การจัดการทางคมนาคมสำหรับเมืองอัจฉริยะ
TRANSPORTATION MANAGEMENT FOR SMART CITY

พชรพล วรกิจมโนธรรม
สรวุฒิ จารุพุทธิกร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การจัดการทางคมนาคมสำหรับเมืองอัจฉริยะ

TRANSPORTATION MANAGEMENT FOR SMART CITY

พชรพล วรกิจมโนธรรม

สรวุฒิ จารุพุทธิกร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSPORTATION MANAGEMENT FOR SMART CITY

PACHARAPOL WORAKITMANOTHAM

SORAWUT JARUPUTHIKORN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจัดการทางคมนาคมสำหรับเมืองอัจฉริยะ

TRANSPORTATION MANAGEMENT FOR SMART CITY

ผู้จัดทำ นายพชรพล วรกิจมโนธรรม 57010828

นายสรวุฒิ จารุพุทธิกร 57011316

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการทางคมนาคมสำหรับเมืองอัจฉริยะ

โดย

นายพชรพล วรกิจมโนธรรม 57010828

นายสรวุฒิ จารุพุทธิกร 57011316

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การจัดทำปริญญานิพนธ์การจัดการทางคมนาคมสำหรับเมืองอัจฉริยะ ในรูปแบบโมเดลจำลองสี่แยกสัญญาณไฟจราจร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการจัดการทางคมนาคม โดยใช้โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขั้นพื้นฐาน รวมถึงการใช้เครื่อง 3D Printer ทำโมเดลจำลองสี่แยกสัญญาณไฟจราจร และการเลือกใช้อุปกรณ์ทั้งแมคคานิกส์และอิเล็กทรอนิกส์อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ผลที่จะได้รับตามมาคือ สามารถจัดการการคมนาคมในเมืองอัจฉริยะ เนื่องจากในปัจจุบันการจัดการทางคมนาคมในด้านไฟจราจรใช้วิธีการตั้งเวลาหรือใช้การควบคุมด้วยมือ และตอนนี้กำลังจะพัฒนาให้มีความทันสมัยมากขึ้น โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจรเข้ามาช่วย จะสามารถตรวจวัดปริมาณการจราจรบนท้องถนน เพื่อที่จะสามารถรับรู้ถึงสภาพการจราจร และนำไปควบคุมสัญญาณไฟจราจรตามสภาพการจราจร โดยการทำเป็นโมเดลจำลองสี่แยกจราจร มีหลักการทำงานดังนี้ โดยใช้เซนเซอร์อินฟาเรดเป็นเซนเซอร์วัดปริมาณจราจร เพื่อควบคุมสัญญาณไฟจราจร เพื่อลดปัญหาการจราจรติดขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSPORTATION MANAGEMENT FOR SMART CITY

By

Mr.Pacharapol Worakitmanotham 57010828

Mr.Sorawut Jaruputhikorn 57011316

Advisor

Asst. Prof. Dr. Kongsak Anuntahirunrat

Academic Year 2017

ABSTRACT

This project is designed to a smart city transport management for the purpose of programming basic electronics. Including the use of 3D Printer to make model the traffic lights. And the appropriate selection of both electronic and mechanical equipment. Currently, Traffic lights management is used for scheduling or manual control. Now it is going to develop in more modern way using traffic monitoring devices to support. This devices will check the car on the road and send to traffic light controlling. By modeling the traffic intersection. The principle is using infrared sensors as Traffic Volume sensor. These sensors will control traffic light according to traffic condition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ ดร.เฉลิมภัณฑ์ ฟองสมุทร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ตั้งแต่เริ่มเข้ารับการศึกษา เพื่อนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของผู้จัดทำ ผู้มีพระคุณสูงสุด ผู้ให้โอกาสในการศึกษาตลอดจนให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สูงสุดต่อผู้ที่สนใจ และหากเกิดข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

ผู้จัดทำ

นายพชรพล วรกิจมโนธรรม

นายสรวุฒิ จารุพุทธิกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 วิธีการดำเนินวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 นิยามของวิศวกรรมจราจร	4
2.2 ตัวแปรที่ใช้อธิบายกระแสจราจร	5
2.2.1 ปริมาณจราจรและอัตราการไหล	5
2.2.2 ความเร็วและเวลาในการเดินทาง	5
2.2.3 ความหนาแน่นของกระแสจราจร	5
2.3 ระดับการให้บริการ	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.1 ระดับการให้บริการ A (Level of service A)	6
2.3.2 ระดับการให้บริการ B (Level of Service B)	7
2.3.3 ระดับการให้บริการ C (Level of Service C)	8
2.3.4 ระดับการให้บริการ D (Level of Service D)	8
2.3.5 ระดับการให้บริการ E (Level of Service E)	8
2.3.6 ระดับการให้บริการ F (Level of Service F)	9
2.4 อุปกรณ์การตรวจวัดจราจร	9
2.4.1 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง	9
2.5 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	12
2.5.1 บอร์ด Arduino MEGA 2560	12
2.5.2 ไดโอดเปล่งแสง (LED)	13
2.5.3 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	14
บทที่ 3 หลักการออกแบบและวิธีการทดลอง	15
3.1 การออกแบบฐานโมเดลจำลอง	15
3.1.1 เริ่มจากการออกแบบฐานโมเดลจำลอง	15
3.1.2 การออกแบบโมเดลจำลองของสัญญาณไฟจราจรและเซนเซอร์	17
3.1.2 การพิมพ์โมเดลจำลองโดยใช้เครื่อง 3D Printer	20
3.2 การออกแบบวงจร Wiring Device	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 โค้ดโปรแกรม	24
3.3.1 โค้ดโปรแกรมลูปการทำงานของสัญญาณไฟจราจร	24
3.3.2 โค้ดโปรแกรมการเพิ่มสัญญาณไฟจราจร	26
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	27
4.1 ชิ้นส่วน Model ที่เสร็จสมบูรณ์	27
4.2 แสดงผลการทำงานจริงของโมเดลจำลอง	28
4.2.1 ผลลัพธ์แสดงการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรแบบลูปปกติ	28
4.2.2 ผลลัพธ์แสดงการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเพิ่มเวลา	33
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	35
5.1 สรุปผลการทดลอง	35
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ	35
5.3 แนวทางการแก้ไข	36
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ	6
2.2 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ A ถึง F	7
2.3 TCRT5000 Reflective Infrared Sensor	10
2.4 Datasheet TCRT5000	10
2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์	10
2.6 รูปแบบการติดเซนเซอร์	11
2.7 Arduino MEGA 2560	12
2.8 ไดโอดเปล่งแสง	13
2.9 ลักษณะของ LED	14
2.10 Power Supply	14
3.1 แบบแปลนแยกสัญญาณไฟจราจร	15
3.2 ไม้ MDF ขนาด 1.2*1.2m	16
3.3 ฐานรองไม้ MDF สี่เหลี่ยม	16
3.4 ประกอบยึดไม้ MDF กับฐาน	16
3.5 โมเดลจำลองสัญญาณไฟจราจร	17
3.6 โมเดลส่วนฐานของสัญญาณไฟจราจรและเซนเซอร์	17
3.7 ท่อ	17
3.8 โมเดลส่วนที่ใส่เซนเซอร์แบบยาว	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 โมเดลส่วนที่ใส่เซนเซอร์แบบยาว	18
3.10 ประกอบชิ้นงานเสาใส่เซนเซอร์แบบสั้น	18
3.11 ประกอบชิ้นงานเสาใส่เซนเซอร์แบบยาว	19
3.12 ประกอบชิ้นงานเสาสัญญาณไฟจราจร	19
3.13 Interface โปรแกรม Cura	20
3.14 ไฟล์ .STL มาเปิดบนโปรแกรม Cura	20
3.15 ทำการ Rotate ชิ้นงานตามด้านที่ต้องการ	21
3.16 หลังจากทำการปรับ Position เรียบร้อย	21
3.17 ส่วนโครงร่างทั้งหมดของชิ้นส่วนที่จะทำการพิมพ์บน 3D Printer	22
3.18 ชิ้นงานที่พิมพ์ออกมาได้ตามตัวที่ออกแบบบน SolidWork	22
3.19 การเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	23
3.20 ลูปการทำงานพื้นฐานของสัญญาณไฟจราจร	24
3.21 Flowchart การทำงานของระบบ	25
4.1 โมเดลสัญญาณไฟจราจร	27
4.2 โมเดลเสาใส่เซนเซอร์แบบสั้นและยาว	27
4.3 โมเดลสัญญาณไฟจราจรที่เสร็จสมบูรณ์	28
4.4 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	29
4.6 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	29
4.7 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	30
4.8 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	30
4.9 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	31
4.10 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	31
4.11 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	32
4.12 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ	32
4.13 ผลการเพิ่มเวลาของระบบสัญญาณไฟจราจรบน Serial Monitor	33
4.14 ผลการเพิ่มเวลาของระบบสัญญาณไฟจราจรบน Serial Monitor	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินเนินโครงงานระหว่างเดือนสิงหาคม 2560 ถึงเดือนเมษายน 2561	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ภายในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงงานที่จัดทำขึ้น และในการจัดทำโครงงานครั้งนี้เพื่ออะไร

1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันมีอัตราปริมาณรถยนต์สะสมบนท้องถนนมีเป็นจำนวนมาก ในบางเวลาอาจสังเกตได้ว่าบริเวณที่มีรถติดสะสมยังคงมีสัญญาณไฟเป็นสีแดง แต่ในบริเวณที่ปริมาณรถเบาบางกลับมีสัญญาณไฟเป็นสีเขียวส่งผลให้การจราจรเริ่มติดขัดขึ้นเรื่อยๆ และใช้เวลานานกว่าจะผ่านจุดที่รถติดสะสมเป็นจำนวนมาก นี่จึงเป็นเหตุผลที่อยากทำโครงงานนี้ เพราะจะได้นำความรู้ที่เรียนมาพัฒนาออกแบบการจัดการทางคมนาคม เป็นเทคโนโลยีที่นำมาพัฒนาและทำออกมาให้เหมาะสมกับสภาพทางคมนาคม เพื่อพัฒนาสู่เมืองอัจฉริยะเพื่อลดปัญหาการจราจรที่ติดขัด

ในปัจจุบันการจัดการทางคมนาคมในด้านไฟจราจรใช้วิธีการตั้งเวลาการทำงาน หรือใช้การควบคุมด้วยมนุษย์และตอนนี้กำลังจะพัฒนาให้มีความทันสมัยมากขึ้น โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจรเข้ามาช่วย เพื่อตรวจปริมาณรถบนท้องถนน จะใช้ข้อมูลนี้สำหรับนำไปสั่งการทำงานของไฟจราจรบนสี่แยกจราจร

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อเก็บข้อมูลการคมนาคมและนำมาพัฒนา
2. ออกแบบการจัดการการคมนาคมเพื่อช่วยลดปัญหาในด้านต่างๆ
3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมเซนเซอร์โดยใช้โปรแกรม Arduino
4. เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำโมเดลจำลอง และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาสมต่อราคาและขนาดที่เหมาะสมกับโมเดลจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. สำรวจข้อมูลโดยการเลือกพื้นที่ที่จะทำการสำรวจและเก็บข้อมูล
2. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาและออกแบบระบบที่จะสามารถจัดการกับปัญหาทางคมนาคม
3. ศึกษาการเลือกใช้เซนเซอร์ที่เหมาะสมต่อโมเดลจำลอง
4. ออกแบบชิ้นงานและพัฒนาต้นแบบชิ้นงานออกมาในรูปแบบโมเดลจำลอง
5. ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านโปรแกรม Arduino
6. การทดลอง บันทึก และสรุปผล

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับการคมนาคมในปัจจุบัน
2. นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหา และขอบเขตของสิ่งที่จะทำ
3. ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำโครงงานในรูปแบบโมเดลจำลอง
4. นำอุปกรณ์มาโปรแกรมเพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงในโมเดลจำลอง
5. สร้างโมเดลจำลองและประกอบชิ้นงานทั้งหมด
6. ทดสอบการทำงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับรู้ข้อมูลการจราจรและปัญหาทางคมนาคมในปัจจุบัน
2. ได้ชิ้นงานโมเดลจำลองสี่แยกสัญญาณไฟจราจร
3. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านโปรแกรม Arduino
4. สามารถนำต้นแบบที่เป็นแบบจำลองไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบชิ้นงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงานระหว่างเดือนสิงหาคม 2560 ถึงเดือนเมษายน 2561

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2560					2561			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. กำหนดหัวข้อในการทำงาน									
2. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง									
3. ออกแบบระบบส่วนประกอบ									
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรม									
5. ทดลองใช้งานพื้นฐาน									
6. ทดลองการผนวกระบบเบื้องต้น									
7. ออกแบบโมเดลจำลอง									
8. ประกอบโมเดลทั้งระบบ									
9. ทดสอบระบบทั้งหมด									
10.ตรวจสอบและแก้ไขปัญหา									
11.สรุปผลการดำเนินงาน									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึง แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น นิยามของวิศวกรรมจราจร อุปกรณ์การตรวจวัดจราจร ปัจจัยที่มีผลต่อการคมนาคม การเลือกใช้เซนเซอร์รวมทั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการจัดทำโครงงานทั้งหมด

2.1 นิยามของวิศวกรรมจราจร

วิศวกรรมขนส่ง (Transportation Engineering) คือ การประยุกต์หลักการที่เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการขนส่งเข้าด้วยกัน เพื่อการวางแผน ออกแบบ ดำเนินการ และบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานของระบบขนส่งประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายคนและสิ่งของ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัย รวดเร็ว สะดวกสบาย ประหยัด และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้วิศวกรรมจราจรยังรวมถึง การศึกษาพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนของผู้เดินทาง ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของถนนและพฤติกรรมของผู้ขับขี่ และปฏิสัมพันธ์ต่อกันระหว่างยวดยานแต่ละคันในกระแสจราจร ทั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของยวดยานประเภทต่างๆ ซึ่งถือได้ว่าเป็นวัตถุที่วิ่งอยู่บนถนนหรือในกระแสจราจร แต่ในความเป็นจริงการเคลื่อนที่ของยวดยานเหล่านั้น ล้วนเกิดจากการควบคุมของมนุษย์ซึ่งเป็นคนขับทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้การศึกษาและขอบข่ายงานด้านวิศวกรรมจราจรจึงต้องเกี่ยวข้องกับพฤติกรรม และการตัดสินใจของมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เนื่องจากยวดยานแต่ละคันที่เคลื่อนที่ไปบนถนนนั้น เมื่อรวมกันหลายๆ คันก็จะมีจำนวนมาก และกลายเป็นกระแสของยวดยาน หรือกระแสจราจร ยวดยานที่อยู่ในกระแสจราจรนี้จะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันเนื่องจากยวดยานเหล่านี้ อยู่ในกระแสจราจรในลักษณะวิ่งตามกันด้วยเหตุนี้ เมื่อยวดยานที่วิ่งนำหน้าทำการเบรคหรือเปลี่ยนช่องจราจร ยวดยานที่วิ่งตามมาก็จะต้องทำการเบรคตามไปด้วย หรือเมื่อยวดยานที่วิ่งนำหน้าทำการเร่งความเร็ว ก็อาจทำให้ยวดยานที่วิ่งตามมาเพิ่มความเร็วตามไปด้วย เหล่านี้คือตัวอย่างของปฏิสัมพันธ์ต่อกันของยวดยานในกระแสจราจร ซึ่งจะเห็นได้ว่าพฤติกรรมการขับขี่และการตัดสินใจของคนขับในยวดยานคันหนึ่ง จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและการตัดสินใจของยวดยานคันอื่นๆ บนท้องถนนไม่มากก็น้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างกันของยวดยานในกระแสจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ตัวแปรที่ใช้อธิบายกระแสจราจร

ในการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของกระแสจราจรนั้น จำเป็นต้องเข้าใจลักษณะพื้นฐานของสภาพการจราจร ซึ่งสามารถทำได้โดยกำหนดตัวแปรที่เหมาะสมที่สามารถใช้อธิบายลักษณะพื้นฐานของการเคลื่อนของกลุ่มยวดยานเหล่านั้น ตัวแปรสำคัญที่นิยมใช้บ่งบอกลักษณะของกระแสจราจร ได้แก่ ปริมาณจราจรและอัตราการไหล ความเร็วและเวลาในการเดินทาง ความหนาแน่นและระยะห่าง

2.2.1 ปริมาณจราจรและอัตราการไหล (Traffic Volume and Rate of Flow)

ปริมาณจราจรคือ จำนวนยวดยานที่เคลื่อนผ่านตำแหน่งอ้างอิงบนถนน ช่องจราจร หรือทิศทางจราจรในช่วงเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปมีหน่วยเป็นคันต่อหน่วยเวลา เช่น คันต่อวัน หรือคันต่อชั่วโมง เป็นต้น สำหรับอัตราการไหลโดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็นคันต่อชั่วโมง

2.2.2 ความเร็วและเวลาในการเดินทาง (Speed and Travel Time)

ความเร็วคือ อัตราการเคลื่อนที่ในหน่วยระยะทางต่อเวลาคือ สวนกลับของเวลาที่ยวดยานใช้การเคลื่อนที่ในระยะทางที่กำหนด คูณด้วยระยะทางนั้น

2.2.3 ความหนาแน่นของกระแสจราจร (Density and Occupancy)

ความหนาแน่นของกระแสจราจรคือ จำนวนยวดยานที่ครอบครองพื้นผิวจราจรในช่วงความยาวถนนหรือช่องจราจรที่กำหนด มีหน่วยเป็นคันต่อไมล์ (vpm) หรือคันต่อไมล์ต่อช่องจราจร (vpmpl) ความหนาแน่น กระแสจราจรเป็นค่าที่วัดโดยตรงได้ยาก เนื่องจากความหนาแน่นกระแสจราจรเป็นค่าที่วัดโดยตรงได้ยาก ในทางปฏิบัติจึงวัดความหนาแน่นกระแสจราจรทางอ้อม จากการตรวจสอบการครอบครองผิวจราจรของยวดยาน โดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับ (Detectors) แทนการวัดค่าโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระดับการให้บริการ

ในปี ค.ศ. 1965 Highway Capacity Manual (HCM) ได้เสนอแนวคิดในการประเมินสภาพการจราจรและประสิทธิภาพของถนนด้วย ระดับการให้บริการ (Level of Service, LOS)

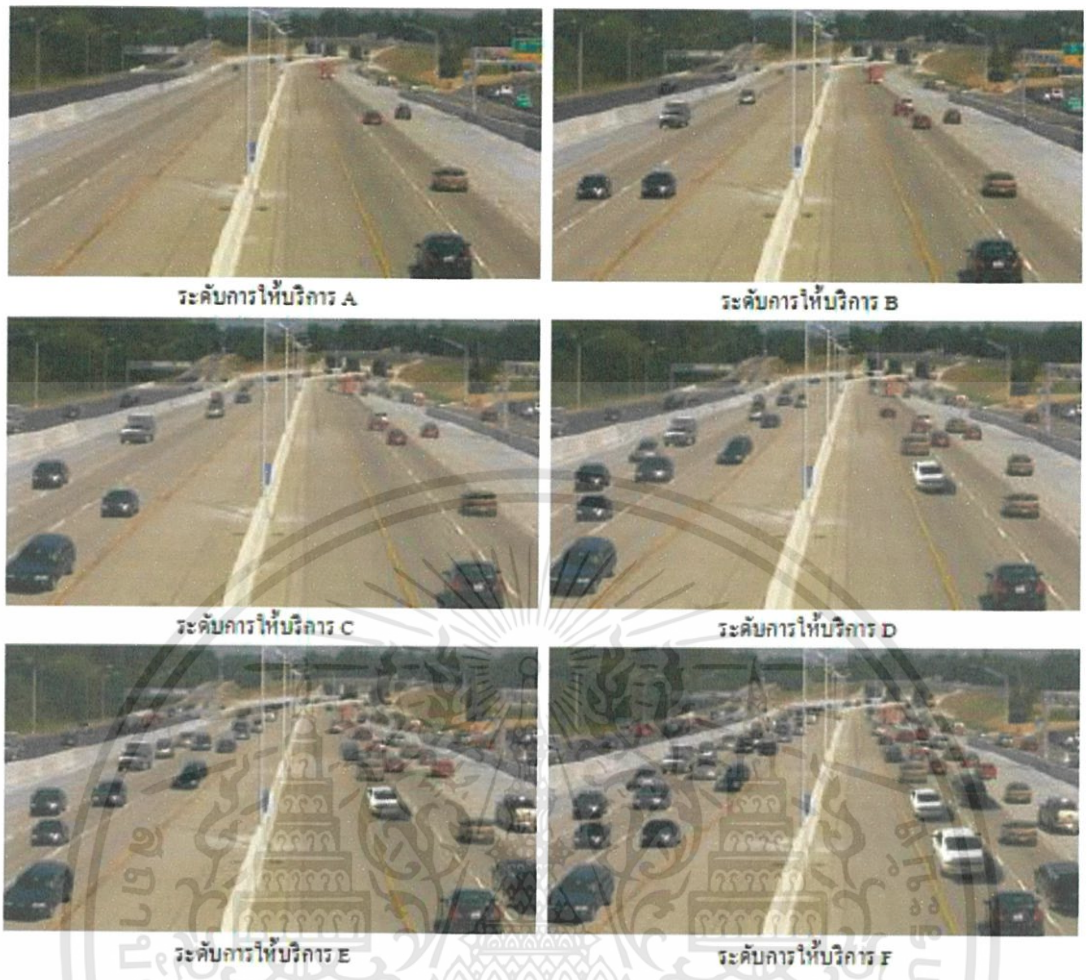
รูปที่ 2.1 แผนภาพจำแนกระดับการให้บริการ

ความสัมพันธ์ของกราฟจะเป็นค่าสัดส่วนระหว่างปริมาณจราจรหารด้วยความสามารถรองรับปริมาณจราจร (Volume/Capacity or V/C Ratio) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 พื้นที่ภายในขอบเขตเส้นกราฟจะถูกแบ่งออกเป็น 6 พื้นที่ย่อย แทนขอบเขตของระดับการให้บริการจาก A ถึง F โดยมีคำอธิบายของระดับการให้บริการแต่ละช่วงดังนี้

2.3.1 ระดับการให้บริการ A (Level of Service A)

ระดับการให้บริการที่ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ด้วยความเร็วอิสระ (Free-flowspeed) นั่นคือ ผู้ขับขี่ยวดยานสามารถเลือกความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ โดยไม่ได้รับอิทธิพลจากยวดยานคันอื่นในกระแสจราจร การสัญจรของยวดยานจะไม่ได้ถูกรบกวนจากยวดยานคันอื่น แม้ในสภาพการจราจรที่มีความหนาแน่นสูงสุดของระดับการให้บริการ A ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานจะมีค่าประมาณ 167 เมตร (550 ฟุต) หรือเทียบเท่ากับความยาว โดยประมาณของรถยนต์ 27 คัน เป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่มากที่สุด อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งผลกระทบมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 สภาพการจราจรที่ระดับการให้บริการ A ถึง F

2.3.2 ระดับการให้บริการ B (Level of Service B)

ยังเป็นระดับการให้บริการที่ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ และยังสามารถเลือกใช้ความเร็วในการสัญจรได้โดยอิสระ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานจะมีค่าประมาณ 100 เมตร (330 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 16 คัน การเปลี่ยนช่องจราจรอาจถูกจำกัดบ้างเพียงเล็กน้อย โดยรวมแล้วยังคงเป็นระดับการให้บริการที่ทำให้เกิดความสบายในการขับขี่ เช่นเดียวกับระดับการให้บริการ A อุบัติเหตุและสภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่จะไม่ส่งกระทบต่อสภาพการจราจรมากนักที่ระดับการให้บริการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ระดับการให้บริการ C (Level of Service C)

เป็นระดับการให้บริการที่สามารถใช้ความเร็ว ในการสัญจรได้ใกล้เคียงความเร็วอิสระ ความมีอิสระในการสัญจรจะถูกจำกัดมากขึ้น ผู้ขับขี่ต้องให้ความระมัดระวังขณะเปลี่ยนช่องจราจรมากขึ้น ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานมีค่าประมาณ 67 เมตร (220 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 11 คัน อุบัติเหตุบนท้องถนนยังไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรมากนัก แต่สภาพถนนที่เป็นอุปสรรคต่อการขับขี่อาจเริ่มส่งผลกระทบมากขึ้น และอาจทำให้เกิดแถวคอยหรือรถติดได้ในตำแหน่งที่สภาพถนนเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรอย่างมีนัยสำคัญ

2.3.4 ระดับการให้บริการ D (Level of Service D)

เป็นระดับการให้บริการที่ความเร็วในการสัญจรเริ่มลดลงเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณจราจรและความหนาแน่นเริ่มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความมีอิสระในการสัญจรในกระแสจราจรถูกจำกัดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทำให้ความสบายในการขับขี่ลดลงและเกิดความเครียดในการขับขี่เพิ่มขึ้น อุบัติเหตุเพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดการจราจรติดขัดขึ้นได้ที่ระดับการให้บริการนี้ เพราะมีพื้นที่ในการสัญจรและใช้ในการหลบหลีกลดลง ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างยวดยานเท่ากับ 50 เมตร (160 ฟุต) หรือเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 8 คัน

2.3.5 ระดับการให้บริการ E (Level of Service E)

เป็นระดับการให้บริการที่ระดับสูงสุดที่ถนนจะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้ การสัญจรเป็นได้ด้วยความยากลำบาก ช่วงห่างระหว่างยวดยานไม่แน่นอน โดยประมาณแล้วเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 6 คัน ทำให้มีพื้นที่ในการสัญจรและเปลี่ยนช่องจราจรน้อยลง ยังคงใช้ความเร็วได้มากกว่า 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (50 ไมล์ต่อชั่วโมง) การขัดกระแสจราจรเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนช่องจราจร หรือการที่รถวิ่งออกจากทางเชื่อมเข้ามาในกระแสจราจรหลัก ฯลฯ สามารถทำให้เกิดกระแสการจราจรติดขัด (Shockwave) ย้อนกลับไปยังกระแสจราจรต้นทางได้ ที่ระดับการจราจรสูงสุดนี้ ถ้ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแม้เพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้เกิดการจราจรติดขัดอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับระบายการจราจร และเป็นสภาพการจราจรที่ส่งผลให้เกิดความอึดอัดและความเครียดต่อผู้ขับขี่เป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 ระดับการให้บริการ F (Level of Service F)

เป็นระดับการให้บริการที่เกิดสภาพการจราจรติดขัดของกระแสจราจร ซึ่งโดยทั่วไปจะสังเกตได้จากแถวคอยที่เกิดขึ้นด้านหลังจุดที่เกิดการติดขัด การติดขัดของกระแสจราจรเกิดจากสาเหตุหลักดังนี้ อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นชั่วขณะ ส่งผลให้ถนนช่วงที่เกิดอุบัติเหตุนั้นมีความสามารถในการรองรับปริมาณจราจรลดลงนั่นคือ จำนวนรถยนต์ที่วิ่งเข้ามามากกว่าจำนวนรถยนต์ที่ถูกระบายออกไปจากจุดดังกล่าว มีปริมาณจราจรวิ่งเข้าสู่ตำแหน่งที่เกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจร อาทิ ตำแหน่งที่กระแสจราจรรวมเข้าด้วยกัน (Merging) ตัดกัน (Weaving) หรือตำแหน่งที่จำนวนช่องจราจรลดลง (Lane Drop) ฯลฯ มากกว่าปริมาณจราจรที่วิ่งออกจากตำแหน่งนั้น การคาดการณ์ปริมาณจราจรที่ผิดพลาดทำให้ปริมาณจราจรสูงสุดในชั่วโมง (Peak-hour Flow Rate) สูงเกินกว่าความสามารถรองรับปริมาณจราจรของถนน

2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจร

อุปกรณ์ตรวจวัดการจราจรคือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดการมีอยู่ หรือการผ่านของยวดยาน ณ บริเวณจุดสำรวจ ให้ข้อมูลที่ใช้ในการจัดการจราจร และข้อมูลที่ใช้ในการวางแผน

2.4.1 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (TCRT5000 Reflective Infrared Sensor)

เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Reflective Infrared Sensor) คือ อุปกรณ์ที่นำโฟโต้ทรานซิสเตอร์หรือโฟโต้ไดโอดมารวมกับ LED อินฟาเรต เพื่อใช้ในการตรวจจับการสะท้อนแสง หรือระยะความใกล้ของวัตถุ หลักการคือ เมื่อมีแสงไปตกกระทบกับวัตถุใดๆ วัตถุนั้นจะสะท้อนแสงกับมาที่โฟโต้ไดโอดหรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์

ข้อดีของการใช้งาน

เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ง่าย

สะดวกในการบำรุงรักษา

ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำและไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้าง ไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็กความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน

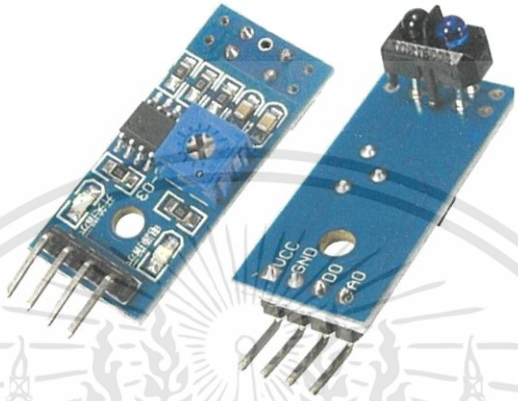
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของการใช้งาน

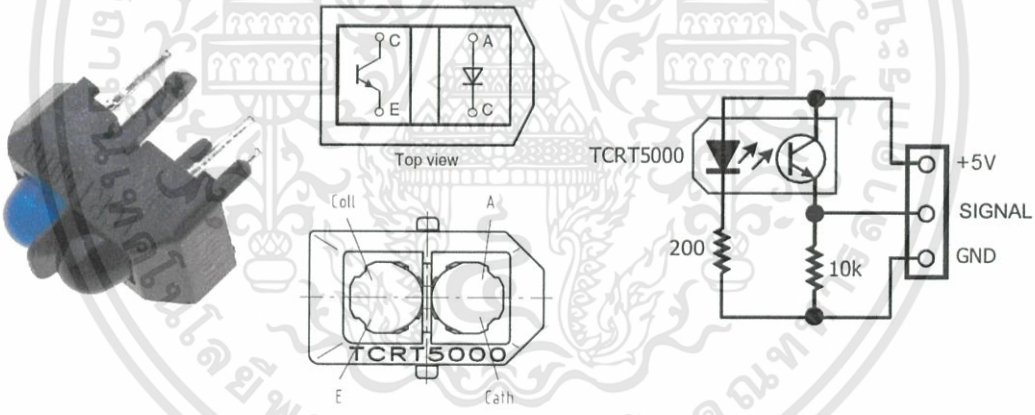
มีข้อจำกัดเรื่องระยะทางที่เซนเซอร์วัดได้

วัตถุนั้นต้องอยู่ตรงกับแนวยิงของเซนเซอร์

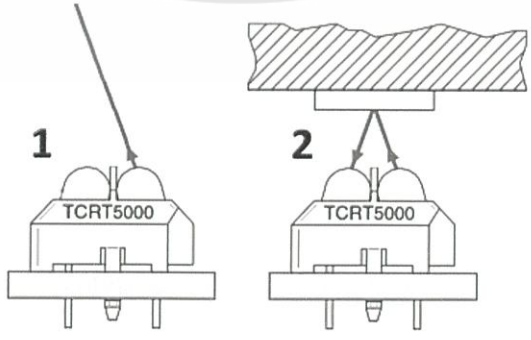
ตรวจจับได้เฉพาะวัตถุที่สามารถสะท้อนแสงได้



รูปที่ 2.3 TCRT5000 Reflective Infrared Sensor



รูปที่ 2.4 Datasheet TCRT5000



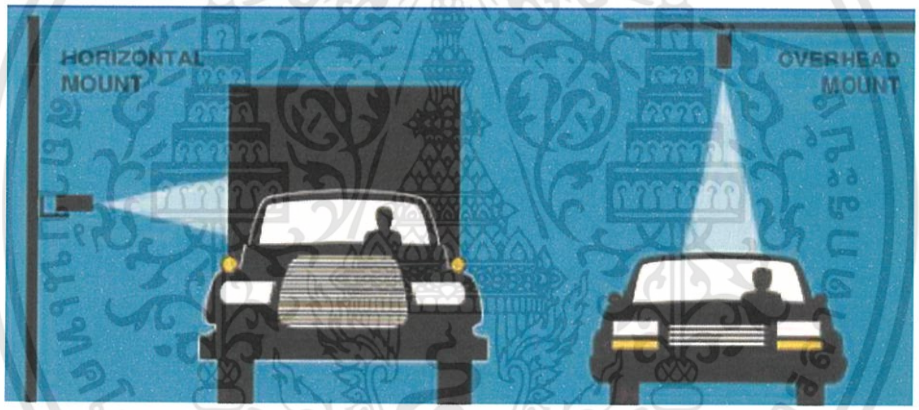
รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของเซนเซอร์ โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหวการตรวจจับวัตถุและการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุเซนเซอร์ชนิดนี้ ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสงมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้น ด้วยวัตถุส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณ ทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไปอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode)

รูปแบบการติดเซนเซอร์

1. Horizontal Mount เป็นการติดเซนเซอร์ด้านข้าง
2. Overhead Mount เป็นการติดเซนเซอร์ด้านบนวัตถุ



รูปที่ 2.6 รูปแบบการติดเซนเซอร์

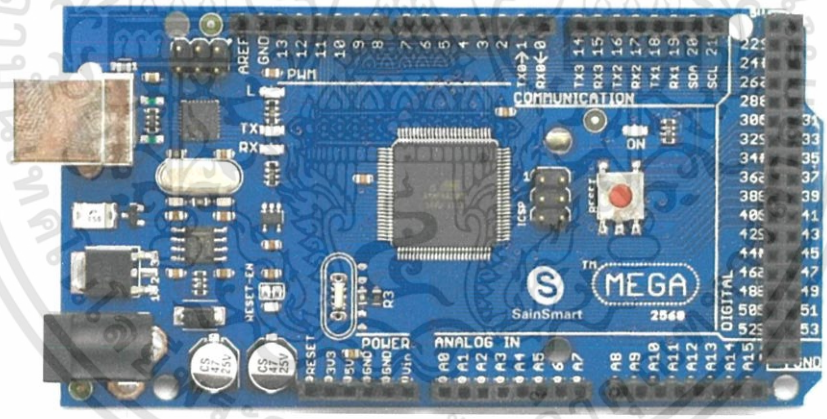
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของโมเดลสัญญาณไฟจราจร จะใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้แก่ วงจรบอร์ดอาร์ดูโน่ ไฟ LED

2.5.1 บอร์ด Arduino

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้ความง่ายของบอร์ด (Arduino) ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, GPRS Shield เป็นต้น



รูปที่ 2.7 Arduino MEGA 2560

เหตุผลที่เลือกใช้ชนิด MEGA 2560 เนื่องจากจำนวนอุปกรณ์ Sensor และ LED ที่ใช้แสดงผลการทำงานนั้นมีจำนวนปริมาณมากจำนวน Port Input, Port Output Arduino MEGA 2560 นั้นมี Port รองรับเพียงพอ

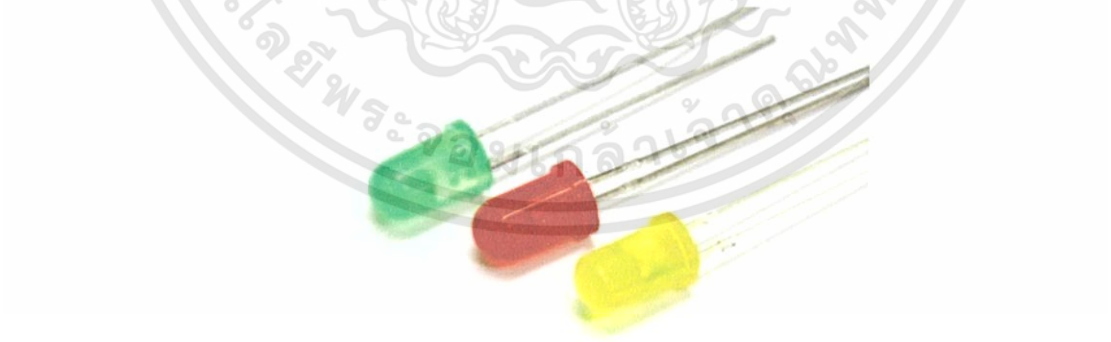
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ไดโอดเปล่งแสง (Light-emitting Diode หรือย่อว่า LED)

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ เมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้าปรากฏการณ์นี้อยู่ในรูปของ Electro Luminescence สีของแสงที่เปล่งออกมานั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้ และเปล่งแสงได้ใกล้ช่วงอัลตราไวโอเลต ช่วงแสงที่มองเห็น และช่วงอินฟราเรด

หลอด LED หรือไดโอดเปล่งแสง โครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด (สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจกเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัว LED โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด (A) จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (K) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิด N ไปรวมกับโฮลในสารชนิด P การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ PN ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง

สีของแสงที่เกิดจากรอยต่อจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้าง LED ทั้งชนิดที่เป็นของเหลวและก๊าซ เช่น ใช้แกลเลียมฟอสไฟด์ (GALLIUM PHOSPHIDE, GaP) ทำให้เกิดแสงสีแดง ใช้แกลเลียมอาซีไนด์ ฟอสไฟด์ (GALLIUM ARSENIDE PHOSPHIDE, GaAsP) เกิดแสงสีเหลืองและเขียว การควบคุมปริมาณแสงสว่างจะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอด LED หากกระแสที่ไหลสูงมากไปจะทำให้หลอดมีความสว่างมาก แต่หากป้อนกระแสสูงมากไปจะทำให้บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำเกิดความร้อนปริมาณมาก จนทำให้โครงสร้างหลอดเสียหายไม่สามารถใช้งานได้อีก



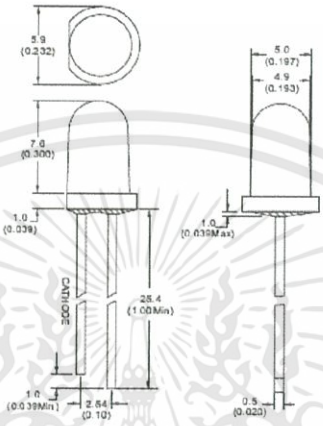
รูปที่ 2.8 ไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของตัว LED

LED จะทำจากสารกึ่งตัวนำ P และ N โดยจะมี 2 ขาในการใช้งาน (ยกเว้นบางประเภท เช่น LED แบบให้สีสองสีในหลอดเดียวกันอาจจะมี 3 ขาได้) โดยขาของ LED จะมีชื่อเรียกดังนี้

1. ขา A หรือที่มักเรียกว่า ขาแอโนด โดยขานี้จะต้องป้อนไฟบวก (+) ให้เท่านั้น
2. ขา K หรือที่มักเรียกว่า ขาแคโทด โดยขานี้จะต้องป้อนไฟลบ (-) ให้เท่านั้น



รูปที่ 2.9 ลักษณะของ LED

2.5.3 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายไฟให้กับบอร์ด Arduino และอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมดภายใน มีรูปร่างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมติดตั้งอยู่ภายใน (สามารถถอดเปลี่ยนได้) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ตามบ้านจาก 220 โวลต์ ให้เหลือเพียงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 3ชุด คือ 3.3 และ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ และ 12 โวลต์ สำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

รูปที่ 2.10 Power Supply

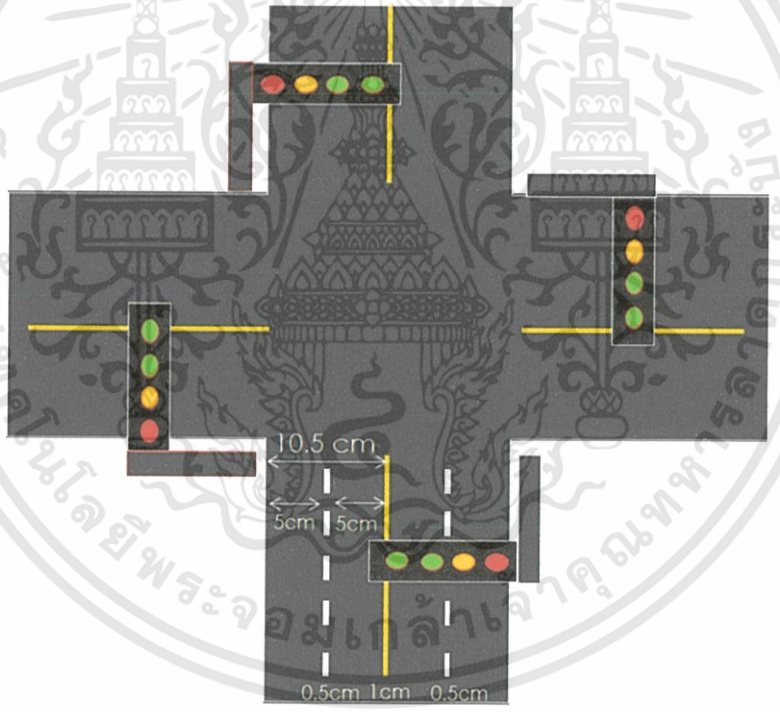
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการออกแบบและวิธีการทดลอง

การศึกษาการทำโมเดลจำลองสี่แยกสัญญาณไฟจราจร ได้ข้อสรุปว่าจะต้องออกแบบให้มีขนาดที่พอเหมาะสำหรับโมเดลจำลอง Smart City โดยมีขนาด 1.2*1.2 เมตร เลือกใช้ไม้ MDF เพราะไม่ต้องขัดผิวไม้ มีความแข็งแรงที่พอเหมาะและราคาไม่แพง

3.1 การออกแบบฐานโมเดลจำลอง

3.1.1 เริ่มจากการออกแบบฐานโมเดลจำลอง



รูปที่ 3.1 แบบแปลนแยกสัญญาณไฟจราจร

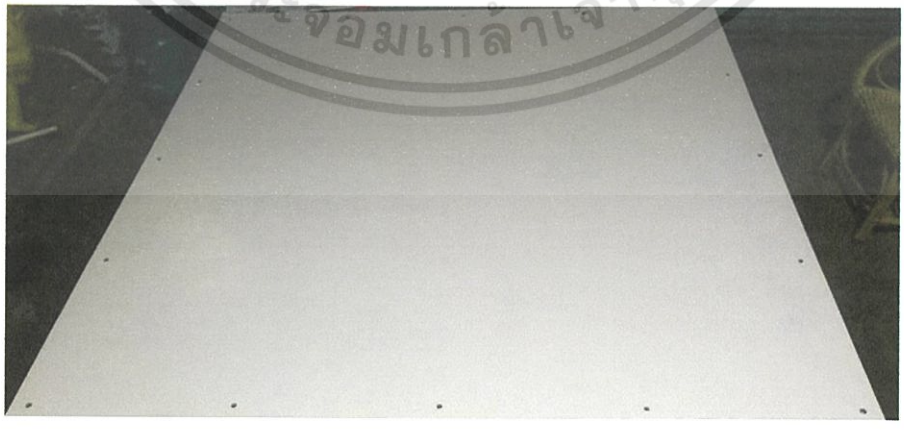
จากรูปที่ 3.1 แสดงแบบแปลนของแยกสัญญาณไฟจราจรดังนี้

1. ถนนแยกละ 5cm ต่อถนน 1 เลน
2. วิ่งเส้นทางละ 2 เลน สวนทางไป-กลับ ฝั่งละ 4 เลน
3. เส้นประขนาด 0.5cm และเส้นเหลืองแบ่งฝั่ง 1cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 ไม้ MDF ขนาด 1.2*1.2m

รูปที่ 3.3 ฐานรองไม้ MDF สี่เหลี่ยม

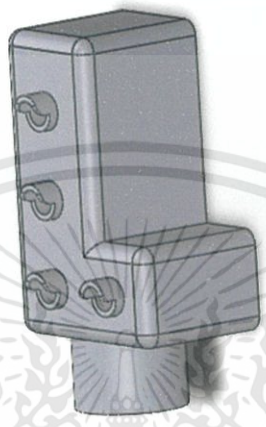


รูปที่ 3.4 ประกอบยึดไม้ MDF กับฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบโมเดลจำลองของสัญญาณไฟจราจรและเซนเซอร์

ในขั้นตอนการออกแบบโมเดลสัญญาณไฟจราจรจะใช้โปรแกรม SolidWork เป็นโปรแกรมออกแบบชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ของสัญญาณไฟจราจร ก่อนจะพิมพ์ชิ้นส่วนที่ออกแบบด้วยโปรแกรม Cura ผ่านเครื่อง 3D Printer

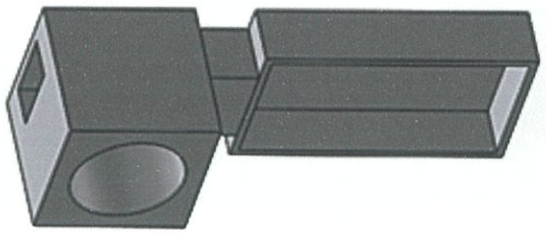


รูปที่ 3.5 โมเดลจำลองสัญญาณไฟจราจร

รูปที่ 3.6 โมเดลส่วนฐานของสัญญาณไฟจราจรและเซนเซอร์

รูปที่ 3.7 ท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



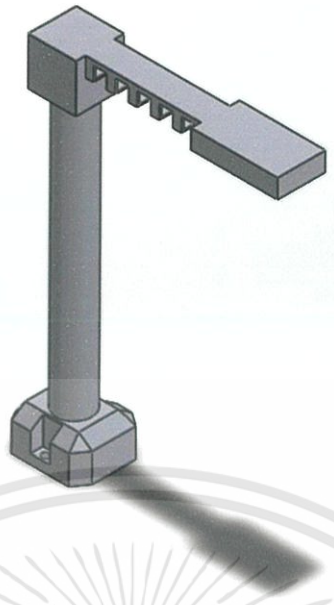
รูปที่ 3.8 โมเดลส่วนที่ใส่เซนเซอร์แบบยาว

รูปที่ 3.9 โมเดลส่วนที่ใส่เซนเซอร์แบบยาว

ภาพรวมการประกอบชิ้นงานจากการออกแบบใน SoildWork

รูปที่ 3.10 ประกอบชิ้นงานเสาใส่เซนเซอร์แบบสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ประกอบชิ้นงานเสาใส่เซนเซอร์แบบยาว

รูปที่ 3.12 ประกอบชิ้นงานเสาสัญญาณไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

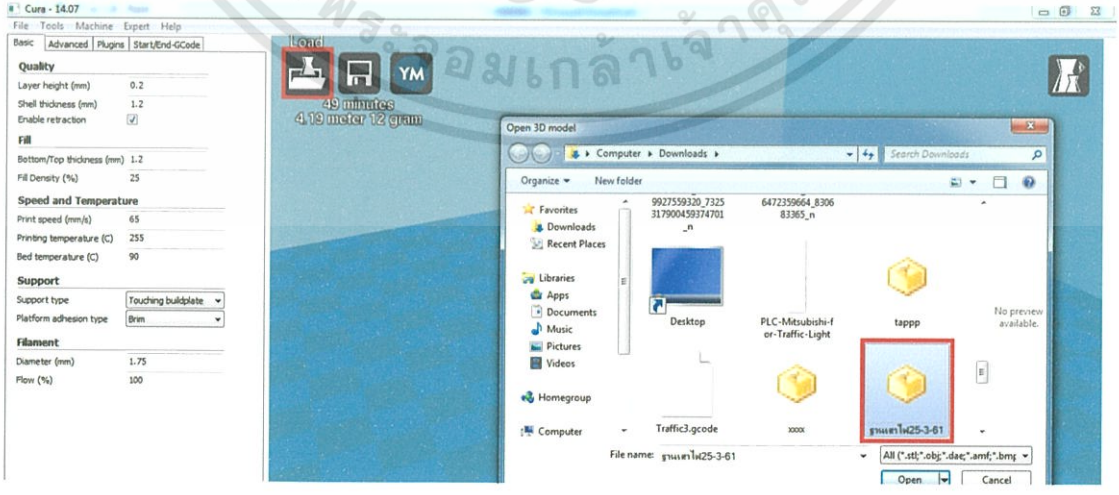
3.1.2 การพิมพ์โมเดลจำลองโดยใช้เครื่อง 3D Printer

การพิมพ์โมเดลจำลองจะนำไฟล์สกุล .STL ชิ้นส่วนประกอบแต่ละ Part ที่ออกแบบไว้จากโปรแกรม SolidWork แปลงไฟล์เป็น G-code ผ่านโปรแกรม Cura เพื่อให้เครื่อง 3D Printer สามารถพิมพ์ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้ได้

รูปที่ 3.13 Interface โปรแกรม Cura

ขั้นตอนการพิมพ์ชิ้นงาน

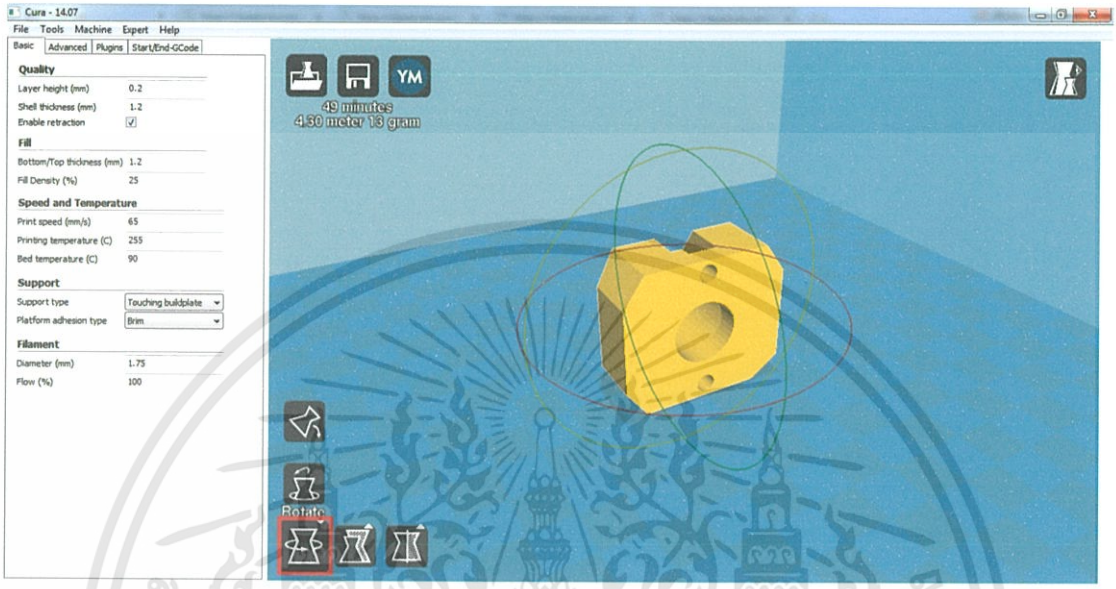
1. เริ่มจากนำไฟล์สกุล .STL ที่เซฟจากโปรแกรม SolidWork เปิดบนโปรแกรม Cura



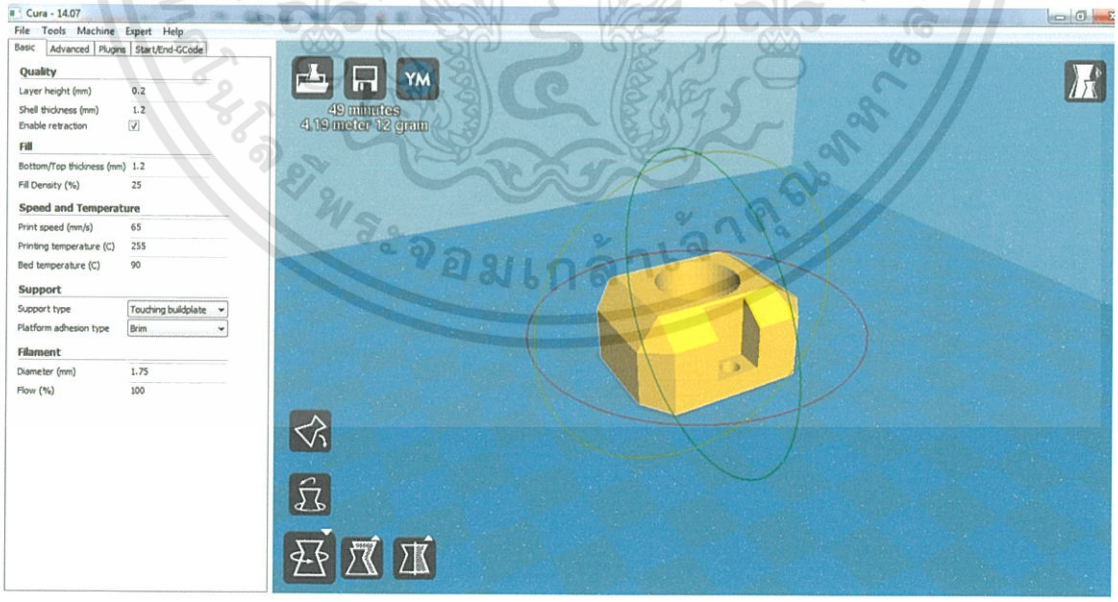
รูปที่ 3.14 ไฟล์ .STL มาเปิดบนโปรแกรม Cura

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อเปิดไฟล์ที่เลือกจะแสดงชิ้นงานที่ออกแบบไว้บนโปรแกรม SoildWork จากนั้นทำการเลือกคำสั่ง Rotate พลิกชิ้นส่วนที่ออกแบบไว้ไปบนทิศทางที่ต้องการ เนื่องจากการวางตัวของชิ้นงานส่งผลต่อตำแหน่งของชิ้นส่วนเวลาทำการพิมพ์



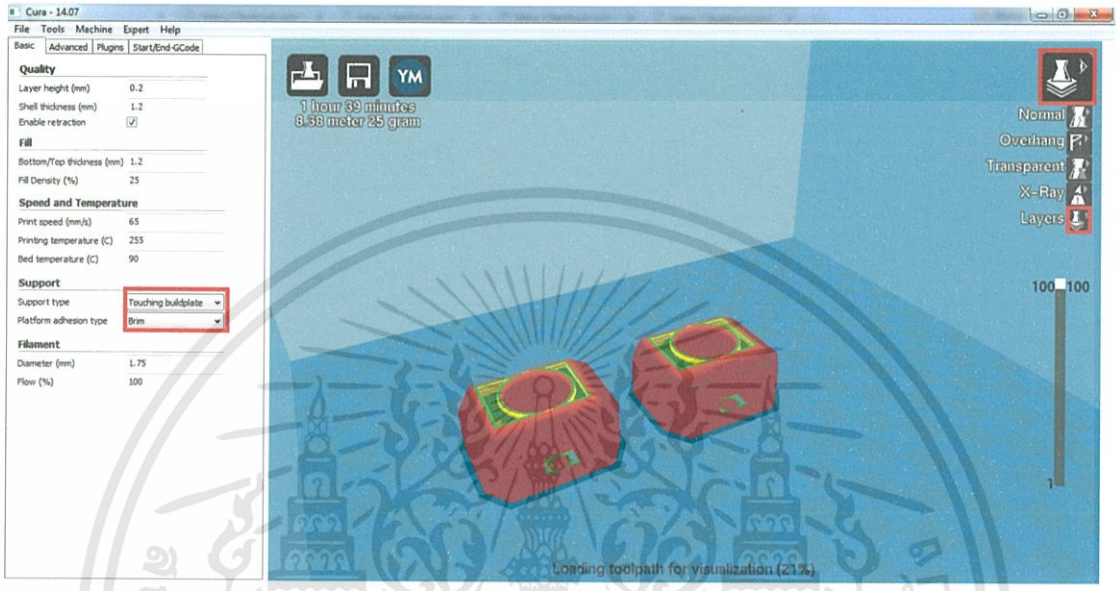
รูปที่ 3.15 ทำการ Rotate ชิ้นงานตามด้านที่ต้องการ



รูปที่ 3.16 หลังจากทำการปรับ Position เรียบร้อย

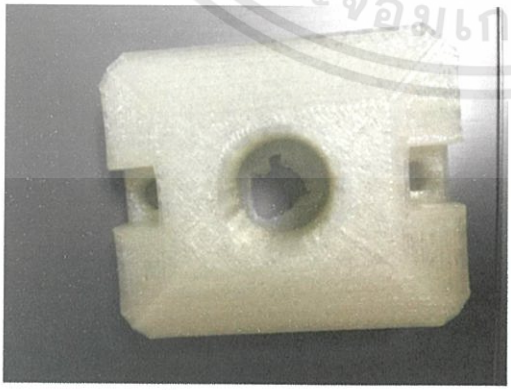
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือกประเภท Support เนื่องจากชิ้นงานที่ทำการพิมพ์ ถ้าไม่มี Support คอยเสริมอาจส่งผลให้การพิมพ์ผิดพลาดและชิ้นงานที่ได้ มีการคลาดเคลื่อนไปจากที่ออกแบบไว้ แล้วเลือกคำสั่ง Layers เพื่อดูเส้นการพิมพ์หรือแสดงส่วนของ Support ที่เพิ่มเข้ามาบนชิ้นงาน เสร็จเรียบร้อยให้ Save ไฟล์ที่ Save จะเป็นสกุล .Gcode ซึ่ง 3D Printer จะทำงานตามโค้ดที่ทำไว้บนโปรแกรมนี้



รูปที่ 3.17 ส่วนโครงร่างทั้งหมดของชิ้นส่วนที่จะทำการพิมพ์บน 3D Printer

4. ชิ้นงานที่ได้จากการพิมพ์ด้วย 3D Printer เนื่องจากว่ามีส่วนของ Support เพิ่มเข้ามา จึงต้องทำการตัดและขัดถูเพิ่มเติมเพื่อให้ชิ้นงานสามารถนำไปใช้บนโมเดลจำลองได้



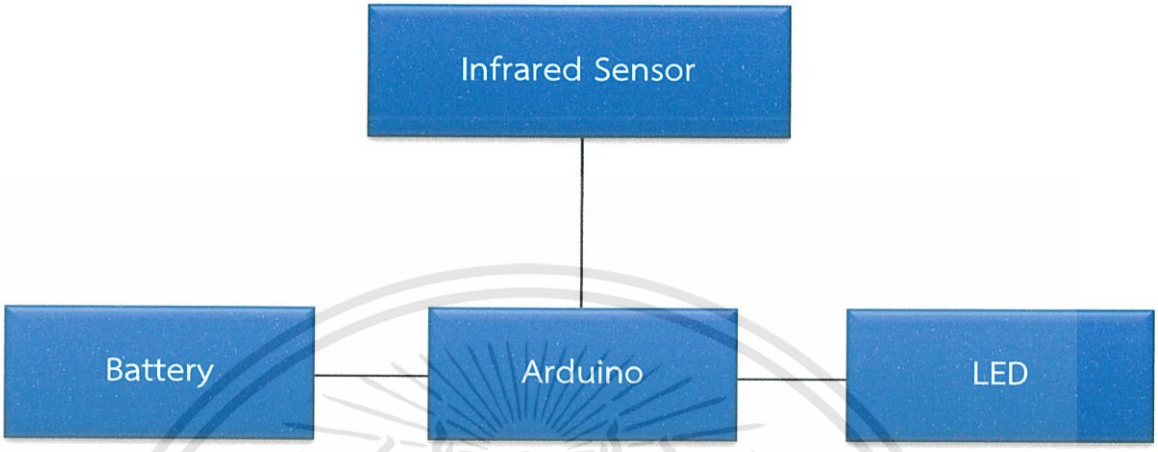
ก. ชิ้นงานส่วนฐาน

ข. ชิ้นงานส่วนไฟจราจร

รูปที่ 3.18 ชิ้นงานที่พิมพ์ออกมาได้ตามตัวที่ออกแบบบน SolidWork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจร Wiring Device



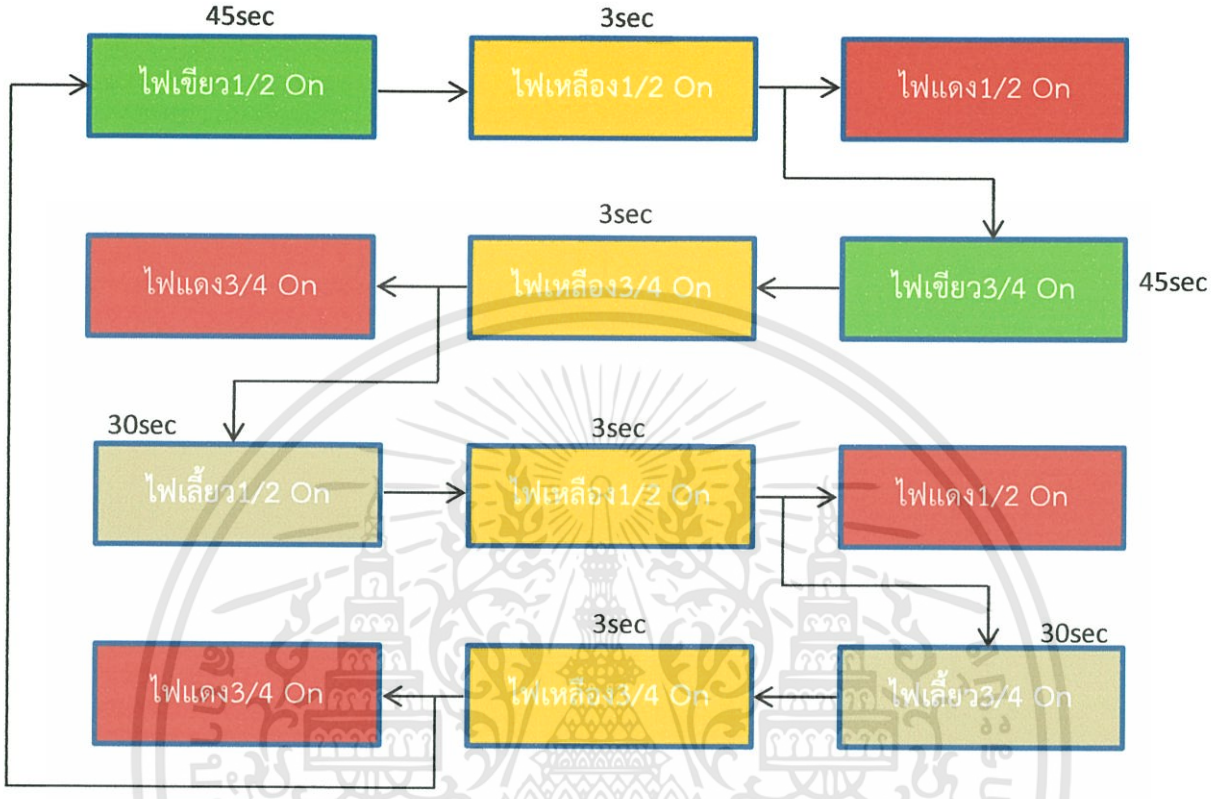
รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 3.19 แสดงถึงการเชื่อมต่อสายกับอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. บอร์ดอาร์ดูโน่สำหรับเขียนโปรแกรมอ่านค่าเซนเซอร์
2. แบตเตอรี่หรือ Power Supply ทำหน้าที่จ่ายไฟให้บอร์ดอาร์ดูโน่
3. LED ทำหน้าที่รอรับคำสั่งการทำงานจากบอร์ดอาร์ดูโน่ แสดงผลการทำงานของสัญญาณไฟจราจร
4. Infrared Sensor ทำหน้าที่ตรวจวัดปริมาณจราจรและส่งค่าให้บอร์ด Arduino ประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โค้ดโปรแกรม

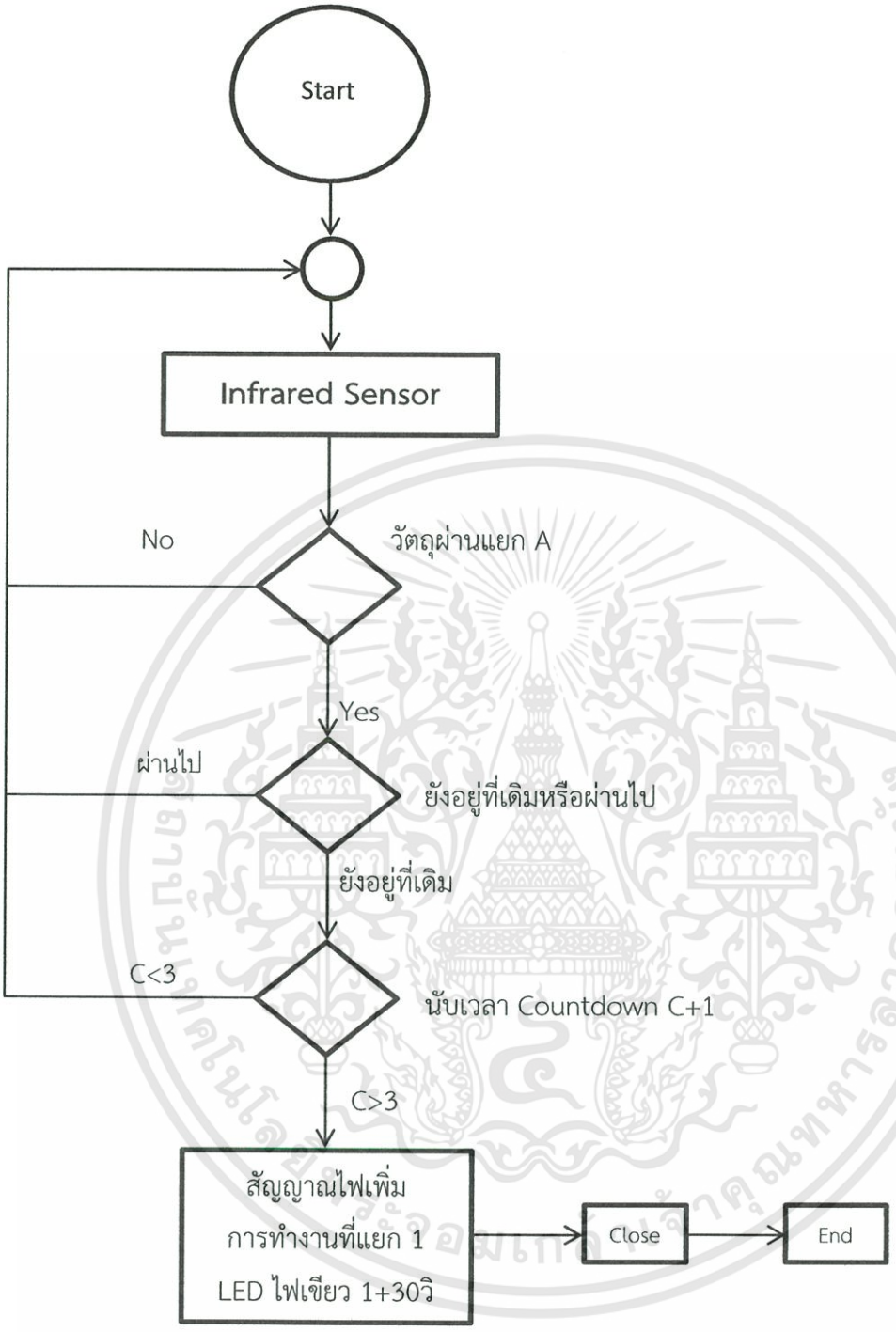


รูปที่ 3.20 ลูปการทำงานพื้นฐานของสัญญาณไฟจราจร

3.3.1 โค้ดโปรแกรมลูปการทำงานของสัญญาณไฟจราจรแบบปกติ

จากรูปที่ 3.20 โค้ดแสดงการทำงานของสัญญาณไฟจราจรจะเป็นลูปการทำงานวนไปเรื่อยๆ ไฟเขียวแยกที่ 1 และ 2 จะปล่อยให้รถทางตรงวิ่งสวนทางกัน เป็นเวลา 45 วินาที หลังจากครบ 45 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที จึงเปลี่ยนเป็นสีแดงและไฟเขียวแยกที่ 3 และ 4 ทางตรงวิ่งสวนทางกัน เป็นเวลาอีก 45 วินาที หลังจากครบ 45 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที จึงเปลี่ยนเป็นสีแดงและไฟเขียว (เลี้ยว) แยกที่ 1 และ 2 ทางเลี้ยวสวนทางกันเป็นเวลาอีก 30 วินาที หลังจากครบ 30 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที จึงเปลี่ยนเป็นสีแดงและไฟเขียว (เลี้ยว) แยกที่ 3 และ 4 ทางเลี้ยวสวนทางกัน เป็นเวลาอีก 30 วินาที หลังจากครบ 30 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที จึงเปลี่ยนเป็นสีแดงแล้ววนกลับ ไฟเขียวแยกที่ 1 และ 2 จะปล่อยให้รถทางตรงวิ่งสวนทางกันอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 Flowchart การทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โค้ดโปรแกรมการเพิ่มสัญญาณไฟจราจร

จากรูปที่ 3.21 ที่เป็นลูปการทำงานการปล่อยสัญญาณไฟจราจร จะใช้โค้ดการทำงานจากรูปที่ 3.20 โดยใช้สัญญาณอินฟาเรดเป็นตัววัดปริมาณจราจร ใช้ฟังก์ชัน Void Check เพื่อ Check ในฟังก์ชั่นการทำงานต่อๆ ไปโดยให้กำหนดให้ตัวแปร Int เป็น TempA และ TempB เป็นตัวที่สั่งการ Input ซึ่งคือเซนเซอร์อินฟาเรด โดยจากโปรแกรมมีการรับค่าจาก AnalogRead(A1) และ AnalogRead(A2) และกำหนดให้เมื่อค่าที่ได้จาก A1 มีค่าน้อยกว่า Distance ซึ่งตั้งค่าไว้และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ ในหลายๆ พื้นที่อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ โดยใช้ฟังก์ชันการนับที่จะนับเมื่อเจอฟังก์ชัน Check ที่จะนับเมื่อเจอ Check ที่เขียนไว้ในฟังก์ชันการทำงาน โดยนับขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงค่าที่ตั้งค่า ซึ่งคือ 3 ถ้านับได้ถึง 3 หมายความว่าจะสั่งการให้ S1 ทำงาน ซึ่งตั้งค่า S1 ไว้ที่10000 (10 วินาที) โดยที่ถ้านับได้ไม่ถึงค่าที่กำหนดไว้ จะให้ค่า S1 เป็น 0 ซึ่งที่ใช้ฟังก์ชันการนับค่าเพื่อที่จะทำให้โปรแกรมทำงานได้จริงที่สุด เมื่อนำไปใช้ติดตั้งในโมเดลจำลองเนื่องจากเมื่อมีวัตถุผ่านเซนเซอร์อินฟาเรด จะทำให้เซนเซอร์ตรวจจับทันทีและตรวจจับได้เร็วมาก จึงกำหนดให้ตรวจจับค่าเฉพาะตอนใช้ฟังก์ชัน Check และใช้เวลาการนับระยะเวลาหนึ่ง จึงทำให้โปรแกรมทำงานสอดคล้องกับโมเดลการทำงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

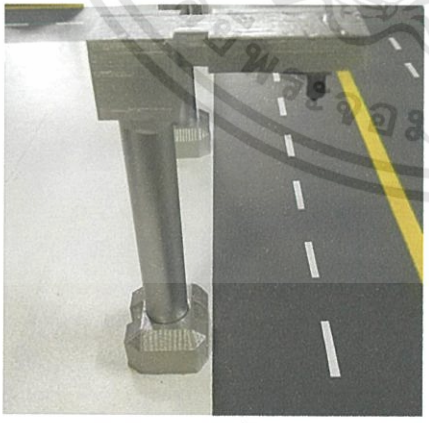
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลลัพธ์ในการทำตัวโมเดลสี่แยกจราจรที่เสร็จสมบูรณ์ การทดลองการทำงานของเซนเซอร์อินฟาเรด และการแสดงผลการทำงานของ LED ในเสาสัญญาณไฟจราจร

4.1 ชิ้นส่วนModel ที่เสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 4.1 โมเดลสัญญาณไฟจราจร

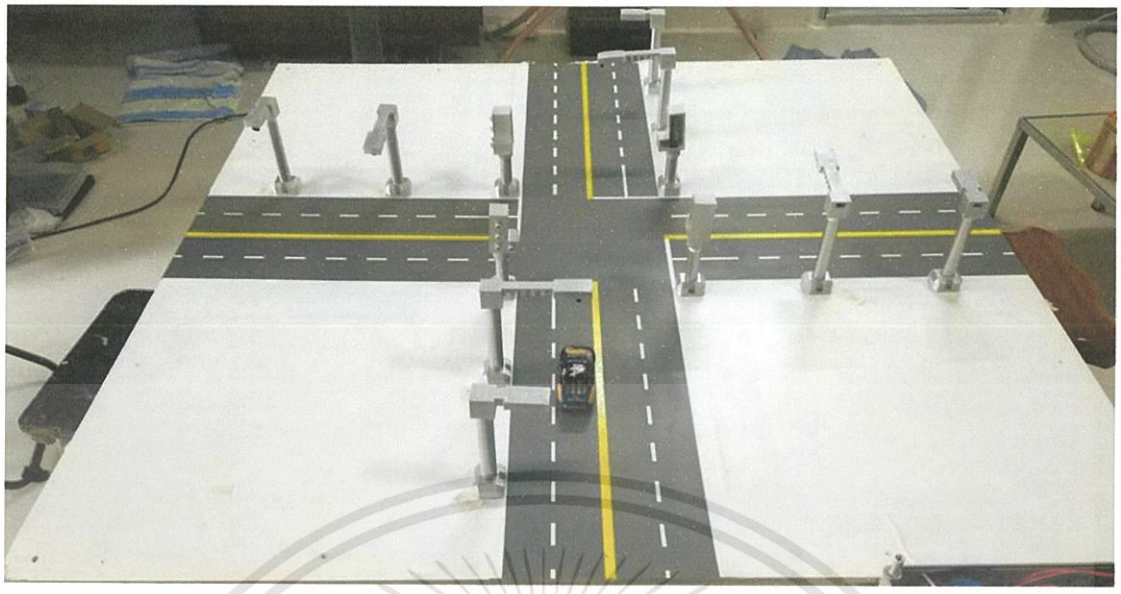


ก. โมเดลเสาแบบสั้น

ข. โมเดลเสาแบบยาว

รูปที่ 4.2 โมเดลเสาใส่เซนเซอร์แบบสั้นและยาว

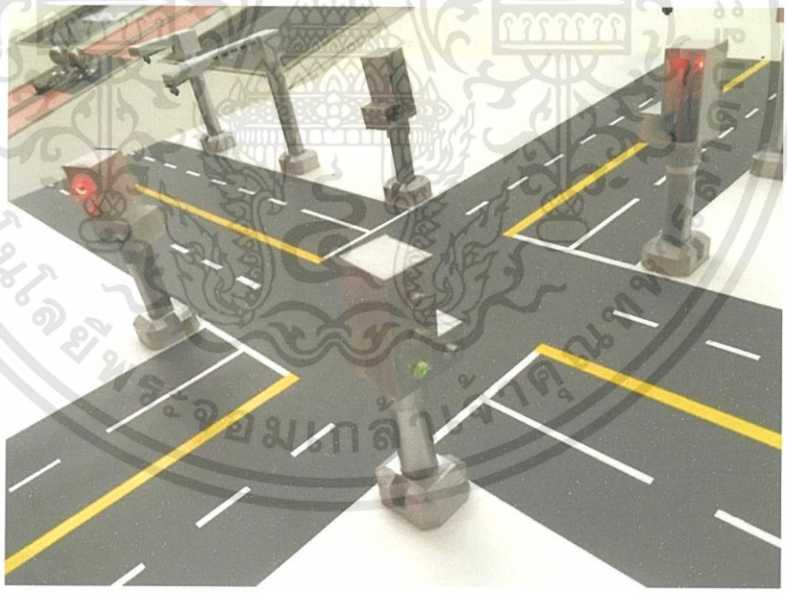
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 โมเดลสัญญาณไฟจราจรที่เสร็จสมบูรณ์

4.2 ทดลองการแสดงผลของโมเดลจำลอง

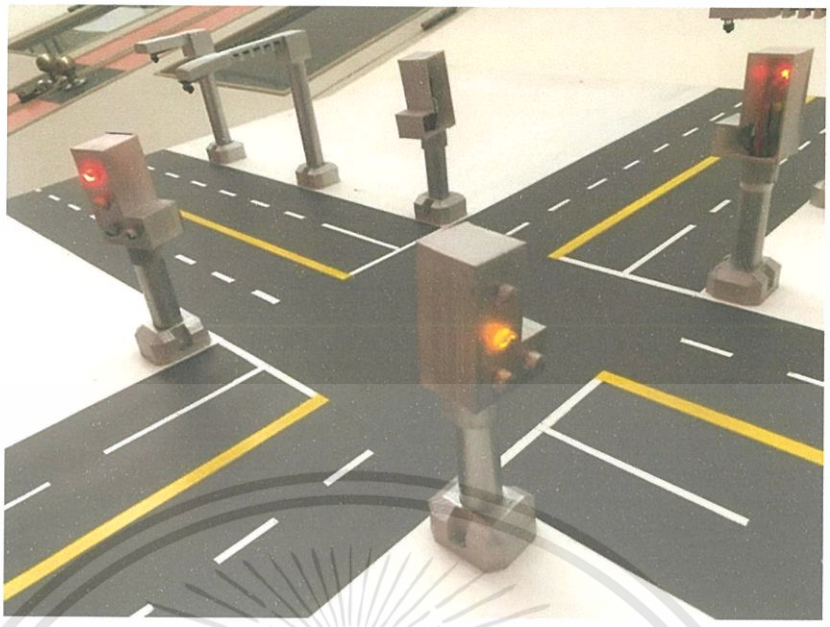
4.2.1 ผลลัพธ์แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรแบบลูปปกติ



รูปที่ 4.4 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

ไฟเขียวแยกที่ 1 และ 2 จะปล่อยให้รถทางตรงวิ่งสวนทางกันเป็นเวลา 45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



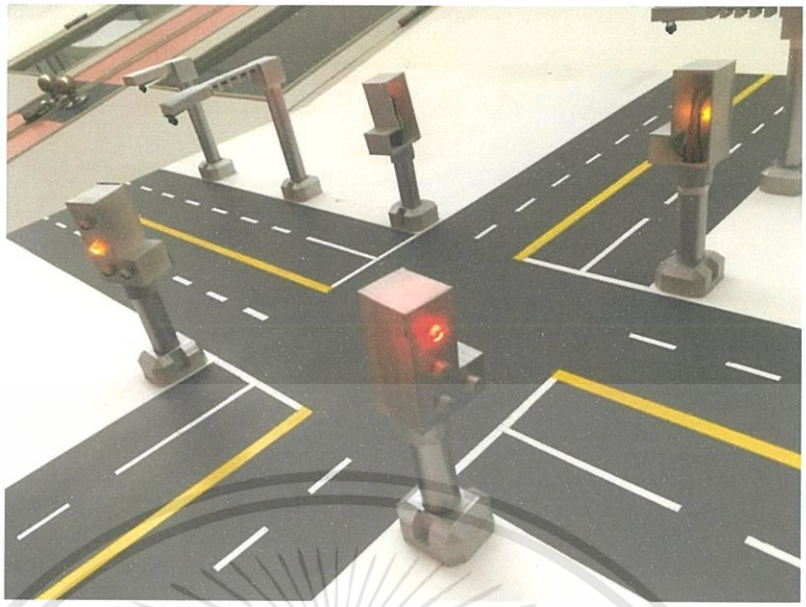
รูปที่ 4.5 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

หลังจากครบ 45 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที

รูปที่ 4.6 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

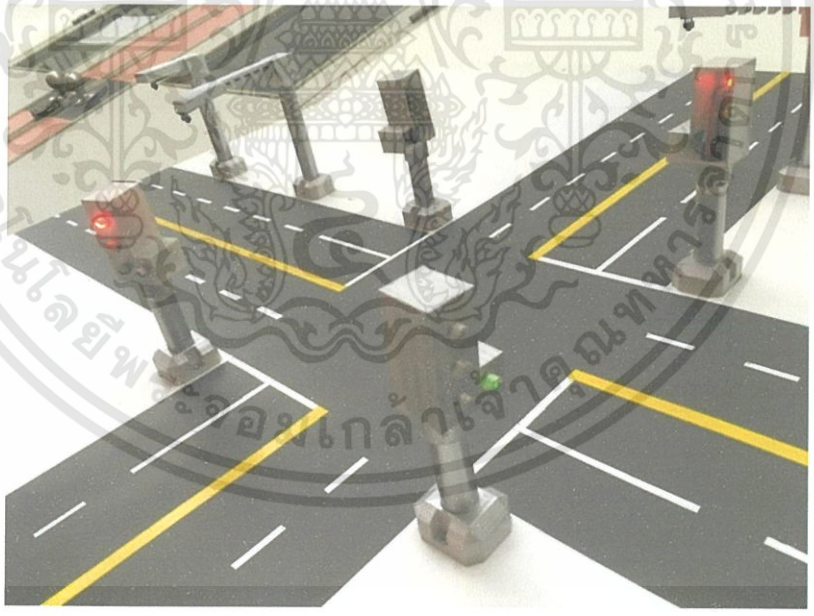
เปลี่ยนเป็นสีแดงและไฟเขียวแยกที่ 3 และ 4 ทางตรงวิ่งสวนทางกันเป็นเวลาอีก 45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

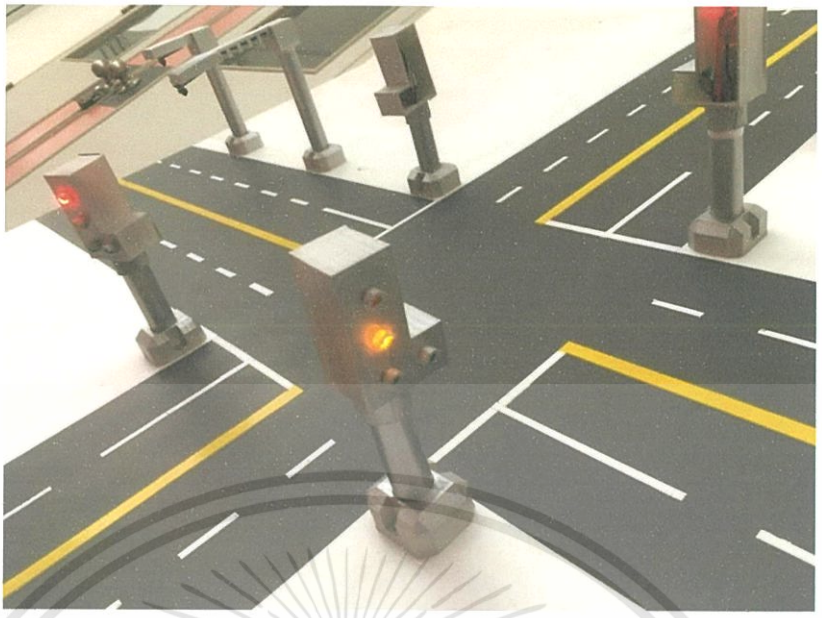
หลังจากครบ 45 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที



รูปที่ 4.8 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

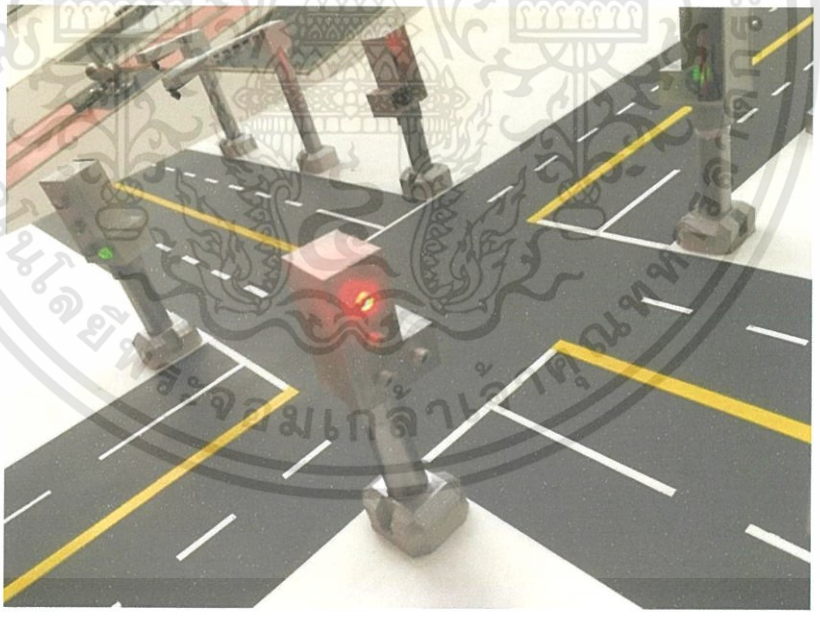
เปลี่ยนเป็นสีแดงและไฟเขียว (เลี้ยว) แยกที่ 1 และ 2 ทางเลี้ยวสวนทางกันเป็นเวลา 30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

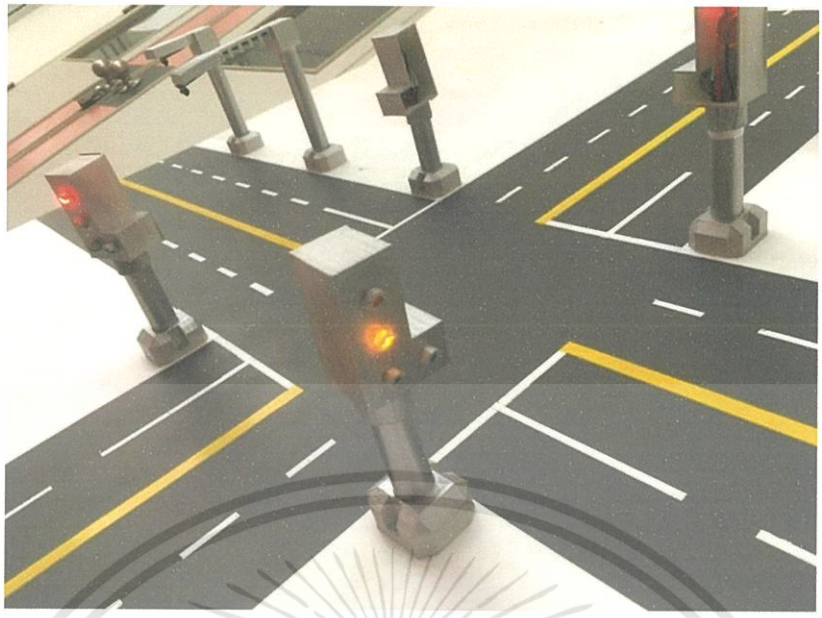
หลังจากครบ 30 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที



รูปที่ 4.10 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

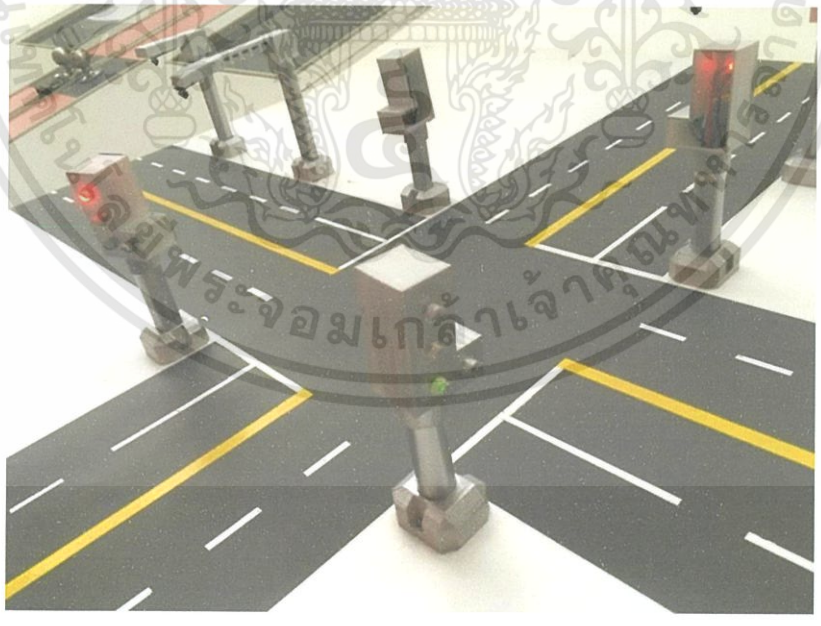
เปลี่ยนเป็นสีแดงและไฟเขียว (เลี้ยว) แยกที่ 3 และ 4 ทางเลี้ยวสวนทางกันเป็นเวลา 30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

หลังจากครบ 30 วินาที จะเปลี่ยนเป็นไฟเหลือง 3 วินาที



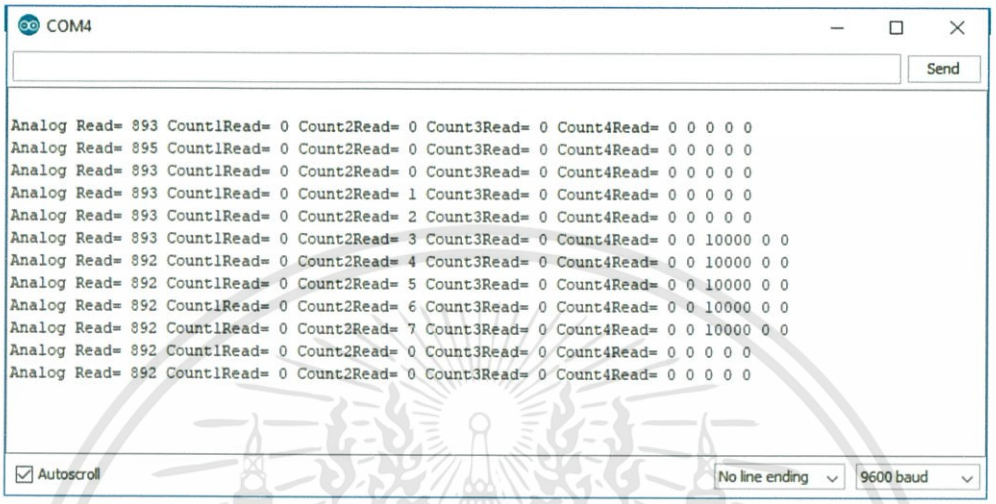
รูปที่ 4.12 การทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรลูปปกติ

เปลี่ยนเป็นสีแดงแล้ววนกลับไฟเขียวแยกที่ 1 และ 2 จะปล่อยให้รถทางตรงวิ่งสวนทางกันอีกครั้งหนึ่ง การทำงานจะเป็นลูปแสดงผลไปเรื่อยๆ

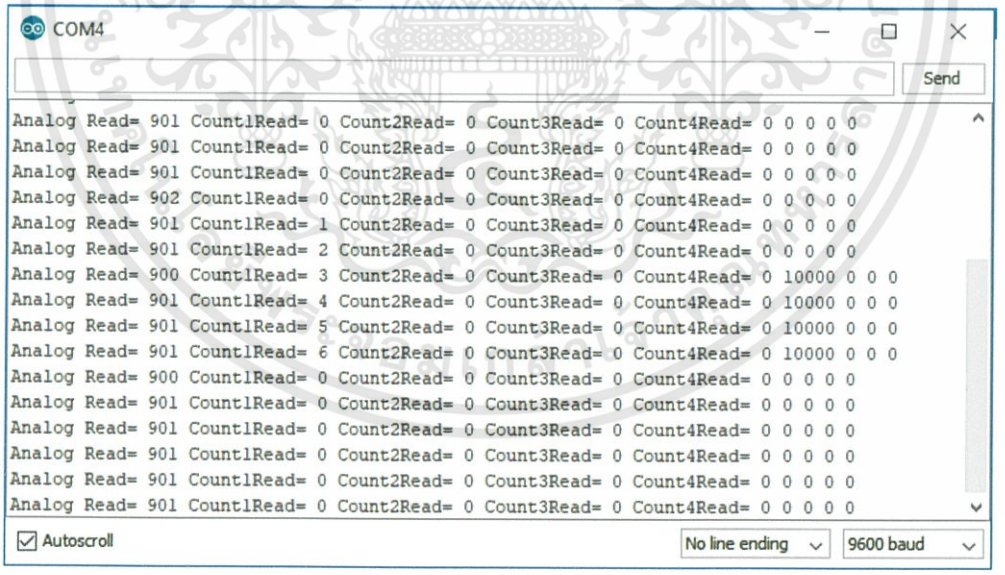
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลลัพธ์แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเพิ่มเวลา

เมื่อเซนเซอร์อินฟาเรดสามารถตรวจจับวัตถุได้ จะเพิ่มการทำงานของระบบจากลูปทำงานของสัญญาณไฟจราจรในหัวข้อที่ 4.2.1



รูปที่ 4.13 ผลการเพิ่มเวลาของระบบสัญญาณไฟจราจรบน Serial Monitor



รูปที่ 4.14 ผลการเพิ่มเวลาของระบบสัญญาณไฟจราจรบน Serial Monitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์การทำงานจากรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 เมื่ออินฟาเรดจับวัตถุได้จะทำการนับ Countdown เวลา แต่ถ้าวัตถุหรือรถเคลื่อนออกจะวนกลับไปจับวัตถุใหม่อีกครั้งเมื่อนับ Countdown ถึงค่าที่กำหนด จะสั่งให้สัญญาณไฟจราจร ทำการเพิ่มเวลาการแสดงผลของไฟสีเขียวในแยกนั้นๆ ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.13 จากโปรแกรมเมื่ออินฟาเรดบนถนนเลนรถทางตรงแยกที่ 1 จับได้ว่ามีรถยนต์ผ่านมาแล้วจอดค้างไว้ก็จะทำการนับเวลา Countdown T+1 ไปเรื่อยๆ ถ้าถึงค่าที่กำหนดไว้ T>3 จะทำการเพิ่มเวลาของไฟจราจรทางตรง ณ แยกที่ 1 เป็นเวลา +10 วินาที จากเดิม 45 วินาทีเป็น 55 วินาที และจากรูปที่ 4.14 เมื่อระบบทำการเพิ่มเวลาสัญญาณไฟจราจรเรียบร้อยจะวนเข้าสู่ลูปการทำงานเดิมแล้วเริ่มจับจำนวนรถใหม่อีกครั้ง

สรุปผลการทดลองการแสดงผลของโมเดลจำลอง

จากการทดลองพบว่า โปรแกรมการแสดงผลการทำงานของสัญญาณไฟจราจรนั้น สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเวลาการแสดงผลเท่ากันทุกแยกตามที่ต้องการ และเซนเซอร์จำเป็นต้องจับวัตถุหรือรถยนต์ได้บนระยะที่เซนเซอร์ตรวจจับได้เท่านั้น ถ้าวัตถุหรือรถยนต์นั้นไม่อยู่ในระยะการตรวจจับของเซนเซอร์จะไม่สามารถทำการ เพิ่ม-ลด เวลาของสัญญาณไฟจราจรได้ แต่การแสดงผลในการทดลองนั้น เป็นการแสดงผลในขนาดงานที่เป็นโมเดลจำลอง ซึ่งขนาดของโมเดลนั้นมีสเกลที่มีขนาดเล็กและเหมาะสม และสามารถกำหนดจุดที่ต้องการให้เซนเซอร์ทำงานได้ระบบจึงทำงานได้อย่างถูกต้องตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิจารณ์ผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ และการปรับปรุงผลจากการทดลอง ว่าการทดลองที่ผ่านมาได้ผลตามต้องการหรือไม่ และการทดลองนี้ถือเป็นการทดลองที่ดีหรือไม่อย่างไร

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง จากการแสดงผลลูปการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรจะแสดงผลตามลูปที่กำหนดไว้ แต่เมื่อมีวัตถุหรือรถวิ่งผ่านมาแล้วอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณจราจรสามารถจับได้ ระบบจะเริ่มทำการนับ Countdown เวลา แต่ถ้าวัตถุหรือรถเคลื่อนออกจากระยะที่จับได้ ระบบจะทำการรีเซตแล้วเริ่มจับการเคลื่อนไหวใหม่ แต่ถ้านับ Countdown ถึงค่าที่กำหนด ระบบจะสั่งให้สัญญาณไฟจราจร ทำการเพิ่มเวลาการแสดงผลของไฟสีเขียว ณ แยกนั้นๆ และสามารถแสดงผลอย่างถูกต้องและเหมาะสม เมื่อเพิ่มเวลาเสร็จเรียบร้อย การทำงานจะวนกลับลูปการทำงานเดิม

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

1. ในการทำงานช่วงแรกได้เลือกใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิค เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณจราจร แต่เนื่องจากเซนเซอร์อัลต้าโซนิคนั้น มีข้อจำกัดเรื่องการส่งสัญญาณในระยะทางที่ใกล้เกินไปไม่ได้ เนื่องจากโมเดลจำลองนั้นมีขนาดที่เล็กมากเซนเซอร์จึงไม่สามารถตรวจจับในระยะทางที่ต้องการได้

2. การทำการติดอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณจราจรนั้น สามารถนำอุปกรณ์มาติดได้เพียงเลนละ 1 ชิ้นเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านขนาดของโมเดล ที่มีขนาดใหญ่ไม่เพียงพอต่อการติดเซนเซอร์หลายๆ ตัว เนื่องจากถ้าติดเซนเซอร์หลายๆ ตัวในระยะห่างระหว่างเซนเซอร์นั้นมีไม่มากพอ จะทำให้สัญญาณการทำงานของเซนเซอร์เกิดการกระทบกัน และใช้งานไม่ได้

3. โมเดลจำลองจากเครื่อง 3D Printer ไม่เรียบเนียนมีส่วนเกินออกมา ในบางครั้งชิ้นงานที่พิมพ์ไม่อยู่ติดกับแผ่นรองชิ้นงาน จึงทำให้ชิ้นงานนั้นไม่สมบูรณ์และไม่ได้รูปร่างตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ศึกษาและทำการเลือกใช้เซนเซอร์ที่เหมาะสมกับโมเดลจำลองยิ่งขึ้น จึงเลือกใช้เซนเซอร์อินฟาเรดแทนอัลตร้าโซนิค ซึ่งเซนเซอร์อินฟาเรดนั้นเหมาะสมกับโมเดลจำลองที่มีขนาดเล็กมากกว่า

2. เพิ่มขนาดของโมเดลให้ใหญ่ขึ้นและการวางเซนเซอร์ ใช้ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์ที่เหมาะสมกับการใช้เซนเซอร์จำนวนมาก และไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานกัน

3. จากโมเดลจำลองจากเครื่อง 3D Printer ส่วนที่เกินไม่เรียบเนียนนั้นต้องทำการ ตัด-ขัด-และอุดด้วย Epoxy ทุกชิ้นก่อนทำการลงสีและประกอบลงโมเดลจำลอง

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. เนื่องจากผลลัพธ์การแสดงผลในการทดลองนั้น เป็นการแสดงผลในขนาดงานที่เป็นโมเดลจำลอง ซึ่งขนาดของโมเดลนั้นมีสเกลที่มีขนาดเล็ก ถ้าทำระบบนี้ไปใช้กับการจราจรจริงควรจะเปลี่ยนอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณจราจรเป็นอุปกรณ์ชนิดอื่น เช่น การตรวจจับด้วยกล้องหรือการประมวลผลภาพด้วย Image Processing หรือระบบ GPS ซึ่งระบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการทำงานและเหมาะสมกับสเกลงานขนาดจริง ถ้าสามารถทำระบบสัญญาณไฟจราจรประเภทนี้ได้ทุกแยก จะสามารถวางแผนการคมนาคม ทางถนนได้ดียิ่งขึ้นและช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. สามารถนำระบบนี้ไปประยุกต์เพิ่มเติมปล่อยสัญญาณไฟจราจร ให้เป็นสีเขียวตลอดเส้นทางได้ในกรณีเกิดอุบัติเหตุหรือเกิดเหตุฉุกเฉินเพื่ออำนวยความสะดวก ในการเดินทางของรถฉุกเฉินให้สามารถไป-กลับ ถึงสถานที่เกิดเหตุหรือเส้นทางไปโรงพยาบาลได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **"TCRT5000 IR SENSOR MODULE"** (online). Available:

http://www.instructables.com/id/How-to-Use-TCRT5000-IR-Sensor-Module-With-Arduino-

[2] **"ARDUINO STREET TRAFFIC LIGHT"** (online). Available:

http://www.instructables.com/id/Arduino-Street-Traffic-Light/

[3] **"Arduino hardware description"** (online). Available:

https://www.arduino.cc

[4] **"Solid works description"** (online). Available:

https://www.solidworks.com

[5] **"IR Sensor"** (online). Available:

https://www.electronicshub.org/ir-sensor/

[6] **"How To Use TCRT5000 With Arduino"** (online). Available:

https://showmeyourcode.org/how-to-use-tcrt5000-with-arduino/

[7] **"LED - light emitting diode"** (online). Available:

http://www.thaigoodview.com/node/119316

[8] **"Traffic Engineering"** (online). Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_engineering_(transportation)

[9] **"3D Printer"** (online). Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[10] **"Cura"** (online). Available:

https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software

[11] **"TCRT5000 Reflective Infrared Sensor"** (online). Available:

https://www.vishay.com/docs/83760/tcrt5000.pdf

[12] **"USING IR SENSOR (TCRT 5000)"** (online). Available:

http://www.instructables.com/id/Using-IR-Sensor-TCRT-5000-With-Arduino-and-Program/

[13] **"Infrared Obstacle Detector"** (online). Available:

https://www.youtube.com/watch?v=gRtdcxOXojo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของสัญญาณไฟจราจร

ลูปการทำงานของสัญญาณไฟจราจร

```
int s1=0,s2=0,s3=0,s4=0;

int c1=0,c2=0,c3=0,c4=0;

unsigned int ADCValue;

int distance=920;

int interruptPin = 20;

void setup() {

  // initialize digital pin 13 as an output.

  pinMode(22, OUTPUT);

  pinMode(24, OUTPUT);

  pinMode(26, OUTPUT);

  pinMode(28, OUTPUT);

  pinMode(13, OUTPUT);

  pinMode(12, OUTPUT);

  pinMode(11, OUTPUT);

  pinMode(10, OUTPUT);

  pinMode(9, OUTPUT);

  pinMode(8, OUTPUT);

  pinMode(7, OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT); //Analog
  pinMode(A1, INPUT); //Analog
  pinMode(A2, INPUT); //Analog
  pinMode(A3, INPUT); //Analog
  pinMode(A4, INPUT); //Analog
  pinMode(A5, INPUT); //Analog
  pinMode(A6, INPUT); //Analog
  pinMode(A7, INPUT); //Analog
  pinMode(52, INPUT); //Digital
  Serial.begin(9600);
}

void check() {
  unsigned int tempA,tempB;
  delay(500); //delay 1S
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
tempA = analogRead(A1);
tempB = analogRead(A2);
if(tempA <= distance || tempB <= distance){
  c1++;
}else c1=0;
if(c1 >= 3){
  s1=10000;
}else s1=0;

tempA = analogRead(A0);
tempB = analogRead(A3);
if(tempA <= distance || tempB <= distance){
  c2++;
}else c2=0;
if(c2 >= 3){
  s2=10000;
}else s2=0;

tempA = analogRead(A4);
tempB = analogRead(A6);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(tempA <= distance || tempB <= distance){
  c3++;
}else c3=0;
if(c3 >= 3){
  s3=10000;
}else s3=0;

tempA = analogRead(A5);
tempB = analogRead(A7);
if(tempA <= distance || tempB <= distance){
  c4++;
}else c4=0;
if(c4 >= 3){
  s4=10000;
}else s4=0;

Serial.print("\nAnalog Read= ");
Serial.print(tempA);
Serial.print(" Count1Read= ");
Serial.print(c1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.print(" Count2Read= ");
Serial.print(c2);
Serial.print(" Count3Read= ");
Serial.print(c3);
Serial.print(" Count4Read= ");
Serial.print(c4);
Serial.print(" ");
Serial.print(s1);
Serial.print(" ");
Serial.print(s2);
Serial.print(" ");
Serial.print(s3);
Serial.print(" ");
Serial.print(s4);
Serial.print(analogRead(A0));
Serial.print(" ");
Serial.print(analogRead(A1));
Serial.print(" ");
Serial.print(analogRead(A2));
Serial.print(" ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.print(analogRead(A3));
  Serial.print(" ");
  Serial.print(analogRead(A4));
  Serial.print(" ");
  Serial.print(analogRead(A5));
  Serial.print(" ");
  Serial.print(analogRead(A6));
  Serial.print(" ");
  Serial.println(analogRead(A7));

}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

  check();
  digitalWrite(11, HIGH); //Green 1 ไฟเขียวแยกที่1 2
  digitalWrite(10, HIGH); //Green 2
  digitalWrite(8, LOW);  //RED 2
  digitalWrite(7, HIGH);  //RED 3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite(4, HIGH);  //RED 4
digitalWrite(12, LOW);  //Yellow 1
digitalWrite(9, LOW);  //Yellow 2
digitalWrite(3, LOW);  //Yellow 4
digitalWrite(6, LOW);  //Yellow 3
digitalWrite(13, LOW);  //RED 1
digitalWrite(22, LOW); //BLUE 1
digitalWrite(24, LOW);  //BLUE 2
digitalWrite(26, LOW); //BLUE 3
digitalWrite(28, LOW);  //BLUE 4
check();
delay(2000+s1);



digitalWrite(11, LOW); //Green 1 ไฟเหลืองแยก1 2
digitalWrite(10, LOW); //Green 2
digitalWrite(9, HIGH);  //Yellow 2
digitalWrite(12, HIGH);  //Yellow 1
digitalWrite(8, LOW);  //RED 2
delay(500);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
check();
digitalWrite(5, HIGH); //Green 3 ไฟเขียวแยก3
digitalWrite(2, HIGH); //Green 4 ไฟเขียวแยก4
digitalWrite(8, HIGH);  //RED 2
digitalWrite(12, LOW);  //Yellow 1
digitalWrite(4, LOW);  //RED 4
digitalWrite(13, HIGH);  //RED 1
digitalWrite(9, LOW);  //Yellow 2
digitalWrite(6, LOW);  //Yellow 3
digitalWrite(7, LOW);  //RED 3
check();
delay(2000+s3);



digitalWrite(5, LOW); //Green 3 ไฟเหลืองแยก3
digitalWrite(2, LOW); //Green 4 ไฟเหลืองแยก4
digitalWrite(6, HIGH);  //Yellow 3
digitalWrite(3, HIGH);  //Yellow 4
digitalWrite(4, LOW);  //RED 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
delay(500);


check();
digitalWrite(22, HIGH); //BLUE 1 เลี้ยวๆแยก1 2
digitalWrite(24, HIGH);  //BLUE 2
digitalWrite(6, LOW);  //Yellow 3
digitalWrite(3, LOW);  //Yellow 4
digitalWrite(4, LOW);  //RED 4
digitalWrite(13, LOW);  //RED 1
digitalWrite(8, LOW);  //RED 2
digitalWrite(7, HIGH);  //RED 3
digitalWrite(4, HIGH);  //RED 4
check();
delay(1500+s2);


digitalWrite(11, LOW); //Green 1 ไฟเหลืองแยก1 2
digitalWrite(10, LOW); //Green 2
digitalWrite(9, HIGH);  //Yellow 2
digitalWrite(12, HIGH);  //Yellow 1
digitalWrite(13, LOW);  //RED 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite(8, LOW);  //RED 2
digitalWrite(22, LOW); //BLUE 1 เลี้ยวๆแยก1 2
digitalWrite(24, LOW);  //BLUE 2
delay(500);

check();
digitalWrite(26, HIGH); //BLUE 3 เลี้ยวๆแยก3 4
digitalWrite(28, HIGH);  //BLUE 4
digitalWrite(6, LOW);  //Yellow 3
digitalWrite(3, LOW);  //Yellow 4
digitalWrite(4, LOW);  //RED 4
digitalWrite(13, HIGH);  //RED 1
digitalWrite(8, HIGH);  //RED 2
digitalWrite(7, LOW);  //RED 3
digitalWrite(4, LOW);  //RED 4
digitalWrite(9, LOW);  //Yellow 2
digitalWrite(12, LOW);  //Yellow 1
check();
delay(1500+s4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite(26, LOW); //BLUE 3 ไฟเหลืองแยก3 4

  digitalWrite(28, LOW); //BLUE 4

  digitalWrite(6, HIGH);  //Yellow 3

  digitalWrite(3, HIGH);  //Yellow 4

  digitalWrite(13, HIGH);  //RED 1

  digitalWrite(8, HIGH);  //RED 2

  digitalWrite(22, LOW); //BLUE 1 เลี้ยวๆแยก1 2

  digitalWrite(24, LOW);  //BLUE 2;

  delay(500);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้