

การรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ระบบ  
ไอโอที

DATA TRANSMISSION AND DATA ANALYSIS OF  
MEASURING INSTRUMENTS BY USING IOT

ปณณธร สอนอินทร์

สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566





# DATA TRANSMISSION AND DATA ANALYSIS OF MEASURING INSTRUMENTS BY USING IOT

PANNATHORN SON-IN

A COOPERATIVE EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENT FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF PHYSICS, SCHOOL OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2023

หัวข้อสหกิจศึกษา	การรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ระบบ ไอโอที	
	Data Transmission and Data Analysis of Measuring Instruments by Using IoT	
ชื่อนักศึกษา	นายปณณธร สอนอินทร์	รหัสนักศึกษา 63050569
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
ปีการศึกษา	2566	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ณ์ภูกฤษ สมดอก	

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้  
สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ประจำปีการศึกษา 2566

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. ภาณุพล โขลกกระทอก ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร. เมตยา กิตติวรรณ กรรมการ	
ผศ.ดร. ณ์ภูกฤษ สมดอก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
นาย สุเมธา นามศิริเลิศ กรรมการและที่ปรึกษาหน่วยงานภายนอก	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อสหกิจศึกษา	การรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ระบบไอโอที	
ชื่อนักศึกษา	นายปณณธร สอนอินทร์	รหัสนักศึกษา 63050569
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2566	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ณัฏกฤษ สมดอก	

### บทคัดย่อ

กลุ่มมาตรวิทยาและห้องปฏิบัติการเคลื่อนที่ (mobile lab) ในฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพและวิจัยผลิตภัณฑ์ (วคร.) บริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน) ดูแลเรื่องการสอบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งในและนอกบริษัท โดยมีเครื่องมือหลายยี่ห้อที่ใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางด้านอุณหภูมิของทางบริษัท เครื่องมือวัดเหล่านี้ต้องการซอฟต์แวร์เฉพาะเจาะจงที่ตรงกับยี่ห้อ นั้น ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีการรับส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณที่แตกต่างกัน การรวมข้อมูลจากเครื่องมือวัดยี่ห้อต่าง ๆ ในปัจจุบันไม่สามารถทำได้

ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของโครงการสหกิจนี้คือการศึกษาศึกษาการรับ-ส่งข้อมูลเครื่องมือต่าง ๆ โดยใช้ระบบไอโอทีผ่านเว็บแอปพลิเคชันเดียว จากการพัฒนาโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดพบว่าข้อมูลจากเครื่องมือวัดต่าง ๆ สามารถส่งและรับข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันเดียวผ่านระบบไอโอที เว็บแอปพลิเคชันสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม Visual Studio สามารถแสดงข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดลองการเชื่อมต่อกับทั้ง 2 Chanel ของเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) และ Terminal Adapter Model 956

คำสำคัญ : เครื่องมือวัด , การรับ-ส่งข้อมูล , ระบบไอโอที , เว็บแอปพลิเคชัน

<b>Title</b>	Data Transmission and Data Analysis of Measuring Instruments by Using IoT
<b>Students</b>	Mr. Pannathorn Son-in      Student ID 63050569
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Physics)
<b>Department</b>	Physics
<b>School</b>	Science
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
<b>Academic Year</b>	2566
<b>Advisor</b>	Asst.Prof.Dr. Nuttakrit Somdock

### Abstract

The metrology and mobile lab group within the quality analysis and product research department at PTT Oil and Retail Business Public Company Limited (PTTOR) oversee the calibration and data analysis of various tools and equipment both within and outside the company. There are multiple brands of tools used to calibrate the company's temperature equipment. These tools require specific software corresponding to their brand for data collection and analysis, transmitted through different signal cables. Integrating data from different brands is currently not feasible.

Therefore, the main objective of this cooperative education is to explore communication with various instruments using IoT through a single web application. From developing a program for connecting measuring instruments, it was found that data from different measuring instruments can be sent and received through a single application via the IoT system. A web application constructed using Visual Studio effectively showcased a range of data while exploring testing connections to both channels of an isotech milliK precision thermometer and the terminal adapter model 956.

**Keywords :** Measurement Instruments, Data Transmission, IoT System, Web Application

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของสหกิจศึกษาของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปได้ด้วยดีเนื่องด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากบริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีกจำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาสได้เข้ามาปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ รวมถึงสนับสนุนในด้านความรู้ เครื่องมือวัด และอุปกรณ์ต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ณัฐกฤษ สมดอก อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ สนับสนุน และมอบความรู้ในหลาย ๆ เรื่องให้แก่ผู้วิจัยในการทำโครงการสหกิจฉบับนี้ทำให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงให้ข้อคิดและคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำงานและการดำเนินชีวิตในอนาคต

ขอขอบพระคุณ นาย สุเมธา นามศิริเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาหน่วยงานภายนอก เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่ได้แนะนำวิธีการปฏิบัติงาน ความรู้ และให้คำแนะนำโครงการสหกิจศึกษาฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุก ๆ ท่าน ที่คอยให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา วิธีการนำเสนอ วิธีการปฏิบัติงาน และแนะนำวิธีการทำโครงการสหกิจฉบับนี้ รวมถึงให้คำแนะนำเพื่อมาปรับปรุง พัฒนา และแก้ไข ตลอดระยะเวลาที่ได้ปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ ที่ให้โอกาสในการศึกษา และสนับสนุนในการทำสหกิจศึกษา

ผู้วิจัยหวังว่าโครงการสหกิจศึกษาฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้อื่น โครงการสหกิจศึกษาฉบับนี้จะสำเร็จไปได้ถ้าขาดบิดา มารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่คอยสนับสนุน และมอบความรู้ สำหรับข้อบกพร่องและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยจะรับฟังคำแนะนำและความคิดเห็นไปปรับปรุง พัฒนา และแก้ไขเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

ปณณธร สอนอินทร์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
คำย่อ/สัญลักษณ์ .....	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 ระยะเวลาในการดำเนินงาน .....	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>4</b>
2.1 เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล .....	4
2.1.1 Isotech milliK Precision Thermometer .....	4
2.1.1.1 Terminal Adapter Model 956 .....	5
2.2 การรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัด .....	6
2.2.1 RS-232.....	7
2.2.2 USB to RS-232/422/485 Converter .....	8
2.2.3 USB (Universal Serial Bus) .....	9
2.2.4 ส่งข้อมูลด้วยภาษา Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI).....	9
2.2.5 รับข้อมูลด้วยข้อมูล ASCII .....	10
2.3 เซ็นเซอร์ (Sensor).....	11
2.3.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple).....	11
2.3.1.1 Nickel alloy thermocouples .....	13
2.3.1.2 Platinum/rhodium alloy thermocouples .....	13
2.3.1.3 Tungsten/rhenium alloy thermocouples .....	14

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 RTD/PT100.....	16
2.4 IoT (ไอโอที).....	19
2.4.1 Node-red.....	20
2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....	20
2.5 Web Application .....	21
2.5.1 Front-End Development.....	21
2.5.1.1 HTML (Hyper Text Markup Language) .....	22
2.5.1.2 EJS (Embedded JavaScript templates).....	2
2.5.1.3 CSS (Cascading Style Sheets).....	22
2.5.1.4 Frontend JavaScript .....	22
2.5.1.5 Bootstrap .....	22
2.5.2 Back-End Development.....	23
2.5.2.1 Node.js.....	23
2.5.2.2 Backend JavaScript.....	23
2.5.2.3 NPM Package management.....	24
2.5.2.4 Express.js .....	24
2.5.3 Database.....	24
2.5.3.1 MySQL .....	25
2.5.3.2 MySQL Workbench .....	25
2.5.4 API.....	25
2.5.5 WebSocket.....	26
2.5.6 Tools.....	27
2.5.6.1 Visual Studio Code.....	27
2.5.6.2 GitHub.....	27
2.5.6.3 Postman.....	28
2.5.6.4 Ngrok .....	28
2.6 การสอบเทียบ/ทวนสอบ (Calibration/Verification).....	29
2.6.1 Calibration Bath .....	30
2.6.1.1 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 7381.....	30



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.1.2 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 7037.....	30
2.6.1.3 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 6024.....	31
2.6.1.4 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 6055.....	31
2.6.2 เครื่องมือ / อุปกรณ์ (Instrument / Apparatus).....	31
2.6.3 วัสดุและสารเคมี (Reagent and Materials).....	32
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....</b>	<b>34</b>
3.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ .....	34
3.1.1 เครื่องมือวัด .....	34
3.1.2 Connector.....	34
3.1.3 Node-red.....	35
3.1.4 Web Application .....	35
3.1.5 Computer/Notebook.....	35
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	36
3.2.1 ศึกษาเครื่องมือวัด.....	36
3.2.2 ทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัด .....	38
3.2.3 ศึกษาเว็บแอปพลิเคชัน .....	38
3.2.4 ออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน.....	39
3.2.5 ทดลองเว็บแอปพลิเคชัน.....	42
3.3 วิธีการทดลอง.....	43
3.3.1 การทดลองด้านเว็บพลิเคชัน .....	43
3.3.2 การทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดโดยเว็บแอปพลิเคชัน.....	44
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....</b>	<b>46</b>
4.1 ผลการทดลองด้านเว็บแอปพลิเคชัน .....	46
4.2 ผลการทดลองด้านการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดโดยเว็บแอปพลิเคชัน.....	52
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>57</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	58
เอกสารอ้างอิง.....	59

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก.....	62
ภาคผนวก ข.....	81

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงรายละเอียดของเครื่องวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer).....	44
3.2 ตารางแสดงรายละเอียดของฟังก์ชัน Channel1 20 ค่า.....	44
3.3 ตารางแสดงรายละเอียดของฟังก์ชัน Channel2 20 ค่า.....	45
4.1 แสดงข้อมูล Channel1 20 ค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ ) .....	52
4.2 แสดงข้อมูล Channel2 20 ค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ ) .....	54

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Isotech milliK Precision Thermometer.....	5
2.2 Terminal Adapter Model 956 .....	6
2.3 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส .....	6
2.4 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส.....	6
2.5 ตัวอย่างข้อมูลส่งด้วยความเร็ว 2400 บิตต่อวินาทีแต่ละบิตใช้เวลาส่งเท่ากับ 1/2400 = 416.6 ไมโครวินาที.....	7
2.6 การเชื่อมต่อ RS-232 ระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัด .....	8
2.7 ข้อมูลดิจิทัลต่อแรงดันไฟฟ้าของ RS-232.....	8
2.8 USB to RS-232/422/485 Converter.....	9
2.9 (ก) USB Standard Type A (ข) USB Micro B สำหรับบอร์ด NodeMCU.....	9
2.10 ตาราง ASCII.....	10
2.11 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) .....	12
2.12 ประเภทและมาตรฐานสีของเทอร์โมคัปเปิล.....	15
2.13 Thermocouple Color Code.....	15
2.14 รูปแสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ RTD/PT100 แบบ 3 สาย .....	17
2.15 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ.....	17
2.16 RTD/PT100 (TSP-10) ต่อใช้งานร่วมกับเครื่องแสดงผลอุณหภูมิ .....	18
2.17 RTD/PT100 (TSP-08) ต่อใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ.....	18
2.18 RTD/PT100 (TSP-08) ต่อใช้งานร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (TOHO Recorder TRM-20 Series) .....	19
2.19 RTD/PT100 (TSP-08) พร้อม PT100 Transmitter 4-20mA (TM-012P) ต่อใช้งานร่วมกับ PLC UNITRONICS Model : V1210-T20BJ.....	19
2.20 โครงสร้างแอปพลิเคชันเว็บมาตรฐาน.....	21
2.21 โครงสร้าง API (Application Programming Interface) .....	26
2.22 หลักการทำงานของ Web Socket .....	26
2.23 การเปิด-ปิดใช้งาน Ngrok.....	28
2.24 Inspect Ngrok .....	29
2.25 Status Ngrok.....	29
2.26 การสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์โดยใช้แหล่งกำเนิดอุณหภูมิแบบใช้ของเหลวเป็นตัวกลาง.....	30

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 7381 .....	30
2.28 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 7037 .....	30
2.29 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 6024 .....	31
2.30 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 6055 .....	31
2.31 Reference Thermometer.....	32
3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน .....	36
3.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) เชื่อมต่อกับ Terminal Adapter Model 956.....	37
3.3 การตั้งค่าข้อมูลต่างๆในเครื่องมือวัด Isotech milliK Precision Thermometer (a) การตั้งค่า Channel 1 (b) การตั้งค่า Channel 2 .....	37
3.4 ตัวอย่างค่าที่แสดงในเครื่องมือวัด Isotech milliK Precision Thermometer.....	37
3.5 แผนผังการทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ Node-red.....	38
3.6 โครงสร้างการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน .....	38
3.7 แผนผังเว็บแอปพลิเคชัน.....	38
3.8 โปรแกรม Visual Studio Code.....	39
3.9 Use Case Diagram.....	39
3.10 Database Diagram.....	40
3.11 เก็บไฟล์ใน GitHub.....	41
3.12 ตัวอย่างโค้ด Register .....	41
3.13 ตัวอย่าง Code Middleware.....	42
3.14 เชื่อมต่อเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์.....	43
3.15 โปรแกรม Device Manager .....	43
4.1 เริ่มใช้งานเว็บแอปพลิเคชันใน Visual Studio Code .....	47
4.2 Webpage Login .....	47
4.3 Webpage Register .....	47
4.4 Webpage Home.....	48
4.5 เพิ่มเครื่องมือวัด/อุปกรณ์ที่เราต้องการ .....	48
4.6 เพิ่มเครื่องมือวัด/อุปกรณ์ที่เราต้องการเสร็จสิ้น.....	48
4.7 Webpage Instrument.....	49

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 เพิ่ม Function .....	49
4.9 เพิ่ม Function เสร็จสิ้น.....	49
4.10 Webpage Dashboard .....	50
4.11 Webpage Dashboard แสดงข้อมูลต่าง ๆ.....	50
4.12 ข้อมูลที่ได้จากการวัดบน Webpage Dashboard .....	51
4.13 ไฟล์จากการดาวน์โหลดเสร็จสิ้น.....	51
4.14 ข้อมูลในไฟล์ data.xlsx.....	51
4.15 กราฟแสดงข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ ) กับ เวลา วันที่ 22/10/2566....	53
4.16 ข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัดแสดงบน Website.....	53
4.17 ข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัดในไฟล์ data.xlsx .....	54
4.15 กราฟแสดงข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ ) กับ เวลา วันที่ 22/10/2566....	53
4.16 ข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัดแสดงบน Website.....	53
4.17 ข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัดในไฟล์ data.xlsx .....	54
4.18 กราฟแสดงข้อมูล Channel2 ที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ ) กับ เวลา วันที่ 11/11/2566....	55
4.19 Channel2 ที่ได้จากเครื่องมือวัดแสดงบน Website.....	56
4.20 ข้อมูล Channel2 ที่ได้จากเครื่องมือวัดในไฟล์ data.xlsx .....	56

## คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
IoT	อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)
SCPI	คำสั่งมาตรฐานสำหรับเครื่องมือที่ตั้งโปรแกรมได้ (Standard Commands for Programmable Instruments)
ASCII	รหัสมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาเพื่อการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (American Standard Code for Information Interchange)
UUT	อุปกรณ์ในการทดสอบ (Unit Under Test)
$\Omega$	หน่วยวัดความต้านทานไฟฟ้า (Ohm)

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันบริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีกจำกัด (มหาชน) เป็นผู้ประกอบธุรกิจการกลั่นและจำหน่ายน้ำมันปิโตรเลียมเป็นหลัก โดยมีสถานีสบริการน้ำมันเชื้อเพลิงกว่า 2,400 สาขาครอบคลุมทั่วประเทศ นอกจากการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วยังเป็นผู้ริเริ่มในการนำธุรกิจค้าปลีกประเภทต่าง ๆ เข้ามาช่วยเติมเต็มความต้องการของผู้บริโภคที่มาใช้บริการที่สถานีสบริการน้ำมัน เช่น ร้านกาแฟเพื่อเมซอน ร้านอาหาร ศูนย์บริการยานยนต์ และจำหน่ายผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมเชิงพาณิชย์ที่หลากหลายให้แก่ลูกค้ากว่า 2,000 ราย ทั้งกลุ่มอากาศยาน กลุ่มเรือขนส่ง กลุ่มอุตสาหกรรม หน่วยงานภาครัฐ นอกจากนี้ยังจำหน่ายผลิตภัณฑ์ก๊าซปิโตรเลียมเหลวให้แก่ลูกค้าภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม และภาคขนส่ง ซึ่งบริษัทมีฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพและวิจัยผลิตภัณฑ์ (วคธ.) เป็นหน่วยงานที่มีภารกิจหลักในการให้การสนับสนุนสายปฏิบัติการคลังปิโตรเลียมและบริษัทลูกในต่างประเทศเป็นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมชั้นนำที่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัยตามมาตรฐานสากลในการวิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซแอลพีจีผลิตภัณฑ์หล่อลื่นทุกชนิดรวมถึงผลิตภัณฑ์พิเศษที่จำหน่ายในทุกกระบวนการ และจำหน่ายไปถึงผู้บริโภคตามแผนควบคุมคุณภาพและระบบ ISO 9001 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดและตามข้อตกลงกับลูกค้า นอกจากนี้ฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพและวิจัยผลิตภัณฑ์ยังได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ISO/IEC 17025 ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลเป็นที่ยอมรับระดับนานาชาติทั่วโลกอีกด้วย ซึ่งฝ่ายที่ผู้วิจัยได้เข้ามาทำสหกิจศึกษาคือฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพและวิจัยผลิตภัณฑ์ (วคธ.) ทีมมาตริวิทยาซึ่งจะรับผิดชอบในการทวนสอบ/สอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ไฟฟ้า และความหนาแน่น และทีม MobileLab เป็นห้องปฏิบัติการเคลื่อนที่ ทำหน้าที่ในการเข้าตรวจสอบคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำหน่ายในสถานีสบริการน้ำมันทุกผลิตภัณฑ์ซึ่งหน่วยงานมีเครื่องมือวัดที่ใช้มีจำนวนมาก การนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้มีความเฉพาะเจาะจงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมเฉพาะของแต่ละเครื่องมือเท่านั้น เมื่อใช้เครื่องมือวัดจำนวนมากทำให้จำเป็น ต้องใช้โปรแกรมเป็นจำนวนมาก โปรแกรมมีความซับซ้อนในการใช้งาน และการลงโปรแกรมในบริษัทมีข้อจำกัดจำเป็นต้องขออนุญาตในการลงโปรแกรม ทำให้การดึงข้อมูลออกจากเครื่องมือวัดมีความไม่สะดวก ใช้ระยะเวลานาน มีความซับซ้อนเข้าถึงยาก ปัจจุบันการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดส่วนมากจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบระบบปฏิบัติการแบบเดียวเท่านั้น และเครื่องมือวัดสามารถใช้งานได้ 1 คนต่อ 1 เครื่องมือวัดเท่านั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเครื่องมือวัดจำนวนมากมาเชื่อมต่อกับเว็บแอปพลิเคชันเพียงเว็บแอปพลิเคชันเดียวเท่านั้น เนื่องจากเว็บแอปพลิเคชันมีความสำคัญในปัจจุบัน ใช้กันอย่างแพร่หลายและสามารถต่อยอดในอนาคตได้



จากการศึกษาที่ผ่านมา ระบบไอโอทีที่มีความสามารถในการประยุกต์เว็บแอปพลิเคชันกับเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ได้ ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีระบบไอโอที (Internet of Things) เป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างมากในโลกปัจจุบันได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัด โดยสามารถใช้เว็บแอปพลิเคชันดึงข้อมูลของเครื่องมือวัดโดยการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้โดยไม่ต้องใช้สายเคเบิลหรืออุปกรณ์เชื่อมต่ออื่น ๆ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเชื่อมต่อเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์จำนวนมากได้และการใช้เว็บแอปพลิเคชันแทนการใช้โปรแกรมเฉพาะจำนวนมาก จึงทำให้มีความสะดวกสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์ของเรา เว็บแอปพลิเคชันส่งผลให้ระยะเวลาในการเชื่อมต่อกับเครื่องมือต่าง ๆ ลดลง สามารถใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน ใช้งานสะดวกสามารถใช้งานได้ทุกสถานที่ ทุกเวลา ใช้ได้กับอุปกรณ์หลายรูปแบบ เมื่อใช้ใช้อุปกรณ์เครื่องเดียวเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ได้จำนวนมาก สามารถนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดไปทำการวิเคราะห์ได้ สามารถนำไปประยุกต์ได้กับทุกภาคส่วน และสามารถนำไปต่อยอดได้ในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) สามารถสร้างระบบรับ-ส่งข้อมูล
- 2) สามารถเชื่อมต่อเครื่องมือวัด
- 3) เพื่อที่จะใช้ในคอมพิวเตอร์ของบริษัทได้อย่างสะดวก ไม่จำเป็นต้องดาวน์โหลด

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ศึกษาคุณสมบัติของเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ และการเชื่อมต่อกับระบบไอโอทีเพื่อนำไปประยุกต์การเชื่อมต่อเครื่องมือวัดโดยใช้ระบบไอโอที
- 2) ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแอปพลิเคชัน และภาษาทางคอมพิวเตอร์  
เช่น Node.js, Javascript, HTML, CSS

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) มีความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ และหลักการทำงานของระบบไอโอทีที่สามารถนำระบบไอโอทีไปใช้ในอีกหลายภาคส่วน และนำไปต่อยอดในอนาคตได้
- 2) สามารถรับ-ส่งข้อมูลออกจากเครื่องมือวัดจำนวนมากได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และไม่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนากระบวนการต่างๆ
- 3) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคตได้ ใช้งานในบริษัทได้สะดวก โดยใช้เบราว์เซอร์ไม่ต้องดาวน์โหลดตัวแอปพลิเคชัน



## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการสหกิจเรื่องการรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ระบบไอโอทีใน  
บทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการใช้เว็บพลิเคชันในการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดและการวิเคราะห์ข้อมูล  
เครื่องมือวัดโดยใช้งานผ่านระบบไอโอทีที่สามารถนำไปใช้ในการสอบเทียบ/ทวนสอบได้โดยมีทฤษฎี  
และการวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล การรับ-การส่งข้อมูลและการวิเคราะห์  
ข้อมูลเครื่องมือวัด เซนเซอร์ เว็บแอปพลิเคชัน ระบบไอโอที การสอบเทียบ/ทวนสอบ ทฤษฎีและการ  
วิจัยทั้งหมดนี้เป็นแนวทางและมีความสำคัญต่องานวิจัยส่งผลให้งานวิจัยมีความถูกต้อง และมี  
ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำความรู้จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้มาประยุกต์  
เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันการรับ-การส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ระบบไอโอที

### 2.1 เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล (Digital Measuring Instruments)

เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล (Digital Measuring Instruments) คือ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่า  
และแสดงผลในรูปแบบดิจิทัลหรือแสดงผลในหน้าจอดิจิทัล ซึ่งมีความแม่นยำและความสะดวกใน  
การใช้งานมากกว่าเครื่องมือที่ใช้วัดแบบอนาล็อก (Analog) ซึ่งมีเกาท์กลุ่มค่าให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล  
ใช้ในการวัดและบันทึกข้อมูลเพื่อหาค่าหรือข้อมูลต่าง ๆ ของวัตถุอย่างละเอียดและมีความแม่นยำสูง  
โดยมักมีการใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ซับซ้อนเพื่อให้เก็บข้อมูลและวัดค่าอย่างถูกต้อง เครื่องมือวัด  
มักมีความแม่นยำและความสามารถในการวัด และบันทึกข้อมูลในระดับสูงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง  
และน่าเชื่อถือสามารถใช้เครื่องมือวัดแบบดิจิทัลในหลายงานและอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น งาน  
วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และแหล่งอื่น ๆ ที่ต้องการการวัดและบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ ยกตัวอย่าง  
เครื่องมือวัด ดังต่อไปนี้

#### 2.1.1 เครื่องวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer)

เครื่องวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) จาก Isotech เป็นมาตรฐานใหม่สำหรับการวัด และการสอบเทียบอุณหภูมิด้วย  
Platinum Resistance Thermometers, Thermistors, Thermocouples และ Process Instrumentation (4-20 mA) ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -270 °C ถึง 1820 °C เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ใน  
การวัดอุณหภูมิอย่างแม่นยำโดยมีความละเอียดสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั่วไป  
ที่มักใช้ในห้องปฏิบัติการ การวิทยาศาสตร์ รายละเอียดของเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบ  
มิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) มีดังนี้

1. รองรับเซนเซอร์ที่หลากหลาย เช่น SPRTs (Standard Platinum Resistance Thermometers), PRTs (Platinum Resistance Thermometers), Thermistors, Thermocouples, และ 4-20 mA Transmitters
2. ช่วงการวัด -454 °F to 3308 °F (-270 °C to 1820 °C)
3. ความแม่นยำสูง <  $\pm 5$  ppm for PRTs,  $\pm 2$   $\mu$ V for Thermocouples and  $\pm 1$   $\mu$ A Transmitters
4. สามารถบันทึกข้อมูลการวัดไว้ได้ถึง 180 วัน
5. หน้าจอแสดงผลแบบกราฟิกสี่เหลี่ยมรูปแบบ สามารถแสดงผลในหน่วย °C, °F, K, Ohms, mV และ mA ด้วยโหมดแสดงผลตัวเลขและกราฟิก แสดงผลค่าต่ำสุด / ค่าสูงสุด, ค่าสูงต่ำ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
6. สามารถควบคุม Isotech calibration baths
7. ใช้แบตเตอรี่ 4 ก้อนหรือแหล่งจ่ายไฟสากล



รูปที่ 2.1 Isotech milliK Precision Thermometer

#### 2.1.1.1 Terminal Adapter Model 956

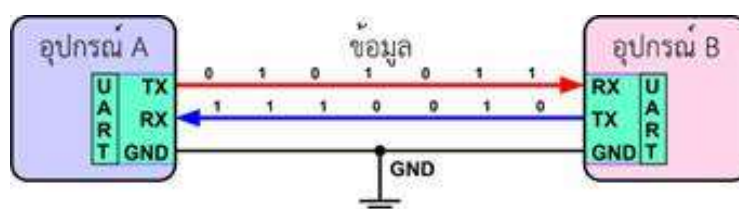
ช่วง TTI ของเราใช้ตัวต่อ 'Lemo' คุณภาพสูงสำหรับข้อมูล Pt100 ของเรา อุปกรณ์เสริมเรียบง่ายนี้มีขาต่อขนาด 4 mm. สำหรับการเชื่อมต่อสายไฟเปล่า แผงตัวต่อหรือปลั๊กขนาด 4 mm. – มีประโยชน์เมื่อมีการใช้โพรบสวมคลุมมากับเครื่องมือ ตัวต่อเชื่อมต่อกับ TTI ผ่านสองสายแบบยึดหยუნ ที่สิ้นสุดด้วยตัวต่อ Lemo ที่เหมาะสำหรับ มีสองรุ่น รุ่นแรกสำหรับ TTI-7, TTI-10 หรือ milliK และรุ่นสองสำหรับ TTI-22



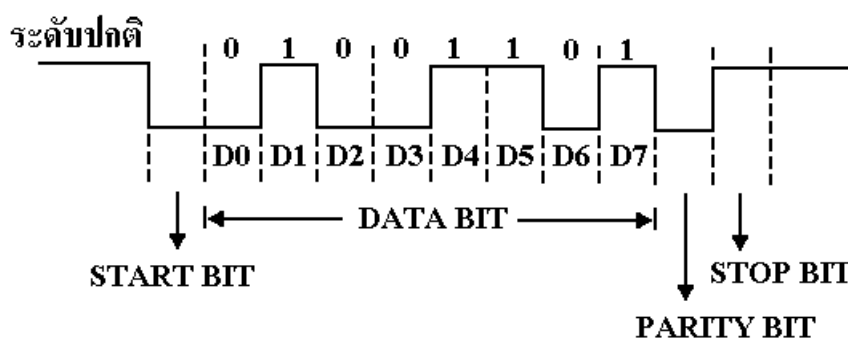
รูปที่ 2.2 Terminal Adapter Model 956

## 2.2 การรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัด

การรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดใช้การรับส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม โดยจะส่งข้อมูลไปที่ละบิตแทนที่จะส่งข้อมูลไปพร้อมกันหลายๆบิต ในเวลาเดียวกัน จึงทำให้การส่งข้อมูลแบบอนุกรม หรือ SerialPort มีข้อดี คือ มีการใช้สายสื่อสารน้อย แต่ก็มีข้อเสียในเรื่องของเวลาเมื่อเทียบกับการรับส่งข้อมูลแบบขนาน การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) การรับ-การส่งข้อมูลแบบนี้ใช้มากบนเครื่องคอมพิวเตอร์ การส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสเป็นรูปแบบการสื่อสารจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ ตัวอย่างโปรโตคอลแบบ Asynchronous ได้แก่ RS-232, USB, Serial ATA เป็นต้น



รูปที่ 2.3 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

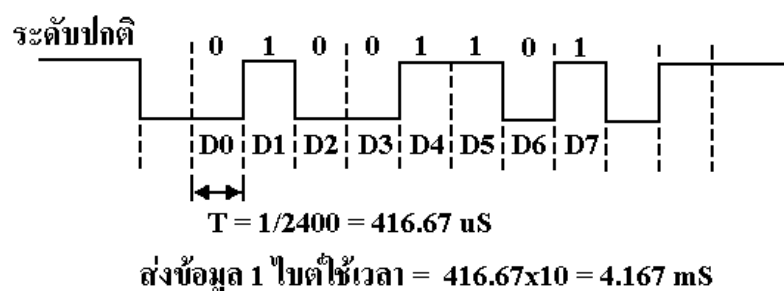


รูปที่ 2.4 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

ในการรับ-ส่งข้อมูลที่ใช้การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสดังแสดงที่ 2.4 ข้อมูลประกอบด้วย

- บิตเริ่มต้น (Start Bit) คือ บิตที่บอกจุดเริ่มต้นข้อมูล มีขนาด 1 บิต
- บิตข้อมูล (Data Bit) คือ บิตที่บอกค่าข้อมูลมีได้ระหว่าง 5 ถึง 8 บิต
- พาริตีบิต (Parity Bit) คือ บิตที่ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล มีได้ 0 หรือมี 1 บิต
- บิตหยุด (Stop Bit) คือ บิตที่บอกจุดสิ้นสุดข้อมูล มีได้ 1 1.5 หรือ 2 บิต

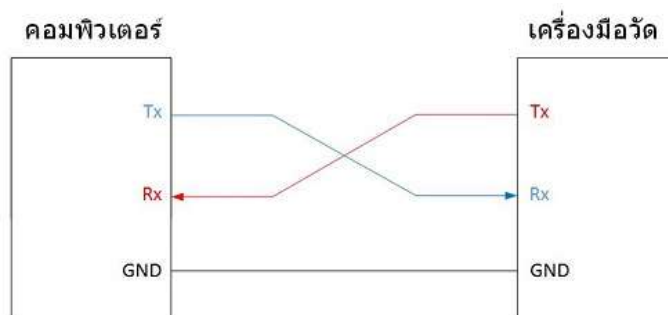
ระบบจะเกี่ยวข้องกับอัตราบอด (Baud rate) ถ้าไม่ตรงตามที่กำหนดไว้การส่งข้อมูลก็จะล้มเหลว ระบบเหมาะในการส่งอักขระจากเทอร์มินัลมายังคอมพิวเตอร์แม่ทันที โดยเป็นการส่งไบต์ใด โดยเติมบิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่หัวและท้ายของข้อมูลไบต์นั้น ตามลำดับให้ครบ 10 บิตที่จะส่ง ในการส่งข้อมูลอัตราความเร็วสำหรับส่งข้อมูลอาจจะเป็น 110 300 1,200 2,400 4,800 9,600 และ 19,200 บิตต่อวินาที อัตราความเร็วนี้เรียกว่าอัตราบอด (Baud rate) โดยการส่งและรับจะต้องมีการตั้งค่าความเร็วให้เท่ากัน ตัวอย่างเช่น การติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องปลายทาง (terminal) ที่โดยธรรมชาติแล้วเป็นการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส เพราะผู้ใช้จะพิมพ์ทีละ 1 ตัวอักษรจากเครื่องปลายทางไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วสูงในการติดต่อสื่อสารความเร็วในการสื่อสาร



**รูปที่ 2.5** ตัวอย่างข้อมูลส่งด้วยความเร็ว 2400 บิตต่อวินาที  
แต่ละบิตใช้เวลาส่งเท่ากับ  $1/2400 = 416.6$  ไมโครวินาที

### 2.2.1 RS-232

RS-232 (Recommended Standard 232) เป็นมาตรฐานการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (serial communication) คือ การกำหนดการเชื่อมต่อระหว่าง DTE (data terminal equipment) เช่น คอมพิวเตอร์ กับ DCE (data circuit-terminating equipment or data communication equipment) เช่น โมเด็ม เป็นต้น มาตรฐาน RS232 ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการสื่อสารระดับอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่อ RS-232 ระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัด

จากรูปภาพ 2.6 เป็นตัวอย่างการเชื่อมต่อแบบ RS232 ของเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อตั้งค่าเครื่องมือวัดผ่าน Software โดยการเชื่อมต่อมีดังนี้

Tx (เครื่องมือวัด) จะถูกต่อเข้ากับ Rx (คอม) เพื่อส่งข้อมูลจากเครื่องมือวัดไปยังตัวรับของคอมพิวเตอร์

Rx (เครื่องมือวัด) จะถูกต่อเข้ากับ Tx (คอม) เพื่อรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์

GND (เครื่องมือวัด) จะถูกต่อเข้ากับ GND (คอม) เพื่อเทียบสัญญาณแรงดัน 0V

รหัสสัญญาณของ RS232 เป็นรูปแบบการส่งข้อมูลดิจิทัล ข้อมูลดิจิทัลจะประกอบด้วยตัวเลขเพียงสองตัว คือ 0 และ 1 เรียงต่อกันเป็นรหัสหรือชุดคำสั่งเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่ง RS232 จะใช้ ระดับของแรงดันไฟฟ้า เป็นตัวบอกว่าข้อมูลไหนคือ 0 และ 1 ตามรูปที่ 2.4

แรงดันไฟฟ้าของ RS-232

รหัส	ตัวส่งสัญญาณ (V)	ตัวรับสัญญาณ (V)
0	+5 ... +15	+3 ... +25
1	-5 ... -15	-3 ... -25
Undefined	-	-3 ... +3

รูปที่ 2.7 ข้อมูลดิจิทัลต่อแรงดันไฟฟ้าของ RS-232

### 2.2.2 USB to RS-232/422/485 Converter

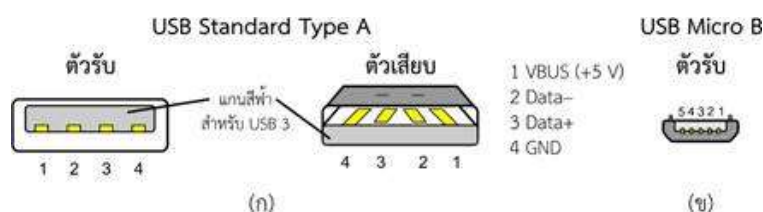
เชื่อมต่อ Serial Device ผ่าน USB interface บนคอมพิวเตอร์ สร้างหรือเพิ่มพอร์ต RS-232/422/485 จากพอร์ต USB ของคุณ โดยใช้พลังงานจากพอร์ต USB ไม่ต้องต่ออะแดปเตอร์ไฟเลี้ยงใดๆ รองรับ USB 1.1/2.0/3.0 รองรับ Baud Rate 300 ~ 115200 bps ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิภายนอกสูงสุด -25 °C ~ +75 °C



รูปที่ 2.8 USB to RS-232/422/485 Converter

### 2.2.3 USB (Universal Serial Bus)

USB (Universal Serial Bus) เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรมสำหรับคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ ในระยะสั้น ๆ ไม่เกิน 2-5 เมตร โดยมีการพัฒนาต่อเนื่องมาโดยเน้นการพัฒนาด้านความเร็วในการส่งข้อมูล



รูปที่ 2.9 (ก) USB Standard Type A

(ข) USB Micro B สำหรับบอร์ด NodeMCU

สาย USB ทั่วไป จะประกอบด้วยสาย 4 เส้น คือ แรงดันไฟตรง +5 V, Data-, Data+ และกราวด์ โดยข้อมูลจะส่งแบบอนุกรมผ่านสาย Data - และ Data + เท่านั้น สำหรับแรงดันไฟตรง +5 V จะสามารถนำมาใช้ส่งพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต USB เป็นแหล่งพลังงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ใช้จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านการจ่ายกระแสด้วย

### 2.2.4 ส่งข้อมูลด้วยภาษา Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI)

SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments หรือ Standard Commands for Programmable Instruments Protocol) คือมาตรฐานสื่อสารในงานวัดและทดสอบอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือวัดที่สามารถควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ มาตรฐาน SCPI กำหนดรูปแบบของคำสั่งที่ใช้สื่อสารระหว่างอุปกรณ์และเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติอื่น ๆ โดยที่อุปกรณ์จะต้องรองรับการสื่อสารตามมาตรฐาน



SCPI เพื่อให้่ายต่อการติดต่อและควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้น มาตรฐาน SCPI มุ่งเน้นความคงสภาพและความเข้าใจในการสื่อสารระหว่างเครื่องมือและคอมพิวเตอร์ และมีโครงสร้างคำสั่งที่มอบเครื่องมือให้เป็นคำสั่งที่คล้ายกับภาษามนุษย์ในการเขียน นอกจากนี้มาตรฐาน SCPI ยังรวบรวมคำสั่งที่ใช้บ่อยในเครื่องมือวัดเชิงการวัด ทำให้ง่ายต่อการสร้างและใช้งานโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์วัดต่าง ๆ ที่รองรับมาตรฐาน SCPI

## 2.2.5 รับข้อมูลด้วยข้อมูล (ASCII)

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) คือระบบรหัสที่ใช้ในการแสดงตัวอักษรและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในคอมพิวเตอร์ด้วยตัวเลขในระบบ ASCII แต่ละตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ถูกระบุด้วยหมายเลขเฉพาะ ซึ่งช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียกใช้และแสดงข้อมูลในรูปแบบของตัวอักษรได้อย่างถูกต้อง ตัวอักษรและสัญลักษณ์ใน ASCII ถูกระบุด้วยหมายเลขตั้งแต่ 0 ถึง 127, ซึ่งรวมถึงตัวเลข 0-9, ตัวพิมพ์เล็กและตัวพิมพ์ใหญ่ A-Z, และสัญลักษณ์พื้นฐานอื่น ๆ เช่น !, @, #, \$, และอื่น ๆ เช่น ตัวอักษร "A" ใน ASCII มีรหัสเลขคือ 65, ตัวอักษร "a" ใน ASCII มีรหัสเลขคือ 97, ตัวเลข "1" ใน ASCII มีรหัสเลขคือ 49

ASCII ถูกใช้กว้างขวางในการเก็บข้อมูลข้อความในคอมพิวเตอร์และในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เนื่องจากมันเป็นระบบรหัสมาตรฐานที่ตรงกันทั่วโลก และสามารถอ่านและเข้าใจได้ง่าย.

Decimal - Binary - Octal - Hex - ASCII  
Conversion Chart

Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII	Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII	Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII	Decimal	Binary	Octal	Hex	ASCII
0	00000000	000	00	NUL	32	00100000	040	20	SP	64	01000000	100	40	@	96	01100000	140	80	`
1	00000001	001	01	SOH	33	00100001	041	21	!	65	01000001	101	41	A	97	01100001	141	81	a
2	00000010	002	02	STX	34	00100010	042	22	"	66	01000010	102	42	B	98	01100010	142	82	b
3	00000011	003	03	ETX	35	00100011	043	23	#	67	01000011	103	43	C	99	01100011	143	83	c
4	00000100	004	04	EOF	36	00100100	044	24	\$	68	01000100	104	44	D	100	01100100	144	84	d
5	00000101	005	05	ENQ	37	00100101	045	25	%	69	01000101	105	45	E	101	01100101	145	85	e
6	00000110	006	06	ACK	38	00100110	046	26	&	70	01000110	106	46	F	102	01100110	146	86	f
7	00000111	007	07	BEL	39	00100111	047	27	'	71	01000111	107	47	G	103	01100111	147	87	g
8	00001000	010	08	BS	40	00101000	050	28	(	72	01001000	110	48	H	104	01101000	150	88	h
9	00001001	011	09	HT	41	00101001	051	29	)	73	01001001	111	49	I	105	01101001	151	89	i
10	00001010	012	0A	LF	42	00101010	052	2A	*	74	01001010	112	4A	J	106	01101010	152	8A	j
11	00001011	013	0B	VT	43	00101011	053	2B	+	75	01001011	113	4B	K	107	01101011	153	8B	k
12	00001100	014	0C	FF	44	00101100	054	2C	,	76	01001100	114	4C	L	108	01101100	154	8C	l
13	00001101	015	0D	CR	45	00101101	055	2D	-	77	01001101	115	4D	M	109	01101101	155	8D	m
14	00001110	016	0E	SO	46	00101110	056	2E	.	78	01001110	116	4E	N	110	01101110	156	8E	n
15	00001111	017	0F	SI	47	00101111	057	2F	/	79	01001111	117	4F	O	111	01101111	157	8F	o
16	00010000	020	10	DLE	48	00110000	060	30	0	80	01010000	120	50	P	112	01110000	160	70	p
17	00010001	021	11	DC1	49	00110001	061	31	!	81	01010001	121	51	Q	113	01110001	161	71	q
18	00010010	022	12	DC2	50	00110010	062	32	2	82	01010010	122	52	R	114	01110010	162	72	r
19	00010011	023	13	DC3	51	00110011	063	33	3	83	01010011	123	53	S	115	01110011	163	73	s
20	00010100	024	14	DC4	52	00110100	064	34	4	84	01010100	124	54	T	116	01110100	164	74	t
21	00010101	025	15	NAK	53	00110101	065	35	5	85	01010101	125	55	U	117	01110101	165	75	u
22	00010110	026	16	SYN	54	00110110	066	36	6	86	01010110	126	56	V	118	01110110	166	76	v
23	00010111	027	17	ETB	55	00110111	067	37	7	87	01010111	127	57	W	119	01110111	167	77	w
24	00011000	030	18	CAH	56	00111000	070	38	8	88	01011000	130	58	X	120	01111000	170	78	x
25	00011001	031	19	EM	57	00111001	071	39	9	89	01011001	131	59	Y	121	01111001	171	79	y
26	00011010	032	1A	SUB	58	00111010	072	3A	:	90	01011010	132	5A	Z	122	01111010	172	7A	z
27	00011011	033	1B	ESC	59	00111011	073	3B	;	91	01011011	133	5B	[	123	01111011	173	7B	{
28	00011100	034	1C	FS	60	00111100	074	3C	<	92	01011100	134	5C	\	124	01111100	174	7C	
29	00011101	035	1D	GS	61	00111101	075	3D	=	93	01011101	135	5D	]	125	01111101	175	7D	}
30	00011110	036	1E	RS	62	00111110	076	3E	>	94	01011110	136	5E	^	126	01111110	176	7E	~
31	00011111	037	1F	US	63	00111111	077	3F	?	95	01011111	137	5F	_	127	01111111	177	7F	DEL

This chart is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike License. For more info on this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

ASCII Conversion Chart.doc Copyright © 2004, 2012 David Wilson 22 March 2012

## รูปที่ 2.10 ตาราง ASCII

## 2.3 เซ็นเซอร์ (Sensor)

เซ็นเซอร์ (Sensor) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด ค่า ข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการทราบ เป็นอุปกรณ์อยู่ในส่วนแรกของเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ตัวอย่างของเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ เช่น เกจวัดอุณหภูมิ (Temperature Gauge) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ RTD, Thermocouple , Temperature Transmitter ซึ่งเซ็นเซอร์ในงานเครื่องมือวัดนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

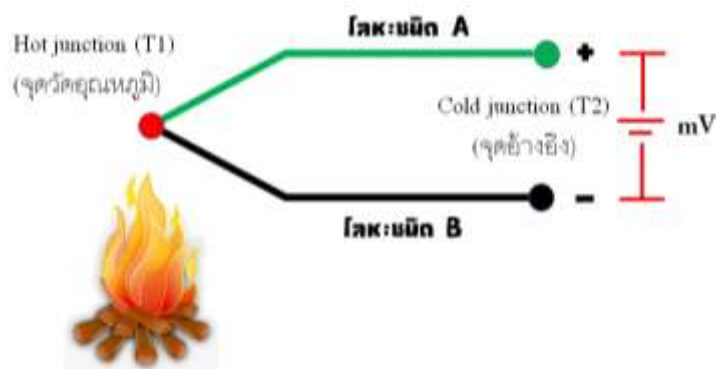
1. เซ็นเซอร์ที่สามารถแสดงค่าการวัดได้ทันที ตัวอย่างเช่น เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในแท่งแก้วปิด
2. เซ็นเซอร์ที่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการแปลงค่าสัญญาณการวัด ตัวอย่างเช่น Temperature Sensor ชนิด Thermocouple เป็นต้น จำเป็นต้องมีการต่อเซ็นเซอร์เข้ากับตัวทรานสมิเตอร์ (Transmitter)

ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) คือ อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานใดพลังงานหนึ่ง ให้อยู่ในรูปของพลังงานหนึ่ง หรือสัญญาณหนึ่งไปยังสัญญาณหนึ่ง ตัวอย่างเช่น Thermocouple ที่แปลงค่าอุณหภูมิ ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า จากการสัมผัสกับอุณหภูมิสูง หรือ RTD ที่แปลงค่าอุณหภูมิให้ค่าความต้านทาน ก่อนต่อให้กับตัว Transmitter ซึ่ง จะเห็นว่าเซ็นเซอร์บางตัวมีลักษณะที่เป็น Transducer ด้วย

ทรานสมิเตอร์ (Transmitter) คือ อุปกรณ์ Transducer อย่างหนึ่งที่สามารถแปลงสัญญาณจากเซ็นเซอร์ที่เป็นชนิด Transducer ให้เป็นค่าในการวัด และสามารถส่งสัญญาณการวัดเป็นสัญญาณมาตรฐาน เช่นสัญญาณ 4 - 20 mA ไปยังอุปกรณ์อื่นๆ เช่นคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Recorder) เป็นต้น

### 2.3.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่เมื่อมีการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง จำเป็นต้องรักษาและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เช่น ปิโตรเคมีและอุตสาหกรรมทั่วไป ในการใช้งานสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้ Thermocouple จะต่อใช้งานเข้ากับเครื่องมือวัด เช่น เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller), เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Recorder), เครื่องวัดค่าและแสดงผลอุณหภูมิ (Digital Temperature Indicator) เป็นต้น



รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

ดังรูปที่ 2.11 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงความร้อนหรืออุณหภูมิให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) โดยการนำลวดโลหะตัวนำ 2 ชนิดที่มีความแตกต่างกันทางคุณสมบัติทางเคมีมาเชื่อมปลายของทั้ง 2 เข้าด้วยกัน เราเรียกจุดนี้ว่า Hot junction (T1) (จุดวัดอุณหภูมิ) ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของโลหะตัวนำทั้งสองปล่อยว่าง ซึ่งเราจะเรียกจุดนี้ว่า Cold junction (T2) (จุดอ้างอิง) ดังภาพประกอบด้านล่าง ซึ่งหากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกัน โลหะตัวนำทั้ง 2 จะมีการขยายตัวและมีการแผ่ไหลผ่านโลหะตัวนำทั้ง 2 ส่งผลให้ปลายโลหะตัวนำที่ปล่อยว่างเกิดความต่างศักย์เกิดขึ้น มีค่าเป็น มิลลิโวลต์ (mV)

การแบ่งประเภท และการเลือกใช้เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ในการจัดประเภทเราสามารถแบ่งได้ตามวัสดุที่นำมาทำเป็นเซ็นเซอร์โดยคุณสมบัติของวัสดุที่แตกต่างกันนี้ จะทำให้เกิดค่า EMF (Electromotive Force) หรือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ต่างกันตัวนอกจากนี้ชนิดของโลหะที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล ก็ยังส่งผลต่อความเป็นเชิงเส้นของแรงดันเอาต์พุตของตัวเทอร์โมคัปเปิล เนื่องจากเป็นเซ็นเซอร์แบบ Active ที่ไม่จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายพลังงานให้ก็สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้เองตามหลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิลเราสามารถสรุปกลุ่มของโลหะ หรือวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์ออกเป็น 3 กลุ่ม ใหญ่ๆ คือ

1. Nickel Alloy กลุ่มโลหะชนิดนี้ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล เช่น Type K, J, T
2. Platinum/Rhodium Alloy กลุ่มโลหะชนิดนี้ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล เช่น Type B, R, S
3. Tungsten/Rhenium Alloy กลุ่มโลหะชนิดนี้ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิล เช่น Type C, D, G

ในกลุ่มของโลหะที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิลเหล่านี้ ส่วนใหญ่จะเป็นโลหะผสมจำพวกอัลลอย ซึ่งแล้วปริมาณ นอกจากนั้นต้นทุน จุดหลอมเหลวของโลหะ ความไวต่อการตอบสนองอุณหภูมิความสามารถในการทนต่อสารเคมี และสภาพแวดล้อมก็เป็นปัจจัยในการจำแนกประเภทของเซ็นเซอร์

### 2.3.1.1 Nickel alloy thermocouples

Type E ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ chromel – constantan ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่ออุณหภูมิที่สูงถึง ( $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านต่ำๆ เช่น การแช่แข็ง โดยมีย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ที่  $-50^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+740^{\circ}\text{C}$  และย่านแคบอยู่ที่  $-110^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+140^{\circ}\text{C}$  และมีคุณสมบัติที่แม่เหล็กดูดไม่ติด (non – magnetic)

Type J ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ iron – constantan เป็นที่นิยมใช้งาน ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่ออุณหภูมิอยู่ที่ ( $50\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านกลางๆ โดยมีย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ที่  $-40^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+750^{\circ}\text{C}$  ซึ่งแคบกว่า Type K แต่ให้ความไวในการวัดและความแม่นยำสูงกว่า Type K

Type K ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ Chromel – Alomel เป็นที่นิยมใช้งาน ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่ออุณหภูมิอยู่ที่ ( $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านกลางๆ ถึงสูง โดยมีย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ที่  $-200^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+1350^{\circ}\text{C}$

Type M ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ Ni/Mo 82%/18% – Ni/Co 99.2%/0.8% เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาแบบสุญญากาศ เนื่องจากตัวโครงสร้างของวัสดุชนิดนี้จะไม่ทนต่อการเกิดออกซิเดชันในอุณหภูมิที่สูงซึ่งอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถใช้ได้อยู่ที่  $1400^{\circ}\text{C}$

Type N ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ Nicrosil – Nisil ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่ออุณหภูมิอยู่ที่ ( $39\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$  ที่  $900^{\circ}\text{C}$ ) เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านกลางๆ โดยมีย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ที่  $-270^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+1300^{\circ}\text{C}$  ทนต่อการเกิดออกซิเดชัน และมีความเสถียรภาพการใช้งานดี ซึ่ง Thermocouple Type N ถูกออกแบบโดยองค์การวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหมของออสเตรเลีย เพื่อเอาชนะปัญหาที่เกิดขึ้นในวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์สร้างสัญญาณ EMF ที่ไม่คงที่

Type T ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ copper – constantan เป็นที่นิยมใช้งาน ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่ออุณหภูมิที่สูงถึง ( $43\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) มีส่วนผสมของทองแดง นำความร้อนได้ดี เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านต่ำ เช่น ห้องเย็น การแช่แข็ง โดยมีย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ที่  $-200^{\circ}\text{C}$  ถึง  $+350^{\circ}\text{C}$  และมีคุณสมบัติที่แม่เหล็กดูดไม่ติด

### 2.3.1.2 Platinum/rhodium alloy thermocouples

เทอร์โมคัปเปิล Types B, R, S ทำจากวัสดุที่ให้เสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิที่ดี แต่จะให้ความไวในการวัดอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเทอร์โมคัปเปิลแบบอื่น ๆ ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันต่ออุณหภูมิอยู่ที่ ( $10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) โดยเทอร์โมคัปเปิลเหล่านี้เหมาะสำหรับการวัดค่าอุณหภูมิในด้านสูง ๆ แต่ราคาหรือต้นทุนก็จะมีราคาสูงด้วย

Type B ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ Pt/Rh 70%/30% – Pt/Rh 94%/6% เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านสูง เช่น เตาเผาเซรามิก โดยสามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 1800 °C เริ่มสามารถเริ่มวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 50°C ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิห้อง เนื่องจาก EMF ที่ย่านอุณหภูมิต่ำจะมีน้อยมาก จนแทบวัดไม่ได้ ซึ่งหมายความว่าจุดอ้างอิงของอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะสามารถทำได้ง่าย เพียงแค่กำหนดค่าคงที่ขึ้นมาแล้วอ้างอิงกับค่าอุณหภูมิห้อง

Type R ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ Pt/Rh 87%/13% – Pt เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านสูง เช่น เตาเผาเซรามิกส์ โดยสามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 1600°C และเป็นชนิดที่มีการใช้งานมากพอๆ กับ Type S

Type S ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ Pt/Rh 90%/10% – Pt เหมาะสำหรับงานวัดอุณหภูมิด้านสูง โดยสามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 1600 °C โดยทาง ITS-90 ระบุช่วงการใช้งานของ Thermocouple Type S ที่มีความละเอียดสูงอยู่ที่ 630~1064°C ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นตัวมาตรฐานในการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการ

### 2.3.1.3 Tungsten/rhenium alloy thermocouples

เทอร์โมคัปเปิลที่กล่าวทั้งหมดในตอนต้นส่วนใหญ่แล้ว จะไม่สามารถใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมที่รุนแรง มีการกัดกร่อน ในอุณหภูมิสูงมากได้ แต่สำหรับเทอร์โมคัปเปิล Type C, D, G สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึง 2315°C และเพิ่มสามารถเพิ่มย่านวัดได้ถึง 2760°C ภายใต้บรรยากาศของก๊าซเฉื่อย (Inert Atmosphere) เช่น บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน และได้ถึง 3000°C กรณีการวัดค่าแบบคร่าวๆ

Type C ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ W/Re 95%/5% – W/Re 74%/26%

Type D ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ W/Re 97%/3% – W/Re 75%/25%

Type G ทำจากส่วนประกอบของวัสดุ W – W/Re 74%/26%

ปัจจัยเสริมในการเลือกใช้เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) นอกจากการแบ่งประเภทของ Thermocouple มีปัจจัยอื่นๆที่เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน โดยปัจจัยเสริมต่างๆนั้น จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ รหัสสี (Color Code) ของ Thermocouple เป็นเรื่องยากที่จะต้องระบุว่าเป็น Thermocouple ชนิดใด เนื่องจากโลหะมีหน้าตาที่คล้ายๆ กัน จึงได้มีการทำฉนวนที่ใช้หุ้มตัวสายเทอร์โมคัปเปิล เพื่อใช้ระบุประเภทของเทอร์โมคัปเปิล โดยมีการกำหนด รหัสสี (Color Code) กำกับไว้ที่ฉนวนที่ใช้หุ้มตัวสายเทอร์โมคัปเปิลแต่ละประเภท เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน โดยมาตรฐานที่มีอยู่ปัจจุบัน มีอยู่ หลากหลายแบบ เช่น IEC, BS, ANSI, JIS, DIN ตามรูปด้านล่าง

ANSI Code	ANSI MC 96.1 Color Coding		Alloy Combination		Maximum T/C Grande temp. range	EMF(mv) Over Max. temp. range	IEC 594-3 Color Coding	IEC Code
	Thermocouple	Extension	+ Lead	- Lead				
<b>K</b>			NICKEL- CHROMIUM Ni-Cr	NICKEL- ALUMINUM Ni-Al	-270 to 1372°C -454 to 2501°F	-6.458 to 54.886		<b>K</b>
<b>J</b>			IRON Fe (magnetic)	CONTANTAN COOPER- NICKEL Cu-Ni	-210 to 1200°C -346 to 2193°F	-8.095 to 89.553		<b>J</b>
<b>T</b>			COPPER Cu	CONTANTAN COOPER- NICKEL Cu-Ni	-270 to 400°C -454 to 752°F	-6.258 to 20.872		<b>T</b>
<b>E</b>			NICKEL- CHROMIUM Ni-Cr	CONTANTAN COOPER- NICKEL Cu-Ni	-270 to 1000°C -454 to 1832°F	-9.835 to 76.373		<b>E</b>
<b>N</b>			NICROSIL Ni-Cr-Si	NISIL Ni-Si-Mg	-270 to 1300°C -450 to 2372°F	-4.345 to 47.513		<b>N</b>
<b>S</b>	NONE ESTABLISHED		PLATINUM- 10% RHODIUM Pt-10%Rh	PLATINUM Pt	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.236 to 18.693		<b>S</b>
<b>R</b>	NONE ESTABLISHED		PLATINUM- 13% RHODIUM Pt-13%Rh	PLATINUM Pt	-50 to 1768°C -58 to 3214°F	-0.228 to 21.101		<b>R</b>
<b>B</b>	NONE ESTABLISHED		PLATINUM- 30% RHODIUM Pt-30%Rh	PLATINUM-6% RHODIUM Pt-6%Rh	0 to 1820°C 32 to 3308°F	0 to 13.820		<b>B</b>

รูปที่ 2.12 ประเภทและมาตรฐานสีของเทอร์โมคัปเปิล

Colour code standard							
Thermocouple type		ANSI		DIN		BS	
		ANSI		DIN		BS	
<b>K</b>	+NICO -NIAL						
<b>J</b>	+IRON -CONSTANTAN						
<b>E</b>	+NICO -CONSTANTAN						
<b>T</b>	+COPPER -CONSTANTAN						
<b>N</b>	+NICROSIL -NISIL			--	--	--	--
<b>S</b>	+COPPER -CUPRONIC						

รูปที่ 2.13 Thermocouple Color Code

เกรดและความเที่ยงตรงของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ความเที่ยงตรงในการวัดนั้นมีความสำคัญมาก ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกถึงค่าที่วัดได้ว่าเชื่อถือได้หรือไม่ เวลาพูดถึงเครื่องมือวัดนั้นจะมีค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัดดังนี้

Error หรือ ค่าผิดพลาดในการวัด มีอยู่หลายส่วน เช่น Measurement Error คือค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือวัดเอง Human Error เป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้งานเครื่องมือวัด เช่น การใช้งานผิดประเภท การอ่านค่าความผิดพลาดนั้น สามารถบอกเป็น % ของย่านการวัด หรือค่าผิดพลาดสูงสุดก็ได้

Accuracy หรือ ความเที่ยงตรง คือ ความแม่นยำในการวัดว่าตรงกับค่าจริงแค่ไหน เช่น ถ้าต้องการยิงธนู 1 ครั้ง ให้เข้าเป้าตรงกลาง ซึ่งถ้ายิงแล้วได้ตรงกลาง แสดงว่ามีความเที่ยงตรงหรือความแม่นยำสูง 100%

Repeatability คือ ความสามารถในการวัดซ้ำ เช่น ยิงธนู 100 ครั้ง เข้าเป้าจุดเดิม 95 ครั้ง ค่า Repeatability = 95%

Resolution คือ ความละเอียดในการวัด เช่น วัดอุณหภูมิได้ 100.01 °C, 100.02 °C, 100.03 °C แสดงว่ามีความละเอียดได้ 0.01°C โดยเอาค่าที่เล็กที่สุด ที่สามารถอ่านค่าได้มาแสดง

Uncertainty of measurement คือ ความไม่แน่นอนในการวัด เป็นการรวมค่าทางสถิติของความผิดพลาดทั้ง เช่น Thermocouple Type K ผ่านการสอบเทียบกับตัวอ้างอิงอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 100.00°C แต่ค่าที่อ่านออกมาได้คือ 100.10 °C Uncertainty +/-1°C หมายความว่าค่าที่อ่านได้สามารถเป็นไปได้ตั้งแต่ 99.10 °C ~ 101.10 °C

สำหรับความเที่ยงตรงและเกรดของเทอร์โมคัปเปิลนั้น ขึ้นอยู่กับมาตรฐานในการผลิต เทอร์โมคัปเปิลอ้างอิงกับมาตรฐานอะไร ตัวอย่างเช่น มาตรฐาน IEC584 ตัวเทอร์โมคัปเปิลที่มีใช้งานแพร่หลายแบบ MI Sheet (Mineral Insulated) เนื่องจากสามารถใช้งานในย่านวัดอุณหภูมิที่กว้าง ทนอุณหภูมิสูง ทนการกัดกร่อน มีความไวในการวัดสูง อายุการใช้งานยาวนาน และมีเทอร์โมคัปเปิลให้เลือกเกือบทุกแบบ และมีเกรดให้เลือก 3 เกรด ตั้งแต่ Class I, II, III แต่ส่วนใหญ่จะใช้ Class I เนื่องจากมีความเที่ยงตรงสูงสุด

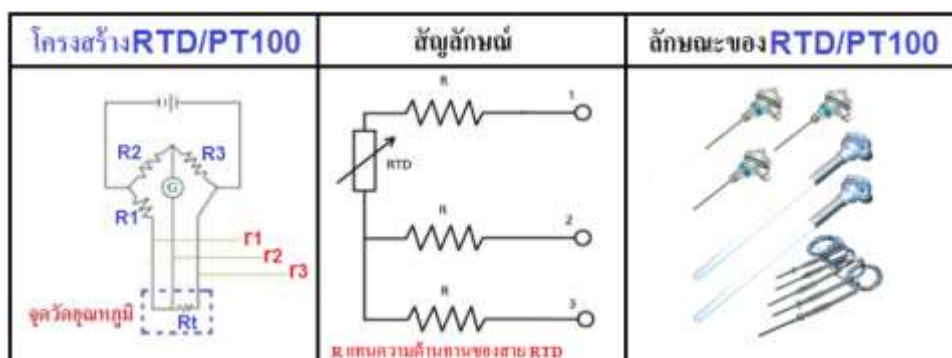
### 2.3.2 RTD/PT100

RTD/PT100 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ประเภทที่ใช้หลักการคล้าย ๆ กัน คือ ในการวัดอุณหภูมิ ค่าความต้านทาน (Resistance) จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ RTD/PT100 (Resistant Temperature Detector) เมื่อ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ที่ค่าความต้านทาน (Resistance) จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิโดยแปรผันตาม เช่น ที่อุณหภูมิ 0 °C จะมีค่าความต้านทานที่ 100Ω และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความต้านทาน (Resistance) จะเพิ่มขึ้น (Class B ย่านอุณหภูมิ -200 °C ถึง 600 °C)

เมื่อเราทราบหลักการทำงานของ RTD/PT100/PT500/PT1000 จะทำให้เราสามารถแยกแยะ Temperature Sensor แต่ละชนิดได้ว่า Temperature Sensor มีความแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทานของ Temperature Sensor ชนิดนั้นๆ



ซึ่งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) RTD/PT100 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ค่าความต้านทานของโลหะจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิมีลักษณะโครงสร้าง และสัญลักษณ์ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 รูปแสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ RTD/PT100 แบบ 3 สาย

จากรูปที่ 2.14 หลักการทำงานของ อาร์ทีดี RTD/PT100 วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของลวดโลหะ ซึ่งที่  $0^{\circ}\text{C}$  จะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งตามที่กำหนด เช่น RTD/PT100 จะมีค่า  $0^{\circ}\text{C}$  ที่  $100\Omega$  โดยลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนสำหรับพันเส้นลวดส่วนใหญ่ทำมาจากแพลตตินัมที่เคลือบด้วยเซรามิก ขดลวดนี้ต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความสั่นสะเทือน เพราะเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัวและเมื่อเย็นลงจะหดตัว โดยแกนที่ใช้พันขดลวดต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวใกล้เคียงและสัมพันธ์กับการขยายตัวของเส้นลวด

อาร์ทีดี RTD/PT100 เป็นเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะ หากอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นค่าความต้านทานก็จะสูงขึ้นด้วย ดังสมการรูปที่ 2.15

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t)$$

$R_t$  = ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ  $t^{\circ}\text{C}$

$R_0$  = ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$

$\alpha$  = สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ  $1^{\circ}\text{C}$

รูปที่ 2.15 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ

จากรูปที่ 2.15 โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าของโลหะแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น แพลตตินัม (Platinum) จะมีค่าเท่ากับ  $0.003926\Omega (^{\circ}\text{C})$  จาก



ย่านอุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ถึง  $100^{\circ}\text{C}$ , นิกเกิล (Nickel) =  $0.00672\Omega (\Omega/^{\circ}\text{C})$ , ทองแดง (Copper) =  $0.00427\Omega (\Omega/^{\circ}\text{C})$  เป็นต้น อาร์ทีดี RTD/PT100 ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมนิยมใช้วัสดุที่ทำมาจากแพลตตินัม (Platinum) เนื่องจากมีความเที่ยงตรง (Precision) และมีความเป็นเชิงเส้น (Linearity) สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดอื่น

Temperature Sensor ชนิด RTD/PT100 สามารถวัดย่านอุณหภูมิที่ติดลบได้ดี (Class B  $-200^{\circ}\text{C}$  ถึง  $600^{\circ}\text{C}$ ) จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้กับงานที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูง เช่น อุตสาหกรรมอาหารและยา, พลาสติก เป็นต้น โดยนำไปต่อใช้งานร่วมกับเครื่องแสดงผลอุณหภูมิ (Temperature Indicator), เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller), เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Recorder) หรือ PLC เป็นต้น เพื่อแสดงผลและควบคุมอุณหภูมิในระบบต่อไป

ตัวอย่างลักษณะการนำไปต่อใช้งาน RTD/PT100 มีดังนี้



รูปที่ 2.16 RTD/PT100 (TSP-10) ต่อใช้งานร่วมกับเครื่องแสดงผลอุณหภูมิ



(Temperature Indicator) Model : CM-006N

รูปที่ 2.17 RTD/PT100 (TSP-08) ต่อใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

(TOHO Temperature Controller) Model : TTM-i4N



รูปที่ 2.18 RTD/PT100 (TSP-08) ต่อใช้งานร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ  
(TOHO Recorder TRM-20 Series)



รูปที่ 2.19 RTD/PT100 (TSP-08) พร้อม PT100 Transmitter 4-20mA (TM-012P)  
ต่อใช้งานร่วมกับ PLC UNITRONICS Model : V1210-T20BJ

## 2.4 IoT (ไอโอที)

IoT ย่อมาจากคำว่า Internet of Things เกิดจากคำสองคำรวมกันได้แก่คำว่า Things ที่แปลว่าสิ่งของหลากหลายประเภท รวมกับคำว่า Internet ซึ่งก็คือเทคโนโลยีที่เชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อรวมคำเข้าด้วยกันก็เกิดเป็นความหมายว่าการที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราเชื่อมต่อเข้าด้วยกันด้วยกันผ่านระบบ Internet นั่นเอง

ในเมื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ทุกวันนี้ก็สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้แล้วมันจะเป็นเทคโนโลยีใหม่ได้อย่างไร ถ้าจะอธิบาย IoT ให้เข้าใจง่ายคืออุปกรณ์ทุกอย่างในชีวิตประจำวันภายในบ้านมีการเชื่อมต่อกัน สื่อสารกันเพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยี IoT องค์ประกอบของ IoT จะแบ่งออกได้เป็น 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1.อุปกรณ์ IoT เป็นองค์ประกอบหลักของระบบเลย ซึ่งหากปราศจากตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระบบ IoT จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย ซึ่งตัวอุปกรณ์จะสามารถเป็นได้อุปกรณ์สั่งการโดยจะมีคอมพิวเตอร์

ขนาดเล็กไว้ประมวลผลข้อมูล หลังจากได้ผลลัพธ์ออกมาจะมีระบบส่งการซึ่งจะส่งการไปยังอุปกรณ์ IoT อีกตัวซึ่งมีระบบที่สามารถรับคำสั่งได้ก็จะทำงานตามที่ได้รับคำสั่งมา

2.อุปกรณ์เกตเวย์ จะเป็นอุปกรณ์อีกประเภทที่จะเป็นตัวกลางในการส่งผ่านคำสั่งการจากอุปกรณ์ IoT ไปยังอุปกรณ์เป้าหมายที่ต้องรับคำสั่งเพื่อทำตาม

3.เครื่องบริการ Server หรือ Broker เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์กลางในการประมวลผล เนื่องจากอุปกรณ์มักจะใช้หน่วยประมวลผลขนาดเล็กทำให้บางครั้งไม่สามารถคำนวณคำสั่งที่ซับซ้อนได้จึงจำเป็นต้องมีหน่วยประมวลผลกลางที่รับคำสั่งจากอุปกรณ์ IoT ประเภทหนึ่ง หลังจากนั้นก็จะใช้การประมวลผลเพื่อให้ได้คำสั่งอย่างง่ายส่งไปยังอุปกรณ์ IoT ที่เป็นผู้รับอีกทอด

4.อุปกรณ์ฝั่งผู้ใช้งาน (User Device) เป็นส่วนของอุปกรณ์ที่จะใช้แสดงผลสถานะจากอุปกรณ์ IoT ทั้งหมดที่อยู่ในเครือข่าย เนื่องจากโดยปกติระบบ IoT จะเป็นการเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมนุษย์จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อีกหนึ่งชิ้นเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับระบบเพื่อดูสถานะการทำงาน

#### 2.4.1 Node-red

Node-RED เป็นแพลตฟอร์มโปรแกรมมิ่งที่ใช้สำหรับการสร้างและดำเนินการกับกระบวนการทางด้าน IoT (Internet of Things) และการทำงานกับข้อมูลในเว็บและแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้อย่างง่ายและเร็วด้วยการใช้งานหน้าจอในลักษณะกราฟิก (visual programming) ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างกระบวนการและควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้อย่างเป็นเสริมเป็นภาษาโปรแกรม

Node-RED ใช้งานโดยการลากและวางชนิดของบล็อก (node) บนหน้าจอและเชื่อมต่อบล็อกเหล่านั้นเข้าด้วยกันเพื่อสร้างกระบวนการหรือไถ่ระเบิดข้อมูล. แต่ละบล็อกคือ "Node" ที่มีหน้าที่ดำเนินการเฉพาะโดยสร้างหน่วยงานที่สามารถทำงานอิสระ อาทิเช่น การจัดการข้อมูล, การควบคุมอุปกรณ์ IoT, การสื่อสารกับฐานข้อมูล, การทำงานกับ APIs, การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เชิงฮาร์ดแวร์, การสร้างแอปพลิเคชันเว็บ, และอื่น ๆ อีกมาก

Node-RED เป็นโครงการโอเพนซอร์สที่ได้รับการพัฒนาและรองรับโดยชุมชนและสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการต่าง ๆ รวมถึงสามารถใช้งานในหลายแพลตฟอร์มการดำเนินการมันเป็นเครื่องมือที่มีความยืดหยุ่นและเปิดเพื่อการใช้งานในโดเมนของ IoT, การควบคุมอุปกรณ์, การสร้างแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลและการสื่อสารอื่น ๆ ที่มีการต่อสายของข้อมูลและการควบคุม

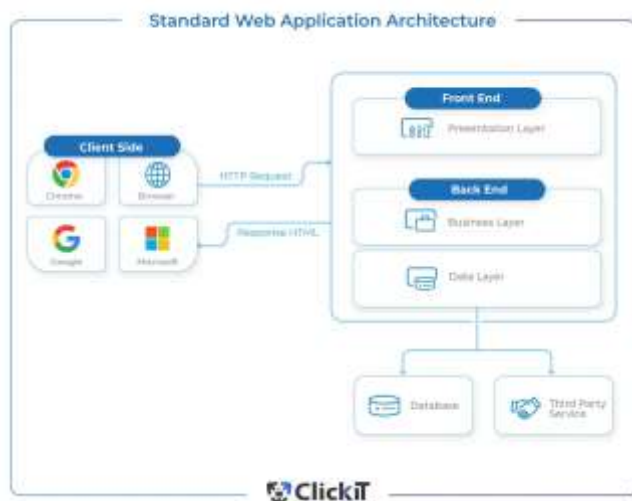
#### 2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กมีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น เอาต์พุต,

หน่วยความจำ และพอร์ตการเชื่อมต่อ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

## 2.5 Web Application

Web Application คือ ซอฟต์แวร์ (Software) ชนิดหนึ่งที่อยู่ในรูปแบบของเว็บไซต์ โดยตัวแอปพลิเคชันถูกจัดเก็บไว้ในเซิร์ฟเวอร์ใช้งานผ่านทางโปรแกรมโดยการเปิดเว็บหรือเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ซึ่งจำเป็น ต้องมีอินเทอร์เน็ตในการใช้งานด้วย บนอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ มือถือ โน้ตบุ๊ก และแท็บเล็ต เป็นต้น โดยเว็บแอปพลิเคชันจะถูกเชื่อมต่อกับเครือข่ายที่ใช้งานได้ มีอินเทอร์เน็ตหรือหน้าตาของเว็บไซต์ที่ถูกออกแบบให้ใช้งานโดยเฉพาะ และสามารถเข้าถึงได้ด้วย URL ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งเว็บแอปพลิเคชัน แบ่งตามการใช้งานได้หลายประเภท ยกตัวอย่างเว็บแอปพลิเคชัน เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการสำรองข้อมูล เช่น Google Drive , OneDrive เป็นต้น เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการปรับแต่งภาพ เช่น Canva เป็นต้น



รูปที่ 2.20 โครงสร้างแอปพลิเคชันเว็บมาตรฐาน

### 2.5.1 Front-End Development

การพัฒนาส่วนหน้า (Front-End) เกี่ยวข้องกับการใช้ส่วนประกอบฝั่ง Client ของเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ HTML, CSS และ JavaScript ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ดึงดูดสายตาและการโต้ตอบได้เป็นส่วนหนึ่งของเว็บไซต์ที่ผู้ใช้งานมองเห็น และสามารถโต้ตอบกับมันได้ เช่น กดปุ่มกรอกแบบฟอร์ม เมนู ตัวหนังสือ หรือรูปภาพต่างๆ เป็นส่วนที่หลายคนมักจะเรียกกันว่า User Interface (UI)

### 2.5.1.1 HTML (Hyper Text Markup Language)

HTML ย่อมาจาก Hyper Text Markup Language คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผลของเอกสารบน Website หรือที่เราเรียกกันว่าเว็บเพจ ถูกพัฒนาและกำหนดมาตรฐานโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C) และจากการพัฒนาทางด้าน Software ของ Microsoft ทำให้ภาษา HTML เป็นอีกภาษาหนึ่งที่ใช้เขียนโปรแกรมได้ หรือที่เรียกว่า HTML Application HTML เป็นภาษาประเภท Markup สำหรับการการสร้างเว็บเพจ โดยใช้ภาษา HTML สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Text Editor ต่างๆ เช่น Notepad, Editplus หรือจะอาศัยโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือช่วยสร้างเว็บเพจ เช่น Microsoft FrontPage

### 2.5.1.2 EJS (Embedded JavaScript templates)

EJS ย่อมาจาก Embedded JavaScript templates คือ Template Engine ตัวหนึ่ง ซึ่งสามารถเรียนรู้และใช้งานได้ง่ายเป็น Template Engine ที่สามารถฝังคำสั่ง JavaScript ไว้ใน HTML ได้เลย หลักการทำงานของ Template Engine คือจะทำการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ที่อยู่ในไฟล์ Template จากนั้นประมวลผล Template ออกมาเป็น HTML เพื่อให้เรานำไปแสดงผล

### 2.5.1.3 CSS (Cascading Style Sheets)

CSS ย่อมาจาก Cascading Style Sheets คือ เป็นภาษาหนึ่งในการตกแต่งเว็บไซต์ให้มีรูปร่าง สี สัน ระยะห่าง เส้นขอบและอื่น ๆ ให้สวยงามตามที่ต้องการ มีลักษณะเป็นภาษาที่มีรูปแบบในการเขียนแบบเฉพาะและได้ถูกกำหนดมาตรฐานโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C)

### 2.5.1.4 Frontend JavaScript

Frontend JavaScript คือ ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนโค้ดที่ทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ของผู้ใช้ โดยส่วนหน้าบนหมายถึงส่วนของเว็บหน้าต่าง ๆ ที่ผู้ใช้เห็นและปฏิสัมพันธ์กับ ปุ่มคลิก ปุ่มตัวเลือก และการแสดงผลข้อมูลที่แสดงบนหน้าเว็บต่าง ๆ ดังนั้นผู้พัฒนาเว็บสามารถใช้ JavaScript เพื่อปรับแต่งและแสดงข้อมูลบนหน้าเว็บ จัดการกับการประมวลผลเหตุการณ์ สร้างและใช้งานอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (UI) เพื่อให้แอปพลิเคชันเว็บมีประสิทธิภาพและใช้งานง่าย ทำงานร่วมกับ API (Application Programming Interface) เพื่อรับและส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์และเบราว์เซอร์ JavaScript มักถูกใช้ร่วมกับ HTML และ CSS เพื่อสร้างและควบคุมการแสดงผลบนหน้าเว็บ และมันเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพและปรับได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

### 2.5.1.5 Bootstrap

Bootstrap คือ Frontend Framework ยี่ห้อนึงที่ช่วยสามารถสร้างหน้าเว็บให้ตรงตามแบบที่ต้องการได้ง่ายขึ้น เพราะ Bootstrap มีทั้งระบบ grid ที่ช่วยเรื่องการวาง layout ที่รองรับในแบบ responsive และมี component สำเร็จรูปให้ใช้ ถ้าเราอยากได้ของที่ต้องใช้บ่อย ๆ

แต่ไม่ยากสร้างเองเช่น table card หรือปุ่ม bootstrap ก็สามารถช่วยให้เราสร้างขึ้นมาได้ง่าย ๆ ตามแบบที่ bootstrap ได้วางไว้อีกด้วย

## 2.5.2 Back-End Development

การพัฒนาส่วนหลัง (Back-End) เกี่ยวข้องกับการสร้างส่วนประกอบฝั่ง server ของเว็บแอปพลิเคชัน รวมถึงฐานข้อมูล, API และตรรกะทางธุรกิจ ช่วยให้เราจัดการข้อมูล, ความปลอดภัย และการสื่อสารที่ราบรื่นระหว่าง Client และ Server

### 2.5.2.1 Node.js

Node.js คือสภาพแวดล้อมการทำงานของภาษา JavaScript นอกเว็บเบราว์เซอร์ที่ทำงานด้วย V8 engine นั้นหมายความว่าเราสามารถใช้ Node.js ในการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Command line แอปพลิเคชัน Desktop หรือแม้แต่เว็บเซิร์ฟเวอร์ได้ โดยที่ Node.js จะมี APIs ที่เราสามารถใช้สำหรับทำงานกับระบบปฏิบัติการ เช่น การรับค่าและการแสดงผล การอ่านเขียนไฟล์ และการทำงานกับเน็ตเวิร์ก เป็นต้น Node.js ถูกพัฒนาและทำงานด้วยใช้ Chrome V8 engine สำหรับคอมไพล์ภาษา JavaScript ให้เป็นภาษาเครื่องด้วยการคอมไพล์แบบ Just-in-time (JIT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของภาษา JavaScript จากที่แต่เดิมมันเป็นภาษาที่มีการทำงานแบบ Interpreted

V8 engine นั้นเป็นตัวแปรสำหรับรันภาษา JavaScript หรือ JavaScript engine ที่ใช้บนเว็บเบราว์เซอร์ Google Chrome ซึ่ง Engine นี้ถูกพัฒนาโดย The Chromium Project สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของภาษา JavaScript ร่วมกับเว็บเบราว์เซอร์ให้ดีขึ้น โดยการใช้หลักการคอมไพล์ก่อนที่จะประมวลผล (Just-in-time compilation) ด้วยเหตุผลนี้ Node.js เลือกที่จะใช้ V8 engine เป็นตัวคอมไพล์ภาษาของมัน

Node.js เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ได้ทั้งบน Windows, Linux และ Mac OS X นั้นหมายความว่าคุณสามารถเขียนโปรแกรมในภาษา JavaScript และนำไปรันได้ทุกระบบปฏิบัติการที่สนับสนุนโดย Node.js นี่เป็นแนวคิดของการเขียนครั้งเดียวแต่ทำงานได้ทุกที่ (Write once, run anywhere)

### 2.5.2.2 Backend JavaScript

ในช่วงเริ่มแรกภาษา JavaScript ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับเขียน Script บนเว็บเบราว์เซอร์เพื่อให้หน้าเว็บสามารถตอบสนองได้แบบ Real-time สิ่งหนึ่งที่ทำให้ Node.js เลือกภาษา JavaScript เป็นภาษาหลักในการเขียนโปรแกรมเนื่องจากเห็นประสิทธิภาพการทำงานของ V8 engine ซึ่งเป็น Engine ที่ใช้รันภาษา JavaScript บน Google Chrome พร้อมทั้งภาษา JavaScript ยังมีรูปแบบการทำให้แบบ Asynchronous I/O ซึ่งเป็นสิ่งที่ Node.js ต้องการอยู่แล้วใน

ปัจจุบัน ภาษา JavaScript ไม่ได้ถูกจำกัดสำหรับการเขียนโปรแกรมเพียงบนเว็บเบราว์เซอร์อีกต่อไป ในการมาของ Node.js เราสามารถเขียนโปรแกรม Command line สร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์ หรือเขียนโปรแกรมบน Desktop โดยการใช้ Framework อย่างโปรแกรมทุกรูปแบบเหมือนกับภาษาอื่นๆ ได้ ข้อดีอีกอย่างหนึ่งในการใช้ภาษา JavaScript ของ Node.js คือทำให้การพัฒนาเว็บไซต์ทำได้ง่ายขึ้น สำหรับนักพัฒนา เนื่องจากพวกเขาสามารถใช้ภาษา JavaScript สำหรับทั้ง Front-end และ Back-end ได้โดยไม่ต้องศึกษาภาษาเฉพาะในแต่ละด้าน ตัวอย่างของการพัฒนาเว็บไซต์ในรูปแบบนี้ เช่น React.js ซึ่งเป็นไลบรารีโดย Facebook นอกจากนี้คุณยังสามารถใช้ภาษาอื่นๆ สำหรับเขียนโปรแกรมบน Node.js ได้ เช่น ภาษา TypeScript เพื่อทำให้การเขียนโปรแกรมมีการเชื่อมโยงกับประเภทข้อมูลมากขึ้น และสามารถช่วยลดข้อผิดพลาดในการพัฒนาโปรแกรมได้ แต่เนื่องจาก Node.js สนับสนุนเพียงภาษา JavaScript ดังนั้นโปรแกรมที่เขียนโดยภาษาอื่นจะถูกแปลงเป็น JavaScript ก่อน

### 2.5.2.3 NPM Package management

NPM Package management คือระบบจัดการแพ็คเกจ โมดูล หรือไลบรารีของภาษา JavaScript และ Node.js ใช้ npm สำหรับเป็นตัวจัดการแพ็คเกจ ในปัจจุบัน npm มีมากกว่า 1 ล้านไลบรารีบน npmjs จากนักพัฒนาทั่วโลกที่คุณสามารถนำมาใช้เขียนโปรแกรมบน Node.js โดยไลบรารีทั้งหมดบน npm ที่เป็นแบบสาธารณะ (Public repository) จะเป็นซอฟต์แวร์แบบโอเพ่นซอร์สและฟรี ในปัจจุบัน npm อยู่ภายใต้การดูแลของ Github และ Microsoft ในบทนี้คุณได้ทำความรู้จักกับ Node.js และได้เข้าใจแนวคิดสำหรับการนำ Node.js ไปใช้งานในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา JavaScript เราได้พูดถึง V8 Engine ซึ่งเป็น JavaScript engine ที่ทำงานเบื้องหลัง Node.js และ npm ระบบจัดการแพ็คเกจที่ Node.js ใช้สำหรับจัดการกับแพ็คเกจในการเขียนโปรแกรม

### 2.5.2.4 Express.js

Express.js เป็น Module(package) หนึ่งในการจัดการ Web Server ทำให้ชีวิตของเราง่ายขึ้น ลองอ่านได้ที่ Express โดยที่เจ้า Express.js จะจัดการเรื่องต่างๆให้ ไม่ว่าจะเป็น Request, Response , Router , Session

## 2.5.3 Database

ระบบที่รวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยเก็บข้อมูลอย่างมีระบบและมีการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูลเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกัน สามารถนำไปใช้งานและมีระบบป้องกันข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (Database Management System) มีหน้าที่ช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้สะดวกและมี

ประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจเป็นการสร้าง การแก้ไข และการลบฐานข้อมูล โปรแกรมสามารถเข้าไปดึงข้อมูลที่ต้องการได้ อย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจเปรียบฐานข้อมูลเสมือนเป็น Electronic Filing System

### 2.5.3.1 MySQL

MySQL คือ ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ Database Management System (DBMS) แบบข้อมูลเชิงสัมพันธ์ หรือ Relational Database Management System (RDBMS) ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปแบบตาราง โดยมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นแถว (Row) และในแต่ละแถวแบ่งออกเป็นคอลัมน์ (Column) เพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลในตารางกับข้อมูลในคอลัมน์ที่กำหนด แทนการเก็บข้อมูลที่แยกออกจากกัน โดยไม่มีความเชื่อมโยงกัน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล (Attribute) ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน (Relation) โดยใช้ RDBMS Tools สำหรับการควบคุมและจัดเก็บฐานข้อมูลที่จำเป็น ทำให้นำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่าย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มีความยืดหยุ่นและรวดเร็วได้มากยิ่งขึ้น รวมถึงเชื่อมโยงข้อมูล ที่จัดแบ่งกลุ่มข้อมูลแต่ละประเภทได้ตามต้องการ จึงทำให้ MySQL เป็นโปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีความนิยมสูง

### 2.5.3.2 MySQL Workbench

MySQL Workbench คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับ Manage จัดการฐานข้อมูล MySQL Server ของค่าย MySQL ซึ่งประกอบด้วยฟีเจอร์หลักๆ 3 ตัวด้วยกันคือ SQL Development , Data Modeling และ Server Administration ที่สำคัญคือฟรี

SQL Development เป็นการจัดการ Connection และ ตารางฐานข้อมูลต่างๆ เช่น สร้างตาราง ลบตาราง แก้ไขตาราง และอื่นๆ (ในส่วน SQL Development ถ้าเข้ามาครั้งแรกให้ทำการสร้าง Connection ใหม่ขึ้นมาก่อน)

Data Modeling เป็นการสร้าง EER Model โดยใช้ Table ที่เรามีอยู่นั่นเอง

Server Administration เป็นการจัดการเกี่ยวกับฝ่าย Admin รวมถึง การ Import/Export SQL

### 2.5.4 API

API ย่อมาจาก Application Programming Interface คือการเชื่อมต่อจากระบบหนึ่ง ไปสู่อีกระบบหนึ่ง เพื่อให้ซอฟต์แวร์ภายนอกเข้าถึงและอัปเดตข้อมูลนั้นๆได้ แต่ยังคงอยู่ในขอบเขตที่ถูกกำหนดไว้ หรือจะบอกให้ง่ายขึ้นก็คือ API เป็นตัวกลางที่จะทำให้คอยรับคำสั่งต่าง ๆ ประมวลผล และกระทำข้อมูลส่งกลับคืนไปยังคนส่งโดยอัตโนมัติ อย่างเช่นพวก Application ต่าง ๆ ที่เราเล่นกันอยู่ในปัจจุบันนั่นเอง ประโยชน์ของการส่ง API เช่น 1.ช่วยเป็นสื่อกลางส่งข้อมูลข้าม Server 2.ผู้มีความสะดวกสบายมากขึ้น ไม่ต้องเข้าโปรแกรมหรือ tools ในการทำงานให้ซับซ้อน เป็นต้น

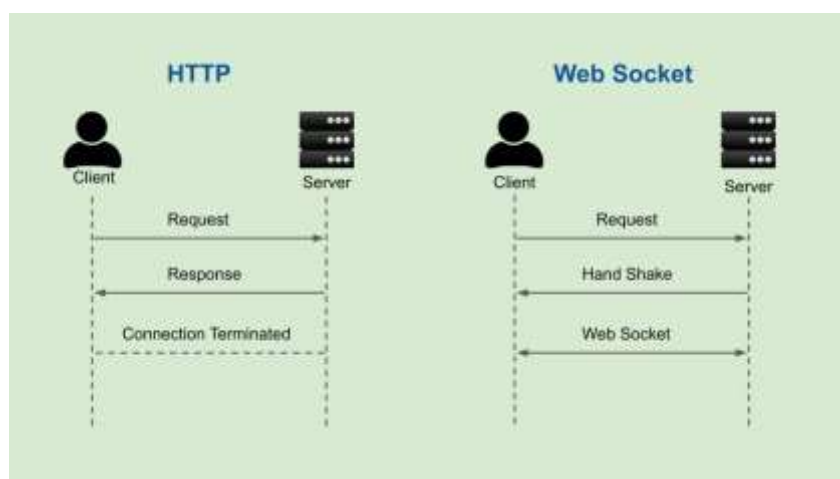




รูปที่ 2.21 โครงสร้าง API (Application Programming Interface)

### 2.5.5 WebSocket

WebSocket คือ การรับส่งข้อมูลโดยทั่วๆไปนั้นจะเกิดจากฝั่ง Client ไปดึงข้อมูลจากฝั่ง Server การจะดึงข้อมูลล่าสุดได้นั้นจะต้อง Refresh ตัว Web Browser ก่อน เพื่อให้ Client มีการร้องขอข้อมูลจากฝั่ง Server แล้วให้ฝั่ง Server ตอบกลับข้อมูลอีกครั้ง ซึ่งเรามักจะ Refresh หน้าเว็บไปเรื่อยๆเพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลล่าสุดแล้ว Web Socket เปรียบเสมือนการสร้างสะพานเพื่อเชื่อมต่อข้อมูลแบบ Real time ระหว่างฝั่ง Server และ Client เป็นการสื่อสารแบบสองทิศทางคือสามารถรับและส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ โดย Web Socket นั้นจะคอยดูว่ามี Event เกิดขึ้นหรือไม่ เช่น ฝั่ง Client กำลังรอข้อมูลจากฝั่ง Server ว่ามีข้อมูลอะไรตอบกลับมาหรือไม่ หากมีข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยัง Client ทำให้ไม่ต้องคอย Refresh หน้าเว็บเพื่อเรียกข้อมูลจากฝั่ง Server เหมือนแต่ก่อน ส่วนใหญ่แล้วจะใช้กับ ระบบแชท ระบบแจ้งเตือน การซื้อขายหุ้น เป็นต้น



รูปที่ 2.22 หลักการทำงานของ Web Socket

### 2.5.6 Tools

เครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์เรียกอีกอย่างว่าเครื่องมือเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นักพัฒนาซอฟต์แวร์และโปรแกรมเมอร์ใช้เพื่อสร้าง แก้ไข จัดการ และดีบั๊กซอฟต์แวร์ประเภทต่างๆ เช่น เว็บแอปพลิเคชัน บริการเว็บ แอปมือถือ แอปเดสก์ท็อป และอื่นๆ อีกมากมาย วัตถุประสงค์พื้นฐานของเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์คือการสร้างซอฟต์แวร์โดยช่วยให้คุณเขียนโค้ดที่ปราศจากจุดบกพร่องหรือผ่านอินเทอร์เฟซผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย และสร้างแอปที่มีคุณลักษณะ drag-and-drop คำจำกัดความของเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ไม่ได้จำกัดอยู่เพียง IDE แบบธรรมดาที่คุณเขียนโค้ดอีกต่อไป การขยายตัวของอุตสาหกรรมการพัฒนาซอฟต์แวร์และความก้าวหน้าในภาษาการเขียนโปรแกรมหมายความว่าเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์หลายร้อยรายการ เครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์เหล่านี้บางประเภทหลักๆ ได้แก่ คอมไพเลอร์ ตัวแก้ไขโค้ด ตัวออกแบบ GUI ตัวดีบั๊ก และเครื่องมือการพัฒนาและการจัดการโครงการอื่นๆ อีกมากมาย

#### 2.5.6.1 Visual Studio Code

Visual Studio Code คือ หนึ่งในโปรแกรมแก้ไขโค้ดยอดนิยมของนักพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยทั่วไปจะเรียกว่า VS Code มีให้สำหรับระบบปฏิบัติการหลักทั้งหมดเนื่องจากนักพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีประสบการณ์ และมือใหม่หลายคนใช้แพลตฟอร์มการพัฒนาซอฟต์แวร์นี้เป็นโปรแกรมแก้ไขรหัสโอเพ่นซอร์สที่ทรงพลัง ซึ่งรวมคุณสมบัติหลักทั้งหมดที่คุณคาดหวังจากเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ดีที่สุด ประกอบด้วย CLI ในตัว ความสามารถในการเน้นไวยากรณ์ คุณลักษณะการเยื้อง ตรวจสอบโค้ด และการคอมไพล์โค้ด สามารถปรับแต่ง VS Code ได้อย่างง่ายดายด้วยความช่วยเหลือของปลั๊กอินที่มีอยู่ใน Extensions Marketplace มันรวมเข้ากับ Git และมีส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ยอดเยี่ยม และเครื่องมือสนับสนุนภาษาการเขียนโปรแกรมและกรอบการเขียนโปรแกรมต่างๆ การเข้าถึงเทอร์มินัลในตัวที่กว้างขวางของ VS Code ทำให้เป็นเครื่องมือการพัฒนาแบบ all-in-one

#### 2.5.6.2 GitHub

GitHub เป็นแพลตฟอร์มที่มีไว้สำหรับทีมพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาาร่วมกันเป็นหลัก รองรับทั้งการตรวจสอบโค้ดและการจัดการผ่านคุณสมบัติขั้นสูง นักพัฒนามากกว่า 56 ล้านคน และธุรกิจ มากกว่า 3 ล้านราย ใช้เครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีชื่อเสียงนี้ให้บริการแก่บริษัทที่มีชื่อเสียงหลายแห่ง เช่น Adobe, Dell Technologies และ Ford ดังนั้น GitHub จึงเป็นเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยมสูงสุดอย่างแน่นอน ความนิยมอย่างมากของ GitHub นั้นขับเคลื่อนด้วยข้อเท็จจริงที่ว่ามันทำหน้าที่เป็นบริการโฮสติ้งที่เก็บ Git บนเว็บที่คล้ายกับ Google Drive คุณสามารถอัปโหลดงานของคุณไปยังเว็บไซต์ (แบบสาธารณะหรือแบบส่วนตัว) เพื่อรักษาความปลอดภัยหรือแบ่งปันกับผู้อื่น นักพัฒนาซอฟต์แวร์หลายคนที่อยู่ทั่วโลกได้โน้มน้าวให้โลกสามารถทำงานในโครงการเดียวกันได้อย่างง่ายดาย

### 2.5.6.3 Postman

Postman เป็นเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการทำงานร่วมกันซึ่งส่วนใหญ่ใช้สำหรับการพัฒนา API แบ็กเอนด์และบริการบนเว็บ มีให้สำหรับระบบปฏิบัติการหลักทั้งหมด วัตถุประสงค์ของบริการพัฒนาซอฟต์แวร์นี้คือการปรับปรุงขั้นตอนที่เกี่ยวข้องใน การสร้าง API ที่เชื่อถือได้ และอำนวยความสะดวกในการทำงานร่วมกัน คุณลักษณะการทดสอบอัตโนมัติของ Postman ยังมีประโยชน์ในการจัดซื้อผลิตภัณฑ์และจุดบกพร่องจาก API คุณสมบัติที่สำคัญอื่นๆ ของ Postman นั้นเกี่ยวข้องกับการสร้างเอกสาร การตรวจสอบประสิทธิภาพของ API และการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่และผู้ทดสอบ API

### 2.5.6.4 Ngrok

Ngrok เป็น Tool Open Source พัฒนาโดย GitHub ซึ่งอำนวยความสะดวกให้กับบุคคลอื่นสามารถเข้าใช้งาน Website หรือ Application ที่กำลังทำงานอยู่บนเครื่อง Localhost นั้นเอง อีกทั้ง Ngrok ยังมีหลากหลายช่องสัญญาณที่มีความปลอดภัยในการรับและส่งข้อมูลจากเครื่องผู้ใช้ไปจนถึงเครื่อง Localhost โดยบุคคลอื่นสามารถเข้าใช้งาน Website หรือ Application กำลังทำงานอยู่บนเครื่อง Localhost ผ่านทาง URL ของทาง Ngrok โดยที่ทาง Ngrok จะทำการสุ่มสร้าง URL ขึ้นมา และ URL ที่ได้มานั้น จะทำการเปลี่ยนไปทุกครั้งเมื่อมีการปิดหรือเปิดใช้งาน Ngrok ดังรูปที่ 2.23



```

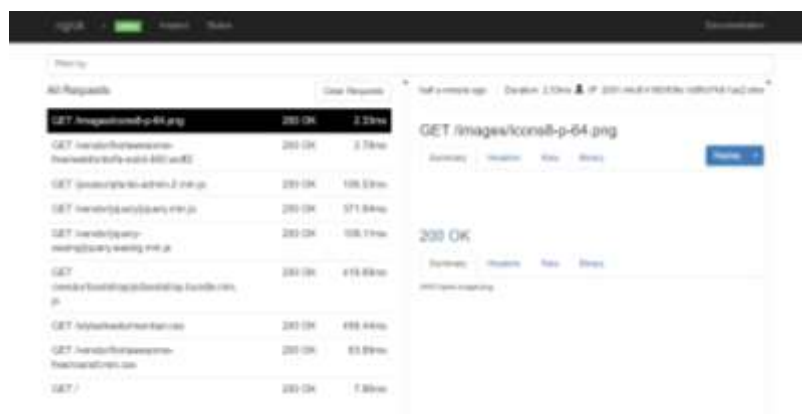
ngrok                                     (ctrl-c to quit)
Introducing Always-On Global Server (load balancer): https://ngrok.com/r/gslb

Session Status: online
Account: bookname (Plan: Free)
Update: update available (version 3.3.5, ctrl-u to update)
Version: 3.3.3
Region: Asia Pacific (ap)
Latency: 32ms
Web Interface: http://127.0.0.1:4040
Forwarding: https://605b-104-22-88-157.ngrok-free.app -> http://localhost:3000

Connections:
  ttl    opn    rtt    rt5    p50    p90
    0      0    0.00    0.00    0.00    0.00
  
```

รูปที่ 2.23 การเปิด-ปิดใช้งาน Ngrok

อีกทั้ง Ngrok ยังมีเว็บอินเตอร์เฟซ ซึ่งสามารถใช้ตรวจสอบหรือ Monitor ผ่านทาง URL <http://127.0.0.1:4040> ซึ่งสามารถใช้ตรวจสอบการรับส่งข้อมูล Http ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Get หรือแบบ Post, การขอ Request การส่ง Response, Traffic รวมถึง Webhook ที่เข้ามาใช้งานบนเครื่อง Localhost ดังรูปที่ 2.20 และ รูปที่ 2.21



รูปที่ 2.24 Inspect Ngrok

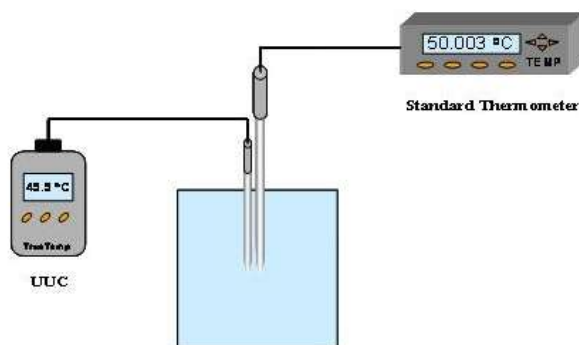


### รูปที่ 2.25 Status Ngrok

## 2.6 การสอบเทียบ/ทวนสอบ (Calibration/Verification)

วิธีการนี้เป็นการสอบเทียบและทวนสอบ Glass Thermometer เพื่อทดสอบหาความแม่นยำ (Accuracy) ของ Scale ตามที่กำหนด ASTM E77 Standard Test Method for Inspection and Verification of Thermometer

วิธีการนี้กระทำโดยการนำ UUT หรือ UUC และ Reference Thermometer หรือ Standard Thermometer ใส่ลงใน Calibration Bath ตั้งอุณหภูมิที่จะทำการสอบเทียบหรือทวนสอบ รวจนอุณหภูมิที่ตั้งไว้หยุดนิ่งตามที่กำหนด ทำการอ่านค่าที่ตัว UUT หรือ UUC เปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากตัว Reference Thermometer หรือ Standard Thermometer ในช่วงอุณหภูมิการสอบเทียบและทวนสอบ (-70) °C ถึง 400 °C



รูปที่ 2.26 การสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์โดยใช้แหล่งกำเนิดอุณหภูมิแบบใช้ของเหลวเป็นตัวกลาง

## 2.6.1 Calibration Bath

เป็นอุปกรณ์สร้างอุณหภูมิสำหรับสอบเทียบ ณ จุดสอบเทียบที่

### 2.6.1.1 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 7381

Rang (-70) – 0 °C [ (-112) – 32 °F ] ใช้สารเคมี Silicone Oil



รูปที่ 2.27 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 7381

### 2.6.1.2 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 7037

Rang (0.01) – 50 °C [ -32 – 122 °F ] ใช้สารเคมี Silicone Oil



รูปที่ 2.28 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 7037

### 2.6.1.3 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 6024

Rang 50 – 200 °C [ 122– 392 °F ] ใช้สารเคมี Ethanol



รูปที่ 2.29 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 6024

### 2.6.1.4 Calibration Bath (Fluid Bath) ยี่ห้อ Hart model: 6055

Rang 200 – 400 °C [ 392– 752 °F ] ใช้สารเคมี Salt



รูปที่ 2.30 Fluid Bath ยี่ห้อ Hart model: 6055

## 2.6.2 เครื่องมือ / อุปกรณ์ (Instrument / Apparatus)

1) Reference Thermometer ตัวอย่างเครื่องมือ / อุปกรณ์ Reference Thermometer ได้แก่

- 1.1) Digital Thermometer Calibrator ยี่ห้อ: Hart Model: Black Stack 1560
- 1.2) Digital Thermometer ยี่ห้อ: Fluke Model: Super Thermometer 1595A
- 1.3) Digital Thermometer Readout ยี่ห้อ: Fluke Model: 1529
- 1.4) Secondary Standard Probe (S1) ยี่ห้อ: Hart Model: 5628, 5626, 5680

1.5) Working Probe (S2) ยี่ห้อ: Hart Model: 5614, 5682, 5624



รูปที่ 2.31 Reference Thermometer

2) Faden Thermometer

3) Auxiliary Thermometer

4) แวนขยาย, กล้องส่องขยายหรือกล้อง VDO (VDO Camera)

5) Vernier Clipper

### 2.6.3 วัสดุและสารเคมี (Reagent and Materials)

1) Silicone Oil

2) Ethanol

3) Salt

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.7.1 การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ระบบดาต้าแอกควิซิชันต้นทุนต่ำด้วย (LabVIEW

#### DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A LOW COST DATA

#### ACQUISITION SYSTEM WITH LABVIEW)

การสร้างระบบ Data Acquisition ที่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ของเรา เช่น คอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊กผ่านทาง การเชื่อมต่อแบบพอร์ตอนุกรมโดยระบบ Data Acquisition จะถูกดำเนินการด้วยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งสามารถควบคุมการรับ-การส่งข้อมูลและแสดงค่าที่อุปกรณ์ของเรา เช่น คอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่ถูกใช้กันเป็นจำนวนมาก รูปแบบการเขียนโปรแกรมมีลักษณะเป็นสัญลักษณ์รูปภาพซึ่งออกแบบด้วยโปรแกรม LabVIEW ระบบโปรแกรมอยู่ในรูปแบบบล็อกทำให้ใช้ระยะเวลาในการศึกษา และสร้างโปรแกรมใช้ระยะเวลา น้อยกว่าการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ในรูปแบบตัวอักษร เช่น C#, JavaScript, Python ซึ่งทางผู้วิจัยได้พัฒนาระบบให้มีต้นทุนต่ำโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ระบบ Data Acquisition ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในโหมตการทำงานดิจิตอลอินพุต และดิจิตอลเอาต์พุตซึ่งมี ประสิทธิภาพเหมือนกับระบบ Data Acquisition ที่ใช้งานกันอย่างทั่วไปซึ่งมีราคาสูง ไม่เหมาะสมต่อ การใช้งานในขนาดเล็ก ส่วนการประยุกต์ใช้ในโหมตอนาล็อกอินพุตเพื่อนำไปใช้งานในการตรวจวัด อุณหภูมิ ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย เนื่องจากค่าความละเอียดของ Analog To Digital Converter มีจำนวนบิต ผู้พัฒนามีจำนวนน้อย และต้นทุนในการผลิตน้อยกว่าระบบ Data Acquisition ที่มีราคาสูงที่ใช้ทั่วไป



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

โครงการสหกิจเรื่องการรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ระบบไอโอที ได้ทำการสร้างเว็บพลิเคชันในการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัด และการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้งานผ่านระบบไอโอทีโดยสามารถนำไปใช้ในการสอบเทียบ/ทวนสอบได้ สามารถนำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อยอดได้ และสามารถต่อกับเครื่องมือวัด/อุปกรณ์ที่สามารถส่งข้อมูลผ่าน Serialport ได้ทุกชนิด โดยสามารถใช้งานได้ผ่านแอปพลิเคชัน

เว็บแอปพลิเคชันสร้างโดยโปรแกรม Visual Studio Code โดยในการสร้างเว็บพลิเคชันในงานวิจัยนี้ใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่คือ Javascript มีส่วนประกอบใหญ่ๆ คือ Front-End, Back-End, Database, API, WebSocket โปรแกรมและเครื่องมือการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน โดยส่วนประกอบต่างๆประกอบด้วย

Front-end ใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ดังนี้ EJS, HTML, CSS, Bootstrap5, Javascript

Back-end ใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ดังนี้ Node.js, Javascript โดย Node.js มีส่วนขยายคือ NPM Package management ยกตัวอย่างเช่น chart.js, express, sequelize

Database ใช้ MySQL โดยใช้โปรแกรม MySQL Workbench 8.0 CE เป็นตัวควบคุม

โปรแกรมและเครื่องมือการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ Ngrok, Postman, Github

ทางงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) ต่อกับ Terminal Adapter Model 956 โดยไม่มีโพรวัดอุณหภูมิในการทดลอง เพื่อหาข้อผิดพลาด ความเสถียร และความแม่นยำของเว็บแอปพลิเคชันของทางผู้วิจัย

#### 3.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์

##### 3.1.1 เครื่องมือวัด

- 1) Isotech milliK Precision Thermometer ต่อกับ Terminal Adapter Model 956

##### 3.1.2 Connector

- 1) สายซีเรียล RS232 9pin Female to Female cable
- 2) USB TO RS232 CONVERTER

### 3) USB TO MICRO USB

#### 3.1.3 Node-red

#### 3.1.4 Web Application

##### 1) Visual Studio Code

##### 2) Front-End

###### 2.1) HTML

###### 2.2) EJS

###### 2.3) Front-End JavaScript

###### 2.4) CSS

###### 2.5) Bootstrap 5

##### 3) Back-End

###### 3.1) Node.js

###### 3.2) Back-End JavaScript

###### 3.3) NPM Package management

##### 4) Database

###### 4.1) MySQL

###### 4.2) MySQL Workbench 8.0 CE

##### 5) โปรแกรมและเครื่องมือการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน

###### 5.1) Ngrok

###### 5.2) Postman

###### 5.3) Github

#### 3.1.5 Computer/Notebook

### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 3.2.1 ศึกษาเครื่องมือวัด

ในการศึกษาเครื่องมือวัดใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) ต่อกับ Terminal Adapter Model 956 โดยไม่ต่อโปรบวัดอุณหภูมิเพื่อศึกษาการใช้งานเครื่องมือวัดโดยทดลองการตั้งค่า และศึกษาการส่งข้อมูลไปยังเครื่องมือวัด การรับข้อมูลจากเครื่องมือวัดไปยังคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ของเรา ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทั้งหมด 2 Channel โดยแต่ละโดยแต่ละ Channel สามารถต่อโปรบวัดอุณหภูมิได้หลายชนิดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ Datasheet ของเครื่องมือวัด



รูปที่ 3.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) เชื่อมต่อกับ Terminal Adapter Model 956



(a)



(b)

รูปที่ 3.3 การตั้งค่าข้อมูลต่างๆในเครื่องมือวัด Isotech milliK Precision Thermometer

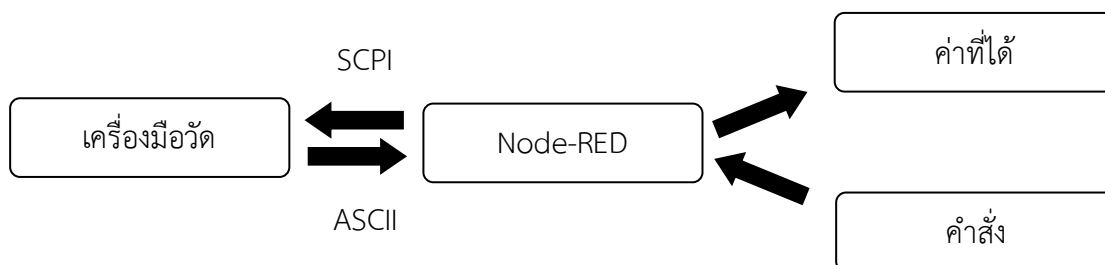
(a) การตั้งค่า Channel 1 (b) การตั้งค่า Channel 2



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างค่าที่แสดงในเครื่องมือวัด Isotech milliK Precision Thermometer

### 3.2.2 ทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัด

ใช้ Node-red เป็นตัวกลางในการรับ การส่งข้อมูลไปยังเครื่องมือวัด โดยการส่งข้อมูลไปยังเครื่องมือวัดทำได้โดยการต่อสายซีเรียล RS232 9pin Female to Female cable เข้ากับ USB TO RS232 CONVERTER จากนั้นเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ส่งคำสั่งด้วย Standard Commands for Programmable Instruments และเครื่องมือวัดจะส่ง ASCII กลับมาแปลงเป็นข้อมูลตัวเลขจะได้ข้อมูลจากเครื่องมือวัด ที่สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปได้



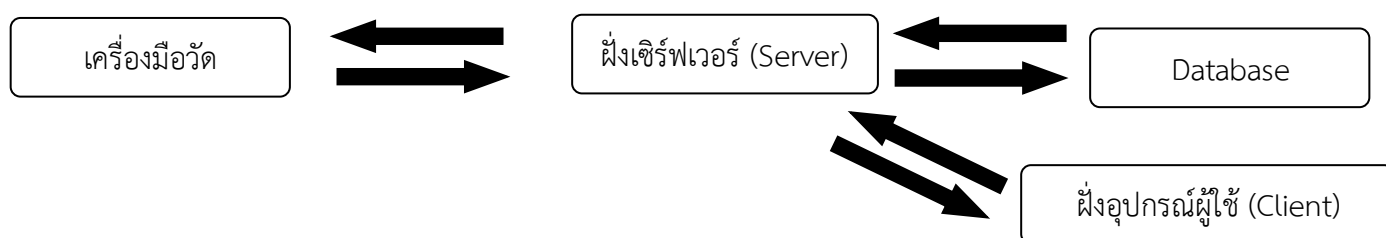
รูปที่ 3.5 แผนผังการทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดโดยใช้ Node-red

### 3.2.3 ศึกษาเว็บแอปพลิเคชัน

เว็บแอปพลิเคชันจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ 1) สคริปต์ของฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server) 2) สคริปต์ของฝั่งอุปกรณ์ผู้ใช้ (Client)



รูปที่ 3.6 โครงสร้างการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 3.7 แผนผังเว็บแอปพลิเคชัน

### 3.2.4 ออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

1) เขียนโปรแกรมโดย Visual Studio Code



รูปที่ 3.8 โปรแกรม Visual Studio Code

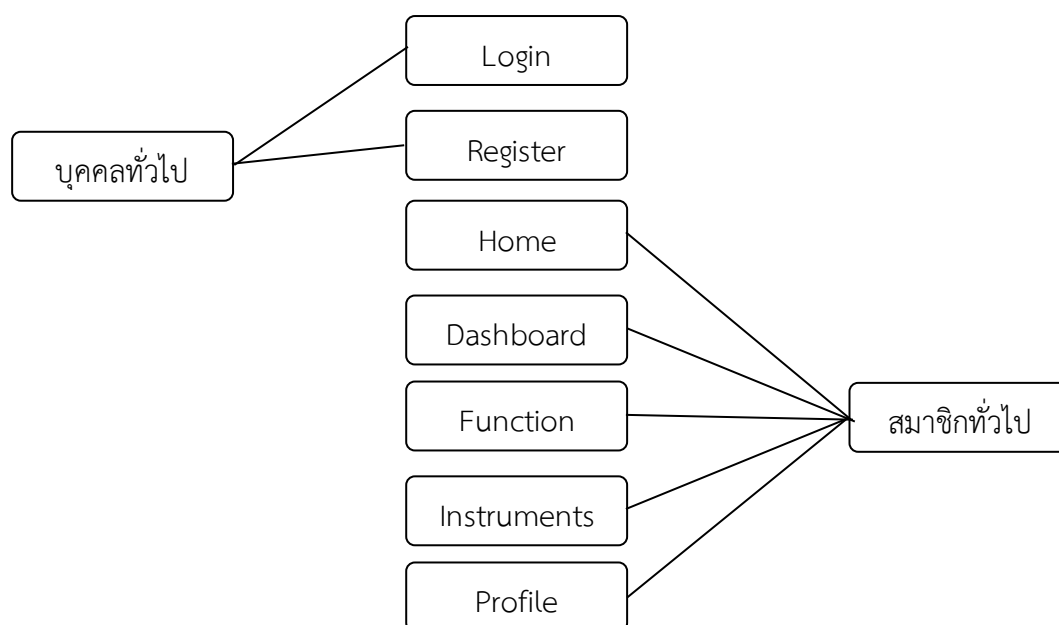
2) วางแผนผังแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ Front-End, Back-End, Database

3) เริ่มต้นจาก Front-End มีหน้าเว็บเพจ Home, Dashboard, Function, Instruments, Profile, Login, Register

4) ทำ Use Case Diagram

บุคคลทั่วไป Login, Register

สมาชิกทั่วไป Home, Dashboard, Function, Instruments, Profile



รูปที่ 3.9 Use Case Diagram

5) เริ่มต้นทำ Back-End หน้าเว็บ Register เมื่อสมัครสมาชิกแล้วรหัสผ่านจะถูกถอดรหัสเพื่อความปลอดภัย

หน้าเว็บ Login ดึงข้อมูลต่างๆใน Database มาเข้ารหัสแล้วเข้าสู่ระบบเมื่อเข้าสู่ระบบ เว็บแอปพลิเคชันจะไปยังหน้าถัดไปไม่สามารถเข้าสู่ระบบซ้ำได้ และจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบเมื่อเริ่มต้นใช้งาน

หน้าเว็บ Home สามารถเพิ่มเครื่องมือวัดได้

หน้าเว็บ Instruments สามารถเพิ่มฟังก์ชัน

หน้าเว็บ Dashboard สามารถดูข้อมูลทุกฟังก์ชันรวมกัน

หน้าเว็บ Function สามารถดูข้อมูลเครื่องมือวัดแบบ Realtime และสามารถกดบันทึกข้อมูลในเครื่องมือวัดตามที่เรากำลังต้องการสามารถ Save ข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ของเราได้

หน้าเว็บ Profile สามารถแก้ไขข้อมูลได้

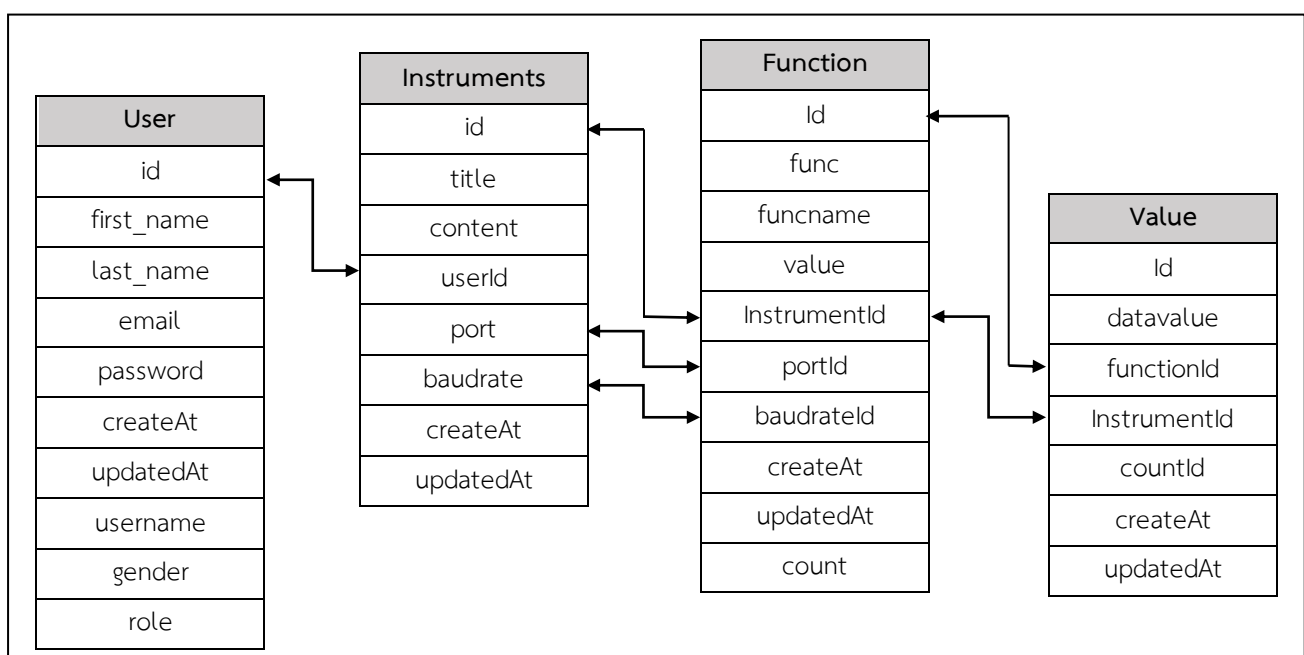
6) สร้าง Database เพื่อทำการเก็บข้อมูล มีทั้งหมด 4 Tables ได้แก่ User, Instruments, Function, Value แต่ละ Tables มี Columns ต่างๆ

User มี 10 Columns ได้แก่ id, first\_name, last\_name, email, password, createdAt, updatedAt, username, gender, role

Instruments มี 8 Columns ได้แก่ id, title, content, userId, port, baudrate, createdAt, updatedAt

Function มี 10 Columns ได้แก่ id, func, funcname, value, InstrumentId, portId, baudrateId, createdAt, updatedAt, count

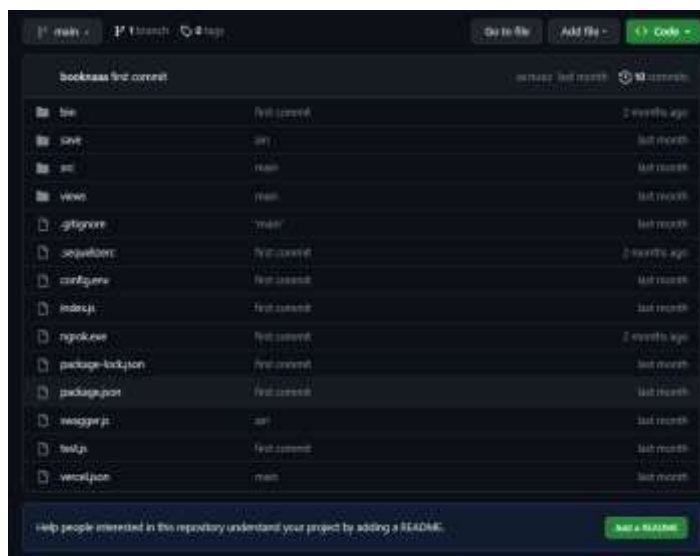
Value มี 7 Columns ได้แก่ id, datavalue, functionId, postId, countId, createdAt, updatedAt



รูปที่ 3.10 Database Diagram

7) ใช้ Ngrok ในการทำ port forwarding เพื่อเปิด URL จาก localhost ของเราเป็น public เพื่อทดสอบในอุปกรณ์อื่น

8) ใช้ GitHub ใช้การจัดเก็บไฟล์เพื่อนำไปใช้งานต่อในอนาคตได้



รูปที่ 3.11 เก็บไฟล์ใน GitHub

ยกตัวอย่างความปลอดภัยที่มีเมื่อสมัครสมาชิก เว็บแอปพลิเคชันจะทำการถอดรหัสรหัสผ่านของผู้สมัครเพื่อความปลอดภัย เมื่อสมัครสมาชิกเว็บแอปพลิเคชันจะทำการถอดรหัส password มีการเข้ารหัสทำให้มีความปลอดภัย และคนอื่นนอกจากเจ้าของบัญชีพยายามแฮกดูรหัสผ่านทำให้ไม่ทราบรหัสผ่านของเจ้าของบัญชีได้



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างโค้ด Register



id	first_name	last_name	email	password	createdAt	updatedAt	username	gender	role
2	Parnalhorn	Sim-en	book610712@hotmail.com	\$2b\$10\$8fjv346X1t8A1nC239geG19PC5F91p6Q56nu3K...	2023-08-27 11:20:05	2023-09-06 03:47:07	book610712	Male	Admin
6	omid	omid	example@example.com	\$2b\$10\$8fjv346X1t8A1nC239geG19PC5F91p6Q56nu3K...	2023-08-29 06:16:55	2023-09-06 03:12:34	Omelette#8888	Female	User
7	Chuanat	สมานวิทย์	63050109@kmit.ac.th	\$2b\$10\$8fjv346X1t8A1nC239geG19PC5F91p6Q56nu3K...	2023-08-29 06:17:06	2023-09-06 03:47:05	1234	Other	Admin
12	Yada	Channugnaneeul	yadewinnie16123@gmail.com	\$2b\$10\$8fjv346X1t8A1nC239geG19PC5F91p6Q56nu3K...	2023-09-07 15:12:09	2023-09-07 15:12:40	winnie	Female	Admin
13	test	test	test1@gmail.com	\$2b\$10\$8fjv346X1t8A1nC239geG19PC5F91p6Q56nu3K...	2023-09-13 09:19:48	2023-09-13 09:20:14	Test	Male	User
14	test	test	test1@gmail.com	\$2b\$10\$8fjv346X1t8A1nC239geG19PC5F91p6Q56nu3K...	2023-09-14 04:48:59	2023-09-14 04:48:59	test1	Male	User
15	test	test	test2@gmail.com	\$2b\$10\$8fjv346X1t8A1nC239geG19PC5F91p6Q56nu3K...	2023-09-14 07:33:24	2023-09-14 07:33:24	test2	Male	User

รูปที่ 3.13 ตัวอย่าง Password ที่ทำการถอดรหัส

มี Middleware ปกกันไม่ให้เข้าเว็บไซต์โดยไม่อนุญาตต้องทำตามขั้นตอนหรือเงื่อนไขของทางเว็บแอปพลิเคชันจึงจะสามารถใช้งานหน้าเว็บไซต์อื่นๆได้ ตัวอย่างเงื่อนไข

- 1) จำเป็นต้องเข้าสู่ระบบจึงจะสามารถไปยังหน้าถัดไปได้ หากยังไม่ได้เข้าสู่ระบบจะไปยัง /login เพื่อป้องกันคนที่ไม่ใช่สมาชิกเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน
- 2) หากเข้าสู่ระบบจะไปยัง /home หากยังไม่ได้เข้าสู่ระบบจะไปยังเว็บเพจต่างๆตามที่กำหนดได้ เพื่อป้องกันการเข้าสู่ระบบซ้ำ การเข้าสู่ระบบซ้ำทำให้เกิดข้อผิดพลาด ข้อมูลต่างๆในเว็บไซต์จะไม่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 3.13 ตัวอย่าง Code Middleware

### 3.2.5 ทดลองเว็บแอปพลิเคชัน

- 1) ทำการเชื่อมต่อเครื่องวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวินกับเว็บแอปพลิเคชัน โดยเครื่องมือวัดใช้สายซีเรียล RS232 9pin Female to Female cable โดยใช้กับ USB TO RS232 CONVERTER เพราะไม่สามารถเชื่อมต่อได้โดยตรงจำเป็นต้องมีหัวแปลงเพื่อที่จะสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ และ Microcontroller สามารถใช้สาย USB TO MICRO USB เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง



รูปที่ 3.14 เชื่อมต่อเครื่องมือวัดกับคอมพิวเตอร์

2) ดู Port การเชื่อมต่อที่โปรแกรม Device Manager บนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.15 โปรแกรม Device Manager

### 3.3 วิธีการทดลอง

#### 3.3.1 การทดลองด้านเว็บพลิเคชัน

ทดสอบทุกเว็บเพจในเว็บแอปพลิเคชันของทางผู้วิจัย ทดสอบด้านความปลอดภัยของเว็บแอปพลิเคชัน การเข้าใช้งานฟังก์ชันต่างๆของเว็บไซต์ ความสะดวกในการใช้งานบนหน้าเว็บเพจ ค้นหาข้อผิดพลาดและจุดบกพร่อง ทดสอบเข้าใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ

### 3.3.2 การทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดโดยเว็บแอปพลิเคชัน

ทำการทดสอบใช้เว็บแอปพลิเคชันดึงข้อมูลในเครื่องมือวัด โดยการส่งคำสั่ง Standard Commands for Programmable Instruments เข้าไป และรับข้อมูลที่เป็น ASCII ออกมาแปลเป็นตัวเลขเพื่อนำไปวิเคราะห์

**ตารางที่ 3.1** ตารางแสดงรายละเอียดของเครื่องวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบ มิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer)

ID	INSRUMENT NAME	CONTENT	USERID	PORT	BAUDRATE	CREATEDAT	UPDATEDAT
18	MillK	Precision Thermometer	13	COM4	9600	Wed Sep 13 2023 16:24:48	Fri Sep 22 2023 14:08:04

#### ตอนที่ 1 ทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัด Isotech milliK

##### Precision Thermometer ที่ Channel1 20 ค่า

ทดสอบการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดใน CH1 โดยการส่งข้อมูลใช้คำสั่ง SCPI การดึงข้อมูลใน CH1 ในคู่มือ คือ SENSE:CHANnel 1, SENSE:PROBe 1, INIT, FETCh? และเมื่อได้ส่งข้อมูลจะได้รับข้อมูลเป็น ASCII เว็บพลิเคชันจะแปลงเป็นตัวเลขอัตโนมัติ จากนั้นนำตัวเลขไปวิเคราะห์ข้อมูล

**ตารางที่ 3.2** ตารางแสดงรายละเอียดของฟังก์ชัน Channel1 20 ค่า

ID	FUCTION NAME	COMMAND	VALUE	INSTRUMENT ID	PORT	BAUDRATE	COUNT	CREATE AT	UPDATED AT
30	CH1	SENSe:CHANnel 1, SENSE:PROBe 1, INIT, FETCh?	1.0000	18	COM4	9600	20	Wed Sep 13 2023 16:24:48	Fri Sep 22 2023 14:08:04

#### ตอนที่ 2 ทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบ

##### มิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) ที่ Channel2 20 ค่า

ทดสอบการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดใน CH1 โดยการส่งข้อมูลใช้คำสั่ง SCPI การดึงข้อมูลใน CH2 ในคู่มือ คือ SENSE:CHANnel 2, SENSE:PROBe 3, INIT, FETCh? และเมื่อได้ส่งข้อมูลจะได้รับข้อมูลเป็น ASCII เว็บพลิเคชันจะแปลง ASCII เป็นตัวเลขอัตโนมัติ จากนั้นนำตัวเลขไปวิเคราะห์ข้อมูลและใช้งานต่อไป

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงรายละเอียดของฟังก์ชัน Channel2 20 ค่า

ID	FUNCTION NAME	COMMAND	VALUE	INSTRUMENT ID	PORT	BAUDRATE	COUNT	CREATE AT	UPDATED AT
39	CH2	SENSe:CHANnel 2, SENSe:PROBe 3, INIT, FETCh?	1.0000	18	COM4	9600	20	Wed Sep 13 2023 16:27:15	Fri Sep 22 2023 14:34:00

## บทที่ 4

# ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

### 4.1 ผลการทดลองด้านเว็บแอปพลิเคชัน

ในการทดลองนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองเว็บแอปพลิเคชันการรับ-ส่งข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องมือวัด โดยวิธีการทดลองได้ทำการเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัดในการใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 1 เดือน เพื่อหาข้อผิดพลาดของเว็บแอปพลิเคชันเพื่อนำไปแก้ไข ปรับปรุง พัฒนา และศึกษาเพิ่มเติมในการใช้งานในอนาคต

จากการทดลองด้านเว็บแอปพลิเคชัน ได้ผลการทดลองว่าเว็บแอปพลิเคชันของทางผู้วิจัยมีความปลอดภัยด้านเว็บไซต์ปานกลาง มีหลายขั้นตอนในการใช้งาน สามารถใช้ได้กับทุกอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่สามารถต่อสาย RS232 หรือสายที่มีการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) ได้ เมื่อใช้งานเว็บแอปพลิเคชันในระยะเวลาอันไม่เกิดข้อผิดพลาด แต่เมื่อกดฟังก์ชันพร้อมกันหรือซ้ำหลาย ๆ ครั้งในระยะเวลาเดียวกันจะเกิดข้อผิดพลาดทำให้ไม่สามารถใช้งานต่อได้จำเป็นต้องทำการเริ่มต้นการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันใหม่ทุกครั้ง เมื่อผู้วิจัยเริ่มต้นการใช้งานใหม่ ขั้นตอนการเริ่มต้นการใช้งานใหม่มีความซับซ้อนสูง ยังไม่สามารถ Deploy เว็บแอปพลิเคชันของทางผู้วิจัยไปยังเว็บไซต์บนบราวเซอร์ได้เนื่องจากไฟล์มีขนาดใหญ่ และจำนวนไฟล์มากทำให้มีข้อผิดพลาดไม่สามารถเปิดแอปพลิเคชันได้เท่าที่ควรต้องมีแก้ไขจำนวนมากจึงจะสามารถ Deploy ได้

สามารถใช้งานได้หลายอุปกรณ์ เช่น โทรศัพท์มือถือ โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต และโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละอุปกรณ์มีรูปร่างเว็บเพจที่ต่างกันเพื่อความเหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องเข้าใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตลอดระยะเวลาการใช้งาน และ Code ของโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันถูกจัดเก็บด้วย GitHub ที่เว็บไซต์ <https://github.com/booknaaa/FinalProject0> เพื่อป้องกันการสูญหายอีกทั้งยังสามารถสร้างทีมพัฒนาเพื่อนำข้อผิดพลาดที่ได้ไป แก้ไข ปรับปรุง และนำไปพัฒนาต่อยอดในอนาคตได้

1) เริ่มต้นการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันโดยเข้าไปที่โปรแกรม Visual Studio Code และใส่ข้อความ npm start ที่ Terminal ตั้งค่า Terminal เป็น CMD เพิ่มเริ่มต้นการใช้งาน



```

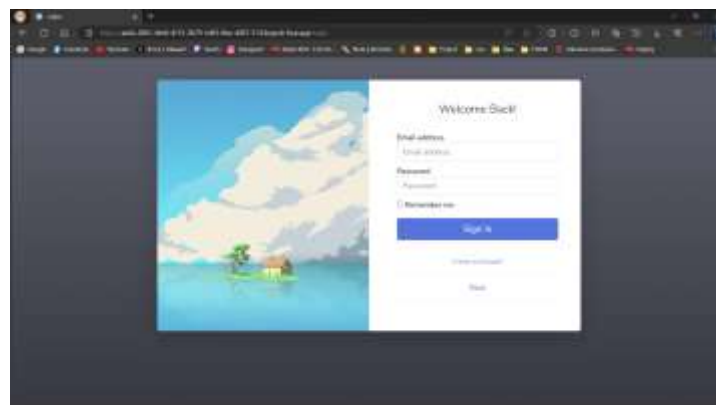
[nodemon] 3.0.1
[nodemon] to restart at any time, enter 'rs'
[nodemon] watching path(s): *.*
[nodemon] watching extensions: js,mjs,cjs,json
[nodemon] starting 'node index.js'

Title : Project1
Server: 3000
Port: 3000
Env: development
Server is running on http://localhost:3000

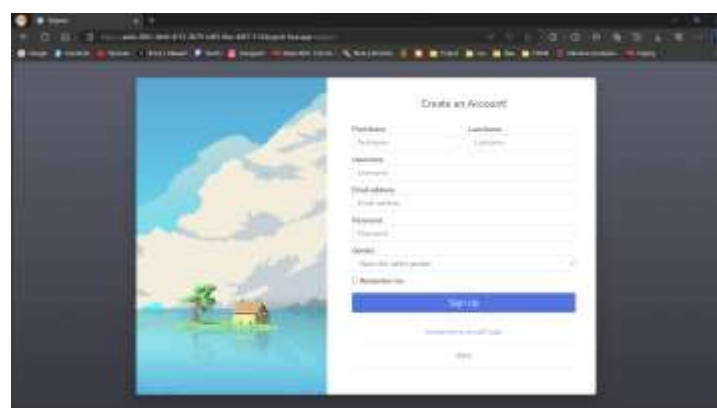
```

รูปที่ 4.1 เริ่มใช้งานเว็บแอปพลิเคชันใน Visual Studio Code

2) ทำการเปิดใช้งานเว็บแอปพลิเคชันบนเว็บเบราว์เซอร์ที่ <http://localhost:3000/> ทำการ Register เพื่อสมัครสมาชิกจากนั้นทำการกดปุ่ม Login เพื่อไปยังหน้า Home เพื่อที่จะทำการเพิ่มเครื่องมือวัด

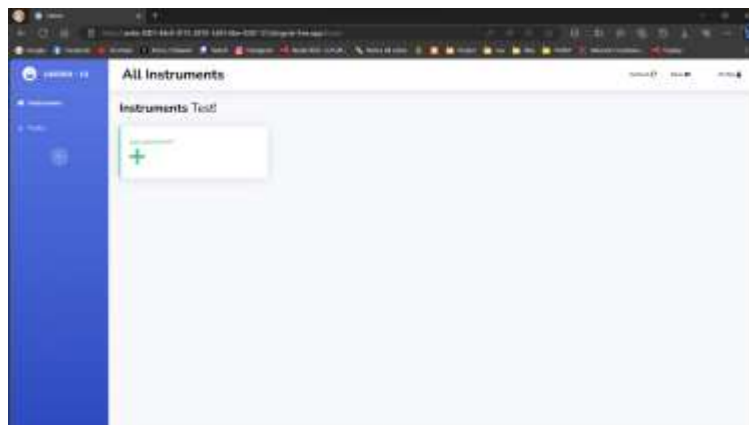


รูปที่ 4.2 Webpage Login

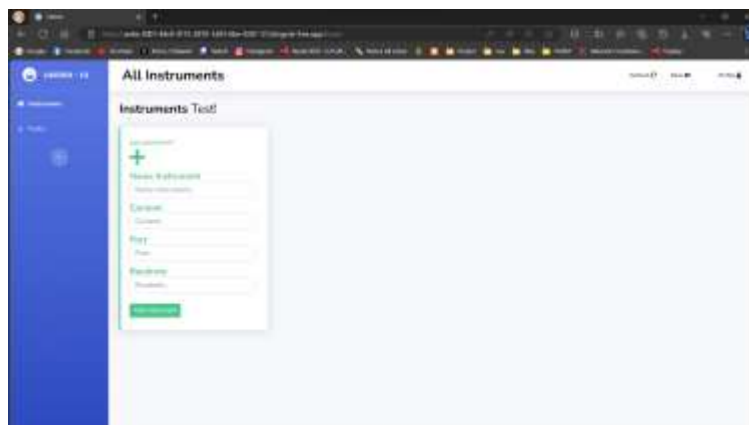


รูปที่ 4.3 Webpage Register

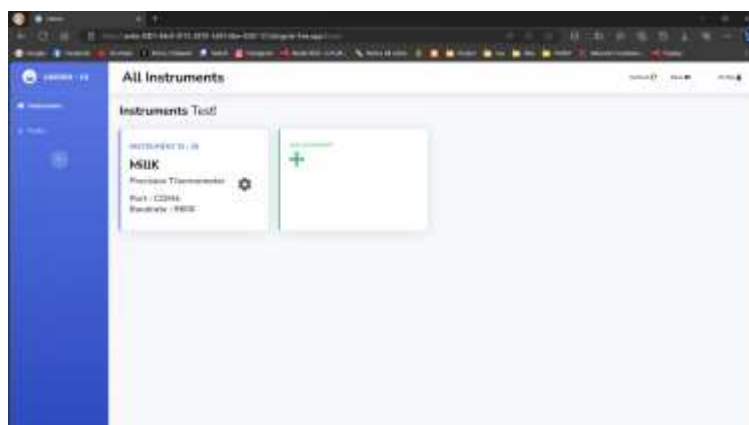
5) หลังจากเข้าสู่ระบบเสร็จสิ้นจะไปยังหน้า Home และทำการเพิ่มเครื่องมือวัด/อุปกรณ์ที่เราต้องการ ใส่ข้อมูล ชื่อเครื่องมือ, รายละเอียดเครื่องมือ, Port, Baud Rate เพื่อทำการเพิ่มเครื่องมือเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 4.4 Webpage Home

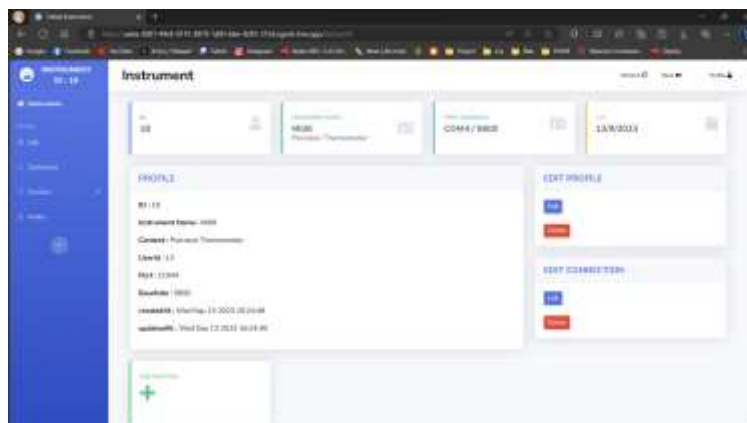


รูปที่ 4.5 เพิ่มเครื่องมือวัด/อุปกรณ์ที่เราต้องการ



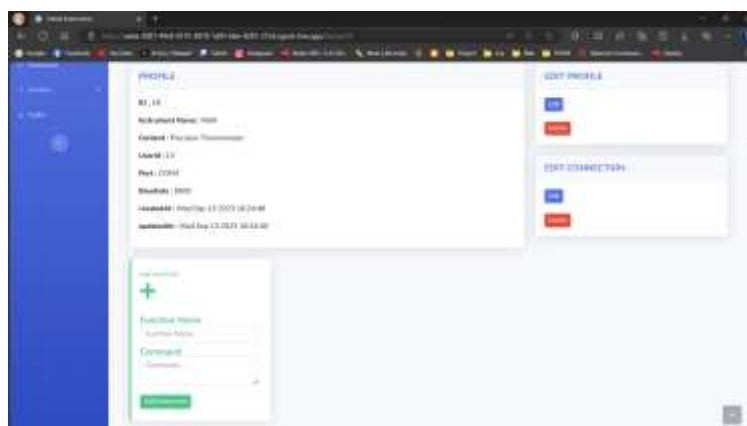
รูปที่ 4.6 เพิ่มเครื่องมือวัด/อุปกรณ์ที่เราต้องการเสร็จสิ้น

6) เข้าไปยังหน้า Instrument

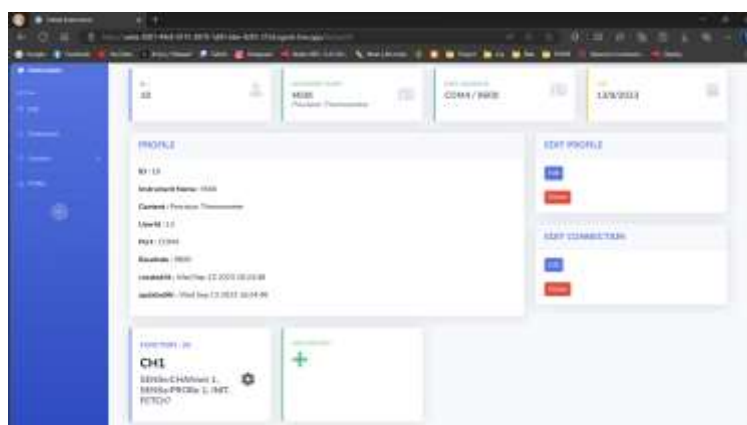


รูปที่ 4.7 Webpage Instrument

7) กดเพิ่ม Function โดยใช้ข้อมูล ชื่อฟังก์ชัน, ฟังก์ชัน โดยฟังก์ชันเป็นคำสั่ง Standard Commands for Programmable Instruments



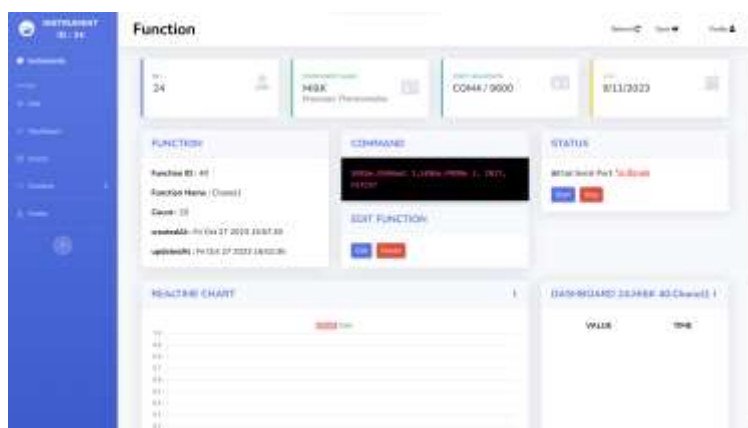
รูปที่ 4.8 เพิ่ม Function



รูปที่ 4.9 เพิ่ม Function เสร็จสิ้น



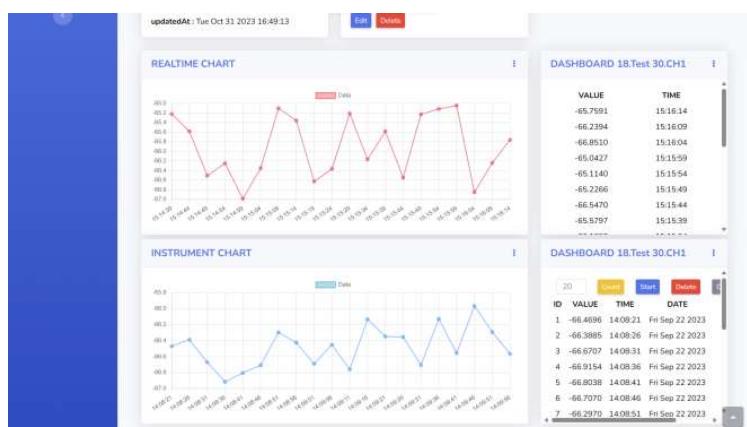
## 8) เข้าไปยังหน้า Function



รูปที่ 4.10 Webpage Dashboard

9) หากสถานะ Serial Port: ไม่เชื่อมต่อทำการกดปุ่ม Start ตำแหน่งช่อง Status เพื่อเชื่อมต่อการเชื่อมต่อ และกดปุ่ม Start Realtime เพื่อเริ่มต้นกราฟข้อมูลจากเครื่องมือวัดแบบ Realtime

10) ไปที่ INSTRUMENT CHART ทำการใส่ตัวเลขที่ต้องการบันทึกค่าจากนั้นกดปุ่มสี่เหลี่ยม Count ทำการกดปุ่มสี่เหลี่ยม Save เพื่อเริ่มต้นการบันทึกข้อมูลต่างๆ เมื่อได้ค่าครบตามที่เรารต้องการแล้วกดปุ่มสี่เหลี่ยม Download เพื่อบันทึกค่าทั้งหมดเป็นไฟล์ Excel ลงเครื่องคอมพิวเตอร์

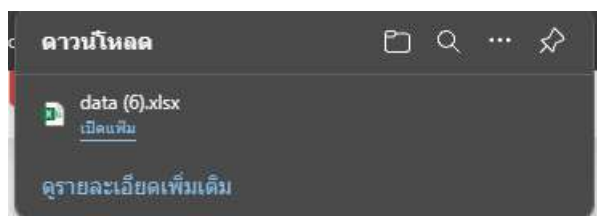


รูปที่ 4.11 Webpage Dashboard แสดงข้อมูลต่าง ๆ

ID	VALUE	TIME	DATE
1	-66.9406	15:58:52	Fri Oct 27 2023
2	-65.3093	15:58:57	Fri Oct 27 2023
3	-65.5158	15:59:02	Fri Oct 27 2023
4	-66.9319	15:59:07	Fri Oct 27 2023
5	-65.7161	15:59:12	Fri Oct 27 2023
6	-65.4734	15:59:17	Fri Oct 27 2023
7	-66.8276	15:59:22	Fri Oct 27 2023

รูปที่ 4.12 ข้อมูลที่ได้จากการวัดบน Webpage Dashboard

11) เมื่อดาวนโหลดเสร็จสิ้นจะได้ไฟล์ data.xlsx เพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์และใช้งานต่อในอนาคตได้



รูปที่ 4.13 ไฟล์จากการดาวนโหลดเสร็จสิ้น

ID	VALUE	TIME
1	-66.9406	15:58:52
2	-65.3093	15:58:57
3	-65.5158	15:59:02
4	-66.9319	15:59:07
5	-65.7161	15:59:12
6	-65.4734	15:59:17
7	-66.8276	15:59:22
8	-65.5158	15:59:27
9	-66.9319	15:59:32
10	-65.7161	15:59:37
11	-65.4734	15:59:42
12	-66.8276	15:59:47
13	-65.5158	15:59:52
14	-66.9319	15:59:57
15	-65.7161	16:00:02
16	-65.4734	16:00:07
17	-66.8276	16:00:12
18	-65.5158	16:00:17
19	-66.9319	16:00:22
20	-65.7161	16:00:27

รูปที่ 4.14 ข้อมูลในไฟล์ data.xlsx

## 4.2 ผลการทดลองด้านการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดโดยเว็บแอปพลิเคชัน

ตอนที่ 1 ทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) ที่ Channel1

คำสั่งในการรับข้อมูลที่ Channel1: SENSE:CHANnel 1, SENSE:PROBe 1, INIT, FETCH?

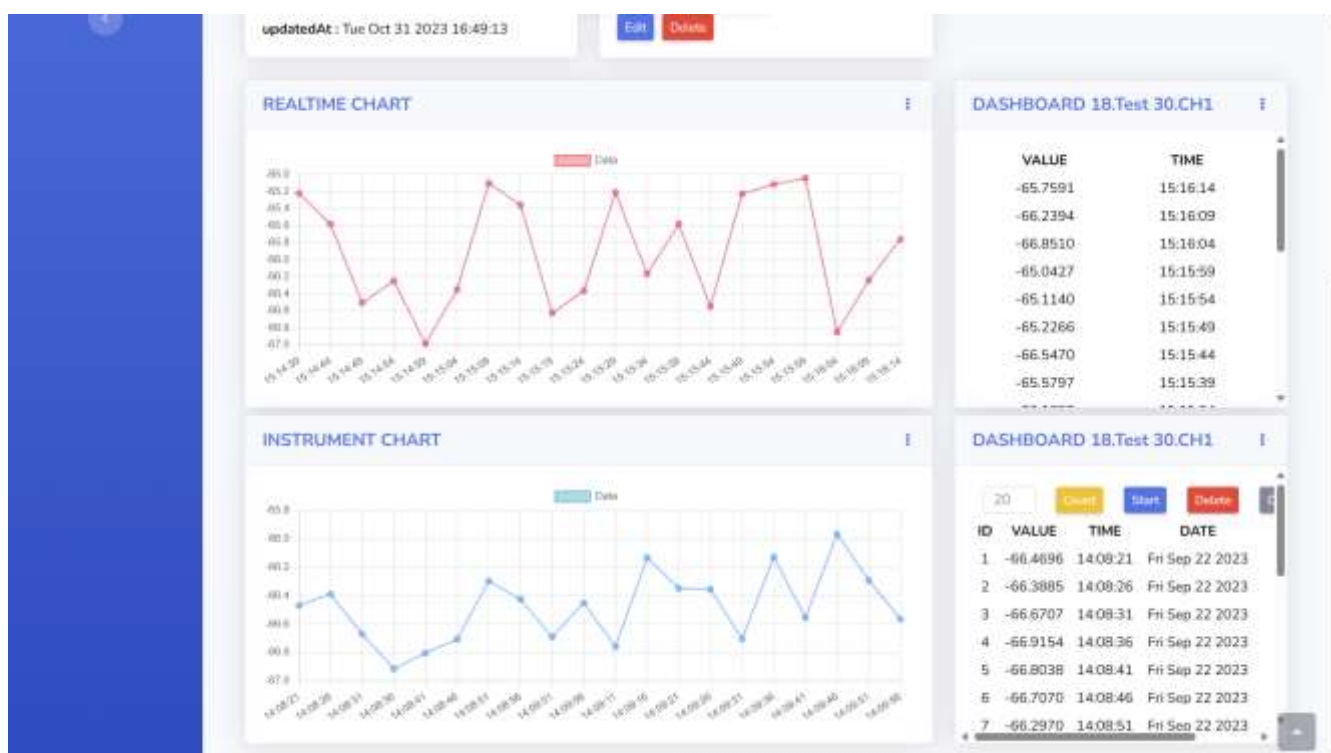
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูล Channel1 20 ค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ )

ID	Value ( $\Omega$ )	Date
1	-66.4696	22/9/2566 14:08:21
2	-66.3885	22/9/2566 14:08:26
3	-66.6707	22/9/2566 14:08:31
4	-66.9154	22/9/2566 14:08:36
5	-66.8038	22/9/2566 14:08:41
6	-66.7070	22/9/2566 14:08:46
7	-66.2970	22/9/2566 14:08:51
8	-66.4248	22/9/2566 14:08:56
9	-66.6907	22/9/2566 14:09:01
10	-66.4505	22/9/2566 14:09:06
11	-66.7594	22/9/2566 14:09:11
12	-66.1322	22/9/2566 14:09:16
13	-66.3479	22/9/2566 14:09:21
14	-66.3536	22/9/2566 14:09:26
15	-66.7042	22/9/2566 14:09:31
16	-66.1284	22/9/2566 14:09:36
17	-66.5542	22/9/2566 14:09:41
18	-65.9665	22/9/2566 14:09:46

19	-66.2919	22/9/2566 14:09:51
20	-66.5645	22/9/2566 14:09:56



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ ) กับ เวลา วันที่ 22/10/2566



รูปที่ 4.16 ข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัดแสดงบน Website

	A	B	C	D	E	F
1		ID : 1	INSTRUMENT : Millik			
2		ID : 8	FUNCTION PORT : CC BAUDRATE COUNT : 20			
3	ID	Value	Date			
4	1	-66.4696	22/9/2566 14:08:21			
5	2	-66.3885	22/9/2566 14:08:26			
6	3	-66.6707	22/9/2566 14:08:31			
7	4	-66.9154	22/9/2566 14:08:36			
8	5	-66.8038	22/9/2566 14:08:41			
9	6	-66.707	22/9/2566 14:08:46			
10	7	-66.297	22/9/2566 14:08:51			
11	8	-66.4248	22/9/2566 14:08:56			
12	9	-66.6907	22/9/2566 14:09:01			
13	10	-66.4505	22/9/2566 14:09:06			
14	11	-66.7594	22/9/2566 14:09:11			
15	12	-66.1322	22/9/2566 14:09:16			
16	13	-66.3479	22/9/2566 14:09:21			
17	14	-66.3536	22/9/2566 14:09:26			
18	15	-66.7042	22/9/2566 14:09:31			
19	16	-66.1284	22/9/2566 14:09:36			
20	17	-66.5542	22/9/2566 14:09:41			
21	18	-65.9665	22/9/2566 14:09:46			
22	19	-66.2919	22/9/2566 14:09:51			
23	20	-66.5645	22/9/2566 14:09:56			

รูปที่ 4.17 ข้อมูล Channel1 ที่ได้จากเครื่องมือวัดในไฟล์ data.xlsx

ตอนที่ 2 ทดลองการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน  
(Isotech millik Precision Thermometer) ที่ Channel2 20 ค่า

คำสั่งในการรับข้อมูลที่ Channel2: SENSE:CHANnel 2, SENSE:PROBe 3, INIT,  
FETCH?

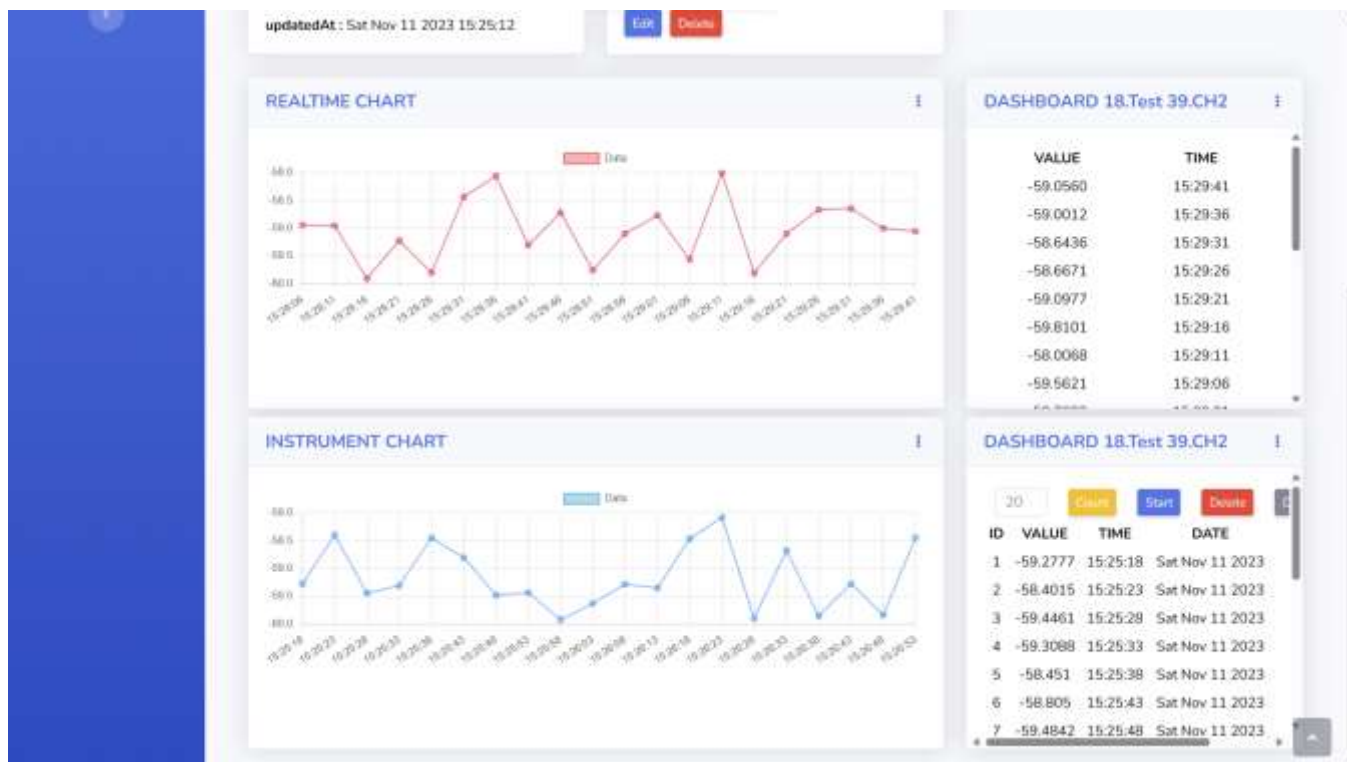
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูล Channel2 20 ค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ )

ID	Value ( $\Omega$ )	Date
1	-59.2777	11/11/2566 15:25:18
2	-58.4015	11/11/2566 15:25:23
3	-59.4461	11/11/2566 15:25:28
4	-59.3088	11/11/2566 15:25:33
5	-58.4510	11/11/2566 15:25:38
6	-58.805	11/11/2566 15:25:43
7	-59.4842	11/11/2566 15:25:48
8	-59.4345	11/11/2566 15:25:53
9	-59.923	11/11/2566 15:25:58

10	-59.6289	11/11/2566 15:26:03
11	-59.2845	11/11/2566 15:26:08
12	-59.3527	11/11/2566 15:26:13
13	-58.4661	11/11/2566 15:26:18
14	-58.0829	11/11/2566 15:26:23
15	-59.8963	11/11/2566 15:26:28
16	-58.6782	11/11/2566 15:26:33
17	-59.8556	11/11/2566 15:26:38
18	-59.276	11/11/2566 15:26:43
19	-59.8374	11/11/2566 15:26:48
20	-58.4465	11/11/2566 15:26:53



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงข้อมูล Channel2 ที่ได้จากเครื่องมือวัด ( $\Omega$ ) กับ เวลา วันที่ 11/11/2566



รูปที่ 4.19 ข้อมูล Channel2 ที่ได้จากเครื่องมือวัดแสดงบน Website

	A	B	C	D	E	F	G
1		ID : 18	INSTRUMENT : Test				
2		ID : 39	FUNCTION PORT : CBAUDRAT COUNT : 20				
3	ID	Value	Date				
4	1	-59.2777	11/11/2566	15:25:18			
5	2	-58.4015	11/11/2566	15:25:23			
6	3	-59.4461	11/11/2566	15:25:28			
7	4	-59.3088	11/11/2566	15:25:33			
8	5	-58.451	11/11/2566	15:25:38			
9	6	-58.805	11/11/2566	15:25:43			
10	7	-59.4842	11/11/2566	15:25:48			
11	8	-59.4345	11/11/2566	15:25:53			
12	9	-59.923	11/11/2566	15:25:58			
13	10	-59.6289	11/11/2566	15:26:03			
14	11	-59.2845	11/11/2566	15:26:08			
15	12	-59.3527	11/11/2566	15:26:13			
16	13	-58.4661	11/11/2566	15:26:18			
17	14	-58.0829	11/11/2566	15:26:23			
18	15	-59.8963	11/11/2566	15:26:28			
19	16	-58.6782	11/11/2566	15:26:33			
20	17	-59.8556	11/11/2566	15:26:38			
21	18	-59.276	11/11/2566	15:26:43			
22	19	-59.8374	11/11/2566	15:26:48			
23	20	-58.4465	11/11/2566	15:26:53			

รูปที่ 4.20 ข้อมูล Channel2 ที่ได้จากเครื่องมือวัดในไฟล์ data.xlsx

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

#### 1) การทดลองด้านเว็บแอปพลิเคชัน

จากการทดลองเว็บแอปพลิเคชันเป็นระยะเวลา 1 เดือน เพื่อทดสอบการใช้งานและความน่าเชื่อถือ ความแม่นยำก่อนที่จะนำไปใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบในบริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน) โดยทดสอบการใช้งานกับเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) ต่อกับ Terminal Adapter Model 956 สามารถส่งและรับข้อมูลได้อย่างแม่นยำ สามารถเชื่อมต่อเครื่องมือหลายชนิดได้พร้อมกัน สะดวกต่อการใช้งานร่วมกันของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์หลายชนิด มีความซับซ้อนในขั้นตอนการใช้งานเล็กน้อยจำเป็นต้องมีคู่มือในการใช้งานเพื่อลดความซับซ้อน สามารถเข้าถึงได้ทุกที่และทุกอุปกรณ์ทั้งคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต และ โทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละอุปกรณ์มีการแสดงผลของเว็บเพจต่างกันตามขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ จำเป็นต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตก่อนการใช้งานทุกครั้ง ไม่จำเป็นต้องดาวน์โหลดโปรแกรมเพื่อใช้งานสามารถใช้งานผ่านเว็บไซต์ได้โดยตรง สามารถนำข้อมูลที่ได้นับที่เก็บไว้ในเว็บแอปพลิเคชันของทางผู้วิจัย และสามารถบันทึกลงอุปกรณ์ของผู้วิจัยเพื่อนำข้อมูลได้รับไปวิเคราะห์และใช้งานต่อได้

ทางด้านเว็บแอปพลิเคชัน มีความปลอดภัยปานกลางและยังไม่มีความปลอดภัย เมื่อใช้งานเว็บแอปพลิเคชันในระยะเวลาอันยาวนานไม่เกิดข้อผิดพลาด แต่เมื่อกดฟังก์ชันพร้อมกันหรือซ้ำหลายๆครั้งในระยะเวลาเดียวกันจะเกิดข้อผิดพลาดทำให้ไม่สามารถใช้งานต่อได้จำเป็นต้องทำการเริ่มต้นการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันใหม่ทุกครั้ง ขั้นตอนการเริ่มต้นการใช้งานใหม่มีความซับซ้อนสูง ในไฟล์การเขียนโปรแกรมการสร้างเว็บแอปพลิเคชันการจัดไฟล์ไม่เรียบร้อยไฟล์มีจำนวนมากเกิดไปหากศึกษาเพิ่มเติมสามารถลดจำนวนไฟล์ได้ ทางคำสั่ง (Code) มีความยาว มีความซับซ้อนสูง และจัดไม่เป็นระเบียบหากมีผู้อื่นมาพัฒนาต่อทำให้แก้ไข พัฒนาได้ยาก

#### 2) ผลการทดลองด้านการรับ-การส่งข้อมูลเครื่องมือวัดโดยเว็บแอปพลิเคชัน

จากการทดลอง ตอนที่1 และ ตอนที่2 พบว่าข้อมูลจากเครื่องมือวัดอุณหภูมิความแม่นยำแบบมิลลิเคลวิน (Isotech milliK Precision Thermometer) มีความไม่เสถียรเล็กน้อยเนื่องจากไม่มีโปรบวัดอุณหภูมิต่อกับเครื่องมือเพื่อทดลองอย่างละเอียด โปรบวัดอุณหภูมิมีราคาที่สูงและหาซื้อได้ยากทำให้ไม่มีโปรบวัดอุณหภูมิในการเชื่อมต่อกับเครื่องมือ เพื่อหาค่าที่มีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือสูง ทางบริษัทจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการหาโปรบวัดอุณหภูมิเป็นระยะเวลานานกว่า 4 เดือนทำให้ไม่สามารถหาโปรบวัดอุณหภูมิมาใช้งานได้ทัน ทำให้ค่าต่างๆที่ได้ไม่เสถียรเท่าที่ควร ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำสูงมีข้อมูลต่างๆตรงกับเครื่องมือวัด



ที่เราใช้งาน สามารถดูข้อมูลได้แบบ Realtime และใช้งานได้หลายอุปกรณ์และหลายฟังก์ชันในเว็บแอปพลิเคชันเดียวกัน

Terminal Adapter Model 956 ที่ต่อกับเครื่องมือวัด วัด Isotech milliK Precision Thermometer ไม่มีโปรบวัดอุณหภูมิทำให้ค่าที่ได้ติดลบและมีค่าต่ำไม่นิ่ง กราฟที่ได้ไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความไม่ชัดเจน อุปกรณ์มีความซับซ้อนในการใช้งานสูง

การส่งข้อมูลโดย SCPI Commands มีความซับซ้อนและเข้าใจยาก การใช้งานคำสั่งจำเป็นต้องอ่านจากคู่มือวิธีการใช้งานของเครื่องมือวัดเท่านั้น และต้องมีการทดสอบคำสั่งก่อนจึงจะสามารถส่งข้อมูลได้

ระบบการเชื่อมต่อยังไม่ไร้สาย 100% เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ NodeMCU เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม อุปกรณ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันของทางผู้วิจัยไม่สามารถทำได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) จำเป็นต้องเรียนรู้วิธีการใช้งานก่อนใช้เว็บแอปพลิเคชัน เพื่อลดข้อผิดพลาดในการใช้งานส่งข้อมูลและรับข้อมูลต่างๆ
- 2) จำเป็นต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเสมอระหว่างการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน
- 3) หากเว็บแอปพลิเคชันเกิดข้อผิดพลาดจำเป็นต้องทำการเริ่มต้นการใช้งานใหม่ทุกครั้ง
- 4) สามารถนำไปประยุกต์เพิ่มเติมโดยเชื่อมต่อ NodeMCU เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อเว็บพลิเคชันกับเครื่องมือวัดของทางผู้วิจัยเพื่อทำให้เป็นระบบไร้สายมากขึ้นได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Isothermal Technology Limited. 2020. **milliK Precision Thermometer**. [Online].  
<https://isotech.co.uk/products/millik-precision-thermometer/>.
- [2] บริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด. 2566. **เทอร์โมคัปเปิล(Thermocouple) คืออะไร?**. [Online].  
เข้าถึงได้จาก <https://legatool.com/wp/8095/>.
- [3] บริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด. 2566. **เซ็นเซอร์แบบ Thermocouple กับ RTD ต่างกันอย่างไร**.  
[Online]. เข้าถึงได้จาก <https://legatool.com/wp/4614/>.
- [4] บริษัท ไพรมัส จำกัด. 2566. **Thermocouple คืออะไร?**. [Online]. เข้าถึงได้จาก  
<https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=131>.
- [5] บริษัท ไพรมัส จำกัด. 2566. **RTD/PT100/PTC/NTC มีหลักการทำงานอย่างไร?**. [Online]. เข้าถึง  
ได้จาก <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=201>.
- [6] ข้อมูล บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด. 2566. **การแบ่งประเภท และ การเลือกใช้ Thermocouple**.  
[Online]. เข้าถึงได้จาก <https://mall.factomart.com/type-of-thermocouple/>.
- [7] พิชิต วิจิตรบุญยรักษ์. 2554. **HTML: ภาษาเขียนเว็บ**. วารสารนักบริหารมหาวิทยาลัยกรุงเทพ. 32:  
1-4.
- [8] Kanida. 2566. **การพัฒนาซอฟต์แวร์และการออกแบบเว็บไซต์**. [Online]. เข้าถึงได้จาก  
<https://www.nidprotech.com/เปิดบทความให้ความรู้-การพัฒนาซอฟต์แวร์และการออกแบบเว็บไซต์?id=15/>.
- [9] Settawat Janpuk. 2566. **[Beginner] Node.js คืออะไร**. [Online]. เข้าถึงได้จาก  
<https://medium.com/@settawatjanpuk/https-medium-com-settawatjanpuk-beginner-node-js-970383cc6e3a>.
- [10] บริษัท โอเมก้า เมชเชอริง อินสตรูเม้นท์ จำกัด. 2560. **RS232**. [Online]. เข้าถึงได้จาก  
<https://www.omi.co.th/th/article/rs232>.
- [11] ณัฐวุฒิ ไชยสาร. 2564. **Serial Port คืออะไร**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://lab.ecu-shop.com/serial-port-คืออะไร/>.
- [12] Suwit Kiravittaya. 2566. **การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม**. [Online]. เข้าถึงได้จาก  
<http://suwitkiravittaya.eng.chula.ac.th/B2i2019BookWeb/serial.html>.
- [13] Narong Buabthong. 2558. **การสื่อสารแบบอนุกรม Serial Communication**. [Online]. เข้าถึงได้  
จาก <http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/09-Serial-communication.pdf>.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [14] Matana Wiboonysake. 2566. **ทำความรู้จักกับ Internet of Things**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.aware.co.th/iot-คืออะไร/>.
- [15] MarcusCode. 2566. **ทำความรู้จักกับ Node.js**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <http://marcuscode.com/tutorials/nodejs/introducing-nodejs>.
- [16] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2566. **ไมโครคอนโทรลเลอร์**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ไมโครคอนโทรลเลอร์>.
- [17] ดร.ณัฐพล แสนคำ. 2566. **วิธีการใช้งาน MySQL Workbench**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://cs.bru.ac.th/mysql-workbench/>.
- [18] Thanatcha Veeravattanayothin. 2566. **MySQL คือ อะไร ? โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล Open Source ยอดนิยม ?**. [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://blog.openlandscape.cloud/mysql>.
- [19] อติศักดิ์ ร่มพุ่มตาล. 2558. **การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ระบบดักข้อมูลแอกควิซิชันต้นทุนต่ำด้วย LabVIEW DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A LOW COST DATA ACQUISITION SYSTEM WITH LABVIEW**. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 14: 1-12.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### รายละเอียดเครื่องมือวัด Isotech Precision Thermometer milliK




**Wide Range of Sensors, SPRTs, PRTs, Thermistors, Thermocouples and 4-20mA Transmitters**

**High Accuracy, <  $\pm 5$ ppm for PRTs,  $\pm 2\mu V$  for Thermocouples and  $\pm 1\mu A$  for Transmitters**

**Logs and Controls Isotech Temperature Sources**  
Massive logging capacity - supports Dry Blocks and Liquid Baths

The milliK Precision Thermometer from Isotech sets a new standard for the high accuracy measurement and calibration of Platinum Resistance Thermometers, Thermistors, Thermocouples and Process Instrumentation (4-20mA) over the range -270°C to 1820°C.

In addition to low uncertainty measurements from Reference Standards and Industrial sensors, the milliK can control Isotech temperature sources, sequencing through a programmable list of temperature set points and log data to internal memory or a USB drive.

The milliK has two input channels for sensors and a third channel for current. It can be expanded to become a measuring system with up to 32 channels reading SPRTs, RTDs, Thermistors, or Thermocouples with the option to control calibration baths and log readings accurately.

**Benefiting You**  
The milliK sets a new standard for value, versatility and accuracy - <  $\pm 5$ ppm over range for PRTs,  $\pm 2\mu V$  for Thermocouples and  $\pm 1\mu A$  for current transmitters, see table

Supporting a wide range of sensors and functions it replaces individual devices making it a cost effective calibration solution.

A robust design and operation from AC or DC power allows the milliK to be used in the laboratory, test room or out in the field.

The milliK can display in °C, °F, K, Ohms, mV and mA with numeric and graphical display modes. The large back lit display makes configuring the instrument and setting the scrolling strip charts intuitive. The USB port allows for the use of a mouse, keyboard or USB Drive.

**Built on World Leading Technology**  
In 2006 Isotech launched the microK range of thermometry bridges which quickly established themselves as the instrument of choice for National Metrology Institutes and Primary Laboratories with innovative features, accuracy and versatility.

In response to industry demands for greater accuracy, the milliK now brings the same design philosophy used in the microK to those outside the Primary Laboratory. Users calibrating industrial sensors in the laboratory, pharmaceutical plants, food and beverage plants, aerospace, power industries and service companies will welcome the milliK as a solution to increase measurement confidence, ensure high accuracy traceable calibration, improve quality as well as ensure safety and lower energy consumption.

## Precision Thermometer milliK



*The Isotech milliK  
High Accuracy Measurement  
Controls Calibration Baths  
Logs Data*

**No Compromise Design**  
The design team have considered industrial users and applications in order to avoid measurement errors and problems encountered in some instruments from other manufacturers:

- **Eliminates Thermal EMF Errors in PRTs**  
Fast current reversal technology and solid state switching eliminate thermal EMF effects avoiding the errors that occur with fixed DC instruments.
- **Lead Wire Correction**  
PRT lead wire errors are eliminated for up to 30m of four core screened cable. Also supports lead wire correction for three wire PRTs.
- **Galvanic Isolation**  
Not only are the two sensor channels galvanically isolated, the 4 - 20mA input is also separately isolated. The benefits of the advanced design are no ground loops, improved safety and noise immunity.

**High Resolution**  
The display resolution is 0.0001°C (0.1 mK) made possible by using a powerful Sigma Delta Analogue to Digital converter to achieve a true measuring resolution of just 28 $\mu V$  equivalent to 0.00007°C (0.07 mK) for PRT inputs.

**Expandable**  
The milliKanner adds eight channels, and each can be configured individually as a SPRT, PRT, Thermistor or Thermocouple input. A maximum of four milliKanners can be added, providing up to 32 channels - all controlled from the milliK touch screen or an RS232 connection.

62
CALIBRATION SOLUTIONS



## Reliable

Like the award winning microK range, the milliK is all solid state. There are no mechanical relays, switches or potentiometers which would reduce reliability.

### Input Connectors

No compromise design ruled out lower cost problematic connectors and the SPRT / PRT inputs are via the highest quality gold plated push / pull self latching circular connectors overcoming the problems seen elsewhere where thermometers have been designed to a budget.

### Outstanding CJC Performance and Flexibility

Again, the no compromise design philosophy led to a specially developed rugged thermocouple connector made from alumina and incorporating a digital temperature sensor for optimal cold junction accuracy.

Three CJC modes allow thermocouple operation with internal automatic compensations, external 0°C reference systems or the millik can measure the

junction with a probe on an unused channel, useful for automated systems.

## 21st Century Design

Utilising a powerful internal operating system and fast 32 Bit processor the millIK has the power and capacity to overcome the memory limitations of older instruments.

### Store Probe Data

There is sufficient memory for an almost unlimited number of standard probes, allowing the storing of calibration data for both resistance thermometers and thermocouples. The digital matching of probe data allows the instrument to show the true temperature. The instrument will warn if a probes calibration time has expired.

### Data Logging

Older instruments are limited to a maximum number of logged data points, the milliK is limited only by storage space. The internal memory can store more than six months of data, and with a low cost USB Memory stick the milliK can log continuously for a lifetime.

## Data Management

Probe data and logged measurements can be exported to a USB Memory drive at the push of a button.

Additionally, the instrument is future proof with future software updates applied from a USB drive.

## Connectivity and Communications

With USB host, two serial interfaces and Ethernet it is easy to communicate with the milliK whether it is on the bench next to a PC or remotely using a LAN or WAN connection. These interfaces are fitted as standard.

The milliK includes a PC lead and software.

### Open Calibration

The millIK is readily calibrated against resistance and voltage standards. There are no internal adjustments and the calibration commands are simply sent via RS232 or from the front panel (password protected). The procedure is open and fully documented unlike some other instruments where there is no choice but to return to the manufacturer.



1 The milliK can connect to isotech temperature sources

*Dry Blocks (Basic & Site only), Liquid Baths and Furnaces*

Can cycle the bath through a series of temperatures logging the data - all without a PC.



## 2 Wide range of sensors

The millik can use Standard Reference probes and read from industrial sensors being calibrated, including 4 - 20mA transmitters - all to high accuracy.



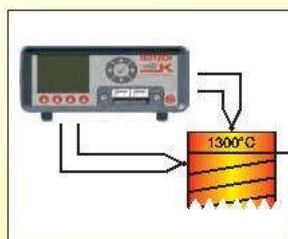
### 3 Expandable

The millIK can be expanded to have a maximum of 33 high accuracy channels. The millIKanner has eight expansion channels, with each channel configurable for SPRT, PRT, Thermistor or Thermocouple input type.



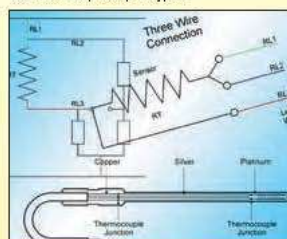
#### 4 Logs

The millik can record time stamped data to internal memory or a USB Memory Drive.



## 5 Safety

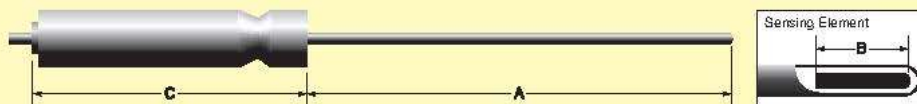
The millik inputs are galvanically isolated, with the 4 - 20mA input separately isolated avoiding problems with high voltage pick up common when using thermocouples in high temperature furnaces.



**6 Designed to eliminate and protect against real world problems**

The millik eliminates thermal EMF errors, compensates for lead wire resistance and warns if a probe is out of calibration.





#### ■ Recommended Probes (Fit milliK Case)

Model	Maximum Range	Diameter	Length (A)	Sensing Length (B)	Handle (C)	Cable	Application
935-14-61/TTI	-50°C to 250°C	4mm	300mm	6mm	19 x 120mm	2m PTFE	Fast Response, Low Stem Conduction
935-14-116/TTI	-100°C to 450°C	6mm	350mm	25mm	19 x 120mm	2m PTFE	General Purpose

For further options and details, see Reference Probes - Semi Standards, pages 76-81.

For laboratory standard thermometers we recommend for SPRTs the Isotech Model 909Q and for thermocouples the Model 1600 Type R, see Catalogue 1: Solutions from Primary & Secondary Laboratories.



Optional Carrying Case  
Part number: 93t-22-102

- The choice for high accuracy temperature measurement - expandable for multi-channel operation
- Higher Accuracy than DAQ Systems
- Ideal for industrial sensor calibration alongside Dry Block and Liquid Baths.
- Expandable to 33 channels with no loss of accuracy

milliK shown with  
optional channel  
expander



UKAS Calibration available for these systems - International Traceability - Best Practice

### Specifications

Input Channels	3
Channels 1+2	SPRTs, PRTs, Thermistor and Thermocouples
Channel 3	Process Inputs 4 - 20mA Isolated 24VDC Power Supply Included

Ranges	SPRTs:	0-115Ω
	PRTs:	0-460Ω
	Thermistors:	0-500kΩ
	Thermocouples:	±115mV 4-20mA, 0-30mA

Display Units	°C, °F, K, Ω, mV, mA
---------------	----------------------

Accuracy	Initial	Over 1 year
SPRTs/PRTs:	5ppm	7ppm
Thermistors:	50ppm	150ppm
Thermocouples:	2µV	4µV
4-20mA:	0.01%	0.02%

Temperature Accuracy	Initial	Over 1 year
SPRTs/PRTs (at 0°C):	3mK	4mK
(over full range):	5mK	7mK
Thermistors:	50ppm	150ppm

Thermocouples:	Ice Point Ref		Internal CJC	
	Initial	1 Year	Initial	1 Year
Type B @ 1000°C	±0.12°C	±0.14°C	±0.12°C	±0.14°C
Type E @ 800°C	±0.02°C	±0.05°C	±0.10°C	±0.20°C
Type J @ 600°C	±0.03°C	±0.05°C	±0.12°C	±0.23°C
Type K @ 600°C	±0.04°C	±0.06°C	±0.13°C	±0.25°C
Type L @ 600°C	±0.03°C	±0.05°C	±0.12°C	±0.23°C
Type N @ 600°C	±0.04°C	±0.06°C	±0.10°C	±0.19°C
Type R @ 1000°C	±0.09°C	±0.12°C	±0.14°C	±0.21°C
Type S @ 1000°C	±0.10°C	±0.14°C	±0.16°C	±0.24°C
Type T @ 200°C	±0.02°C	±0.03°C	±0.10°C	±0.18°C
Au-Pt @ 600°C	±0.06°C	±0.08°C	±0.10°C	±0.15°C

Resolution	Resistance (PRTs):	0.00001Ω
	(Thermistors):	0.001Ω
	Voltage:	0.00001mV
	Current:	0.001mA
	Temperature:	0.0001°

Temperature Conversions	PRTs:	IEC60751 (2008), Callendar-van Dusen, ITS90
	Thermocouples:	IEC584-1 1995 (B,E,J,K,N,R,S,T), L, Au-Pt
	Thermistors:	Steinhart-Hart, polynomial

Sensor Currents	SPRTs/PRTs:	1mA and 1.428mA ±0.4% (reversing)
	Thermistors:	5µA (reversing)

Keep-Warm Current	SPRTs/PRTs:	1mA and 1.428mA
-------------------	-------------	-----------------

Input Connectors	SPRTs/PRTs	LemoEFG.1B.306, HLN 9-pin gold plated contacts
	Thermocouples:	Miniature Thermocouple socket (ASTM E 1684-05) 4mm sockets
	4-20mA:	

Interfaces	10/100MBit Ethernet (RJ45 socket) USB (2.0) host 2 x RS232 (9-pin D-type plug; 9600 Baud)
------------	---

Display	68mm / 3.5" QVGA (320 x 240) colour TFT LCD with LED backlight
---------	--

Operating Conditions	Operating:	0-45°C / 32-113°F 0-99% humidity
	Full Specification:	15-30°C / 50-85°F 10-90% humidity

Statistics	In Addition to Instantaneous Display user can select mean of 2 - 100 measurements with Standard Deviation
------------	---

Measurement Time	PRTs (4-wire):	0.4s
	(3-wire):	0.7s
	Thermistors:	0.4s
	Thermocouples (ice point):	0.4s
	(internal CJC):	0.7s
	(external CJC):	1.0s

Cable Length	Limited to 10Ω per core and 10nF shunt capacitance (equivalent to 100m of typical 4-core screened PTFE cable)
--------------	---

Logging	Capacity to store > 180 Days of time stamped measurements to internal memory
---------	--

Recommended Probes	Isotach Semi Standard PRTs Isotach Model 909 SPRT
--------------------	--

Power	68-264V (RMS), 47-63Hz (universal), 6W maximum or 4 x AA cells
-------	--

Dimensions	255mm x 255mm x 114mm / 10" x 10" x 4.5" (W x D x H)
------------	--

Weight	2.25kg / 5lb
--------	--------------

Optional Carrying Case	901-22-102
------------------------	------------

NOTE: Due to our program of continual development and improvement, we reserve the right to amend or alter characteristics and design without prior notice.



## รายละเอียด Isotech Terminal Adaptor Model 956




# Terminal Adaptor Model 956

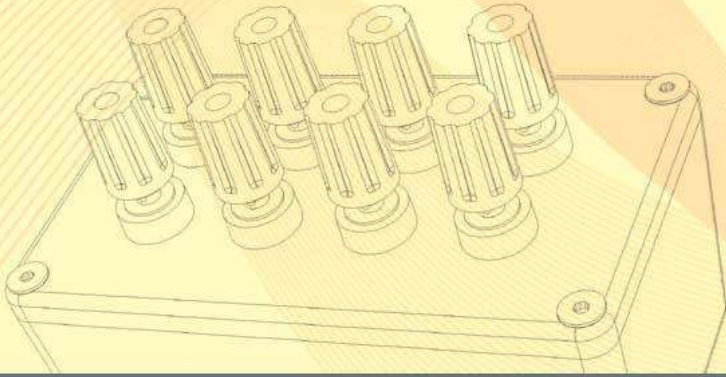
- Time Saving
- Accepts Bare Wire, Spades or Banana Plugs
- Suits a wide range of Isotech instruments

Our TTI range use high quality 'Lemo' connectors for the Pt100 inputs. This simple accessory provides 4mm Terminal Posts for the connection of bare wires, spade terminals or 4mm plugs - useful if a lot of probes are going to be used with the instrument.

The adaptor connects to the TTI via two flexible cables, terminated with the appropriate Lemo connector.

New compact design.





### Specifications

Dimensions	Height 65mm Width 115mm Depth 105mm (including plugs)
Weight	0.4kg

### How to Order

956 Terminal Adaptor suits millik, TTI-6, TTI-7 or TTI-10  
956/TTI-22 Terminal Adaptor for TTI-22

## รายละเอียด USB TO RS232 SERIAL CONVERTER RANGE OF CABLES Datasheet



USB TO RS232 SERIAL CONVERTER RANGE OF CABLES Datasheet  
Version 1.4

Document No.: FT\_000077 Clearance No.: FTDI# 51



### Future Technology Devices International Ltd USB to RS232 Serial Converter Range of Cables

CE FC UK  
EA

### Datasheet

Neither the whole nor any part of the information contained in, or the product described in this manual, may be adapted or reproduced in any material or electronic form without the prior written consent of the copyright holder. This product and its documentation are supplied on an as-is basis and no warranty as to their suitability for any particular purpose is either made or implied. Future Technology Devices International Ltd will not accept any claim for damages howsoever arising as a result of use or failure of this product. Your statutory rights are not affected. This product or any variant of it is not intended for use in any medical appliance, device or system in which the failure of the product might reasonably be expected to result in personal injury. This document provides preliminary information that may be subject to change without notice. No freedom to use patents or other intellectual property rights is implied by the publication of this document. Future Technology Devices International Ltd, Unit 1, 2 Seaward Place, Centurion Business Park, Glasgow, G41 1HH, United Kingdom. Scotland Registered Number: SC136640



## 1 Description

The **USB\_RS232** cables are a family of USB to RS232 levels serial UART converter cables incorporating FTDI's FT232RQ USB to serial UART interface IC device which handles all the USB signalling and protocols. The cables provide a fast, simple way to connect devices with a RS232 level serial UART interface to USB.

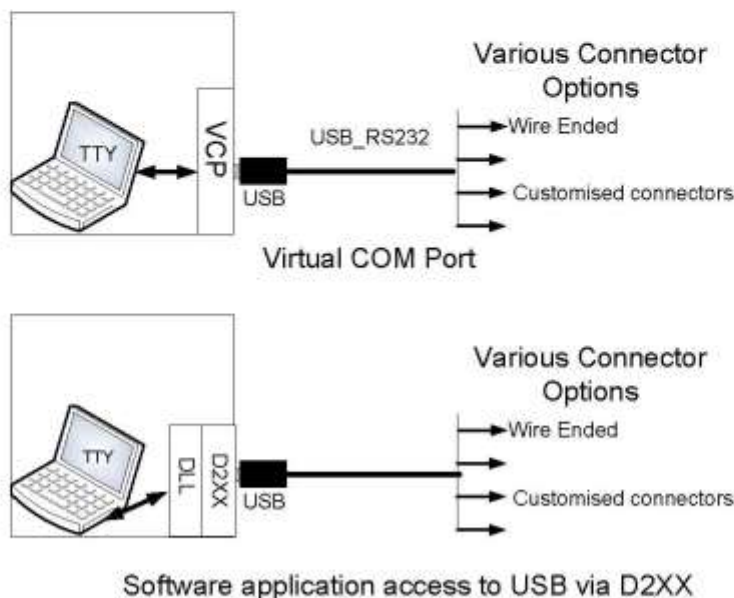
Each USB-RS232 cable contains a small internal electronic circuit board, utilising the FT232RQ, which is encapsulated into the USB connector end of the cable. The FT232RQ datasheet, [DS\\_FT232R](#), is available at <https://ftdichip.com/>. The integrated electronics also include the RS232 level shifter plus Tx and Rx LEDs which give a visual indication of traffic on the cable (if transparent USB connector specified).

The other end of the cable is bare, tinned wire ended connections by default, but can be customised using different connectors to support various applications.

Cables are FCC, CE, UKCA and RoHS compliant.

The USB side of the cable is USB powered and USB 2.0 full speed compatible. Each cable is 1.8m long and supports a data transfer rate up to 1 Mbaud. Each cable supports the FTDIChip-ID™, with a unique USB serial number programmed into the FT232RQ. This feature can be used to create a security or password protected file transfer access using the cable. Further information and examples on this feature are available at <https://ftdichip.com/> under [FTDIChip-ID Projects](#).

The USB-RS232 cables require USB drivers, available free from <https://ftdichip.com/>, which are used to make the FT232RQ in the cable appear as a virtual COM port (VCP). This then allows the user to communicate with the USB interface via a standard PC serial emulation port (for example TTY). Another FTDI USB driver, the D2XX driver, can also be used with application software to directly access the FT232RQ on the cable through a DLL. This is illustrated in the Figure 1.1.



**Figure 1.1 Using the USB-RS232 Cable**



## 2 Cable Part Numbers

The following Table 2.1 gives details of the available USB-RS232 cables.

Part Number	Description	End Connector*	Cable details
USB-RS232-WE-1800-BT-0.0	USB to UART cable with RS232 level UART signals. Black cable, Transparent USB connector 0.0 = RED wire is 0V	Wire Ended (no connector)	1.8m cable, 6 core, UL2464 24 AWG, diam=5mm
USB-RS232-WE-5000-BT-0.0	USB to UART cable with RS232 level UART signals. Black cable, Transparent USB connector 0.0 = RED wire is 0V	Wire Ended (no connector)	5.0m cable, 6 core, UL2464 24 AWG, diam=5mm
USB-RS232-WE-1800-BT-3.3	USB to UART cable with RS232 level UART signals. Black cable, Transparent USB connector 3.3 = RED wire is 3.3V	Wire Ended (no connector)	1.8m cable, 6 core, UL2464 24 AWG, diam=5mm
USB-RS232-WE-5000-BT-3.3	USB to UART cable with RS232 level UART signals. Black cable, Transparent USB connector 3.3 = RED wire is 3.3V	Wire Ended (no connector)	5.0m cable, 6 core, UL2464 24 AWG, diam=5mm
USB-RS232-WE-1800-BT-5.0	USB to UART cable with RS232 level UART signals. Black cable, Transparent USB connector 5.0 = RED wire is 5V	Wire Ended (no connector)	1.8m cable, 6 core, UL2464 24 AWG, diam=5mm
USB-RS232-WE-5000-BT-5.0	USB to UART cable with RS232 level UART signals. Black cable, Transparent USB connector 5.0 = RED wire is 5V	Wire Ended (no connector)	5.0m cable, 6 core, UL2464 24 AWG, diam=5mm
* USB-RS232-CC-LLLL-CU-PWR	USB to UART cable with RS232 level UART signals. C = cable colour (B black or T transparent), U = USB connector colour (B black or T transparent) PWR = power supply output on red wire. 0.0 = 0V, 3.3=3.3V, 5.0=5V)	CU = Connector description.	LLLL = Length of cable.

**Table 2.1 USB-RS232 Cables Descriptions and Part Numbers**

\* FTDI supports customised end connector designs. For more information, please contact [FTDI Sales Team \(sales1@ftdichip.com\)](mailto:sales1@ftdichip.com)

**Note:** The tolerance for the 1.8meter length cable is +/-30mm and +/-50mm for 5meter length cable.

### 2.1 Certifications

FTDI USB-RS232 range of cables are fully RoHS compliant as well as CE, UKCA and FCC certified.





## **Table of Contents**

<b>1</b>	<b>Description .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Cable Part Numbers.....</b>	<b>3</b>
2.1	Certifications.....	3
<b>3</b>	<b>Typical Applications.....</b>	<b>5</b>
3.1	Driver Support .....	5
3.2	Features.....	6
<b>4</b>	<b>Features of FT232RQ applicable to USB-RS232 Cables .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>USB-RS232-WE-LLLL-CU-PWR .....</b>	<b>8</b>
5.1	USB-RS232-WE-PWR Connections and Mechanical Details .....	8
5.2	USB-RS232-WE Cable Signal Descriptions.....	9
5.3	USB-RS232-WE Electrical Parameters .....	9
<b>6</b>	<b>Cable PCB Circuit Schematic.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Contact Information .....</b>	<b>11</b>
	<b>Appendix A - Cable EEPROM Configuration.....</b>	<b>12</b>
	<b>Appendix B - List of Figures and Tables.....</b>	<b>13</b>
	<b>Appendix C - Revision History .....</b>	<b>14</b>





### 3 Typical Applications

- USB to serial RS232 level converter.
- Upgrading legacy peripherals to USB.
- Interface Microcontroller UART or I/O to USB.
- Interface FPGA or PLD to USB.
- USB Instrumentation PC interface.
- USB industrial control.
- USB password protected file transfers.

#### 3.1 Driver Support

**Royalty free VIRTUAL COM PORT (VCP) and D2XX Direct Drivers** are available for the following Operating Systems (OS):

- Windows
- Linux
- Mac
- Android (J2xx / D2xx only)

See the following website link for the full driver support list including OS versions and legacy OS.

<https://ftdichip.com/drivers/>

**Virtual COM Port (VCP)** drivers cause the USB device to appear as an additional COM port available to the PC. Application software can access the USB device in the same way as it would access a standard COM port.

**D2XX Direct Drivers** allow direct access to the USB device through a DLL. Application software can access the USB device through a series of DLL function calls. The functions available are listed in the [D2XX Programmer's Guide](#) document which is available from the [Documents](#) section of our website.

Please also refer to the [Installation Guides](#) webpage for details on how to install the drivers.



### 3.2 Features

- USB-RS232 converter cable provides a USB to RS232 serial interface with customised end connectors.
- Entire USB protocol handled by the electronics in the cable USB.
- EIA/TIA-232 and V.28/V.24 communication interface with low power requirements.
- UART interface support for 7 or 8 data bits, 1 or 2 stop bits and odd / even / mark / space / no parity.
- Internal EEPROM with user writeable area.
- FTDI's royalty-free VCP allow for communication as a standard emulated COM port and D2XX 'direct' drivers provide DLL application programming interface.
- Visual indication of Tx and Rx traffic via LEDs in the transparent USB connector.
- Fully assisted hardware (RTS#/CTS#) or X-On / X-Off software handshaking.
- Data transfer rates from 300 baud to 1 Mbaud.
- Support for FT232RQ FTDIChip-ID™ feature for improved security.
- Low USB bandwidth consumption.
- UHCI / OHCI / EHCI host controller compatible.
- USB 2.0 Full Speed compatible.
- -40°C to +85°C operating temperature range.
- Cable length is 1.80m or 5.0m.
- ESD Protection for RS-232/O's:  
 ±15kV Human Body Model (HBM)  
 ±15kV EN61000-4-2 Air Gap Discharge  
 ±8kV EN61000-4-2 Contact Discharge
- FCC, UKCA and CE compliant.
- Custom versions available on request (subject to MOQ).



## 4 Features of FT232RQ applicable to USB-RS232 Cables

The USB-RS232 cables use FTDI's FT232RQ USB to serial UART IC device. This section summarises the key features of the FT232RQ which apply to the USB-RS232 USB to serial RS232 converter cables. For further details, and a full features and enhancements description consult the [FT232R datasheet](#). This is available from <https://ftdichip.com/>.

**Internal EEPROM.** The internal EEPROM in each cable is used to store USB Vendor ID (VID), Product ID (PID), device serial number, product description string and various other USB configuration descriptors. Each cable is supplied with the internal EEPROM pre-programmed as described in **Appendix A - Cable EEPROM Configuration**. The internal EEPROM descriptors can be programmed in circuit, over USB without any additional voltage requirement. It can be programmed using the FTDI utility software called MPROG, which can be downloaded from FTDI Utilities on the FTDI website (<https://ftdichip.com/>). Additionally, there is a user area of the internal EEPROM available to system designers to allow storing of data (note that this is not modified by **FT\_PROG**).

**Lower Operating and Suspend Current.** The FT232RQ has a low 15mA operating supply current and a very low USB suspend current of approximately 70µA. (Note that during suspend mode, the current drawn by any customised cable application which uses the USB supply, should not exceed 2.5mA to remain USB compliant).

**Low USB Bandwidth Consumption.** The USB interface of the FT232RQ, and therefore the USB-RS232 cables has been designed to use as little as possible of the total USB bandwidth available from the USB host controller.

**UART Pin Signal Inversion.** The sense of each of the UART signals can be individually inverted by configuring options in the internal EEPROM. For example, CTS# (active low) can be changed to CTS (active high), or TXD can be changed to TXD#.

**FTDChip-ID™.** The FT232RQ includes the new FTDChip-ID™ security dongle feature. This FTDChip-ID™ feature allows a unique number to be burnt into each cable during manufacture. This number cannot be reprogrammed. This number is only readable over USB can be used to form the basis of a security dongle which can be used to protect any customer application software being copied. This allows the possibility of using the USB-RS232 cables as a dongle for software licensing. Further to this, a renewable license scheme can be implemented based on the FTDChip-ID™ number when encrypted with other information. This encrypted number can be stored in the user area of the FT232RQ internal EEPROM, and can be decrypted, then compared with the protected FTDChip-ID™ to verify that a license is valid. Web based applications can be used to maintain product licensing this way. An application note, [AN232R-02](#), available from FTDI website (<https://ftdichip.com/>) describes this feature.

**Improved EMI Performance.** The USB-RS232 cables are FCC, UKCA and CE certified.

**Extended Operating Temperature Range.** The USB-RS232 cables are capable of operating over an extended temperature range of -40° to +85° C thus allowing them to be used in automotive or industrial applications.





## 5 USB-RS232-WE-LLLL-CU-PWR

The USB-RS232-WE cable is un-terminated; it has bare and tinned wires.

The LLLL specifies the length of the cable in cm. The CU specifies the colour of the cable and the colour of the USB connector. The cable can be either Black or transparent. The USB connector can either be black or transparent. For simplicity, the LLLL and CU have been dropped from the following descriptions.

### 5.1 USB-RS232-WE-PWR Connections and Mechanical Details

The following Figure 5.1 shows the cable signals and the wire colours for the signals on the USB-RS232-WE cable.

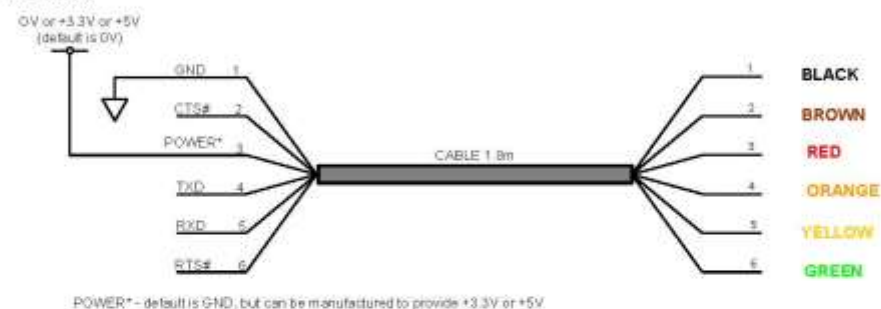


Figure 5.1 USB-RS232-WE Connections

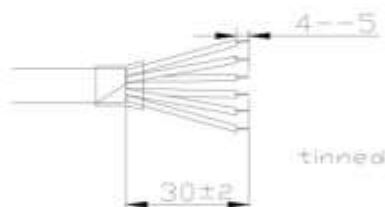


Figure 5.2 USB-RS232-WE Mechanical Details (dimensions in mm)



Figure 5.3 USB-RS232-WE-1800-BT Mechanical Details (dimensions in mm)



## 5.2 USB-RS232-WE Cable Signal Descriptions

Colour	Name	Type	Description
Black	GND	GND	Device ground supply pin.
Brown	CTS#	Input	Clear to Send Control input / Handshake signal.
Red	POWER	Output	Power output. Default is GND but can be customised to output +3.3V or +5V. If required, contact FTDI Sales Team (sales1@ftdichip.com)
Orange	TXD	Output	Transmit Asynchronous Data output.
Yellow	RXD	Input	Receive Asynchronous Data input.
Green	RTS#	Output	Request To Send Control Output / Handshake signal.

**Table 5.1 USB-RS232-WE Cable Signal Descriptions**

## 5.3 USB-RS232-WE Electrical Parameters

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
VCC_5V	Output Power Voltage*	4.25	5.0*	5.25	V	*Default is GND. This figure only applies when cable has been customised to output +5V. The range is dependent on the USB port that the USB-RS232-WE is connected to.
VCC_3.3V	Output Power Voltage**	3.2	3.3**	3.4	V	**Default is GND. This figure only applies when cable has been customised to output +3.3V.
I <sub>o</sub>	Output Power Current***	-		75	mA	***Only applies when POWER output is customised to +5V or +3.3V. Must be less than 2.5mA during suspend.
T	Operating Temperature Range	-40		+85	°C	

**Table 5.2 USB-RS232-WE I/O Operating Parameters**

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
V <sub>trans</sub>	Transmitter output voltage swing	+/- 5	+/- 6.5	+/- 15	V	
V <sub>rec</sub>	Receiver input voltage range	-25		+25	V	

**Table 5.3 USB-RS232-WE I/O Pin Characteristics**

Description	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
ESD HBM	RS-232 Inputs and Outputs		±15 kV	
EN61000-4-2ContactDischarge	RS-232 Inputs and Outputs		±8 kV	
EN61000-4-2AirGapDischarge	RS-232 Inputs and Outputs		±15 kV	

**Table 5.4 USB-RS232-WE ESD Tolerance**





## USB TO RS232 SERIAL CONVERTER RANGE OF CABLES Datasheet Version 1.4

Document No.: FT\_000077 - Clearance No.: FTDI# 51

### 7 Contact Information

#### Head Office – Glasgow, UK

Future Technology Devices International Limited  
Unit 1, 2 Seaward Place, Centurion Business Park  
Glasgow G41 1HH  
United Kingdom  
Tel: +44 (0) 141 429 2777  
Fax: +44 (0) 141 429 2758

E-mail (Sales) [sales1@ftdichip.com](mailto:sales1@ftdichip.com)  
E-mail (Support) [support1@ftdichip.com](mailto:support1@ftdichip.com)  
E-mail (General Enquiries) [admin1@ftdichip.com](mailto:admin1@ftdichip.com)

#### Branch Office – Tigard, Oregon, USA

Future Technology Devices International Limited (USA)  
7130 SW Fir Loop  
Tigard, OR 97223  
USA  
Tel: +1 (503) 547 0988  
Fax: +1 (503) 547 0987

E-Mail (Sales) [us\\_sales@ftdichip.com](mailto:us_sales@ftdichip.com)  
E-Mail (Support) [us\\_support@ftdichip.com](mailto:us_support@ftdichip.com)  
E-Mail (General Enquiries) [us\\_admin@ftdichip.com](mailto:us_admin@ftdichip.com)

#### Branch Office – Taipei, Taiwan

Future Technology Devices International Limited (Taiwan)  
2F, No. 516, Sec. 1, NeiHu Road  
Taipei 114  
Taiwan, R.O.C.  
Tel: +886 (0) 2 8797 1330  
Fax: +886 (0) 2 8751 9737

E-mail (Sales) [tw\\_sales1@ftdichip.com](mailto:tw_sales1@ftdichip.com)  
E-mail (Support) [tw\\_support1@ftdichip.com](mailto:tw_support1@ftdichip.com)  
E-mail (General Enquiries) [tw\\_admin1@ftdichip.com](mailto:tw_admin1@ftdichip.com)

#### Branch Office – Shanghai, China

Future Technology Devices International Limited (China)  
Room 1103, No.666 West Huaihai Road,  
Shanghai, 200052  
China  
Tel: +86 21 62351596  
Fax: +86 21 62351595

E-mail (Sales) [cn\\_sales@ftdichip.com](mailto:cn_sales@ftdichip.com)  
E-mail (Support) [cn\\_support@ftdichip.com](mailto:cn_support@ftdichip.com)  
E-mail (General Enquiries) [cn\\_admin@ftdichip.com](mailto:cn_admin@ftdichip.com)

#### Web Site

<http://ftdichip.com>

#### Distributor and Sales Representatives

Please visit the Sales Network page of the FTDI Web site for the contact details of our distributor(s) and sales representative(s) in your country.

System and equipment manufacturers and designers are responsible to ensure that their systems, and any Future Technology Devices International Ltd (FTDI) devices incorporated in their systems, meet all applicable safety, regulatory and system-level performance requirements. All application-related information in this document (including application descriptions, suggested FTDI devices and other materials) is provided for reference only. While FTDI has taken care to assure it is accurate, this information is subject to customer confirmation, and FTDI disclaims all liability for system designs and for any applications assistance provided by FTDI. Use of FTDI devices in life support and/or safety applications is entirely at the user's risk, and the user agrees to defend, indemnify and hold harmless FTDI from any and all damages, claims, suits or expense resulting from such use. This document is subject to change without notice. No freedom to use patents or other intellectual property rights is implied by the publication of this document. Neither the whole nor any part of the information contained in, or the product described in this document, may be adapted or reproduced in any material or electronic form without the prior written consent of the copyright holder. Future Technology Devices International Ltd, Unit 1, 2 Seaward Place, Centurion Business Park, Glasgow G41 1HH, United Kingdom. Scotland Registered Company Number: SC136640



## Appendix A - Cable EEPROM Configuration

Each USB-RS232 cable is controlled by the FTDI FT232RQ IC. This FT232RQ device contains an EEPROM which contains the USB configuration descriptors for that device. When the cable is plugged into a PC or a USB reset is performed, the PC will read these descriptors. The default values stored into the internal EEPROM are defined in the table below.

Parameter	Value	Notes
USB Vendor ID (VID)	0403h	FTDI default VID (hex)
USB Product ID (PID)	6001h	FTDI default PID (hex)
Serial Number Enabled?	Yes	
Serial Number	See Note	A unique serial number is generated and programmed into the EEPROM during device final test.
Pull down I/O Pins in USB Suspend	Disabled	Enabling this option will make the device pull down on the UART interface lines when the power is shut off (PWREN# is high).
Manufacturer Name	FTDI	
Product Description	See note	USB-RS232-WE
Max Bus Power Current	90mA	
Power Source	Bus Powered	
Device Type	FT232R	
USB Version	0200	Returns USB 2.0 device description to the host. Note: The device is a USB 2.0 Full Speed device (12Mb/s) as opposed to a USB 2.0 High Speed device (480Mb/s).
Remote Wake Up	Disabled	
High Current I/Os	Enabled	Enables the high drive level on the UART and CBUS I/O pins.
Load VCP Driver	Enabled	Makes the device load the VCP driver interface for the device.
Invert TXD	Disabled	Signal on this pin becomes TXD# if enable.
Invert RXD	Disabled	Signal on this pin becomes RXD# if enable.
Invert RTS#	Disabled	Signal on this pin becomes RTS if enable.
Invert CTS#	Disabled	Signal on this pin becomes CTS if enable.

**Table 0.1 Default Internal EEPROM Configuration**

The internal EEPROM in the cable can be re-programmed over USB using the utility program [FT\\_PROG](#). FT\_PROG can be downloaded from the <https://ftdichip.com/>. Version 2.8a or later is required for the FT232RQ chip. Users who do not have their own USB Vendor ID but who would like to use a unique Product ID in their design can apply to FTDI for a free block of unique PIDs. Contact FTDI support for this service.



## Appendix B - List of Figures and Tables

### List of Figures

Figure 1.1 Using the USB-RS232 Cable .....	2
Figure 5.1 USB-RS232-WE Connections .....	8
Figure 5.2 USB-RS232-WE Mechanical Details (dimensions in mm) .....	8
Figure 5.3 USB-RS232-WE-1800-BT Mechanical Details (dimensions in mm) .....	8
Figure 6.1 Circuit Schematic of PCB Used in the USB to RS232 Serial Converter Cable .....	10

### List of Tables

Table 2.1 USB-RS232 Cables Descriptions and Part Numbers .....	3
Table 5.1 USB-RS232-WE Cable Signal Descriptions .....	9
Table 5.2 USB-RS232-WE I/O Operating Parameters .....	9
Table 5.3 USB-RS232-WE I/O Pin Characteristics .....	9
Table 5.4 USB-RS232-WE ESD Tolerance .....	9
Table 0.1 Default Internal EEPROM Configuration .....	12





## Appendix C - Revision History

Document Title: USB to RS232 Serial Converter Range of Cables Datasheet  
 Document Reference No.: FT\_000077  
 Clearance No.: FTDI# 51  
 Product Page: [Cables](#)  
 Document Feedback: [Send Feedback](#)

Revision	Changes	Date
Version Draft	First Draft.	Aug 2008
Version 1.0	First Release.	12-09-2008
Version 1.1	Update to Taiwan address.	01-10-2008
Version 1.2	Update to UK and TW address. Changed front sheet picture. Added additional part numbers.	11-02-2009
Version 1.3	Changed TT to BT (Transparent to Black cable).	18-12-2009
Version 1.4	Added UKCA and updated part number to FT232RQ. Added all part numbers and length tolerance note. Added Figure 5.3. Updated driver support and links.	19-07-2023

## ภาคผนวก ข

### ประวัติย่อผู้วิจัย



ชื่อ-นามสกุล

นายปณณธร สอนอินทร์

วัน/เดือน/ปีเกิด

8 พฤษภาคม พ.ศ.2545

ที่อยู่ปัจจุบัน

47 ซอยเฉลิมพระเกียรติ 14 แยก 18 ถนนเฉลิมพระเกียรติ ร.9  
เขตประเวศ แขวงหนองบอน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10250

E-mail

[pannathorn.son@gmail.com](mailto:pannathorn.son@gmail.com)

โทรศัพท์

0928599880

ประวัติการศึกษา

โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว

(ปีการศึกษา 2557-2562)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ประยุกต์

(ปีการศึกษา 2563-ปัจจุบัน)



# อักขราวิสุทธิ์

## Plagiarism Checking Report

Created on 2023-10-27 10:26:05 at 10:24 AM

### Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
3429253	Oct 27, 2023 at 10:20 AM	63050569@kmitl.ac.th	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	แผนสภกิจ V.0.doc	Completed	1.01%

### Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE
1	การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ระบบคลาวด์สำหรับระบบ LabVIEW DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A LOW COST DATA ACQUISITION SYSTEM WITH LABVIEW	รณพณณาล, อธิศักดิ์	วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)
2	<a href="https://agkb.lib.ku.ac.th/sugardb/search_detail/download_digital_file/157787/46383">https://agkb.lib.ku.ac.th/sugardb/search_detail/download_digital_file/157787/46383</a>	agkb.lib.ku.ac.th	agkb.lib.ku.ac.th_nutch
3	ใบโทรศัพท์มือถือ	วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี	Wikipedia
4	การพัฒนาเว็บไซต์ระบบการค้นหาเอกสารงานวิจัยสำหรับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย, A development of web-based research document searching system for graduate studies. EAU	พิชญ์ สีดาคำ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
5	ชุดความรู้การเคลื่อนที่ของเซลล์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เดี่ยว	รุ่งเรือง สุรรณโร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี