



อาณัติสัญญาณสำหรับระบบราง
Railway signalling system

นางสาวฐานิกา ปานงาม
นายปริเมศวร์ เจริญสงค์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ปีการศึกษา 2563

อาณัติสัญญาสำหรับระบบราง

นางสาวฐานิกา ปานงาม

นายปริเมศวร์ เจริญสงค์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ปีการศึกษา 2563

RAILWAY SIGNALLING SYSTEM

MISS.TANIKA PANNGAM

MR.PARIMATE JAROENSONG

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE BACHELOR DEGREE OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SRIVIJAYA
ACADEMIC YEAR 2020

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อาณัติสัญญาสำหรับบรรณ
นักศึกษา	นางสาวฐานิกา ปานงาม นายปริเมศวร์ เจริญสงค์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูไฮดี สนิ

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

.....หัวหน้าหลักสูตรสาขาวิชาฯ (อาจารย์นราธร สังข์ประเสริฐ)หัวหน้าสาขาฯ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์นราธร สังข์ประเสริฐ)
---	--

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ (อาจารย์นราธร สังข์ประเสริฐ)
.....กรรมการ (อาจารย์สันติ สติธรรมธนะ)
.....กรรมการ (อาจารย์ชนมภัทร รุณปักษ์)
.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา (อาจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว)

ลิขสิทธิ์ของสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อาณัติสัญญาณสำหรับระบบราง	
นักศึกษา	นางสาวฐานิกา ปานงาม	รหัส 160404140004-3
	นายปรีเมศวร์ เจริญสงค์	รหัส 160404140012-6
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สิทธิโชค	อُن่แก้ว
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูไฮดี สนิ	
ปีการศึกษา	2563	

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบอาณัติสัญญาณระบบราง เพื่อการเรียนรู้การเดินรถไฟ และระบบสัญญาณรถไฟ ด้วยการนำข้อมูลที่รับจากอุปกรณ์ที่ได้ติดตั้งไว้กับชิ้นงาน โดยการตรวจจับตำแหน่งการเดินรถไฟและการเปลี่ยนสัญญาณไฟแจ้งสถานะการเดินรถไฟ จากเดิมที่ต้องควบคุมประแจรถไฟและสัญญาณไฟด้วยตัวบุคคลเอง จำทำให้เกิดระบบอาณัติสัญญาณระบบรางขึ้นด้วยการประมวลผลการทำงานระหว่างตัวอาร์เอฟไอดีกับไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี 8266 เพื่อตรวจจับการเดินรถไฟ ซึ่งมีตัวติดตามที่ติดอยู่กับตัวของรถไฟโดยเมื่อตัวอาร์เอฟไอดีได้รับสัญญาณจากตัวติดตามที่ติดอยู่กับตัวรถไฟระบบจะทำการส่งควบคุมไฟสัญญาณให้เปลี่ยนทันทีและสามารถดูตำแหน่งของรถไฟโดยการแสดงผลผ่านหน้าจอทัชสกรีน

จากการศึกษาพบว่าระบบอาณัติสัญญาณระบบรางช่วยลดการทำงานของเจ้าหน้าที่ สามารถระบุตำแหน่งของรถไฟได้โดยดูผ่านจอทัชสกรีน ตัวรถไฟสามารถควบคุมการวิ่งได้ 2 แบบ ได้แก่ 1.แบบควบคุมด้วยมือสามารถกดปุ่มควบคุมประแจ สัญญาณไฟ และทิศทางการเดินรถไฟผ่านหน้าจอทัชสกรีน 2. แบบอัตโนมัติ ซึ่งมีการตรวจจับการเดินรถไฟด้วยตัวอาร์เอฟไอดีความเสถียรขึ้นอยู่กับความเร็วรถไฟ หากปรับอยู่ในความเร็วคงที่ คือ ความเร็ว 60% ตัวอาร์เอฟไอดีสามารถจับการเดินรถไฟได้ 100% แต่หากเร็วกว่า 80% ขึ้นไป ความเสถียรอยู่ที่ 85.71% โดยความผิดพลาดการตรวจจับการเดินรถไฟไม่มีปัจจัยจากตัวอาร์เอฟไอดีได้มีสัญญาณรบกวนเมื่อเปิดเครื่อง แก้ไขได้โดยการกดรีเซ็ตตัวอีเอสพี8266

คำสำคัญ : อาณัติสัญญาณ ประแจรางรถไฟ รถไฟ

TITLE	RAILWAY SIGNALLING SYSTEM		
STUDENTS	MISS.TANIKA	PANNGAM	Code 160404140004-3
	MR.PARIMATE	JAROENSONG	Code 160404140012-6
ADVISOR	MR.SITTICHOK	AUNKAEW	
	ASST.PROF.SUHIDEE	SANI	
ACADEMIC YEAR	2020		

ABSTRACT

This project is intended to develop the railway signaling system. for learning about train operation and train signal system by bringing the information received from the equipment that has been installed on the workpiece by detecting the train position and changing the train status light originally, the train wrench and the light had to be controlled by one's own person. The rail signaling system is created by processing the work between the RFID and microcontroller ESP 8266 to detect trains. Which has a tracker attached to the train, when the RFID receives a signal from the tracker attached to the train, the system will control the signal to change immediately and can see the location of the train without Display via touch screen

the results of study showed that the railway signaling system reduces the workload of operators who can determine the train's location by viewing it through a touch screen. The train can run in 2 types: 1. Manual control, can press the wrench control button, light signal and the direction of the car through the touch screen. 2. Automatic which detects train operations with an RFID character, the stability depends on the train speed. If set to a constant speed of 60%, the RFID can detect 100% of the train, but if it is faster than 80%, the stability is 85.71% with an error of detection. The train operation is factored by the RFID signal when turning on the engine. Fixed by pressing reset the ESP8266.

Keyword : Signalling, Railroad switch, Train

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเล่มนี้จัดทำขึ้นมาเป็นผลสำเร็จและบรรลุวัตถุประสงค์ได้เพราะได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์ในการให้คำแนะนำตลอดจนแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณอาจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุไฮดี สนิ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงการที่ให้แนวคิด ให้คำปรึกษาและคำแนะนำวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการทำโครงการ และต้องขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่คอยกดดันในการศึกษาและประสบการณ์ด้านอื่น ๆ ที่เป็นพื้นฐานอันดีในการใช้ชีวิตขณะศึกษาที่สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้รับถ่ายทอดวิชาความรู้และทักษะทางวิศวกรรมที่มีประโยชน์เพื่อนำมาใช้ในการวางแผน ค้นคว้า และจัดทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วง

คณะผู้จัดทำสามารถทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้เพราะมีบุคคลอันเป็นที่รักคือ บุปผาริ ที่ให้กำเนิด และครอบครัวที่คอยส่งเสริมให้การสนับสนุนด้านการศึกษาหาความรู้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด รวมถึงขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจและคำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์จนบรรลุผลสำเร็จได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
ABSTRACT	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญ (ต่อ)	ซ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญตาราง (ต่อ)	ญ
สารบัญรูป	ฎ
สารบัญรูป (ต่อ)	ฏ
สารบัญรูป (ต่อ)	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 บทนำ	2
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.3 รถไฟระบบทางเดี่ยว และทางคู่มาตรฐาน	2
2.4 ระบบทางรถไฟ	3
2.5 ระบบอาณัติสัญญาณ	4
2.6 ความรู้พื้นฐานรถไฟเอ็นสเกล	7
2.7 อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification: RFID)	14
2.8 อีเอสพี8266 (ESP8266)	18
2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์เมกะ 2560 (Microcontroller Mega 2560)	19
2.10 จอทัชสกรีน	23
2.11 รีเลย์ (Relay)	24
2.12 มอดูลแปลงสัญญาณ (MAX485 RS485)	25
2.13 มอดูลขับเคลื่อนมอเตอร์แอล298เอ็น (L298n motor driver)	26
2.14 โปรแกรมออกแบบการควบคุม SKTOOL	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.15 โพรโทคอลมอดบัส (Modbus)	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	33
3.1 แผนการดำเนินงาน	33
3.2 วิเคราะห์ระบบ	34
3.3 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุม	37
3.4 การออกแบบชุดควบคุม	39
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	42
4.1 บทนำ	42
4.2 การดำเนินงานส่วนอุปกรณ์	42
4.3 การดำเนินงานส่วนชุดคำสั่ง	44
4.4 ข้อมูลประสิทธิภาพของการใช้งาน	47
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	53
5.1 บทนำ	53
5.2 สรุปผลการทดลองส่วนอุปกรณ์	53
5.3 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
บรรณานุกรม (ต่อ)	58
ภาคผนวก ก	59
รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่าย	60
ภาคผนวก ข	61
ข1 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Samkool	62
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	66

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ	34
3.2 สรรพสิ่งสำหรับตัวรับรู้	34
3.3 ควบคุมระบบอัตโนมัติสัญญาณ	35
3.4 ควบคุมรถไฟ	35
3.5 ส่วนโปรแกรมประยุกต์	35
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 1 ทั้งหมด 7 ตำแหน่ง	47
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 2 ทั้งหมด 11 ตำแหน่ง	48
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 3 ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง	48
4.4 ผลการทดสอบความความเสถียรการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 1 ทั้งหมด 7 ตำแหน่ง ด้วยความเร็วที่ 60 %	48
4.5 ผลการทดสอบความความเสถียรการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 2 ทั้งหมด 11 ตำแหน่ง ด้วยความเร็วที่ 60 %	49
4.6 ผลการทดสอบความความเสถียรการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 3 ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง ด้วยความเร็วที่ 60 %	49
4.7 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน A เส้นทางที่ 1 ใช้ ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.10 โดย ดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ	49
4.8 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน B เส้นทางที่ 1 ใช้ ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.10 โดย ดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ	50
4.9 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน A เส้นทางที่ 2 ใช้ ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.10 โดย ดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ	50
4.10 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน B เส้นทางที่ 2 ใช้ ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.10 โดย ดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.11 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน A เส้นทางที่ 3 ใช้ ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.10 โดย ดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ	51
4.12 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน B เส้นทางที่ 3 ใช้ ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.10 โดย ดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ	52
ก.1 รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่าย	60

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รถไฟฟ้าทางคู่ของไทยในปัจจุบัน (ซ้าย) และรถไฟฟ้าทางคู่ขนาดมาตรฐาน (ขวา)	3
2.2 หน้าตัดโครงสร้างทางรถไฟกรณีบนดินและทางรถไฟฟ้า	3
2.3 ตัวควบคุมหรือ Powerpack Power Unit	8
2.4 TCS N-600 max output 1.0A Controller	8
2.5 TCS N1001CL max output 1.2A	9
2.6 TCS N-DU101-CL max output 1.2A	9
2.7 TCS N1001CL max output 1.2A	10
2.8 Controller Standard S	10
2.9 Hyper DX Max output 2.0A	10
2.10 สวิตช์ปลั๊กเข้ากับตัวควบคุม	11
2.11 ตัวรถไฟและโครงสร้างรถไฟ	11
2.12 ฝาครอบมอเตอร์	12
2.13 การถอดแตรโดยใช้ไขควงงัด	12
2.14 การถอดแตร	12
2.15 การทำความสะอาดแตร	13
2.16 การแกะภายในแตร	13
2.17 ชิ้นส่วนของแตรหลังแกะ	13
2.18 การทำความสะอาดภายในแตร	14
2.19 อาร์เอฟไอดีและแท็ก	14
2.20 ภาพรวมของระบบอาร์เอฟไอดี	15
2.21 อาร์เอฟไอดีแท็กในรูปแบบต่าง ๆ	15
2.22 บล็อกไดอะแกรมของ Passive Tag	16
2.23 ตัวอย่าง Active Tag ที่มีแบตเตอรี่ Lithium 2 ก้อนอยู่ภายนอก	17
2.24 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน	17
2.25 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อีเอสพี8266 (โนนดเอ็มซียู)	18
2.26 ไมโครคอนโทรลเลอร์เมกะ 2560	19
2.27 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์	20
2.28 Samkoon ea-043a	23
2.29 รีเลย์ 16 ช่อง	24
2.30 จุดต่อใช้งานรีเลย์มาตรฐาน	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.31 มอดูลแปลงสัญญาณ	25
2.32 การรับส่งแปลงสัญญาณ RS485	25
2.33 มอดูลขับมอเตอร์แอล298เอ็น	26
2.34 ลูกคลื่นยาวแรงดันเฉลี่ย	27
2.35 SKTOOL V6.2	27
2.36 การสื่อสารแบบอนุกรมด้วยอาร์เอส485 สำหรับมอดบัสอาร์ทียู	28
2.37 ชุดข้อมูลสำหรับการสื่อสารมอดบัสอาร์ทียู	29
2.38 รายละเอียดชุดข้อมูลฟังก์ชันโค้ด	30
2.39 ตำแหน่งแอดเดรสใน Modbus RTU โดยแบ่งตามรูปแบบการทำงาน	30
2.40 ชุดคำสั่งสำหรับการอ่าน (Read Command)	31
2.41 ชุดคำสั่งสำหรับการเขียน (Write Command)	31
2.42 การสื่อสารแบบอีเทอร์เน็ตสำหรับมอดบัสทีซีพี	31
2.43 ส่วนประกอบชุดข้อมูลของมอดบัสทีซีพีเทียบกับมอดบัสอาร์ทียู	32
2.44 รายละเอียดของแต่ละฟิลด์ในหนึ่งเฟรมของมอดบัสทีซีพี	32
3.1 การออกแบบการทำงานโดยรวมของอาณัติสัญญาณรถไฟ	36
3.2 โครงสร้างรถไฟจำลองขนาด 1 : 6	37
3.3 จำลองการวางไฟสัญญาณและอาร์เอฟไอดี	37
3.4 เสาอาร์เอฟไอดีจำลอง	38
3.5 ผังการทำงานอุปกรณ์อาณัติสัญญาณ	38
3.6 ออกแบบจำลองจอทัชสกรีนควบคุมอาณัติสัญญาณ	39
3.7 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าแรก	40
3.8 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าควบคุมสัญญาณไฟและ ประแจ	40
3.9 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าควบคุมรถไฟ	41
3.10 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าแสดงตำแหน่งการเดิน รถไฟ	41
4.1 สร้างเสาด้วยเครื่องปรี้น 3 มิติ	42
4.2 ติดตัวอาร์เอฟไอดีไว้ที่เสาและนำเสายึดติดกับตัวโต๊ะ	42
4.3 ติดตั้งวงจรตัวอ่านอาร์เอฟไอดี	43
4.4 ติดตั้งวงจรควบคุมไฟบอกสัญญาณ	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ติดตั้งวงจรควบคุมประแจสลับรางรถไฟ	43
4.6 ติดตั้งจอทัชสกรีนและตัวควบคุมไฟในรางรถไฟ	44
4.7 ติดตั้งวงจรควบคุมความเร็วไฟรถไฟ	44
4.8 ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์กับส่วนประมวลผล	45
4.9 ส่วนประมวลผลการรับค่าจากอาร์เอฟไอดี	45
4.10 หน้าเมนูหลัก	46
4.11 หน้าควบคุมระบบอาณัติสัญญาณ	46
4.12 หน้าควบคุมรถไฟ	46
4.13 หน้าแสดงเส้นทางการเดินรถ	47
5.1 กราฟแสดงความเสถียรของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ	54
5.2 ผลการทดสอบความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ	54
5.3 ผลการทดสอบความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ ขบวน A จำนวน 10 รอบ	55
5.4 ผลการทดสอบความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ ขบวน B จำนวน 10 รอบ	55
ข.1 ดาวน์โหลด Samkool	62
ข.2 กดปุ่ม Next เพื่อเริ่มการติดตั้ง	62
ข.3 กดยืนยันเงื่อนไข	63
ข.4 เลือกที่จัดเก็บไฟล์	63
ข.5 ติดตั้งลงคอมพิวเตอร์	64
ข.6 ดาวน์โหลดเพื่อติดตั้ง	64
ข.7 ติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันระบบรางรถไฟเป็นยานพาหนะที่ขนส่งมวลชนหรือสินค้าที่วิ่งไปตามราง การขนส่งระบบรางเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่โลจิสติก ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความสะดวกให้กับการค้าระหว่างประเทศและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในหลายๆประเทศ แต่ในปัจจุบันระบบรางรถไฟยังต้องใช้เจ้าหน้าที่ในการควบคุมระบบรางรถไฟในการสลับรางหรือบอกตำแหน่งของขบวนรถไฟซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าและอาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้

จึงได้ทำระบบอัตโนมัติสัญญาณสำหรับระบบรางเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบรางรถไฟในปัจจุบันให้สามารถควบคุมได้แบบอัตโนมัติพร้อมยังสามารถระบุตำแหน่งของขบวนรถไฟแต่ละจุดได้และช่วยลดข้อผิดพลาดของเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงาน เพื่อคำนึงถึงความสำคัญของการควบคุมระบบรางแบบอัตโนมัติพร้อมระบุตำแหน่ง เพื่อให้การควบคุมระบบรางรถไฟทำงานได้แบบอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติสัญญาณสำหรับระบบราง

1.3 ขอบเขต

1. สามารถควบคุมการเดินรถของขบวนรถไฟ 2 ขบวน
2. สามารถขับเคลื่อนขบวนรถไฟด้วยระบบไฟฟ้าจากรางรถไฟ
3. สามารถระบุตำแหน่งของขบวนรถไฟแต่ละขบวนได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เจ้าหน้าที่ควบคุมระบบรางรถไฟได้แบบอัตโนมัติ
2. ทำให้เจ้าหน้าที่และผู้โดยสารทราบตำแหน่งของขบวนรถไฟ

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ระบบอาณัติสัญญาณระบบรางควบคุมและกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ และระยะเวลาในการเดินรถของขบวนรถที่อยู่บนทางร่วมเดียวกันรวมทั้งการสับหลักบริเวณสถานีรถไฟ โดยการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบออกแบบให้ทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้พนักงานขับรถไฟสามารถตัดสินใจเดินรถได้อย่างมั่นใจ และไม่ให้เกิดความสับสน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [1]

ชานโตช มิริยาลา และไมเคิล โคลลิซก้า ได้ทำการศึกษาการก่อสร้างและการดำเนินงานของโมเดลต้นแบบรถไฟความเร็วสูง รถไฟลอยตัวด้วยวัสดุตัวนำยิ่งยวดเหนือรางแม่เหล็ก แทร็กแม่เหล็กรูปวงรีถูกสร้างขึ้นในโครงสร้าง S-N-S ที่วางบนแผ่นเหล็ก ขบวนรถไฟถูกสร้างขึ้นด้วยแผ่น โพลีเมอร์ที่เสริมด้วยไฟเบอร์กลาส (FRP) เพื่อสร้างเป็นฐานวางแทร็กเพื่อรักษาอุณหภูมิ ตัวนำยิ่งยวดนั้นถูกทำให้เย็นลงในสนามแม่เหล็กซึ่งให้ความเสถียรสูงในการลอยตัวเนื่องจากการยึดของสนามแม่เหล็กที่แข็งแกร่งของตัวนำยิ่งยวดที่ผ่านกระบวนการหลอม การติดตั้งช่วยให้สามารถทดสอบค่าพารามิเตอร์ เช่น ความเสถียร ความเร็ว และ ความปลอดภัยของรถไฟยิ่งยวด เป็นต้น สำหรับช่องว่างระหว่างรถไฟและแทร็กแม่เหล็ก ผลการทดลองระบุว่ารถไฟที่มีช่องว่าง 1 ถึง 2 มิลลิเมตรไม่สามารถวิ่งได้อย่างเหมาะสม รถไฟที่มีช่องว่าง 10 ถึง 15 มิลลิเมตร จะวิ่งได้มั่นคงบนราง นักวิจัยยืนยันว่าช่องว่าง 5 มิลลิเมตร เป็นระยะที่เหมาะสมที่สุด เพราะแสดงให้เห็นถึงความเสถียรในการวิ่งบนรางอย่างรวดเร็ว ดังนั้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเสถียรภาพของตัวนำยิ่งยวดขึ้นอยู่กับช่องว่างระหว่างรางรถไฟและรถไฟซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับรถไฟ Maglev

2.3 รถไฟระบบทางเดียว และทางคู่มาตรฐาน

2.3.1 รถไฟทางเดียว หมายถึง ทางรถไฟที่เดินรถสวนกันต้องมีการสับราง หรือหยุดรถรอให้รถไฟอีกขบวนหนึ่งไปก่อน ในประเทศไทยจะมีรถไฟทางเดียวร้อยละ 93.08 ของทางรถไฟทั่วประเทศ

2.3.2 รถไฟทางคู่ หมายถึง ทางรถไฟที่สามารถเดินรถสวนกันได้ ปัจจุบันประเทศไทยมีรถไฟทางคู่กว้าง 1.00 เมตร (Meter Gauge) ร้อยละ 4.28 ของทางรถไฟทั่วประเทศ

2.3.3 รถไฟทางคู่ขนาดมาตรฐาน เป็นรถไฟที่มีความกว้างของทางรถไฟ 1.435 เมตร (Standard Gauge) สำหรับรถไฟทางคู่ขนาดมาตรฐานสายแรกของประเทศไทยอยู่ระหว่างการศึกษากำหนดรายละเอียดร่วมทุนก่อสร้างกับสาธารณรัฐประชาชนจีน ปรากฏตามภาพที่ 2.1

2) ส่วนประกอบของทางรถไฟ ในมุมมองของคนทั่วไปบางรถไฟอาจเป็นแค่รางเหล็ก 2 เส้นวางทอดขนานกันไปแต่ถ้ามองแบบช่างรถไฟก็จะเห็นว่ารางเหล็กนั้นวางอยู่บนหมอนรองราง (Sleepers or Ties) มีเครื่องยึดเหนี่ยวราง (Rail fastening device) ทำหน้าที่ยึดรางเหล็กไว้กับหมอน ใต้หมอนลงไปคือหินโรยทาง (Ballast) ทำหน้าที่ยึดหมอนรองรางไว้กับที่และน้ำหนักรถไฟเฉลี่ยลงบนคันเส้นทาง (Embankment) ซึ่งอยู่ใต้ชั้นหินโรยทาง และส่วนที่อยู่ล่างสุดคือพื้นดินเดิมที่จะรับน้ำหนักส่วนของโครงสร้างทางรถไฟส่วนบนไว้ นอกจากนั้นบริเวณสะพานทางเลี้ยวประแจหรือจุดวิกฤตก็จะมีรางอีกคู่หนึ่งวางขนานไปกับรางรับน้ำหนักเรียกว่า รางประคอง (Guard rail) ทำหน้าที่ประคองล้อรถไฟที่อาจพลัดตกจากรางให้อยู่ในขอบเขตจำกัด เพื่อป้องกันไม่ให้ขบวนรถไฟหลุดออกไปทำความเสียหายกับโครงสร้างหรือตกลงจากสะพานสูงตรงบริเวณที่ถนนตัดผ่านทางรถไฟจะมีรางกันไว้สำหรับวัสดุสิ่งแปลกปลอมที่อาจหลุดเข้ามาแทรกอยู่ข้างทาง

ดินคันทาง (Embankment) ทำหน้าที่รับน้ำหนักขบวนรถไฟจากหินโรยทางแล้วถ่ายน้ำหนักขบวนรถไฟทั้งหมดลงบนดินเดิม ดินคันทางที่ได้คัดเลือกคุณสมบัติเพื่อความทนทานในการใช้งานจะถูกบดอัดขึ้นรูปมีลาดเอียงทางด้านข้าง (Slope) แล้วที่ผิวด้านบนมีลาดเอียงออกทางด้านข้างเล็กน้อย (Camber) เพื่อให้ น้ำฝนที่ซึมผ่านหินโรยทางลงมาระบายออกได้สะดวก ระหว่างหินโรยทางกับดินคันทาง ก็อาจจะมียุสคูอื่นคันอยู่ เพื่อให้ดินคันทางมีอายุการใช้งานได้นาน วัสดุเหล่านี้ได้แก่ ทรายหยาบหรือแผ่นวัสดุสังเคราะห์ เพื่อป้องกันไม่ให้ดินคันทางถูกน้ำฝนกัดเซาะโครงสร้างของทางรถไฟจะมีความแตกต่างตามภูมิประเทศที่ทางรถไฟตัดผ่านเข้าไปซึ่งภูมิประเทศที่แตกต่างกันก็จะมีโครงสร้างแตกต่างกัน ได้แก่ ทางรถไฟที่ผ่านแม่น้ำลำคลอง ต้องมีสะพาน (Bridge) ผ่านที่ราบมีน้ำไหลผ่านต้องมีช่องระบายน้ำ (Culvert) ผ่านหุบเขาด้านมีทางถม (Embankment) ผ่านหุบเขาลึกมีสะพานหอย (Viaduct) ผ่านเนินเขาขนาดย่อม ต้องมีทางตัด (Cutting) และผ่านภูเขาขนาดใหญ่ ต้องมีถ้ำหรืออุโมงค์ (Tunnel) เป็นต้น

2.5 ระบบอาณัติสัญญาณ

2.5.1 ระบบอาณัติสัญญาณขั้นพื้นฐาน

เครื่องมือระบบอาณัติสัญญาณมีความจำเป็นมากสำหรับกิจการรถไฟ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ขบวนรถสิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึง คือ เครื่องมือนี้ต้องไม่เป็นอุปสรรคหรือรบกวนขบวนรถไฟและราง นอกจากนี้เครื่องมือระบบอาณัติสัญญาณมีไว้เพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ คือ การรักษาช่วงห่างระหว่างรถคันหน้าและขบวนที่วิ่งตามหลังมา และต้องไม่ยอมให้รถขบวนอื่นวิ่งสวนในทิศทางตรงกันข้ามในตอนระหว่างสถานีที่เป็นเส้นทางเดียว เรียกวิธีนี้ว่า “การควบคุมระยะห่างระหว่างขบวนรถ” เมื่อขบวนรถวิ่งไปบนเส้นทางที่มีการเตรียมทางให้โดยประแจ และสัญญาณมีการทำงานที่สอดคล้องกันในทางที่ได้จัดเตรียมไว้ ขบวนรถก็ไม่สามารถจะวิ่งไปในทางเส้นทางอื่นได้หรือเกิดการตกรางได้ ซึ่ง

เป็นวิธีการที่ทำให้เกิดความปลอดภัยในเดินขบวนผ่านประแจและทางที่ได้มีการจัดเตรียมนี้ เรียกว่า “การควบคุมให้ขบวนรถวิ่งตามเส้นทางที่กำหนดโดยวิธีการเตรียมทาง” จากข้อเท็จจริงที่ว่า “ถ้ารถไฟมีพวงมาลัยและเบรกหยุดได้เหมือนรถยนต์ ก็ไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณ” จึงต้องทำความเข้าใจเรื่องการวิ่งและการทำงานของระบบเบรกของขบวนรถไฟเสียก่อนว่าเหตุใดการสร้างทางรถไฟต้องมีระบบอาณัติสัญญาณที่ยุ้งยากและทำให้ค่าก่อสร้างแพงขึ้น ซึ่งทำให้เกิดคำถามจากบุคคลทั่วไปเสมอว่า เหตุใดการสร้างทางรถไฟจึงแพงกว่าการสร้างถนน นอกจากนั้นยังทำให้การเดินทางรถไฟมีวิธีการที่ยุ้งยากและซับซ้อนกว่าการวิ่งรถยนต์บนถนน และมักเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับระบบการเดินทางรถไฟที่เข้าใจระบบรางอีกด้วย รถรางที่วิ่งในเมืองนอกจากวิ่งช้าแล้ว ยังมีระบบเบรกซึ่งสามารถหยุดขบวนรถได้ใกล้เคียงกับรถยนต์ รถรางจึงไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณและสามารถวิ่งทับเส้นทางไปกับรถยนต์โดยใช้สัญญาณไฟจราจรบนถนนร่วมได้

ข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบระบบสัญญาณรถไฟจึงมาจากระยะเบรกของขบวนรถไฟที่ยาวกว่าระยะเบรกของรถยนต์มาก อย่างไรก็ตาม เมื่อการพัฒนาเทคโนโลยีรถไฟก้าวไกลไปมากแล้ว ระบบสัญญาณก็อาจจะมีข้อกำหนดและวัตถุประสงค์อื่นที่เราลืมหลักการเบื้องต้นว่า “สัญญาณรถไฟมีไว้ให้คนขับรถไฟดูเพื่อที่จะควบคุมขบวนรถไฟให้วิ่งตามอาณัติที่ตกลงกันไว้” ข้อเท็จจริงนี้เราจึงเรียกระบบสัญญาณรถไฟแบบเต็มยศว่า “อาณัติสัญญาณ” ซึ่งหมายถึง สัญญาณที่ได้ตกลงความหมายกันไว้ก่อนแล้ว เช่นไฟเหลือง หมายถึง ให้ระวัง (ในข้อบังคับและระเบียบการเดินทางของการรถไฟแห่งประเทศไทย หมายความว่า ให้ระวังเพราะสัญญาณประจำถัดไปข้างหน้าอาจเป็นไฟแดง) ไฟเขียว หมายถึง ให้นำขบวนรถผ่านไปได้ หรือไฟแดง หมายถึง ให้หยุดขบวนรถ เป็นต้น

ก่อนที่ระบบสัญญาณจะส่งสัญญาณสื่อความหมายออกมาได้ จะต้องอาศัยส่วนประกอบของอุปกรณ์ในระบบการทำงาน นั่นคือเทคโนโลยีเกี่ยวกับอาณัติสัญญาณ ได้แก่ สิ่งทีวิศวกรอาณัติสัญญาณ (Signaling Engineer) คิดค้นขึ้น ในเอกสารการสอนนี้ จะกล่าวหลักการของระบบอาณัติสัญญาณรถไฟ ไรความหมายที่นำมาใช้สื่อสารกับพนักงานขับรถไฟ เพื่อควบคุมขบวนรถไฟภายใต้กรอบของระบบที่จัดวางและตกลงทำความเข้าใจไว้ซึ่งบุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจได้ โดยอาจจะลงลึกไปในรายละเอียดบ้างเท่าที่จำเป็น

2.5.2 ระบบอาณัติสัญญาณในการเดินรถและควบคุม

ระบบอาณัติสัญญาณที่ใช้ในกิจกรรมรถไฟ มีหน้าที่ควบคุม และกำหนดทิศทางการเคลื่อนไหวกของขบวนรถที่วิ่งบนทาง รวมทั้งการสับเปลี่ยนในย่านสถานี เพื่อให้มีความปลอดภัยและประสิทธิภาพ ในสมัยแรกที่เปิดกิจการเดินรถไฟขึ้นนั้น การแจ้งความเคลื่อนไหวกของขบวนรถใช้เครื่องโทรเลขเป็นเครื่องมือติดต่อสอบถาม ส่วนการให้สัญญาณขบวนรถเข้าและออกจากสถานีใช้สัญญาณธงผ้ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าในเวลากลางวัน และตะเกียงสัญญาณในเวลากลางคืน ธงผ้าและตะเกียงสีเขียวหมายความว่า “อนุญาต” ส่วนสีแดง หมายความว่า “ห้าม” ต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็นใช้เสาสัญญาณ

ชนิดทางปลา (Semaphore) ซึ่งบังคับทางปลาให้แสดงท่า “อนุญาต” หรือ “ห้าม” ส่วนการกลับประแจ เพื่อให้ขบวนวิ่งเข้าทางแยกหรือทางหลักที่ต้องการ ทำโดยการโยกคันกลับประแจ ซึ่งจะได้ตั้งสายลวดเหล็กกล้า 2 เส้น ที่ต่อไปยังกลไกที่เสาสัญญาณหรือประแจ หลังจากนั้นได้มีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องสัญญาณประแจกลไฟฟ้า (Electro mechanical interlocking) ซึ่งประกอบด้วย สัญญาณไฟสี (color light signal) แทนสัญญาณชนิดทางปลา การกลับประแจด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า นับว่าเป็นเครื่องที่ให้ความปลอดภัยสูงและรวดเร็วต่อการปฏิบัติงานในย่านใหญ่ ปัจจุบันเครื่องสัญญาณประแจกลที่นับว่าทันสมัยที่สุดที่มีใช้อยู่ในกิจการของการรถไฟ คือ เครื่องสัญญาณประแจกลโกสัมพันธ์กันทางไฟฟ้าทั้งหมด (All relays interlocking) เป็นเครื่องมือที่มีสมรรถนะสูง ในด้านความปลอดภัย รวดเร็ว และสะดวกในการปฏิบัติงาน

ในด้านการควบคุมความเคลื่อนไหวของขบวน เนื่องจากความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง การรถไฟแห่งประเทศไทยใช้ระบบตอนสมบูรณ์ คือ การปล่อยขบวนจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่งครั้งละ 1 ขบวน เมื่อขบวนแรกเข้าสถานีเรียบร้อยแล้ว จึงปล่อยอีกขบวนหนึ่งได้ แต่หากต้องการปล่อยขบวนรถให้เข้าสถานีได้ครั้งละหลาย ๆ ขบวนแล้ว ต้องใช้ระบบบล็อกอัตโนมัติ (automatic block) แทน

สำหรับในกิจการเดินรถ การอนุญาตให้ขบวนรถออกจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีข้างเคียงจะต้องได้รับความร่วมมือ และยินยอม จากนายสถานีทั้ง 2 ด้าน ซึ่งการดำเนินงานดังกล่าวสำหรับกิจการรถไฟ เรียกว่า “การขอและให้ทางสะดวก” มีการใช้เครื่องตราทางสะดวก คือ หลังจากทีนายสถานีได้ขอและได้รับแจ้งทางสะดวกแล้ว นายสถานีที่ขบวนรถจะออกไป จะได้รับลูกตราออกมาจากเครื่องตราทางสะดวกนี้ 1 ลูก เพื่อนำไปมอบให้พนักงานขับรถเป็นหลักฐานว่าได้ทางสะดวกเรียบร้อยแล้ว พนักงานขับรถจะรับลูกตราดังกล่าวไปด้วยแล้วมอบให้นายสถานีข้างหน้า เพื่อใส่คืนตราทางสะดวกให้กลับมาอยู่ในท่าปกติ สำหรับการขอและให้ทางสะดวกครั้งต่อไป แต่ในการดำเนินงานดังกล่าว ทำให้ขบวนรถต้องลดความเร็ว เพื่อรับและส่งลูกตราทางสะดวกการรถไฟฯ จึงได้ติดตั้งเครื่องทางสะดวกชนิดไม่มีลูกตรา เรียกว่า “เครื่องทางสะดวกสัมพันธ์สัญญาณประจำที่” และในปัจจุบันได้เปิดใช้ในเส้นทางสายเหนือถึงสถานีศิลาอาสน์สายใต้ถึงสถานีหัวหิน และสายตะวันออกเฉียงเหนือถึงสถานีนครราชสีมา

ระบบอาณัติสัญญาณในการเดินรถและควบคุมรถไฟในประเทศไทยของการรถไฟแห่งประเทศไทย ออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยสภาพภูมิประเทศ (ความลาดชัน ทางโค้ง สภาพราง) ความหนาแน่นของชุมชน และงบประมาณ โดยระบบที่ใช้มีดังนี้

1) สัญญาณไฟสี ไฟสี มี 2 ระบบ คือ ระบบไฟสีสองท่าใช้ไฟ 2 สี 2 ดวง คือ แดง + เขียว หรือ 3 ดวง คือ เขียว + แดง + เขียว ใช้ในเส้นทางที่รถวิ่งด้วยความเร็วต่ำ เสาสัญญาณจะมีเพียงเสาเข้าเขตใน และเสาออกระบบไฟสีสามท่าใช้ในเส้นทางหลัก โดยจะมีเสาเตือน เสาเข้าเขต ใน

มีไฟสีเหลือง และมีไฟสีขาว 5 ดวงบอกการเข้าประแจของขบวนรถหรือเป็นจอผลึกเหลวบอกหมายเลขของทางหลัก

2) สัญญาณหางปลา เป็นอาณัติสัญญาณแบบดั้งเดิม แต่มีความปลอดภัยสูง เช่นเดียวกับระบบอาณัติสัญญาณประจำที่ชนิดไฟสีแดงเป็น

- ประแจกล ชนิดบังคับด้วยเครื่องกลสายลวด พร้อมสัญญาณ หางปลา มี เสาแบบสมบูรณ์ ประกอบด้วยเสาเตือน เสาเข้าเขตใน เสาออก และเสาออกตัวนอกสุด

- ประแจกล ชนิดบังคับด้วยเครื่องกลสายลวด พร้อมสัญญาณหางปลา มีเสาไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยเสาเข้าเขตใน และเสาออก

- ประแจกลเดี่ยว พร้อมสัญญาณหางปลาเข้าเขตใน

3) หลักเขตสถานี หลักเขตสถานี จะใช้ในสถานีที่มีจำนวนขบวนรถเดินผ่านน้อย หรือสถานีที่มีการติดตั้งระบบอาณัติสัญญาณชนิดอื่นยังไม่สมบูรณ์ โดยหลักเขตสถานีจะตั้งแทนเสาเข้าเขตใน โดยพนักงานขับรถ (พขร.) จะต้องปฏิบัติตามสัญญาณมือหรือสัญญาณวิทยุจากนายสถานี

4) สัญญาณตัวแทน เป็นสัญญาณที่แสดงท่าของสัญญาณคันถัดไป ใช้ใน กรณีที่เป็นทางโค้งไม่สามารถมองเห็นสัญญาณคันหน้าในระยะไกลกว่า 1 กิโลเมตร

- สัญญาณไฟเรียงเป็นแนวนอน หมายความว่า สัญญาณตัวหน้า แสดงท่าห้าม
- สัญญาณไฟเรียงเป็นแนวนอนกระพริบ หมายความว่า สัญญาณตัวหน้าแสดงท่าระวัง
- สัญญาณไฟเรียงเป็นแนวแยง หมายความว่า สัญญาณตัวหน้าแสดงท่าอนุญาต

2.6 ความรู้พื้นฐานรถไฟเอ็นสเกล (N-Scale)

คำว่าเอ็นสเกล หมายถึงโมเดลที่มีขนาด 1/160 ทางฝั่งอเมริกาหรือยุโรป หากเป็นญี่ปุ่นเอ็นสเกลเล็กลงมาอีก 1/150 ในระดับโลกเอ็นสเกล เป็นสเกลที่ได้รับความนิยมน้อยกว่าเอชโอสเกล (HO-Scale) 1/80

2.6.1 ยี่ห้อรถไฟเอ็นสเกลที่ได้รับความนิยม

1) Kato เป็นที่รู้จักแพร่หลายในระดับโลก เพราะไปตั้งบริษัททำตลาดในอเมริกาผลิตรถไฟอเมริกัน และเป็นพันธมิตรกับจุดชมวิวกาไม ผู้ผลิตอุปกรณ์ไดออรามา (Diorama) ชื่อดังระดับโลก

2) Tomix เป็นบริษัทลูกของ Tomy Takara ผู้ผลิตของเล่นอันดับ 1 ในญี่ปุ่น มีชื่อและได้รับความนิยมสูงกับ Kato แต่ในระดับโลก Tomix อาจจะเป็นที่รู้จักน้อยกว่า เพราะเน้นทำตลาดไฟญี่ปุ่น และขายเฉพาะในญี่ปุ่นเท่านั้น

3) Arii – Microace เป็นอีกผู้ผลิตโมเดลชื่อดังของญี่ปุ่นอีกเจ้าหนึ่ง ทำตลาดในญี่ปุ่นเท่านั้นเช่นกัน แต่ผลิต Model ประเภทอื่น ๆ นอกจากรถไฟด้วย

4) Greenmax ผลิตรถไฟ ทำตลาดในญี่ปุ่น เน้นรถไฟเอกชนผลิตไม่มากทำให้มีราคาของค่อนข้างสูงเป็นเจ้าเดียวที่ผลิตรุ่นรถไฟแบบชุดประกอบและชุดที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังผลิตโครงสร้างประกอบไดโอรามาสำหรับเอ็นสเกลที่ได้รับความนิยมสูง

2.6.2 คอนโทรลเลอร์แหล่งจ่ายควบคุมความเร็วรถไฟ



รูปที่ 2.3 ตัวควบคุม หรือ Powerpack Power Unit

สำหรับผู้เริ่มต้นเล่นรถไฟจำลองระบบอนาล็อกนั้นบางท่านอาจจะสงสัยว่าอุปกรณ์ที่เรียกว่าหน่วยจ่ายไฟพาวเวอร์แพ็ค (Powerpack Power Unit) และตัวควบคุมต่างกันหรือเหมือนกันอย่างไร ซึ่งสองตัวที่กล่าวมานั้นเป็นสิ่งเดียวกัน สำหรับ Kato เรียกอุปกรณ์ชิ้นนี้ของตัวเองว่าพาวเวอร์แพ็ค (Powerpack) ขณะที่ทาง Tomix เรียกว่าหน่วยจ่ายไฟแต่ผู้เล่นทั่วไปเรียกว่าตัวควบคุม ดังนั้นจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับราง เพื่อให้มอเตอร์ในตัวรถไฟทำงานและมีลูกบิดปรับกระแสเล็กน้อย ทำให้รถวิ่งช้าหรือเร็ว และสามารถจ่ายไฟให้กับระบบอาณัติสัญญาณอื่น ๆ ตัวควบคุมมีสองยี่ห้อหลัก ๆ ของแบรนด์ญี่ปุ่น คือ Tomix และ Kato

1) ตัวควบคุมยี่ห้อ Tomix มีตัวเลือกหลากหลายระดับกว่า Kato ด้วยใช้ไฟ 220V ได้เลย แบ่งออกเป็น

- ระดับเริ่มต้น TCS N-600 max output 1.0A Controller ตัวพื้นฐานที่สุดของ Tomix มักจัดชุดมากับชุดเริ่มต้นไม่มีวงแหวน CL ปรับแสงสว่างคงที่



รูปที่ 2.4 TCS N-600 max output 1.0A Controller

- ระดับมาตรฐาน TCS N1001CL max output 1.2A พร้อมวงแหวนปรับระบบแสงสว่างคงที่ (CL) Amp เยอะไฟแรงกว่า วิ่งพร้อม ๆ กันสองขบวนได้ดี ยิ่งมีการติดไฟห้องโดยสารหลาย ๆ ตู้สามารถวิ่งรถได้ดีเช่นกัน



รูปที่ 2.5 TCS N1001CL max output 1.2A

- ระดับมาตรฐาน TCS N-DU101-CL max output 1.2A Output น้อยกว่า N1001CL มี Knob ปรับระบบแสงสว่างคงที่แต่หน้าตาและวิธีการควบคุมเป็นแบบเหมือน Joy Densha De Go เพิ่มอารมณ์ให้การเล่นสนุกยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.6 TCS N-DU101-CL max output 1.2A

- ระดับสูง Wireless N-WL10-CL max output 1.2A มี Knob ปรับระบบแสงสว่างคงที่มีสวิตช์สับรางในตัวได้ 4 จุด สามารถต่อตัวป้อนได้สองตัว ข้อดีคือถือไปตรงไหนของสถานที่ก็ได้ แต่ข้อเสียคือมีเสียงดังตอนปรับตลอดเวลาปิดไม่ได้



รูปที่ 2.7 TCS N1001CL max output 1.2A

2) ตัวควบคุมยี่ห้อ Kato ตัวเล็กน้อยกว่า Tomix แบ่งเป็น

- ระดับมาตรฐาน Standard S หน้าตาพื้นฐาน Max output 1.0A (Input 110V)

ต้องใช้วงจรลดแรงดันหรือหาอะแดปเตอร์มาเปลี่ยน



รูปที่ 2.8 Controller Standard S

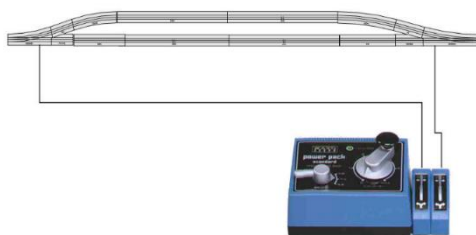
- ระดับ Advance-Hyper DX Max output 2.0A มาพร้อม AC อะแดปเตอร์ ใช้ไฟบ้าน 220V ได้เลย ต่อตัวป้อนออกได้ 2 ชุด พร้อมสวิตช์ปรับทิศทางทั้งสองจุด



รูปที่ 2.9 Hyper DX Max output 2.0A

2.6.3 Point Switch ควบคุมรางสับ

การใช้ Point Switch ควบคุมรางสับหรือประแจตามศัพท์รถไฟไทยสำหรับเอ็นสเกลวิธีการใช้งานไม่ยาก คือ นำตัวสวิตช์ปลั๊กเข้ากับตัวควบคุม ตามรูปที่ 2.10 จากนั้นนำสายจากรางสับเสียบเข้ากับด้านหลังของสวิตช์เป็นอันเสร็จสิ้น สามารถสับรางได้โดยหลักการ คือ สวิตช์ต่อรางสับ 1 ตัว



รูปที่ 2.10 สวิตช์ปลั๊กเข้ากับตัวควบคุม

2.6.4 การซ่อมบำรุงหัวจักรรถไฟ

สำหรับหลาย ๆ ท่านที่เล่นโมเดลรถไฟเอ็นสเกลอยู่นั้นต้องเคยพบปัญหาขบวนรถไฟมีอาการวิ่งกระตุก วิ่งไม่ออก บางขบวนก็มีเสียงดัง เพื่อที่จะให้ขบวนรถไฟวิ่งได้อย่างราบรื่นจึงต้องมีการบำรุงรักษาอยู่เสมอ ซึ่งขั้นตอนการบำรุงรักษามีดังนี้

1) อุปกรณ์ที่ใช้

- แปรงสีฟัน
- ไขควงปลายแหลม
- คีมปลายแหลม

2) แกะลำตัวของรถไฟออก จับให้มันค่อย ๆ บิดลำตัวไว้ ๆ แคร่อกให้ตัวรถไฟค่อย ๆ แยกออกจากนั้นเอานิ้วอีกด้านดึงโครงของตัวรถไฟให้หลุดออกจากกัน อย่าใช้ไขควงหรืออุปกรณ์แหลม ๆ เพราะอาจจะทำให้ตัวรถไฟเป็นรอยได้



รูปที่ 2.11 ตัวรถไฟและโครงสร้างรถไฟ

3) แกะฝาครอบมอเตอร์ออกค่อย ๆ จัดออกให้หลุดที่ละด้านอย่าดึงหรือกระชากออก เพราะอาจจะทำให้สลักพลาสติกหักได้



รูปที่ 2.12 ฝาครอบมอเตอร์

4) ขั้นตอนต่อไปแกะแคร่ออก โดยใช้ปลายไขควงสอดเข้าไปข้าง ๆ จะมีลื่นของมันอยู่ ให้ดันออกทีละนิด



รูปที่ 2.13 การถอดแคร่โดยใช้ไขควงงัด



รูปที่ 2.14 การถอดแคร่

5) จัดการปิดคราบที่ลื้อด้วยแปรงสีฟัน ไม่ต้องใช้น้ำยาทำความสะอาดหรือใส่ก็ได้ปิดคราบตรงเฟืองใต้แคร่ด้วย



รูปที่ 2.15 การทำความสะอาดแคร่

6) แกะภายในแคร่ออกมาปิดด้วย เพราะบางครั้งฝุ่นหรือเศษใยพวงผ้าที่นำมาขัดถูรางเข้ามาติดพันกับเฟืองข้างใน กลายเป็นว่าทำให้เฟืองฝืดถึงแม้ว่าจะหยอดน้ำมันก็ไม่ช่วยอะไรหากไม่ปิดมันออกด้วยวิธีการแกะเอาไขควงจิ้มสลักด้านบนตรงใกล้ ๆ กับก้านรับ เมื่อแกะออกแล้วให้ใช้แปรงทำความสะอาดภายในของแคร่ให้เรียบร้อย



รูปที่ 2.16 การแกะภายในแคร่



รูปที่ 2.17 ชิ้นส่วนของแคร่หลังแกะ



รูปที่ 2.18 การทำความสะอาดภายในแคร์

2.7 อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification: RFID)

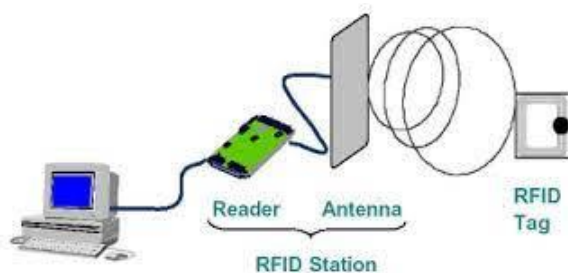


รูปที่ 2.19 อาร์เอฟไอดีและแท็ก

อาร์เอฟไอดี [2] คือ เทคโนโลยีในการบ่งชี้แบบหนึ่ง ที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำมาใช้ติดกับวัตถุต่าง ๆ เพื่อบ่งบอกถึงความเป็นตัวตนเฉพาะเจาะจง หรือเป็นหมายเลขประจำตัว เช่น ใช้แทนฉลาก หรือรหัสแท่ง (Bar Code) ที่ติดกับสินค้า หรือใช้เป็นป้ายที่ติดกับใบหูของสัตว์เลี้ยง การทำงานของอาร์เอฟไอดีอาศัยคลื่นวิทยุ โดยจะมีส่วนประกอบสำคัญ คือ เครื่องอ่านกับแท็ก โดยแท็กจะมีการส่งข้อมูลที่เป็นเอกลักษณ์หรือหมายเลขประจำตัวออกมาเป็นคลื่นวิทยุเมื่อถูกกระตุ้นด้วยกระบวนการบางอย่างจากเครื่องอ่าน สำหรับเครื่องอ่านจะมีส่วนที่รับสัญญาณคลื่นวิทยุได้เพื่อถอดรหัสข้อมูลที่ส่งมาจากแท็ก

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้งานอาร์เอฟไอดีให้มีความสามารถมากขึ้น เช่น การนำไปใช้งานกับบัตรสมาร์ทการ์ดเป็นบัตรสมาร์ทการ์ดแบบไร้หน้าสัมผัส (Contactless Smart Card) ทำให้นอกจากจะมีการรับส่งข้อมูลหมายเลขประจำตัวแล้ว ยังสามารถติดต่อสื่อสารและเขียนอ่านข้อมูลที่มีปริมาณมากกว่าเดิมได้

2.7.1 ส่วนประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี[15]



รูปที่ 2.20 ภาพรวมของระบบอาร์เอฟไอดี

ในระบบอาร์เอฟไอดี มีองค์ประกอบหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ทรานสปอนเดอร์หรือแท็ก (Transponder/Tag) ที่ใช้ติดกับวัตถุต่าง ๆ โดยแท็กที่ว่าจะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้น ๆ ส่วนที่สอง คือ เครื่องสำหรับอ่าน/เขียนข้อมูลภายในแท็ก (Interrogator/Reader) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ตัวอย่างเช่น แท็กในระบบอาร์เอฟไอดีก็ คือ ตัวบาร์โค้ดที่ติดกับฉลากของสินค้า และเครื่องอ่านในระบบอาร์เอฟไอดีก็คือเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบ คือ ระบบอาร์เอฟไอดีจะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการอ่านและเขียน ส่วนระบบรหัสแท่งจะใช้แสงเลเซอร์ในการอ่าน โดยข้อเสียของระบบบาร์โค้ด คือ หลักการอ่านเป็นการใช้แสงในการอ่านแท็กบาร์โค้ด ซึ่งจะต้องอ่านแท็กที่ไม่มีอะไรปกปิดหรือต้องอยู่ในเส้นตรงเดียวกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และอ่านได้ที่ละแท็กในระยะใกล้ ๆ แต่ระบบอาร์เอฟไอดีจะแตกต่างโดยสามารถอ่านค่าแท็กได้โดยไม่ต้องเห็นแท็กหรือแท็กนั้นซ่อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในเส้นตรงกับคลื่นเพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านแท็กในระบบอาร์เอฟไอดียังสามารถอ่านได้หลายแท็กในเวลาเดียวกัน โดยระยะในการอ่านข้อมูลได้ไกลกว่าแบบบาร์โค้ด

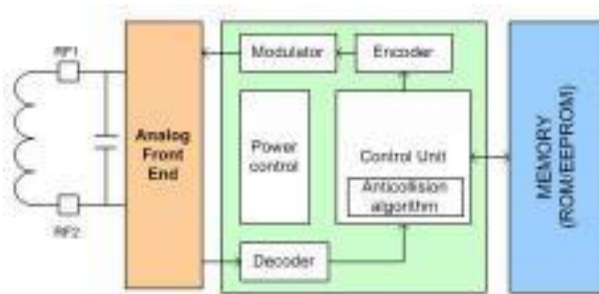
2.7.1.1 แท็ก (Tag)



รูปที่ 2.21 อาร์เอฟไอดีแท็กในรูปแบบต่าง ๆ

โครงสร้างภายในของแท็กประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ขดลวดขนาดเล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างพลังงานป้อนให้ส่วนของไมโครชิป (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุ เช่น รหัสสินค้า โดยทั่วไปตัวแท็กอาจอยู่ในชนิดทั้งเป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำไปติด และมีหลายรูปแบบ เช่น ขนาดเท่าบัตรเครดิต เหยี่ยว กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล เป็นต้น แต่โดยหลักการอาจแบ่งแท็กที่มีการใช้งานกันอยู่ 2 ชนิดใหญ่ ๆ แต่ละชนิดก็จะมี ความแตกต่างกันในแง่ของการใช้งาน ราคา โครงสร้าง และหลักการทำงานอยู่ซึ่งจะขอกล่าวถึงและอธิบายแยกเป็นหัวข้อ ดังนี้

1) แท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ (Passive RFID Tags)

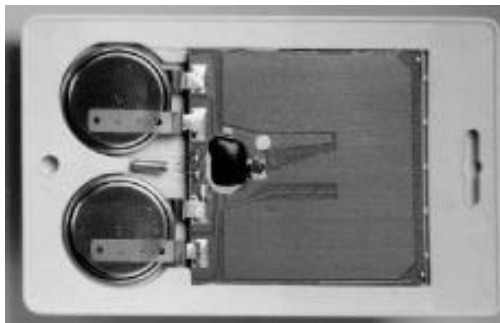


รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมของแท็กแบบพาสซีฟ

แท็กชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอก เพราะภายในแท็กมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กเป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนักระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับความแรงของเครื่องส่ง และคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาดเล็กโดยทั่วไปประมาณ 16 ถึง 1,024 ไบต์ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ

ไอซีของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมามีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นแท่งหรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกัน ส่วนโครงสร้างภายในที่เป็นไอซีของแท็กนั้นก็ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจเป็นแบบรอม (ROM) หรืออีอีพรอม (EEPROM)

2) แท็กอาร์เอฟไอดีที่ใช้งานอยู่ (Active RFID Tags)

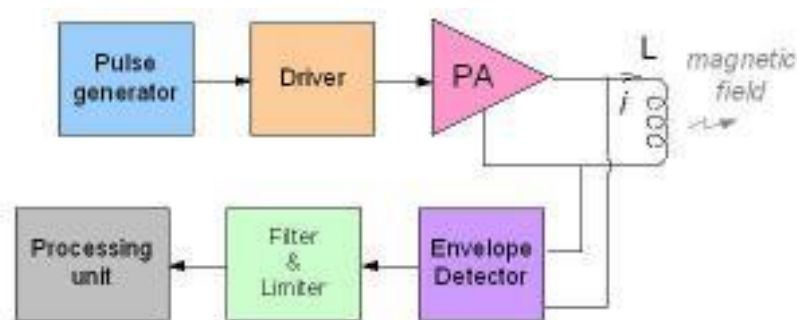


รูปที่ 2.23 แท็กที่ใช้งานอยู่ที่มีแบตเตอรี่ลิเทียม 2 ก้อนอยู่ภายนอก

แท็กชนิดนี้ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน แท็กชนิดนี้มีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 10 เมตร แม้ว่าแท็กจะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสีย เช่น มีราคาต่อหน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด

นอกจากการแบ่งจากชนิดที่กล่าวมาแล้ว แท็กยังถูกแบ่งประเภทจากรูปแบบในการใช้งานได้เป็น 3 แบบ คือ แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-Write) แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-Once Read-Many : WORM) และแบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only) อย่างไรก็ตามแท็กชนิดพาสซีฟนิยมใช้มากกว่า ดังนั้นจึงขอกกล่าวถึงเฉพาะแท็กชนิดนี้เป็นหลัก

2.7.1.2 เครื่องอ่าน (Reader)



รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่าน คือ การเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลลงในแท็กด้วยสัญญาณความถี่วิทยุภายใน เครื่องอ่านจะประกอบด้วยเสาอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดง เพื่อใช้รับส่งสัญญาณภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุและวงจรควบคุมการอ่านเขียนข้อมูล จำพวก

ไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปเครื่องอ่านจะประกอบด้วย ส่วนประกอบหลักดังนี้

- ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ
- ภาคร่างสัญญาณพาหะ
- ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ
- วงจรจูนสัญญาณ
- หน่วยประมวลผลข้อมูล และภาคติดต่อกับคอมพิวเตอร์

2.8 อีเอสพี8266 (ESP8266)



รูปที่ 2.25 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อีเอสพี8266

อีเอสพี8266 [3] คือมอดูล Wi-Fi มีความพิเศษตรงที่สามารถโปรแกรมลงไปได้ นำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย และมีพื้นที่โปรแกรมมากถึง 4MB ทำให้มีพื้นที่เหลือมากในการเขียนโปรแกรมลงไป

อีเอสพี8266 เป็นชื่อของชิปไอซีบนบอร์ดของมอดูล ซึ่งไอซีอีเอสพี 8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (flash memory) ในตัว ซึ่งต้องใช้ไอซีภายนอก (external flash memory) ในการเก็บโปรแกรมที่ใช้ การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอลเอสพีไอ (SPI) ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้มอดูลอีเอสพี8266 มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดอื่น ๆ

อีเอสพี8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3V - 3.6V การนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่น ๆ ที่ใช้แรงดัน 5V ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วย เพื่อไม่ให้มอดูลพังเสียหาย กระแสที่มอดูลใช้งานสูงสุดคือ 200mA ความถี่คริสตัล 40MHz ทำให้เมื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ที่ทำงานรวดเร็วตามความถี่ เช่น LCD ทำให้การแสดงผลข้อมูลรวดเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ยอดนิยมอาดูโน (Arduino) มาก

2.8.1 ข้อดีของบอร์ดโนดเอ็มซียู อีเอสพี8266 (NodeMCU ESP8266) [14]

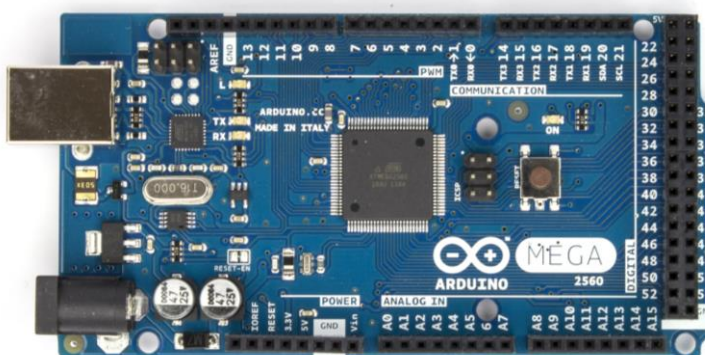
- สามารถกดอัปโหลดภาพร่างได้ เชื่อมต่อบอร์ดยูเอสบี (USB) กับคอมพิวเตอร์ใช้งานง่าย ขนาดของบอร์ดต่อลงโปรโตบอร์ดได้
- ชิปภายในอีเอสพี 8266 มีซีพียู (CPU) ขนาด 32 bit แตกต่างจากอาดูโน ที่เป็นซีพียู 8 บิต

- ถึงแม้ขาอินพุตมีไม่มากเท่าของอาดูโน้แต่สามารถเขียนโปรแกรมลงบนขา GPIO (General Purpose Input/Output: GPIO) ได้ทุกขาพอ ๆ กัน เป็นข้อดีที่เพิ่มมาจากความต้องการใช้ Wi-Fi เชื่อมต่อเมื่อต้องการเล่นอาดูโน้ทำให้ต้องซื้อโมดูล Wi-Fi เพิ่ม นั่นคือโนดเอ็มซียู อีเอสพี8266 มีต้นทุนต่ำกว่ามาก
- มีอุปกรณ์หลายอย่างที่ใช้งานที่แรงดัน +3.3 V เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นสามารถนำโนดเอ็มซียู อีเอสพี8266 มาใช้เชื่อมต่อได้โดยตรง

2.8.2 ข้อมูลทางเทคนิคของโนดเอ็มซียู อีเอสพี8266

- ใช้โมดูลอีเอสพี8266 12อี (ESP8266-12E) ที่ภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต หน่วยความจำแบบแฟลช ความจุ 4 เมกะ ไบต์และโมดูล Wi-Fi ในตัว
- มีชิป CP2102 สำหรับแปลงสัญญาณพอร์ตยูเอสบีเป็นยูเออาร์ที (UART) เพื่อเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับโปรแกรมเฟิร์มแวร์
- ใช้ไฟเลี้ยงภายนอก +5V มีวงจรควบคุมแรงดันไฟเลี้ยงสำหรับอุปกรณ์ 3.3V กระแสไฟฟ้า สูงสุด 800 mA
- มีขาพอร์ตเอสพีไอ สำหรับติดต่อกับเอสดีการ์ด
- มีสวิตช์รีเซ็ต และแฟลชสำหรับโปรแกรมเฟิร์มแวร์ใหม่
- มีอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล (ลอจิก 3.3V) รวม 16 ขา
- มีอินพุตอนาล็อก 1 ช่อง รับแรงดันไฟตรง 0 ถึง +1Vdc เข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นดิจิตอล ความละเอียด 10 บิต

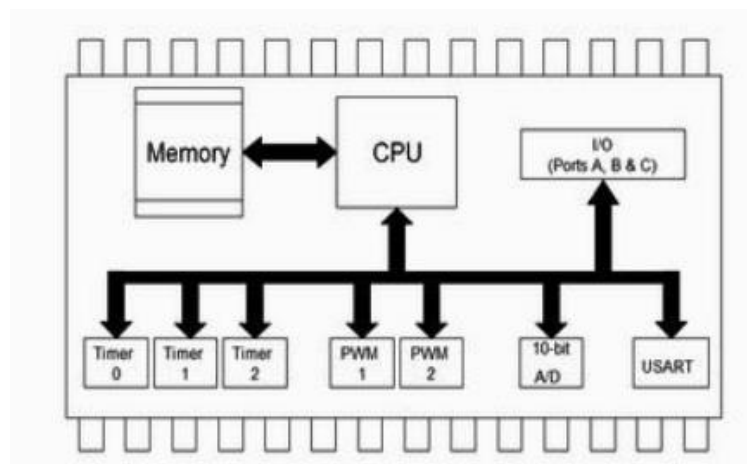
2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์เมกะ 2560 (Microcontroller Mega 2560)



รูปที่ 2.26 ไมโครคอนโทรลเลอร์เมกะ 2560

ไมโครคอนโทรลเลอร์ [4] คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

2.9.1 โครงสร้างทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ [16]



รูปที่ 2.27 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit : CPU) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานหรือประมวลผลตามชุดของคำสั่งเครื่องจาก หน่วยประมวลผลเปรียบเสมือนเป็นสมองของคอมพิวเตอร์ในการทำหน้าที่ตัดสินใจหรือคำนวณจากคำสั่งที่ได้รับมา เช่น การเปรียบเทียบ การกระทำการทางคณิตศาสตร์ ฯลฯ โดยมีกระบวนการพื้นฐาน คือ

- อ่านชุดคำสั่ง (Fetch)
- ตีความชุดคำสั่ง (Decode)
- ประมวลผลชุดคำสั่ง (Execute)
- อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ (memory)
- เขียนข้อมูล/ส่งผลการประมวลกลับ (write back)

2) หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใด ๆ ที่ถูกจัดเก็บไว้ในโปรแกรมหลักจะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่ง คือ หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลจะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (Erasable Electrically Read-Only Memory: EEPROM) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะ คือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เป็นส่วนที่สำคัญมากใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณอาจเป็นการกดสวิทช์นำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุตใช้แสดงผล เช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

4) ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (BUS) คือ เส้นทางในการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนัดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.9.2 ส่วนพิเศษอื่น ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

1) การแปลงข้อมูลอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital) ส่วนภาครับสัญญาณอนาล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิตอล

2) การแปลงข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog) ส่วนภาคส่งสัญญาณดิจิตอลแปลงไปเป็นสัญญาณอนาล็อก

3) ไอทูซี (Inter Integrate Circuit Bus: I2C) เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลิปส์เซมิคอนดักเตอร์ (Philips Semiconductors) โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ ซีเรียลดาต้า (SDA) และสายซีเรียลคล็อก (SCL) ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลายตัวเข้าด้วยกันได้ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น

4) เอสพีไอ (Serial Peripheral Interface: SPI) เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือจะเป็นอุปกรณ์ภายนอกที่มีการรับส่งข้อมูลแบบเอสพีไอ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) โดยปกติแล้วจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์มาสเตอร์ จะต้องควบคุมอุปกรณ์สลาฟ (Slave) ได้ โดยปกติตัวสลาฟ มักจะเป็นไอซี (IC) หน้าที่พิเศษต่าง ๆ เช่น ไอซีอุณหภูมิ ไอซีฐานเวลานาฬิกาจริง (Real-Time Clock) หรืออาจเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ในโหมดสลาฟได้เช่นกัน

5) พัลส์บิลเอม (Pulse Width Modulation: PWM) การสร้างสัญญาณพัลส์แบบ

สแควร์เวฟที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่และดูตีไซเคิล (Duty Cycle) ได้เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์

6) ยูเออาร์ที (Universal Asynchronous Receiver Transmitter: UART) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสสำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบอาร์เอส (RS-232)

2.9.3 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีด้วยกันหลายประเภทแบ่งตามสถาปัตยกรรม (การผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล) ที่ใช้ในปัจจุบัน

- 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC (บริษัทผู้ผลิต Microchip ไมโครชิป)
- 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 (บริษัทผู้ผลิต Atmel, Phillips)
- 3) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR (บริษัทผู้ผลิต Atmel)
- 4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7,ARM9 (บริษัทผู้ผลิตAtmel, Phillips, Analog Device, Sumsung, STMicroelectronics)
- 5) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Basic Stamp (บริษัทผู้ผลิต Parallax)
- 6) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PSOC (บริษัทผู้ผลิต CYPRESS)
- 7) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP (บริษัทผู้ผลิต Texas Intruments)
- 8) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 68HC (บริษัทผู้ผลิต MOTOROLA)
- 9) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล H8 (บริษัทผู้ผลิต Renesas)
- 10) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล RABBIT (บริษัทผู้ผลิต RABBIT SEMICONDUCTOR)
- 11) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z80 (บริษัทผู้ผลิต Zilog)

2.9.4 ภาษาที่ใช้เขียน โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ มีด้วยกันหลายประเภทแบ่งตามสถาปัตยกรรม (การผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล) ที่ใช้ในปัจจุบัน

- 1) ภาษาแอสเซมบลี (Assembly)
- 2) ภาษาเบสิก (Basic)
- 3) ภาษาซี (C)
- 4) ภาษาปาสคาล (Pascal)
- 5) ภาษาจาวา (Java)

และอีกหลากหลายภาษาซึ่งได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง

ภาษา ดังกล่าวที่กล่าวในเบื้องต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์บางตระกูล ใช้ได้ครบทุกภาษา แต่บางตระกูลใช้ได้บางภาษา ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตซอฟต์แวร์ (โดยทั่วไปจะเรียกว่า Editor And Complier) ที่ใช้เขียนภาษาไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะผลิตออกมาให้สนับสนุนหรือไม่

2.10 จอทัชสกรีน



รูปที่ 2.28 Samkoon ea-043a

หน้าจอตชสกรีน [5] เป็นอุปกรณ์สื่อสารระหว่างคนและเครื่องจักร (HMI) แสดงผลในรูปของ Graphic Panel แสดงผลค่าต่าง ๆ บนจอและสามารถสัมผัสหน้าจอเพื่อสั่งงานได้ทันที สำหรับงานอุตสาหกรรมสามารถต่อพ่วงเข้ากับพีแอลซี ได้โดยตรงหลายยี่ห้อ ได้แก่ Omron, Mitsubishi, Panasonic, Keyence, Siemens, AB และอื่น ๆ โดยมีพอร์ต DB9 แบบมัลติฟังก์ชัน (Multi-Function) สามารถต่อได้แบบอาร์เอส232 (RS232) อาร์เอส422 (RS422) อาร์เอส485 (RS485) พร้อมโปรแกรมการออกแบบหน้าจอที่ใช้งานง่ายมีไลบรารี (Library) ให้ใช้งานสามารถออกแบบได้โดยง่าย รวดเร็ว และสวยงาม พร้อมฟังก์ชันใช้งาน HMI ครบครัน สามารถดาวน์โหลดหน้าจอที่ออกแบบไว้ผ่านยูเอสบี สะดวก รวดเร็ว มาพร้อมกับสายยูเอสบีสำหรับดาวน์โหลด และสายอาร์เอส 232 สำหรับติดต่อเข้าบอร์ดพีแอลซี CFX1NxxMT

2.10.1 คุณสมบัติของจอตชสกรีน

1) ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์อื่น ๆ ในลักษณะแบบดิจิทัล โดยมีรูปแบบของสัญญาณให้เลือกหลายแบบ และสามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทุกยี่ห้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อได้ทั้งอุปกรณ์พีแอลซี มาสเตอร์ ตัวควบคุม และอีกมากมายตามการใช้งานนั้น ๆ โดยอุปกรณ์ HMI เพียงตัวเดียวสามารถควบคุม หรืออ่านค่าตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อื่น ๆ ที่เชื่อมต่ออยู่ได้อย่างง่ายดาย ผ่านการเชื่อมต่อทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สายแลน (Lan) หรือ แบบไร้สาย (Wireless)

2) ด้านการเก็บข้อมูล สามารถเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตต่าง ๆ ในรูปแบบไฟล์ เอกซ์เซล (Excel) รวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูล (Data logger) ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ได้อย่างง่ายดาย ทำให้สะดวกในการทราบข้อมูล แม้ไม่ได้อยู่หน้างานไลน์ผลิต

3) ด้านการเชื่อมต่อ

- สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการดูค่า หรือควบคุมกระบวนการผลิตจากระยะไกล โดยการเชื่อมต่อผ่านมือถือ หรือแท็บเล็ต

- ใช้เว็บเบราว์เซอร์มาตรฐานตัวใดก็ได้ในการดูค่าหรือควบคุม โดยหน้าจอแสดงผลโชว์หน้าตาเสมือนว่าอยู่ตรงหน้า
- สามารถส่งข้อความเอสเอ็มเอส (SMS) หรืออีเมล (Email) แจ้งเตือนให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง
- สามารถดูค่าที่หน้าจอ ค่าที่บันทึกไว้ในการ์ดหน่วยความจำ หรือควบคุมแก้ไขเปลี่ยนค่าได้แม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างาน

2.11 รีเลย์ (Relay)



รูปที่ 2.29 รีเลย์ 16 ช่อง

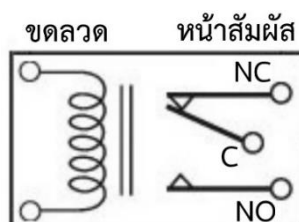
รีเลย์ [6] คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดและต่อวงจร โดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า และการทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้ตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์จะทำให้หน้าสัมผัสติดกัน กลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟก็จะกลายเป็นวงจรเปิด ไฟที่ใช้ป้อนให้กับตัวรีเลย์เป็นไฟที่มาจากเพาเวอร์ฯ ของเครื่อง ดังนั้นทันทีที่เปิดเครื่องทำให้รีเลย์ทำงาน

2.11.1 รีเลย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักดังนี้ [7]

1) ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะกระทั่งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำ เมื่อขดลวดได้รับแรงดันค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนดจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในกระทั่งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2) ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการต่อใช้งาน

2.11.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐานประกอบด้วยดังนี้



รูปที่ 2.30 จุดต่อใช้งานรีเลย์มาตรฐาน

1) จุดต่อ NC (normal close : NC) หมายความว่าปกติปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

2) จุดต่อ NO (normal open : NO) หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด เช่น โคมไฟสนามหน้าบ้าน

3) จุดต่อ C (common) คือ จุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

2.12 มอดูลแปลงสัญญาณ (MAX485 RS485)



รูปที่ 2.31 มอดูลแปลงสัญญาณ

มอดูลแปลงสัญญาณ [8] คือ ชิป MAX485 ออนบอร์ดเป็นตัวรับส่งสัญญาณที่ใช้พลังงานต่ำ และจำกัดอัตราสปีดที่ใช้สำหรับการสื่อสารอาร์เอส485 ทำงานที่แหล่งจ่ายไฟ +5V เดียวและกระแสที่ ได้รับการจัดอันดับคือ 300 μA การใช้การสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เพื่อใช้ฟังก์ชันการแปลงระดับ TTL เป็นระดับอาร์เอส485 สามารถบรรลุอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดที่ 2.5Mbps ตัวรับส่งสัญญาณ MAX485 ดึงกระแสอุปทานระหว่าง 120 μA และ 500 μA ภายใต้เงื่อนไขที่ไม่ได้โหลดหรือโหลด เต็มเมื่อปิดใช้งานไดรเวอร์ ไดรเวอร์ถูก จำกัดสำหรับกระแสไฟฟ้าลัดวงจรและเอาต์พุตของไดรเวอร์ สามารถวางไว้ในสถานะความต้านทานสูงผ่านวงจรปิดความร้อน อินพุตตัวรับสัญญาณมีคุณสมบัติที่ ปลดล๊อคซึ่งรับประกันเอาต์พุตสูงตรรกะหากอินพุตเป็นวงจรเปิด นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพการ ป้องกันการรบกวนที่แข็งแกร่ง

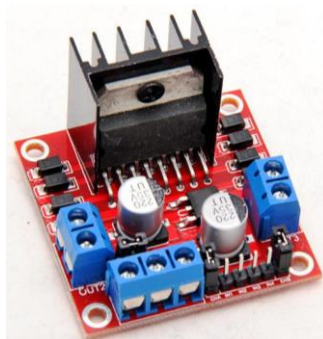


รูปที่ 2.32 การรับส่งแปลงสัญญาณอาร์เอส485

มาตรฐานอาร์เอส485 เป็นมาตรฐานรับและส่งข้อมูลที่เรียกว่าฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half duplex) สามารถรับและส่งข้อมูลได้ครั้งละหนึ่งอย่างเท่านั้นไม่สามารถทำทั้งสองอย่างได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งคล้ายกับลักษณะของวิทยุสื่อสารที่ต้องคอยสลับกันพูดทีละครั้ง สำหรับการรับและส่งข้อมูลดิจิทัลแบบ RS485 นั้น ส่งข้อมูลโดยใช้สายไฟเพียงแค่ 2 เส้นคือ A และ B เป็นตัวบอค่ารหัสดิจิทัล (Digital code) โดยใช้ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้ว A และ B เป็นตัวบอกดังนี้

- เมื่อ $V_a - V_b$ ได้แรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า -200 mV คือสัญญาณดิจิทัลเป็น 1
- เมื่อ $V_a - V_b$ ได้แรงดันไฟฟ้ามากกว่า +200 mV คือสัญญาณดิจิทัลเป็น 0

2.13 มอดูลขับเคลื่อนมอเตอร์แอล298เอ็น (L298n motor driver)



รูปที่ 2.33 มอดูลขับเคลื่อนมอเตอร์แอล298เอ็น

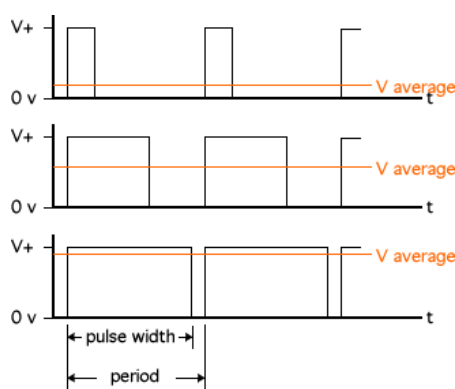
มอดูลขับเคลื่อนมอเตอร์แอล298เอ็น [9] เป็นมอดูลสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ 2 ตัว อิสระต่อกัน สามารถควบคุมโดยสัญญาณเป็น PWM (Pulse Width Modulation) เพื่อควบคุมความเร็วได้ใช้ชิปจากเอสทีคอร์ปอเรชั่น (ST corporation) ติดฮีตซิงก์ (Heat Sink) ระบายความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ 2 ชุดในการทำงานคือ 5V สำหรับเลี้ยงวงจร และไฟ 5V-35VDC สำหรับจ่ายให้มอเตอร์ เหมาะสำหรับนำไปใช้กับหุ่นยนต์ ระบบรถสมาร์ตคาร์ (Smart car) ขับมอเตอร์ต่าง ๆ สามารถใช้งานร่วมกับอาduino หรือ NodeMCU raspberry pi ได้

มอดูลขับเคลื่อนมอเตอร์แอล298เอ็น [10] เป็นชุดขับเคลื่อนชนิด H-Bridge ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ช่อง วงจร H-Bridge ของแอล298เอ็นจะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ PWM

PWM [11] หมายถึง การควบคุมพลังงานที่ส่งออกไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม เช่น ความเร็วมอเตอร์ ความสว่างของไฟแอลอีดี โดยปกติหมายถึงการลดแรงดันที่ส่งออกไปยังมอเตอร์ แต่การลดแรงดันนั้นเป็นแนวทางที่ต้องใช้วงจรที่ซับซ้อนมีความยุ่งยากค่อนข้างมาก ดังนั้นโดยทั่วไปจึงนิยมใช้เทคนิคที่เรียกว่า Pulse Width Modulation (PWM) ซึ่งไม่ได้ลดแรงดัน หากแต่ใช้หลักการ

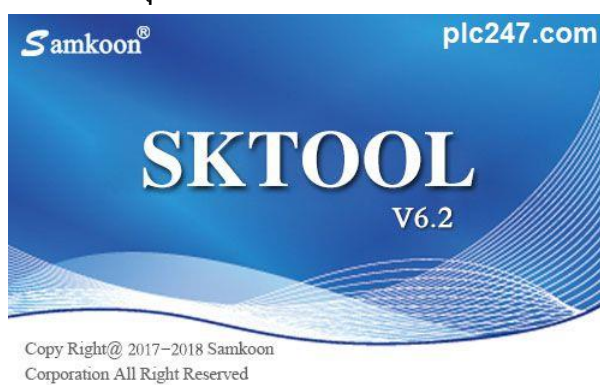
เปิดและปิดมอเตอร์ด้วยความเร็วสูง จนผลค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ได้ออกมาเทียบเท่ากับการเปลี่ยนแรงดันโดยตรง เทคนิคนี้ทำให้ไม่ต้องใช้วงจรซับซ้อน แต่การเขียนโปรแกรมจะยุ่งยากขึ้นบ้าง

PWM นั้นโดยทั่วไปจะมีการสร้างลูกคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ออกมาโดยกำหนดคาบของสัญญาณ (Period) ให้สั้น ซึ่งปกติคาบจะจะมีค่าไม่เกิน 33 ms (30 Hz) สำหรับการทดลองทั่วไป และอาจมีค่าน้อยถึง 0.01 ms (100KHz) หรือน้อยกว่าในงานอุตสาหกรรมบางชนิด หลักการสำคัญของ PWM คือการปรับเปลี่ยนความกว้างของลูกคลื่นในแต่ละคาบ โดยถาลูกคลื่นสั้นก็จะทำให้แรงดันเฉลี่ยที่ออกมามีค่าน้อย และเมื่อลูกคลื่นยาวแรงดันเฉลี่ยก็จะมีค่ามากขึ้น จากรูปที่ 2.34 V เฉลี่ย (เส้นสีส้ม) จะสูงหรือต่ำขึ้นขึ้นอยู่กับความกว้างของลูกคลื่น ซึ่งความกว้างของลูกคลื่นนี้เรียกว่า pulse width



รูปที่ 2.34 ลูกคลื่นยาวแรงดันเฉลี่ย

2.14 โปรแกรมออกแบบการควบคุม SKTOOL



รูปที่ 2.35 SKTOOL V6.2

โปรแกรมออกแบบการควบคุม SKTOOL [5] เป็นโปรแกรมที่สามารถทดสอบการทำงานของหน้าจอต่อกแบบไว้ก่อนจะใช้งานจริงได้ง่ายโดยไม่ต้องต่อฮาร์ดแวร์จริง และในโหมดการจำลองแบบออนไลน์สามารถเข้าถึง PLC ได้เหมือนกับการทำงานจริงส่งหรือรับค่าจาก PLC เข้ามาทดสอบก่อนในคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องดาวน์โหลดลงหน้าจจริง

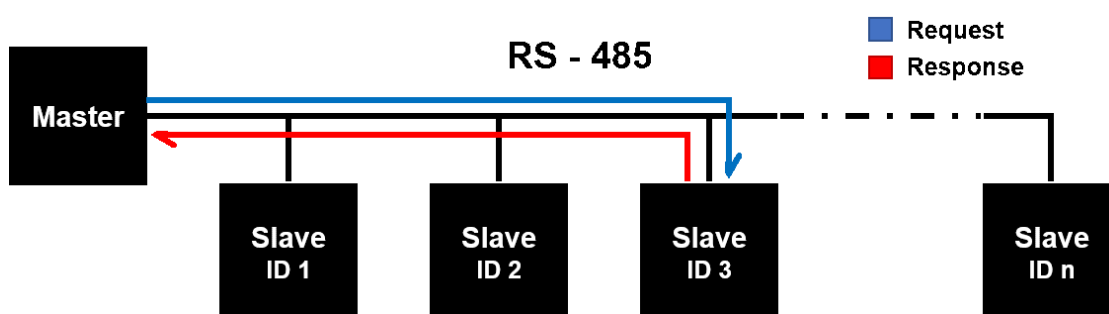
2.15 โพรโทคอลมอดบัส (Modbus) [17]

การสื่อสารตามมาตรฐานมอดบัส เป็นหนึ่งในมาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communications protocol) ที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบอัตโนมัติอุตสาหกรรม (Industrial Automation Systems: IAS) เพื่อสร้างการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) อุปกรณ์เครื่องกล อุปกรณ์ขับเคลื่อน (Actuator) หน่วยตรวจวัดระยะไกล (Remote Terminal Unit : RTU) รวมถึงระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมและแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ (Supervisory control and Data acquisition: SCADA) มอดบัสถูกพัฒนาขึ้นในปีค.ศ. 1979 โดยบริษัท Modicon (ปัจจุบันคือ Schneider Electric) เป็นโพรโทคอลที่ถูกใช้กันอย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมเนื่องจากความง่ายในการใช้งานและมีความน่าเชื่อถือ

ในปัจจุบันนี้การสื่อสารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบคือมอดบัสอาร์ทียู (Modbus RTU) และมอดบัสทีซีพี (Modbus TCP) โดยความแตกต่างอยู่ที่โพรโทคอลการสื่อสารที่ใช้ในระบบมอดบัสอาร์ทียูใช้โพรโทคอลการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial-based Protocol) ในขณะที่ระบบมอดบัสทีซีพีใช้โพรโทคอลการสื่อสารแบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet-based Protocol) ซึ่งทั้งสองแบบจะแตกต่างกันตรงที่ความเร็วและระยะทางในการรับส่งข้อมูล โดยมอดบัสอาร์ทียูสามารถรับส่งได้ระยะทางสูงสุดถึง 1.2 กิโลเมตร (ที่ความเร็ว 57.6 kbps) ในขณะที่มอดบัสทีซีพีสามารถรับส่งได้ที่ความเร็ว สูงสุดถึง 100 Mbps (ที่ระยะทาง 100 เมตร)

2.15.1 มอดบัสอาร์ทียู

มอดบัสอาร์ทียู คือ โพรโทคอลที่ใช้การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial-based Protocol) ด้วยสถาปัตยกรรมการสื่อสารแบบมาสเตอร์ และสเลฟหรืออาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ สเลฟจะไม่ส่งข้อมูล (Response) กลับมาจนกว่าจะมีการร้องขอ (Request) จากอุปกรณ์มาสเตอร์ดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 การสื่อสารแบบอนุกรมด้วยอาร์เอส485 สำหรับมอดบัสอาร์ทียู

มอดบัสอาร์ทียู โดยทั่วไปจะการใช้การสื่อสารในระดับกายภาพ (Physical Layer) แบบอาร์เอส232 หรือ อาร์เอส485 ข้อมูลในโปรโทคอลมอดบัส ถูกเก็บ 4 รูปแบบ คือ

- เอาต์พุตคอยล์ (Output coils)
- อินพุตคอนแทค (Input contacts)
- อินพุตรีจิสเตอร์ (Input registers)
- โฮลดิ้งรีจิสเตอร์ Holding registers

โดยเอาต์พุตคอยล์ และอินพุตคอนแทค แต่ละแอดเดรสเก็บค่าเพียง 1 บิต หรือมีค่า 0 กับ 1 เปรียบเสมือนค่าการเปิดและปิดของอุปกรณ์รีเลย์และสวิตช์ที่พบได้ในระบบงานอัตโนมัติอุตสาหกรรม ในขณะที่อินพุตรีจิสเตอร์ และโฮลดิ้งรีจิสเตอร์ สามารถเก็บค่าเป็นตัวเลขได้ถึง 16 บิต เปรียบเสมือนค่าที่มาจากอุปกรณ์ตรวจวัดที่ส่งข้อมูลแบบอนาล็อก

การสื่อสารของข้อมูลในระบบมอดบัสอาร์ทียูรับส่งเป็นชุดข้อมูล โดยทีใน 1 ชุดข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยส่วน 6 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.37

Field Name	Bit length	Function
Start	28	At least 3.5 character times of silence (mark condition)
Address	8	Station address
Function	8	Indicates function code eg. read coils/holding registers
Data	n x 8	Data + length will be filled depending on message type
CRC	16	Cyclic Redundancy Check
End	28	At least 3.5 character times of silence between frames

รูปที่ 2.37 ชุดข้อมูลสำหรับการสื่อสารมอดบัสอาร์ทียู

- 1.1) เริ่มต้นด้วยชุดบิตเริ่มต้น (Start bits) อ้างอิงถึงการเริ่มต้นชุดข้อมูล
- 1.2) ค่าตำแหน่งแอดเดรส (Address) ของอุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารด้วย
- 1.3) ชุดสำหรับรหัสฟังก์ชัน (Function Code)
- 1.4) ข้อมูลที่ต้องการ (Data)
- 1.5) ชุดข้อมูลตรวจสอบความผิดพลาด (Cyclic Redundancy Check : CRC)
- 1.6) ชุดบิตปิดท้าย (End bits) อ้างอิงถึงการสิ้นสุดข้อมูล

1) ฟังก์ชันการทำงานสำหรับมอดบัสอาร์ทียู (Function code)

ชุดฟังก์ชันการทำงานสามารถแบ่งหน้าที่ต่างๆ ได้ตามรหัส หรือฟังก์ชันโค้ดรายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3 โดยหลัก ๆ แล้วจะมีฟังก์ชันการทำงานอยู่ 2 แบบ คือ การอ่าน (Read) และเขียน (Write) โดยสามารถเลือกที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลไปยังคอยล์หรือติดต่อสำหรับข้อมูลแบบดิจิทัล หรือ 0 กับ 1 และรีจิสเตอร์สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลแบบอนาล็อก โดยมีขนาด 16 บิต หรือ ตั้งแต่ 0000 ถึง FFFF

Function Code (DEC)	Action	Data Type	Object Type
01	Read	Single bit	Output Coils
05	Write Single	Single bit	Output Coils
15	Write Multiple	Single bit	Output Coils
02	Read	Single bit	Input Contacts
04	Read	Word (16bit)	Input Registers
03	Read	Word (16bit)	Holding Registers
06	Write Single	Word (16bit)	Holding Registers
16	Write Multiple	Word (16bit)	Holding Registers

รูปที่ 2.38 รายละเอียดชุดข้อมูลฟังก์ชันโค้ด

2) ตำแหน่งแอดเดรสของมอดบัสอาร์ทียู (Address)

ตำแหน่งแอดเดรสในมอดบัสอาร์ทียูมีขนาด 16 บิต หรือ 65535 ตำแหน่ง ในแต่ละรูปแบบการทำงาน ดังรูปที่ 2.39

- เอาต์พุตคอยล์ : ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 000001
- อินพุตคอนแทค : ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 100001
- อินพุตรีจิสเตอร์ : ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 300001
- โฮลดิ้งรีจิสเตอร์ : ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 400001

สำหรับอุปกรณ์รุ่นเก่าอาจจะได้เพียง 9999 ตำแหน่งในแต่ละช่วง

Register Number (DEC)	Register Address (HEX)	Extended Register Number (DEC)	Extended Register Address (HEX)	Type	Object Type
00001-09999	0000 to 270E	000001-065535	0000 to FFFF	Read-Write	Output Coils
10001-19999	0000 to 270E	100001-165535	0000 to FFFF	Read-Only	Input Contacts
30001-39999	0000 to 270E	300001-365535	0000 to FFFF	Read-Only	Input Registers
40001-49999	0000 to 270E	400001-465535	0000 to FFFF	Read-Write	Holding Registers

รูปที่ 2.39 ตำแหน่งแอดเดรสในมอดบัสอาร์ทียูโดยแบ่งตามรูปแบบการทำงาน

3) ชุดข้อมูล (Data)

ในส่วนชุดข้อมูลชุดข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่

- ชุดคำสั่งสำหรับการอ่าน (Read Command) ตามรูปที่ 2.40
- ชุดคำสั่งสำหรับการเขียน (Write Command) ตามรูปที่ 2.41

โดยชุดคำสั่งทั้ง 2 จะถูกส่งจากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Master เท่านั้น เพื่อส่งไปยังอุปกรณ์ Slave ที่ต้องการสื่อสาร

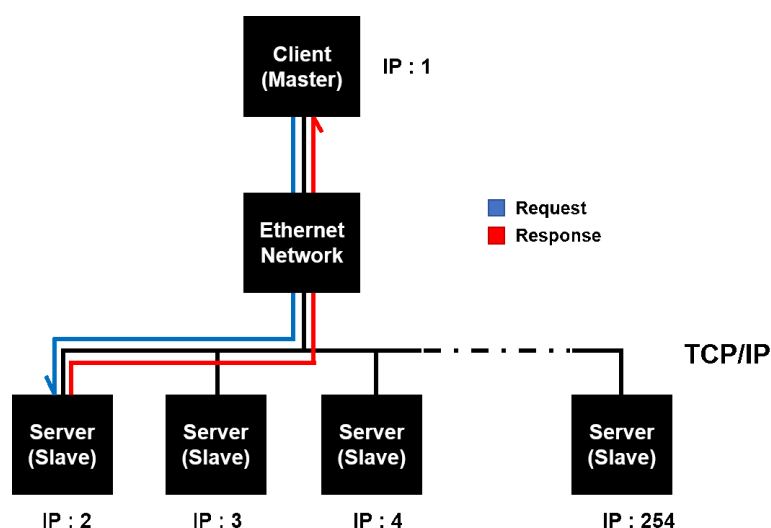
Read Command	
Request Message	start register address (2 bytes) + no. of registers (2 bytes)
Response Message	byte count (1 byte) + data (no. of registers * 2 bytes)

รูปที่ 2.40 ชุดคำสั่งสำหรับการอ่าน (Read Command)

Write Command	
Request Message	start register address (2 bytes) + no. of registers (2 bytes) + byte count (1 byte) + data (no. of registers * 2 bytes)
Response Message	start register address (2 bytes) + no. of registers (2 bytes)

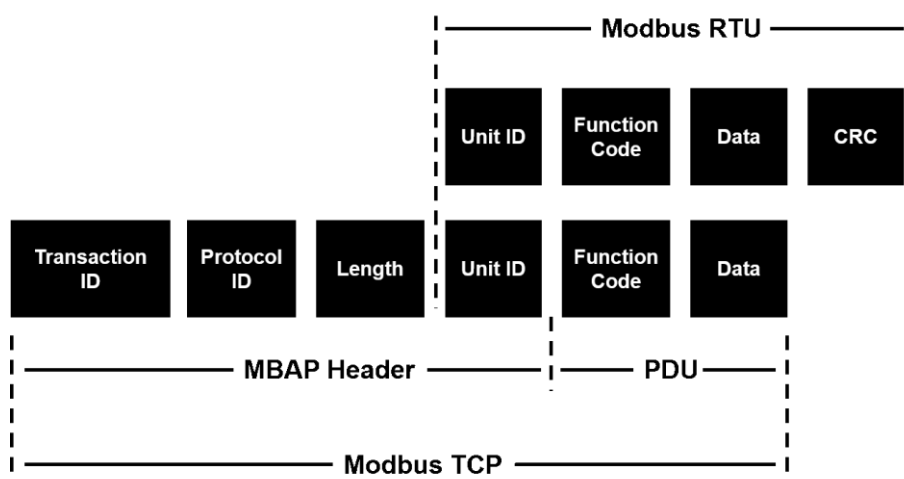
รูปที่ 2.41 ชุดคำสั่งสำหรับการเขียน (Write Command)

2.15.2 มอดบัสที่ซีพี



รูปที่ 2.42 การสื่อสารแบบอีเทอร์เน็ตสำหรับมอดบัสที่ซีพี

มอดบัสทีซีพี คือ โพรโทคอลที่ครอบมอดบัสทีซีพี เพื่อใช้การสื่อสารแบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet-based protocol) ด้วย TCP/IP (Transmission control protocol) ที่พอร์ต (Port) 502 แทนการใช้การสื่อสารแบบอนุกรม ดังรูปที่ 2.42 ทำให้อุปกรณ์สามารถสร้างการสื่อสารผ่านเครือข่ายเฉพาะบริเวณ (Local area network: LAN) หรือ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet network) รวมไปถึงการเชื่อมต่อแบบไร้สาย (Wireless) โดยมีอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Router หรือ Access point) เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อชุดข้อความในมอดบัสทีซีพี (รายละเอียดดังรูปที่ 2.43 และ 2.44) เริ่มต้นข้อมูลด้วย Modbus application protocol (MBAP) Header ซึ่งประกอบด้วย Transaction ID, Protocol ID, Length, Unit ID ซึ่งเพิ่มเติมขึ้นมาจากมอดบัสอาร์ทียู ส่วนชุดข้อมูลรหัสฟังก์ชันและข้อมูลยังคงเหมือนเดิม ยกเว้นชุดข้อมูลซีอาร์ซี (CRC) สำหรับเช็คความผิดพลาดจะไม่มี แต่เปลี่ยนไปใช้ของอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ในสื่อกลางของการส่งข้อมูล (Data link layer) แทน



รูปที่ 2.43 ส่วนประกอบชุดข้อมูลของมอดบัสทีซีพีเทียบกับมอดบัสอาร์ทียู

Area Name		Area Size	Description
MBAP header (MODBUS [®] application header)	Transaction ID	2 bytes	Used by the master for matching of the response message from the slave.
	Protocol ID	2 bytes	Indicates the protocol of the PDU (protocol data unit). Stores 0 in the case of MODBUS [®] /TCP.
	Message length	2 bytes	Stores the message size in byte unit. The message length after this field is stored. (See the above figure.)
	Module ID	1 byte	Used to specify the slave connected to the other line, e.g. MODBUS [®] serial protocol.
PDU (Protocol data unit)	Function code	1 byte	The master specifies the processing to be performed for the slave.
	Data	1 to 252 bytes	[When master sends request message to slave] Stores the requested processing. [When slave sends response message to master] Stores the result of processing execution.

รูปที่ 2.44 รายละเอียดของแต่ละฟิลด์ในหนึ่งเฟรมของมอดบัสทีซีพี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานเป็นกระบวนการที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องมีการควบคุมขั้นตอนลำดับการทำงานให้ตรงกับแผนที่วางไว้มากที่สุด เนื่องจากหากไม่มีการควบคุมให้ตรงกับแผนที่วางไว้จะส่งผลกระทบต่องานเป็นอย่างยิ่งเพราะจะทำให้งานล่าช้าและอาจส่งผลกระทบต่อให้กับงานอื่น ๆ ภายหลังได้

3.1 แผนการดำเนินงาน

กระบวนการดำเนินงานที่ดีย่อมเริ่มต้นจากการวางแผนดำเนินงานที่ดีเสมอการวางแผนการดำเนินงานอาจเรียกได้ว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดเนื่องจากสามารถประเมินความสำเร็จของโครงการได้ล่วงหน้าอีกทั้งยังเป็นส่วนควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ให้อยู่ภายในขอบเขตของแผนการดำเนินงานได้

การวางแผนดำเนินงานอาณัติสัญญาสำหรับระบบราง เพื่อที่จะได้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการจัดทำโครงการและในส่วนของแผนการดำเนินงานส่วนอื่น ๆ มีรายละเอียดดังตาราง 3.1 ดังนี้

- 3.1.1 การศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล
- 3.1.2 วางแผนและออกแบบระบบ
- 3.1.3 พัฒนาระบบ
- 3.1.4 ทดสอบการทำงาน
- 3.1.5 ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด
- 3.1.6 สอบโครงการ
- 3.1.7 ส่งระบบพร้อมรูปเล่มฉบับสมบูรณ์

ตาราง 3.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ

กิจกรรม		พ.ศ.2562		พ.ศ.2563										พ.ศ.2564						
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
3.1.1	P	-----																		
	A	=====																		
3.1.2	P			-----																
	A				=====															
3.1.3	P				-----															
	A				=====															
3.1.4	P									-----										
	A									=====										
3.1.5	P										-----									
	A										=====									
3.1.6	P																-----			
	A																=====			
3.1.7	P																	-----		
	A																		=====	

----- แสดงแผนการดำเนินงาน

===== แสดงการดำเนินงานจริง

3.2 วิเคราะห์ระบบ

3.2.1 สรรพสิ่งสำหรับตัวรับรู้มีรายละเอียดดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 สรรพสิ่งสำหรับตัวรับรู้

มอดูล :	สรรพสิ่งสำหรับตัวรับรู้
ผู้วิเคราะห์ :	นางสาวฐานิกา ปานงาม นายปริเมศวร์ เจริญสงค์
วันที่ :	21 พฤษภาคม 2564
ความต้องการ :	<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถอ่านค่าจากอาร์เอฟไอดีได้ 2. สามารถระบุตำแหน่งของรถไฟแต่ละขบวนได้

3.2.2 ควบคุมระบบอาณัติสัญญาณมีรายละเอียดดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 ควบคุมระบบอาณัติสัญญาณ

มอดูล :	ควบคุมระบบอาณัติสัญญาณ
ผู้วิเคราะห์ :	นางสาวฐานิกา ปานงาม นายปริเมศวร์ เจริญสงค์
วันที่ :	21 พฤษภาคม 2564
ความต้องการ :	<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถควบคุมไฟบอกสัญญาณได้ 2. สามารถควบคุมประแจรถไฟได้

3.2.3 ควบคุมรถไฟมีรายละเอียดดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 ควบคุมรถไฟ

มอดูล :	ควบคุมรถไฟ
ผู้วิเคราะห์ :	นางสาวฐานิกา ปานงาม นายปริเมศวร์ เจริญสงค์
วันที่ :	21 พฤษภาคม 2564
ความต้องการ :	<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถควบคุมความเร็วรถไฟได้แต่ละขบวนได้ 2. สามารถควบคุมทิศทางการเดินรถไฟได้แต่ละขบวนได้

3.2.4 ส่วนโปรแกรมประยุกต์รายละเอียดดังตาราง 3.5

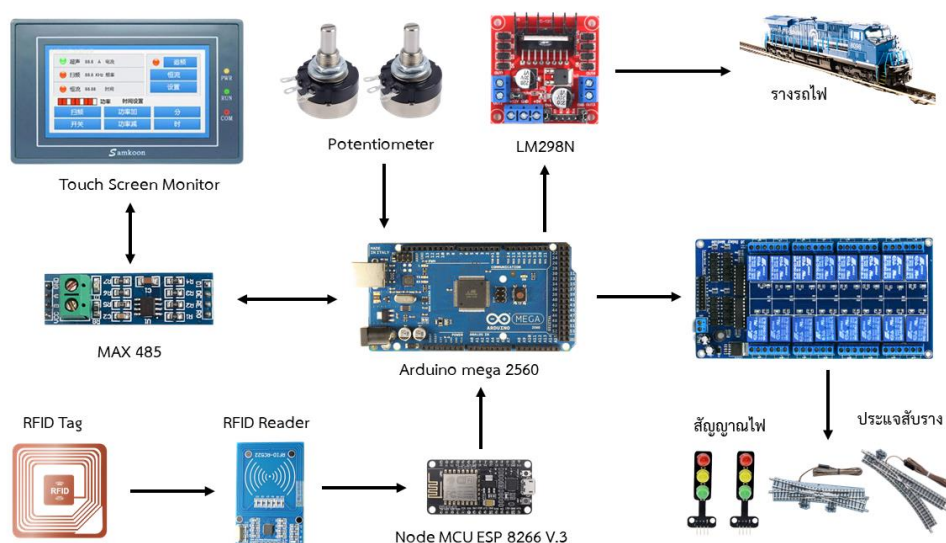
ตาราง 3.5 ส่วนโปรแกรมประยุกต์

มอดูล :	ส่วนโปรแกรมประยุกต์
ผู้วิเคราะห์ :	นางสาวฐานิกา ปานงาม นายปริเมศวร์ เจริญสงค์
วันที่ :	21 พฤษภาคม 2564
ความต้องการ :	<ol style="list-style-type: none"> 1. สามารถควบคุมแบบอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยตัวเองได้ 2. แสดงสถานะของไฟบอกสัญญาณ 3. แสดงเส้นทางและตำแหน่งของรถไฟ 4. แสดงค่าความเร็วของรถไฟ

การออกแบบเป็นขั้นตอนสำคัญในการจัดทำแอนติสัญญาณสำหรับระบบราง ซึ่งต้องคำนึงความปลอดภัยและลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบโครงสร้างของรถไฟจำลอง เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ควบคุมซึ่งขั้นตอนในการออกแบบมีดังนี้

1. โครงสร้างรถไฟจำลอง 1 : 6
2. อุปกรณ์ส่วนควบคุม
 - 1) Arduino MEGA 2560 1 ตัว
 - 2) Node MCU ESP 8266 V.3 15 ตัว
 - 3) RFID Reader 15 ตัว
 - 4) RFID Tag 2 ตัว
 - 5) โมดูลแปลงสัญญาณ MAX 485 RS 485 1 ตัว
 - 6) จอทัชสกรีน Samkoon HMI 1 จอ
 - 7) โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N 1 ตัว
 - 8) แหล่งจ่ายพลังงาน (Switching Power Supply) 220V to 12V 20A 120W 2 ตัว
 - 9) มอดูลรีเลย์ 16 ช่อง 2 ชุด
 - 10) ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10KΩ 2 ตัว
3. ซอฟต์แวร์
 - 1) โปรแกรม Satool
 - 2) โปรแกรม Arduino IDE

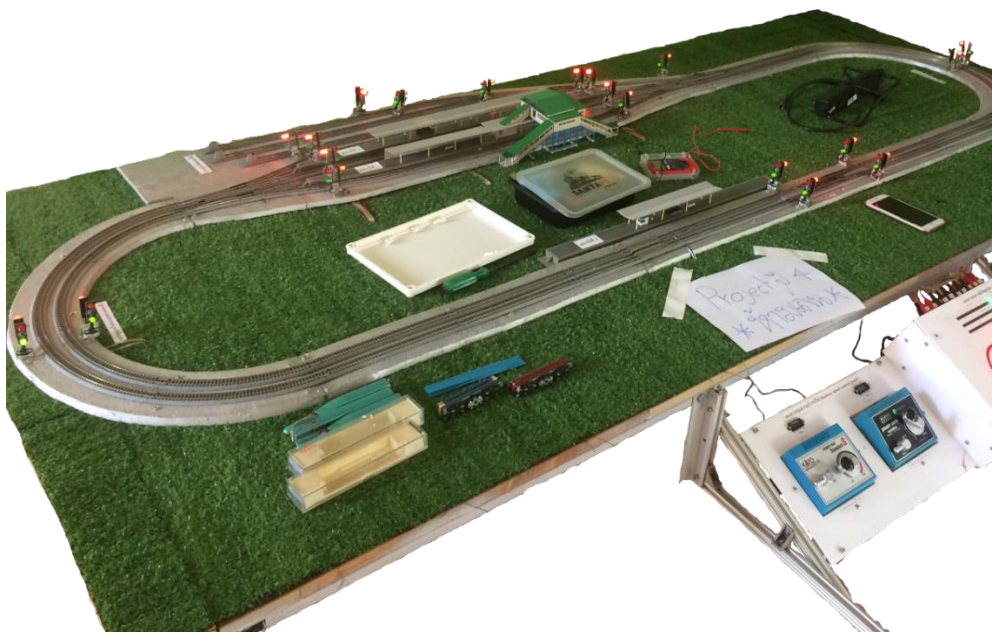
4. การออกแบบการทำงานโดยรวมของแอนติสัญญาณรถไฟด้วยวิธีการประมวลผลภาพสำหรับการสำรวจ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การออกแบบการทำงานโดยรวมของแอนติสัญญาณรถไฟ

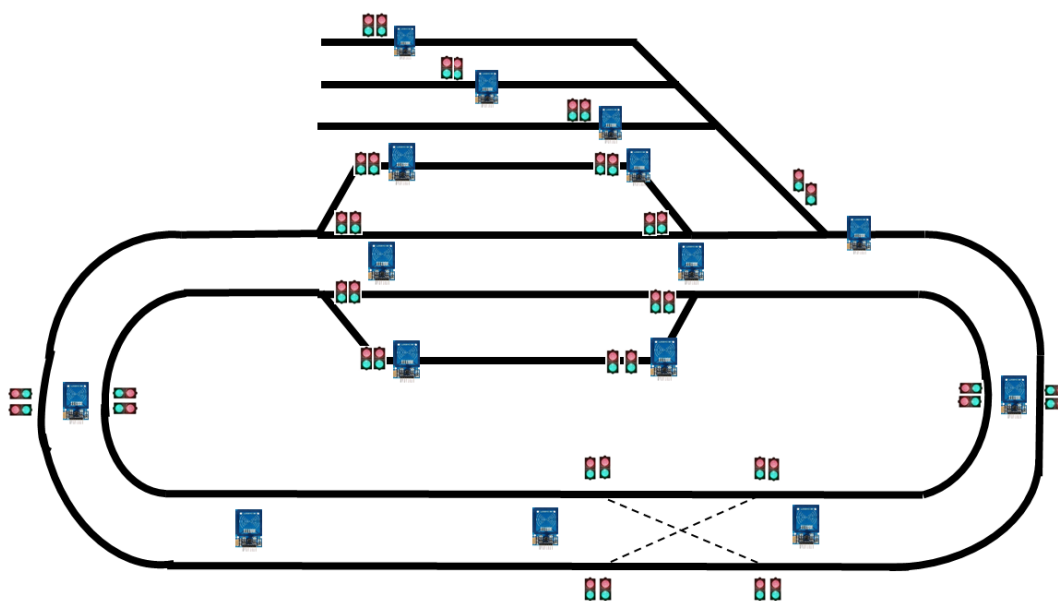
3.3 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุม

3.3.1 โครงสร้างรถไฟจำลองขนาด 1 : 6 ซึ่งการเดินทางรถไฟต้องจ่ายไฟเข้าตัวรางเท่านั้นเพื่อขับเคลื่อนตัวรถไฟ



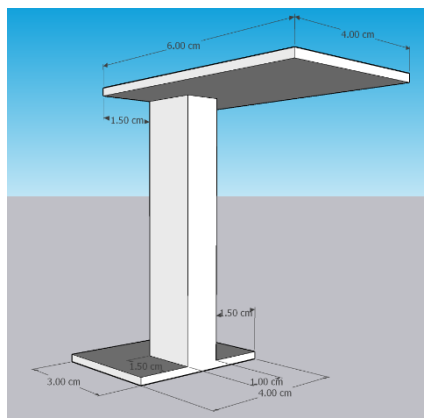
รูปที่ 3.2 โครงสร้างรถไฟจำลองขนาด 1 : 6

3.3.2 จำลองการติดตั้งไฟสัญญาณและเสาอาร์เอฟไอดีก่อนติดตั้งจริง เพื่อคำนวณอุปกรณ์ไฟสัญญาณและตัวอาร์เอฟไอดีในการติดตั้งจริง



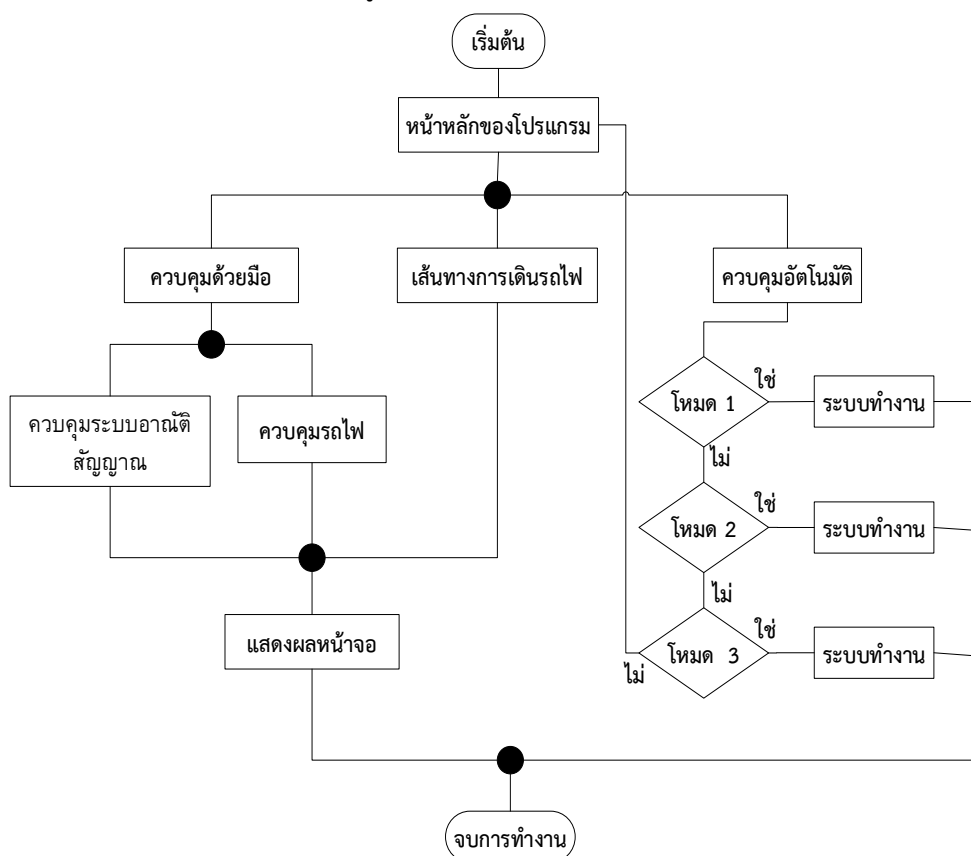
รูปที่ 3.3 จำลองการวางไฟสัญญาณและอาร์เอฟไอดี

3.3.4 ออกแบบจำลองเสาอาร์เอฟไอดีให้รองรับการติดตั้งอาร์เอฟไอดี เพื่อใช้ในการติดตั้งลงบนชิ้นงาน



รูปที่ 3.4 เสาอาร์เอฟไอดีจำลอง

3.3.5 อุปกรณ์อ่านติสัญญานเริ่มต้นการทำงานจากผู้เข้าสู่หน้าหลักโปรแกรมผ่านทางจอทัชสกรีน จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกโหมดการใช้งานโดยมี 2 การใช้งาน คือ 1.การใช้งานแบบควบคุมมือ ผู้ใช้ต้องควบคุมอ่านติสัญญานด้วยตัวเองทั้งหมด 2.การใช้งานแบบอัตโนมัติ ผู้ใช้สามารถเลือกโหมดเพื่อให้รถไฟวิ่งตามที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.5

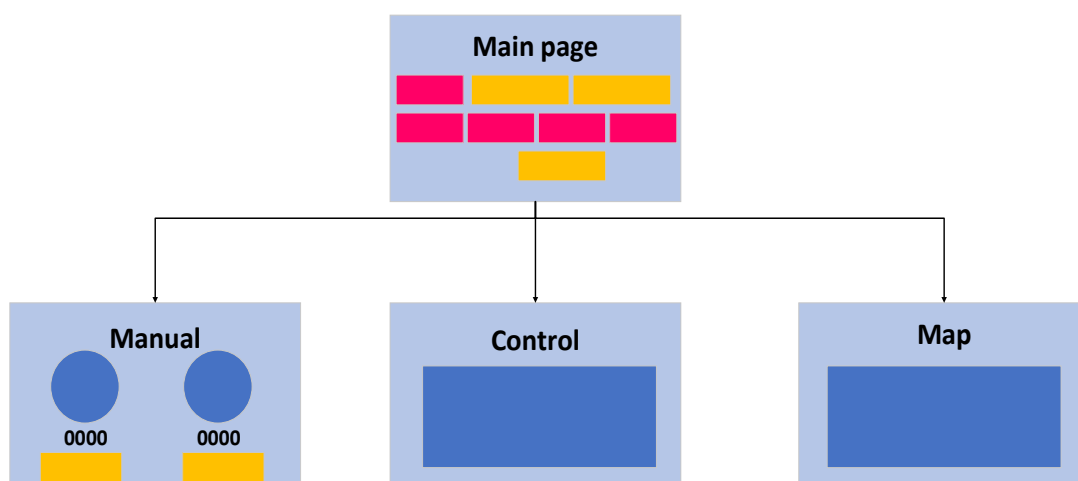


รูปที่ 3.5 ผังการทำงานอุปกรณ์อ่านติสัญญาน

3.4 การออกแบบชุดควบคุม

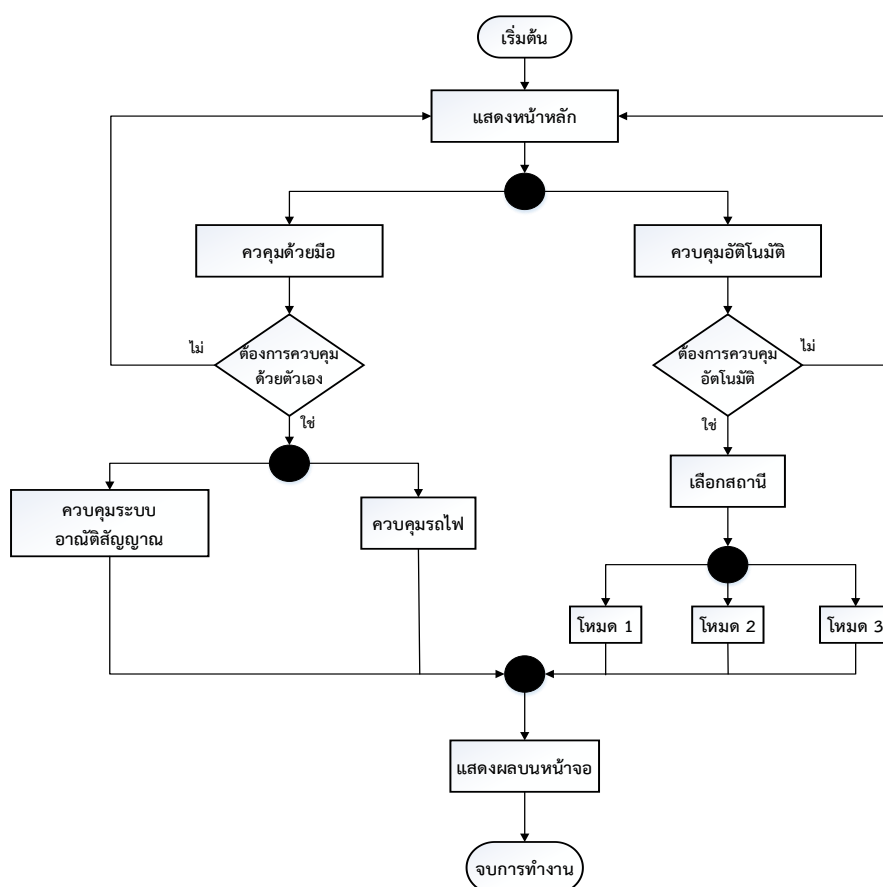
3.4.1 การออกแบบส่วนควบคุมผ่านจอทัชสกรีน

การออกแบบส่วนควบคุมอัตโนมัติสัญญาณผ่านจอทัชสกรีน เพื่อช่วยให้การสร้างหน้าควบคุมอัตโนมัติสัญญาณต่อการพัฒนา เนื่องจากได้อธิบายรายละเอียดสัดส่วนและการเชื่อมโยงของส่วนจอทัชสกรีนควบคุม ดังรูปที่ 3.6



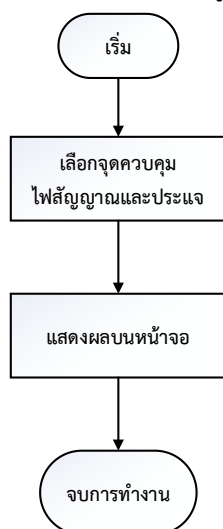
รูปที่ 3.6 ออกแบบจำลองจอทัชสกรีนควบคุมอัตโนมัติสัญญาณ

โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอัตโนมัติสัญญาณหน้าแรก ผู้ใช้ต้องเลือกการใช้งานซึ่งมี 2 การใช้งาน คือ การใช้งานแบบควบคุมด้วยมือผู้ใช้ต้องเลือกกดปุ่มควบคุมผ่านหน้าจอทัชสกรีนด้วยตัวเอง และการใช้งานแบบควบคุมอัตโนมัติ โดยที่การใช้งานแบบอัตโนมัติผู้ใช้ต้องเลือกโหมดการเดินรถไฟ ผลลัพธ์แสดงผ่านหน้าจอทัชสกรีน ดังรูปที่ 3.7



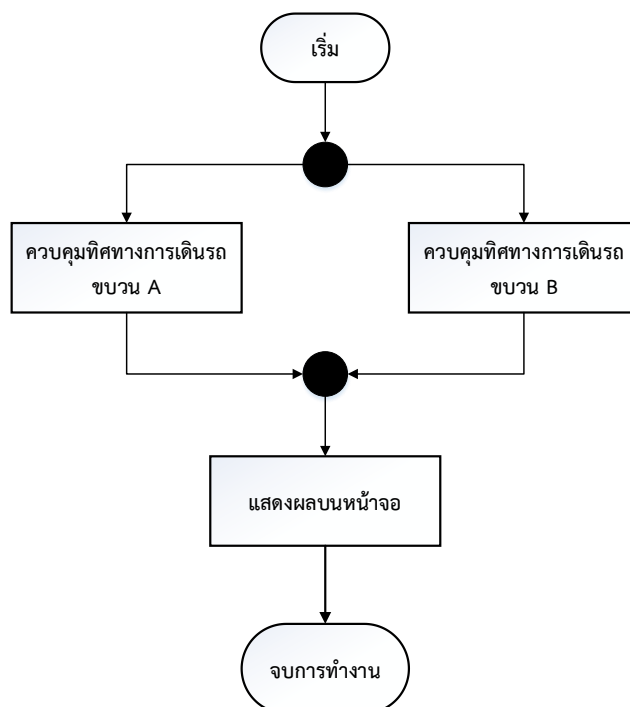
รูปที่ 3.7 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าแรก

โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าควบคุมสัญญาณไฟและประแจ หลังจากผู้ใช้ได้เลือกโหมดควบคุมด้วยตัวเอง ผู้ใช้สามารถควบคุมสัญญาณไฟและประแจรางรถไฟได้จากหน้านี้ โดยการกดปุ่มตามจุดสัญญาณไฟและประแจ ดังรูปที่ 3.8



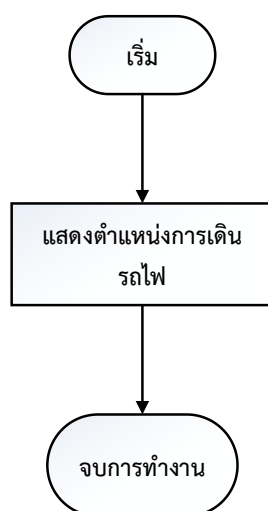
รูปที่ 3.8 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าควบคุมสัญญาณไฟและประแจ

โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าควบคุมรถไฟ หน้านี้ผู้ใช้สามารถควบคุมทิศทางการเดินรถไฟไปหน้าถอยหลังได้ทั้งขบวนรถไฟ A และรถไฟ B ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าควบคุมรถไฟ

โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าแสดงตำแหน่งการเดินรถไฟ หน้านี้แสดงตำแหน่งของรถไฟที่วิ่งบนรางรถไฟ โดยระบุตำแหน่งตามรถไฟที่วิ่งผ่านตัวอาร์เอฟไอดี ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โครงสร้างการใช้งานโปรแกรมควบคุมอาณัติสัญญาณหน้าแสดงตำแหน่งการเดินรถไฟ

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

4.1 บทนำ

ผลการดำเนินงานเป็นผลการทดสอบกระบวนการทำงานต่าง ๆ ของระบบที่ได้จากการออกแบบและพัฒนา โดยดูความถูกต้องของข้อมูลและการแสดงผลต่าง ๆ เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่

จากการออกแบบและสร้างระบบอัตโนมัติสัญญาณระบบราง ตลอดจนการทดสอบประสิทธิภาพจึงสรุปได้ดังนี้

4.2 การดำเนินงานส่วนอุปกรณ์

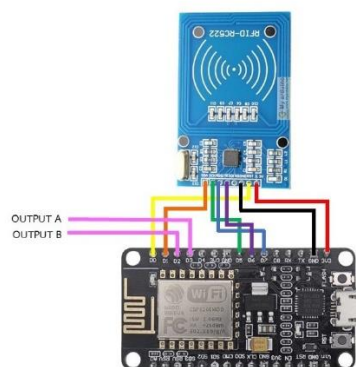
สร้างเสาอาร์เอฟไอดีด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อติดอุปกรณ์อาร์เอฟไอดี ดังรูปที่ 4.1



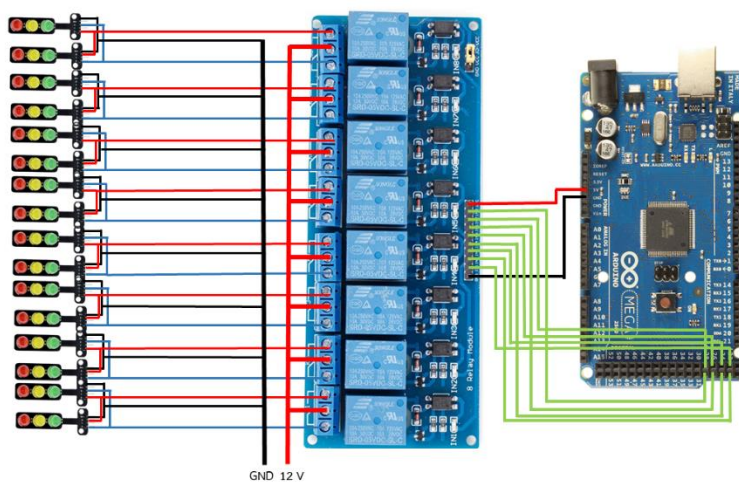
รูปที่ 4.1 สร้างเสาด้วยเครื่องปริ้น 3 มิติ



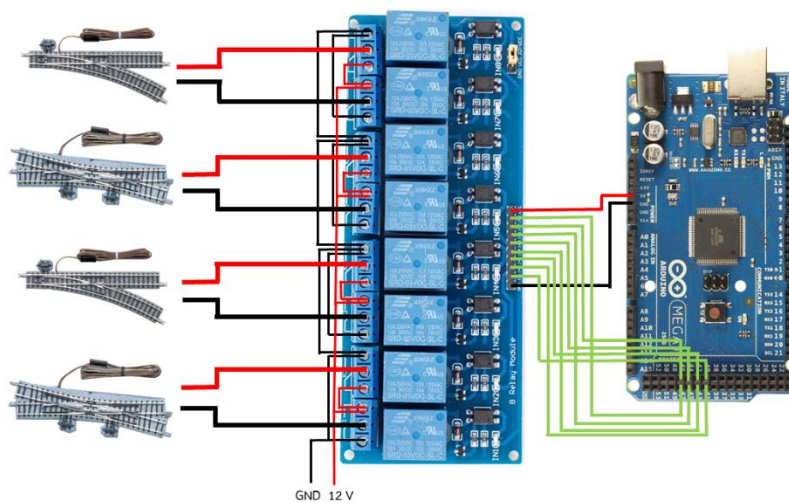
รูปที่ 4.2 ติดตัวอาร์เอฟไอดีไว้ที่เสาและนำเสายึดติดกับตัวโต๊ะ



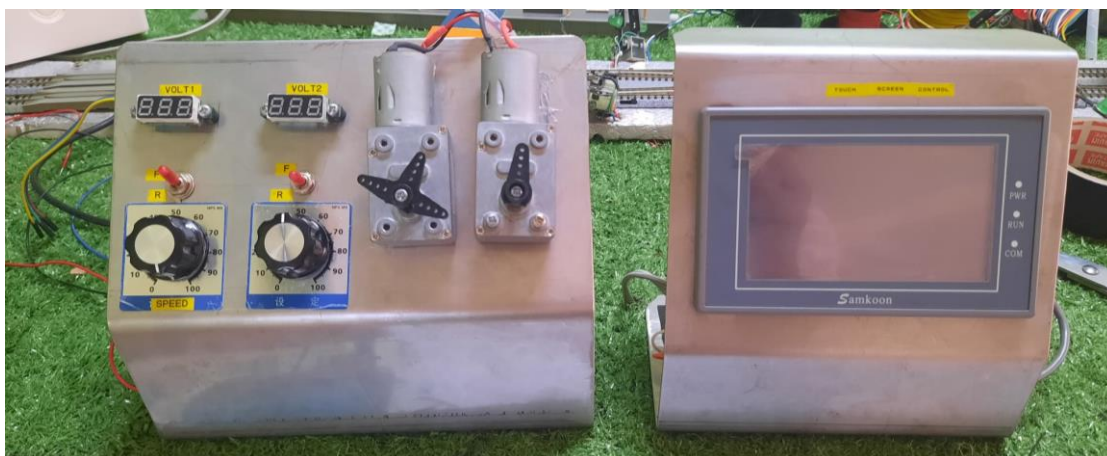
รูปที่ 4.3 ติดตั้งวงจรตัวอ่านอาร์เอฟไอดี



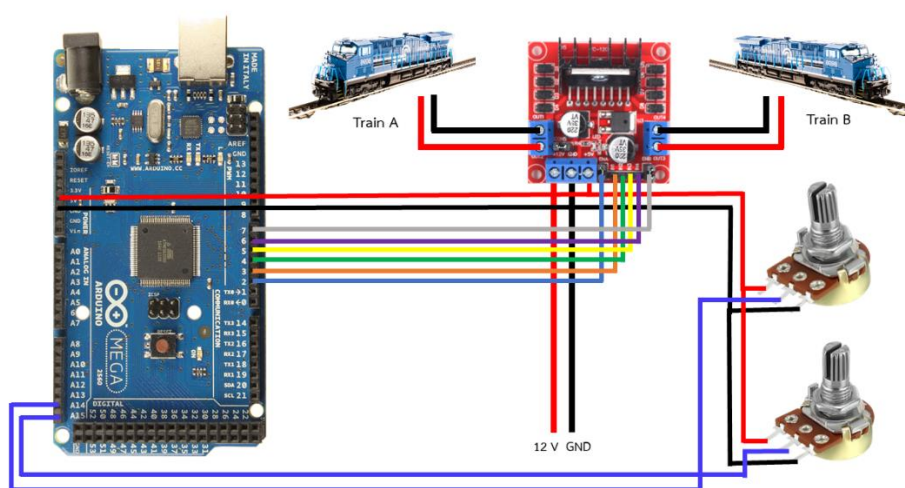
รูปที่ 4.4 ติดตั้งวงจรควบคุมไฟบอกสัญญาณ



รูปที่ 4.5 ติดตั้งวงจรควบคุมประแจสลับรางรถไฟ



รูปที่ 4.6 ติดตั้งจอทัชสกรีนและตัวควบคุมไฟในรางรถไฟ



รูปที่ 4.7 ติดตั้งวงจรควบคุมความเร็วไฟรถไฟ

4.3 การดำเนินงานส่วนชุดคำสั่ง

การดำเนินการส่วนชุดคำสั่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนประสานโปรแกรมประยุกต์ และ ส่วนประมวลผล และส่วนโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์

4.3.1 ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์

เป็น phầnที่ใช้สื่อสารกันระหว่างจอทัชสกรีนกับส่วนประมวลผลสื่อสารกันผ่านโปรโตคอล Modbus RTU โดยใช้ที่อยู่ของหน่วยความจำเพื่อใช้ในการอ้างอิงการสั่งงานและรับค่าต่าง ๆ

```

void setup() {

  //Serial.begin(9600);

  regBank.setId(1);

  //Add Analog Input registers 30001-10010 to the register bank
  regBank.add(30002);
  regBank.add(30003);
  regBank.add(30004);
  regBank.add(30005);
  regBank.add(30006);
  regBank.add(30007);
  regBank.add(30008);
  regBank.add(30009);
  regBank.add(30010);
  regBank.add(30011);
  regBank.add(30012);
  regBank.add(30013);
  regBank.add(30014);
  regBank.add(30015);
  regBank.add(30016);
  regBank.add(30017);

  //Add Digital Output registers
  regBank.add(2);
  regBank.add(3);
  regBank.add(4);
  regBank.add(5);
  regBank.add(6);
}

```

รูปที่ 4.8 ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์กับส่วนประมวลผล

4.3.2 ส่วนประมวลผล

จะเป็นส่วนที่เก็บค่าที่อยู่ของหน่วยความจำทั้งหมดจากการรับค่าในส่วนต่างๆ เพื่อนำไปประมวลผลตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้

```

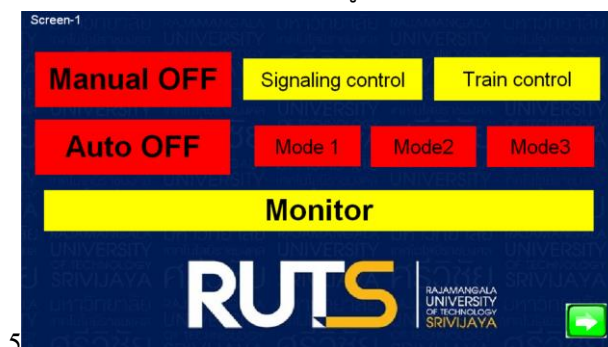
308 /***** Input 1 *****/
309 DI1 = digitalRead(A0);
310 DI2 = digitalRead(A1);
311 if (DI1 == 0 && DI2 == 0) regBank.set(30002, 0);
312 else if (DI1 == 1) regBank.set(30002, 1);
313 else if (DI2 <= 1) regBank.set(30002, 2);
314
315
316 /***** Input 2 *****/
317 DI3 = digitalRead(A2);
318 DI4 = digitalRead(A3);
319 if (DI3 == 0 && DI4 == 0) regBank.set(30003, 0);
320 else if (DI3 == 1) regBank.set(30003, 1);
321 else if (DI4 <= 1) regBank.set(30003, 2);
322
323
324 /***** Input 3 *****/
325 DI5 = digitalRead(A4);
326 DI6 = digitalRead(A5);
327 if (DI5 == 0 && DI6 == 0) regBank.set(30004, 0);
328 else if (DI5 == 1) regBank.set(30004, 1);
329 else if (DI6 <= 1) regBank.set(30004, 2);
330
331
332 /***** Input 4 *****/
333 DI7 = digitalRead(A6);
334 DI8 = digitalRead(A7);
335 if (DI7 == 0 && DI8 == 0) regBank.set(30005, 0);
336 else if (DI7 == 1) regBank.set(30005, 1);
337 else if (DI8 <= 1) regBank.set(30005, 2);
338

```

รูปที่ 4.9 ส่วนประมวลผลการรับค่าจาก RFID

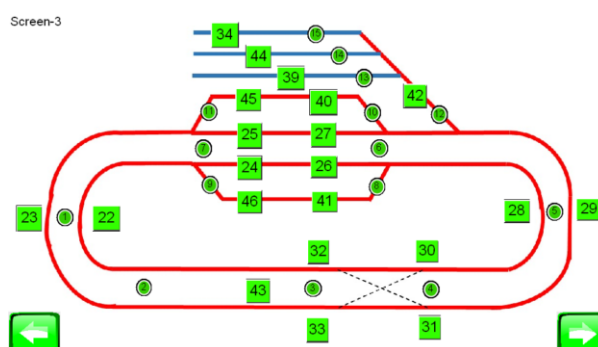
4.3.3 ส่วนโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์

สามารถแบ่งออกเป็น 4 หน้าต่าง ได้แก่ หน้าเมนูหลัก หน้าควบคุมระบบอาณัติสัญญาณ หน้าควบคุมตัวรถไฟ และหน้าแสดงเส้นทางการเดินรถ ดังรูปที่ 4.7

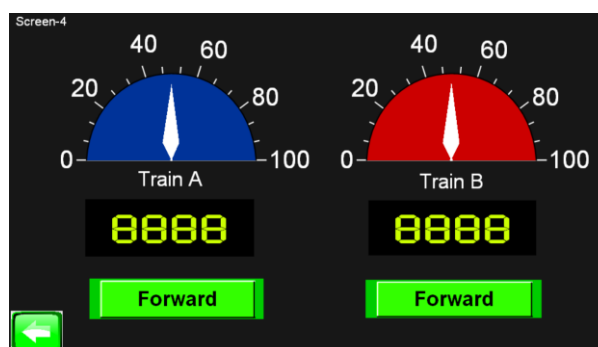


รูปที่ 4.10 หน้าเมนูหลัก

โดยหน้าเมนูหลักจะมีให้เลือกโหมดการควบคุมด้วยตนเองและควบคุมอัตโนมัติ ถ้าหากผู้ใช้เลือกโหมดการควบคุมด้วยตนเองสามารถใช้งานหน้าควบคุมระบบอาณัติสัญญาณและหน้าควบคุมรถไฟได้ ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9

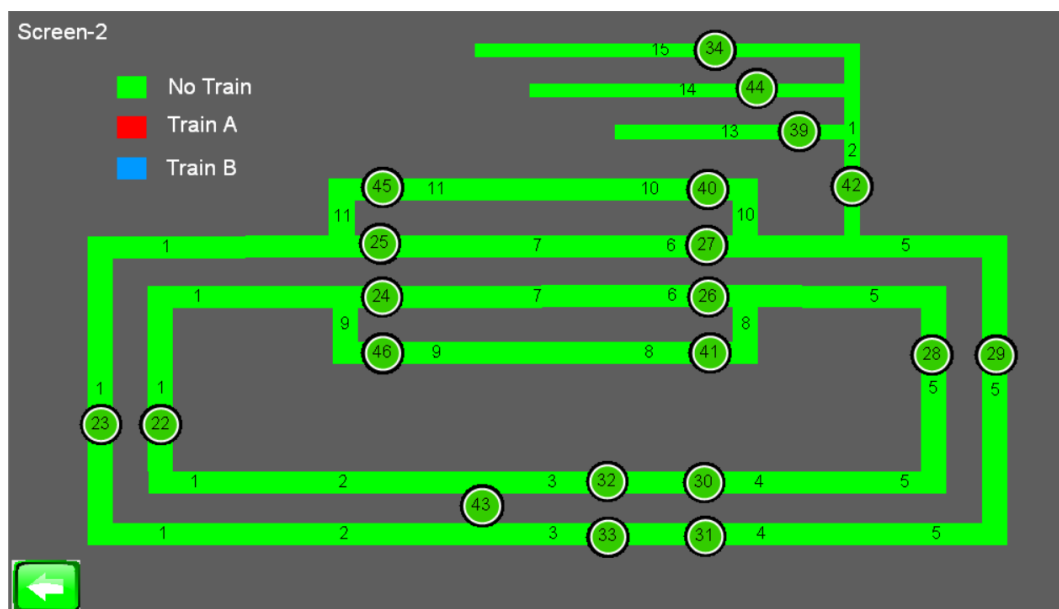


รูปที่ 4.11 หน้าควบคุมระบบอาณัติสัญญาณ



รูปที่ 4.12 หน้าควบคุมรถไฟ

แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการควบคุมอัตโนมัติ จะไม่สามารถใช้งานหน้าควบคุมระบบอัตโนมัติสัญญาณ และหน้าควบคุมรถไฟได้ แต่สามารถใช้งานหน้าแสดงเส้นทางการเดินรถเพื่อใช้ดูสถานะการทำงานของระบบอัตโนมัติสัญญาณและตำแหน่งของรถไฟ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.13 หน้าแสดงเส้นทางการเดินรถ

4.4 ข้อมูลประสิทธิภาพของการใช้งาน

4.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตำแหน่งรถไฟของตัวอาร์เอฟไอดีทั้ง 3 เส้นทาง การเดินรถไฟ

ตาราง 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 1 ทั้งหมด 7 ตำแหน่ง

ครั้งที่	ระดับความเร็ว รถไฟ	แรงดันไฟฟ้า ราง A	แรงดันไฟฟ้า ราง B	แสกนติด (ตำแหน่ง)	แสกนไม่ติด (ตำแหน่ง)	อัตราความ แม่นยำ
1	100 %	10.51 V	10.48 V	5	2	71.42 %
2	80 %	9.84 V	9.80 V	6	1	85.71 %
3	60 %	9.22 V	9.37 V	7	0	100 %
4	40 %	8.18 V	8.08 V	7	0	100 %
5	20 %	4.96 V	4.42 V	7	0	100 %

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 2 ทั้งหมด 11 ตำแหน่ง

ครั้งที่	ระดับความเร็ว รถไฟ	แรงดันไฟฟ้า ราง A	แรงดันไฟฟ้า ราง B	แสงนติด (ตำแหน่ง)	แสงนไม่ติด (ตำแหน่ง)	อัตราความ แม่นยำ
1	100 %	10.51 V	10.48 V	7	4	63.63 %
2	80 %	9.84 V	9.80 V	9	2	81.81 %
3	60 %	9.22 V	9.37 V	11	0	100 %
4	40 %	8.18 V	8.08 V	11	0	100 %
5	20 %	4.96 V	4.42 V	11	0	100 %

ตาราง 4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 3 ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง

ครั้งที่	ระดับ ความเร็ว รถไฟ	แรงดันไฟฟ้า ราง A	แรงดันไฟฟ้า ราง B	แสงนติด (ตำแหน่ง)	แสงนไม่ติด (ตำแหน่ง)	อัตราความ แม่นยำ
1	100 %	10.51 V	10.48 V	7	2	77.77 %
2	80 %	9.84 V	9.80 V	7	2	77.77 %
3	60 %	9.22 V	9.37 V	11	0	100 %
4	40 %	8.18 V	8.08 V	11	0	100 %
5	20 %	4.96 V	4.42 V	11	0	100 %

4.4.2 การทดสอบความความเสถียรการตรวจจับตำแหน่งรถไฟของตัวอาร์เอฟไอดีทั้ง 3
เส้นทางการเดินรถไฟ

ตาราง 4.4 ผลการทดสอบความความเสถียรการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 1 ทั้งหมด 7
ตำแหน่ง ด้วยความเร็วที่ 60 %

ครั้งที่	จำนวนรอบ	จำนวนครั้งที่ตรวจจับ (ครั้ง)	ตรวจจับผิดพลาด (ครั้ง)	อัตราความผิดพลาด
1	1	7	0	0.00 %
2	5	35	0	0.00 %
3	10	70	1	1.42 %
4	15	105	5	4.76 %
5	20	140	9	6.42 %

ตาราง 4.5 ผลการทดสอบความความเสถียรการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 2 ทั้งหมด 11 ตำแหน่ง ด้วยความเร็วที่ 60 %

ครั้งที่	จำนวนรอบ	จำนวนครั้งที่ตรวจจับ (ครั้ง)	ตรวจจับผิดพลาด (ครั้ง)	อัตราความผิดพลาด
1	1	11	0	0.00 %
2	5	55	1	1.81 %
3	10	110	7	6.36 %
4	15	165	14	8.48 %
5	20	220	23	10.45 %

ตาราง 4.6 ผลการทดสอบความความเสถียรการตรวจจับตำแหน่งรถไฟเส้นทางที่ 3 ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง ด้วยความเร็วที่ 60 %

ครั้งที่	จำนวนรอบ	จำนวนครั้งที่ตรวจจับ (ครั้ง)	ตรวจจับผิดพลาด (ครั้ง)	อัตราความผิดพลาด
1	1	9	1	11.11 %
2	5	45	3	6.66 %
3	10	90	7	7.77 %
4	15	135	10	7.40 %
5	20	180	13	7.22 %

4.4.3 การทดสอบความผิดพลาดตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน A และ B ทั้ง 3 เส้นทาง

ตาราง 4.7 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน A เส้นทางที่ 1 ใช้ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.13 โดยดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ

ตำแหน่ง ที่	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับผิดพลาด (ครั้ง)	สาเหตุ ข้อผิดพลาด	แก้ไขข้อผิดพลาด	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับหลังแก้ไข (ครั้ง)
1	10	0	-	-	10
2	10	0	-	-	10
3	0	10	สายไฟตัวอาร์ เอฟไอดี	เสียบสายไฟให้ แน่นขึ้น	10

			หลวม		
4	7	3	เกิดสัญญาณ รบกวน	กดรีเซ็ตตัว อาร์เอฟไอดี	10
5	10	0	-	-	10
6	9	1	เกิดสัญญาณ รบกวน	กดรีเซ็ตตัว อาร์เอฟไอดี	10
7	10	0	-	-	10

ตาราง 4.8 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน B เส้นทางที่ 1 ใช้ระยะการเดินทาง 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.13 โดยดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ

ตำแหน่ง ที่	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับผิดพลาด (ครั้ง)	สาเหตุ ข้อผิดพลาด	แก้ไขข้อผิดพลาด	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับหลังแก้ไข (ครั้ง)
1	10	0	-	-	10
2	10	0	-	-	10
3	5	5	เกิดสัญญาณ รบกวน	กดรีเซ็ตตัว อาร์เอฟไอดี	10
4	10	0	-	-	10
5	10	0	-	-	10
6	10	0	-	-	10
7	10	0	-	-	10

ตาราง 4.9 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน A เส้นทางที่ 2 ใช้ระยะการเดินทาง 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.13 โดยดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ

ตำแหน่ง ที่	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับ ผิดพลาด (ครั้ง)	สาเหตุข้อผิดพลาด	แก้ไขข้อผิดพลาด	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับหลังแก้ไข (ครั้ง)
1	10	0	-	-	10

2	10	0	-	-	10
3	10	0	-	-	10
4	10	0	-	-	10
5	10	0	-	-	10
8	10	0	-	-	10
9	10	0	-	-	10

ตาราง 4.10 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถโฟกบบน B เส้นทางที่ 2 ใช้ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.13 โดยดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ

ตำแหน่งที่	จำนวนครั้งที่ตรวจจับ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ตรวจจับผิดพลาด (ครั้ง)	สาเหตุข้อผิดพลาด	แก้ไขข้อผิดพลาด	จำนวนครั้งที่ตรวจจับหลังแก้ไข (ครั้ง)
1	10	0	-	-	10
2	10	0	-	-	10
3	10	0	-	-	10
4	10	0	-	-	10
5	10	0	-	-	10
10	6	4	เกิดสัญญาณรบกวน	กดรีเซ็ตตัวอาร์เอฟไอดี	10
11	10	0	-	-	10

ตาราง 4.11 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถโฟกบบน A เส้นทางที่ 3 ใช้ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.13 โดยดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ

ตำแหน่งที่	จำนวนครั้งที่ตรวจจับ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ตรวจจับผิดพลาด (ครั้ง)	สาเหตุข้อผิดพลาด	แก้ไขข้อผิดพลาด	จำนวนครั้งที่ตรวจจับหลังแก้ไข (ครั้ง)
1	10	0	-	-	10
2	10	0	-	-	10

3	10	0	-	-	10
4	10	0	-	-	10
5	10	0	-	-	10
12	10	0	-	-	10
15	10	0	-	-	10

ตาราง 4.12 ผลการทดสอบความผิดพลาดของตัวอาร์เอฟไอดีของรถไฟขบวน B เส้นทางที่ 3 ใช้ระยะการเดินรถ 10 รอบในการทดสอบ ซึ่งตำแหน่งสามารถอ้างอิงจากรูปที่ 4.13 โดยดูจากหมายเลขตรงเส้นทางรถไฟ

ตำแหน่ง ที่	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับ ผิดพลาด (ครั้ง)	สาเหตุ ข้อผิดพลาด	แก้ไขข้อผิดพลาด	จำนวนครั้งที่ ตรวจจับหลังแก้ไข (ครั้ง)
1	10	0	-	-	10
2	10	0	-	-	10
3	10	0	-	-	10
4	10	0	-	-	10
5	10	0	-	-	10
12	10	0	-	-	10
15	10	0	-	-	10

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

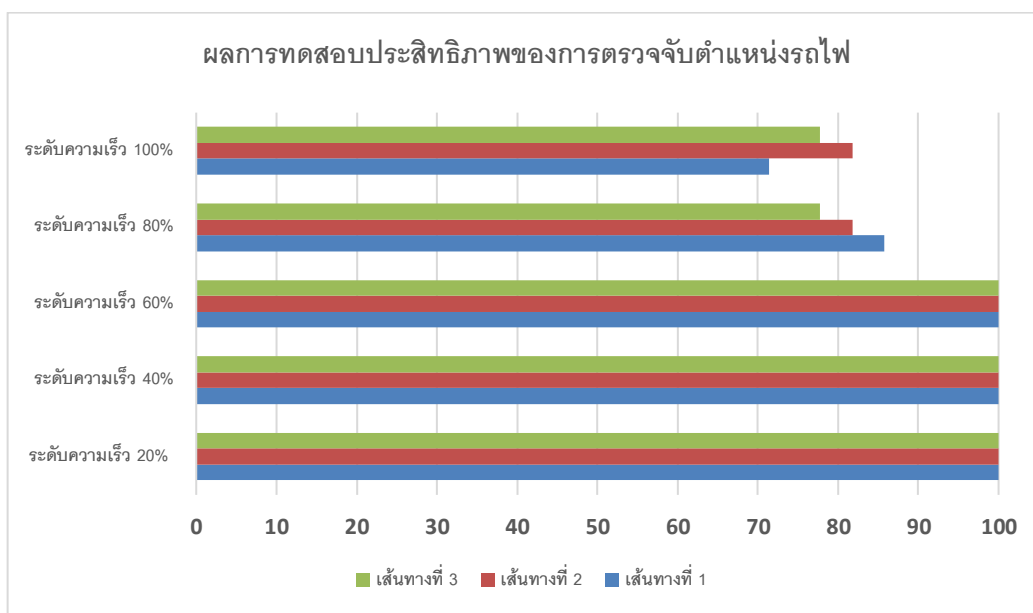
5.1 บทนำ

ระบบอัตโนมัติสัญญาณระบบรางเป็นระบบกลไกสัญญาณไฟ หรือระบบคอมพิวเตอร์ ในการเดินขบวนรถไฟเพื่อแจ้งให้พนักงานขับรถไฟทราบสภาพเส้นทางข้างหน้า และตัดสินใจที่จะหยุดรถชะลอความเร็ว หรือบังคับทิศทางให้การเดินรถดำเนินไปได้อย่างปลอดภัย รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในการเดินรถสวนกันบนเส้นทางเดียว หรือการสับหลักเพื่อให้รถไฟวิ่งสวนกันบริเวณสถานีรถไฟ หรือควบคุมรถไฟให้การเดินขบวนเป็นไปตามที่กำหนดไว้

5.2 สรุปผลการทดลอง

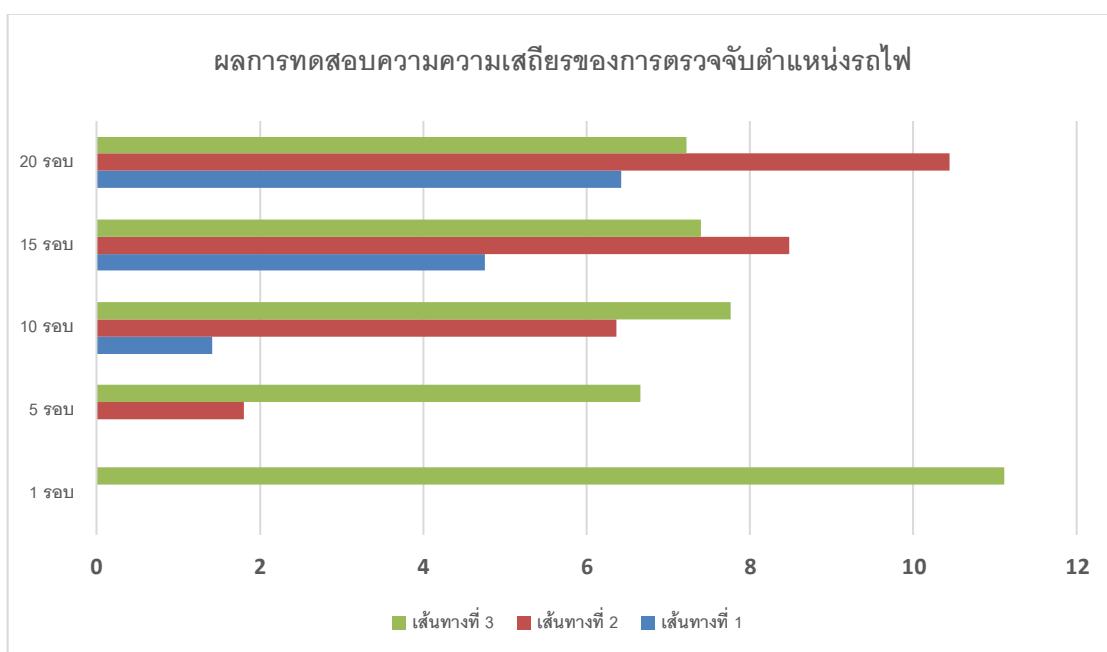
จากการทดลองใช้งานส่วนอุปกรณ์ ระบบอัตโนมัติสัญญาณระบบรางสามารถควบคุมไฟบอกสัญญาณ ประแจสับรางรถไฟ และควบคุมความเร็ว ทิศทางการเดินรถไฟได้ด้วยตนเอง และสามารถควบคุมแบบอัตโนมัติได้ โดยการอ่านค่าตัวอาร์เอฟไอดีจากแท็ก ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์แยกเงื่อนไขการทำงานของแท็ก A และแท็ก B เพื่อใช้ส่งงานไฟบอกสัญญาณ และประแจสับรางรถไฟให้ทำการเปลี่ยนสถานะสัญญาณไฟบอกทางหรือสลับประแจรางรถไฟ ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ส่วนการระบุตำแหน่งของรถไฟ จะได้จากการอ่านค่าจากเสาสัญญาณอาร์เอฟไอดีที่วางที่ตำแหน่งต่างๆของเส้นทางเดินรถไฟ เพื่อนำไปประมวลผลแล้วส่งค่าตำแหน่งรถไฟไปแสดงที่หน้าจอ

ความเร็วของรถไฟมีผลต่อประสิทธิภาพในการอ่านค่าอาร์เอฟไอดีจากแท็ก จึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการอ่านค่าอาร์เอฟไอดีจากแท็ก และทดสอบความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าการใช้ความเร็วของรถไฟที่อยู่ในช่วงระดับ 80% ขึ้นไป จะทำให้เสาสัญญาณอาร์เอฟไอดีมีความแม่นยำในการอ่านค่าลดลง

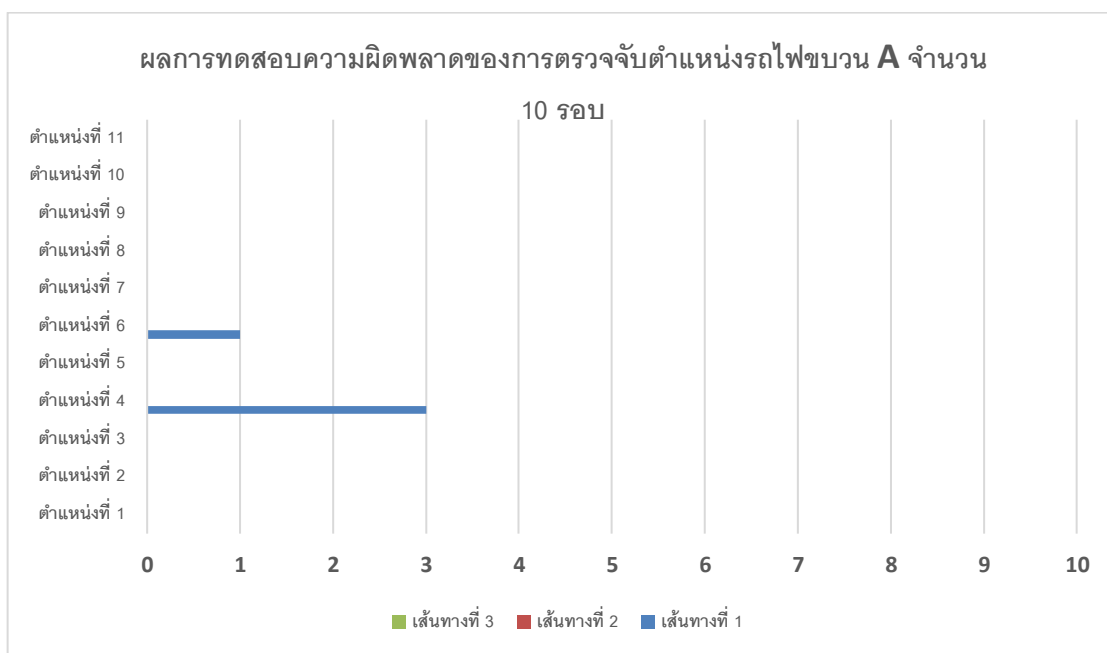


รูปที่ 5.1 กราฟแสดงประสิทธิภาพของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ

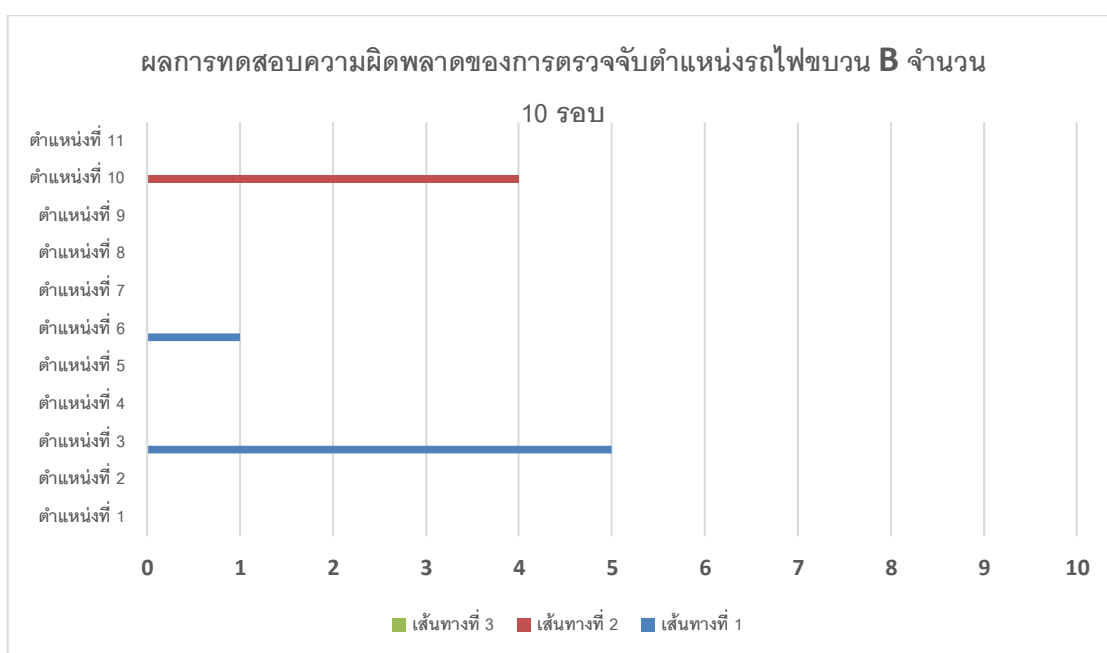
เนื่องจากเสารับสัญญาณอาร์เอฟไอดีทำงานที่ความถี่ 13.56MHz ทำให้มีความสามารถในการส่งข้อมูลที่ค่อนข้างช้าจึงอาจทำให้มีผลต่อความเสถียรในการอ่าน อาจเกิดความผิดพลาดได้ จึงได้ทำการทดสอบความเสถียรและความผิดพลาดจากการอ่านค่าสัญญาณอาร์เอฟไอดีดังรูปที่ 5.2 รูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.2 ผลการทดสอบความความเสถียรของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ



รูปที่ 5.3 ผลการทดสอบความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ ขบวน A
จำนวน 10 รอบ



รูปที่ 5.4 ผลการทดสอบความผิดพลาดของการตรวจจับตำแหน่งรถไฟ ขบวน B
จำนวน 10 รอบ

จากรูปที่ 5.2 รูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 จึงสรุปได้ว่าการอ่านค่าอาร์เอฟไอดีจากแท็กยังมีข้อผิดพลาดอยู่เล็กน้อยจากปัจจัยๆหลายส่วน เช่น รถไฟวิ่งผ่านเร็วเกินไป สายส่งสัญญาณล้าวม มีสัญญาณรบกวน เป็นต้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 จากผลการทดลองหากต้องการให้การอ่านค่ามีประสิทธิภาพมากที่สุด จำเป็นต้องปรับระดับความเร็วของรถไฟให้อยู่ในช่วงความเร็ว 40% - 60%

5.3.2 การเดินรถไฟควรปรับความเร็วอยู่ในช่วง 40% - 80% หากปรับความเร็วต่ำกว่า 40% กระแสไฟไม่สามารถปล่อยกระแสไฟเลี้ยงรางได้ทั่วถึงทำให้เกิดการเดินรถไฟติดขัด แต่หากปรับความเร็วเกิน 80% อาจทำให้รถไฟตกจากรางได้เมื่อเข้าโค้ง หรือเจอเส้นทางที่ไม่เรียบ

5.3.3 ก่อนจะเริ่มใช้งานควรตรวจเช็คการส่งสัญญาณจากเสารับสัญญาณอาร์เอฟไอดีให้เรียบร้อย เนื่องจากอาจมีสัญญาณรบกวนในบางตำแหน่ง หากมีสัญญาณรบกวนที่ตำแหน่งไหนก็ให้ทำการกดปุ่มรีเซ็ตที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในตำแหน่งนั้น

5.3.4 ควรดูแลรักษาทำความสะอาดตัวรถไฟและรางรถไฟ จากการเกิดคราบออกไซด์ที่ติดอยู่ตามรางหรืออาการฟีดที่ล้อของรถไฟอยู่เสมอ เพื่อให้สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

- [1] ณัฐพล เสี่ยงเจียวและภูธเรศ พิมพ์ศรี. (2562). **ชุดจำลองการเดินรถขนส่งทางรางแบบทางคู่ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า**. สงขลา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
- [2] อาร์เอฟไอดี (RFID). (2561). **RFID**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3wJZmL5>
(วันที่ค้นข้อมูล : 09 มีนาคม 2564).
- [3] อีเอสพี8266 (ESP8266). (2559). **ESP8266**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/2UeGtBD>
(วันที่ค้นข้อมูล : 09 มีนาคม 2564).
- [4] ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller). (2556). **Arduino mega 2560**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3xA5PZb>
(วันที่ค้นข้อมูล : 09 มีนาคม 2564).
- [5] จอทัชสกรีน (2562). **จอทัชสกรีน HMI**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3vKd7s1>
(วันที่ค้นข้อมูล : 09 มีนาคม 2564).
- [6] รีเลย์ (Relay). (2557). **รีเลย์ (Relay) คืออะไร**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/35DGBgC>
(วันที่ค้นข้อมูล : 09 มีนาคม 2564).
- [7] ส่วนสำคัญของรีเลย์. **มารู้จักรีเลย์ให้มากขึ้นกันเถอะ**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3qxl1Uz>
(วันที่ค้นข้อมูล : 23 มีนาคม 2564).
- [8] มอดูลแปลงสัญญาณ (MAX485 RS485). (2563). **หลักการทำงาน MAX485 RS485**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3xB4H7K>
(วันที่ค้นข้อมูล : 23 มีนาคม 2564).
- [9] มอดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N. (2561). **L298N Motor Driver**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3iUyrbF>
(วันที่ค้นข้อมูล : 23 มีนาคม 2564).
- [10] PWM L298N. (2560). **การใช้งาน L298N motor drive**.
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3y0Ecc7>
(วันที่ค้นข้อมูล : 18 พฤษภาคม 2564).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] Pulse Width Modulation (PWM). (2556). **เทคนิค Pulse Width Modulation (PWM).**
 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3iVjbeE>
 (วันที่ค้นข้อมูล : 18 พฤษภาคม 2564).
- [14] NodeMCU ESP8266. **NodeMCU.**
 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/2T9c4oi>
 (วันที่ค้นข้อมูล : 23 มีนาคม 2564).
- [15] ส่วนประกอบอาร์เอฟไอดี8266. (2547). **RFID คืออะไร.**
 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3dgHyQj>
 (วันที่ค้นข้อมูล : 13 พฤษภาคม 2564).
- [16] โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์. (2556). **ไมโครคอนโทรลเลอร์....มันคืออะไร.**
 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/3jiiQTq>
 (วันที่ค้นข้อมูล : 23 มีนาคม 2564).
- [17] โพรโทคอล Modbus. (2563). **การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล Modbus.**
 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bit.ly/35ZXkLg>
 (วันที่ค้นข้อมูล : 18 พฤษภาคม 2564).

ภาคผนวก ก
รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่าย

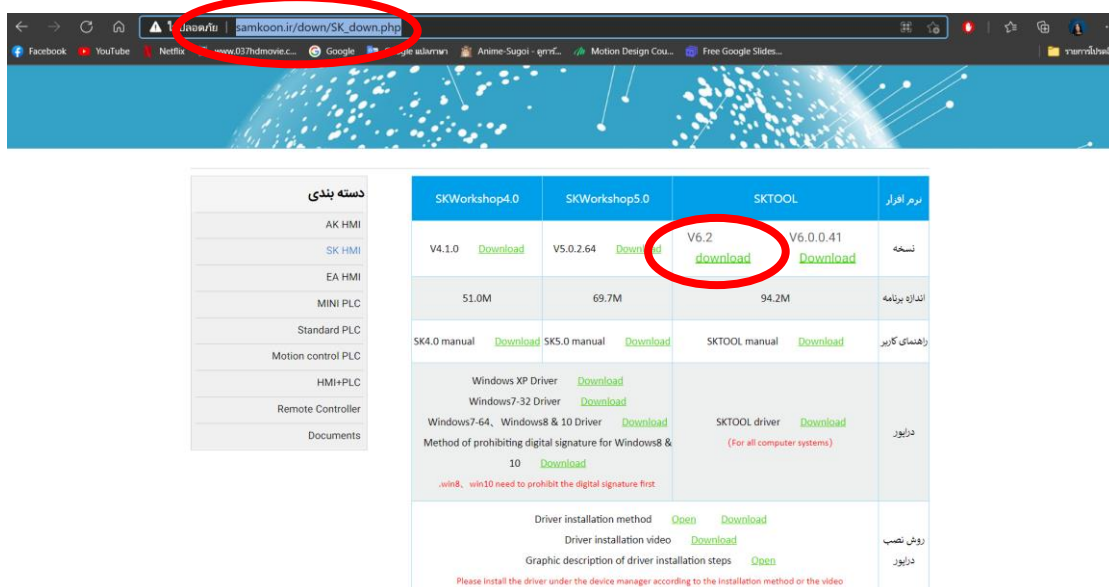
ตาราง ก.1 รายการอุปกรณ์และค่าใช้จ่าย

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	จำนวน	ราคาต่อ หน่วย (บาท)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	จอทัชสกรีน Samkoon EA 043A HMI Touch Screen 4.3 นิ้ว	1 ตัว	2,063	2,063
2	MAX485 TTL to RS485 Converter Module	1 ตัว	35	35
3	Arduino mega 2560	1 ตัว	480	480
4	NodeMCU ESP8266 V3	15 ตัว	120	1,800
5	NodeMCU Base Ver 1.0	15 ตัว	55	825
6	L298N Motor Driver	1 ตัว	60	60
7	MFRC522 RFID Reader & RFID Tag	15 ตัว	55	825
8	ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10K Ohm	2 ตัว	280	560
9	Relay 5 V 16 Channel	2 ตัว	220	440
10	Switching power supply 12V 20A	2 ตัว	560	1,120
11	สายไฟอ่อนม้วนเล็ก	8 ม้วน	120	960
12	Jump wire (Male to Male) 20 cm	3 ชุด	35	105
13	Jump wire (Male to Male) 40 cm	1 ชุด	90	90
14	DC Male Jack 12V	16 ตัว	10	160
15	PLA Filament 1 Kg	1 ม้วน	600	600
16	สายไฟ AC ยาว 1.8 m	1 เส้น	60	60
17	Digital DC Voltmeter	2 ตัว	95	190
18	Terminal Block 8 Channel	1 ตัว	40	40
รวมค่าใช้จ่าย				10,413

ภาคผนวก ข
การติดตั้งโปรแกรมออกแบบควบคุม

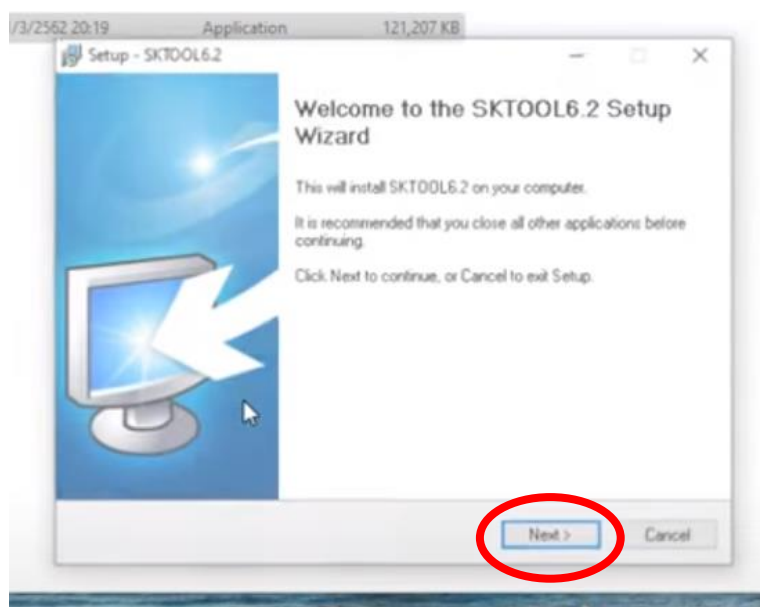
ข1 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Samkool

ข1.1 ดาวน์โหลดโปรแกรม Samkool โดยไปที่ http://samkoon.ir/down/SK_down.php เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรม



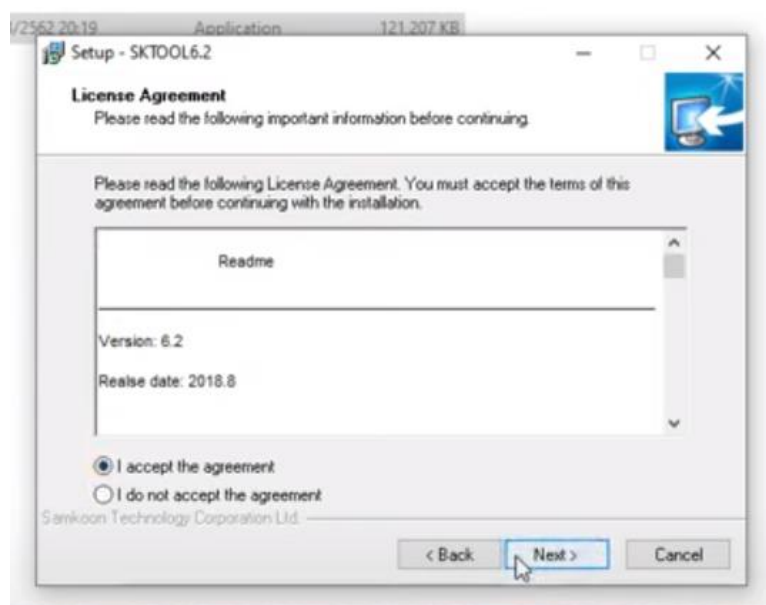
รูปที่ ข.1 ดาวน์โหลด Samkool

ข1.2 เมื่อดาวน์โหลดเสร็จเรียบร้อย ให้ทำการแตกไฟล์และติดตั้งตัวโปรแกรม เมื่อขึ้นหน้าต่างนี้ให้กดปุ่ม Next



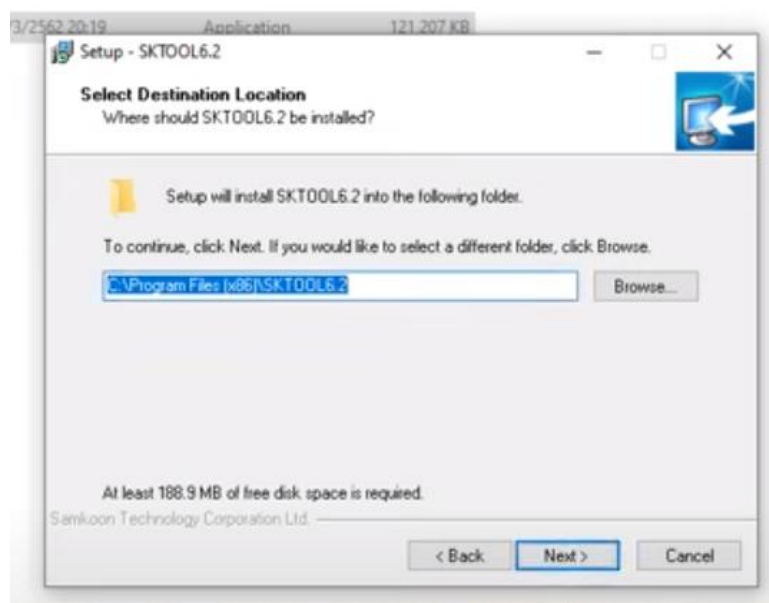
รูปที่ ข.2 กดปุ่ม Next เพื่อเริ่มการติดตั้ง

ข1.3 กดยืนยันยอมรับเงื่อนไขของโปรแกรม แล้วกดปุ่ม Next



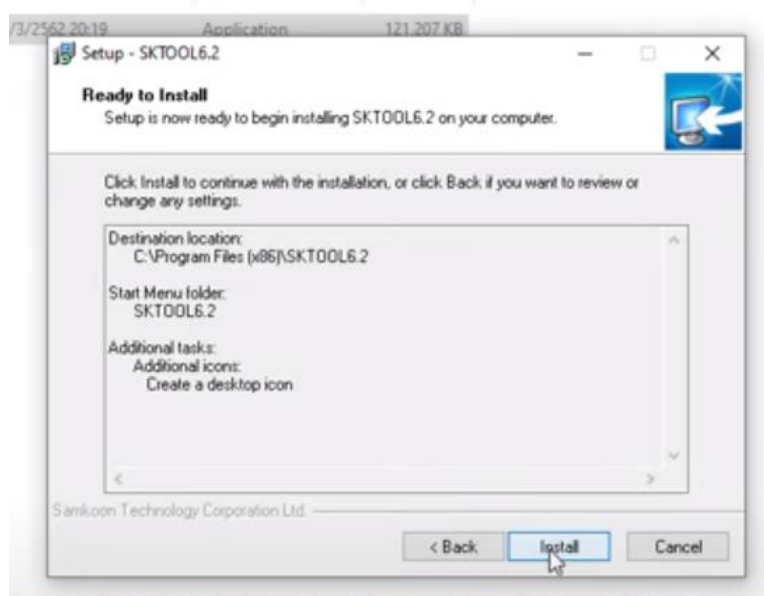
รูปที่ ข.3 กดยืนยันเงื่อนไข

ข1.4 เลือกที่จัดเก็บไฟล์ แล้วกดปุ่ม Next



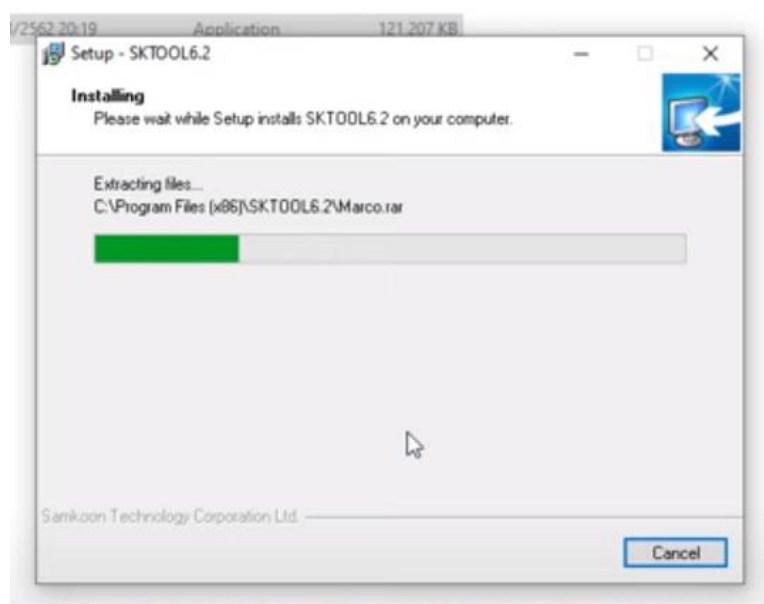
รูปที่ ข.4 เลือกที่จัดเก็บไฟล์

ข1.5 กด Install เพื่อติดตั้งลงคอมพิวเตอร์



รูปที่ ข.5 ติดตั้งลงคอมพิวเตอร์

ข1.6 จากระบบโปรแกรมดาวน์โหลดติดตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ ข.6 ดาวน์โหลดเพื่อติดตั้ง

ข1.7 กดปุ่ม Finish เป็นการติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ ข.7 ติดตั้งโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์