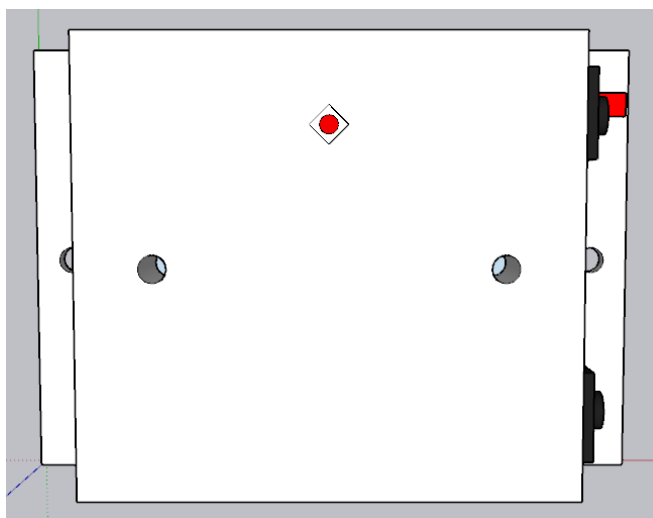
การดำเนินโครงการสามารถเขียนแผนผังขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้ 3 – 1



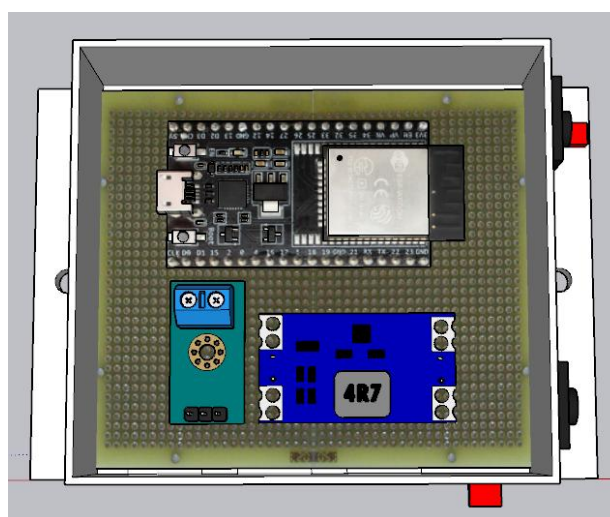
ภาพที่ 3 - 1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1 ออกแบบกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา

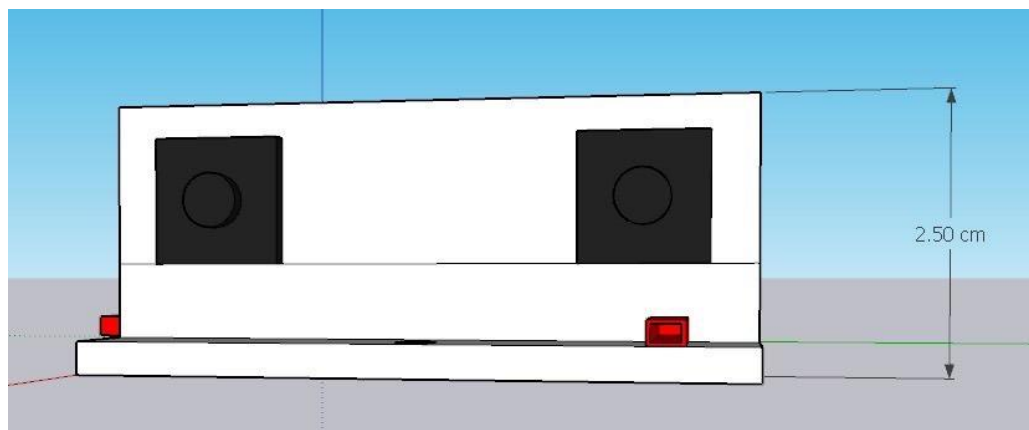
สำหรับการออกแบบโครงสร้างกล่องควบคุมของหมวกกันน็อคแจ้งเตือนมุมอับสายตา ได้ใช้โปรแกรม SketchUp Pro 2021 ในการสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อให้เห็นภาพรวมของการติดตั้งอุปกรณ์และจัดวางองค์ประกอบภายในกล่องอย่างเหมาะสมดังภาพที่ 3 – 2



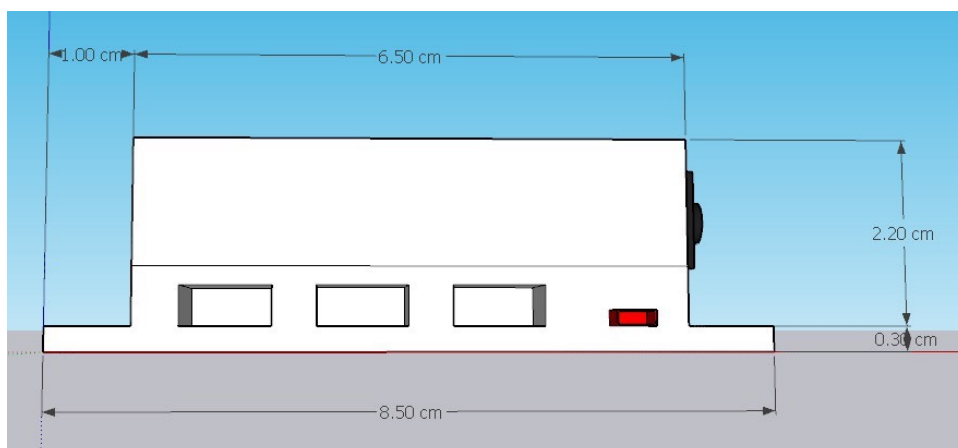
ภาพที่ 3 – 2 แบบจำลองกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา



ภาพที่ 3 – 3 โครงสร้างและอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา



ภาพที่ 3 – 4 โครงสร้างและอุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา



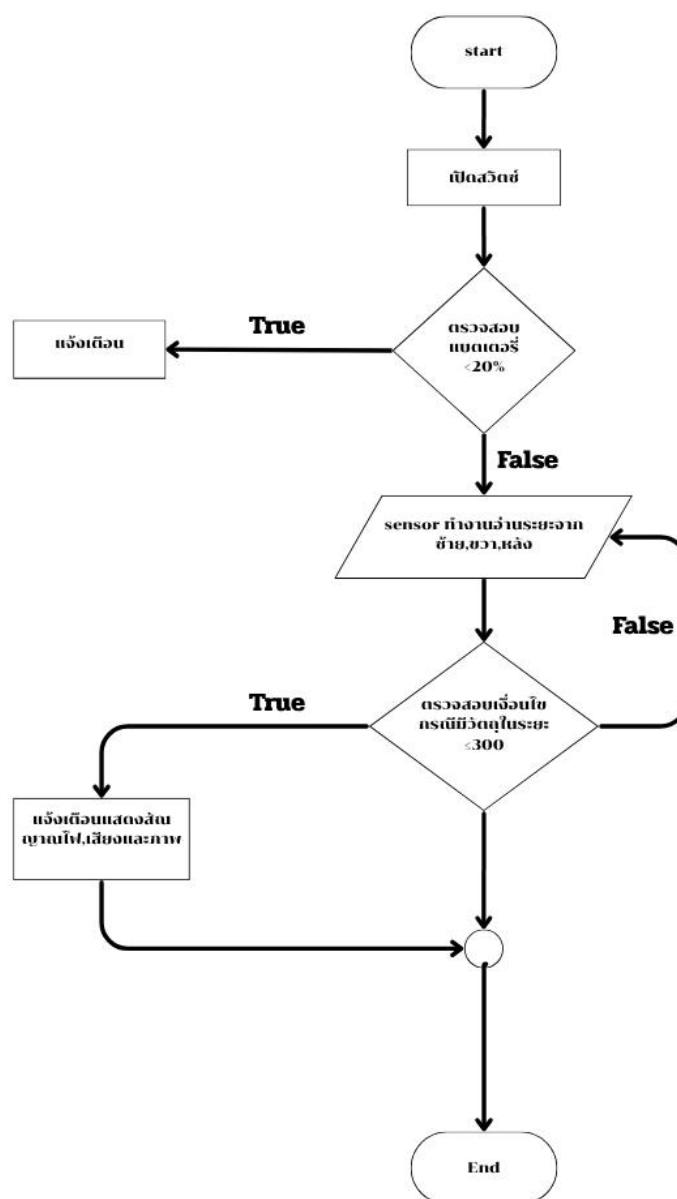
ภาพที่ 3 – 5 โครงร่างกล่องควบคุมและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ภายใน

3.1.1 อุปกรณ์ประกอบหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา

ตารางที่ 3 - 1 อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างชิ้นงาน

ชั้นที่	ชื่ออุปกรณ์
1	บอร์ด ESP32-S (ควบคุมหลัก)
2	บอร์ด ESP32-CAM (สำหรับถ่ายภาพ)
3	Sensor อัลตราโซนิก AJ-SR04M
4	NeoPixel LED Strip
5	Buzzer 5V
6	สวิตช์ปิดเสียง (Mute Switch)
7	สวิตช์เปิด-ปิดระบบ (Power Switch)
8	กล่อง ESP32-CAM พร้อมโมดูล MicroSD Card
9	แบตเตอรี่ลิเทียม Li-ion 3.7V 2000mAh
10	โมดูลชาร์จแบตเตอรี่ TP4056 (Type-C)
11	โมดูล Boost Converter 3.7V to 5V
12	โมดูลตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่ (Voltage Divider)
13	NeoPixel LED แจ้างเตือนสถานะแบตเตอรี่
14	สาย USB to Type-C (สำหรับชาร์จ TP4056)

3.1.2 หลักการทำงานของโครงการ



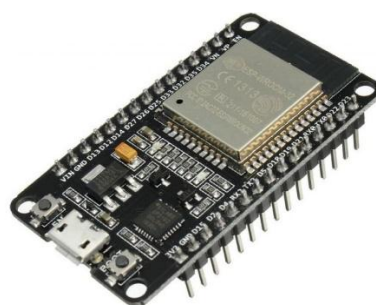
ภาพที่ 3 - 6 แผนผังออกแบบการสร้างโปรแกรมการทำงานของระบบเตือนมุมอับสายตา

3.2 อุปกรณ์ที่สำคัญ

3.2.1 บอร์ด ESP32S

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชิป ESP32 ซึ่งเป็นชิป 32 บิตแบบ Dual-Core ที่พัฒนาโดยบริษัท Espressif Systems ประเทศจีน โดยมีคุณสมบัติเด่นในการรวมเอาการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth (Classic + BLE) ไว้ภายในชิปเดียว พร้อมรองรับการประมวลผลความเร็วสูง และการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ

ด้วยความสามารถที่หลากหลายของ ESP32S จึงเหมาะสำหรับงานพัฒนาอุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart Devices), ระบบ IoT (Internet of Things), ระบบควบคุมแบบฝังตัว (Embedded Systems), ระบบตรวจจับเซนเซอร์, การสื่อสารไร้สาย และระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติในอุตสาหกรรมหรืองานวิจัย



ภาพที่ 3 – 7 บอร์ด ESP32S

3.2.2 บอร์ด ESP32-CAM

เป็นโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รวมความสามารถด้านการประมวลผล การสื่อสารไร้สาย และการประมวลผลภาพเข้าไว้ด้วยกัน โดยใช้ชิปประมวลผลหลักคือ ESP32-S (ESP32-S0WD) ที่มีซีพียูแบบดูอัลคอร์ ความเร็วสูงสุด 240 MHz พร้อมหน่วยความจำแฟลชและ PSRAM ในตัว เหมาะอย่างยิ่งสำหรับงาน IoT, ระบบตรวจจับภาพ, ระบบรักษาความปลอดภัย, หรือโปรเจกต์ Smart Device ที่ต้องการถ่ายภาพแบบไร้สาย

บอร์ดนี้มาพร้อมกับ กล้อง OV2640 ความละเอียดสูงสุด 2 ล้านพิกเซล (1600x1200 UXGA) และสามารถบันทึกภาพลงใน MicroSD Card ที่ติดตั้งอยู่บนบอร์ดได้ทันที จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับงานบันทึกภาพจากการตรวจจับวัตถุ เช่น ในโครงการหมวกกันน็อคเตือนมุมอับสายตา

ESP32-CAM ยังสามารถส่งถ่ายภาพผ่าน สัญญาณ Trigger จากภายนอก (GPIO) ซึ่งในโครงการนี้จะควบคุมด้วย ESP32-S อีกตัวที่รับค่าจากเซนเซอร์วัดระยะ แล้วส่งคำสั่งให้ ESP32-CAM ทำการบันทึกภาพเมื่อมีเหตุการณ์เข้าเงื่อนไขอันตราย



ภาพที่ 3 – 8 บอร์ด ESP32-CAM

3.2.3 เซนเซอร์วัดระยะ AJ-SR04M

เป็นเซนเซอร์อัลตราโซนิกชนิดกั้นน้ำ ที่ใช้หลักการส่งคลื่นเสียงความถี่สูง (ประมาณ 40 kHz) ไปกระทบกับวัตถุ แล้ววัดเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมาเพื่อนำมาคำนวณเป็นระยะทาง โดยมีช่วงการวัดที่ครอบคลุมตั้งแต่ 25 เซนติเมตร ถึง 450 เซนติเมตร ทำให้เหมาะสำหรับงานตรวจจับสิ่งกีดขวาง เช่น ระบบแจ้งเตือนมุมอับสายตาบนหมวกกันน็อค

ในการคำนวณระยะทาง เซนเซอร์จะอาศัยความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปที่อุณหภูมิประมาณ 20°C คลื่นเสียงจะเดินทางด้วยความเร็วประมาณ 343 เมตรต่อวินาที (m/s) หรือเท่ากับ 0.0343 เซนติเมตรต่อไมโครวินาที (cm/ μ s) โดยค่าระยะทางจะคำนวณจากเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางไปกลับระหว่างเซนเซอร์และวัตถุ แล้วหารสองเพื่อให้ได้ระยะทางด้านเดียว

ด้วยคุณสมบัติในการกันน้ำและฝุ่นในระดับ IP65 เซนเซอร์ AJ-SR04M สามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง หรือสภาวะที่อาจมีละอองน้ำและฝุ่นรบกวน อีกทั้งยังตอบสนองได้รวดเร็ว โดยมีเวลาในการวัดระยะต่อครั้งประมาณ 20 มิลลิวินาที หรือประมาณ 50 ครั้งต่อวินาที (50 Hz)



ภาพที่ 3 - 9 เซนเซอร์วัดระยะ AJ-SR04M

3.2.4 NeoPixel LED Strip

แถบไฟ LED แบบดิจิทัลที่สามารถควบคุมสีของแต่ละดวงได้อย่างอิสระผ่านเพียงขาสัญญาณเดียว โดย LED แต่ละดวงจะมีไอซีควบคุมในตัว (เช่น WS2812B) ที่สามารถกำหนดค่าของสี แดง (Red), เขียว (Green), และน้ำเงิน (Blue) ได้แยกจากกัน และสามารถผสมเป็นสีต่าง ๆ ได้มากกว่าหลายล้านสี

ด้วยคุณสมบัติที่สามารถแสดงผลได้อย่างแม่นยำ สีสดใส สดใส ตอบสนองรวดเร็ว และใช้งานง่าย ผ่านบอร์ดควบคุม เช่น ESP32



ภาพที่ 3 – 10 NeoPixel LED Strip

3.2.5 Buzzer

แบบ Passive ซึ่งต่างจาก Active Buzzer ตรงที่ไม่มีวงจรสร้างคลื่นในตัว จำเป็นต้องควบคุมด้วย สัญญาณความถี่ (PWM) ที่ส่งออกจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ช่วงความถี่เสียง: ประมาณ 500 – 5000 Hz ความดังของเสียง: ประมาณ 80 – 90 dB ที่ระยะ 10 ซม. เช่น ESP32 เพื่อทำให้เกิดเสียงแจ้งเตือนคุณสมบัติทางเทคนิคของ Buzzer (แบบ Passive)



ภาพที่ 3 – 11 Buzzer

3.2.6 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) ขนาด 3.7V 2000 mAh

เป็นแบตเตอรี่เซลล์เดี่ยวที่ได้รับความนิยมสูงในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา เนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา และให้พลังงานได้ต่อเนื่อง เหมาะสำหรับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น ESP32, Arduino, โมดูล Wi-Fi, และอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ

แบตเตอรี่รุ่นนี้สามารถนำไปใช้งานร่วมกับโมดูลควบคุมการชาร์จ เช่น TP4056 และโมดูล Boost Converter เพื่อเพิ่มแรงดันเป็น 5V สำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3 -12 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion)

3.2.7 BMS 2S 7.4V 8A โมดูลป้องกันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบ 2 เซลล์

การใช้งานแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบ 2 เซลล์ (2S) ซึ่งมีแรงดันรวมประมาณ 7.4 โวลต์ จำเป็นต้องมีวงจรบริหารจัดการแบตเตอรี่เพื่อความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยในโครงงานนี้เลือกใช้ โมดูล BMS 2S 7.4V 8A ซึ่งเป็นวงจรบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่สามารถป้องกันอันตรายต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการชาร์จและการใช้งานแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โมดูล BMS (Battery Management System) ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันและกระแสของแบตเตอรี่ให้เหมาะสม โดยเฉพาะในระบบที่มีการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดสมดุลระหว่างเซลล์แบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ตัวโมดูล BMS ที่เลือกใช้สามารถรองรับกระแสได้สูงสุดถึง 8 แอมป์ ซึ่งเพียงพอสำหรับโหลดของระบบทั้งหมดในโครงงาน

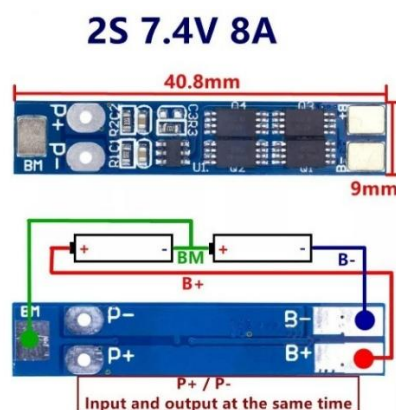
หน้าที่หลักของ BMS 2S 7.4V 8A ได้แก่:

- (1.) ป้องกันการชาร์จเกิน (Overcharge Protection): ตัดการชาร์จอัตโนมัติเมื่อแรงดันสูงเกินกำหนด

- (2.) ป้องกันการคายประจุเกิน (Overdischarge Protection): หยุดการใช้งานเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ต่ำเกินไป เพื่อป้องกันความเสียหายของเซลล์
- (3.) ป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protection): ตรวจจับและตัดการทำงานเมื่อมีการใช้กระแสเกินพิกัด
- (4.) ป้องกันการลัดวงจร (Short-circuit Protection): หยุดการทำงานทันทีเมื่อเกิดการลัดวงจร เพื่อป้องกันความเสียหายทั้งระบบ

โมดูล BMS นี้ออกแบบมาให้ใช้งานง่าย โดยมีจุดเชื่อมต่อที่ชัดเจน ได้แก่:

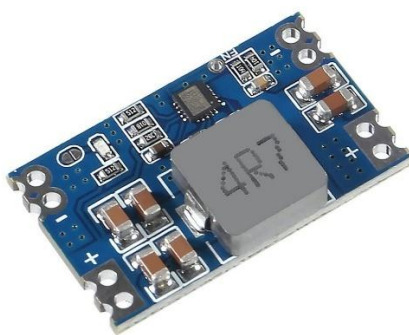
- (1.) B+ / B- สำหรับเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่โดยตรง
- (2.) P+ / P- สำหรับจ่ายไฟไปยังวงจรโหลด
- (3.) B1 สำหรับเชื่อมต่อจุดกลางระหว่างแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 และก้อนที่ 2



ภาพที่ 3 – 13 BMS 2S 7.4V 8A

3.2.8 Mini560 DC-DC Step-Down Converter 5A

โมดูลนี้สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5A มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และมีขนาดกะทัดรัด เหมาะกับงานอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ต้องการความเสถียรของแรงดันไฟฟ้า



ภาพที่ 3 – 14 Boost Converter 3.7V to 5V

3.2.9 Voltage Sensor Module

โมดูล Voltage Sensor ใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยต่อร่วมกับบอร์ดควบคุม เช่น ESP32 หรือ Arduino ผ่านขา ADC โดยภายในมีวงจรแบ่งแรงดัน ทำให้สามารถวัดแรงดันอินพุตได้ถึงประมาณ 25V และแปลงให้อยู่ในช่วงปลอดภัย (0–3.3V สำหรับ ESP32)

การต่อใช้งานคือ ขา Vin ต่อกับแหล่งแรงดัน ขา GND ต่อกราวด์ และขา Vout ต่อ ADC โดยใช้สูตร:

$$V_{out} = \frac{ADC \times 3.3}{4095} \quad \text{และ} \quad V_{bat} = V_{out} \times 5.7$$

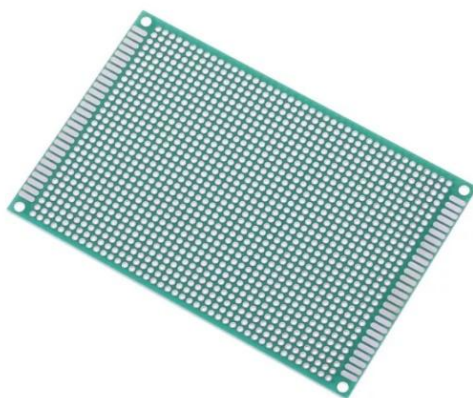


ภาพที่ 3 - 15 Voltage Sensor Module

3.2.10 แผ่นวงจรบอร์ดไข่ปลา ขนาด 8×12 เซนติเมตร

แผ่นวงจรบอร์ดไข่ปลา (Prototype Board) เป็นแผงวงจรอเนกประสงค์ที่มีรูเจาะเรียงกันเป็นตาราง โดยแต่ละรูมีระยะห่างมาตรฐาน 2.54 มิลลิเมตร และมีลายทองแดงแยกอิสระกันเพื่อให้สามารถต่อวงจรตามต้องการได้อย่างอิสระ

ในโครงการนี้เลือกใช้บอร์ดไข่ปลาขนาด 8×12 เซนติเมตร สำหรับประกอบชุดวงจรแปลงแรงดัน เชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้แรงดัน 5V เช่น บอร์ด ESP32, เซนเซอร์อัลตราโซนิก, NeoPixel, Voltage Sensor Module และโมดูลกลิ้ง โดยมีจุดเด่นคือใช้งานง่าย ไม่ต้องออกแบบ PCB และเหมาะสำหรับงานต้นแบบที่ต้องการความยืดหยุ่นในการปรับแก้



ภาพที่ 3 - 16 แผ่นวงจรบอร์ดไข่ปลา ขนาด 8×12 เซนติเมตร

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระบบตรวจจับวัตถุและการแจ้งเตือน

ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์อัลตราโซนิก ระบบแสดงผลด้วย NeoPixel ระบบเสียง Buzzer และโมดูล ESP32-CAM เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบแจ้งเตือนและถ่ายภาพอัตโนมัติ

(1.) เซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor JSN-SR04M)

ใช้สำหรับตรวจจับวัตถุในระยะไม่เกิน 4 เมตร เหมาะกับสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น ติดตั้งกับหมวกกันน็อค



ภาพที่ 3 - 17 แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์

(2.) ระบบแสดงผลด้วย NeoPixel (RGB LED Strip)

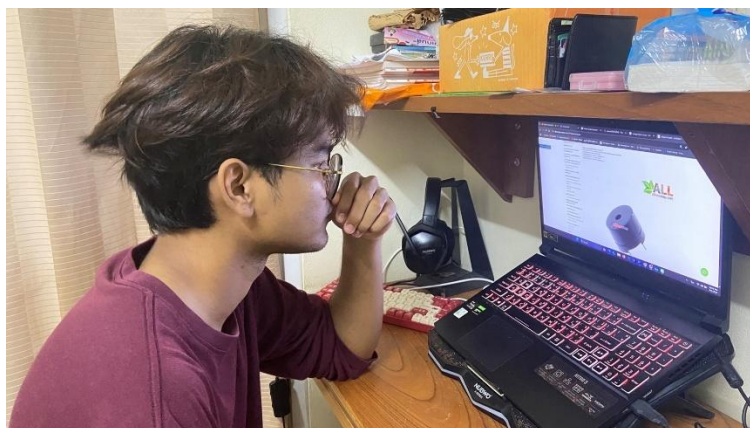
ใช้สำหรับแสดงสถานะของวัตถุที่เข้าใกล้ในรูปแบบของแสงสี เช่น สีส้ม – ระยะเตือน



ภาพที่ 3 – 18 แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับNeoPixel (RGB LED Strip)ผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์

(3.) ระบบเสียง Buzzer (Passive Buzzer)

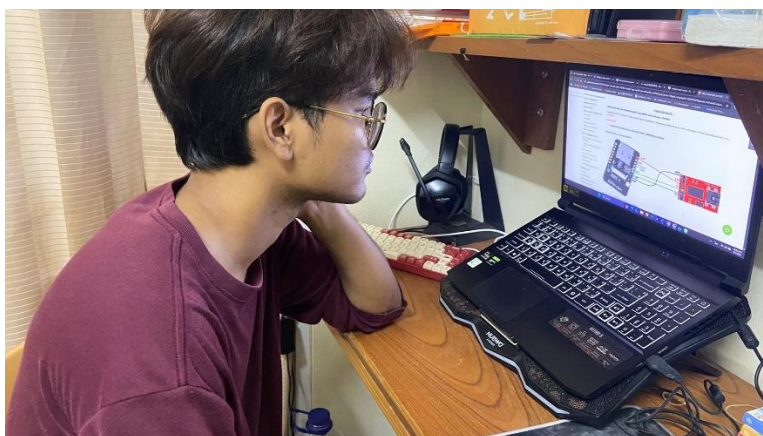
ใช้แจ้งเตือนเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้ในระยะอันตราย โดยความถี่ของเสียงจะเปลี่ยนตามระยะ



ภาพที่ 3 – 19 แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับBuzzer (Passive Buzzer)ผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์

(4.) โมดูล ESP32-CAM

ทำหน้าที่ถ่ายภาพอัตโนมัติเมื่อระบบตรวจจับพบวัตถุในระยะอันตราย และจัดเก็บภาพลง SD Card



ภาพที่ 3 – 20 แสดงการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมดูล ESP32-CAM ผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์

3.3.2 ออกแบบระบบและการติดตั้งอุปกรณ์บนหมวกกันน็อค

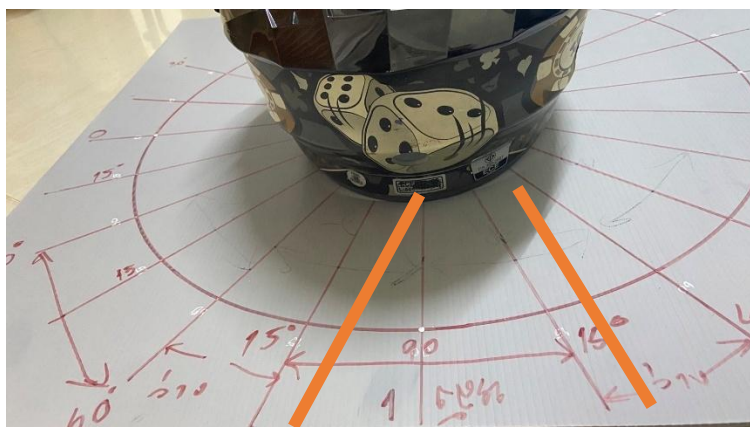
วางแผนการติดตั้งเซนเซอร์ทั้ง 3 จุด (ซ้าย ขวา และหลัง) ให้สามารถครอบคลุมมุมอับสายตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้มุมละประมาณ 60 องศา พร้อมวางแผนตำแหน่งติดตั้งกล้องและแบตเตอรี่

- (1.) ครอบคลุมมุมตรวจจับข้างละ 60 องศา เพื่อให้รวมกันเป็นพื้นที่ตรวจจับอย่างน้อย 120 องศา



ภาพที่ 3 – 21 แสดงขั้นตอนการกำหนดองศาตรวจจับของเซนเซอร์

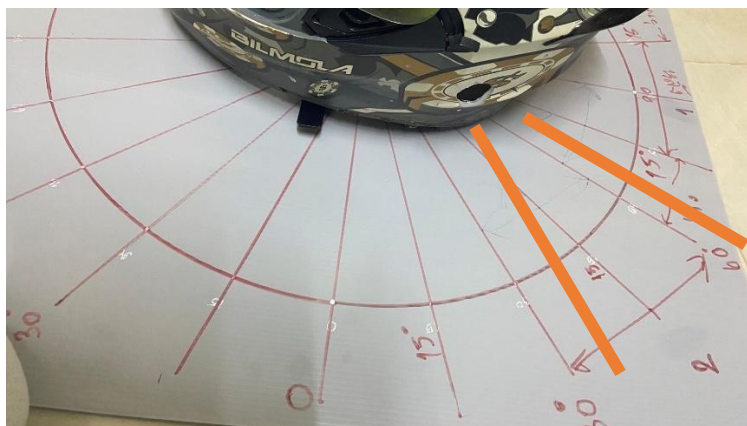
(2.) การวางหมวกกันน็อคบนแผ่นวัดองศาเพื่อประเมินขอบเขตการตรวจจับของเซนเซอร์แต่ละตำแหน่ง



ภาพที่ 3 - 22 แสดงการวางตำแหน่งหมวกกันน็อคบนแผ่นองศาสำหรับประเมินมุมการตรวจจับ



ภาพที่ 3 - 23 แสดงการวางตำแหน่งหมวกกันน็อคบนแผ่นองศาสำหรับประเมินมุมการตรวจจับ



ภาพที่ 3 - 24 แสดงการวางตำแหน่งหมวกกันน็อคบนแผ่นองศาสำหรับประเมินมุมการตรวจจับ

(3.) เซนเซอร์อัลตราโซนิก 3 ตัว ติดตั้งบริเวณซ้าย ขวา และด้านหลังของหมวก



ภาพที่ 3 - 25 แสดงด้านซ้ายของหมวกกันน็อค สำหรับติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้านซ้าย



ภาพที่ 3 - 26 แสดงด้านขวาของหมวกกันน็อค สำหรับติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้านขวา



ภาพที่ 3 – 27 แสดงด้านหลังของหมวกกันน็อค สำหรับติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้านหลัง

(4.) เจาะตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์ลงบนหมวกกันน็อค

ดำเนินการเจาะหมวกตามจุดที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อเตรียมติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกอย่างแม่นยำ โดยคำนึงถึงองศาการตรวจจับและความแข็งแรงของโครงสร้างหมวก



ภาพที่ 3 – 28 แสดงขั้นตอนการเจาะหมวกเพื่อเตรียมติดตั้งเซนเซอร์



ภาพที่ 3 - 29 แสดงขั้นตอนการเจาะหมวกเพื่อเตรียมติดตั้งเซนเซอร์

(5.) ติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกบนหมวกกันน็อค

หลังจากเจาะตำแหน่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกทั้ง 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านหลัง โดยเว้นระยะเยื้องไปทางด้านหลังเล็กน้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับ



ภาพที่ 3 - 30 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก



ภาพที่ 3 - 31 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก



ภาพที่ 3 - 32 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก

3.3.3 การติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก

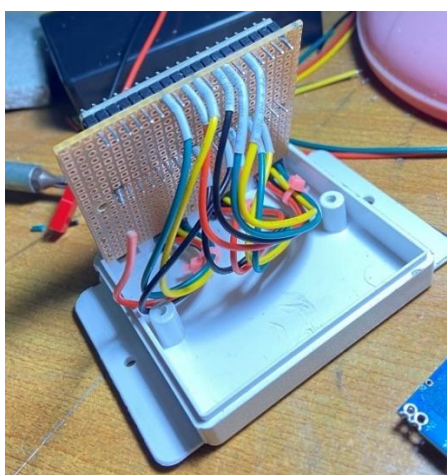
หลังจากทำการเจาะหมวกและติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกครบทั้ง 3 จุด (ซ้าย ขวา และ ด้านหลัง) ขั้นตอนถัดไปคือการเชื่อมต่อเซนเซอร์ทั้งหมดเข้ากับระบบควบคุมหลัก

(1.) เตรียมกล่องวงจรควบคุม



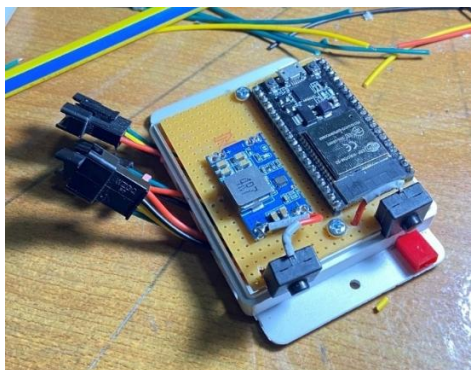
ภาพที่ 3 – 33 แสดงกล่องควบคุมที่จัดเตรียมสายไฟสำหรับเชื่อมต่อกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ

(2.) ทำการออกแบบและบัดกรีแผงวงจรลงบนแผ่นปริ้นต์เบรดบอร์ด



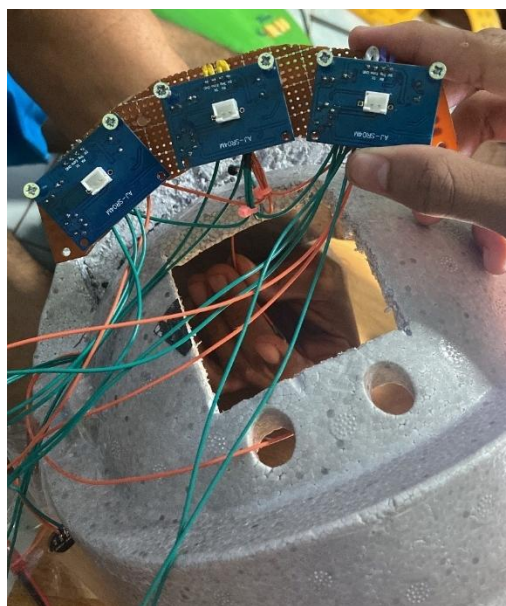
ภาพที่ 3 – 34 บัดกรีแผงวงจรลงบนปริ้นต์เบรดบอร์ดเพื่อควบคุมระบบ

(3.) ติดตั้งบอร์ด ESP32-S, โมดูล Mini 560, สวิตช์เปิดปิดระบบ, สวิตช์เปิดปิดลำโพง และ ขั้วต่อเซนเซอร์



ภาพที่ 3 – 35 ติดตั้งบอร์ด ESP32-S พร้อมโมดูล Mini 560 และสวิตช์ควบคุมระบบ

(4.) ตรวจสอบตำแหน่งขา TRIG, ECHO, VCC, GND ให้ตรงกับโค้ดที่ใช้ใน ESP32



ภาพที่ 3 – 36 ต่อสายเซนเซอร์เข้าระบบควบคุม

(5.) เชื่อมต่อสายไฟจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกทั้ง 3 ตำแหน่งเข้าสู่กล่องควบคุม โดยผ่านช่องร้อยสายด้านล่างของกล่อง



ภาพที่ 3 – 37 เดินสายเซนเซอร์จากหมวกเข้าสู่กล่องควบคุม

(6.) ตรวจสอบความเรียบร้อยของตำแหน่งเซนเซอร์และกล่องควบคุม โดยยึดอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับหมวกกันน็อกอย่างแน่นหนา เพื่อให้สามารถใช้งานจริงได้บนท้องถนน จากนั้นทำการทดสอบระบบการทำงานของเซนเซอร์ การแจ้งเตือนด้วยไฟ LED และการเชื่อมต่อกับระบบกล้อง



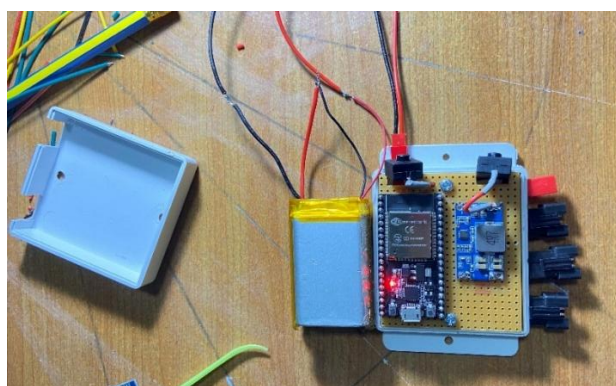
ภาพที่ 3-38 แสดงการติดตั้งกล่องควบคุมและเซนเซอร์อัลตราโซนิกบนหมวกกันน็อกสำหรับตรวจจับและแจ้งเตือนอุบัติเหตุ

3.3.4 ทดสอบการจ่ายไฟและการทำงานเบื้องต้น

เชื่อมต่อแบตเตอรี่ลิเธียม 7.4V เข้ากับโมดูล Mini 560 เพื่อแปลงแรงดันเป็น 5V สำหรับจ่ายให้กับบอร์ด ESP32-S

(1.) เชื่อมต่อสายไฟและตรวจสอบแรงดันที่จ่ายให้กับระบบ

ทำการต่อสายจากแบตเตอรี่ลิเธียมผ่านโมดูลแปลงแรงดัน Mini 560 และจ่ายไฟเข้าสู่บอร์ด ESP32-S โดยสังเกตสถานะไฟ LED บนบอร์ดเพื่อยืนยันว่าระบบเริ่มทำงานตามปกติ



ภาพที่ 3 – 39 แสดงสถานการณ์การทำงานของระบบหลังเชื่อมต่อไฟเรียบร้อยแล้ว

(2.) ทดสอบการทำงานเบื้องต้น

ทดสอบอุปกรณ์จริงโดยจำลองสถานการณ์มีรถเข้าด้านหลัง เพื่อดูการทำงานของระบบแจ้งเตือนและกล้อง



ภาพที่ 3 – 40 แสดงการทดสอบระบบในสถานการณ์จริงเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้จากด้านซ้าย



ภาพที่ 3 - 41 แสดงการทดสอบระบบในสถานการณ์จริงเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้จากด้านขวา



ภาพที่ 3 - 42 แสดงการทดสอบระบบในสถานการณ์จริงเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้จากด้านหลัง

(3.) ภาพบันทึกจากระบบกล้อง ESP32-CAM



ภาพที่ 3 - 43 ภาพจากกล้อง ESP32-CAM เมื่อมีวัตถุเข้าสู่ระยะ 300 ซม.



ภาพที่ 3 - 44 ภาพจากกล้อง ESP32-CAM เมื่อมีวัตถุเข้าสู่ระยะ 300 ซม.

3.3.5 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ ESP32-S และ ESP32-CAM

พัฒนาโปรแกรมตรวจจับระยะด้วยเซนเซอร์ ควบคุมไฟแจ้งเตือน NeoPixel และ Buzzer เมื่อเข้าสู่ระยะอันตราย พร้อมส่งสัญญาณ Trigger ไปยัง ESP32-CAM เพื่อถ่ายภาพและบันทึกลงใน MicroSD Card

(1.) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ ESP32-S

ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการตรวจจับวัตถุด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก พร้อมควบคุมไฟแจ้งเตือน NeoPixel และ Buzzer เมื่อเข้าสู่ระยะอันตราย และส่งสัญญาณ Trigger ไปยัง ESP32-CAM เพื่อถ่ายภาพและบันทึกลงใน MicroSD Card

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>

// กำหนดพิน SR04M
#define TRIG_LEFT 12
#define ECHO_LEFT 13
#define TRIG_RIGHT 2
#define ECHO_RIGHT 15
#define TRIG_BACK 32
#define ECHO_BACK 26

// กำหนด NeoPixel
#define LED_PIN_LEFT 14
#define LED_PIN_RIGHT 16
#define LED_PIN_BACK 18
#define NUM_PIXELS 1

// กำหนด Buzzer และถั่ว
#define BUZZER_PIN 4
#define CAM_TRIGGER_PIN 25

// กำหนดพิน
#define VOLTAGE_SENSOR_PIN 34
#define LED_BATTERY_NEOPIXEL_PIN 17

// วัตถุ NeoPixel
Adafruit_NeoPixel strip_left(NUM_PIXELS, LED_PIN_LEFT, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel strip_right(NUM_PIXELS, LED_PIN_RIGHT, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel strip_back(NUM_PIXELS, LED_PIN_BACK, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel batteryPixel(1, LED_BATTERY_NEOPIXEL_PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
```

ภาพที่ 3 – 45 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมกำหนดการใช้งานของ ESP32-S

(2.) เขียนโปรแกรมควบคุมกล้อง ESP32-CAM

กำหนดขาใช้งานและเขียนโค้ดรับสัญญาณ Trigger จากบอร์ด ESP32-S เพื่อสั่งให้กล้องถ่ายภาพและบันทึกลงใน MicroSD Card

```
-
#include "esp_camera.h"
#include "FS.h"
#include "SD_MMC.h"

#define TRIGGER_INPUT_PIN 14 // รับ trigger จาก ESP32

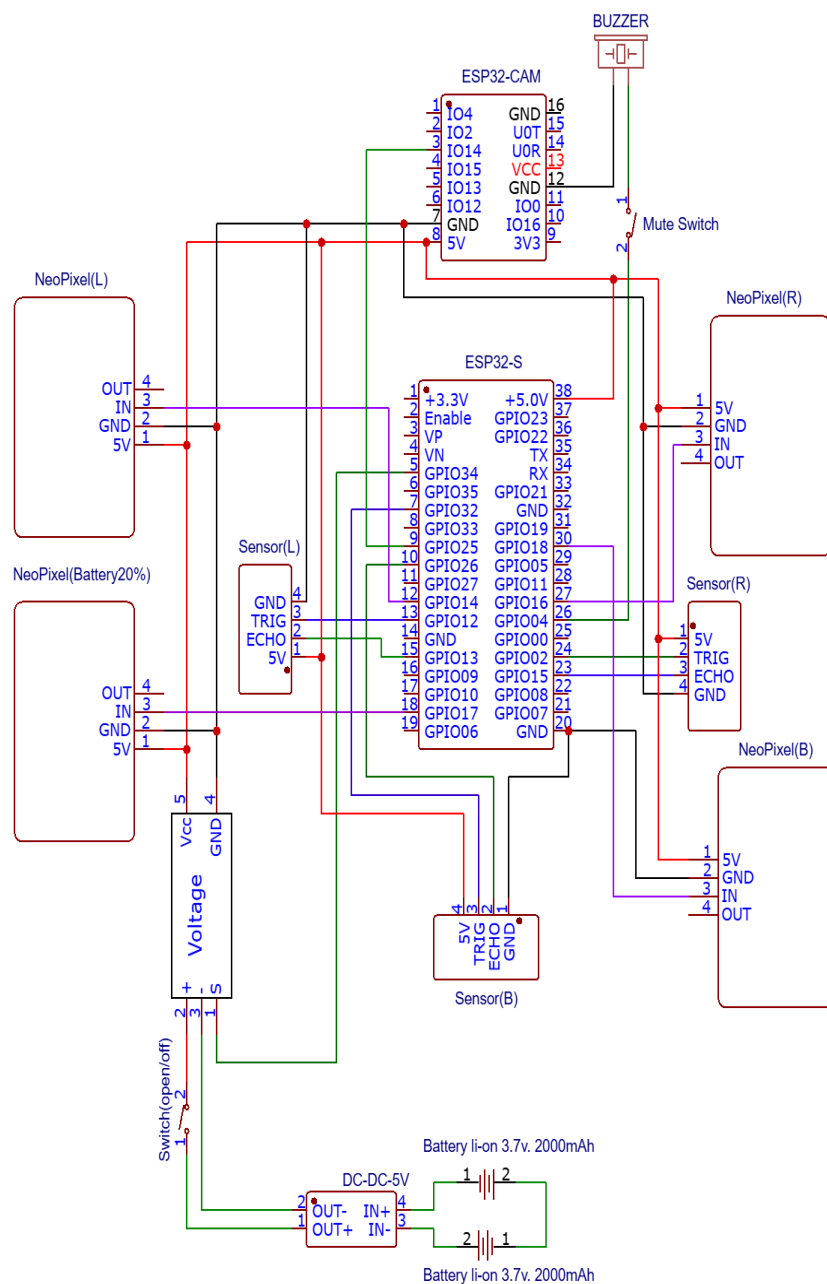
// Pin config สำหรับ AI Thinker ESP32-CAM
#define PWDN_GPIO_NUM    32
#define RESET_GPIO_NUM   -1
#define XCLK_GPIO_NUM     0
#define SIOD_GPIO_NUM    26
#define SIOC_GPIO_NUM     27
#define Y9_GPIO_NUM       35
#define Y8_GPIO_NUM       34
#define Y7_GPIO_NUM       39
#define Y6_GPIO_NUM       36
#define Y5_GPIO_NUM       21
#define Y4_GPIO_NUM       19
#define Y3_GPIO_NUM       18
#define Y2_GPIO_NUM        5
#define VSYNC_GPIO_NUM    25
#define HREF_GPIO_NUM     23
#define PCLK_GPIO_NUM     22
```

ภาพที่ 3 – 46 ตัวอย่างกำหนดขาใช้งานของ ESP32-CAM สำหรับรับสัญญาณและควบคุมกล้อง

3.3.6 ออกแบบวงจรการทำงานและวงจรการต่อใช้งานจริง

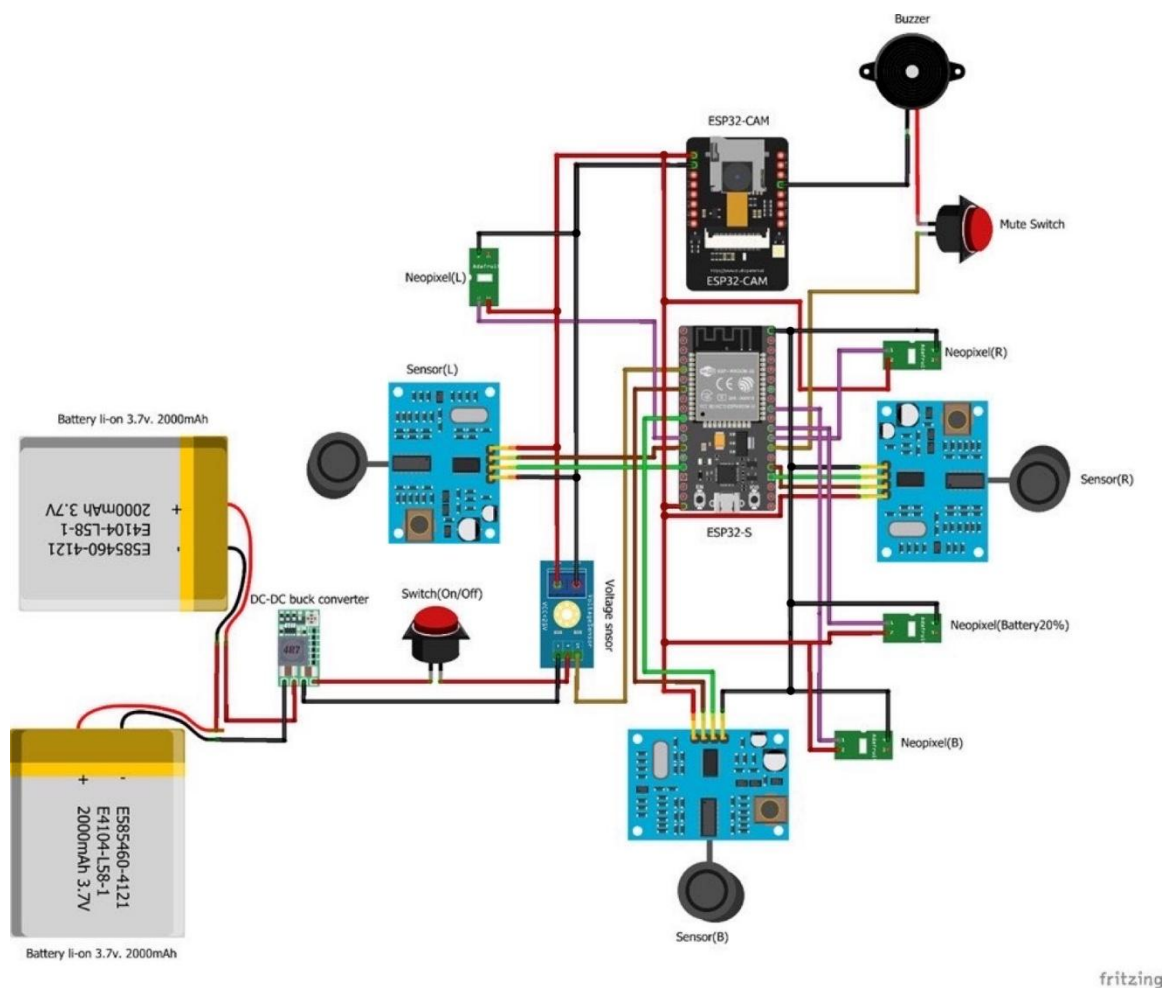
เมื่อประกอบชิ้นส่วนต่างๆ และจัดทำแผงวงจรเสร็จสิ้น จากนั้นได้จัดทำในส่วนของการออกแบบวงจรการทำงานและวงจรการต่อใช้งานจริง

(1.) วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบ



ภาพที่ 3 - 47 วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบ

(2.) วงจรแสดงการต่อใช้งานอุปกรณ์จริง



ภาพที่ 3 - 48 วงจรแสดงการต่อใช้งานอุปกรณ์จริง

(3.) ประกอบวงจรเพื่อใช้งานจริง



ภาพที่ 3 - 49 การประกอบวงจรเพื่อใช้งานจริง

บทที่ 4

การทดสอบการใช้งานของหมวกกันน็อกแจ้งเตือนมุมอับสายตา

การทดสอบการทำงานของระบบหมวกกันน็อกแจ้งเตือนมุมอับสายตา มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินความแม่นยำของเซนเซอร์อัลตราโซนิก ความถูกต้องของระบบแจ้งเตือนด้วยแสงและเสียง ความสามารถในการทำงานของกล้อง ESP32-CAM ตลอดจนประสิทธิภาพในการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อให้ สามารถตรวจจับวัตถุได้ครอบคลุมมุมอับสายตาอย่างมีประสิทธิภาพ

การทดสอบดำเนินการภายใต้สถานการณ์จำลองที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงบนท้องถนน โดย ออกแบบให้มีการวัดค่าระยะ การแจ้งเตือน และการบันทึกภาพในระยะและตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนด เพื่อประเมินผลการทำงานของระบบโดยรวม

4.1 วิธีการทดสอบ

4.1.1 ติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกทั้ง 3 จุด (ซ้าย ขวา และหลัง) เข้ากับหมวกกันน็อก

ในการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก จะมีทั้งหมด 3 ตำแหน่งบนหมวกกันน็อก ได้แก่ ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านหลัง เพื่อให้สามารถตรวจจับวัตถุในจุดอับสายตาได้ครอบคลุมทุกทิศทางของผู้ขับขี่ โดย เซนเซอร์จะยึดติดกับพื้นผิวหมวกด้วยเทปกาวยสองหน้าและสายรัด เพื่อความมั่นคงและไม่หลุดขณะใช้งาน จริง



ภาพที่ 4-1 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านซ้ายและขวามุมอับสายตา เพื่อใช้ตรวจจับวัตถุ ในมุมอับสายตาทั้งสองด้าน



ภาพที่ 4-2 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านหลังของหมวกกันน็อก สำหรับตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนเข้ามาทางด้านหลังของผู้ขับขี่

4.1.2 เชื่อมต่อวงจรควบคุมและระบบจ่ายไฟให้กับ ESP32-S และอุปกรณ์ทั้งหมด

ทำการเชื่อมต่อวงจรควบคุมที่บรรจุภายในกล่องพลาสติกเข้ากับระบบจ่ายไฟ โดยใช้สายไฟเชื่อมต่อจากแบตเตอรี่ลิเธียม 7.4V ผ่านโมดูล Mini 560 เพื่อลดแรงดันลงเป็น 5V สำหรับจ่ายไฟให้กับบอร์ด ESP32-S และอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ เช่น เซนเซอร์อัลตราโซนิก NeoPixel และ Buzzer ให้สามารถเริ่มต้นทำงานได้อย่างอิสระโดยไม่ต้องพึ่งพาแหล่งพลังงานภายนอก



ภาพที่ 4-3 แสดงขั้นตอนการเสียบสายไฟเข้ากับกล่องควบคุมระบบ เพื่อเริ่มต้นการจ่ายไฟให้กับ ESP32-S และอุปกรณ์ทั้งหมด



ภาพที่ 4-4 แสดงกล่องควบคุมที่เชื่อมต่อสายไฟและอุปกรณ์เรียบร้อย พร้อมสำหรับใช้งานภาคสนาม

4.1.3 ทดสอบการทำงานของระบบ โดยใช้วัตถุเข้าใกล้ในแต่ละมุมเพื่อดูการตอบสนองของเซนเซอร์
ทำการทดสอบโดยให้ผู้ขับขี่สวมหมวกกันน็อกที่ติดตั้งระบบเซนเซอร์อัลตราโซนิกและอุปกรณ์
แจ้งเตือน จากนั้นให้เพื่อนขับรถจักรยานยนต์เข้ามาใกล้ในแต่ละมุม (ซ้าย ขวา และหลัง) เพื่อทดสอบว่า
เซนเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุในมุมอับได้หรือไม่ โดยสังเกตการตอบสนองจาก NeoPixel และเสียงของ
Buzzer ว่าทำงานตามที่ตั้งค่าไว้หรือไม่



ภาพที่ 4-5 แสดงการขับเข้าใกล้ในมุมด้านซ้ายของหมวก เพื่อทดสอบเซนเซอร์ฝั่งซ้าย



ภาพที่ 4-6 แสดงการขับเข้าใกล้ในมุมด้านขวาของหมวก เพื่อทดสอบเซนเซอร์ฝั่งขวา



ภาพที่ 4-7 แสดงการขับเข้าใกล้ด้านหลังของหมวกในแนวตรง เพื่อทดสอบเซนเซอร์ด้านหลัง

4.1.4 ทดสอบการทำงานของกล้อง ESP32-CAM ในการบันทึกภาพขณะเกิดการแจ้งเตือน

ในการทดสอบการทำงานของกล้อง ESP32-CAM ได้ทำการจำลองสถานการณ์ที่มีวัตถุหรือบุคคลเข้าสู่ระยะตรวจจับของเซนเซอร์ เมื่อเกิดการแจ้งเตือน กล้องจะทำการบันทึกภาพโดยอัตโนมัติ และจัดเก็บไฟล์ภาพลงใน MicroSD Card ที่ติดตั้งไว้ภายในโมดูล ESP32-CAM เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบย้อนหลังหรือวิเคราะห์เหตุการณ์ในภายหลัง



ภาพที่ 4-8 แสดงภาพขณะมียานพาหนะเข้ามาในระยะตรวจจับ กล้อง ESP32-CAM ทำการบันทึกภาพโดยอัตโนมัติทันทีเมื่อเกิดการแจ้งเตือน



ภาพที่ 4-9 แสดงภาพของยานพาหนะที่อยู่ในระยะตรวจจับ กล้องสามารถบันทึกภาพผู้ขับขี่และยานพาหนะได้อย่างชัดเจน

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 ทดลองระยะการตรวจจับของตัว Sensor เทียบกับระยะจริง โดยจะมีการจำลองการติดตั้งตัว Sensor ด้านซ้ายและทำการวัดระยะ Sensor ที่แสดงบน Monitor เทียบกับตัวตลับเมตร ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ทดสอบค่าระยะจาก Sensor ด้านซ้ายเทียบกับระยะจริง

ครั้งที่	ระยะจริง (cm)	ค่าที่วัดได้ (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
1	80	77.30	3.38
2	150	147.01	2.00
3	180	177.60	1.33
4	250	247.50	1.00
5	300	296.70	1.00

จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์ด้านซ้ายสามารถวัดระยะได้ใกล้เคียงกับค่าจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 3.38 % ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (≤ 5 %)

4.2.2 ทดลองระยะการตรวจจับของตัว Sensor เทียบกับระยะจริง โดยจะมีการจำลองการติดตั้งตัว Sensor ด้านขวาและทำการวัดระยะ Sensor ที่แสดงบน Monitor เทียบกับตัวตลับเมตร ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ทดสอบค่าระยะจาก Sensor ด้านขวาเทียบกับระยะจริง

ครั้งที่	ระยะจริง (cm)	ค่าที่วัดได้ (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
1	80	79.60	0.50
2	150	147.00	2.00
3	180	178.00	1.11
4	250	249.00	0.40
5	300	298.18	0.61

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์ด้านขวาสามารถวัดระยะได้ใกล้เคียงกับค่าจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 2 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ($\leq 5\%$)

4.2.3 ทดลองระยะการตรวจจับของตัว Sensor เทียบกับระยะจริง โดยจะมีการจำลองการติดตั้งตัว Sensor ด้านหลังและทำการวัดระยะ Sensor ที่แสดงบน Monitor เทียบกับตัวตลับเมตร ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ทดสอบค่าระยะจาก Sensor ด้านหลังเทียบกับระยะจริง

ครั้งที่	ระยะจริง (cm)	ค่าที่วัดได้ (cm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
1	80	79.74	0.38
2	150	146.77	2.20
3	180	176.80	1.78
4	250	247.00	1.20
5	300	296.45	1.18

ตารางที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์ด้านหลังสามารถวัดระยะได้ใกล้เคียงกับค่าจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 2.20 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ($\leq 5\%$)

4.2.4 การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการทำงานของระบบแจ้งเตือนเมื่อมีวัตถุเข้าสู่ระยะตรวจจับที่กำหนด โดยใช้อุปกรณ์ในการแจ้งเตือน ได้แก่ Buzzer และ NeoPixel

ทำการทดสอบโดยจำลองสถานการณ์ในตำแหน่งต่าง ๆ ของวัตถุและสังเกตการทำงานของระบบตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนด้วยเสียงและNeoPixel

ครั้งที่	สถานการณ์จำลอง	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ผ่าน/ไม่ผ่าน
1	วัตถุเข้าใกล้ด้านซ้าย ≤ 300 cm	มีเสียง Buzzer + ไฟ NeoPixel สีส้ม	ตรงตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผ่าน
2	วัตถุเข้าใกล้ด้านขวา ≤ 300 cm	มีเสียง Buzzer + ไฟ NeoPixel สีส้ม	ตรงตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผ่าน
3	วัตถุอยู่ในระยะ ≤ 300 cm ด้านหลัง	มีเสียง Buzzer + ไฟ NeoPixel สีส้ม	ตรงตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผ่าน
4	วัตถุอยู่ที่ระยะ 500 cm (นอกช่วง)	ไม่มีแสง ไม่มีเสียง	ตรงตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผ่าน
5	ไม่มีวัตถุในระยะตรวจจับ	ไม่มีแสง ไม่มีเสียง	ตรงตามผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ผ่าน

จากตารางที่ 4-4 จะสรุปผลการทดลองได้ว่าระบบแจ้งเตือนด้วยแสง NeoPixel และเสียง Buzzer สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่คาดหวังในทุกสถานการณ์ที่จำลองไว้ แสดงผลได้สอดคล้องกับระยะของวัตถุที่ตรวจจับ จึงสรุปได้ว่าระบบผ่านการทดสอบทั้งหมด

4.2.5 การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถของกล้อง ESP32-CAM ในการทำงานร่วมกับบอร์ด ESP32-S โดยระบบจะทำการถ่ายภาพอัตโนมัติเมื่อมีวัตถุเข้ามาในระยะ ≤ 300 เซนติเมตร ตามเงื่อนไขที่กำหนด

ทำการทดสอบในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยสังเกตว่ากล้องสามารถถ่ายภาพและบันทึกลงใน MicroSD Card ได้สำเร็จหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการทดสอบระบบกล้อง ESP32-CAM

ครั้งที่	สถานการณ์	Trigger จาก ESP32-S	กล้องถ่ายภาพได้สำเร็จหรือไม่	ผ่าน/ไม่ผ่าน
1	วัตถุเข้าใกล้ด้านซ้าย ≤ 300 ซม.	✓	✓	ผ่าน
2	วัตถุเข้าใกล้ด้านขวา ≤ 300 ซม.	✓	✓	ผ่าน
3	วัตถุเข้าใกล้ด้านหลัง ≤ 300 ซม.	✓	✓	ผ่าน
4	วัตถุอยู่ห่างเกิน 300 ซม.	X	X	ผ่าน
5	ไม่มีวัตถุในระยะตรวจจับ	X	X	ผ่าน

จากตารางที่ 4-5 จะสรุปผลการทดลองได้ว่า ระบบกล้อง ESP32-CAM สามารถทำงานร่วมกับ ESP32-S ได้อย่างถูกต้อง โดยสามารถถ่ายภาพได้เมื่อได้รับ Trigger จากสถานการณ์ที่เข้าข่ายอันตราย และไม่มีการถ่ายภาพในสถานการณ์ที่ไม่เหมาะสม สรุปว่าระบบทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ทั้งหมด

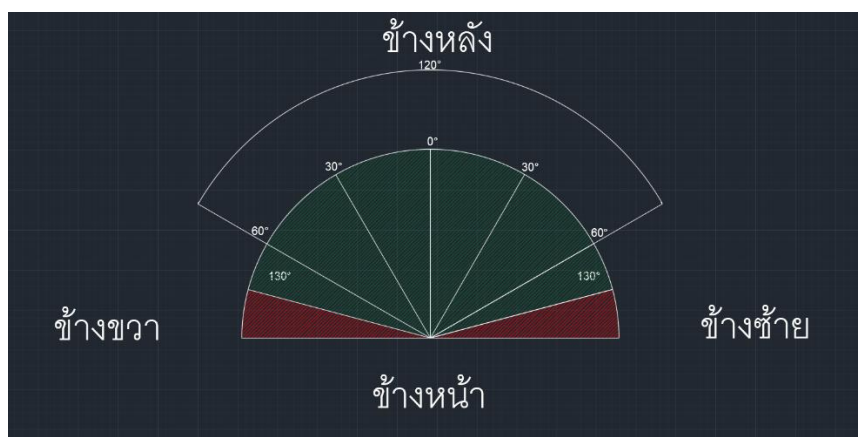
4.3 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดสอบระบบแจ้งเตือนและระบบถ่ายภาพที่ได้พัฒนาขึ้น พบว่าเซนเซอร์อัลตราโซนิกทั้ง 3 ตำแหน่ง (ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านหลัง) สามารถตรวจวัดระยะได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน 3.38% ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แสดงถึงความเสถียรและความน่าเชื่อถือของระบบตรวจจับ

ระบบแจ้งเตือนด้วย NeoPixel และ Buzzer แสดงผลได้อย่างถูกต้องตามระยะของวัตถุ โดยเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้ในระยะ ≤ 300 เซนติเมตร จะมีการแสดงไฟสีส้มหรือสีแดงร่วมกับเสียง Buzzer ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ถึงอันตรายที่ใกล้เข้ามาได้อย่างชัดเจนและทันท่วงที

ในส่วนของการถ่ายภาพ พบว่า ESP32-CAM สามารถทำงานร่วมกับบอร์ด ESP32-S ได้อย่างแม่นยำ โดยทำการถ่ายภาพเฉพาะเมื่อได้รับสัญญาณ Trigger ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เท่านั้น ซึ่งช่วยลดการทำงานที่ไม่จำเป็น และส่งผลให้ระบบสามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

จากการทดสอบการติดตั้งเซนเซอร์ยังพบว่า การติดตั้งในมุมองศา 60° ให้ผลลัพธ์ดีที่สุดในการครอบคลุมพื้นที่มุมอับสายตาทั้งด้านข้างและด้านหลังของผู้สวมใส่ โดยสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างครบถ้วนโดยไม่มีจุดบอดหรือการซ้อนทับของสัญญาณ โดยสามารถตรวจจับวัตถุในรัศมี 120 องศาบริเวณด้านหลังหมวกกันน็อกได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4-10 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์ในมุม 60° เพื่อครอบคลุมมุมอับสายตา 120°

บทที่ 5

สรุป วิจัยรณผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลจากการจัดทำโครงการน วมวกกันน็อกแฉงเตอนมมอับสายตา รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการทำโครงการน ข้อควรระวังและข้อเสนอแนะสำหรับการใช้งานระบบ รวมถึงแนวทางในการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อให้โครงการนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์ต่อการศึษาวิจัยในอนาคต

5.1 สรุปผลที่ได้จากการทำโครงการน

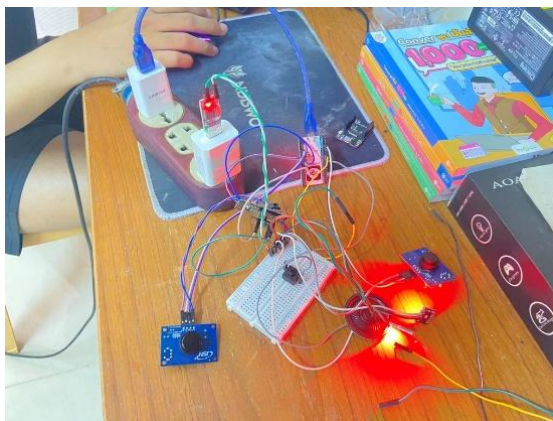
จากการศึษาค้นคว้าและจัดทำปริญญานิพนธ์ ทำให้ได้รับความรู้ในด้านการออกแบบระบบตรวจจับวัตถุด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ และการทำงานร่วมกับอุปกรณ์แสดงผล เช่น NeoPixel, Buzzer และกล้อง ESP32-CAM รวมถึงการจัดการพลังงานด้วยแบตเตอรี่และโมดูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจากการทดสอบพบว่า ระบบวมวกกันน็อกแฉงเตอนมมอับสายตาสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในขอบเขตของโครงการน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ปัญหาจากการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบบอร์ดรวม

ในระยะแรกของโครงการน มีการเลือกใช้เซนเซอร์ JSN-SR04T-V3.0 รุ่นที่เซนเซอร์รับส่งสัญญาณ (ตัวสีดำ) ถูกเชื่อมติดอยู่กับบอร์ดควบคุมโดยตรง ซึ่งเป็นแบบบอร์ดรวม ไม่สามารถถอดแยกได้ ส่งผลให้ไม่สามารถติดตั้งเซนเซอร์บนวมวกกันน็อกในตำแหน่งและมุมที่เหมาะสมได้ เนื่องจากไม่สามารถปรับองศาของตัวเซนเซอร์ให้สอดคล้องกับมุมการตรวจจับที่ต้องการจริงในสนามใช้งาน เช่น การชี้เซนเซอร์ไปยังทิศทางด้านข้างหรือเฉียงหลัง

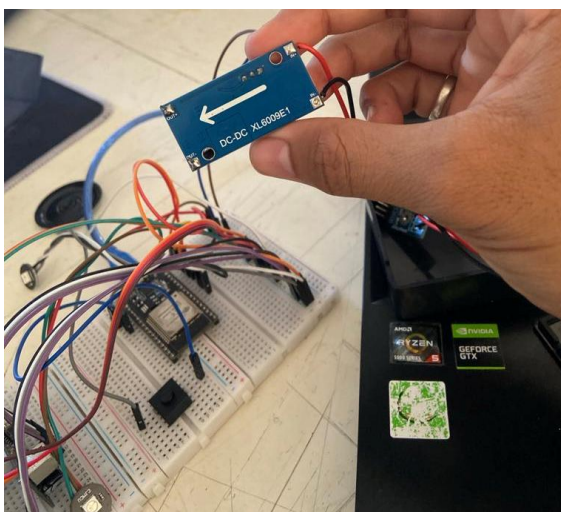
ด้วยข้อจำกัดนี้ จึงมีการปรับเปลี่ยนมาใช้เซนเซอร์รุ่นที่มีสายเชื่อมต่อระหว่างตัวตรวจจับกับบอร์ดควบคุม ทำให้สามารถจัดวางเซนเซอร์บนวมวกได้ยืดหยุ่นกว่าเดิม ปรับองศาการตรวจจับได้แม่นยำมากขึ้น และเหมาะสมกับการใช้งานจริงบนท้องถนน



ภาพที่ 5.2-1 แสดงเซนเซอร์ JSN-SR04T แบบบอร์ดรวม ที่ไม่สามารถปรับมุมติดตั้งบนหมวกกันน็อกได้อย่างยืดหยุ่น

5.2.2 การจ่ายไฟให้ระบบด้วย Boost Converter

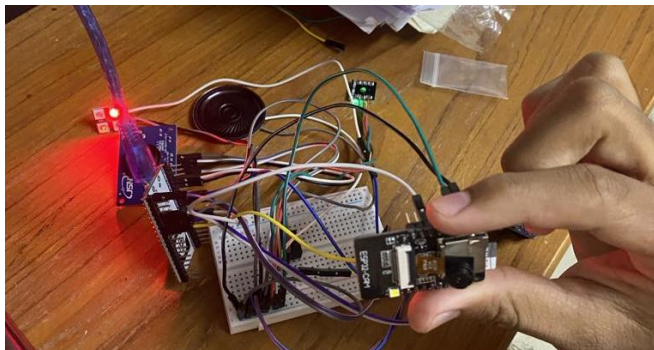
ในขั้นตอนผู้จัดทำวางแผนจะใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน 3.7V เพียงก้อนเดียวร่วมกับโมดูลเพิ่มแรงดัน (Boost Converter) เพื่อจ่ายไฟให้กับ ESP32 และอุปกรณ์ทั้งหมด แต่จากการทดสอบพบว่าโมดูลเพิ่มแรงดันมีความร้อนสะสมสูงเมื่อจ่ายกระแสต่อเนื่อง ทำให้เกิดปัญหาความร้อนสะสมและความไม่เสถียรของระบบ จึงมีการปรับเปลี่ยนมาใช้แบตเตอรี่ 2 ก้อน (รวมแรงดัน 7.4V) และลดแรงดันผ่านโมดูลแปลงแรงดัน (Buck Converter) แทน ซึ่งช่วยลดความร้อนและทำให้ระบบจ่ายไฟมีความเสถียรมากขึ้น



ภาพที่ 5.2-2 แสดงโมดูล Boost Converter ที่ใช้ในช่วงเริ่มต้นของการทดสอบระบบจ่ายไฟ

5.2.3 การสื่อสารระหว่าง ESP32-S และ ESP32-CAM

การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานร่วมกันระหว่าง ESP32-S และ ESP32-CAM มีความซับซ้อน และต้องมีการปรับแต่งโค้ดหลายครั้งเพื่อให้การถ่ายภาพและการแจ้งเตือนเกิดขึ้นตรงตามเงื่อนไข



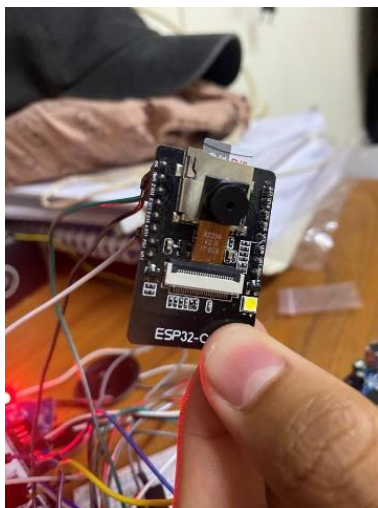
ภาพที่ 5.2-3 การทดสอบการสื่อสารระหว่าง ESP32-S และ ESP32-CAM

5.2.4 การทดสอบระบบในสภาพแวดล้อมจริง

การทดสอบระบบในสถานการณ์จริงพบว่าแสงแดดหรือสภาพอากาศบางประเภทอาจรบกวนการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิก เช่น ลมแรงหรือฝุ่นละออง

5.2.5 ปัญหากล่อง ESP32-CAM จากการติดตั้งผิดตำแหน่ง

กล่อง ESP32-CAM เสียหายระหว่างการติดตั้ง เนื่องจากสายแพะของโมดูลกล่องมีขั้วบวกและขั้วลบอยู่ใกล้กัน และในการเสียบสายแพะเข้ากับตัวบอร์ด ESP32-CAM ครั้งแรกไม่ได้ตรงตามตำแหน่งที่ถูกต้อง ทำให้เกิดการลัดวงจร ส่งผลให้กล่องไม่สามารถใช้งานได้และต้องเปลี่ยนโมดูลใหม่



ภาพที่ 5.2-4 กล้อง ESP32-CAM เสียหายจากการต่อสายแพไม่ตรงขั้ว

5.3 ข้อควรระวังและข้อเสนอแนะ

5.3.1 การติดตั้งเซนเซอร์ให้ตรงตำแหน่งและระยะที่เหมาะสม

การติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกควรดำเนินการอย่างระมัดระวัง โดยเลือกตำแหน่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวางระยะตรวจจับ และให้เซนเซอร์สามารถส่งและรับคลื่นเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลีกเลี่ยงการติดตั้งใกล้พื้นผิวโค้งหรือจุดอับที่อาจทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดพลาด

5.3.2 การเก็บสายไฟและอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

การเดินสายไฟภายในหมวกกันน็อกควรมีการวางแผนและจัดเก็บสายไฟอย่างเป็นระเบียบ โดยควรยึดสายให้แน่นหนาเพื่อป้องกันการหลุด การขาด หรือการสั้นคลอนขณะสวมใส่หรือขยับ และควรใช้ท่อหุ้มสายหรือวัสดุป้องกันเพิ่มเติมเพื่อยืดอายุการใช้งาน

5.3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ควรเลือกใช้อุปกรณ์ยี่ห้อดี เช่น กาวอุตสาหกรรม เทปกาวสองหน้าแบบแรงยึดสูง หรือซิลิโคนกันกระแทก ที่สามารถรองรับแรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทกจากการขยับ เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ภายในหมวกเคลื่อนที่หรือหลุดออกจากตำแหน่ง

5.3.4 ตรวจสอบระบบก่อนใช้งานจริง

ก่อนนำระบบไปใช้งานจริง ควรตรวจสอบความแน่นของขั้วต่อไฟฟ้า พอร์ตเชื่อมต่อ และตำแหน่งของโมดูลต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้มั่นใจว่าการเชื่อมต่อทางไฟฟ้ามีความเสถียร ไม่เกิดการหลุดหรือคลายระหว่างใช้งาน ซึ่งอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่

5.3.5 ทดสอบระบบเข้าและเตรียมแผนสำรองกรณีเกิดข้อผิดพลาด

ควรมีการตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะก่อนการใช้งานทุกครั้ง หากแรงดันต่ำกว่าค่าที่กำหนด ควรชาร์จให้เต็มก่อนเพื่อป้องกันระบบดับกลางคัน และหลีกเลี่ยงการใช้งานแบตเตอรี่จนหมดเกลี้ยงซึ่งอาจส่งผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่

5.4 แนวทางในการพัฒนา

5.4.1 เชื่อมต่อแอปฯ แจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟน

พัฒนาระบบเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เพื่อแสดงสถานะการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ และสามารถดูภาพที่บันทึกจากกล้อง ESP32-CAM ได้ทันทีผ่านระบบไร้สาย

5.4.2 เพิ่มระบบ GPS เพื่อติดตามตำแหน่ง

เพิ่มระบบ GPS เพื่อระบุตำแหน่งของผู้ใช้งานขณะเกิดเหตุการณ์อันตราย หรือใช้ในการติดตามตำแหน่งย้อนหลังจากภาพที่บันทึกไว้

5.4.3 ปรับกล้องให้ใช้งานกลางคืนได้ (Night Vision)

ปรับปรุงคุณภาพของกล้องให้สามารถใช้งานได้ในเวลากลางคืน หรือสภาวะแสงน้อย เช่น การใช้กล้องที่มี Night Vision หรือติดตั้งอินฟราเรดเสริม

5.4.4 ออกแบบวงจรให้เล็กลงด้วยแผ่น PCB

ลดขนาดและน้ำหนักของกล่องควบคุม เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น โดยอาจออกแบบเป็น PCB เฉพาะสำหรับวงจรนี้

5.4.5 ใช้แบตเตอรี่แบบถอดเปลี่ยนหรือชาร์จในระยะยาว

พัฒนาระบบชาร์จแบตเตอรี่แบบไร้สาย หรือแบบถอดเปลี่ยนได้ง่าย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

1. Ai-Thinker. (2020). **ESP32-S WiFi+BT SoC Module Datasheet**. [https://docs.ai-thinker.com/_media/esp32/docs/esp32-s_datasheet_en.pdf]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
2. Blue PCB Electronics. (2024). **2A20 Voltage Sensor Module DC 0–25 V**. [<https://www.bluepcb.co.th/product/voltage-sensor-2a20>]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
3. Chang, C.-W., Sun, H.-Y., Horng, C.-T., Lee, C.-H., & Huang, S.-Y. (2016). **Progressive Rear View Mirror for Motorcycles**. *Optics Express*, 24(25), 29283–29294.
4. CirCut-electronics.com. (2023). **Waterproof Ultrasonic Distance Sensor Module AJ SR04M – Product Specs**. [<https://www.circuit-electronics.com/sr04m-datasheet>]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
5. Cirkuit Designer. (2024). **How to Use LiPo Battery 3.7V: Examples, Pinouts, and Specs**. [<https://docs.circuitdesigner.com/component/aa6f3411-3c05-4269-a547-1f07eb6daa87/lipo-battery-37v>]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
6. Dinh, A., et al. (2019). **Edge Computing for Intelligent Driving Assistance Systems**. *IEEE Access*, 7, 136189–136198.
7. Hashim, H., Hussain, A., & Yahya, A. S. (2019). **Determination of Blind Spot Zone for Motorcycles Using Grid-Based Technique**. *Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia*, 3(2), 8–13.
8. JK Python. Tutorial on JSN SR04T/AJ SR04M: **Waterproof Ultrasonic Sensor with Arduino (รายละเอียดช่วงวัด ความแม่นยำ มุมตรวจจับ และมาตรฐานกันน้ำ)**. [<https://www.cybertice.com>]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.

9. JSN SR04T / AJ SR04M. **Waterproof Ultrasonic Distance Sensor Module — Specification Summary (Operating Voltage 5 V, Range 25–450 cm, Frequency 40 kHz).** [<https://www.artronshop.co.th/>] .สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
10. MiniDC. (2023). **Mini560 5A DC-DC Buck Converter Module – 5V Output.** [<https://www.minidc.com/product/mini560-5a-buck>]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
11. Santos, R., & Santos, S. (2020). **ESP32-CAM Video Streaming and Face Recognition with Arduino IDE.** [<https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-video-streaming-face-recognition-arduino-ide>]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
12. Sethi, N., & Dey, A. (2021). **Development of a Smart Helmet Using Arduino and Ultrasonic Sensor for Two-Wheeler Safety.** International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 8(3), 1841–1845.
13. Strasburger, H., Rentschler, I., & Jüttner, M. (2011). **Peripheral Vision and Pattern Recognition: A Review.** Journal of Vision, 11(5):13, 1–82.
14. Supasorn, S., & Piyasin, S. (2022). **Design and Implementation of Smart Motorcycle Helmet with Wireless Blind Spot Alert System.** Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 198–203.
15. Vision Science Academy. (2021). **Psychological Aspects of Colour Perception.** [<https://visionscienceacademy.org/psychological-aspects-of-colour-perception/>]. สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2568.
16. Wang, J., & Chen, L. (2020). **YOLOv4-based Object Detection in Intelligent Transportation.** Sensors, 20(15), 4205.
17. Zhang, Y., & Wang, M. (2021). **Blind Spot Detection System Based on Radar and Vision Fusion.** IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 6(2), 265–274.

ภาคผนวก ก.

คู่มือแนะนำการใช้งาน

คู่มือแนะนำการใช้งาน

1. การติดตั้งและต่อสายระบบ

ก่อนเริ่มใช้งานระบบหมวกกันน็อกแข็งเตือนมุมอับสายตา จำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณจากเซนเซอร์และสายไฟต่าง ๆ เข้ากับกล่องควบคุมให้ถูกต้องตามตำแหน่งที่ระบุไว้ ดังนี้:

1. L (สีแดง): สายสัญญาณจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านซ้าย
2. B (สีเหลือง): สายสัญญาณจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านหลัง
3. R (สีเขียว): สายสัญญาณจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกด้านขวา
4. P (สีน้ำเงิน): สายไฟเลี้ยงระบบที่จ่ายไฟให้กับบอร์ดควบคุมและอุปกรณ์ทั้งหมด
5. สายสีดำ: เป็นสายไฟจากแบตเตอรี่ที่เชื่อมเข้ากับโมดูลลดแรงดัน (Buck Converter) เพื่อแปลงไฟจาก 7.4V ลงเป็น 5V สำหรับจ่ายให้ระบบอย่างปลอดภัย



ภาพที่ ก-1 กล่องควบคุมหลักพร้อมสายเชื่อมต่อเซนเซอร์และจ่ายไฟเข้าสู่ระบบ

2. การเปิด-ปิดระบบ

เปิดระบบ: กดปุ่มสวิตช์เปิดระบบบริเวณด้านหลังหมวก

ปิดระบบ: กดปุ่มเดิมอีกครั้งเพื่อปิดการทำงาน



ภาพที่ ก-2 กล่องควบคุมหลักพร้อมสวิตช์เปิด-ปิดระบบ ที่ติดตั้งบริเวณด้านหลังหมวกกันน็อก

3. การตรวจจับวัตถุและการแจ้งเตือน

ตาราง ก-1 แสดงตำแหน่งการตรวจจับและรูปแบบการแจ้งเตือนของระบบ

ตำแหน่งตรวจจับ	สัญญาณเตือน
ด้านซ้าย	LED สีส้มฝั่งซ้าย + Buzzer
ด้านขวา	LED สีส้มฝั่งขวา + Buzzer
ด้านหลัง	LED สีส้มฝั่งขวา + Buzzer

4. ระบบบันทึกภาพอัตโนมัติ

เมื่อมีวัตถุเข้าใกล้ในระยะ ≤ 300 ซม. ระบบจะส่งสัญญาณไปยัง ESP32-CAM เพื่อทำการบันทึกภาพ และจัดเก็บลงใน MicroSD Card โดยระบบจะจัดเก็บเป็นชุดภาพในโฟลเดอร์ /A1, /B1 สลับกัน

Name	Date modified	Type	Size
📁 A1		File folder	
📁 B1		File folder	

ภาพที่ ก-3 โฟลเดอร์จัดเก็บภาพอัตโนมัติจาก ESP32-CAM (/A1 และ /B1) บน MicroSD Card

5. การแจ้งเตือนแบตเตอรี่ต่ำ

เมื่อแรงดันไฟของแบตเตอรี่ลดลงต่ำกว่า 3.3 โวลต์ (ประมาณ 20% ของความจุแบตเตอรี่):

5.1 ไฟ LED สีแดง (ติดค้าง) จะปรากฏที่ กล่องควบคุมสีขาว เพื่อแจ้งเตือนสถานะแบตเตอรี่ต่ำ

5.2 ไฟ LED กระพริบ (สีแดง) จะแสดงทาง ด้านซ้ายและขวาของหมวกกันน็อก เพื่อเพิ่มการมองเห็นให้ผู้ใช้รับรู้และเพิ่มความปลอดภัย

ระบบจะยังคงทำงานต่อได้ระยะหนึ่งหลังจากแจ้งเตือน แต่ควรชาร์จแบตเตอรี่ทันทีเพื่อป้องกันระบบหยุดทำงานกลางทาง

6. การชาร์จแบตเตอรี่

เชื่อมต่อสายชาร์จแบบ USB ที่มีหัวต่อแบบ JST เข้ากับแบตเตอรี่โดยตรงตามขั้วสีแดง (+) และดำ (-) เสียบด้าน USB เข้ากับพอร์ตชาร์จ 5V เช่น อะแดปเตอร์มือถือหรือคอมพิวเตอร์

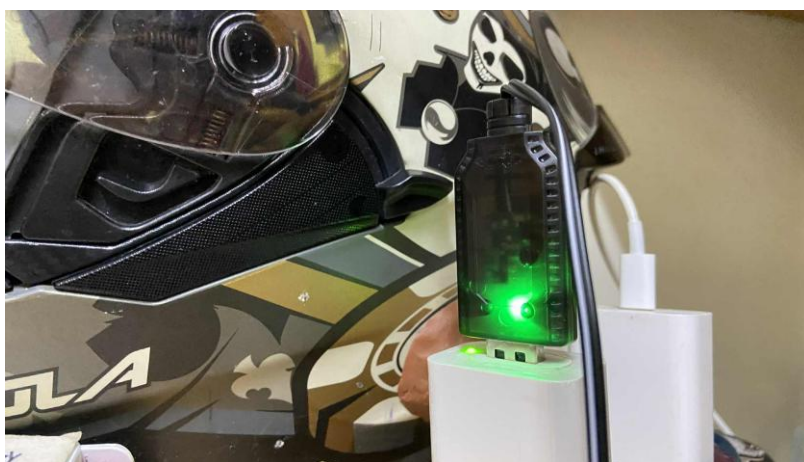
สังเกตไฟสถานะบนหัวชาร์จ:

🔴 ไฟสีแดง: กำลังชาร์จ

🟢 ไฟสีเขียว: ชาร์จเต็มแล้ว



ภาพที่ ก-4 สายชาร์จแบตเตอรี่แบบ JST กำลังชาร์จผ่านพอร์ต USB (ไฟสถานะสีแดง)



ภาพที่ ก-5 สายชาร์จแบตเตอรี่แบบ JST ขณะชาร์จผ่านพอร์ต USB (ไฟสถานะสีเขียว: ชาร์จเต็มแล้ว)

ข้อควรระวัง:

- ห้ามชาร์จแบตเตอรี่เกินระยะเวลาที่กำหนด
- หลีกเลี่ยงการใช้งานขณะชาร์จเพื่อความปลอดภัยของระบบ

7. คำแนะนำเพิ่มเติม

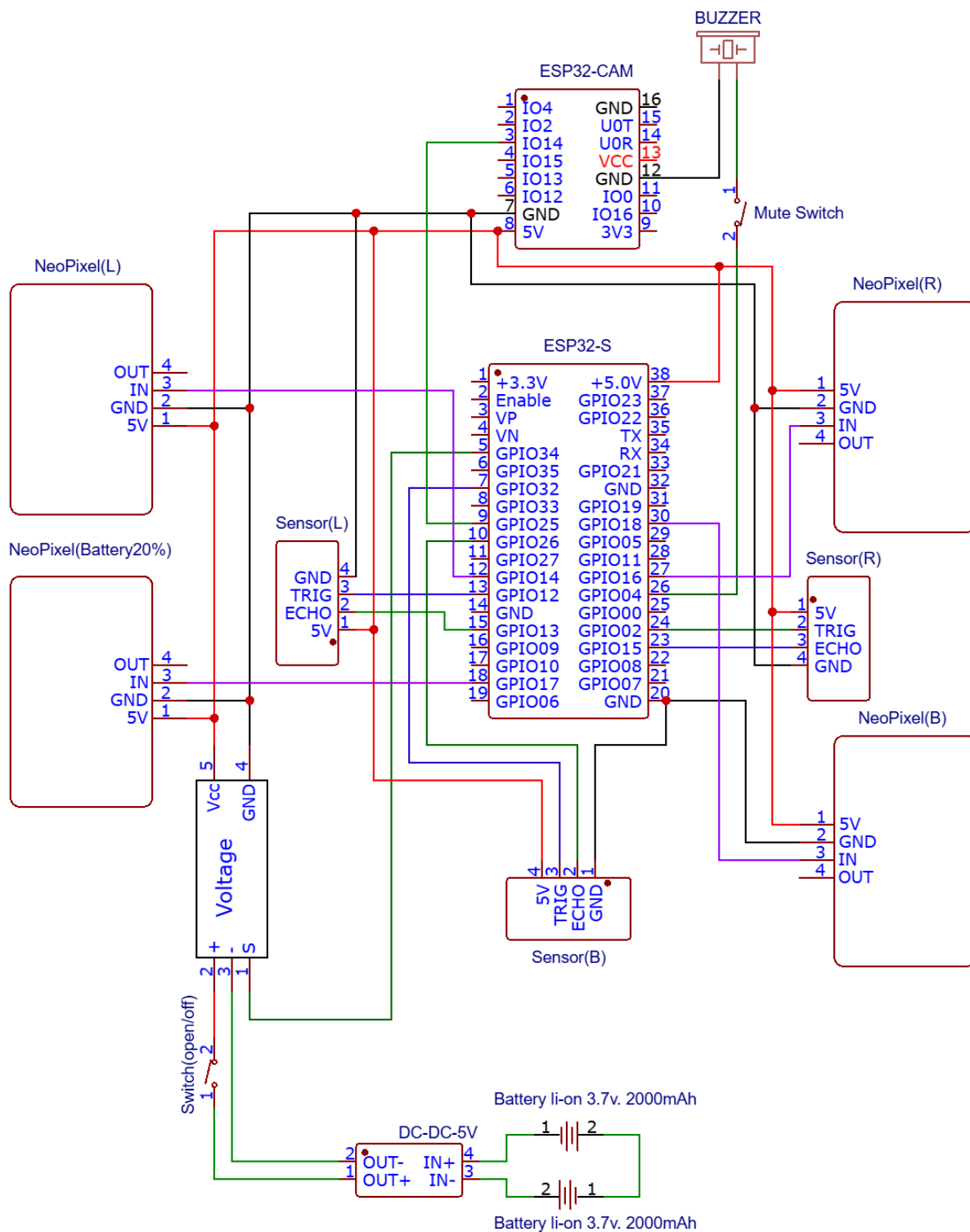
- 7.1 หลีกเลี่ยงการใช้งานในขณะฝนตกหนัก แม้ว่าเซนเซอร์จะมีคุณสมบัติกันน้ำ
- 7.2 ทำความสะอาดอุปกรณ์โดยใช้ผ้าแห้ง หลีกเลี่ยงน้ำเข้าช่องสายไฟหรือพอร์ตชาร์จ
- 7.3 ควรตรวจสอบสภาพสายและแบตเตอรี่เป็นประจำก่อนใช้งานจริง

ภาคผนวก ข.

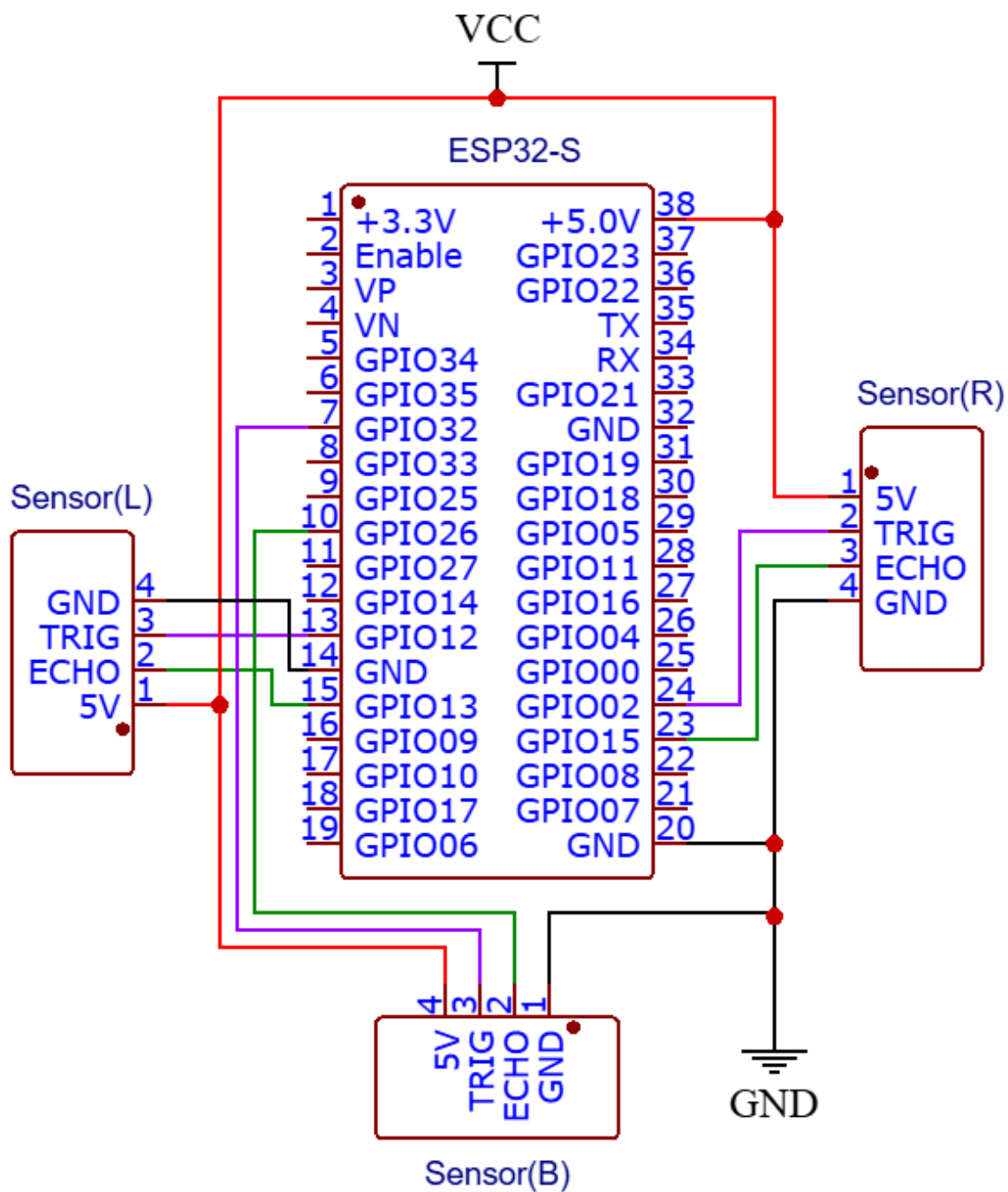
ภาพผังวงจรของระบบหมวกกันน็อกแจ้งเตือนมุมอับสายตา

ในการพัฒนาโครงการนี้ ได้ออกแบบผังวงจรหลักด้วยโปรแกรม Fritzing ซึ่งประกอบด้วยการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้:

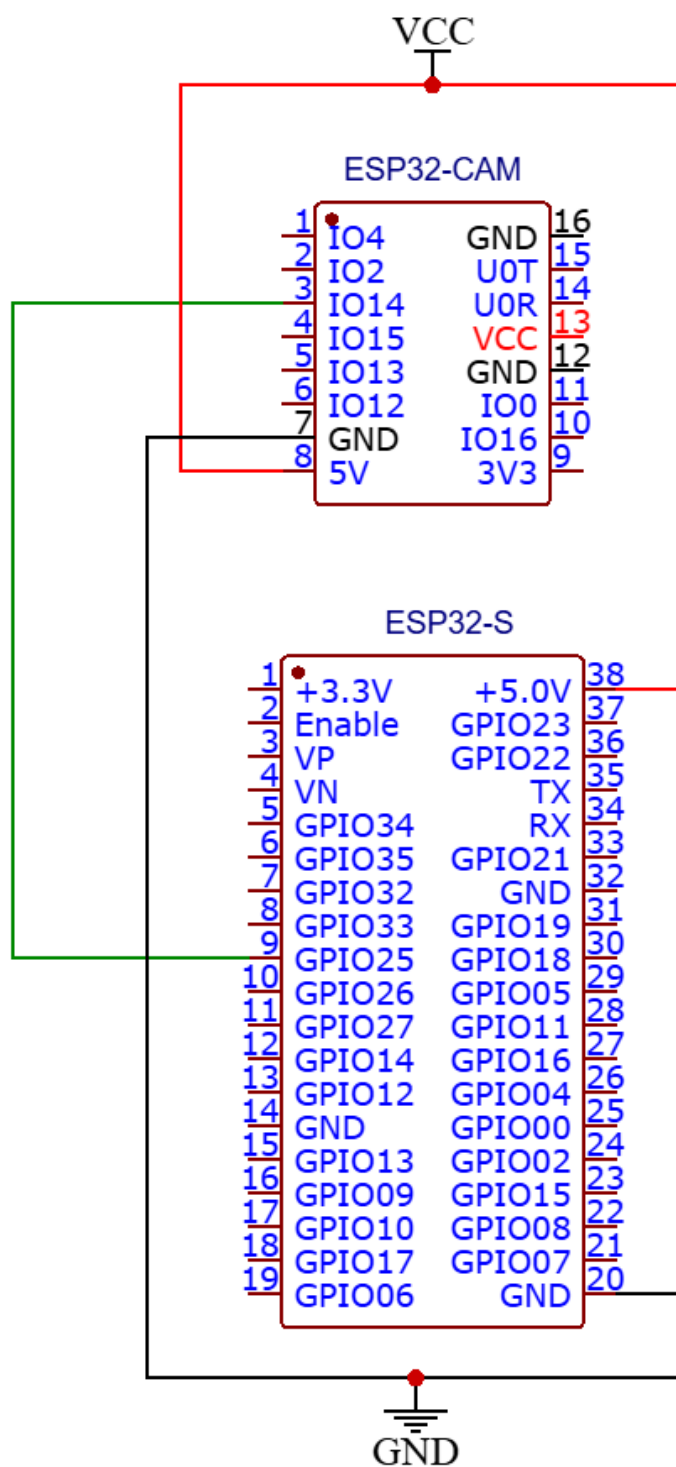
1. บอร์ด ESP32-S ทำหน้าที่ควบคุมหลัก
2. เซนเซอร์อัลตราโซนิก AJ-SR04M ติดตั้ง 3 ตัว (ซ้าย ขวา หลัง)
3. ไฟแจ้งเตือน NeoPixel Strip ซ้าย-ขวา
4. Buzzer สำหรับแจ้งเตือนเสียง
5. โมดูลตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่ (Voltage Sensor)
6. กล้อง ESP32-CAM สำหรับบันทึกภาพเมื่อเกิดการแจ้งเตือน
7. แหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ Li-ion 7.4V พร้อมสายชาร์จ USB หัวต่อ JST



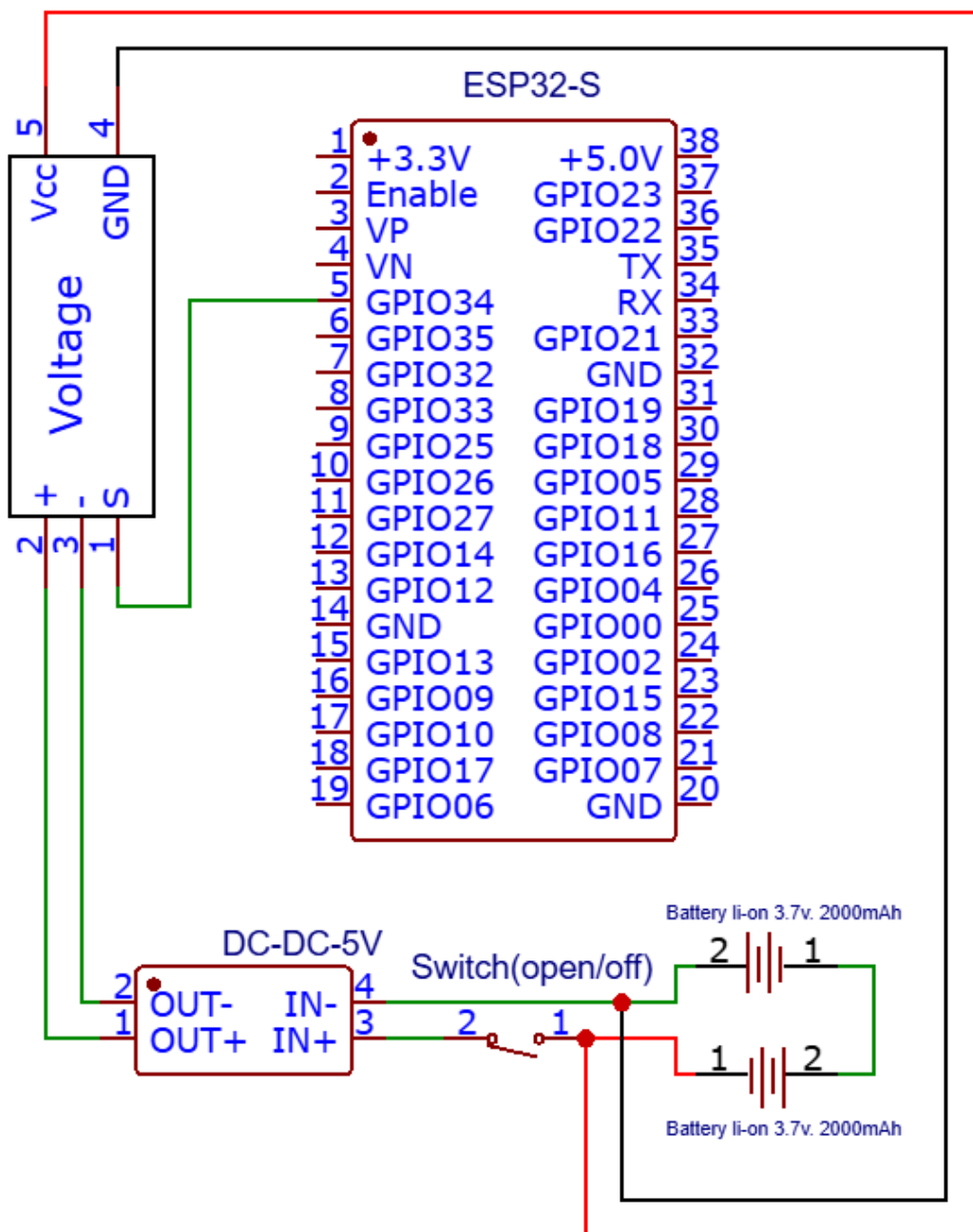
ภาพที่ ข-1 ผังวงจรควบคุมระบบทั้งหมด



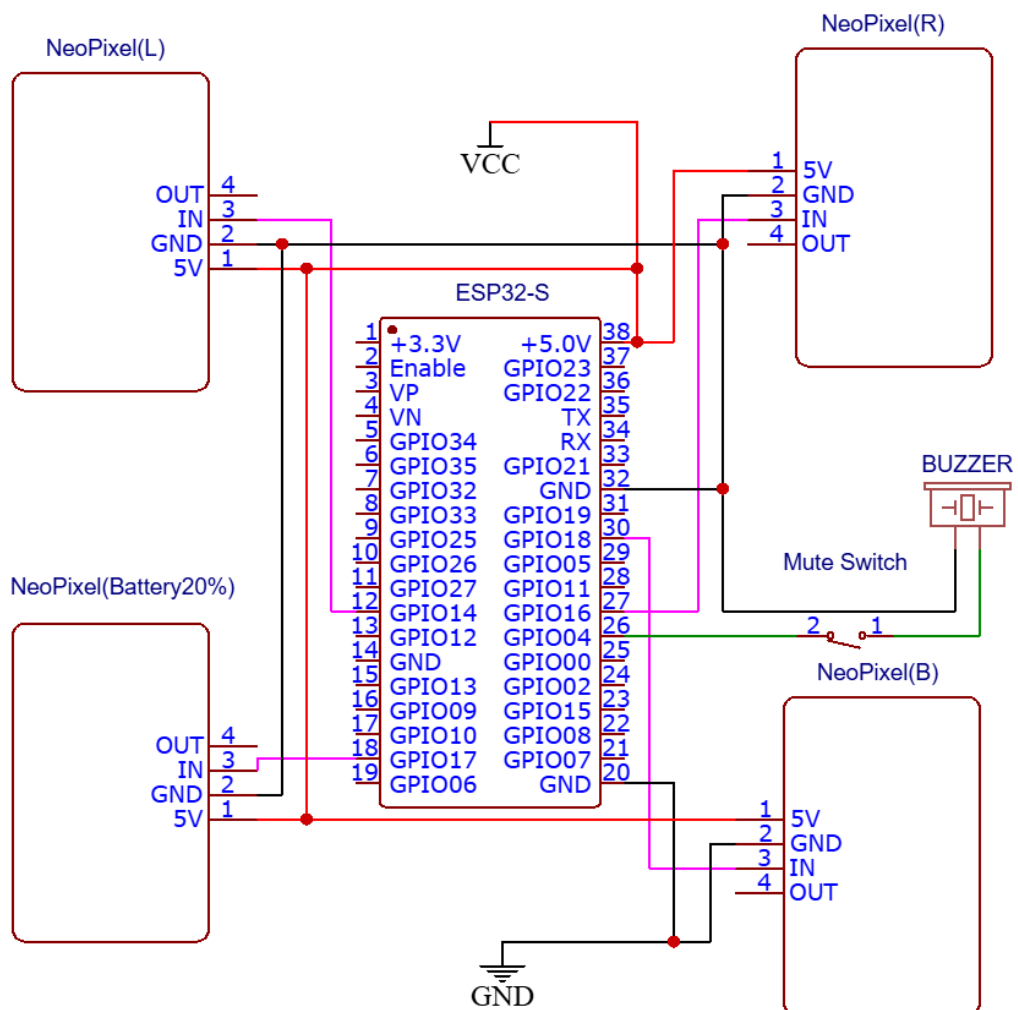
ภาพที่ ข-2 แผงวงจรเซนเซอร์อัลตราโซนิก AJ-SR04M ติดตั้ง 3 ตัว (ซ้าย ขวา หลัง)



ภาพที่ ข-3 ผังวงจรกล้อง ESP32-CAM



ภาพที่ ข-4 แผงวงจรแบตเตอรี่และลดแรงดัน



ภาพที่ ข-5 แผงวงจรแจ้งเตือนด้วย NeoPixel และ Buzzer

ภาคผนวก ค.

SOURCE CODE

#include <Adafruit_NeoPixel.h>	// เรียกใช้ไลบรารีควบคุม
แถบไฟ	LED แบบ
NeoPixel	
// กำหนดขาเซนเซอร์วัดระยะ (Ultrasonic)	
#define TRIG_LEFT 12	// ขา TRIG เซนเซอร์
ด้านซ้าย	
#define ECHO_LEFT 13	// ขา ECHO เซนเซอร์
ด้านซ้าย	
#define TRIG_RIGHT 2	// ขา TRIG เซนเซอร์
ด้านขวา	
#define ECHO_RIGHT 15	// ขา ECHO เซนเซอร์
ด้านขวา	
#define TRIG_BACK 32	// ขา TRIG เซนเซอร์
ด้านหลัง	
#define ECHO_BACK 26	// ขา ECHO เซนเซอร์
ด้านหลัง	
// ขาไฟ LED แฉ่งเตือน NeoPixel	
#define LED_PIN_LEFT 14	// LED ด้านซ้าย
#define LED_PIN_RIGHT 16	// LED ด้านขวา
#define LED_PIN_BACK 18	// LED ด้านหลัง
#define NUM_PIXELS 1	// จำนวนหลอดต่อแถบ
(1 หลอด	ต่อแถบ)
// ขา Buzzer และ Trigger ไปยังกล่อง	
#define BUZZER_PIN 4	// Buzzer สำหรับแฉ่ง
เตือนเสียง	

```
#define CAM_TRIGGER_PIN 25 // ขา Trigger ที่ส่งกล้อง
ถ่ายภาพ
```

```
// ขาอ่านแรงดันแบตเตอรี่
```

```
#define VOLTAGE_SENSOR_PIN 34 // ขา ADC อ่านแรงดัน
จากโมดูล // วัด
แบตเตอรี่
```

```
#define LED_BATTERY_NEOPIXEL_PIN 17 // ไฟสถานะแบตเตอรี่
(NeoPixel 1 หลอด)
```

```
// สร้างออบเจกต์ควบคุมไฟ NeoPixel
```

```
Adafruit_NeoPixel strip_left(NUM_PIXELS, LED_PIN_LEFT, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel strip_right(NUM_PIXELS, LED_PIN_RIGHT, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel strip_back(NUM_PIXELS, LED_PIN_BACK, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
Adafruit_NeoPixel batteryPixel(1, LED_BATTERY_NEOPIXEL_PIN, NEO_GRB +
NEO_KHZ800);
```

```
// สำหรับการควบคุมการถ่ายภาพของกล้อง
```

```
unsigned long lastTriggerTime = 0; // เก็บเวลาที่กล้องถ่าย
ล่าสุด
```

```
const unsigned long triggerCooldown = 5000; // กำหนดช่วงเวลาให้
กล้องถ่ายซ้ำ ได้ทุก 5
วินาที
```

```
// ----- ฟังก์ชัน -----
```

```
// ฟังก์ชันอ่านค่าระยะจากเซนเซอร์ Ultrasonic พร้อมเฉลี่ย 3 ค่า เพื่อความเสถียร
```

```

float readDistance(int trig, int echo) {
    ระยะทางจาก
        เซนเซอร์อัลตราโซนิก
    float total = 0;
    รวม
    int valid = 0;
    ที่ได้ค่าที่
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        ครั้งเพื่อ
        digitalWrite(trig, LOW);
        LOW ที่ขา
        delayMicroseconds(5);
        digitalWrite(trig, HIGH);
        กระตุ้น
        คลื่น
        delayMicroseconds(10);
        ไมโครวินาที
        digitalWrite(trig, LOW);
        long duration = pulseIn(echo, HIGH, 30000);
        กลับ (สูงสุด
        if (duration > 150 && duration < 30000) {

        total += (duration * 0.0344 / 2.0);
        เวลา
        valid++;
        ค่าที่ใช้ได้
    }
}
// ฟังก์ชันอ่านค่า
// ตัวแปรสะสมระยะทาง
// ตัวแปรนับจำนวนครั้ง
    ถูกต้อง
// อ่านค่าระยะทาง 3
    เฉลี่ย
// เริ่มต้นด้วยการส่ง
                                TRIG
// รอ 5 ไมโครวินาที
// ส่งสัญญาณ HIGH เพื่อ
    ให้เซนเซอร์ส่ง
// ค้าง HIGH 10
// ปิดสัญญาณ TRIG
// วัดเวลาคลื่นสะท้อน
    30ms)
// ตรวจสอบว่าเป็นค่าที่
    สมเหตุสมผล
// คำนวณระยะทางจาก
    (cm)
// เพิ่มจำนวนการอ่าน

```

```

delay(20);
การอ่าน
}

return (valid > 0) ? (total / valid) : 0;
ข้อมูล valid
}

// ฟังก์ชันอ่านค่าแรงดันแบตเตอรี่
float readBatteryVoltage() {
int raw = analogRead(VOLTAGE_SENSOR_PIN);
4095) จากพิน
โมดูลวัดแรงดัน
float vOut = raw * (3.3 / 4095.0);
เป็นแรงดัน
3.3V) จากสเกล ADC 12
บิต
float vBat = vOut * 5.7;
แรงดันของ
(เช่น R1+R2)/R2 เพื่อหาค่า
แรงดันแบตเตอรี่จริง
return vBat;
แบตเตอรี่
}

// ฟังก์ชันแสดงไฟแจ้งเตือนสีส้มเมื่อมีวัตถุเข้าใกล้
void showWarningLED(Adafruit_NeoPixel &strip, float distance) {
if (distance > 0 && distance <= 300) {
วัตถุอยู่
ชม.

```

```

strip.setPixelColor(0, strip.Color(255, 165, 0));           // ตั้งค่า LED เป็นสีส้ม
(R=255, G=165, B=0)
} else {
strip.setPixelColor(0, strip.Color(0, 0, 0));             // ดับไฟ LED ถ้าไม่มีวัตถุ
ในระยะ
}
strip.show();                                              // สั่งให้แสดงผลสีที่ตั้งค่า
ไว้
}
// ฟังก์ชันกระพริบ LED ซ้ายขวาเมื่อแบตเตอรี่ต่ำ
void blinkLowBatteryLED() {
strip_left.setPixelColor(0, strip_left.Color(255, 0, 0)); // ตั้งค่า LED ซ้ายเป็นสี
แดง
strip_right.setPixelColor(0, strip_right.Color(255, 0, 0)); // ตั้งค่า LED ขวาเป็นสี
แดง
strip_left.show(); strip_right.show();                    // แสดงผลสีแดงบนทั้ง
สองแถบ
delay(200);                                              // หน่วงเวลา 200
มิลลิวินาที

strip_left.setPixelColor(0, 0, 0, 0);                    // ดับไฟ LED ซ้าย
strip_right.setPixelColor(0, 0, 0, 0);                  // ดับไฟ LED ขวา
strip_left.show(); strip_right.show();                    // แสดงผลการดับไฟ
delay(200);                                              // หน่วงเวลาอีกครั้ง 200
มิลลิวินาที
}
// ----- setup -----

```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);           // เริ่มต้นการสื่อสารผ่าน
  Serial Monitor                 ที่ความเร็ว 115200 bps
  pinMode(TRIG_LEFT, OUTPUT); pinMode(ECHO_LEFT, INPUT); // กำหนดพินเซนเซอร์
  ด้านซ้าย: TRIG เป็น OUTPUT, ECHO เป็น INPUT
  pinMode(TRIG_RIGHT, OUTPUT); pinMode(ECHO_RIGHT, INPUT); // กำหนดพินเซนเซอร์
  ด้านขวา
  pinMode(TRIG_BACK, OUTPUT); pinMode(ECHO_BACK, INPUT); // กำหนดพินเซนเซอร์
  ด้านหลัง

  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT); noTone(BUZZER_PIN); // กำหนดพิน Buzzer
  เป็น OUTPUT                     และปิดเสียงเริ่มต้น
  pinMode(CAM_TRIGGER_PIN, OUTPUT); digitalWrite(CAM_TRIGGER_PIN, LOW); // กำหนดพิน
  สังก้อง                         เป็น OUTPUT
  และตั้งให้ LOW                  เริ่มต้น
  analogReadResolution(12);      // ตั้งค่าความละเอียด
  ADC เป็น                        12 บิต
  (ค่าที่อ่านได้จะอยู่ระหว่าง
    0-4095)

  strip_left.begin(); strip_left.setBrightness(60); strip_left.show(); // เริ่มต้นการใช้งาน
  NeoPixel                       ด้านซ้าย
  และตั้งความสว่าง

  strip_right.begin(); strip_right.setBrightness(60); strip_right.show(); // ด้านขวา
  strip_back.begin(); strip_back.setBrightness(60); strip_back.show(); // ด้านหลัง
  batteryPixel.begin(); batteryPixel.setBrightness(60); // เริ่มต้น LED แสดง
  สถานะ                          แบตเตอรี่
  batteryPixel.setPixelColor(0, batteryPixel.Color(0, 255, 0)); // แสดงไฟสีเขียวเพื่อระบุ
  ว่าระบบ                        พร้อมทำงาน

```

```

batteryPixel.show();
delay(1000);
batteryPixel.setPixelColor(0, 0, 0, 0);
batteryPixel.show();
Serial.println("System Ready!");
Serial
ระบบพร้อมใช้งาน
}

// ----- loop -----
void loop() {
float d_left = readDistance(TRIG_LEFT, ECHO_LEFT);
    ด้านซ้าย
float d_right = readDistance(TRIG_RIGHT, ECHO_RIGHT);
    ด้านขวา
float d_back = readDistance(TRIG_BACK, ECHO_BACK);
    ด้านหลัง
Serial.print("Left: "); Serial.print(d_left);
Serial
Serial.print(" | Right: "); Serial.print(d_right);
Serial.print(" | Back: "); Serial.println(d_back);
showWarningLED(strip_left, d_left);
    ตาม
showWarningLED(strip_right, d_right);
showWarningLED(strip_back, d_back);

```

// แสดงผลไฟสีเขียว
// หน่วงเวลา 1 วินาที
// ปิดไฟสถานะ
// แสดงผลการปิดไฟ
// แสดงข้อความใน Monitor ว่า

// อ่านระยะจากเซนเซอร์
// อ่านระยะจากเซนเซอร์
// อ่านระยะจากเซนเซอร์
// แสดงระยะซ้ายผ่าน Monitor
// แสดงระยะขวา
// แสดงระยะด้านหลัง
// แสดงไฟเตือนด้านซ้าย ระยะ
// แสดงไฟเตือนด้านขวา
// แสดงไฟเตือนด้านหลัง


```
float batteryVoltage = readBatteryVoltage(); // อ่านแรงดันแบตเตอรี่
Serial.print("Battery Voltage: "); // แสดงแรงดันแบตเตอรี่ผ่าน
Serial Monitor
Serial.println(batteryVoltage, 2);
if (batteryVoltage <= 6.9) { // ถ้าแรงดันต่ำกว่า 6.9V
    batteryPixel.setPixelColor(0, batteryPixel.Color(255, 0, 0)); // ไฟสถานะแดง (ต่ำ)
    batteryPixel.show();
    blinkLowBatteryLED(); // กระพริบไฟซ้าย-ขวา
    แจ้งเตือน
} else if (batteryVoltage >= 8.2) { // ถ้าแบตเตอรี่เต็ม (≥ 8.2V)
    batteryPixel.setPixelColor(0, batteryPixel.Color(0, 255, 0)); // ไฟเขียว
    batteryPixel.show();
} else {
    batteryPixel.setPixelColor(0, batteryPixel.Color(255, 255, 0)); // แดกกลาง ๆ ไฟเหลือง
    batteryPixel.show();
}
Serial.println("-----"); // แบ่งข้อมูลแต่ละรอบใน
Serial
delay(200); // หน่วง 200 มิลลิวินาที
ก่อนเริ่ม รอบใหม่
}
```

ภาคผนวก ง.
งบประมาณ

งบประมาณในการจัดทำระบบหมวกกันน็อกแจ้งเตือนอุบัติเหตุ

ตารางที่ ง-1 งบประมาณในการจัดทำหมวกกันน็อกแจ้งเตือนอุบัติเหตุ

ลำดับที่	รายการวัสดุ / อุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)	ราคา/ชิ้น (บาท)	รวมราคา (บาท)
1	บอร์ด ESP32-S	1	150	150
2	กล้อง ESP32-CAM พร้อมโมดูล MicroSD	1	220	220
3	เซนเซอร์อัลตราโซนิก JSN-SR04M	3	140	420
4	NeoPixel LED Strip	4	19	76
5	Buzzer แบบ Passive	1	20	20
6	โมดูลตรวจวัดแรงดันแบตเตอรี่ (Voltage Sensor)	1	15	15
7	แบตเตอรี่ Li-ion 7.4V 2,000mAh	2	95	190
8	Mini560 3.3-5 V	1	45	45
9	สวิตช์เปิด-ปิดระบบ	2	5	10
10	สายไฟและหัวต่อ JST	1	25	25
11	กล่องอุปกรณ์ (ใส่ ESP32 + Power)	1	60	60
12	หมวกกันน็อกมาตรฐาน	1	1600	1600
13	เคสสำหรับกล่อง ESP32 CAM	1	90	90
14	แผ่นโฟมฟองน้ำครอบหูฟัง	1	7	7
15	PCB Prototype	1	14	14
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น		2,942 บาท		

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์



ชื่อ	: นายธนภัทร แก้วจุลกาญจน์
สาขา	: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วัน-เดือน-ปีเกิด	: วันที่ 14 มกราคม 2546
สถานที่เกิด	: จังหวัดสงขลา
ที่อยู่	: 320 หมู่ที่ 1 ตำบลเขาพระ อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180
ประวัติการศึกษา	: ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ ปี 2564

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์



ชื่อ	: นายนราวิชญ์ นาคเล็ก
สาขา	: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วัน-เดือน-ปีเกิด	: วันที่ 7 กรกฎาคม 2544
สถานที่เกิด	: จังหวัดสตูล
ที่อยู่	: 1260/3 หมู่ที่ 4 ตำบลคลองขุด อำเภอเมือง จังหวัดสตูล 91000
ประวัติการศึกษา	: ประกาศนียบัตรบรรณารักษะชั้นสูง วิทยาลัยการอาชีพหลวงพระบางราชภัฏรัตน
2564	