การศึกษาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์

A Study and Application for Ultra-Wideband Technology

ชาติชาย เสาร์สูงเนิน

Chatchai Saosungnoen

ธนกร ถนอมสิน

Thanakorn Tanomsin

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์

A Study and Application for Ultra-Wideband Technology

โดย

ชาติชาย เสาร์สูงเนิน

ธนกร ถนอมสิน

อาจารย์ที่ปรึกษา

ยุทธนา คิดใจเดียว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์

A Study and Application for Ultra-Wideband Technology

ผู้จัดทำ นายชาติชาย เสาร์สูงเนิน รหัสนักศึกษา 62010194

นายธนกร ถนอมสิน รหัสนักศึกษา 62010337

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ผศ.ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน การศึกษาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์
นักศึกษา นายชาติชาย เสาร์สูงเนิน รหัสนักศึกษา 62010194
นายธนกร ถนอมสิน รหัสนักศึกษา 62010337
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2565
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว

บทคัดย่อ

อัลตราไวด์แบนด์ (Ultra-Wideband: UWB) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่ใช้สเปกตรัมความถี่ที่กว้างในการส่งข้อมูลภายในระยะใกล้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายทาง เช่น การตรวจจับระยะทางภายในตัวบ้านหรืออาคาร ซึ่งการตรวจจับระยะทางภายในตัวบ้านหรืออาคารจะเป็นหลักการสำคัญสำหรับการนำไปต่อยอดกับการประยุกต์อื่น ๆ อีกเช่น ระบบนำทางภายในตัวบ้าน การติดตามอุปกรณ์ของใช้ต่าง ๆ และระบบความปลอดภัย ซึ่งในโครงงานนี้จะนำเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์ นำมาใช้ร่วมกับ ESP32 ไมโครคอนโทรลเลอร์และชิพ BU01 มาประยุกต์ใช้สำหรับการระบุตำแหน่งภายในตัวบ้านหรืออาคาร โดยเป็นการตรวจจับหรือวัดระยะทางระหว่างตัวอุปกรณ์ที่กำหนดให้ทำหน้าที่เป็น Tag กับ Anchor

โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการตรวจจับ วัดระยะทางและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันโดยเพิ่มความแม่นยำและความเชื่อถือในการวัดระยะภายในตัวบ้านหรืออาคารโดยใช้ความสามารถของเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์รวมกับ ESP32 และ BU01 โดยจะมีหลักการทำงานคร่าว ๆ คือเมื่ออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Tag เคลื่อนที่ออกห่างจากตัวอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Anchor มันจะทำการส่งข้อมูลระหว่างกันเพื่อบอกระยะห่างโดยจะให้ระบุระยะอยู่ในหน่วยของเมตร ซึ่งจะมีหน้าจอ OLED อยู่กับตัวของ Tag เพื่อระบุระยะห่างที่เคลื่อนที่ออกมาหรือเข้าใกล้ตัว Anchor มากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นการแสดงผลว่าสามารถระบุระยะทางได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	A Study and Application for Ultra-Wideband Technology	
Student	Mr. Chatchai Saosungnoen	Student ID 62010194
	Mr. Thanakorn Tanomsin	Student ID 62010337
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2022	
Project Advisor	Asst. Prof. Yuttana Kitjaidure	

ABSTRACT

Ultrawideband (UWB) technology is a wireless communication technique that uses a broad spectrum of frequencies to transmit data over short distances. It can be utilized in many ways such as Indoor distance detection. Also, Indoor distance detection plays a crucial role in various applications, including indoor navigation, asset tracking, and safety monitoring. This project focuses on implementation of an indoor distance detection system utilizing Ultra-Wideband Technology in combination with ESP32 microcontrollers and the BU01 ultrasonic sensor. And using them to specify or detect indoor position via distancing between ESP32 combined with BU01 that act as Tag and Anchor.

The purpose of this study is to explore the method of detection, distance measurement, and practical application of improving accuracy and reliability in measuring distances within a house or building using the combined capabilities of Ultra-Wideband (UWB) technology, ESP32, and BU01. The basic working principle is when the device acting as a Tag moves away from the device acting as an Anchor, they exchange data to determine the distance. The distance is then displayed in meters on an OLED screen attached to the Tag. This display indicates the actual distance traveled or approached by the Tag in relation to the Anchor, providing an accurate measurement of the distance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการศึกษาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากผศ.ดร.ยุทธนา คิดใจเดียว อาจารย์ที่ปรึกษา และเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนและคอยชี้แนะแนวทางการแก้ไข พร้อมทั้งให้คำปรึกษาเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์ หลักการของอัลตราไวด์แบนด์ แนะแนวทางการแก้ไข การเลือกซื้ออุปกรณ์ จนถึงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบ ขอขอบคุณผู้ปกครองและภาควิชาที่คอยสนับสนุนเรื่องค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์เพื่อทำโครงงานในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังอย่างยิ่งว่าโครงงานการศึกษาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่ให้ความสนใจไม่มากก็น้อย อีกทั้งเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ต่อยอดต่อไป

ชาติชายเสาร์สูงเนิน

ธนกร ถนอมสิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 Ultra-Wideband 3

2.2 ESP32 4

2.3 Serial Peripheral Interface 6

2.3.1 คุณสมบัติของ SPI 6

2.3.2 ข้อดีของ SPI 7

2.3.3 ข้อจำกัดของ SPI 7

2.4 Inter-Integrated Circuit 7

2.4.1 คุณสมบัติของ I2C 8

2.4.2 ข้อดีของ I2C 8

2.4.3 ข้อจำกัดของ I2C 9

2.5 BU01 UWB 9

2.5.1 คุณสมบัติของ BU01 UWB 11

2.5.2 ข้อดีของ BU01 UWB 11

2.6 ระบบติดตามตำแหน่ง 11

2.6.1 ข้อดีของระบบติดตามตำแหน่ง 12

2.6.2 ข้อจำกัดของระบบติดตามตำแหน่ง 12

2.7 จอโอแอลอีดี 12

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 14
3.2 การออกแบบ 14
3.2.1 แผนภาพการ Interface 14
3.2.2 Schematic 15
3.2.2.1 บอร์ดของ BU01 15
3.2.2.2 บอร์ดของ ESP32 15
3.3 หลักการทำงาน 16
3.3.1 Block Diagram ของ BU01 UWB 16
3.3.2 Software 17
3.3.3 Hardware 18
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือ 18
3.4.1 อุปกรณ์ 18
3.4.2 เครื่องมือ 19
3.4.3 โปรแกรมที่ใช้ 19
3.5 วิธีการทดลอง 19
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 20
4.1 ผลการวัดคลื่นความถี่ 20
4.2 ผลการทดลองจากการวัดระยะ 20
4.3 ผลการทดลองจากการวัดระยะที่ไกลที่สุด 21
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 23
5.1 สรุปผลการทดลอง 23
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 23
5.3 ข้อเสนอแนะ 23
เอกสารอ้างอิง 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน.....2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 Ultra-Wideband (UWB) 3
รูปที่ 2.2 ESP32 4
รูปที่ 2.3 ESP32 Module Schematic 5
รูปที่ 2.4 4-wire SPI bus configuration with multiple slave 6
รูปที่ 2.5 I2C Communication Protocol 7
รูปที่ 2.6 BU01 UWB 9
รูปที่ 2.7 BU01 Pin Diagram Top View, Bottom View 10
รูปที่ 2.8 Schematic ของ BU01 UWB 10
รูปที่ 2.9 OLED Display 12
รูปที่ 3.1 แผนภาพการ Interface กันของ ESP32 กับ BU01 UWB 14
รูปที่ 3.2 Schematic ของ BU01 กับ Pin header 15
รูปที่ 3.3 Schematic ของ ESP32 กับ Pin header ของ BU01 15
รูปที่ 3.4 แผนภาพ Block Diagram แสดงหลักการทำงานของ BU01 UWB 16
รูปที่ 3.5 แผนภาพ Flowchart แสดงการทำงานของซอฟต์แวร์ 17
รูปที่ 3.6 แผนภาพ Flowchart แสดงการทำงานของฮาร์ดแวร์ 18
รูปที่ 4.1 หน้าจอ Serial Monitor ของ Anchor 20
รูปที่ 4.2 หน้าจอ Serial Monitor ของ Anchor 21
รูปที่ 4.3 หน้าจอ Serial Monitor ของ Anchor 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่เรียกว่าอัลตราไวด์แบนด์ (Ultra-Wideband: UWB) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ มากมาย เช่นให้การติดตามตำแหน่งแม่นยำ การระบุระยะห่างและการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันภายในระยะใกล้ ๆ ได้ ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ โดยผู้จัดทำได้เห็นถึงประโยชน์ในด้านของการติดตามตำแหน่งและระบุระยะห่าง จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการตรวจจับระยะห่างซึ่งในการทดลองโครงงานครั้งนี้จะทำการทดลองโดยจำกัดกรอบไว้เพียงภายในตัวบ้านหรืออาคาร

การตรวจจับระยะห่างภายในอาคารหมายถึงกระบวนการในการวัดหรือกำหนดระยะห่างระหว่างวัตถุหรือบุคคลภายในสถานที่ในระบบภายในอาคารโดยใช้เทคโนโลยีและเทคนิคต่าง ๆ เพื่อคำนวณระยะห่างการเคลื่อนที่ของจุดหรือวัตถุต่าง ๆ ซึ่งผู้จัดทำได้ใช้ความสามารถของเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์รวมกับ ESP32 และ BU01 โดยจะกำหนดให้ตัวอุปกรณ์หนึ่งจะทำหน้าที่เป็น Tag และอีกตัวหนึ่งจะเป็น Anchor โดยตัว Tag จะเป็นตัวที่เคลื่อนที่ออกห่างหรือเข้าใกล้ตัวของ Anchor เพื่อทำการวัดระยะห่างและตัวของ Tag จะมีหน้าจอแอลซีดีแสดงผลในเรื่องของระยะห่างที่ได้เคลื่อนที่เมื่อเทียบกับตำแหน่งของ Tag กับ Anchor

ผู้จัดทำมีวัตถุประสงค์ที่จะนำความสามารถของเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์รวมกับ ESP32 และ BU01 มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์และสามารถนำไปต่อยอดได้ในชีวิตประจำวันเช่นนำ Anchor ไปวางไว้กับวัตถุหนึ่งแล้วนำ Tag ไว้กับตัวเรา จากนั้นถ้าต้องการที่จะกลับไปหยิบวัตถุก่อนหน้านี้ก็สามารถดูที่ Tag ได้ว่าเราอยู่ในตำแหน่งที่ห่างจากตัววัตถุนั้นที่มี Anchor วางอยู่ด้วยเพียงเท่าไหร่ เราก็จะสามารถเดินกลับไปหาวัตถุนั้นได้ ซึ่งเป็นการช่วยเหลือในกรณีที่อาจจะหลงลืมว่าได้วางวัตถุนั้นไว้ที่ใด อีกทั้งผู้จัดทำก็ได้มีความสนใจมีความสนใจที่จะเรียนรู้ในเรื่องของเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์และพัฒนาทักษะในด้านการเขียนโปรแกรมให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและการใช้งานของเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์
2. เพื่อศึกษาการทำงานของ ESP32
3. เพื่อศึกษาการทำงานของ BU01 DWM1000 UWB Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุจากระยะใกล้ได้
2. มีการแจ้งว่าวัตถุได้อยู่ห่างจากตำแหน่งของเราไปเท่าไหร่

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. สามารถระบุตำแหน่งของวัตถุได้จากระยะใกล้
2. ระยะเวลาการทำวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน เริ่มตั้งแต่ 20 กุมภาพันธ์ 2566 จนถึง 25 เมษายน 2566

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	มกราคม 2566	กุมภาพันธ์ 2566	มีนาคม 2566	เมษายน 2566
1. ทฤษฎี / ซื้ออุปกรณ์		←	→	
2. ประกอบชุดทดลอง			←	→
3. เก็บผลการทดลอง			←	→
4. สรุปผลการทดลอง			←	→
5. เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์			←	→

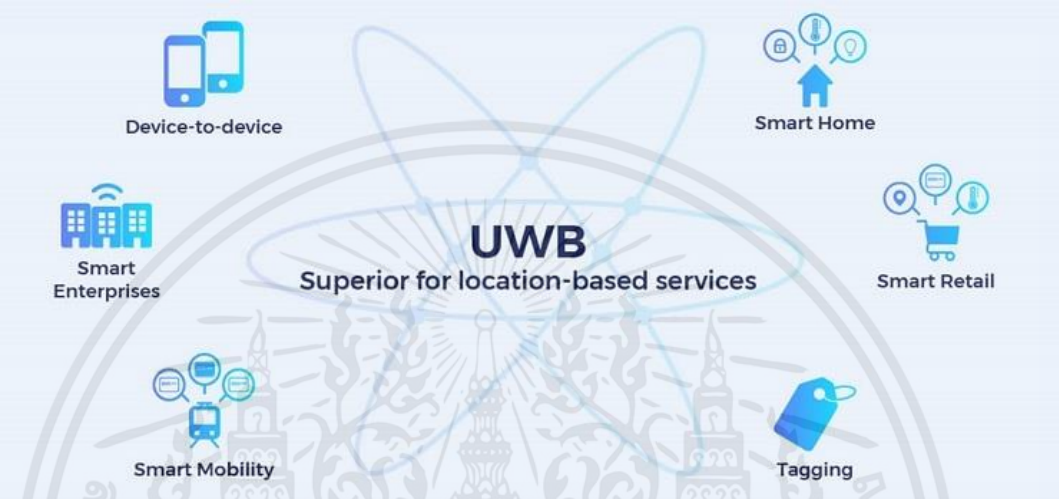
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์ได้ดี
2. สามารถใช้งาน ESP32 UWB ได้ตามที่คาดหวัง
3. สามารถลดปัญหาเรื่องการตามรอยของหายได้
4. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงาน และเพื่อการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Ultra-Wideband



รูปที่ 2.1 Ultra-Wideband (UWB)
(ที่มา: https://navigine.com/blog/uwb-technology-features-examples-of-application/, 2563)

อัลตราไวด์แบนด์ (Ultra-Wideband: UWB) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่ใช้สัญญาณพัลส์ (Pulse) ชนิดสั้น หรือรูปคลื่น (Waveform) ที่มีพลังงานต่ำมากซึ่งครอบคลุมระดับความถี่กว้างขวาง เพื่อส่งข้อมูล โดยทำงานในช่วงแถบความถี่ที่หลากหลายตั้งแต่ 3.1 GHz ถึง 10.6 GHz หรือสูงกว่านั้น ซึ่งมีระดับที่กว้างกว่าเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายทั่วไป เช่น Wi-Fi (Wireless Fidelity: Wi-Fi) และบลูธูท (Bluetooth) อย่างมาก

ข้อดีหลักของอัลตราไวด์แบนด์คือ ความสามารถในการส่งข้อมูลด้วยความเร็วที่สูงมากภายในระยะทางสั้น ๆ โดยใช้พลังงานน้อยมาก อีกทั้งยังสามารถรับอัตราข้อมูลเข้ามาได้ถึงระดับหลายกิกะบิต (Gigabit) ต่อวินาที ซึ่งทำให้อัลตราไวด์แบนด์เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานเช่น การสตรีมวิดีโอที่มีความละเอียดสูง การแบ่งปันไฟล์ และการเล่นเกม

อัลตราไวด์แบนด์ได้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า Time-Domain Modulation ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณพัลส์คลื่นวิทยุชนิดสั้นผ่านช่วงความถี่ระดับกว้าง จากนั้นสัญญาณพัลส์จะถูกใส่รหัสข้อมูลโดยผ่านการปรับแต่งขนาดของแรงดัน (Amplitude) เฟส (Phase) หรือความถี่ จากนั้นตัวรับสัญญาณจะทำการถอดรหัสข้อมูลโดยผ่านการวิเคราะห์รูปแบบคลื่นวิทยุที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลตราไวด์แบนด์มีโอกาสน้อยมากที่จะไปรบกวนระบบสื่อสารไร้สายประเภทอื่น ๆ เนื่องจากอัลตราไวด์แบนด์มีการใช้พลังงานต่ำและมีระยะเวลาสัญญาณพัลส์ชนิดสั้น ทำให้อัลตราไวด์แบนด์เหมาะสมในการใช้งานกับสภาพแวดล้อมที่มีระบบการสื่อสารไร้สายชนิดอื่น ๆ ทำงานอยู่ด้วย

อัลตราไวด์แบนด์มีการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายอย่าง เครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network: WPAN) การบริการการบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Location Based Service: LBS) การใช้ในรถยนต์ ยานยนต์ และทางด้านการบริการดูแลสุขภาพ เช่น การใช้งานอัลตราไวด์แบนด์ในการติดตามตำแหน่งภายในอาคารอย่างแม่นยำ และประยุกต์ใช้ในการติดตามการเคลื่อนไหวของบุคคลและทรัพย์สิน

2.2 ESP32

รูปที่ 2.2 ESP32
(ที่มา: https://www.imiconsystem.com/product/esp32-ac-power-protoautomation-board/, 2564)

ESP32 ถูกผลิตและพัฒนาโดย Espressif Systems ซึ่งเป็น System-on-chip (SoC) ที่สามารถนำไปใช้งานได้หลาย ๆ ด้าน ต้นทุนต่ำ และใช้พลังงานต่ำ ESP32 ได้รับการออกแบบมาสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้าน Internet of Things (IoT) และรองรับคุณสมบัติความสามารถต่าง ๆ ดังนี้:

1. หน่วยประมวลผล Dual-core CPU: ESP32 มีสองคอร์ที่สามารถทำงานได้ที่ความเร็วสูงสุด 240 MHz ซึ่งช่วยเพิ่มพลังประมวลผลและความสามารถในการทำหลายงานพร้อมกัน

2. การเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth: ESP32 รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth ซึ่งทำให้มันเหมาะสำหรับแอปพลิเคชันการทำงานที่เกี่ยวกับด้าน Internet of Things (IoT) ที่ต้องการการสื่อสารไร้สาย

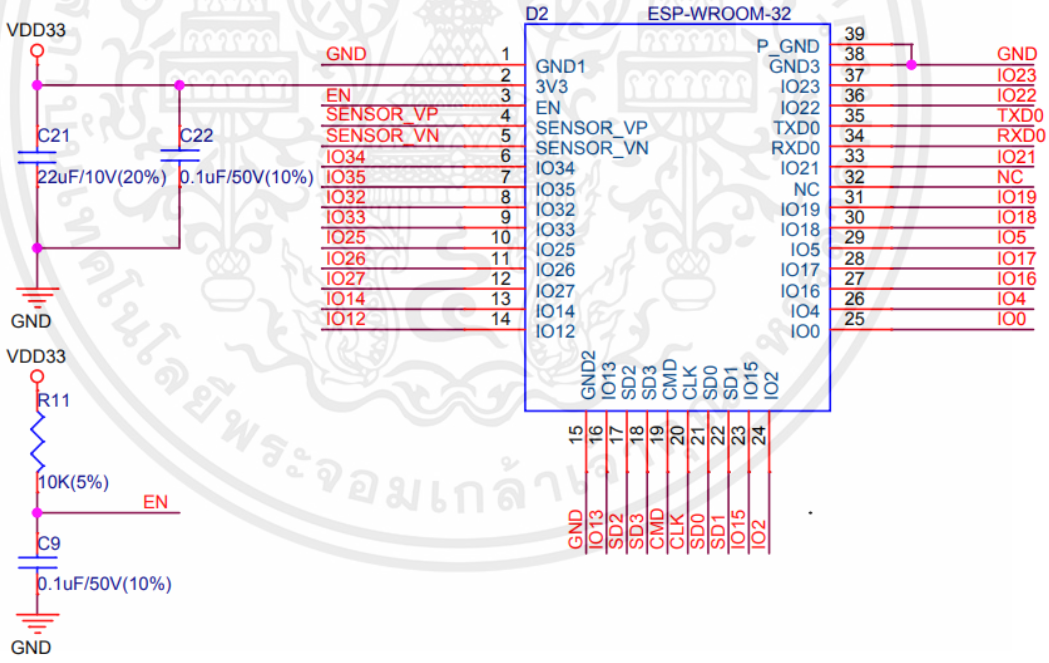
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้พลังงานต่ำ: ESP32 มีคุณสมบัติการประหยัดพลังงานต่างๆ รวมถึงโหมดพักการทำงานที่ช่วยให้ตัว ESP32 ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 5 μA เท่านั้น

4. GPIO และอุปกรณ์ที่ต่อพ่วง: ESP32 มีจำนวนหมายขา GPIO มากมายและสนับสนุนอุปกรณ์รอบข้างหลากหลายรวมถึง SPI, I2C, UART และอื่นๆ

5. ความปลอดภัย: ESP32 มีคุณสมบัติการรักษาความปลอดภัยหลากหลายรวมถึงการสนับสนุนการบูตที่ปลอดภัย การเข้ารหัสก่อนเข้าหาความจำแบบแฟลช และอัลกอริทึมการเข้ารหัสด้วยฮาร์ดแวร์ที่มีการเร่งความเร็ว

6. เครื่องมือการพัฒนา (Development Tools): ESP32 รองรับ development tools หลายรูปแบบ รวมถึง Arduino IDE, Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF) และอื่น ๆ

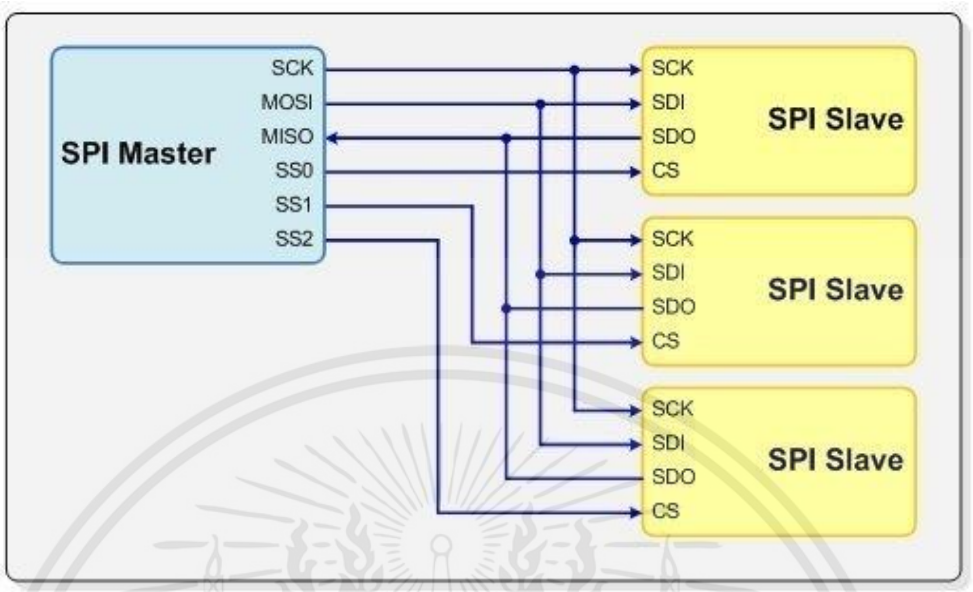


รูปที่ 2.3 ESP32 Module Schematic

(ที่มา: https://dl.espressif.com/dl/schematics/esp32_devkitc_v4-sch.pdf, 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Serial Peripheral Interface



รูปที่ 2.4 4-wire SPI bus configuration with multiple slave
(ที่มา: https://www.corelis.com/education/tutorials/spi-tutorial/, 2560)

Serial Peripheral Interface หรือ SPI คือรูปแบบของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบบซิงโครนัสรูปแบบหนึ่ง SPI ใช้สำหรับการสื่อสารระยะสั้นระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ และอุปกรณ์อื่น ๆ SPI ช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์โดยการส่งและรับบิตของข้อมูลทีละหนึ่งครั้งต่อหนึ่งช่องทางการสื่อสาร (Serial Bus)

ในรูปแบบการสื่อสารแบบ SPI มักจะมี Master 1 ตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการสื่อสาร และมี Slave 1 หรือมากกว่า 1 ตัว ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับและส่งข้อมูลดังรูปที่ 2.3 อุปกรณ์ที่เป็น Master จะสร้างสัญญาณนาฬิกาที่ซิงโครไนซ์การโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ Master จะส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ที่เป็น Slave และรับการตอบกลับจาก Slave ไปยัง Master กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นซ้ำเมื่อมีการแลกเปลี่ยนข้อมูล

รูปแบบการสื่อสารแบบ SPI มีข้อดีหลายอย่างเช่น การสื่อสารที่รวดเร็ว การใช้ฮาร์ดแวร์ต่ำ และความยืดหยุ่นในการเชื่อมต่ออุปกรณ์หลายตัว SPI จะถูกใช้เป็นอย่างมากในระบบฝังตัวและการประยุกต์อื่น ๆ ที่ต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

2.3.1 คุณสมบัติของ SPI

1. การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส โดยมีสัญญาณนาฬิกาที่ช่วยให้การทำงานของตัวส่งและตัวรับสอดคล้องกัน
2. เป็นการสื่อสารที่มีความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบการสื่อสารค่อนข้างเรียบง่าย

4. รองรับอุปกรณ์หลายอุปกรณ์ภายในบัสเดียวกัน

2.3.2 ข้อดีของ SPI

1. การสื่อสารแบบ SPI มีความเร็วสูงจึงเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แบบรวดเร็ว

2. เนื่องจาก SPI ใช้อุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์น้อย จึงเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่จำกัดเรื่องของพื้นที่และราคา

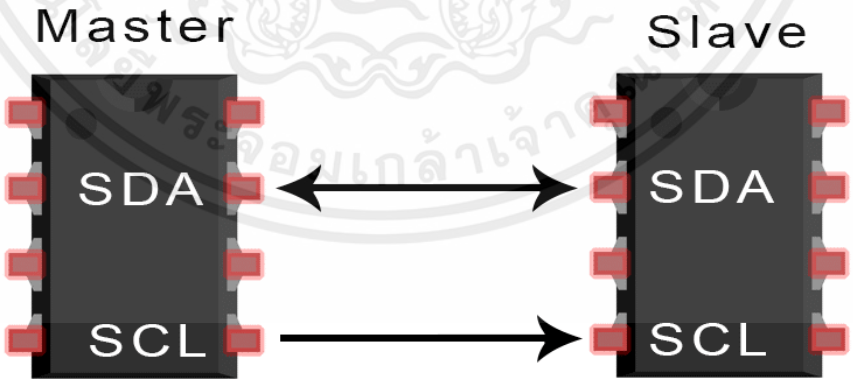
3. ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้

2.3.3 ข้อจำกัดของ SPI

1. การสื่อสารแบบ SPI ถูกออกแบบมาเพื่อให้สื่อสารระยะใกล้ซึ่งรองรับเพียงไม่กี่เมตร เพราะรูปแบบการสื่อสารแบบ SPI จะคำนึงถึงการสื่อสารแบบซิงโครนัส หมายถึงสัญญาณนาฬิกาและสัญญาณข้อมูลนั้นสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากถ้าระยะทางระหว่างอุปกรณ์เพิ่มขึ้นสัญญาณจะเกิดการดีเลย์และลดทอนทำให้เกิดความผิดพลาดเรื่องของเวลา ส่งผลให้การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เกิดข้อผิดพลาด

2. การสื่อสารแบบ SPI ไม่มีการตรวจสอบเรื่องของข้อผิดพลาดระหว่างการสื่อสารทำให้อาจมีการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดได้

2.4 Inter-Integrated Circuit



รูปที่ 2.5 I2C Communication Protocol

(ที่มา: https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/, 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inter-Integrated Circuit หรือ I2C เป็นรูปแบบการสื่อสารที่ช่วยให้วงจรรวม (Integrated Circuit: IC) สองตัวหรือมากกว่าสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้

I2C เป็นรูปแบบการสื่อสารแบบต่อตรงอนุกรมซึ่งหมายความว่าข้อมูลจะถูกส่งไปทีละบิตต่อครั้งผ่านเส้นทางสื่อสารเดียวกัน I2C จะใช้เส้นทางการสื่อสารโดยใช้สายสองเส้นก็คือ สายนาฬิกา (Serial Clock: SCL) และสายข้อมูล (Serial Data: SDA) ซึ่ง SCL ถูกใช้เพื่อประสานการโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ในขณะที่ SDA จะถูกใช้ในการส่งข้อมูลจริง

I2C มีรูปแบบการสื่อสารแบบ Master-Slave ซึ่งจะมีอุปกรณ์หนึ่งที่เป็น Master ทำการควบคุมและเริ่มต้นการโอนข้อมูลทั้งหมด ส่วนอีกอุปกรณ์หนึ่งจะเป็น Slave คอยตอบสนองคำสั่งจากอุปกรณ์ที่เป็น Master แต่ละอุปกรณ์จะมีช่องทางการสื่อสาร (Bus) ที่ไม่ซ้ำกันซึ่งถูกใช้โดย Master เพื่อเรียกใช้และทำการสื่อสารกับอุปกรณ์นั้น ๆ

I2C ถูกนำไปประยุกต์ใช้หลากหลายด้านเช่น เครือข่ายเซนเซอร์ ระบบฝังตัว และการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วง I2C เป็นรูปแบบการสื่อสารที่ง่ายและมีราคาประหยัดที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพโดยใช้สายการสื่อสารเล็กน้อย

2.4.1 คุณสมบัติของ I2C

1. I2C ใช้เส้นทางการสื่อสารเพียงสองเส้น (SCL กับ SDA) เพื่อให้ง่ายต่อการเชื่อมต่อและลดจำนวนการเชื่อมต่อของขา (pin) ที่ต้องใช้ในแต่ละอุปกรณ์
2. I2C มีรูปแบบการสื่อสารแบบ Master-Slave
3. แต่ละอุปกรณ์จะมีช่องทางการสื่อสารที่ Master เอาไว้ใช้เลือกแอดเดรส (Address) หรือที่อยู่ของ Slave และทำการสื่อสารกัน
4. I2C มีสายนาฬิกา (SCL) ที่ทำงานแบบซิงค์กันในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

2.4.2 ข้อดีของ I2C

1. I2C เป็นรูปแบบการสื่อสารที่มีราคาประหยัด เนื่องจากใช้อุปกรณ์เพียงแค่เส้นสายเพียงสองเส้น ทำให้ลดราคาของอุปกรณ์ลง
2. I2C เป็นรูปแบบการสื่อสารที่มีความเรียบง่าย ทำให้สะดวกต่อการดำเนินงานและความเข้าใจของผู้ใช้
3. รูปแบบการสื่อสารของ I2C มีประสิทธิภาพที่ทำให้การส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์มีความรวดเร็ว
4. รูปแบบการสื่อสารของ I2C รองรับหลากหลายอุปกรณ์และไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ข้อจำกัดของ I2C

1. I2C ถูกออกแบบมาให้มีการสื่อสารแบบระยะสั้นและไม่เหมาะสำหรับการสื่อสารข้อมูลระยะไกล

2. I2C ถูกจำกัดความเร็วสูงสุดไว้ที่ 400 kbps ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในบางประเภท

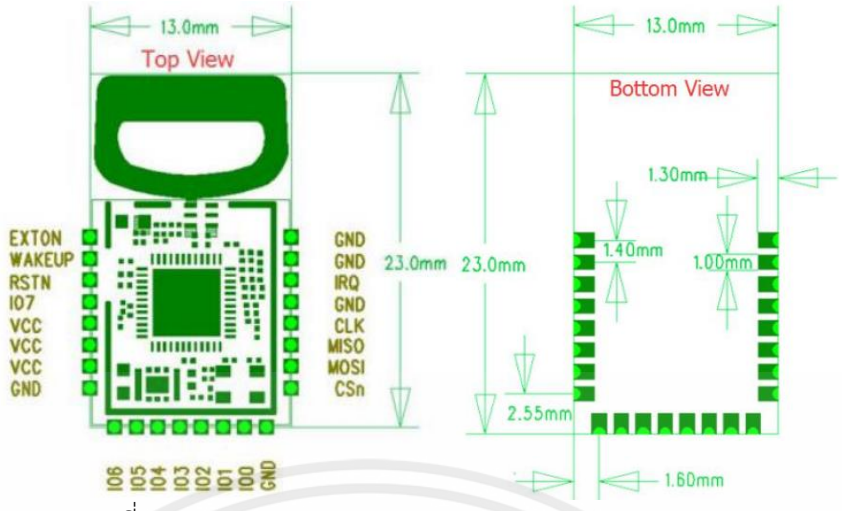
3. I2C มีจำนวนของที่อยู่อ้างอิงของอุปกรณ์ที่สามารถระบุได้โดยจำกัดไว้สูงสุดที่ 128 อุปกรณ์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในบางประเภท

2.5 BU01 UWB

รูปที่ 2.6 BU01 UWB
(ที่มา: https://docs.ai-thinker.com/_media/uwb/docs/bu01_product_specification_en_v1.0.pdf, 2562)

BU01 UWB หรือเรียกชื่อเต็มว่า “Bluetooth UWB (Ultra-Wideband) รุ่น BU01” ซึ่งเป็นโมดูลไร้สายขนาดเล็กที่มีการรวมเทคโนโลยี Bluetooth Low Energy (BLE) และเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์ (Ultra-Wideband: UWB) เพื่อให้มีความสามารถในการระบุตำแหน่งภายในอาคารและทำการสื่อสารได้โดยมีความแม่นยำสูง

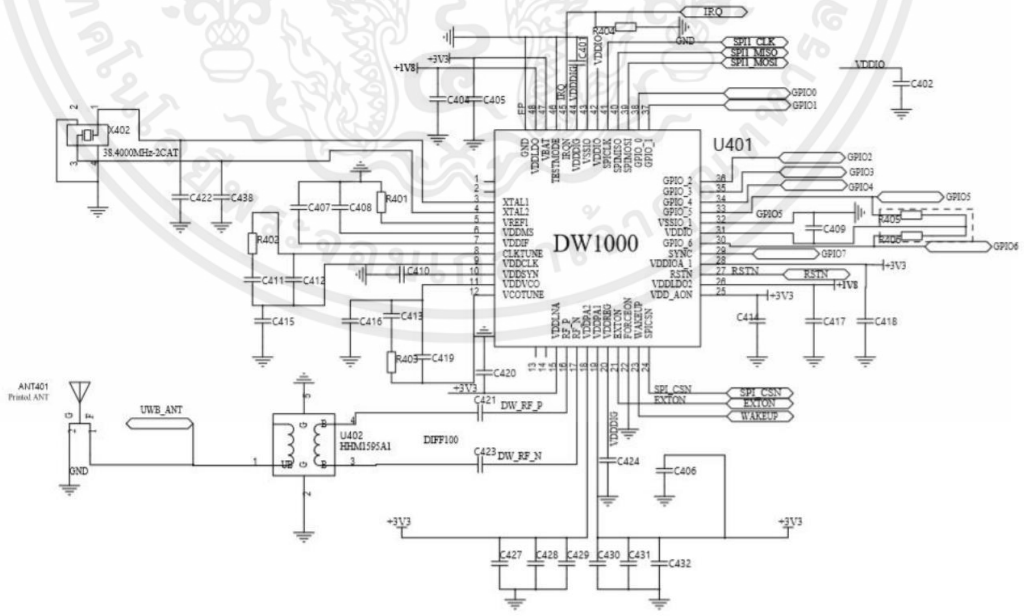
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 BU01 Pin Diagram Top View, Bottom View

(ที่มา: https://docs.ai-thinker.com/_media/uwb/docs/bu01_product_specification_en_v1.0.pdf, 2562)

เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์ช่วยให้โมดูลสามารถวัดระยะระหว่างอุปกรณ์ได้อย่างแม่นยำ ทำให้โมดูลนี้เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการระบุตำแหน่งภายในอาคารที่ต้องการความแม่นยำสูง หรือติดตามตำแหน่งด้วยความแม่นยำเช่น การติดตามทรัพย์สิน โรงงานอัจฉริยะ และจำพวกธุรกิจขายปลีกต่าง ๆ ในขณะที่เทคโนโลยี BLE จะช่วยให้การสื่อสารไร้สายใช้พลังงานต่ำในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์



รูปที่ 2.8 Schematic ของ BU01 UWB

(ที่มา: https://docs.ai-thinker.com/_media/uwb/docs/bu01_product_specification_en_v1.0.pdf, 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 คุณสมบัติของ BU01 UWB

1. เป็นการผสมผสานเทคโนโลยี Bluetooth Low Energy กับเทคโนโลยี Ultra-Wideband เข้าด้วยกัน

2. ด้วยความสามารถของ BU01 UWB ทำให้ระบุตำแหน่งภายในอาคาร หรือติดตามตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ

3. ใช้กำลังงานต่ำ

4. สามารถนำไปใช้เข้ากับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย

5. รองรับวิธีการระบุตำแหน่งแบบ Two-way ranging และ Angle of Arrival (AoA) ในการหาตำแหน่ง

6. มีระยะการสื่อสารไร้สายที่เชื่อถือได้

2.5.2 ข้อดีของ BU01 UWB

1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการติดตามตำแหน่งภายในอาคารได้อย่างหลากหลาย

2. ระบุข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้นได้ และระบุข้อมูลเชิงลึกของตำแหน่งที่ติดตามหรือตำแหน่งที่ตั้งอย่างละเอียดและมีประสิทธิภาพ

3. ลดความจำเป็นในการใช้เทคโนโลยีระบุตำแหน่งที่มีราคาแพงและซับซ้อนเช่น GPS, RFID, และ Beacons ลง

4. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในด้านความปลอดภัยที่ใช้ระบบพิกัดตำแหน่งเพื่อควบคุมการเข้าถึงและระบบชำระเงินที่มีความปลอดภัยโดยเป็นความปลอดภัยที่ตรวจจับระยะประชิด

5. เพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งานโดยมอบความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้งานด้านพิกัดตำแหน่งเช่น การนำทางภายในอาคารและการค้นหาเส้นทาง เป็นต้น

2.6 ระบบติดตามตำแหน่ง

ระบบติดตามตำแหน่ง หรือ Location Tracking System เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้มีการติดตามตำแหน่งของวัตถุหรือบุคคลในเวลาจริงได้ ระบบนี้ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ตัวรับ GPS, เครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์ (Cellular Network), และแท็กที่ใช้วิธีการระบุเอกลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency Identification: RFID) เพื่อกำหนดตำแหน่งของวัตถุหรือบุคคลที่ต้องการระบุตำแหน่งหรือติดตามตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย GPS (Global Positioning System: GPS) ใช้เครือข่ายดาวเทียมที่โคจรรอบโลกเพื่อระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องการระบุตำแหน่งหรือติดตาม ส่วน Wi-Fi และเครือข่ายสัญญาณมือถือใช้ความเข้มของสัญญาณจากจุดเข้าถึงที่อยู่ระยะใกล้ ๆ และเสาสัญญาณมือถือ (Cell Tower) เพื่อใช้วิธีโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulate) ในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ ส่วนเทคโนโลยี RFID ใช้คลื่นวิทยุในการส่งผ่านข้อมูลตำแหน่งจากแท็กที่เป็น RFID ไปยังตัวรับสัญญาณ

2.6.1 ข้อดีของระบบติดตามตำแหน่ง

1. ระบบติดตามตำแหน่งสามารถให้ข้อมูลในเวลาจริงของตำแหน่งที่ตั้งที่ต้องการระบุได้

2. ระบบติดตามตำแหน่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดขอบเขตเสมือน (Geo-Fencing) เพื่อให้มีการแจ้งเตือนเมื่อมีอุปกรณ์เข้าหรือออกจากบริเวณขอบเขตเสมือนที่กำหนดไว้

2.6.2 ข้อจำกัดของระบบติดตามตำแหน่ง

1. เงื่อนไขบางอย่างเช่น สภาพแวดล้อม ความเข้มของสัญญาณ แบตเตอรี่ของอุปกรณ์ อาจส่งผลต่อความแม่นยำของระบบติดตามตำแหน่ง

2. บางพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมที่สัญญาณเข้าไม่ถึงอาจทำให้ระบบติดตามตำแหน่งทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร

3. มีราคาที่สูง อีกทั้งการซ่อมแซมหรือซื้ออุปกรณ์ที่รองรับระบบนี้อาจมีราคาสูง

2.7 จอโอแอลอีดี

รูปที่ 2.9 OLED Display

(ที่มา: https://www.arduino4.com/product/526/oled-display-i2c-module-1-3-for-arduino/, 2566)

จอโอแอลอีดี หรือ OLED (Organic Light Emitting Diodes) คือจอภาพที่มีลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่สามารถเปล่งแสงได้เอง เรียกว่า กระบวนการอิเล็กโทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูมิเนเซนส์ (Electroluminescence) โดยไม่ต้องพึ่งพาแสง Backlight และไม่มีการเปล่งแสงในบริเวณที่เป็นภาพสีดำ อีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานอีกด้วย

OLED ประกอบไปด้วยพื้นผิวหลายชั้นคือ Substrate พื้นผิวของหน้าจอ, Anode ขั้วบวก ทำหน้าที่ ดึงกระแสอิเล็กตรอน, Organic Layer (Conducting Layer และ Emissive Layer), Cathode ขั้วลบ ทำหน้าที่ปล่อยกระแสอิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

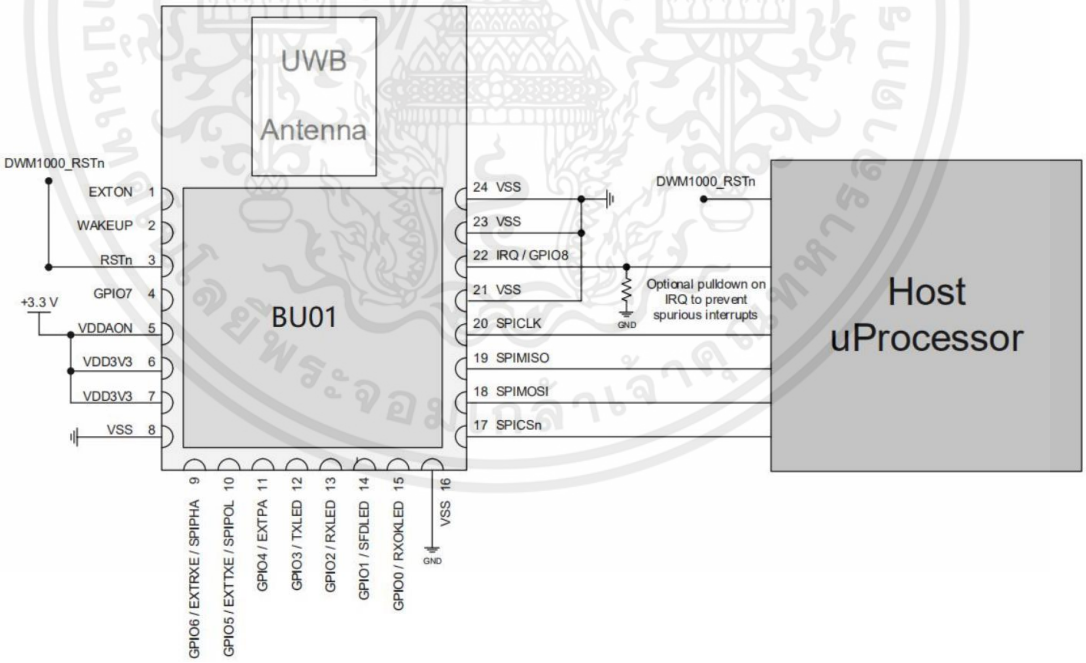
3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1. ทฤษฎี/ซื้ออุปกรณ์
2. ประกอบชุดทดลอง
3. เก็บผลทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง
5. เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์

3.2 การออกแบบ

3.2.1 แผนภาพการ Interface

นำ ESP32 กับ BU01 UWB มา Interface กัน โดยใช้ ESP32 เป็น Host Microprocessor



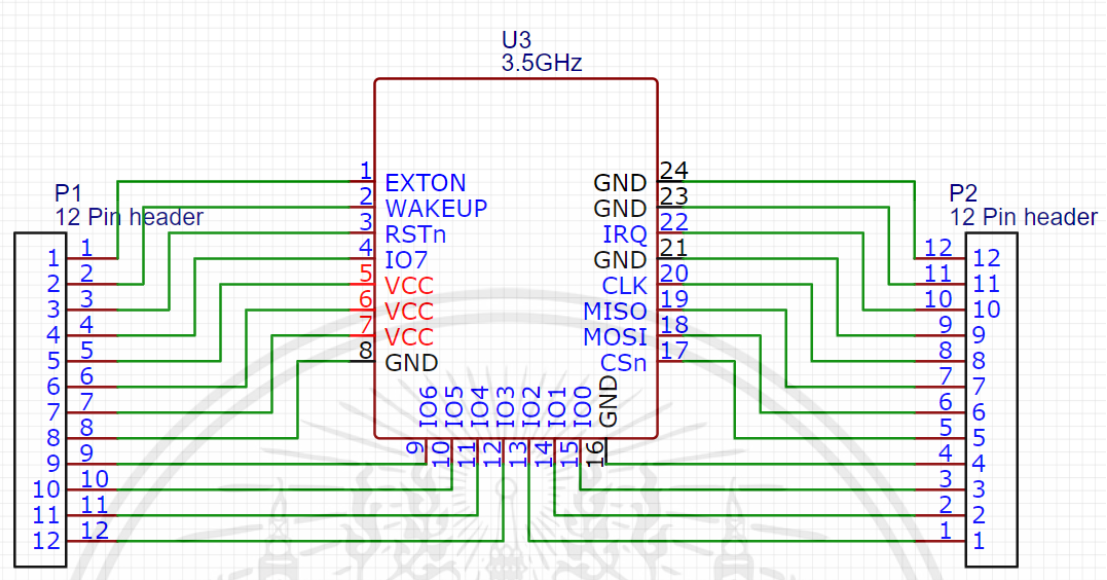
รูปที่ 3.1 แผนภาพการ Interface กันของ ESP32 กับ BU01 UWB

(ที่มา: https://docs.ai-thinker.com/_media/uwb/docs/bu01_product_specification_en_v1.0.pdf, 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

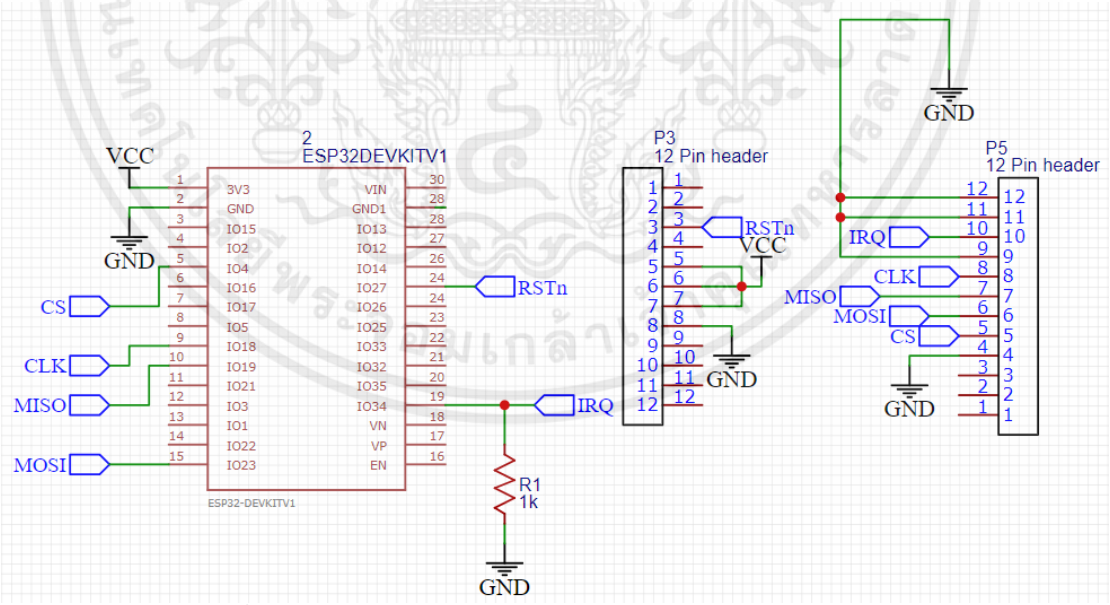
3.2.2 Schematic

3.2.2.1 บอร์ดของ BU01



รูปที่ 3.2 Schematic ของ BU01 กับ Pin header

3.2.2.2 บอร์ดของ ESP32



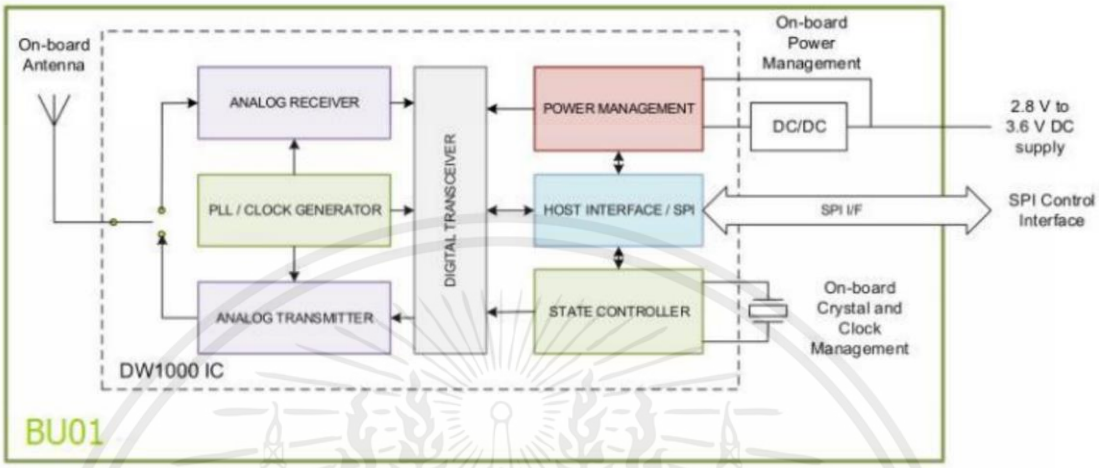
รูปที่ 3.3 Schematic ของ ESP32 กับ Pin header ของ BU01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการทำงาน

3.3.1 Block Diagram ของ BU01 UWB

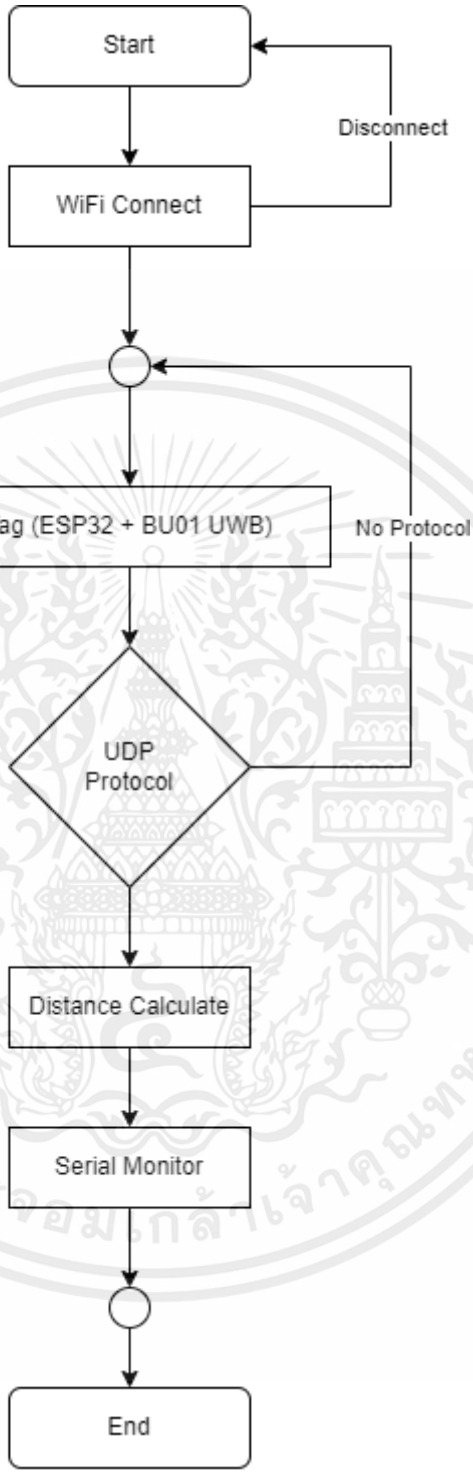
แผนภาพ Block Diagram ของ BU01 UWB



รูปที่ 3.4 แผนภาพ Block Diagram แสดงหลักการทำงานของ BU01 UWB (ที่มา: https://docs.ai-thinker.com/_media/uwb/docs/bu01_product_specification_en_v1.0.pdf, 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

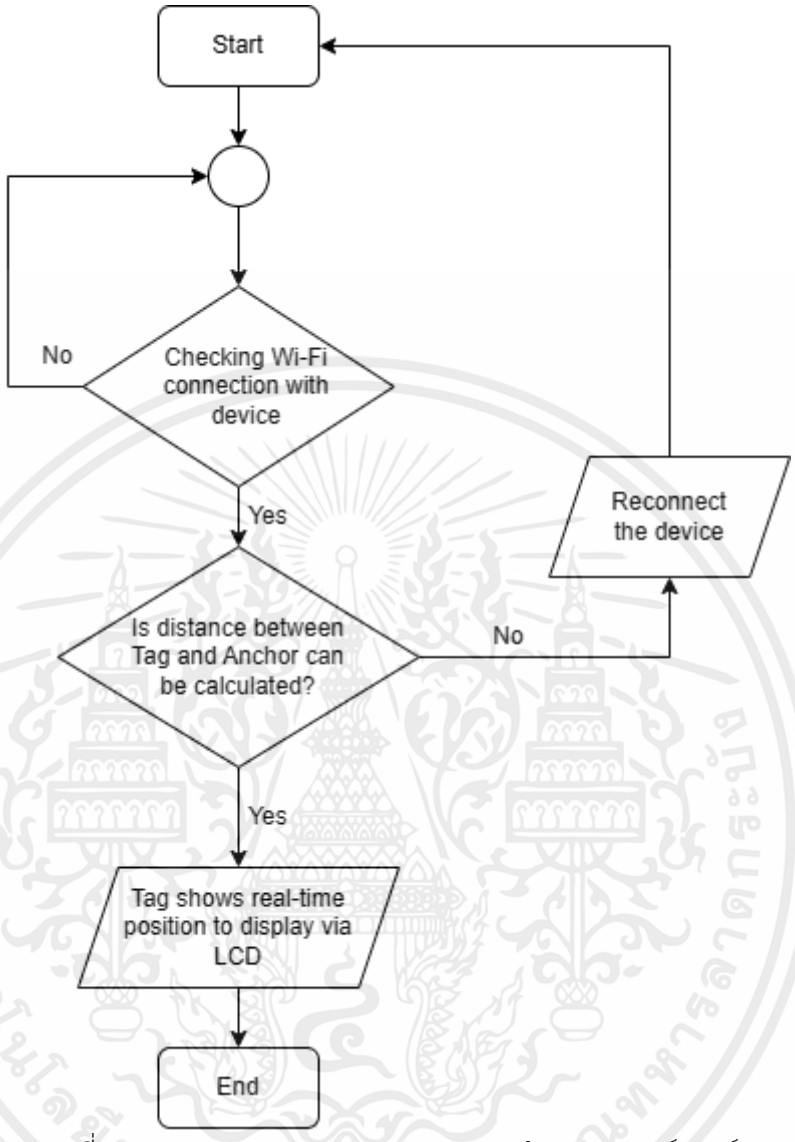
3.3.2 Software



รูปที่ 3.5 แผนภาพ Flowchart แสดงการทำงานของซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 Hardware



รูปที่ 3.6 แผนภาพ Flowchart แสดงการทำงานของฮาร์ดแวร์

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.4.1 อุปกรณ์

1. ESP32
2. BU01 UWB
3. จอ OLED
4. Protoboard
5. Micro USB
6. แหล่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 เครื่องมือ

1. หัวแร้ง
2. ตะกั่ว
3. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล
4. สายไฟ

3.4.3 โปรแกรมที่ใช้

1. Arduino IDE

3.5 วิธีการทดลอง

ESP32 ที่ได้ผ่านการ Interface กับ BU01 UWB ทั้งสองตัว จะถูกกำหนดให้ตัวนึงทำหน้าที่เป็นตัว Tag และอีกตัวจะทำหน้าที่เป็นตัว Anchor โดยตัว Tag จะเป็นตัวที่มีหน้าจอ OLED พ่วงอยู่ด้วยเพื่อแสดงระยะห่างแบบเวลาจริง (Real Time) ระหว่างตัว Tag กับตัว Anchor ส่วนตัว Anchor จะอยู่นิ่ง (ซึ่งการทดลองวัดระยะห่างนี้จะถูกกำหนดไว้ว่าเป็นการวัดระยะภายในอาคารเท่านั้น) โดยจะแบ่งการทดลองเป็น 2 วิธีคือ:

1. ทำการทดสอบว่าตัว Tag เมื่อถูกนำไปวางให้ห่างจากตัว Anchor แล้วสามารถวัดระยะและแสดงระยะผ่านหน้าจอ OLED ได้

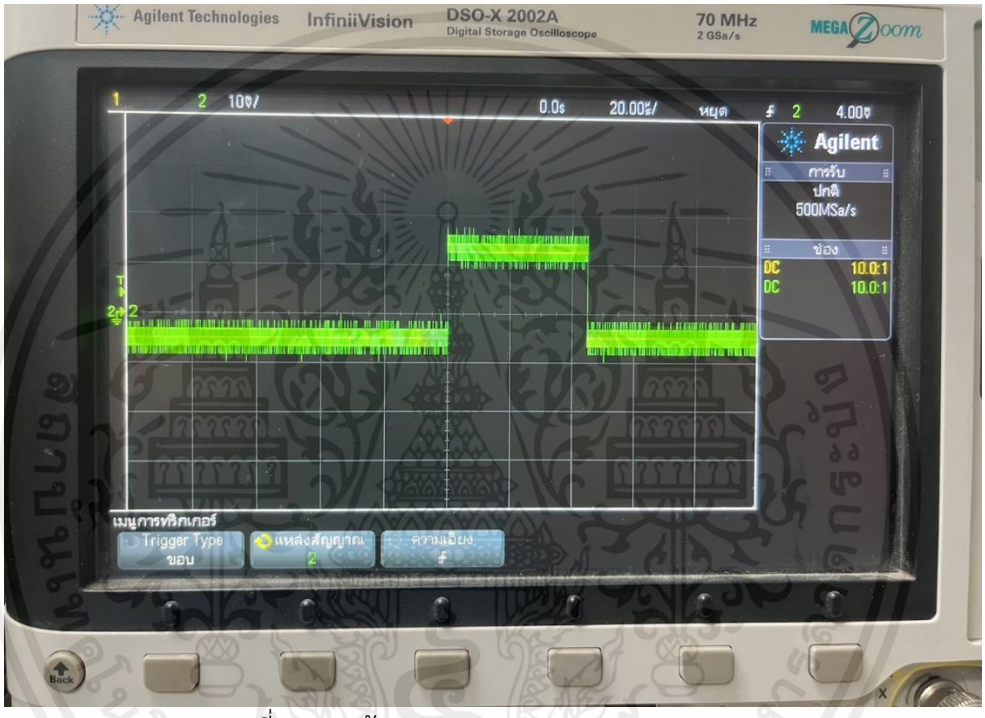
2. ทำการทดสอบโดยนำตัว Tag ติดตัวผู้ทำการทดลองไป เพื่อทำการเคลื่อนที่ตัว Tag ให้ห่างออกจากตัว Anchor ให้ไกลที่สุดจนกว่าจะหลุดระยะ เพื่อทำการบันทึกระยะสุดท้ายที่สามารถวัดได้ โดยสังเกตจากหน้าจอ OLED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการวัดคลื่นความถี่

จากการวัดคลื่นความถี่ กราฟสัญญาณ interrupt request ที่ส่งสัญญาณจาก BU01 ไปยัง ESP32 เพื่อเชื่อมต่อกันจากการ interface ของอุปกรณ์ ผ่านการสื่อสารแบบ SPI

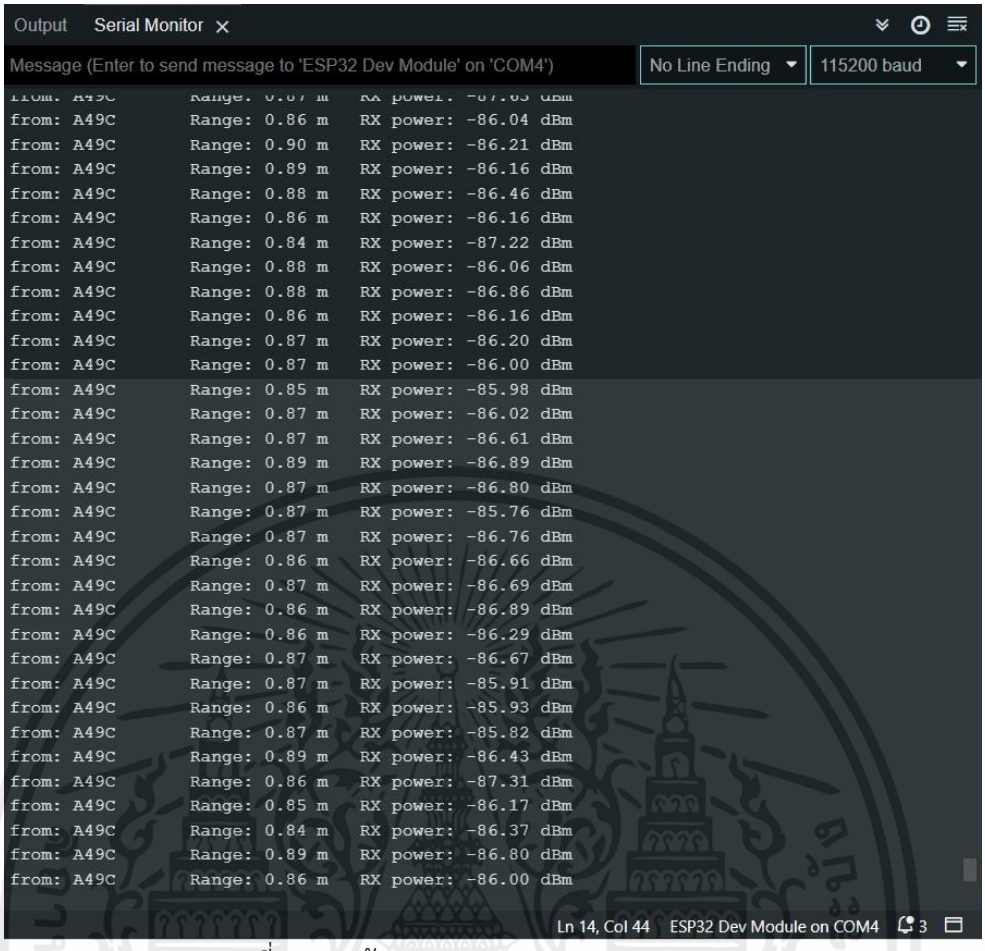


รูปที่ 4.1 หน้าจอ Serial Monitor ของ Anchor

4.2 ผลการทดลองจากการวัดระยะ

จากการทดลองวัดระยะห่างจากการใช้เทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์พบว่า สามารถตรวจจับและวัดระยะได้ ซึ่งระยะที่วัดได้ ได้จากสมการ $TOF = \frac{T_{loop} - T_{reply}}{2}$ ระยะระหว่าง Tag และ Anchor มีความคลาดเคลื่อนจากระยะจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

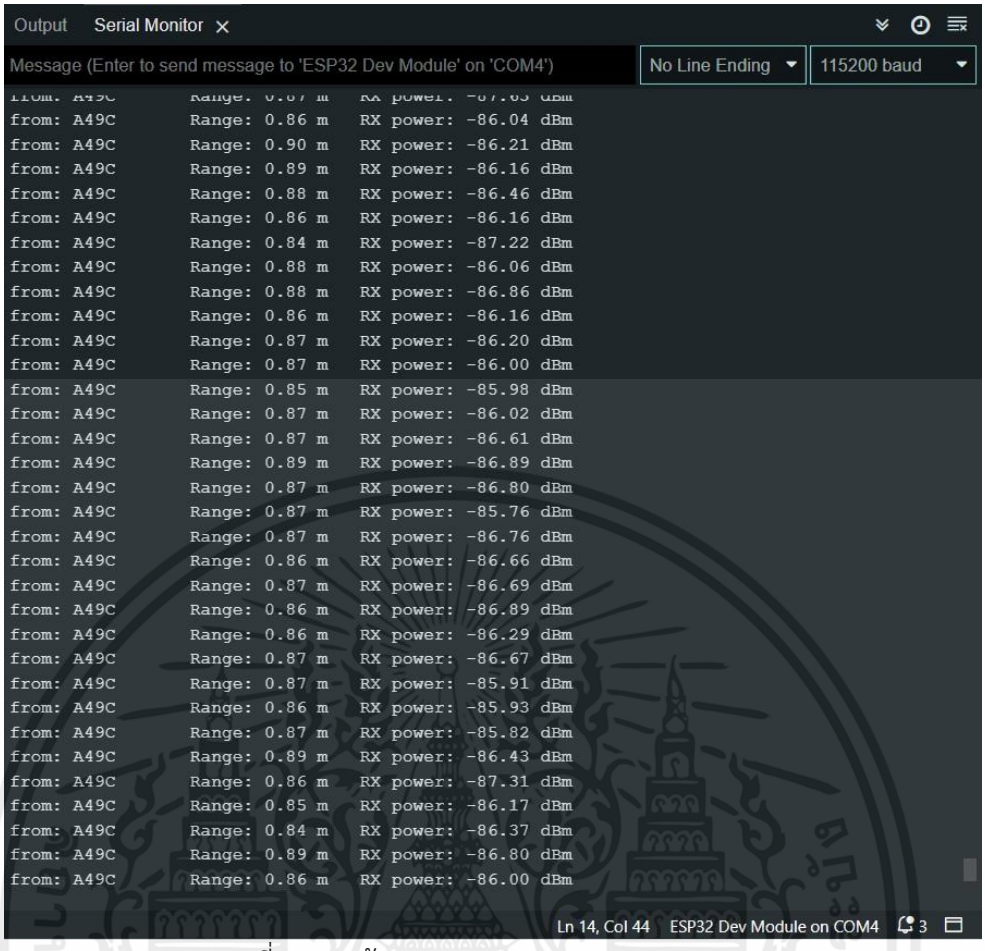


รูปที่ 4.2 หน้าจอ Serial Monitor ของ Anchor

4.3 ผลการทดลองจากการวัดระยะที่ไกลที่สุด

จากการทดลองวัดระยะที่ได้ที่สุดพบว่า สามารถตรวจจับระยะได้ไกลที่สุดที่ 6.28m และหากมีการปิดประตู การจับสัญญาณนั้นก็จะสิ้นสุดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 หน้าจอ Serial Monitor ของ Anchor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการชิ้นนี้ได้มีการศึกษาและประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์ผ่านชิป BU01 DWM1000 โดยสั่งการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 Dev Module ซึ่งเราได้นำชิป BU01 มาศึกษาและนำมาเชื่อมต่อกับ processor โดยการใช้การสื่อสารแบบ SPI โดยการ Interface ซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถวัดระยะได้จริง แต่ไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่ชัดได้ ทำให้สำเร็จตามสมมติฐานที่ตั้งไว้เพียงหนึ่งอย่างเท่านั้น ซึ่งระยะที่ไกลที่สุดที่สามารถตรวจจับได้อยู่ที่ 6.28 เมตร โดยมีเงื่อนไขคือต้องอยู่ในสถานที่ที่เป็นระยะทางยาวแล้วไม่มีสิ่งกีดขวางที่อาจกันสัญญาณได้เช่นประตู ซึ่งได้ระบุไว้ในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทำโครงการครั้งนี้พบว่า การที่เราใช้ชิป BU01 DWM1000 มาเชื่อมต่อกับ ESP32 โดยการใช้การสื่อสารแบบ SPI อาจจะยากเกินไป เพราะการทำบอร์ดและขา input และ output นั้นมีหลายขั้นตอนในการตรวจสอบ เราอาจจะตรวจสอบผิดพลาดและแก้ไขปัญหาได้ไม่ดีพอ อีกทั้งการออกแบบลายวงจรอาจผิดพลาดทำให้ลายวงจรออกมาใกล้กัน อาจส่งผลให้บอร์ดช๊อตได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1 หากจะศึกษาในเทคโนโลยีอัลตราไวด์แบนด์ ควรใช้ Dev Board ที่มีผู้คิดค้นขึ้นอยู่แล้วนำมาศึกษาและประยุกต์ใช้งานได้ จะสามารถได้รับความรู้และสามารถนำไปทำงานได้หลากหลายและมีปัญหาน้อยกว่า

2 ควรแก้ปัญหาให้ทันเวลา และไม่ควรปล่อยปัญหาไว้นานจนไม่สามารถแก้ไขได้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Bleesk. 2562. Ultra-Wideband (UWB) Here's everything you need to know. จาก : https://bleesk.com/uwb.html. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2566

[2] Adslthailand. 2563. รู้จักเทคโนโลยี Ultra-Wideband (UWB) เทคโนโลยีรับส่งข้อมูลระยะใกล้ เริ่มใช้บน iPhone 11. จาก : https://www.adslthailand.com/post/6400. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2566

[3] Navigine. 2563. All about Ultra-Wideband technology (UWB) for indoor positioning and navigation. จาก : https://navigine.com/blog/uwb-technology-features-examples-of-application/. สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2566

[4] Corelis. 2560. SPI Tutorial. จาก : https://www.corelis.com/education/tutorials/spi-tutorial/. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2566

[5] Elecrow. 2565. BU01. จาก : https://www.elecrow.com/uwb-indoor-position-module-bu01.html. สืบค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2566

[6] Circuit Schools. 2565. What is ESP32, how it works and what you can do with ESP32?. จาก : https://www.circuitschools.com/what-is-esp32-how-it-works-and-what-you-can-do-with-esp32/. สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2566

[7] Circuit Basics. 2559. Basics of the I2C Communication Protocol. จาก : https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2566

[8] Sewio. 2557. What is Indoor Location Tracking and Positioning?. จาก : https://www.sewio.net/indoor-location-tracking-and-positioning/. สืบค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2566

[9] Wikipedia. 2566. Indoor Positioning System. จาก : https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_positioning_system. สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2566

[10] Eloquent Arduino. 2566. Arduino and Esp32 WiFi Indoor Positioning. จาก : https://eloquentarduino.com/arduino-indoor-positioning/. สืบค้นเมื่อ 21 เมษายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้