ชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรด้วย IoT
Traffic Light Control System Simulator with IoT

กิตติธัช คุณมาศ[1*], ธีรพล ธิโอสถ[2], ปภาวิน ไลไธสง[3], สุวัฒน์ มณีวรรณ[4]
Kittitat Khunmas[1*], Thiraphon Thiaosod[2], Paphawin Laithaisong[3], Suwat Maneewan[4]
[1,2,3] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ประเทศไทย 31000
[4] สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ประเทศไทย 31000
[1,2,3] Electrical Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology
Buriram Rajabhat University, Mueang, Buriram, Thailand, 31000
[4] Electrical and Electronics Technology, Faculty of Industrial Technology,
Buriram Rajabhat University, Mueang, Buriram, Thailand, 31000
*Corresponding author. E-mail: kkfrance98@gmail.com

Received: November 30, 2024
Revised: December 23, 2024
Accepted: December 28, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วย IoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่ในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร อันเนื่องมาจากรถยนต์เป็นปัญหาสำคัญในพื้นที่เขตเมืองหลายแห่ง และไฟจราจรที่ขัดข้องและความผิดปกติอื่น ๆ มากมายทำให้เกิดการจราจรติดขัด ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิตโดยรวม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino, ESP32) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จอแสดงผล แอปพลิเคชัน และฟังก์ชันการสั่งงานควบคุมมีอยู่ 2 โหมด ผลการทดลองประสิทธิภาพ พบว่าฟังก์ชันการใช้งานในโหมดที่ 1 ควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และโหมดที่ 2 ควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วย IoT บนแอปพลิเคชัน Blynk ผลการทดลองพบว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสั่งงานถูกต้องในทุกช่องทางผ่านการเชื่อมต่อของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

คำสำคัญ: สัญญาณไฟจราจร, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This article presents a traffic signal control system using IoT to enhance the efficiency of traffic signal management by officials. Traffic congestion caused by vehicles is a significant

issue in many urban areas, and malfunctions or other irregularities in traffic lights often lead to gridlock, which negatively impacts the economy, the environment, and overall quality of life. The tools used in the research include microcontroller boards (Arduino, ESP32) , electronic components, display screens, applications, and control functions operating in two modes. The experimental results show that, automatic Traffic Signal Control Mode: The system operates efficiently in this mode. IoT-Based Traffic Signal Control Mode: Utilizing the Blynk application, the system demonstrates effective performance, with accurate control in all channels via IoT connectivity.

Keywords: Traffic Light, Internet of Things, Microcontroller

1. บทนำ

ปัญหาการจราจรติดขัดในเมืองยุคใหม่คือการพึ่งพารถยนต์ส่วนตัวมากกว่าระบบขนส่งสาธารณะ และในขณะเดียวกันเขตพื้นที่เมืองเล็กขาดระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งในปัจจุบันการพึ่งพารถยนต์ส่วนตัวเป็นแนวโน้มที่ไม่ค่อยเกิดขึ้นในเมืองใหญ่ ๆ ในขณะที่ระบบขนส่งสาธารณะ เช่น รถไฟใต้ดิน และรถบัส ใช้พื้นที่อย่างประหยัดกว่ามากในกรุงเทพฯ และเมืองใกล้เคียง แต่สำหรับเขตพื้นที่ต่างจังหวัดการใช้รถยนต์ส่วนตัวในปริมาณมากขึ้นและระบบขนส่งสาธารณะที่ไม่เพียงพอ การแก้ไขปัญหาเหล่านี้ต้องอาศัยการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานของระบบขนส่งสาธารณะและส่งเสริมคุณค่าของระบบขนส่งสาธารณะเพื่อลดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาการสิ้นเปลืองน้ำมัน และมลพิษ

ระบบการจัดการการจราจรที่มีประสิทธิภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ในปัจจุบันมีนักวิจัยได้ทดลองเครื่องจำลองระบบควบคุมไฟจราจรพร้อมระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) [1]-[4] เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจำลอง วิเคราะห์ และปรับการไหลของการจราจรให้เหมาะสมโดยใช้เทคโนโลยีที่ล้ำสมัย [5]-[7] ระบบจำลองจะผสมผสานหลักการควบคุมการจราจรแบบดั้งเดิมเข้ากับระบบ IoT สามารถปรับสัญญาณไฟจราจรตามสภาพการจราจรแบบเรียลไทม์ และจัดลำดับความสำคัญของรถฉุกเฉินหรือรถขนส่งสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิผล ด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น การรวมเซนเซอร์แบบเรียลไทม์ การเชื่อมต่อบนคลาวด์และอัลกอริทึมที่ปรับเปลี่ยนค่าได้ [1]

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารผลงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบออนไลน์พบว่าไฟจราจรมีไว้ใช้ในการอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยทางถนนปัญหาที่พบคือมีการจราจรติดขัดระยะยาว ทำให้การเดินทางบนท้องถนน ใช้เวลาการเดินทางมากกว่าปกติในช่วงเทศกาลและวันสำคัญต่าง ๆ ทำให้เสียเวลาในการของเจ้าหน้าที่เพื่อไปควบคุมสัญญาณไฟจราจร ต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทางไปยังตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่อควบคุม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการพัฒนาชุดจำลองระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเจ้าหน้าที่ดูแลควบคุมสัญญาณไฟจราจร ที่สามารถควบคุมระยะไกลได้และสามารถนำชุดควบคุมสัญญาณไฟจราจรมาใช้ในการศึกษา แนวคิดและส่วนประกอบที่ใช้ใน [4],[8]-[10] ถูก

นำมาใช้และคุ้มต้นทุนต้นแบบ และการออกแบบเพื่อจัดการการจราจรอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno และ ESP32 และอุปกรณ์ไฟจราจร

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

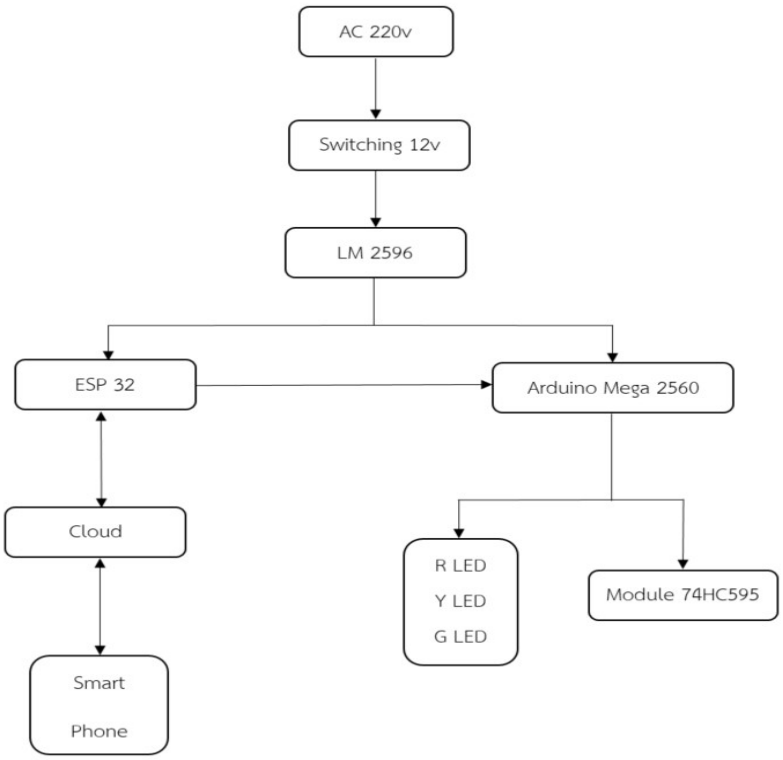
2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร

2.2 เพื่อออกแบบและสร้างชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร

2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมไฟจราจรผ่านระบบ IoT

3. กรอบแนวคิดของการวิจัย

ชุดระบบจัดการการจราจรบนถนนแบบที่ใช้ IoT ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ แหล่งจ่ายไฟตรง (Switching Power Supply) โมดูลเรกูเลเตอร์ (DC-to-DC) การออกแบบชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร จำนวน 4 เลน ในระบบการจัดการการจราจรที่นำเสนอจะอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบที่ใช้ในการพัฒนาต้นแบบภาพที่ 1



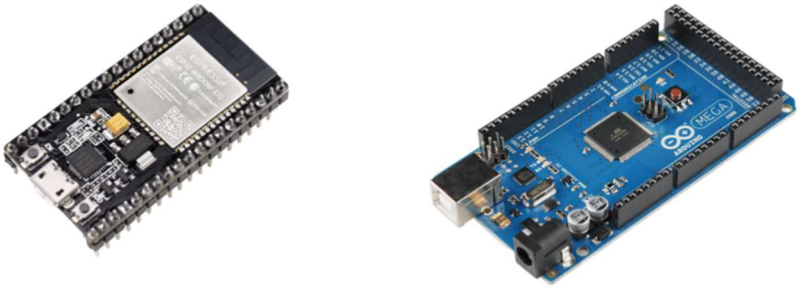
ภาพที่ 1 แผนผังของชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรบนถนนที่เปิดใช้งาน IoT

4. ทฤษฎีด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

ชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรบนถนนที่เปิดใช้งาน IoT ต้นแบบที่เสนอใช้บอร์ด Arduino Mega 2560, IC74HC595 และไฟจราจร มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นวงจรรวมขนาดเล็กประกอบด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น หน่วยความจำ พอร์ตอินพุต เอาต์พุต และอินเทอร์เฟซการสื่อสาร (UART, SPI, I2C) และสามารถตั้งโปรแกรมได้เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานต่างๆ เช่น การควบคุมเซนเซอร์ การควบคุมระบบเปิด-ปิด เป็นต้น



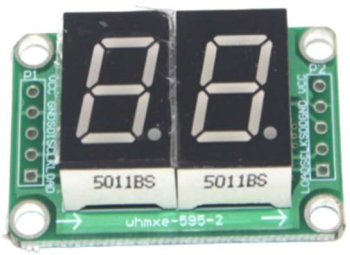
ก) บอร์ด ESP32 ข) บอร์ด Arduino Mega 2560

ภาพที่ 2 อุปกรณ์ประมวลผลสำหรับชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร IoT ต้นแบบ

ภาพที่ 2 (ก) ESP32 [11] เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์อเนกประสงค์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในโครงการ IoT เนื่องจากมีฟังก์ชัน Wi-Fi และ Bluetooth พอร์ต GPIO รองรับโปรโตคอลต่าง ๆ เช่น I2C, SPI และ UART และ (ข) Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ATmega2560 มีหน่วยความจำแฟลช 256KB, SRAM 8KB, I/O ดิจิทัล 54 พอร์ต และพอร์ตอินพุตอนาล็อก 16 พอร์ต

4.2 โมดูลแสดงผล

ไอซี 74HC595 เป็นชิฟต์รีจิสเตอร์ จำนวน 16 ขา โดยจะรับข้อมูลอินพุตแบบอนุกรมแล้วส่งข้อมูลออกไปทางขา (pin) ขนาน นอกจากเอาต์พุตแบบขนานพร้อมทั้งมีเอาต์พุตแบบอนุกรม ใช้เพื่อขยายความสามารถของ GPIO สำหรับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจะรับข้อมูลแบบอนุกรม เลื่อนข้อมูลผ่านรีจิสเตอร์ด้วยสัญญาณนาฬิกาเพื่อควบคุมอุปกรณ์ เช่น LED หรือจอแสดงผล [4]



ภาพที่ 3 แสดงสีที่ใช้ในไฟจราจร

4.3 ไฟจราจร

อุปกรณ์สัญญาณไฟจราจรเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการการจราจรของรถยนต์ที่ทางแยก โดยใช้ไฟสีแดง เหลือง และเขียวตามลำดับเพื่อความปลอดภัยและเป็นระเบียบ อุปกรณ์สัญญาณไฟจราจรโดยทั่วไป

จะประกอบด้วยหัวสัญญาณ ตัวควบคุมเพื่อจัดการเวลา และเซนเซอร์เพื่อตรวจจับการจราจร สัญญาณไฟสีแดงใช้เพื่อให้รถหยุด สัญญาณไฟสีเขียวใช้เพื่อให้รถเคลื่อนที่บนถนน และสัญญาณไฟสีเหลืองใช้เพื่อให้รถเตรียมพร้อมหยุดรถ [4]

ภาพที่ 4 แสดงสีที่ใช้ในไฟจราจร

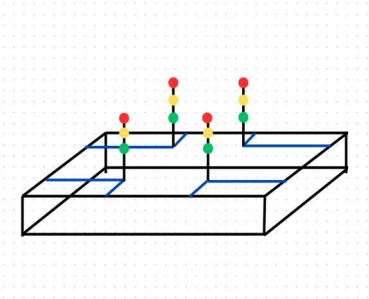
4.4 โปรแกรมที่ใช้การพัฒนา

การพัฒนาชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT ต้นแบบ โดยใช้การเขียนภาษา C++ ลงในโปรแกรม Arduino IDE เพื่อประมวลผลและควบคุมไฟจราจรปิด-เปิด ช่องสัญญาณไฟจราจร จำนวน 4 เลน

5. วิธีการดำเนินงาน

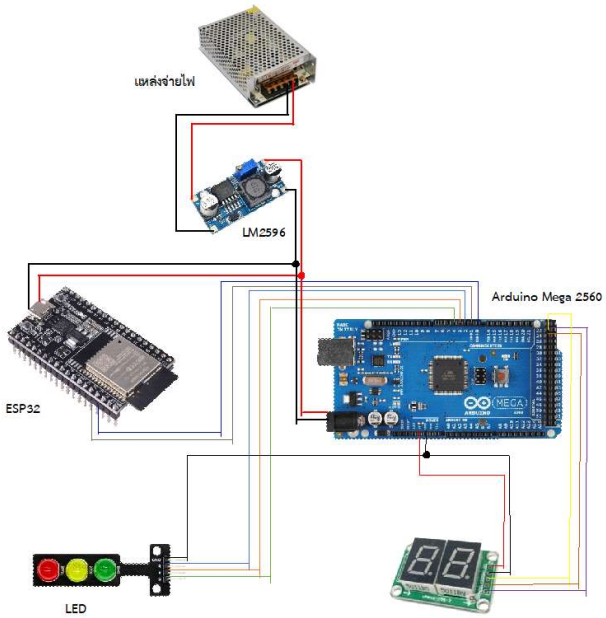
ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการพัฒนาชุดจำลองสรุปได้ดังนี้

5.1 ขั้นตอนการออกแบบชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT โดยการออกแบบช่องวงจรควบคุมการทำงานแบบ 4 เลน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT

5.2 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT ต้นแบบ โดยใช้งานระบบควบคุมบนแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับควบคุมเลน 1, 2, 3 และ 4 ที่ทางแยก กระบวนการทดลองที่ 1 ทดสอบระบบตรวจสอบความผิดปกติในไฟจราจรสำหรับแสดงสีที่ใช้ในไฟจราจร และกระบวนการที่ 2 ทดสอบเวลาตอบสนองของแอปพลิเคชัน Blynk ในการรับข้อมูลความผิดปกติจากอุปกรณ์ต้นแบบไฟจราจร และแสดงการเชื่อมต่อวงจรดังภาพที่ 6



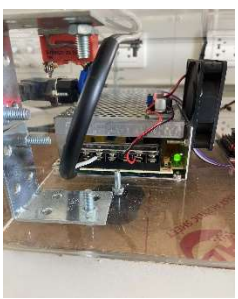
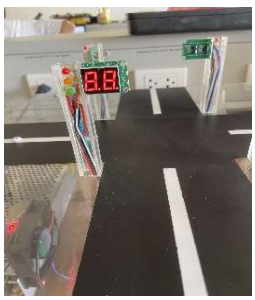
ภาพที่ 6 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการทำงานชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร

การพัฒนาชุดจำลองการควบคุมไฟจราจรได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบโดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลจากโครงการที่เกี่ยวข้อง การเลือกวัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสมการออกแบบแบบจำลองการควบคุมไฟจราจรและรวมทั้งการพัฒนาโปรแกรมควบคุม ผลการออกแบบและพัฒนาต้นแบบที่ใช้งานได้จริงซึ่งตอบสนองวัตถุประสงค์การวิจัยจะแสดงผลการทดสอบในหัวข้อถัดไป

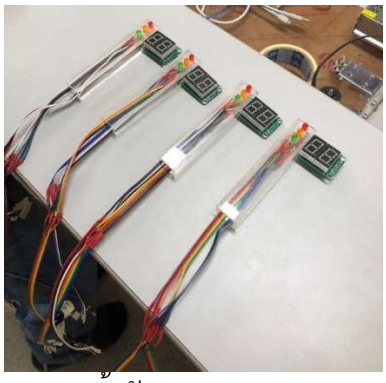
6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการออกแบบและสร้างชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร

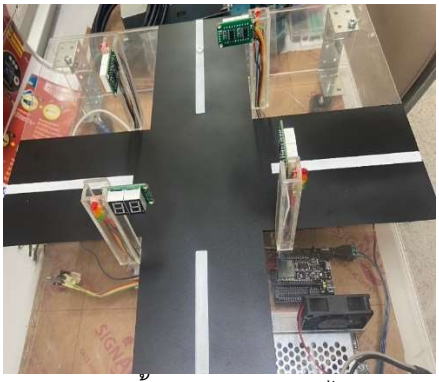
กระบวนการทดสอบประสิทธิภาพทำการโดยเปิดสวิตช์ไฟจราจรจะอยู่ในโหมดสถานะพร้อมทำงานและสวิตช์ชิ่งซับพลายจะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220V เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12V และในการทดสอบระบบสัญญาณไฟจราจรโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk ที่ใช้ IoT บน ESP32 การสั่งงานเปิด-ปิด สัญญาณไฟจราจรจะถูกควบคุมโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต และการสั่งงานสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติจะถูกควบคุมด้วยบอร์ด Arduino Mega 2560 แสดงผลการออกแบบและสร้างชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร ดังภาพที่ 7

ก) Switching 12V ข) LED,7-Segment ค) Arduino Mega 2560 ง) ESP32



จ) Jumper เข้ากับ LED และ 7-Segment



ฉ) การติดตั้งชุดเสาสัญญาณไฟจราจร

ภาพที่ 7 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการทำงาน

6.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

กระบวนการทดสอบโดยการสั่งงานควบคุมสัญญาณไฟจราจร จำนวน 5 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความผิดปกติของชุดจำลอง เพื่อตรวจสอบการหน่วงเวลาของการทำงานสัญญาณไฟจราจรแต่ละครั้งในการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระยะเวลาการทำงานของชุดจำลอง

รายละเอียดการทดสอบ	ระยะเวลาการทำงาน (วินาที)					ค่าเฉลี่ย (วินาที)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ไฟเขียว Auto แยก 1	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
ไฟเขียว Auto แยก 2	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	
ไฟเขียว Auto แยก 3	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	
ไฟเขียว Auto แยก 4	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	
ไฟเหลืองกระพริบ ทั้งหมด	2.99	2.24	2.78	2.54	2.46	2.60
ไฟเหลืองกระพริบ แยก 1,3	1.59	1.18	0.98	1.08	1.09	1.18
ไฟเหลืองกระพริบ แยก 2,4	0.90	1.16	1.15	1.19	1.19	1.11
ไฟแดงกระพริบ แยก 1,3	0.90	1.16	1.15	1.19	1.19	1.11
ไฟแดงกระพริบ แยก 2,4	1.59	1.18	0.98	1.08	1.09	1.18
ไฟเขียวพร้อมกัน แยก 1,3	6.06	5.55	5.59	5.57	5.56	5.66
ไฟเขียวพร้อมกัน แยก 2,4	6.09	5.57	5.52	5.54	5.55	5.65
ไฟเขียวแยกที่ 1	6.00	5.71	5.70	5.67	5.69	5.75
ไฟเขียวแยกที่ 2	5.64	5.61	5.63	5.62	5.66	5.63
ไฟเขียวแยกที่ 3	5.61	5.64	5.62	5.65	5.65	5.63
ไฟเขียวแยกที่ 4	5.62	5.61	5.64	5.65	5.67	5.63

6.3 ผลทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดจำลองผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

กระบวนการทดสอบโดยการเชื่อมต่อชุดจำลองกับแอปพลิเคชัน Blynk พร้อมตรวจสอบการทำงานปกติตามที่ป้อนคำสั่งไว้ในแอปพลิเคชันแสดงผลตรวจสอบดังตารางที่ 2 และสรุปได้ว่าการทำงานของชุดจำลองผ่านแอปพลิเคชัน Blynk สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบการทำงานของชุดจำลอง

รายละเอียดการทดสอบ	ผลการทดสอบการทำงานของชุดจำลอง	
	ทำงานปกติ	ไม่ทำงาน
ไฟเขียว Auto ทั้ง 4 แยก	✓	-
ไฟเหลืองกระพริบ ทั้งหมด	✓	-
ไฟเหลืองกระพริบ แยก1,3	✓	-
ไฟเหลืองกระพริบ แยก2,4	✓	-
ไฟแดงกระพริบ แยก1,3	✓	-
ไฟแดงกระพริบ แยก2,4	✓	-
ไฟเขียวพร้อมกัน แยก1,3	✓	-
ไฟเขียวพร้อมกัน แยก2,4	✓	-
ไฟเขียวแยกที่ 1	✓	-
ไฟเขียวแยกที่ 2	✓	-
ไฟเขียวแยกที่ 3	✓	-
ไฟเขียวแยกที่ 4	✓	-

6.4 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT

ผลการทดลองโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจจากอาจารย์และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและบุคคลทั่วไปเป็นจำนวน 40 คน แสดงผลดังตารางที่ 3 และสามารถสรุปได้ว่าการออกแบบและสร้างชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.41 อยู่ในเกณฑ์ระดับดี

ตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจร

รายละเอียด	คะแนน	ระดับ
1.โครงสร้างของชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT	4.41	ดี
2.ความชัดเจนของ LED	4.23	ดี
3.ความชัดเจนของ 7-Segment	4.34	ดี
4.ความคงทนแข็งแรง	4.37	ดี

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายละเอียด	คะแนน	ระดับ
5.ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.58	ดีมาก
6.ความประณีตในการสร้าง	4.21	ดี
7.ความทันสมัยของชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT	4.38	ดี
8.โปรแกรมควบคุมไฟจราจรแบบ 4 Ways (Automatic)	4.61	ดี
9.โปรแกรมควบคุมไฟเขียวแบบ 1 Way	4.45	ดี
10.โปรแกรมควบคุมไฟเขียวแบบ 2 Ways (แบบสวนทาง)	4.43	ดี
11.โปรแกรมควบคุมไฟเหลืองกระพริบแบบ 2 Ways (แบบสวนทาง)	4.42	ดี
12.โปรแกรมควบคุมไฟเหลืองกระพริบแบบ 4 Ways	4.54	ดีมาก
13.โปรแกรมควบคุมไฟแดงกระพริบแบบ 2 Ways (แบบสวนทาง)	4.47	ดี
14.ความสะดวกในการต่อวงจร	4.35	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.41**	**ดี**

7. สรุปผลการวิจัย

ผลการทดสอบอุปกรณ์ชุดจำลองระบบควบคุมไฟจราจรแบบ IoT โดยชุดจำลองต้นแบบสามารถเลือกโหมดใช้งานได้ในสองโหมด คือ 1) โหมดเปิดใช้งานควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ โดยทดสอบประสิทธิภาพของตัวควบคุมประมวลผลบอร์ด Arduino สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 2) โหมดเปิดใช้งานควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบ IoT บนแพลตฟอร์ม Blynk เพื่อควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk บน ESP32 สรุปได้ว่าทดการทดสอบประสิทธิภาพของการควบคุมสัญญาณไฟจราจรสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกช่องทางผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต อุปกรณ์สามารถควบคุมสัญญาณไฟสีแดง เหลือง และเขียวได้โดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk

เอกสารอ้างอิง

[1] Shashank, S., et al. (2021). IOT Based Traffic Management System. International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology, 7(4), 184-187.

[2] Mohandass, M. P., Kaliraj, I., Maareeswari, R., & Vimalraj, R. (2023). Iot based traffic management system for emergency vehicles. In 2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS),Vol.1, pp.1755-1759.

[3] Shobana, S., et al. (2023). IoT based on Smart Traffic Lights and Streetlight System. In 2023 2nd International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA), pp.1311-1316.

[4] Bhavana, P., et al. (2023). IoT based Dynamic Road Traffic Management System. Journal of physics, doi: 10.1088/1742-6596/2466/1/012025

[5] Daraghmi, Y., et al. (2022). IoT-Based System for Improving Vehicular Safety by Continuous Traffic Violation Monitoring. Future Internet, doi: 10.3390/fi14110319.

[6] Damadam, S., Zourbakhsh, M., Javidan, R., & Faroughi, A., (2022). An Intelligent IoT Based Traffic Light Management System: Deep Reinforcement Learning. Smart cities, doi: 10.3390/smartcities5040066

[7] Atassi, R., & Sharma, A. (2023). Intelligent traffic management using IoT and machine learning. Journal of Intelligent Systems and Internet of Things, 8(2), 08-19.

[8] Lakshminarasimhan, M. (2016). Advanced traffic management system using Internet of Things. In 20th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), March 2016, 1-9.

[9] Shaheen, Y. S., et al. (2021). Arduino Mega Based Smart Traffic Control System. Asian Journal of Advanced Research and Reports, 15(12), 43-52.

[10] Mahalingam, S. S., & Arockiaraj, S., (2018). Density Based traffic Light Control using Arduino. International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education, 4(5), 805-819.

[11] Asyraful, Insan, Asry., Lutfi, Lutfi., Asmar, Umar., Riaz, Ahmad. (2024). Monitoring System for Traffic Light Lamp Damage using BLYNK Application Based on IOT ESP32. Jurnal Teknologi Transportasi dan Logistik, 5(1), 59-66.