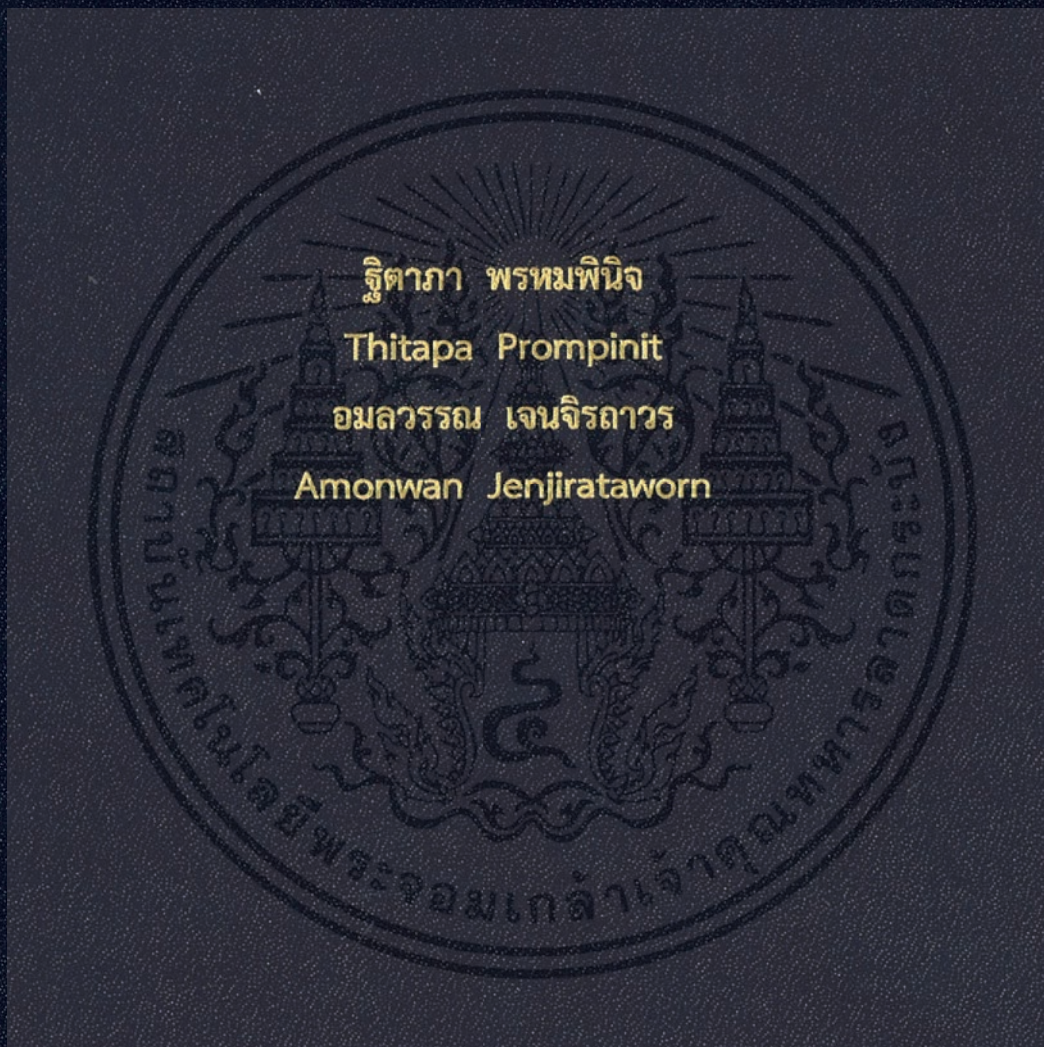


การส่งข้อมูลสุขภาพโดยใช้เอ็นบีไอโอที  
HEALTHCARE DATA TRANSMISSION BY USING NB-IOT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561

การส่งข้อมูลสุขภาพโดยใช้เอ็นบีไอโอที  
HEALTHCARE DATA TRANSMISSION BY USING NB-IOT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลสุขภาพโดยใช้เอ็นบีไอโอที  
HEALTHCARE DATA TRANSMISSION BY USING NB-IOT

โดย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์      ปีการศึกษา 2561  
สาขาวิชา            วิศวกรรมชีวการแพทย์  
คณะ                    วิศวกรรมศาสตร์  
เรื่อง                    สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
                              การส่งข้อมูลสุขภาพโดยใช้เอ็นบีไอโอที  
                              Healthcare Data Transmission by using NB-IoT  
ผู้จัดทำ                นางสาวจิตาภา      พรหมพินิจ      รหัสนักศึกษา 58010323  
                              นางสาวอมลวรรณ      เจนจิรถาวร      รหัสนักศึกษา 58011421



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์	การส่งข้อมูลสุขภาพโดยใช้เอ็นบีไอโอที
นักศึกษา	นางสาวฐิตาภา พรหมพินิจ รหัสนักศึกษา 58010323 นางสาวอมลวรรณ เจนจิรถาวร รหัสนักศึกษา 58011421
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ดร.สรินพร วิสิษฐัถธาพงศ์

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการจัดทำระบบการเก็บข้อมูลสุขภาพทางการแพทย์ โดยใช้ เอ็นบีไอโอที (NB-IoT) มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดขั้นตอนและความซ้ำซ้อน (Redundant) ในการเก็บข้อมูลสุขภาพจากผู้ป่วย และจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระบบเพื่อใช้ในการติดตามการรักษาของผู้ป่วยเรื้อรัง ที่อาศัยอยู่ห่างไกลจากสัญญาณอินเทอร์เน็ต โดยใช้ Narrow Band Internet of Thing (NB-IoT) เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลสู่ฐานข้อมูล (Database) ทำให้เป็นสารสนเทศทางสุขภาพที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการการรักษาได้อย่างสะดวกรวดเร็วและเพื่อการพัฒนาคุณภาพการบริการของเจ้าหน้าที่กระบวนการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูลทางการแพทย์ เริ่มจากติดตั้งและเชื่อมต่อโมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module) ในเครื่องมือวัดสุขภาพ (Medical Instrument) และอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (Data Transmission device) เพื่อให้มีการสื่อสารข้อมูลระหว่างกันได้ จากนั้น เชื่อมต่อ เอ็นบีไอโอที เข้ากับฐานข้อมูล บนเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้ฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม Node-red ในส่วนของฐานข้อมูล โครงการนี้เป็นการจำลองออกแบบฐานข้อมูลสำหรับผู้ป่วยหนึ่งคน และเพื่อให้สามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลไปแสดงผลเป็นกราฟ เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลบนแดชบอร์ด (Dashboard)

เมื่อทำการทดลองวัดข้อมูลสุขภาพจากผู้ทดลองแล้ว พบว่า เอ็นบีไอโอที สามารถส่งข้อมูลไปจัดเก็บในฐานข้อมูลได้อย่างทันที พร้อมทั้งมีการแสดงข้อมูลล่าสุดและแนวโน้มของกราฟบนแดชบอร์ดได้แบบตามเวลาจริง (real time) การจัดทำโครงการระบบจัดเก็บข้อมูลสุขภาพทางการแพทย์ จึงสามารถช่วยลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ในการบันทึกและจัดเก็บข้อมูล อีกทั้งยังสะดวกต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์การรักษาของผู้ป่วยต่อไปได้

Project Title	Healthcare Data Transmission by using NB-IoT
Student	Miss Thitapa Prompinit Student ID 58010323 Miss Amonwan Jenjirataworn Student ID 58011421
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Dr. Sarinporn Visitsattapongse

## ABSTRACT

This research is to create a medical healthcare data transmission by using NB-IoT. The objective is to reduce step of working and redundant of collecting healthcare data from patients. And to collect data as a system for tracking the treatment of chronic patients who live in outskirts. Narrow Band Internet of Thing (NB-IoT) is used as an intermediary to send data to the database, for making healthcare information that can be used easily in the process of patient treatment and for development of service quality of staff.

Processing of healthcare data transmission begin with set up and connect Bluetooth into healthcare instrument and into data transmission device or NB-IoT board for allowing data communicate between them. Then connect NB-IoT to database on server by using functional of Node-Red programming. In this project, the database is designed and tested with one person for bringing data to show in potable graph and to follow data trending on application.

The result of the experiment, see that, NB-IoT can sent the data immediately to database, including with display the lasted data and trending on dashboard in real-time. So, the advantage of this project is to reduce step of work in data storage system, easy to access the database and easy to use the data for analyzing.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายทั้งในทางตรงและทางอ้อม ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากปราศจากความช่วยเหลือของบุคคลเหล่านี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา คือ ดร.สรินพร วิสิฐสัทธาพงศ์ และ รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ เป็นผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือตลอดการทำปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้ ซึ่งทำให้การทำงานต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างราบรื่นและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากรต่าง ๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่ได้ให้คำแนะนำและสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ รวมถึงห้องปฏิบัติการ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยและพัฒนาโครงการงาน

ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนหลายๆ คนในภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและแบ่งปันความรู้ในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ที่ได้ให้โอกาสศึกษาหาความรู้ในการจัดทำปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ได้อย่างประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้เลี้ยงดู สั่งสอน และให้การสนับสนุนพร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาและให้กำลังใจเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

ฐิติภา พรหมพินิจ

อมลวรรณ เจนจิรถาวร

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ .....	I
ABSTRACT .....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูปภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight scale).....	4
2.1.1 ส่วนประกอบของจอแสดงผลน้ำหนัก (Weight indicator).....	5
2.1.2 โหลดเซลล์ (Load cell).....	6
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....	7
2.2.1 อาร์ดูโน้ (Arduino).....	8
2.3 บลูทูธ (Bluetooth).....	11
2.3.1 การทำงานของบลูทูธ .....	11
2.3.2 โมดูลบลูทูธ HC-05 (HC-05 Bluetooth Module).....	12
2.4 โมดูลเซนเซอร์ขยายสัญญาณน้ำหนัก HX 711 (HX 711 Weight sensor Amplifier Module).....	14
2.5 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT).....	14
2.5.1 ชั้นกายภาพและเครือข่าย (Physical and Network Access Layer).....	15
2.5.2 ชั้นอินเทอร์เน็ต (Internet Layer).....	18
2.5.3 ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer).....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

2.6 ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) .....	22
2.6.1 ความหมายของระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล .....	23
2.6.2 สถาปัตยกรรมฐานข้อมูล (Database Architecture) .....	23
2.6.3 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทำงานกับฐานข้อมูล (Database Language) .....	25
2.6.4 ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System; DBMS) .....	27
2.6.5 แบบจำลองระบบฐานข้อมูล (Database Models) .....	29
2.6.6 ข้อดีของระบบจัดการฐานข้อมูล .....	30
2.6.7 ข้อเสียของระบบฐานข้อมูล .....	33
• 2.7 แหล่งเก็บข้อมูลบนก้อนเมฆ หรือ ระบบคลาวด์ (Cloud Storage) .....	34
2.7.1 ประเภทของระบบคลาวด์ .....	34
2.7.2 ข้อพิจารณาการเลือกสรรบริการ .....	35
2.7.3 ประโยชน์ของการใช้งานระบบคลาวด์ .....	36
2.7.4 ข้อเสียของการใช้งานระบบคลาวด์ .....	36
2.8 Amazon EC2 .....	36
2.9 Node-red .....	37
2.9.1 ประวัติความเป็นมาของ Node-red .....	38
2.10 phpMyAdmin .....	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน .....	40
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ .....	40
3.2 ทดลองการสื่อสารระหว่างอาร์ดูโน้ (Arduino) ผ่าน โมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module).....	40
3.2.1 การตั้งค่าโมดูลบลูทูธ HC-05 .....	40
3.2.2 การทดลองเปิด-ปิดไฟบนอาร์ดูโน้ .....	41
3.3 การรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องขังน้ำหนักร .....	42
3.3.1 การสอบเทียบเครื่องขังน้ำหนักร .....	42
3.3.2 การรับข้อมูลจากเครื่องขังน้ำหนักรโดยการสื่อสารผ่านโมดูลบลูทูธ HC-05 .....	43
3.3.3 การส่งข้อมูลจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล.....	45
3.4 การออกแบบและจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล .....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

3.4.1 การสร้างเซิร์ฟเวอร์ส่วนตัว.....	45
3.4.2 การออกแบบ flow บน Node-red.....	51
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	55
4.1 การแสดงผลในส่วนเครื่องซิงก์หน้า.....	55
4.2 การจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล.....	58
4.3 การแสดงผลหน้าแดชบอร์ด (Dashboard).....	58
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล.....	59
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	59
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข.....	59
5.2.1 การระบุตัวตนในฐานข้อมูล.....	59
5.2.2 ความไม่แน่นอนในการส่งข้อมูล.....	59
บรรณานุกรม.....	61
ภาคผนวก.....	63





## สารบัญรูปรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 เครื่องซั่งน้ำหนักรีดิจิทัล.....	4
รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของเครื่องซั่งน้ำหนักรีดิจิทัล.....	5
รูปที่ 2.3 โหลดเซลล์เมื่อไม่มีแรงมากระทำ และมีแรงมากระทำ.....	6
รูปที่ 2.4 การต่อสเตรนเกจแบบวงจรวีทสโตนบริจ.....	6
รูปที่ 2.5 แผนผังแสดงการนำสัญญาณเอาต์พุต ไปแสดงผล.....	7
รูปที่ 2.6 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	8
รูปที่ 2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโนโอโน่ อาร์สาม.....	9
รูปที่ 2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโนโน่.....	11
รูปที่ 2.9 โมดูลบลูทูธ HC-05.....	12
รูปที่ 2.10 การต่อโมดูล HX711 กับ อาร์ดูโน่.....	14
รูปที่ 2.11 ลักษณะของระบบไอโอที.....	15
รูปที่ 2.12 อุปกรณ์เอ็นบีไอโอที (NB-IoT Shield).....	16
รูปที่ 2.13 คุณสมบัติของอุปกรณ์เอ็นบีไอโอที.....	18
รูปที่ 2.14 สถาปัตยกรรมแบบซีไอเอพี.....	22
รูปที่ 2.15 สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลสามระดับตามมาตรฐาน ANSI.....	25
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมประยุกต์กับระบบจัดการฐานข้อมูล.....	27
รูปที่ 2.17 โครงสร้างระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) และระบบปฏิบัติการ (OS).....	29
รูปที่ 2.18 แสดงความเป็นอิสระของข้อมูล.....	31
รูปที่ 2.19 แสดงการใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลร่วมกัน.....	32
รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์ของ Node-red.....	37
รูปที่ 2.21 สัญลักษณ์ของ phpMyAdmin.....	38
รูปที่ 3.1 การต่อวงจรสายระหว่างอาร์ดูโน่กับโมดูลบลูทูธ HC-05.....	40
รูปที่ 3.2 โค้ดอาร์ดูโน่ของโหมดมาสเตอร์.....	41
รูปที่ 3.3 โค้ดอาร์ดูโน่ของโหมดสลาฟ.....	42
รูปที่ 3.4 การต่อโหลดเซลล์ทั้ง 4 ตัวในเครื่องซั่งน้ำหนักรีดิจิทัลกับโมดูล HX711 และอาร์ดูโน่.....	42
รูปที่ 3.5 โค้ดอาร์ดูโน่ในการสอบเทียบเครื่องซั่งน้ำหนักรีดิจิทัล.....	43
รูปที่ 3.6 วงจรทั้งหมดภายในเครื่องซั่งน้ำหนักรีดิจิทัล โดยมีการเชื่อมต่อโหลดเซลล์ทั้ง 4 ตัวเข้ากับโมดูล HX711, อาร์ดูโน่ และบลูทูธ.....	43
รูปที่ 3.7 โค้ดอาร์ดูโน่ที่เครื่องซั่งน้ำหนักรีดิจิทัล เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูล.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่ออาร์ดูโนเข้ากับบลูทูธและจอแอลซีดี.....	44
รูปที่ 3.9 โค้ดอาร์ดูโนที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูล เพื่อทำการรับข้อมูลจากเครื่องชั่งน้ำหนักและแสดงผลบนจอแอลซีดี .....	45
รูปที่ 3.10 โค้ดอาร์ดูโนที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูล เพื่อทำการประกาศตัวแปร server ip และ port ที่รองรับ.....	45
รูปที่ 3.11 โค้ดอาร์ดูโนที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูล เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Node-red .....	45
รูปที่ 3.12 การเปิดใช้งาน Amazon EC2 Instance .....	46
รูปที่ 3.13 การเลือก Amazon Machine Image (AMI).....	46
รูปที่ 3.14 การเลือกประเภทอินสแตนซ์ .....	47
รูปที่ 3.15 ตรวจสอบการตั้งค่าอินสแตนซ์.....	47
รูปที่ 3.16 การสร้างคีย์.....	48
รูปที่ 3.17 ตรวจสอบสถานะอินสแตนซ์ที่เริ่มใช้งาน.....	48
รูปที่ 3.18 สถานะการทำงานของอินสแตนซ์ .....	49
รูปที่ 3.19 ป้อนคำสั่งจำกัดสิทธิ์ให้คีย์ SSH ส่วนตัว.....	49
รูปที่ 3.20 ใช้ SSH เพื่อเชื่อมต่อไปยังอินสแตนซ์.....	50
รูปที่ 3.21 ข้อความตอบกลับพร้อมใช้งานอินสแตนซ์.....	50
รูปที่ 3.22 การสร้างฐานข้อมูล.....	50
รูปที่ 3.23 การสร้างตารางข้อมูล .....	50
รูปที่ 3.24 ข้อมูลในตารางเมื่อสร้างเสร็จ.....	51
รูปที่ 3.25 ออกแบบการทำงานบน Node-red.....	51
รูปที่ 3.26 การตั้งค่าโหนดโพโรโทคอลยูดีพี.....	52
รูปที่ 3.27 การสร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด send val to db.....	52
รูปที่ 3.28 การตั้งค่าโหนด MySQL .....	52
รูปที่ 3.29 การสร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด select data .....	52
รูปที่ 3.30 การสร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด send to chart.....	53
รูปที่ 3.31 การตั้งค่าโหนด chart.....	53
รูปที่ 3.32 การตั้งค่าโหนด gauge.....	53
รูปที่ 3.33 การตั้งค่าโหนด template .....	54
รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูลและแสดงบนแดชบอร์ด (Dashboard) .....	55
รูปที่ 4.2 จอแอลซีดีแสดง Healthcare Data Project.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.3 จอแอลซีดีแสดง Weight scale เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการชั่งน้ำหนัก.....	56
รูปที่ 4.4 ทดลองชั่งน้ำหนัก.....	56
รูปที่ 4.5 จอแอลซีดีแสดงคำว่า wait... เพื่อรอการประมวลผล.....	56
รูปที่ 4.6 จอแอลซีดีแสดงค่าน้ำหนัก.....	57
รูปที่ 4.7 เครื่องชั่งน้ำหนักและกล่องอุปกรณ์รับส่งข้อมูล.....	57
รูปที่ 4.8 ภายในกล่องอุปกรณ์รับส่งข้อมูล.....	57
รูปที่ 4.9 ฐานข้อมูล phpMyAdmin.....	58
รูปที่ 4.10 หน้าแดชบอร์ด (Dashboard).....	58



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการลงพื้นที่ดูความเรียบร้อยของหน่วยงานต่าง ๆ มีมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการออกหน่วยดูแลความเรียบร้อยภายในหมู่บ้าน หรือตรวจสุขภาพของผู้คนในชุมชน รวมถึงการออกหน่วยของเจ้าหน้าที่เพื่อเฝ้าติดตามรักษาผู้ป่วยเรื้อรังในพื้นที่ห่างไกลสัญญาณอินเทอร์เน็ต จากการสำรวจพบว่า เจ้าหน้าที่อาสาสมัครมักต้องเผชิญกับปัญหาในการจัดเก็บข้อมูลที่เกิดจากการให้บริการตรวจสุขภาพของป่วยในชุมชน โดยส่วนใหญ่การตรวจสุขภาพของผู้ป่วยได้มีการจดบันทึกข้อมูลผู้ป่วยลงในกระดาษ จากนั้นจึงนำข้อมูลบันทึกลงบนคอมพิวเตอร์ จึงมองเห็นว่า การเก็บข้อมูลสุขภาพแบบเดิมทำให้เกิดความซ้ำซ้อนในการทำงาน ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูล หรือมีการบิดเบือนของข้อมูล และปัญหาที่เห็นได้ชัดที่สุดคือการค้นหาข้อมูลของผู้ป่วย และการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ยังไม่ได้รับความสะดวกที่เพียงพอ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเจ้าหน้าที่ระดับสูงต่อไป เมื่อข้อมูลขึ้นพื้นฐานผิดพลาด และเมื่อข้อมูลผู้ป่วยมีความบิดเบือนอาจจะส่งผลต่อตัวผู้ป่วยเอง เช่น เกสซ์มีการจ่ายยาผิด จ่ายยาไม่ตรงกับโรค

จากปัญหาที่กล่าวมา ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการสร้างระบบจัดเก็บข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วยเรื้อรัง ให้เชื่อมต่อกับเครื่องมือตรวจสุขภาพ โดยมีการส่งข้อมูลผ่านตัวกลางคือ เอ็นบีไอโอที ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานภายใต้สัญญาณโทรศัพท์ โดยเมื่อมีการตรวจวัดสุขภาพของผู้ป่วยในพื้นที่ไร้สัญญาณอินเทอร์เน็ตแล้ว ให้มีการส่งข้อมูลไปจัดเก็บในระบบได้ทันที เพื่อช่วยลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่และเพื่อความถูกต้อง รวดเร็ว และความเป็นระเบียบของข้อมูล

### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สร้างระบบจัดเก็บข้อมูลสุขภาพเพื่อติดตามรักษาผู้ป่วยเรื้อรัง

1.2.2 เพื่อลดขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูล ที่มีความเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูลขณะเคลื่อนย้าย

1.2.3 เพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการเข้าถึงและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ระบบจัดเก็บข้อมูลทางการแพทย์ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ตามเวลาจริง (real time) โดยออกแบบให้มีการรับข้อมูลจากเครื่องมือวัดผ่านบลูทูธ (Bluetooth) และนำข้อมูลที่ได้จัดเก็บลงฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ (Server) โดยมีเอ็นบีไอโอที (NB-IoT) เป็นตัวกลาง และนำข้อมูลไปแสดงผลผ่านแดชบอร์ด (Dashboard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์และการเขียนโปรแกรมในระบบการจัดเก็บข้อมูลทางการแพทย์

1.4.2 ลดขั้นตอนและประหยัดเวลาในการจัดเก็บข้อมูลทางการแพทย์ และเพิ่มความสะดวกในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์

1.4.3 ระบบการจัดเก็บข้อมูลทางการแพทย์สามารถใช้งานได้จริงในการออกหน่วยตรวจสุขภาพของ เจ้าหน้าที่อาสาสมัคร

## 1.5 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานเริ่มต้นจากช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2562 โดยแผนการดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ภาคการศึกษา ดังตารางที่ 1.1 และ 1.2

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 1

แผนการดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาข้อมูลการจัดทำโครงการและออกแบบแผนผังการทำงาน รวมทั้งจัดเตรียมและสั่งซื้ออุปกรณ์																
ศึกษาการทำงาน และการรับข้อมูลของเครื่องชั่งน้ำหนัก และเครื่องวัดความดัน																
ศึกษาการทำงาน และการนำไปใช้ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ																
ศึกษาการจัดเก็บ และบันทึกข้อมูล ลงบนฐานข้อมูล																
เขียนโปรแกรมการรับส่งข้อมูลจากเครื่องชั่งน้ำหนักไปยังอาร์ดูโน้																
เขียนโปรแกรมการนำข้อมูลจากอาร์ดูโน้ไปแสดงผลบนแดชบอร์ด (Dashboard)																
จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ บทที่ 1-3																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคการศึกษาที่ 2

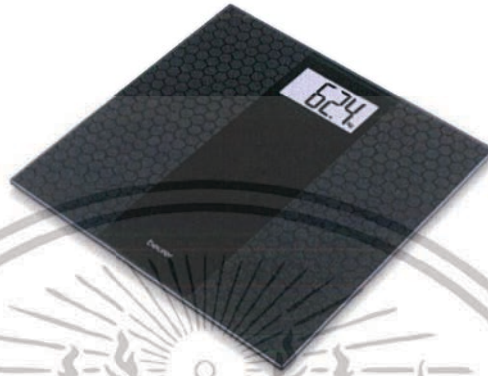
แผนการดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 2															
	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาการจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์	■	■														
ทำการสร้างเซิร์ฟเวอร์ส่วนตัว และฐานข้อมูล			■	■												
ทดลองการจัดเก็บและบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูล					■	■	■									
ทำการสร้างแดชบอร์ด เพื่อแสดงผลข้อมูล								■	■	■						
ทดสอบการทำงานของระบบจัดเก็บข้อมูลทางการแพทย์											■	■				
ปรับปรุงและแก้ไขข้อผิดพลาด											■	■				
จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์								■	■	■	■	■	■	■		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight scale) [1]



รูปที่ 2.1 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

(ที่มา: <http://www.beurershop.com/beurer-gs-230>)

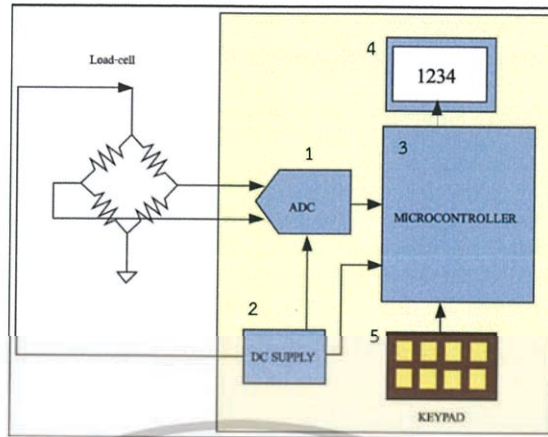
เครื่องชั่งน้ำหนัก แบบไฟฟ้าหรือดิจิทัล (digital scale) ที่นำมาใช้กับงานซึ่งทั่วไปมีค่าน้ำหนักตั้งแต่ 60 กิโลกรัม ถึง 500 กิโลกรัม สามารถใช้เครื่องชั่งแบบแทนชั่งขนาดเล็กได้ ซึ่งแทนชั่งน้ำหนักจะประกอบไปด้วย

1. แทนชั่ง: คือส่วนที่ใช้วางวัตถุหรือสิ่งของเพื่อรับน้ำหนัก อาจจะมีโครงสร้างเป็นเหล็กหรือสแตนเลส

2. จอแสดงน้ำหนัก: ส่วนแสดงค่าน้ำหนัก แบบตัวเลขดิจิทัล (ทำให้อ่านค่าน้ำหนักง่ายขึ้น)

จอแสดงน้ำหนัก (Weigh indicator) หรือมีชื่อเรียกอื่น เช่น หัวเครื่องชั่ง หัวอ่านน้ำหนัก จอเครื่องชั่ง ทางราชการเรียก ส่วนชั่งน้ำหนัก (Load-measuring device) เป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของเครื่องชั่งน้ำหนัก การทำงานของมันคล้ายกันกับมิเตอร์วัดไฟที่ช่างไฟฟ้าใช้โดยทั่วไป จะมีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามา เช่น ส่วนจ่ายกระแสไฟที่ต้องจ่ายไปให้ส่วนรับน้ำหนัก หรือ โหลดเซลล์ (Load-cell) ส่วนประมวลผลที่จะแปลงหน่วยการวัดจากแรงดันไฟฟ้าเป็นค่าน้ำหนัก

### 2.1.1 ส่วนประกอบของจอแสดงผลน้ำหนัก (Weight indicator)

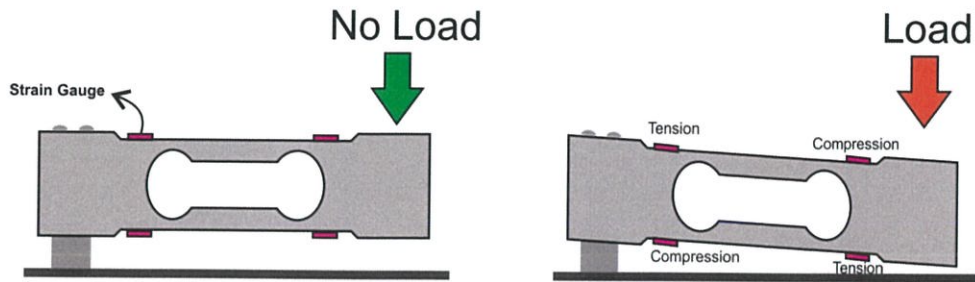


รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

(ที่มา: <https://www.เครื่องชั่งไทย.com/digitalscale/how2use/การทำงานของเครื่องชั่ง/>)

1. ส่วนประกอบแรก คือ ภาคการแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to digital convertor; ADC) ADC เปรียบเสมือน มิเตอร์วัดไฟ เป็นการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งตัวเลขที่ได้จะยังไม่มีหน่วยวัด แต่เรียกว่า จำนวนนับ (Count) จากคุณสมบัติของจอแสดงผลน้ำหนัก พบคำว่า Internal resolution ซึ่งคือจำนวนนับสูงสุดตลอดช่วงการวัดของ ADC เช่น ถ้าใช้ ADC ขนาด 24 บิต Internal resolution จะเป็น 2 ยกกำลัง 24 เท่ากับ 16777216 ADC ขนาด 24 บิต จะไม่ได้เอาทั้ง 24 บิตมาใช้งาน โดยค่าที่ใช้จริงอยู่ที่ 20 บิต ซึ่ง Internal resolution จะเป็น 2 ยกกำลัง 20 เท่ากับ 1048576
2. ส่วนประกอบที่สอง คือ ภาคจ่ายไฟ ซึ่งจะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับส่วนประกอบต่าง ๆ ทั้งหมด และจ่ายไฟให้กับโหนดเซลล์ด้วย
3. ส่วนประกอบที่สาม คือ ส่วนประมวลผล ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล ทำหน้าที่เหมือนกับเครื่องคิดเลข แต่จะทำการคำนวณเองโดยไม่ต้องให้คนคอยกดป้อนตัวเลข โดยจะเอาค่าจำนวนนับที่ได้จาก ADC มาทำการคำนวณค่าน้ำหนักที่กดบนโหนดเซลล์ตลอดเวลา และนำผลที่คำนวณแสดงออกมาที่จอแสดงผล
4. ส่วนประกอบที่สี่ คือ ภาคการแสดงผลตัวเลข (Display) นอกจากนี้ในส่วนประมวลผล จะต้องมีความจำที่สามารถจดจำเลขสองจำนวนที่กล่าวไว้ข้างต้น คือ ซีโร่ (Zero) และ สเปน (Span) ซึ่งหน่วยความจำนี้ต้องสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้แม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟให้ เพราะไม่เช่นนั้นค่า ซีโร่ และ สเปน ที่เก็บไว้จะสูญหายไปเมื่อปิดเครื่องและจะต้องทำการสอบเทียบน้ำหนักมาตรฐานทุกครั้งเมื่อมีการปิดเครื่อง
5. ส่วนประกอบที่ห้า คือ ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งคือปุ่มกดต่าง ๆ ที่อยู่บนแผงหน้าปัดของเครื่อง

### 2.1.2 โหลดเซลล์ (Load cell) [2]

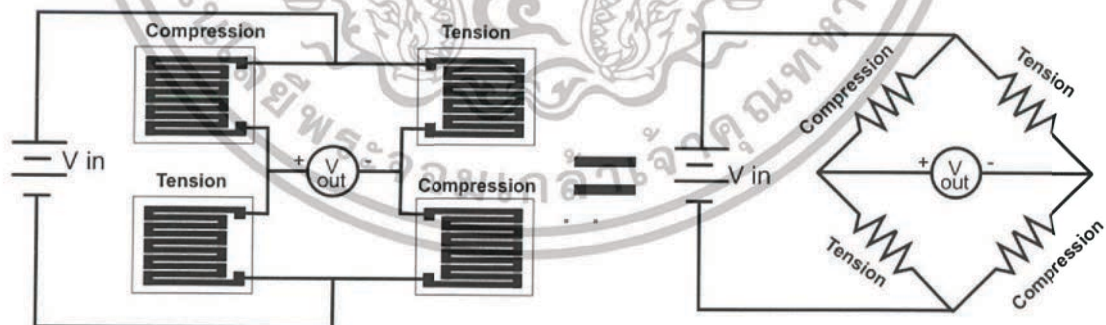


รูปที่ 2.3 โหลดเซลล์เมื่อไม่มีแรงกระทำ และมีแรงกระทำ

(ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>)

โหลดเซลล์ คือ เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดน้ำหนัก ทำหน้าที่เป็นตัวรับแรงกดแล้วส่งสัญญาณแอนะล็อก (Analog) หรือ ดิจิทัล (Digital) ไปยังส่วนประมวลผล การวัดแรงกระทำทางกล หรือ ปริมาณของโหลด (Load) ที่ต้องการทราบค่า จะใช้ สเตรนเกจ (Strain Gauge) มาติดตั้งในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของโหลดเซลล์ เมื่อมีแรงมากระทำกับตัวโหลดเซลล์จะทำให้สเตรนเกจที่ติดอยู่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงยืดหรือหดตัว ทำให้ค่าความต้านทานที่ตัวสเตรนเกจเปลี่ยนไป

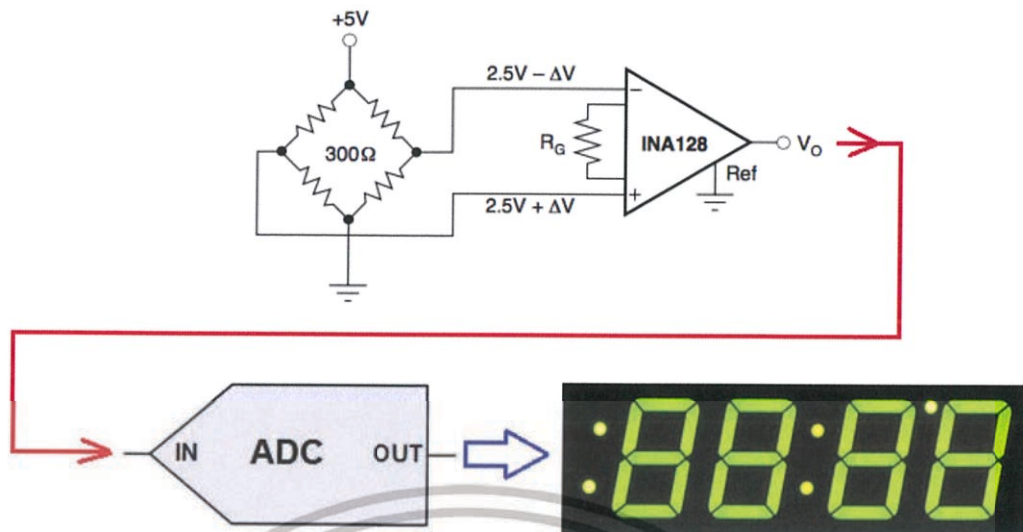
จากรูปที่ 2.3 ในจุดที่สเตรนเกจได้รับแรงกด (Compression) จะทำให้สเตรนเกจหดตัวเข้าหากัน และในจุดที่ได้รับแรงดึง (tension) จะทำให้สเตรนเกจถูกยืดออก จึงทำให้ค่าความต้านทานของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไป สเตรนเกจทั้ง 4 ตัวที่อยู่บนโหลดเซลล์แบบแท่ง จะถูกต่ออยู่ด้วยกันในลักษณะของวงจรวีทสโตนบริจด์ (Wheatstone Bridge) เพื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า (voltage difference) ต่อไป



รูปที่ 2.4 การต่อสเตรนเกจแบบวงจรวีทสโตนบริจ

(ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>)

ค่าแรงดัน (voltage) ที่ออกมาจะถูกขยายสัญญาณโดยตัวขยายสัญญาณ (amplifier) และจะถูกส่งเข้า ADC (Analog to Digital Converter) เพื่อแสดงผลเป็นตัวเลขน้ำหนัก



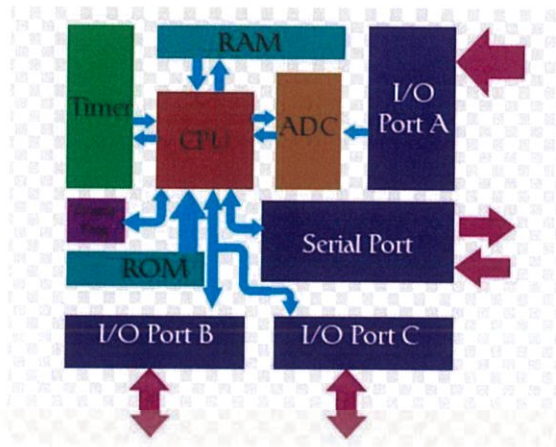
รูปที่ 2.5 แผนผังแสดงการนำสัญญาณเอาต์พุต ไปแสดงผล

(ที่มา: <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>)

## 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [3]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มักย่อว่า  $\mu\text{C}$ ,  $\text{uC}$  หรือ  $\text{MCU}$  คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าแปลความหมายแบบตรงตัวก็คือ ระบบคอนโทรลขนาดเล็กเรียกอีกอย่างหนึ่ง คือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่าง ๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา อินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อีกด้วย ซึ่งนับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้านดิจิทัลและแอนะล็อก ยกตัวอย่าง เช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ, ระบบบัตรคิว, ระบบตอกบัตรพนักงาน และอื่น ๆ ยิ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย (Network) ของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วย ดังนั้นการสั่งงานจึงไม่ใช่แค่หน้าแผงวงจร แต่อาจจะเป็นการสั่งงานอยู่คนละซีกโลกผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตก็ได้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

(ที่มา: [www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html](http://www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html))

### 2.2.1 อาร์ดูโน้ (Arduino)

อาร์ดูโน้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ซึ่งถูกสร้างมาจากคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM ของ ATMEL ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดคือเรื่องของระบบเปิด (Open Source) ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ และความสามารถในการเพิ่มบูทโหลดเดอร์ (Boot Loader) เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การอัปเดตโค้ดเข้าตัวบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้น และยังมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ดของอาร์ดูโน้มีลักษณะเป็นภาษา C++ ที่นักเขียนโปรแกรมมีความคุ้นเคยในการใช้งาน ตัวบอร์ดสามารถนำโมดูลมาต่อเพิ่ม ซึ่งทางอาร์ดูโน้เรียกว่าเป็น ชิลด์ (shield) เพื่อเพิ่มความสามารถมากขึ้น

#### 2.2.1.1 อาร์ดูโน้โอโน่ อาร์สาม (Arduino Uno R3)

คำว่า อูโน่ (Uno) เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ดอาร์ดูโน้รุ่นแรกๆ ที่ผลิตออกมา มีขนาด ประมาณ 68.6x53.4 มิลลิเมตร เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้อาร์ดูโน้และมีชิลด์ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ดอาร์ดูโน้รุ่นอื่น ๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ดอาร์ดูโน้โอโน่ ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซี เป็นแบบ SMD เป็นบอร์ดอาร์ดูโน้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง และส่วนใหญ่โปรเจกต์และไลบรารีต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมาสนับสนุนจะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ MCU เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย อาร์ดูโน้โอโน่ อาร์สาม มี MCU ที่เป็น แพ็กเกจดีไอพี (Package DIP)



หมายเลขต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.2 มีความหมายดังนี้

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่มรีเซ็ตใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ ATmega16U2: เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม VisualComport บน ATmega16U2
4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin 0,1 เป็นขา Tx, Rx / Serial, Pin 3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: ATmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Boot loader
6. MCU: ATmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ดอาร์ดูโน้
7. Input/Output Port: นอกจากจะเป็นดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุต แล้ว ยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณแอนะล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9. Power Jack: รับไฟจากหัวแปลง (Adapter) โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 โวลต์
10. MCU ของ ATmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย ATmega328 จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน ATmega16U2

### 2.2.1.2 อาร์ดูโน้โน (Arduino Nano)

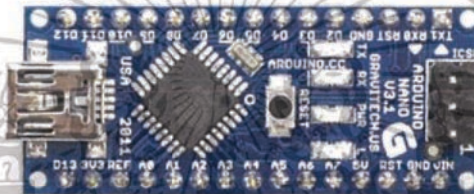
บอร์ดอาร์ดูโน้โน ออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก และใช้กับงานทั่ว ๆ ไป ใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega168 หรือเบอร์ ATmega328 โปรแกรมผ่านโปรโตคอล UART มีชิป USB to UART มาให้ ใช้ยูเอสบีขนาดเล็ก (Mini USB) เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีพอร์ตดิจิทัลอินพุต เอาต์พุต 14 พอร์ต มีพอร์ตแอนะล็อกอินพุต 8 พอร์ต บนบอร์ดยังมีตัวควบคุมอัตโนมัติ (Regulator) สามารถจ่ายไฟได้ตั้งแต่ 7 – 12 โวลต์ เพื่อให้บอร์ดทำงานได้ (จ่ายไฟที่ขา Vin) กรณีมีแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์อยู่แล้ว สามารถจ่ายไฟเข้าได้โดยตรงที่ขา 5 โวลต์

#### ข้อมูลจำเพาะ

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega168 หรือ ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12 V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20 V
พอร์ต Digital Input/Output	14 port (มี 6 port PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40 mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50 mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	16KB หรือ 32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดยบูทโพลเดอร์
พื้นที่แรม	1 หรือ 2KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	512 B หรือ 1 KB
ความถี่คริสตัล	16 MHz
ขนาด	45x18 mm
น้ำหนัก	5 g



รูปที่ 2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโนนาโน

(ที่มา: <http://www.myarduino.net/article/4/บทความ-arduino-คืออะไร-ตอนที่2-แนะนำ-arduino-รุ่นต่างๆกัน>)

## 2.3 บลูทูธ (Bluetooth) [4]

บลูทูธ คือ ระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิล หรือ สายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่เป็นจำเป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ในโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ และในการวิจัยไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้สำหรับชุดหูฟังบนโทรศัพท์มือถือ (Headset) ด้วย

### 2.3.1 การทำงานของบลูทูธ

บลูทูธ จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz (กิกะเฮิรตซ์) แต่จะแยกย่อยออกไป ตามแต่ละประเทศ อย่งในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของ บลูทูธ จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การบ่อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และ ป้องกันการดักสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างสื่อสาร โดยระบบจะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น

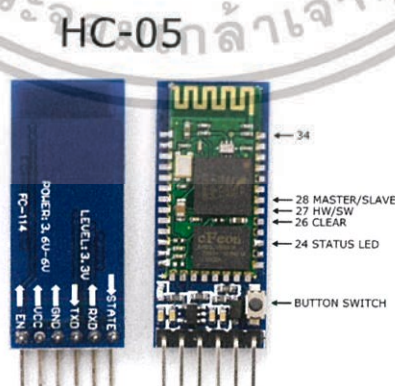
โดยหลักของบลูทูธจะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูลในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่าง ๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อย ๆ ด้วย

ส่วนความสามารถการส่งถ่ายข้อมูลของบลูทูธ จะอยู่ที่ 1 Mbps (1 เมกะบิตต่อวินาที) จึงไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้งานแบบทั่วไป ซึ่งถือว่าเหลือเฟือมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ อาจจะช้าเกินไป และถ้าถูกนำไปเปรียบเทียบกับแลนไร้สาย (Wireless LAN; WLAN) แล้ว ความสามารถของ บลูทูธ ยังห่างชั้นกันพอสมควร ซึ่งในส่วนของ WLAN ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ไกลกว่า แต่ข้อได้เปรียบของ บลูทูธ อยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่า การติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญ การใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก อยู่ที่ 0.1 วัตต์ หากเทียบกับคลื่นมือถือแล้ว ยังห่างกันอยู่หลายเท่า

### 2.3.2 โมดูลบลูทูธ HC-05 (HC-05 Bluetooth Module) [5]

โมดูลบลูทูธ HC-05 เป็นโมดูลไร้สายที่ใช้สื่อสารกันด้วยบลูทูธซีเรียลพอร์ตโปรโตคอล (Serial Port Protocol; SPP) โดยซีเรียลพอร์ต (Serial Port) เป็นบลูทูธ V2.0+EDR (Enhance Data Rate) 3 Mbps Modulation พร้อมกับความถี่ใช้งาน 2.4 GHz สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์บลูทูธอื่น ๆ ได้รวมทั้ง เชื่อมต่อด้วยซีเรียลอินเทอร์เฟซ (Serial Interface) ระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยวงจร RS232 เพื่อเข้าสู่ AT Command ในการปรับแต่งค่าต่าง ๆ ของโมดูล

โมดูลรุ่นนี้สามารถตั้งค่าให้เป็นได้ทั้งโหมดมาสเตอร์ (Master) และโหมดสลาฟ (Slave) ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในส่วนของ AT Command



รูปที่ 2.9 โมดูลบลูทูธ HC-05

(ที่มา: <http://www.robotsiam.com/article/5/เชื่อมต่อ-hc-05-bluetooth-กับ-arduino-uno-r3>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาของโมดูลบลูทูธ HC-05 มีดังนี้

- KEY เป็นขาอินพุต ใช้สำหรับเข้าสู่โหมด AT command
- VCC เป็นขาสำหรับแรงดันไฟเลี้ยงในช่วง +3.6V ... +5.5V
- GND เป็นขากกราวด์
- TXD เป็นขาเอาต์พุตสำหรับซีเรียล (แรงดันลอจิกที่ 3.3V)
- RXD เป็นขาอินพุตสำหรับซีเรียล (แรงดันลอจิกที่ 3.3V)
- STATE เป็นขาเอาต์พุต ใช้ระบุสถานการณ์เชื่อมต่อผ่านบลูทูธ ว่ามีการเชื่อมต่อหรือไม่ (Disconnected / Connected)

คุณสมบัติต่าง ๆ

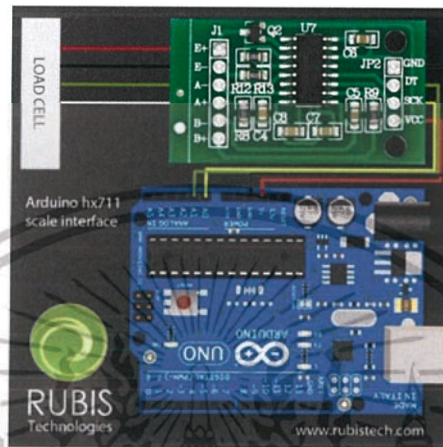
- ความตอบสนองสัญญาณ -80 dBm
- กำลังส่งคลื่นวิทยุเพิ่มได้ถึง +4 dbm
- แรงดัน 1.8-3.6 v
- PIO Control
- UART Interface พร้อมกับสามารถปรับแต่ง baud rate ได้
- เสอาอากาศในตัว

รายละเอียดการทำงานต่าง ๆ

- Baud Rate บกท: 38400, Data bits: 8, Stop Bits: 1, Parity: No
- รองรับ Baud Rate : 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800

## 2.4 โมดูลเซนเซอร์ขยายสัญญาณน้ำหนัก HX 711 (HX 711 Weight sensor Amplifier Module) [6]

โมดูลสำหรับขยายสัญญาณของโหลดเซลล์ สำหรับส่งให้อาร์ดูโน้โดยการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัล 24 บิต (ADC) เพื่อขยายสัญญาณของโหลดเซลล์ โดยมีช่องเสียบกับโหลดเซลล์โดยตรง สำหรับบอร์ดนี้รองรับแรงดันอยู่ในช่วง 2.6 ถึง 5.5 โวลต์



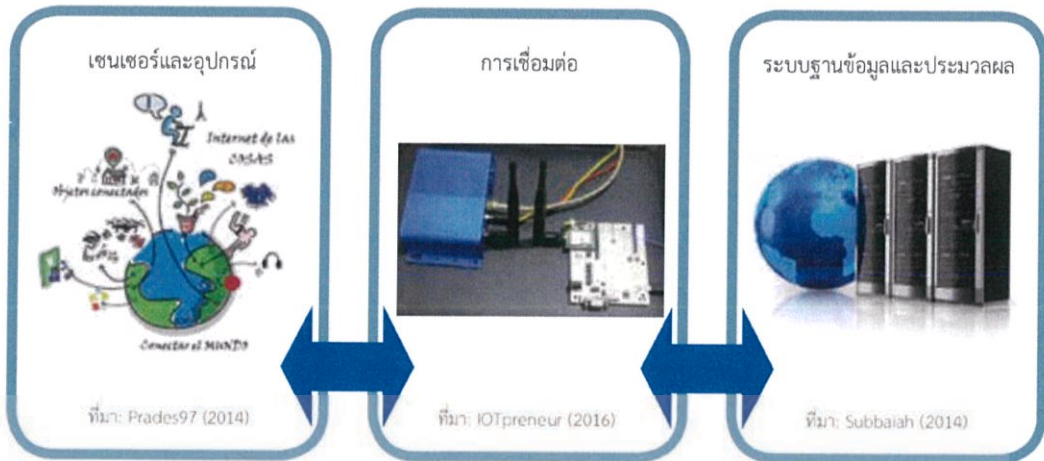
รูปที่ 2.10 การต่อโมดูล HX711 กับ อาร์ดูโน้

(ที่มา: <https://www.mosfex.com/product/98/โมดูล-hx711-weight-sensor-amplifier-dual-channel-module-สำหรับต่อ-load-cell-พร้อมขา>)

## 2.5 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) [7]

เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) หรือ “อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง” หมายถึง การที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุม ใช้งาน อุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การสั่ง เปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการแพทย์ เครื่องจักรในโรงงาน อุตสาหกรรม อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น โดยเทคโนโลยีนี้จะเป็นทั้งประโยชน์อย่างมหาศาล และความเสี่ยงไปพร้อม ๆ กัน เพราะหากระบบรักษาความปลอดภัยของอุปกรณ์และเครือข่าย อินเทอร์เน็ตไม่ดีพอ จะทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามากระทำการที่ไม่พึงประสงค์ต่ออุปกรณ์ข้อมูลสารสนเทศ หรือความเป็นส่วนตัวของบุคคลได้ ดังนั้น การพัฒนาไปสู่ระบบไอโอที จึงมีความจำเป็นต้อง พัฒนามาตรการและเทคนิคในการรักษาความปลอดภัยไอทีควบคู่กันไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ลักษณะของระบบไอโอที

(ที่มา: [https://www.tci-](https://www.tci-thaijo.org/index.php/NBTC_Journal/article/download/116003/89414/)

[thaijo.org/index.php/NBTC\\_Journal/article/download/116003/89414/.](https://www.tci-thaijo.org/index.php/NBTC_Journal/article/download/116003/89414/))

### การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ไอโอทีบนเครือข่ายไร้สาย

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในไอโอทีที่มีหัวใจสำคัญคือ การเชื่อมต่อการสื่อสารด้วยระบบไร้สาย เทคโนโลยี เครือข่ายเป็นส่วนช่วยในการเชื่อมโยงอุปกรณ์เข้าด้วยกัน โดยอุปกรณ์จะส่งข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายแบบไร้สาย เพื่อให้ทำการประมวลผลแอปพลิเคชันและบริการ (Applications and Services) บนคลาวด์ (Cloud) ได้ อินเทอร์เน็ตเป็นส่วนหลัก ในการประสานอุปกรณ์ทุกตัวให้สามารถสื่อสารระหว่างกันได้บนโพรโทคอลมาตรฐาน แม้จะมีการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายที่แตกต่างกัน ลักษณะของระบบไอโอทีแสดงดังรูปที่ 2.11 โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไอโอทีบนเครือข่ายสามารถพิจารณาชั้นการเชื่อมต่ออย่างง่ายได้สามชั้นคือ

1. ชั้นกายภาพและเครือข่าย (Physical and Network Access Layer)
2. ชั้นอินเทอร์เน็ต (Internet Layer)
3. ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer)

ซึ่งแต่ละชั้นจะมีเทคโนโลยีและมาตรฐาน รวมถึงผู้ผลิตที่หลากหลาย ที่สามารถนำมาใช้ ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไอโอทีเข้ากับเครือข่ายได้ รายละเอียดของแต่ละชั้นแสดงดังต่อไปนี้

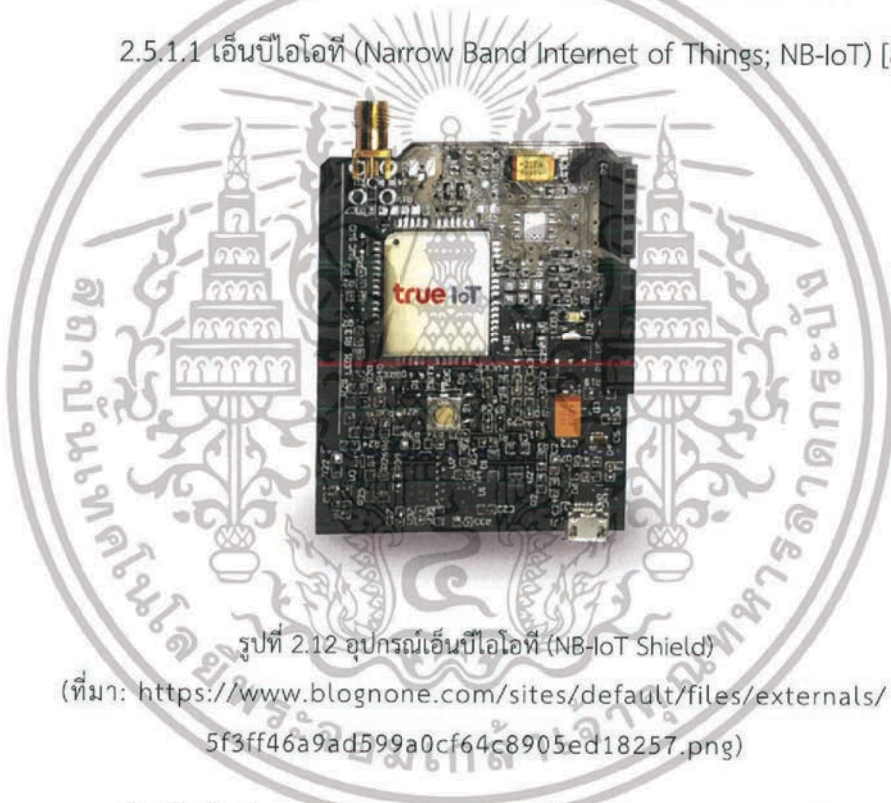
#### 2.5.1 ชั้นกายภาพและเครือข่าย (Physical and Network Access Layer)

ชั้นกายภาพและเครือข่ายเป็นชั้นที่อยู่ล่างสุดของเครือข่ายไอโอที จะเป็นชั้นที่กำหนดกระบวนการสื่อสารในระดับบิตของข้อมูล เทคนิคการมอดูเลต คลื่นความถี่และแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ที่ใช้ รวมถึงการจัดรูปแบบของเฟรมข้อมูล ที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์และเครือข่าย เทคโนโลยีและมาตรฐานที่รองรับการเชื่อมต่อในชั้นกายภาพ มีจำนวนมาก แต่ละเทคโนโลยีมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป เช่น บริษัท Texas Instrument สร้างชิป แผงวงจรรวมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตระกูล CC2500 พร้อมชุดพัฒนาขึ้นตามมาตรฐานการสื่อสาร IEEE 802.15.4 หรือบริษัท Maxstream ได้สร้างอุปกรณ์ XBee และ XBee PRO พร้อมชุดพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของ Zigbee ในส่วน อุปกรณ์บลูทูธได้มีการพัฒนาตามมาตรฐานใหม่ที่มีการใช้พลังงานต่ำกว่าเดิมมาก คือมาตรฐานบลูทูธพลังงานต่ำ หรือบีแอลอี (Bluetooth Low Energy; BLE) อุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่ใช้พลังงานต่ำส่วนมากจะมีระยะทาง การสื่อสารไม่ไกลนัก เนื่องจากมีค่าความไวในการรับในระดับที่จำกัด แต่มีการพัฒนาการมอดูเลตที่ใช้การ กระจายสเปกตรัม ให้เป็นแถบกว้าง ซึ่งจะสามารถขยายระยะทางการสื่อสารให้มากยิ่งขึ้น ที่เรียกว่า ลอรา (LoRa) โดยสามารถเชื่อมต่อสื่อสารในระยะทางมากกว่า 500 เมตรได้ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาตามมาตรฐานการสื่อสารไร้สายเพื่อใช้กับระบบเครือข่าย โทรศัพท์เคลื่อนที่เดิม ที่สามารถนำแถบความถี่ช่วงแถบความถี่คุมมาใช้ คือ มาตรฐานเอ็นบีไอโอที (NB-IoT) อีกด้วย ในโครงการนี้จะนำเทคโนโลยีเอ็นบีไอโอทีมาใช้มีรายละเอียด ดังนี้

#### 2.5.1.1 เอ็นบีไอโอที (Narrow Band Internet of Things; NB-IoT) [8]



รูปที่ 2.12 อุปกรณ์เอ็นบีไอโอที (NB-IoT Shield)

(ที่มา: <https://www.blognone.com/sites/default/files/externals/5f3ff46a9ad599a0cf64c8905ed18257.png>)

เอ็นบีไอโอที ถูกนำเสนอโดย 3GPP ผู้กำกับดูแล มาตรฐานด้านการสื่อสารบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยถูกออกแบบให้ใช้กำลังงานต่ำความเร็วในการ สื่อสารและความถี่ในการส่งข้อมูลต่ำ อุปกรณ์เอ็นบีไอโอทีทำงานบนย่านความถี่เดียวกันกับที่ GSM, 3G หรือ LTE (Wang et. al, 2016) ซึ่งเป็นย่านความถี่ Licensed Band ที่ต้องได้รับการอนุญาตใช้งานจากหน่วยงาน ที่กำกับดูแลทอพอโลยี การเชื่อมต่อใช้ทอพอโลยีสตาร์ ส่งและรับข้อมูลจากสถานีฐานของเครือข่ายโทรศัพท์ เคลื่อนที่ที่ให้บริการ เอ็นบีไอโอทีใช้แถบความถี่อย่างน้อย 180 kHz ซึ่งสามารถทำได้สามลักษณะคือ ให้อยู่บนคลื่นความถี่หนึ่งช่องของ GSM ให้อยู่บนแถบความถี่คุมของ LTE หรือให้อยู่บนคลื่นความถี่เดียวกันกับ LTE โดยให้ใช้บนแถบความถี่หนึ่งบล็อก มีความเร็วในการสื่อสาร 250 kbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีความไวการรับสัญญาณได้ ในระดับมากกว่า -150 dBm จึงมีระยะทางการสื่อสารที่ไกลมาก โดยมีความไวของการรับสัญญาณดีกว่า GSM และ LTE ที่ใช้อยู่เดิมประมาณ 20 dB ด้วย การที่ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นผู้ดำเนินการสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์เอ็นบีไอโอทีจึงไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อินเทอร์เน็ทเกตเวย์ ข้อมูลจะถูกส่งจาก อุปกรณ์เอ็นบีไอโอทีผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ได้โดยตรง

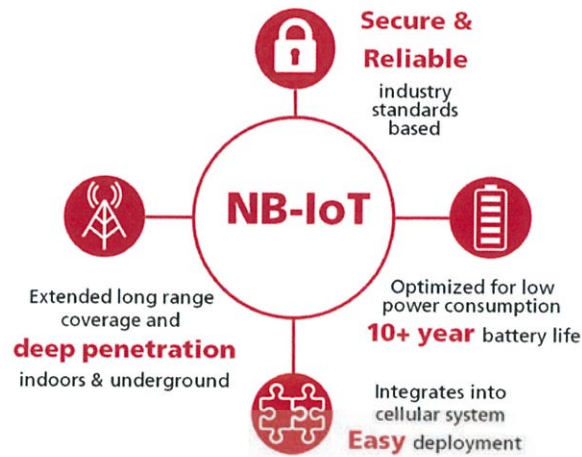
นอกจากนี้ในชั้นกายภาพยังต้องพิจารณาถึงแถบความถี่ที่จะใช้งานในการส่งสัญญาณแบบไร้สายด้วย โดยแบ่งแถบความถี่ออกเป็นสองประเภท คือ Unlicensed Band และ Licensed Band ซึ่งถูกกำหนด การใช้งานในประเทศไทยโดยคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม แห่งชาติ หรือ กสทช. แถบความถี่ย่าน Unlicensed Band ในประเทศไทยมีการกำหนดให้สามารถใช้งานได้ โดยมีค่ากำลังส่งสูงสุดไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้ที่ประชุม กสทช. มีมติเห็นชอบให้ใช้ คลื่นความถี่ย่าน 920-925 MHz เพื่อรองรับเทคโนโลยีไอโอที ตาม (ร่าง) ประกาศ กสทช. เรื่อง มาตรฐาน ทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์สำหรับเครื่องวิทยุคมนาคมที่ไม่ใช่ประเภท Radio Frequency Identification: RFID ซึ่งใช้คลื่นความถี่ย่าน 920-925 MHz

ในส่วนของ Licensed Band จะดำเนินการโดยผู้ให้บริการด้านเครือข่ายโทรคมนาคมที่ได้รับใบอนุญาต ในการใช้คลื่นความถี่ย่าน 3G หรือย่านที่ให้บริการ LTE โดยสามารถใช้ได้ทั้งความถี่ ในช่วงแถบความถี่คั่น (Guard Band) หรือใช้ในแบนด์ความถี่เดียวกันกับที่ให้บริการ LTE เลยก็ได้ (In Band)

#### ตารางที่ 2.1 แถบความถี่ที่ได้รับการยกเว้นใบอนุญาต (Unlicensed Band)

แถบความถี่	กำลังส่งสูงสุด (E.I.R.P)
13.553 – 13.567 MHz	10 mW
26.965 – 27.405 MHz	100 mW
30 – 50 MHz	10 mW
54-74 MHz	10 mW
300 – 500 MHz	10 mW
2400 – 2500 MHz	100 mW
5150 – 5300 MHz	200 mW
5470 – 5850 MHz	1 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 คุณสมบัติของอุปกรณ์เอ็นบีไอโอที

(ที่มา: <http://www.ucsbkk.com/wp-content/uploads/2017/10/31.png>)

เอ็นบีไอโอที [9] เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารระยะไกลแบบใช้พลังงานต่ำ ที่มีการพัฒนาต่อยอดมาจากระบบ LTE (4G) เหมาะกับ แอปพลิเคชัน ที่ไม่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลมากนักเช่น Smart Parking หรือ Smart metering NB-IoT มีคุณสมบัติดังนี้

1. รองรับการสื่อสารโดยใช้พลังงานต่ำ รองรับการใช้งานแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ไอโอที ได้นานถึง 10 ปี
2. เพิ่มประสิทธิภาพในการรับสัญญาณให้ดีขึ้น (รองรับสัญญาณได้ดีขึ้น 20 dB หรือเพิ่มพื้นที่ให้บริการได้ 10 เท่า) ทำให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ให้บริการได้มากขึ้นรวมถึงบริเวณที่สัญญาณมือถือปกติเข้าไปไม่ถึงเช่น ใต้ดิน ผงัง กำแพงก็สามารถติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ไอโอทีได้
3. สามารถรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไอโอทีได้เป็นจำนวนมาก (มากกว่าแสนอุปกรณ์ต่อสถานีฐาน)
4. เหมาะสำหรับการใช้งานอุปกรณ์ไอโอที ที่ต้องการความเร็วในการส่งสัญญาณไม่เกิน 200 kb
5. ในระยะยาวอุปกรณ์จะมีราคาถูกกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ 2G/3G/4G และ Cat-M1

### 2.5.2 ชั้นอินเทอร์เน็ต (Internet Layer)

อุปกรณ์ไอโอทีเป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบให้ส่งผ่านข้อมูลเข้าสู่โครงข่ายอินเทอร์เน็ต อุปกรณ์ไอโอที ที่สามารถส่งข้อมูลตรงเข้าอินเทอร์เน็ตได้จำเป็นจะต้องมีรูปแบบข้อมูลตามโพรโทคอลไอพี เพื่อให้สามารถ สื่อสารระหว่างเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่บนอินเทอร์เน็ตได้ ในส่วนอุปกรณ์ไอโอทีที่มีการกำหนดโพรโทคอลในชั้นกายภาพ และเครือข่ายเท่านั้นจะมีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์หรือระหว่างอุปกรณ์และเกตเวย์ ในลักษณะโพลล์ ไม่สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่อินเทอร์เน็ตได้ เนื่องจากรูปแบบของข้อมูลมีลักษณะเฉพาะตัวของ แต่ละวิธีการ ไม่ได้ถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตที่มีความซับซ้อนกว่า ดังนั้นอุปกรณ์ไอโอที จึงจำเป็นต้องส่งต่อข้อมูลไปยังชั้นอินเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นชั้นที่รับข้อมูลจากชั้นกายภาพและเครือข่าย ชั้นอินเทอร์เน็ตจะทำหน้าที่ระบุและจัดการเส้นทางของแพ็กเกจข้อมูล ทั้งยังทำหน้าที่แปลงข้อมูลให้อยู่ใน รูปแบบโพรโทคอล มาตรฐานที่สามารถสื่อสารในโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ในชั้นนี้อุปกรณ์โดยรวมอาจเรียกว่า เป็นแวนเกตเวย์ (Wide Area Network Gateway; WAN Gateway) ที่รับข้อมูลมาจากอุปกรณ์ไอโอทีโดยตรง หรือรับมาจากไอโอทีเกตเวย์ที่รวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอทีหลายๆ ตัวรวมกันมาก็ได้ ตัวอย่างโพรโทคอล ที่นิยมนำมาใช้ในงานไอโอทีคือ โพรโทคอลซิกซ์โลแพน (6LoWPAN) เป็นโพรโทคอลที่จัดการเฮดเดอร์ของ ไอพีวีซิกซ์ (IPv6) ที่มีความยาวมากกว่าบนเครือข่ายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ที่มีขนาดแพ็กเกจเล็กกว่าได้ ปกติขนาดแพ็กเกจของ 802.15.4 มีความยาว 128 ไบต์ โพรโทคอลซิกซ์โลแพนมีการกำหนดแอดเดรสที่มี ความยาวแตกต่างกัน แบนด์วิดท์ใช้งานน้อย รองรับทอพอโลยีทั้งแบบสตาร์และเมช มีการจัดการพลังงานที่ดี สามารถใช้งานบนเครือข่ายที่อุปกรณ์เน็ตมีการเคลื่อนที่ และรองรับการหลักของอุปกรณ์ที่มีระยะเวลาานได้ โพรโทคอลซิกซ์โลแพนจะทำการบีบอัดเฮดเดอร์ของเฟรมข้อมูลเพื่อลดปริมาณข้อมูลโอเวอร์เฮด (Overhead) ของเฟรมข้อมูล ทั้งยังมีกระบวนการแบ่งเฟรม (Fragmentation) เพื่อให้สามารถใส่ในเฟรมข้อมูลขนาด 128 ไบต์ได้ และรองรับการส่งข้อมูลแบบมัลติฮอป (Multi-hop)

การจัดการเฟรมของซิกซ์โลแพนแบ่งออก เป็น 4 รูปแบบ แตกต่างกันในเฮดเดอร์ คือ

1. ไม่มีซิกซ์โลแพนเฮดเดอร์ สำหรับการส่งเฟรมข้อมูลที่ไม่เป็น ไปตามโพรโทคอลซิกซ์โลแพน จะถูกตัดทิ้งไป
2. ดิสแพตช์เฮดเดอร์ สำหรับการส่งแบบมัลติคาสต์ มีการบีบอัด เฮดเดอร์
3. เมชเฮดเดอร์ สำหรับการส่งแบบบรอดคาสต์
4. แฟร็กเมนต์เฮดเดอร์ สำหรับการส่งเฟรม ข้อมูลที่มีขนาดยาวและถูกแบ่งเฟรม

นอกเหนือจากโพรโทคอลซิกซ์โลแพนยังมีโพรโทคอลอื่นๆ ที่รองรับการ สื่อสารข้อมูลในชั้น กายภาพและเครือข่ายที่แตกต่างกัน เช่น 6TiSCH รองรับมาตรฐาน IEEE 802.15.4e หรือ 6Lo ที่รองรับไอพีวีซิกซ์บน IEEE485 มาสเตอร์-สเลฟ/โทเคนพาส ไอพีวีซิกซ์บน IEEE 802.11ah หรือไอพีวีซิกซ์บนเอ็นเอฟซี เป็นต้น ส่วนไอพีวีซิกซ์บนบีแอลอีมีลักษณะคล้ายกับโพรโทคอลซิกซ์โลแพน ต่างกันเพียงจะไม่มีกระบวนการแบ่งเฟรม เนื่องจากตามโพรโทคอลของบีแอลอีจะมีการแบ่งเฟรมให้มีขนาดเล็กอยู่แล้ว ให้มีขนาด 27 ไบต์ และตัดความสามารถในการส่งข้อมูลแบบมัลติฮอปออกไป

ในส่วนของลอราบนชั้นอินเทอร์เน็ตจะอยู่ในสถาปัตยกรรมเครือข่ายแบบลอราแวน (LoRa Alliance, 2015) ที่ใช้ทอพอโลยีแบบสตาร์ มีการใช้งานเกตเวย์ในการรีเลย์ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ไอโอทีลอราปลายทาง มาย้งเซิร์ฟเวอร์ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อุปกรณ์ลอรามีการส่งคลื่นที่แถบความถี่ และสเปรดแฟกเตอร์ ที่แตกต่างกันได้ ลอราเกตเวย์จำเป็นต้องรองรับการส่งสัญญาณในลักษณะดังกล่าว และจากการที่ใช้ค่า สเปรดแฟกเตอร์ (Spread Factor) ที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถมีปริมาณจำนวนอุปกรณ์ไอโอทีในเครือข่ายลอราได้ จำนวนมากบนความเร็วของการสื่อสารที่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันระหว่าง 0.3-50 kbps แปรผันตามค่าสเปคตัมแฟกเตอร์ ที่ใช้ในการมอดูเลต ลอราแวนมีกระบวนการในการจัดการพลังงานของอุปกรณ์ลอราแต่ละตัวให้มีระยะเวลา การใช้งานได้นานที่สุด ด้วยการปรับค่าอัตราความเร็วของการสื่อสารและค่ากำลังส่งแบบอัตโนมัติ (Adaptive Data Rate; ADR)

ลักษณะของการสื่อสารระหว่างลอราแวนและอุปกรณ์ลอรา มี 3 ลักษณะ คือ

1. คลาสเอ (Class A) เป็นการสื่อสารสองทางที่มีการกำหนดเวลาการรับส่งโดยแบ่งช่วงเวลา มีรูปแบบคือ ช่วงเวลาอัปลิงค์ และตามด้วยช่วงเวลาดาวน์ลิงค์สองช่วง รูปแบบการสื่อสารนี้จะใช้พลังงานต่ำสุด เนื่องจากอุปกรณ์ลอรา ปลายทางจะหลับตลอดเวลา และจะตื่นมาเพื่อส่งข้อมูลเท่านั้น หากลอราแวนจะทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ ปลายทางต้องรอจังหวะการตื่นของอุปกรณ์ลอราปลายทางก่อนเสมอ
2. คลาสบี (Class B) เป็นการสื่อสาร สองทางคล้ายกับคลาสเอ ที่เพิ่มช่องทางการรับด้วยการส่ง
3. คลาสซี (Class C) เป็นการสื่อสารสองทาง มีการเพิ่มช่องทางการรับมากที่สุด โดยให้จังหวะการรับเกือบตลอดเวลา มีเพียงจังหวะที่ทำการส่งข้อมูลเท่านั้นที่ไม่ได้รับสัญญาณ เมื่อ ลอราแวนได้รับสัญญาณข้อมูล จากลอราเกตเวย์ จะทำการจัดรูปแบบของข้อมูล ใหม่ให้กับ โพรโทคอล การสื่อสารอินเทอร์เน็ต และส่งต่อข้อมูลไปยังแอปพลิเคชัน เซิร์ฟเวอร์ต่อไป

### 2.5.3 ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer)

ชั้นแอปพลิเคชันจะรับข้อมูลมาจากชั้นอินเทอร์เน็ต หรือในลักษณะอุปกรณ์จะเป็นแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ (Application Server) เพื่อทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ไอโอทีต่าง ๆ ที่ส่งเข้ามาผ่าน แวนเกตเวย์ และรองรับการร้องขอและดูข้อมูลจากผู้ใช้ หรือจากอุปกรณ์ไอโอทีตัวอื่น ๆ โดยทั่วไปจะใช้ http ซึ่งสามารถนำมาใช้กับไอโอทีได้ โดยหากตัดทอนให้เหมาะสมกับไอโอทีที่มีความต้องการการใช้ พลังงานต่ำและมีจำนวนข้อมูลที่ถูกประมวลผลน้อย โพรโทคอลที่มีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับไอโอที จึงพัฒนาเป็นโพรโทคอลดัง เช่น โพรโทคอลยูดีพี และ โพรโทคอลซีไอเอพี

การจัดทำโครงงานนี้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ซึ่ง โพรโทคอลที่รองรับคือ โพรโทคอลยูดีพี และ โพรโทคอลซีไอเอพี [10]

#### 2.5.3.1 โพรโทคอลยูดีพี (User datagram Protocol; UDP Protocol) [11]

ยูดีพี เป็นโพรโทคอลหลักในชุดโพรโทคอลอินเทอร์เน็ต การส่งข้อมูลผ่านยูดีพีนั้น คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลขนาดเล็กที่เรียกว่า ดาตาแกรม (datagram) ผ่านเครือข่ายไปยังเครื่องปลายทาง โดยยูดีพีจะไม่รับประกันความน่าเชื่อถือและลำดับของเดตาแกรมอย่างที่ซีพีรับประกัน ซึ่งหมายความว่าเดตาแกรมอาจมาถึงไม่เรียงลำดับ หรือสูญหายระหว่างทางได้

แอปพลิเคชันที่ใช้ยูดีพีเป็นฐานในการส่งข้อมูลคือ ระบบการตั้งชื่อโดเมน, สื่อแบบส่งต่อเนื่อง, การสนทนาบนไอพี และเกมออนไลน์

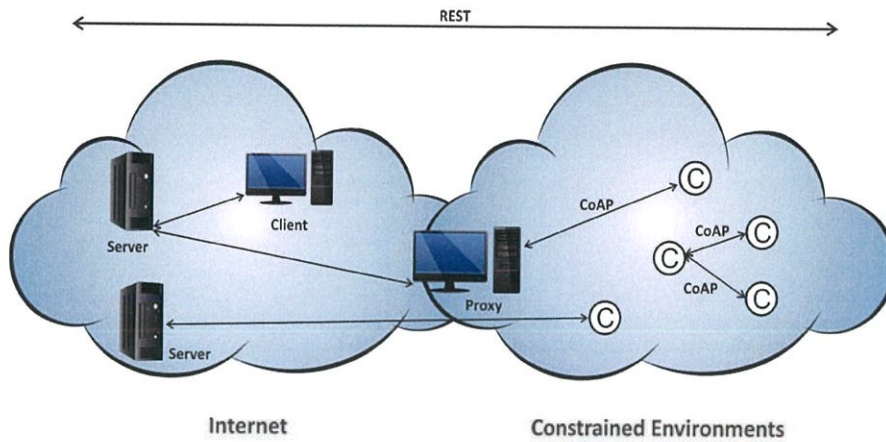
ยูดีพี มีจุดเด่นที่ความเร็ว ขนาดเล็ก และไม่มีการทำงานเกี่ยวกับการส่งข้อมูลซ้ำหรือคำนวณอัตราการส่งข้อมูล ซึ่งจะเหมาะกับการส่งข้อมูลตามเวลาจริง (real time) ซึ่งข้อมูลที่สูญหายบางส่วนหรือข้อมูลที่เกิดการล่าช้า (delay) จะถูกละความสนใจไป สามารถส่งข้อมูลได้เร็วกว่าแบบทีซีพี (TCP) เนื่องจาก ทีซีพี ต้องเสียโอเวอร์เฮด (overhead) ให้กับขั้นตอนการสื่อสาร (Connection) ที่ทำให้ทีซีพีมีความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูลนั่นเอง โดยยูดีพีจะไม่มีการสร้างขั้นตอนการสื่อสารกับอุปกรณ์ปลายทางเกิดขึ้น ทำให้ข้อมูลที่วิ่งในเครือข่ายมีน้อยลง เป็นการสื่อสารแบบคอนเนกชันเลส (Connectionless) คือข้อมูลจะถูกแบ่งเป็นชิ้นๆ ตามที่อยู่ปลายทาง แล้วส่งผ่านตัวกลางไปยังปลายทาง แต่อาจใช้เส้นทางคนละเส้นทางกัน รวมทั้งข้อมูลแต่ละชิ้นอาจจะถึงก่อนหลังแตกต่างกันไป ทำให้การเริ่มต้นส่งทำได้รวดเร็ว ไม่ต้องเสียเวลาสร้างขั้นตอนการสื่อสาร

#### 2.5.3.2 โพรโทคอลซีไอโอเอพี (Constrained Application Protocol; CoAP Protocol) [12]

ซีไอโอเอพี เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่โดย IETF ในปี 2014 โดยถูกออกแบบให้คล้ายกับเฮททีพี (HTTP) ซึ่งเป็น Document transfer protocol แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก (มีเฮดเดอร์แบบคงที่ขนาด 4 ไบต์) เพราะตัดส่วนที่ไม่จำเป็นทิ้งและรันบนยูดีพี ซึ่งเป็นโพรโทคอลที่ไม่มีการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง จึงส่งข้อมูลได้เร็วมากแต่ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังปลายทางอย่างแน่นอนและถูกต้องตามลำดับ การส่งซ้ำและเรียงลำดับข้อมูลต้องไปทำบนระดับแอปพลิเคชัน

ซีไอโอเอพีเป็นสถาปัตยกรรมแบบ ไชเลนท์ (Client) หรือ เซิร์ฟเวอร์ (Server) โดย ไชเลนท์จะทำการร้องขอทรัพยากรไปที่เซิร์ฟเวอร์โดยตรง จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะทำการตอบกลับคำร้องพร้อมกับออปชัน Content-Type เพื่อบอกไชเลนท์ว่ากำลังจะได้รับข้อมูลในรูปแบบไหนกลับไป (เช่น JSON, XML, CBOR เป็นต้น) โดยไชเลนท์สามารถ GET, PUT, POST และ DELETE ทรัพยากรบนเซิร์ฟเวอร์ด้วยยูอาร์แอล (URL) และ query string คล้ายกับเรสเอพีไอ (REST API)

ในสถาปัตยกรรมแบบซีไอโอเอพี ที่มีการแลกเปลี่ยนทรัพยากรกันโดยตรง เซนเซอร์ โหนด (Sensor Node) ทำหน้าที่เป็นทั้งเซิร์ฟเวอร์และไชเลนท์ในเวลาเดียวกันเพราะต้องทำการตอบรับแพ็กเก็ต (packets) ที่ถูกส่งมา



รูปที่ 2.14 สถาปัตยกรรมแบบซีโอเอพี

(ที่มา: <http://www.altencalsoftlabs.com/blogs/2016/08/08/analyzing-mqtt-vs-coap/>)

ในมุมมองของนักพัฒนาซีโอเอพีมีความคล้ายคลึงกับเฮชทีทีพีมาก ซึ่งทำให้การดึงข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ไม่ต่างจากการดึงข้อมูลผ่านเว็บเอพีไอ (Web API) อาจเปรียบเทียบซีโอเอพีได้ว่าเป็นเรสเอพีไอ (REST API) สำหรับเอ็มซียู (MCU) อีกทั้งยังเป็นโพรโทคอลที่มีความปลอดภัย เพราะมีการเข้ารหัสแบบดีทีแอลเอส (DTLS) ซึ่งสามารถรันบนอุปกรณ์ขนาดเล็กได้

ซีโอเอพีเป็นโพรโทคอลใหม่ที่กำลังถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องแตกต่างจากเอ็มคิวทีที (MQTT) ที่เติบโตจนอยู่ในขั้นที่เสถียรแล้ว และถูกออกแบบมาสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (one-to-one) เหมาะสำหรับแอปพลิเคชันแบบกระจายศูนย์ที่มีอุปกรณ์อยู่บนเครือข่ายเดียวกันสามารถติดต่อกันได้โดยตรง ตัวอย่างแอปพลิเคชันที่มีการนำซีโอเอพีไปใช้แพร่หลายคือระบบสมาร์ทโฮมหรือระบบที่ต้องมีการควบคุมและสั่งงานโดยผู้ใช้งานเป็นต้น

## 2.6 ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) [13]

ปัจจุบันเป็นสังคมเทคโนโลยีสารสนเทศ แต่ละหน่วยงานจะมีข้อมูลอยู่เป็นจำนวนมาก ข้อมูลเหล่านี้จะต้องมีการจัดเก็บและมีการเรียกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การรวบรวมและการเก็บข้อมูลไว้ด้วยกันจะช่วยให้การเปลี่ยนแปลงข้อมูล เช่นการ เรียกค้น การเพิ่มเติม การลบข้อมูลจะกระทำได้ง่าย การรวบรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน เรียกว่า ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (Database Management System) ประโยชน์ของฐานข้อมูล จะช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลร่วมกัน หลีกเลี่ยงความซ้ำซ้อนของ ข้อมูลที่อาจจะเกิดขึ้น ขจัดความขัดแย้งของข้อมูล และสามารถกำหนดความเป็นมาตรฐานเดียวกันได้ง่าย

ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาด้านความเป็นอิสระของข้อมูล (Data Independence) ที่ไม่มีในระบบแฟ้มข้อมูล ทำให้มีความเป็นอิสระจากทั้งส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของข้อมูลภายในฐานข้อมูล เพราะการทำงาน ของโปรแกรมระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลจะใช้ภาษาสอบถาม (Query Language) ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์มีรูปแบบคำสั่งคล้ายกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยคในภาษาอังกฤษสำหรับสอบถามหรือจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูล และการทำงานของระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล จะไม่ขึ้นอยู่กับรูปแบบของฮาร์ดแวร์ที่นำมาใช้ และไม่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูล ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้อง ทราบถึงประเภทหรือขนาดของข้อมูล

### 2.6.1 ความหมายของระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล

ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลคือชุดคำสั่ง หรือ โปรแกรม หรือ ซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่บริหารจัดการฐานข้อมูล เช่น รวบรวมข้อมูลให้เป็นระบบ สะดวกและง่ายต่อการจัดการเกี่ยวกับระบบแฟ้มข้อมูลภายในฐานข้อมูล (การเก็บ รักษา การเรียกใช้ การแก้ไข การเข้าถึงข้อมูล) รวมถึงการที่จะนำมาปรับปรุงให้ ทันสมัย ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือหรือเป็นตัวกลาง ระหว่างผู้ใช้ชุดคำสั่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูล เพื่อจัดการและควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อนและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่อยู่ภายในฐานข้อมูล รวมถึงการรักษาความมั่นคง ความปลอดภัยของข้อมูล การสำรองข้อมูล และ การเรียกคืนข้อมูล ในกรณีที่ข้อมูลเกิดความเสียหายโดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล ตัวอย่างของระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลที่นิยมใช้ กันอย่างแพร่หลาย เช่น MySQL, PostgreSQL, Microsoft Access, SQL Server, FileMaker, Oracle, Sybase, dBASE, Clipper และ FoxPro เป็นต้น

สรุปได้ว่าระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล คือกลุ่มของโปรแกรม หรือ ซอฟต์แวร์ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง ดูแลจัดการ ควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับฐานข้อมูล และอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ทั้งในด้านการสร้างและการปรับปรุงแก้ไข

ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลที่ดี จะต้องมีความสามารถในการจัดการที่หลากหลาย ความสามารถพื้นฐานที่ระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลทุกตัวจะต้องมี คือ ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูล การเรียกคืน การแก้ไขเปลี่ยนแปลง การลบ และ การเพิ่มเติม เป็นต้น

### 2.6.2 สถาปัตยกรรมฐานข้อมูล (Database Architecture)

สถาปัตยกรรมฐานข้อมูล หมายถึงการอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและ ส่วนประกอบหลักที่นำมาประกอบเป็นระบบฐานข้อมูล ซึ่งระบบฐานข้อมูลได้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับโครงสร้างของข้อมูลที่มีผู้ใช้หลายคนเช่น ผู้บริหารผู้ดูแลระบบและผู้ใช้ทั่วไป โดยไม่มีผลกระทบต่อผู้อื่นที่กำลังใช้งานฐานข้อมูลนั้นอยู่ ผู้ใช้ไม่จำเป็นจะต้องสนใจโครงสร้างภายในฐานข้อมูล และผู้บริหารฐานข้อมูลสามารถ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างฐานข้อมูลได้โดยไม่กระทบกับผู้ใช้ฐานข้อมูล ด้วยวัตถุประสงค์ดังกล่าวจึงต้องมีการแบ่งระดับของข้อมูลออกเป็นหลายระดับเพื่อให้ เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้แต่ละคน

สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลเป็นแนวคิดที่นำเสนอเกี่ยวกับโครงสร้าง และส่วนประกอบที่รวมกันเป็นระบบฐานข้อมูล ฐานข้อมูลมีจุดเด่นที่ต่างไปจากแฟ้มข้อมูล ทั่วไปคือ ความเป็นอิสระของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องจากสถาปัตยกรรมฐานข้อมูลผู้ใช้มีมุมมองและ วิธีการใช้งานที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นข้อมูลชุดเดียวกันก็ตาม ในปี ค.ศ.1975 สถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน หรือ ANSI (American National Standards Institute) จึงได้กำหนดมาตรฐานสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล เรียกว่า สถาปัตยกรรมสามระดับ (Three-level Architecture) ได้อธิบายรายละเอียดของ โครงสร้างของ ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ฐานข้อมูลในระดับที่แตกต่างกัน โดยอาศัย ลักษณะในการมองภาพรวม (View) ของระบบเช่น โปรแกรมเมอร์จะเห็นโครงสร้าง ของฐานข้อมูลในเชิงของการออกแบบ ฐานข้อมูลให้ใช้งานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นมา ส่วนผู้ใช้ทั่วไปจะเห็นเฉพาะข้อมูลจาก โปรแกรมประยุกต์ที่กำหนดให้ เท่านั้น ไม่สามารถที่จะเห็นโครงสร้างของฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบไว้ ได้

สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับภายใน (Internal Level หรือ Physical Level) ระดับแนวคิด (Conceptual Level) และระดับภายนอกหรือ วิว (External Level หรือ View) ซึ่งเป็นรูปแบบและโครงสร้างที่ใช้กับระบบฐานข้อมูล โดยทั่วไปสถาปัตยกรรมฐานข้อมูล ในแต่ละระดับจะมีระบบการจัดการฐานข้อมูลทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลจากระดับหนึ่งไปสู่ระดับ หนึ่ง

#### 2.6.2.1 สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลระดับภายใน (Internal level หรือ Physical Level)

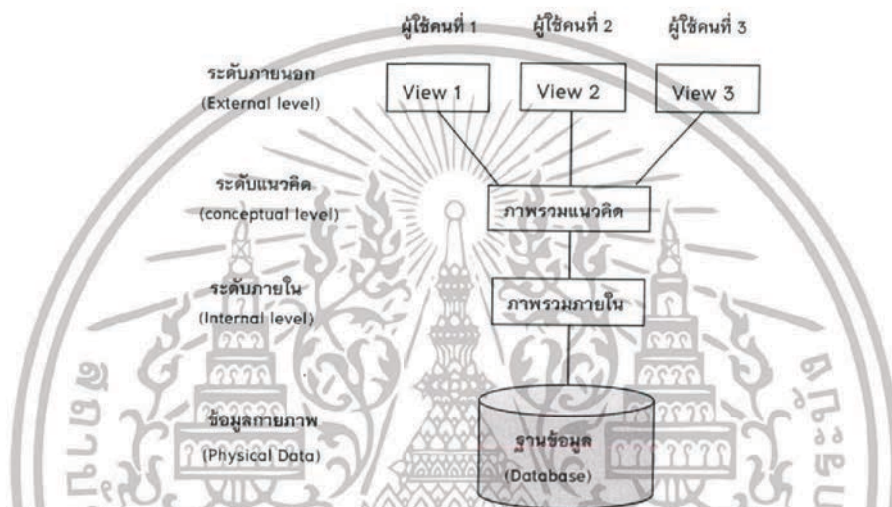
เป็นระดับของฐานข้อมูลที่อยู่ใกล้กับอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล เป็นระดับที่อธิบาย เกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูลในเชิงกายภาพ ของฐานข้อมูลว่ามีรูปแบบ และ โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล เป็นอย่างไรเป็นระดับที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจริงซึ่งข้อมูลจะถูกเก็บอยู่จริงในสื่อบันทึกข้อมูล มี โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล รวมถึงการเข้าถึง ข้อมูลต่าง ๆ ในฐานข้อมูล เพื่อดึงข้อมูลที่ต้องการ ตามปกติแล้วผู้ใช้ทั่วไปจะไม่มีสิทธิ์ เข้ามายุ่งเกี่ยวในระดับนี้ ผู้ที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่ คือ ผู้เขียน โปรแกรม และผู้บริหาร ฐานข้อมูล (Database Administrator, DBA)

#### 2.6.2.2 สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลระดับแนวคิด (Conceptual Level)

เป็นมุมมองของโครงร่างของฐานข้อมูลในแนวความคิด ไม่ใช่โครงร่างจริงที่สร้าง ขึ้นมาในการเก็บอุปกรณ์ โครงร่างของฐานข้อมูลในระดับแนวคิด หรือระดับ ตรรกะ (logical) เป็น ระดับที่อยู่ถัดขึ้นมาจากระดับภายใน ที่มีการนำข้อมูลจาก ฐานข้อมูลไปใช้งานเป็นระดับของ ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างฐานข้อมูลชนิดของ ข้อมูล ข้อกำหนดเกี่ยวกับข้อมูลและความสัมพันธ์ ของข้อมูล เป็นข้อมูลที่ผ่านมาการวิเคราะห์และออกแบบโดยผู้บริหารฐานข้อมูล หรือนักวิเคราะห์ และ ผู้ออกแบบ ฐานข้อมูล เป็นระดับของข้อมูลที่ถูกออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้ข้อมูลในระดับภายนอก สามารถ เรียกใช้ข้อมูลได้

### 2.6.2.3 สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลระดับภายนอกหรือวิว (External Level หรือ View)

เป็นมุมมองของผู้ใช้ที่มีต่อฐานข้อมูล หรือที่เรียกกันว่า วิว เป็นระดับฐานข้อมูลที่อยู่ไกลกับโปรแกรมประยุกต์ และไกลกับผู้ใช้มากที่สุด ผู้ใช้ภายนอกมีสิทธิ์เข้าไปใช้ได้ เป็นระดับที่อธิบายเกี่ยวกับฐานข้อมูลที่ใช้ทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ การใช้งานระบบฐานข้อมูล ผู้ใช้จะถูกกำหนดสิทธิ์ในการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล โดยผู้ใช้แต่ละคนจะมองเห็นข้อมูลตามสิทธิ์ที่กำหนดไว้เท่านั้น ซึ่งจะเป็นการ รักษาความปลอดภัยและความมั่นคงให้กับฐานข้อมูล และยังทำให้การติดต่อกับฐานข้อมูลทำได้ง่าย



รูปที่ 2.15 สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลสามระดับตามมาตรฐาน ANSI  
(ที่มา: <http://www.ict.up.ac.th/worrakits/Database.files/charpter2.pdf>)

### 2.6.3 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทำงานกับฐานข้อมูล (Database Language)

ภาษา SQL (Structured Query Language) เป็นภาษาที่ได้รับความนิยมสำหรับ ใช้ในการจัดการ หรือ ใช้ในการติดต่อกับฐานข้อมูล เป็นภาษามาตรฐานบนระบบ ฐานข้อมูลที่ใช้ในการสั่งให้ฐานข้อมูลกระทำการใด ๆ ตามคำสั่ง เช่นการสร้าง การแก้ไข การบำรุงรักษา การจัดการ การควบคุม และการเข้าถึงฐานข้อมูล ภาษา SQL เป็นภาษาที่มีลักษณะคล้าย ๆ กับภาษาอังกฤษ เป็นภาษาที่เป็นที่ยอมรับโดยหน่วยงานมาตรฐาน เช่น ISO (International Standards Organization) และ ANSI (American National Standards Institute) เช่นเดียวกับภาษาคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ในการติดต่อกับฐานข้อมูล ไม่ว่าจะ เป็น Microsoft Access, SQL Server, MySQL, DB2 หรือ Oracle ก็จะต้องใช้คำสั่งภาษา SQL ในการควบคุม

ภาษา SQL เป็นส่วนประกอบหนึ่งของ ระบบจัดการฐานข้อมูล มักพบในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) เป็นภาษาที่นิยมใช้กันมาก เพราะง่ายต่อการเรียนรู้ และในการใช้ภาษา SQL ผู้ใช้เพียงแค่ว่าต้องการจะ “ทำอะไร” เท่านั้น ไม่จำเป็นต้องทราบว่าจะ “ทำอย่างไร”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ผลิตซอฟต์แวร์ได้นำภาษา SQL มาพัฒนา ด้านระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จนเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ตั้งแต่ระดับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กไปจนถึงระดับเมนเฟรม การใช้งานในภาษา SQL แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ภาษา SQL ที่ได้ตอบโต้ได้ (Interactive SQL) และ ภาษา SQL ที่ฝังในโปรแกรม (Embedded SQL)

ภาษา SQL สามารถนำไปใช้ได้ ในหลายรูปแบบของธุรกิจ หรือองค์กรที่ใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูล (Database Technologies) ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในธุรกิจขนาดใหญ่ ธุรกิจขนาดเล็ก โรงพยาบาล ธนาคาร สถานศึกษา ซึ่งจริง ๆ แล้วคอมพิวเตอร์ แทบจะทุกชนิดหรือคอมพิวเตอร์แบบพกพาต่าง ๆ จะมีโปรแกรมที่ใช้ภาษา SQL แทบทั้งสิ้น เช่น โทรศัพท์แอนดรอยด์ (Android Phone) และไอโฟน (Iphone) รวมถึงโมบาย แอปพลิเคชัน (Mobile Applications) ที่พัฒนาโดย Google, Skype และ Dropbox ก็ยังใช้ ภาษา SQL โดยตรงอีกด้วย

ในปี ค.ศ. 1968 สถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกัน หรือ ANSI ได้กำหนด มาตรฐานของ ภาษา SQL ขึ้นโดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

#### 2.6.3.1 ภาษาสำหรับการนิยามข้อมูล (Data Definition Language; DDL)

ภาษาสำหรับการนิยามข้อมูลหรือภาษา DDL ประกอบด้วยกลุ่มคำสั่ง เช่น CREATE, ALTER และ DROP เป็นต้น ใช้สำหรับกำหนดโครงสร้างของตารางในฐานข้อมูล การกำหนดโครงสร้างข้อมูลว่าคอลัมน์ใด ประเภทข้อมูลเป็นประเภทใด รวมทั้งการจัดการด้านการเพิ่ม การแก้ไขการลบคอลัมน์ต่าง ๆ ในตารางข้อมูล

#### 2.6.3.2 ภาษาสำหรับการจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language; DML)

ภาษาสำหรับการจัดการข้อมูล หรือ ภาษา DML ประกอบด้วยคำสั่ง เช่น INSERT UPDATE และ SELECT เป็นต้น ที่ใช้ในการจัดการข้อมูลภายในตารางใน ฐานข้อมูลรวมถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเช่นการลบข้อมูลและการเพิ่มเติมข้อมูล

#### 2.6.3.3 ภาษาสำหรับการควบคุมข้อมูล (Data Control Language; DCL)

ภาษาสำหรับการควบคุมข้อมูล หรือ ภาษา DCL ประกอบด้วยคำสั่ง GRANT และ REVOKE เป็นต้น ที่ใช้ในการควบคุมระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ด้วยการกำหนดสิทธิของผู้ใช้ที่แตกต่างกัน

ระบบจัดการฐานข้อมูล ส่วนใหญ่แล้วจะมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนของภาษา SQL พจนานุกรมข้อมูล โปรแกรมอำนวยความสะดวก โปรแกรมช่วยในการสร้างโปรแกรมประยุกต์และ โปรแกรมช่วยจัดทำรายงานฐานข้อมูลแต่ละตัวจะมีคุณสมบัติในการทำงานที่แตกต่างกัน การที่จะพิจารณาว่าจะเลือกใช้ ระบบจัดการฐานข้อมูล ตัวใดนั้นจะต้องพิจารณาคุณสมบัติของ ระบบจัดการฐานข้อมูล แต่ละตัว ว่ามีความสามารถตรงตามที่ต้องการหรือไม่ ประเด็นในเรื่องราคาก็เป็นเรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญ เช่นกัน เพราะราคาของ ฐานข้อมูล แต่ละตัวไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึง ความเข้ากันได้กับฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการที่มีอยู่ด้วย



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมประยุกต์กับระบบจัดการฐานข้อมูล  
(ที่มา: <http://www.9experttraining.com/articles/>)

#### 2.6.4 ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System; DBMS)

ระบบจัดการฐานข้อมูล หมายถึง ซอฟต์แวร์ที่ดูแลจัดการเกี่ยวกับฐานข้อมูล โดยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ทั้งในด้านการสร้าง การปรับปรุงแก้ไข การเข้าถึงข้อมูล และการจัดการเกี่ยวกับระบบแฟ้มข้อมูลทางกายภาพ (Physical File Organization)

หน้าที่ระบบจัดการฐานข้อมูลหลัก ๆ คือการเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล และการดึงข้อมูลเหล่านั้นออกมาจากฐานข้อมูล ที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สะดวกสบาย ทำให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในความถูกต้อง สอดคล้องกัน (Consistency) ของข้อมูลต่าง ๆ ภายในฐานข้อมูลสามารถสรุปหน้าที่หลักของระบบจัดการฐานข้อมูล ได้ดังนี้

##### 2.6.4.1 การจัดการพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary Management)

พจนานุกรมข้อมูลเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดเก็บ รายละเอียดของข้อมูลทั้งหมด หรือที่เรียกกันว่า meta data ไว้อย่างเป็นระบบ เมื่อมีการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูล ๆ จะทำการค้นหาโครงสร้างข้อมูลและรายละเอียดของ ข้อมูลนั้น ๆ ในพจนานุกรมข้อมูลนี้ก่อนและใช้ข้อมูลนี้ในการเข้าถึงข้อมูลจริง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใด ๆ เกิดขึ้นกับข้อมูลในฐานข้อมูล ก็จะมีการปรับปรุง พจนานุกรมข้อมูลนี้ด้วย

##### 2.6.4.2 การจัดการเก็บข้อมูลและการแปลงข้อมูล (Data Storage Management and Transformation)

ระบบจัดการฐานข้อมูล จะทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบจัดหมวดหมู่ข้อมูล และแปลงคำสั่งที่ใช้จัดการกับข้อมูลภายในฐานข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบที่ฐานข้อมูลเข้าใจ ซึ่งจะทำให้ผู้จัดเก็บทำงานได้สะดวกมากขึ้น และป้องกันความผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.6.4.3 การจัดการด้านความปลอดภัย (Security Management)

ระบบฐานข้อมูลที่มีการใช้งานฐานข้อมูลร่วมกันจะสร้างระบบรักษา ความปลอดภัยของข้อมูล โดยกำหนดรายชื่อผู้มีสิทธิ์เข้าใช้ระบบ ระบบจัดการฐานข้อมูล จัดการเรื่องนี้โดยการเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับผู้ใช้งานแต่ละคนไว้ใน พจนานุกรมข้อมูล เช่น มีใครบ้างที่สามารถเข้ามาใช้งานฐานข้อมูลได้ มีรหัสผ่าน อย่างไรสามารถใช้งานได้ในระดับใดด้วยวิธีการดังกล่าวจะทำให้มั่นใจได้ว่าเมื่อมีผู้ใช้หลาย ๆ คนเข้าถึงข้อมูลพร้อมกันจะยังคงความถูกต้องของข้อมูลในฐานข้อมูลได้

#### 2.6.4.4 การจัดการความคงสภาพของข้อมูล (Data Integrity Management)

เนื่องจากมีการเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ไว้ในพจนานุกรม ข้อมูลทั้งหมด การบันทึกหรือแก้ไขข้อมูลใด ๆ แต่ละครั้ง ระบบจัดการฐานข้อมูล จะทำการตรวจสอบและยอมรับให้มีการบันทึกหรือ แก้ไขข้อมูลนั้นในขอบเขตที่กำหนด

#### 2.6.4.5 การจัดการสำรองข้อมูลและการกู้คืนข้อมูล (Backup and Recovery Management)

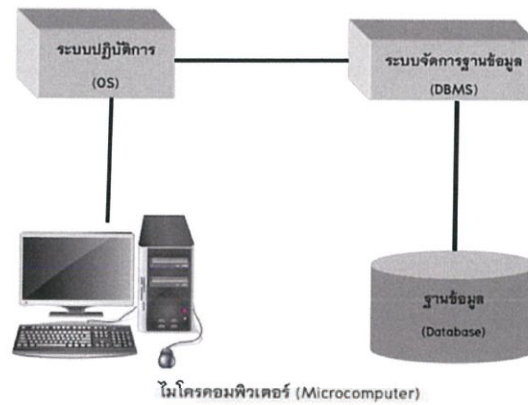
ระบบจัดการฐานข้อมูลจะมีโปรแกรมหรือเครื่องมืออำนวยความสะดวก ให้กับฐานข้อมูลเพื่อช่วยในการสำรองข้อมูลและการกู้คืนข้อมูล เพื่อควบคุมความปลอดภัยหรือความมั่นคงและความคงสภาพของข้อมูล

#### 2.6.4.6 ภาษาที่ใช้ในการเข้าถึงฐานข้อมูลและการเชื่อมต่อกับโปรแกรมประยุกต์

ระบบการจัดการฐานข้อมูลสนับสนุนหรือเลือกเส้นทางการเข้าถึงข้อมูล โดยผ่านภาษาสำหรับสอบถาม ซึ่งเป็นภาษาหรือคำสั่งเข้าใจง่ายในการค้นคืนข้อมูล จากฐานข้อมูล

#### 2.6.4.7 การควบคุมการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้หลายคน (Multi User Access Management)

ระบบการจัดการฐานข้อมูลจะใช้หลักการออกแบบโปรแกรมที่เหมาะสม เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ใช้หลายคนสามารถเข้าใช้ฐานข้อมูลพร้อมกันได้ในเวลาเดียวกัน โดยไม่ทำให้เกิดความขัดข้องของข้อมูลและข้อมูลมีความถูกต้องสมบูรณ์



รูปที่ 2.17 โครงสร้างระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) และระบบปฏิบัติการ (OS)

(ที่มา: <http://www.ict.up.ac.th/worrakits/Database.files/charpter2.pdf>)

#### 2.6.4.8 การติดต่อสื่อสารกับฐานข้อมูล (Database Communication)

ระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ทันสมัยจะต้องสนับสนุนการใช้งาน ฐานข้อมูลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งด้วย โปรแกรมที่ทำงานบน Website เช่น เบราวเซอร์ของ Internet Explorer เป็นต้น

#### 2.6.4.9 การพัฒนาระบบงานได้รวดเร็ว (High Productivity Tools)

ระบบการจัดการฐานข้อมูล เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบงานได้ รวดเร็วในเวลาอันสั้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายในพัฒนาได้ แต่อาจจะไม่ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

#### 2.6.5 แบบจำลองระบบฐานข้อมูล (Database Models)

แบบจำลองระบบฐานข้อมูล เป็นการนำแนวคิดต่าง ๆ มาเสนอให้เกิดเป็น แบบจำลองเพื่อนำเสนอข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจ ได้ง่ายและเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบฐานข้อมูลกับผู้ใช้ให้ตรงกัน

ปัจจุบันสามารถแบ่งแบบจำลองระบบฐานข้อมูลออกได้ ดังนี้

##### 2.6.5.1 แบบจำลองฐานข้อมูลลำดับชั้น (Hierarchical Model)

เป็นแบบจำลองฐานข้อมูลที่นำเสนอข้อมูล และความสัมพันธระหว่าง ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างคล้ายต้นไม้ (Tree Structure) ที่มีการสืบทอดแบบ เป็นลำดับชั้น เป็นการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะความสัมพันธ์แบบ พ่อ-ลูก เป็นระบบฐานข้อมูลที่มีลักษณะโครงสร้างเข้าใจได้ง่ายระบบโครงสร้างมีความซับซ้อนน้อย แต่มีข้อเสีย เช่น มีความยืดหยุ่นน้อย ยากต่อการพัฒนา เพราะการปรับโครงสร้าง ของต้นไม้ ค่อนข้างยุ่งยาก มีโอกาสเกิดความซ้ำซ้อนมาก และถ้าข้อมูลมีจำนวนมาก การเข้าถึงข้อมูลจะใช้เวลานานในการค้นหา เนื่องจากจะต้องเข้าถึงที่ต้นกำเนิดของข้อมูล เป็นสถาปัตยกรรมข้อมูลที่เก่าแก่ที่สุดปัจจุบันไม่นิยมใช้กันแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.5.2 แบบจำลองฐานข้อมูลแบบเครือข่าย (Network Model)

ลักษณะแบบจำลองฐานข้อมูลแบบเครือข่ายนี้ โครงสร้างของข้อมูลแต่ละแฟ้มข้อมูลมีความสัมพันธ์คล้ายร่างแห สามารถเชื่อมโยงข้อมูลแบบไป-กลับได้ ทำให้สะดวกในการค้นหา มากกว่าแบบจำลองแบบลำดับชั้น เพราะไม่ต้องไปเริ่มค้นหา ตั้งแต่ข้อมูลต้นกำเนิดโดยทางเดียว และการค้นหาข้อมูลมีเงื่อนไขได้มาก และกว้างกว่า ช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้ ปัจจุบันยังคงมีการใช้งานกับคอมพิวเตอร์ ระบบเมนเฟรม

### 2.6.5.3 แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Model)

ลักษณะแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์นี้ เป็นการจัดข้อมูลในรูปแบบของตาราง 2 มิติ คือมีแถว (Row) และคอลัมน์ (Column) ทำให้เข้าใจได้ง่าย การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างตารางจะใช้ แอททริบิวท์ ที่มีอยู่ทั้งสองตารางเป็นตัวเชื่อมโยงข้อมูล การเลือกดูข้อมูลทำได้ง่าย มีความซับซ้อนของข้อมูลระหว่าง แฟ้มข้อมูลต่าง ๆ น้อยมาก เป็นแบบจำลองฐานข้อมูลที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายของระบบจะสูงมาก เพราะต้องใช้ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผลข้อมูล

### 2.6.5.4 แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ (Object Oriented Model)

แบบจำลองฐานข้อมูลแบบเชิงวัตถุ มองเป็นวัตถุจึงทำให้เข้าใจได้ง่าย ใช้ในการประมวลผลข้อมูลด้านมัลติมีเดียคือมีข้อมูลภาพและเสียงหรือข้อมูลแบบ มีการเชื่อมโยงแบบเว็บเพจ (Web Page)

แบบจำลองระบบฐานข้อมูลทุกแบบจำลอง จะอธิบายการทำงานของระบบฐานข้อมูลว่าทำงานอย่างไร แบบจำลองที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันก็คือ RDBMS และ OODBMS ในปัจจุบันโปรแกรมทั้งหมดของระบบฐานข้อมูลได้ถูกออกแบบให้ใช้แบบจำลอง RDBMS ทั้งสิ้นเพราะมีโครงสร้างตามที่มนุษย์คุ้นเคย แต่ภายหลังเริ่มมีการนำเอา OODMBS มาใช้แต่ยังไม่ได้รับการยอมรับกันมากนัก

## 2.6.6 ข้อดีของระบบจัดการฐานข้อมูล

จากการจัดเก็บข้อมูลรวมกันเป็นฐานข้อมูลจะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

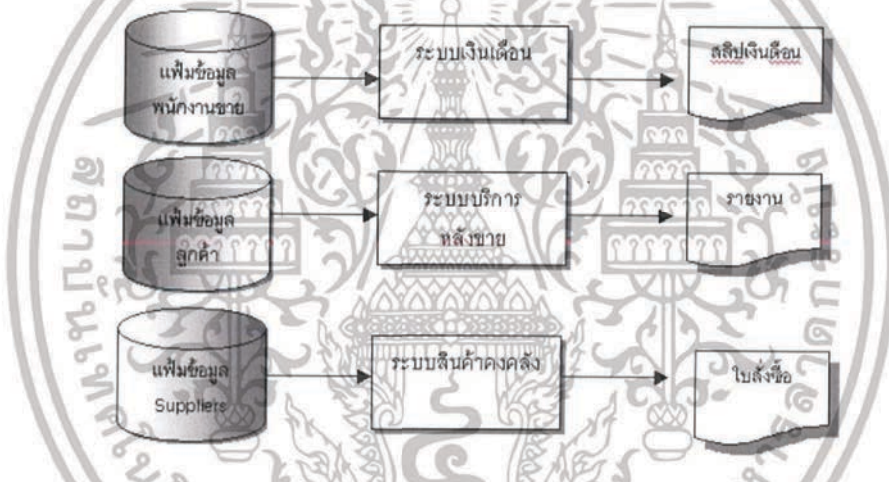
### 2.6.6.1 ความเป็นอิสระของโปรแกรมและข้อมูล (Program and Data Independence)

เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในแต่ละไฟล์ข้อมูล มักจะมีรูปแบบและรายละเอียดของข้อมูลที่เก็บภายในฐานข้อมูลเอง ข้อมูลกับโปรแกรมประยุกต์จะแยกกัน ทำให้เกิดความอิสระของโปรแกรมและข้อมูล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใน ระดับใดระดับหนึ่งก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระดับอื่น ความเป็นอิสระของ โปรแกรมและข้อมูล จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายใน การบำรุงรักษา ความเป็นอิสระของ ข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. ความเป็นอิสระของข้อมูลเชิงกายภาพ (Physical Data Independence) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลในระดับภายใน ไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของข้อมูลในระดับแนวคิดหรือระดับตรรกะ เช่น การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลจากหรืออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบอื่น จะไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างข้อมูลในฐานข้อมูล
2. ความเป็นอิสระของข้อมูลเชิงตรรกะ (Logical Data Independence) เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลในระดับแนวคิดหรือระดับ ตรรกะ แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของข้อมูลในระดับภายนอก เช่น โปรแกรม จัดการข้อมูลร้านขายของสะดวกซื้อ ได้มีการปรับปรุงข้อมูลของสินค้า โดยการเพิ่มฟิลด์บางฟิลด์เข้าไปในโครงสร้างข้อมูลสินค้า จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของ โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.18 แสดงความเป็นอิสระของข้อมูล

(ที่มา: <http://superball037.blogspot.com/2012/10/>)

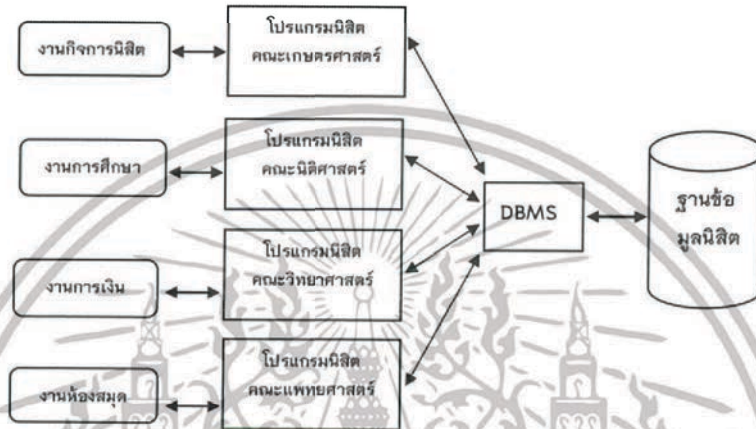
#### 2.6.6.2 ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Minimal Data Redundancy)

การจัดเก็บข้อมูลแบบเพิ่มข้อมูล ทำให้ข้อมูลประเภทเดียวกันถูกเก็บไว้ ในหลาย แหล่ง เพราะมีผู้ใช้หลายคน การจัดเก็บแบบนี้ก่อให้เกิดความซ้ำซ้อน การแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลทำได้ไม่สะดวก วัตถุประสงค์หลักของการจัดทําระบบฐานข้อมูล คือ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล โดยจัดเก็บข้อมูลให้รวมอยู่ในที่ ๆ เดียวกันโดยมีความสัมพันธ์กันของแต่ละตารางที่เกี่ยวข้องกันโดยข้อมูลของระเบียนหนึ่ง ๆ จะ ไม่ซ้ำซ้อนในอีกตารางหนึ่ง ทำให้การปรับปรุง แก้ไข หรือการควบคุมข้อมูลกระทำได้ง่าย และสามารถแบ่งข้อมูลกันใช้ได้ระหว่างผู้ใช้หลาย ๆ คน รวมทั้งการใช้ข้อมูล เดียวกันในเวลาพร้อม ๆ กันได้อีกด้วย ดังนั้นการที่นำข้อมูลทั้งหมดมาเก็บไว้ที่เดียวกัน ภายในระบบการจัดการเดียวกันจะเป็นการ “ลด” ความซ้ำซ้อนลงไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.6.3 การใช้ข้อมูลร่วมกัน (Improved Data Sharing)

ระบบการจัดการฐานข้อมูล ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถแบ่งปันการใช้งาน โดยจัดเก็บข้อมูลไว้ด้วยกันที่แหล่งเดียวกัน ผู้ใช้งานหลาย ๆ คน สามารถใช้ ข้อมูลร่วมกันในเวลาเดียวกันได้ รายละเอียดที่แสดงจะมีเพียงบางส่วนสำหรับผู้ใช้งานหนึ่งเท่านั้น หรือข้อมูลที่แสดงนั้นมาจากตารางต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งตารางต่าง ๆ จะเก็บไว้ในแหล่งเดียวกันเพื่อใช้งานร่วมกัน ดังนั้นผู้ใช้ไม่ว่าจะอยู่ที่แผนกใด ต่างก็สามารถเข้ามาใช้ข้อมูลต่าง ๆ ในฐานข้อมูลได้



รูปที่ 2.19 แสดงการใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลร่วมกัน

(ที่มา: <http://www.ict.up.ac.th/worrakits/Database.files/charpter2.pdf>)

### 2.6.6.4 ความคงที่ของข้อมูล (Data Consistency)

ระบบการจัดการฐานข้อมูล จะจัดเก็บข้อมูลอยู่ที่เดียวหรือแหล่งเดียว เป็นการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ทำให้ข้อมูลมีความคงที่และมีความสอดคล้องตรงกันมากขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใด ๆ ก็จะมีการแก้ไขที่จุดเดียว ทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องเสมอ และระบบการจัดการฐานข้อมูลจะตรวจสอบความเป็นไปได้ของข้อมูลก่อนที่จะเก็บลงในฐานข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงตาม กฎเกณฑ์ ผู้ออกแบบระบบฐานข้อมูลสามารถใส่กฎเกณฑ์เพื่อควบคุมดูแลให้ข้อมูลดังกล่าวถูกต้องตามกฎเกณฑ์ และยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบงาน เนื่องจากกฎเกณฑ์ต่าง ๆ จะเก็บไว้ในฐานข้อมูล ไม่ได้เก็บไว้ในโปรแกรม

### 2.6.6.5 ความเป็นมาตรฐานเดียวกัน (Enforcement of Standards)

การเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลเดียวกันจะทำให้สามารถ กำหนดมาตรฐานรวมทั้งมาตรฐานต่าง ๆ ในการจัดเก็บข้อมูล ให้เป็นไปในลักษณะเดียวกัน หรือให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล ทำให้ข้อมูลนั้น ๆ นำไปใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างระบบได้ เช่น การกำหนดรูปแบบให้เป็นไปในลักษณะเดียวกัน เช่น วัน/เดือน/ปี หรือ ปี/เดือน/วัน ทั้งนี้ จะมีผู้บริหารฐานข้อมูล (Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Administrator; DBA) ทำหน้าที่ในการกำหนดสิทธิการใช้งาน และเป็นผู้กำหนดมาตรฐานต่าง ๆ รวมทั้ง การบังคับใช้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

#### 2.6.6.6 ข้อมูลมีคุณภาพมากขึ้น (Improved Data Quality)

การประมวลผลในระบบฐานข้อมูล จะมีเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องที่ทำให้ข้อมูลมีคุณภาพมากขึ้น คือ

1. ผู้ออกแบบฐานข้อมูล (database designers) เป็นผู้ที่สามารถ กำหนดหรือบังคับใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล โดยไม่ให้ผู้ที่ไม่มีสิทธิใช้งานเข้าไปทำลาย ข้อมูลการจัดการดังกล่าวทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องและมีความปลอดภัยมากขึ้น
2. คลังข้อมูล (data warehouse) ถือเป็นแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ที่ จัดเก็บไว้เพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจ ก่อนที่จะนำข้อมูลเข้าไปจัดเก็บไว้ใน คลังข้อมูล จะต้องมีการคัดกรองข้อมูลก่อน ทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บในคลังข้อมูล เป็นข้อมูลที่มีคุณภาพ ทำให้การนำเสนอข้อมูลที่ต้องการนำมาวิเคราะห์มีความชัดเจน และน่าเชื่อถือ

#### 2.6.6.7 เพิ่มคุณสมบัติในการพัฒนาและบำรุงรักษาโปรแกรม (Increased Productivity of Program Development and Maintenance)

ข้อมูลที่จัดเก็บมักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ทั้งการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือรูปแบบของข้อมูล เช่น ธนาคารเดิมมีเพียงการดำเนินการในการรับฝาก-ถอนเงิน และการกู้เงินเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันมีการดำเนินการในเรื่องของการทำธุรกรรมด้านประกันภัยเข้ามาด้วย ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนแก้ไขฐานข้อมูลไปพร้อม ๆ กับ พัฒนาโปรแกรมที่ใช้ดำเนินงาน จะเห็นได้ว่าถ้าการเก็บข้อมูลใช้วิธีเก็บแบบแฟ้มข้อมูลจะมีความยุ่งยากมากใน การเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุง แต่สำหรับการเก็บข้อมูลโดยวิธีแบบ ฐานข้อมูล การเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างข้อมูลจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลใน ระดับความคิด เช่น การเพิ่มฟิลด์ หรือการเปลี่ยนแปลงชนิดของข้อมูลในฟิลด์ จะไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้าง การทำงานของโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง ทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถที่จะทำการแก้ไขปรับปรุงหรือพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติม โดยไม่ต้องกังวลกับการออกแบบข้อมูล

### 2.6.7 ข้อเสียของระบบฐานข้อมูล

#### 2.6.7.1 ต้นทุนระบบจัดการฐานข้อมูลมีราคาสูง (Cost of DBMS)

ต้นทุนจากการนำระบบจัดการฐานข้อมูลมาใช้ จะขึ้นอยู่กับสถานะแวดล้อมต่าง ๆ ราคาของระบบจัดการฐานข้อมูล จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนเครื่องลูกข่าย ที่ให้บริการระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่จะมีค่าใช้จ่ายในการการซ่อมบำรุงรักษา มากกว่าระบบฐานข้อมูลขนาดเล็ก รวมทั้ง ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจัดการระบบฐานข้อมูล ค่าจ้างบุคลากรในการปฏิบัติงาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.7.2 ความซับซ้อน (Complexity)

การทำงานของระบบจัดการฐานข้อมูลมีความซับซ้อนมากกว่าการจัดการข้อมูลแบบแฟ้มข้อมูล ยิ่งฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่ การวิเคราะห์ การออกแบบ และการใช้งานก็จะมีคามยุ่งยาก และซับซ้อนมากขึ้นตามไปด้วย

### 2.6.7.3 ผลกระทบต่อความเสียหายสูง (Higher Impact of a Failure)

ฐานข้อมูลมีการทำงานแบบศูนย์กลาง (Centralize Database) คือข้อมูลจัดเก็บรวมไว้ที่เดียวกัน หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น จะทำให้การทำงานของระบบหยุดชะงัก อาจจะทำให้สูญเสียข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถเข้ามาใช้ข้อมูลในขณะนั้นได้ ดังนั้น การจัดทำฐานข้อมูลที่ดีจึงต้องมีการสำรองข้อมูลไว้เสมอ

### 2.6.7.4 ขนาดความจุเพิ่มขึ้น (Increased Size)

ระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง ความซับซ้อนของระบบ จัดการฐานข้อมูลนั้นก็มีความซับซ้อนมากขึ้นตามไปด้วย เช่น ต้องการขนาดของฮาร์ดดิสก์ในการติดตั้งระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นรวมถึงความต้องการ ใช้ขนาดของแรมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เป็นต้น

อาจจะกล่าวอย่างสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์หลักของระบบฐานจัดการฐานข้อมูล ก็เพื่อที่จะช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมสามารถให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น รวดเร็วขึ้น มีความถูกต้องมากขึ้น และลดค่าใช้จ่ายในการดูแลและการบำรุงรักษา

ระบบจัดการฐานข้อมูลมีตั้งแต่ระดับมาตรฐานที่มีครบตามสถาปัตยกรรม ISO มีระบบดูแลความปลอดภัยที่มีความสามารถสูงมีระบบควบคุมความถูกต้องมีความเป็นอิสระของข้อมูล ทำให้โปรแกรมเป็นอิสระจากโครงสร้างข้อมูลทางด้านกายภาพ และด้านตรรกภาพ รวมทั้งมีระบบสำรองข้อมูลและการฟื้นฟูสภาพที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

## 2.7 แหล่งเก็บข้อมูลบนก้อนเมฆ หรือ ระบบคลาวด์ (Cloud Storage) [14]

ระบบคลาวด์ คือ การเก็บข้อมูลโดยใช้พื้นที่แบบออนไลน์โดยจะมีผู้ให้บริการเป็นเซิร์ฟเวอร์ขนาดใหญ่หรือที่เรียกว่า คลาวด์ (Cloud) ให้กับผู้ให้บริการสามารถเก็บข้อมูลประเภทต่าง ๆ ผ่านบัญชีที่ลงทะเบียนไว้ได้อย่างง่าย

### 2.7.1 ประเภทของระบบคลาวด์ [15]

2.7.1.1 ระบบคลาวด์แบบส่วนบุคคล (Personal) / ระบบคลาวด์บนโทรศัพท์ (Mobile Cloud Storage)

เป็นประเภทการจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน บนโทรศัพท์ เช่น แอนดรอยด์ (Android) และ ไอโฟน (Iphone) เพื่อความปลอดภัย โดยซิงค์โทรศัพท์ไว้ในออนไลน์ เพื่อถ้าวุ่นใดโทรศัพท์หาย จะสามารถสำรองข้อมูลในอุปกรณ์ใหม่ได้ทุกเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.1.2 ระบบคลาวด์แบบสาธารณะ (Publicly Cloud Storage)

สำหรับประเภทนี้ผู้ใช้จะได้ใช้ คลาวด์ ที่พร้อมใช้งานแบบสาธารณะ ซึ่งต้องทำการเช่าหรือสมัครสมาชิกเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อน โดยทุกคนที่มีสิทธิ์เข้าถึงระบบ คลาวด์ จะมีข้อมูลเข้าสู่ระบบของผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวจากส่วนใดส่วนหนึ่งของโลกก็ได้

### 2.7.1.3 ระบบคลาวด์แบบส่วนตัว (Privately Cloud Storage)

เป็นบริษัทที่ให้บริการจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ ตั้งศูนย์ข้อมูลไว้ในพื้นที่ที่ผู้ใช้จัดสรร เหตุผลหลักที่ทำให้มีการจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ส่วนตัว คือความต้องการความปลอดภัยและจำกัดการเข้าถึงข้อมูล

### 2.7.1.4 ระบบคลาวด์แบบจำกัดเฉพาะผู้ใช้งานราย (Hybrid Cloud Storage)

ในกรณีที่ข้อมูลพร้อมใช้งานแบบสาธารณะ แต่บางส่วนของข้อมูลเป็นข้อมูลส่วนตัว ซึ่งด้วยเหตุนี้จึงมีการจำกัดเฉพาะสำหรับผู้ใช้งานเท่านั้น

## 2.7.2 ข้อพิจารณาการเลือกสรรบริการ [16]

เพื่อให้ได้ประโยชน์จากบริการระบบคลาวด์ อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ก็มีข้อพิจารณาในการเลือกสรรบริการดังนี้

2.7.2.1 ปริมาณความจุหรือพื้นที่ในการเก็บไฟล์ (Capacity) แน่นอนว่าข้อเสนอเรื่องขนาดพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลคือตัวเลือกหลักที่ผู้ใช้นำมาช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้บริการระบบคลาวด์ เป็นอันดับแรก ผู้ให้บริการใดให้พื้นที่เก็บข้อมูลได้มากที่สุดก็ควรจะได้รับพิจารณาเป็นพิเศษ

2.7.2.2 สนับสนุนระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้มีการติดตั้งระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน ดังนั้น ก่อนที่จะพิจารณาเลือกใช้บริการ ระบบคลาวด์จากผู้ให้บริการใดก็ควรพิจารณาถึงอุปกรณ์ (Device) ที่เราใช้อยู่เสียก่อน

2.7.2.3 รองรับการเก็บไฟล์ได้หลายประเภท เว็บไซต์ที่ให้บริการ ระบบคลาวด์บางเว็บไซต์รองรับประเภทของไฟล์ข้อมูลได้ค่อนข้างหลากหลายไม่ว่าจะเป็นไฟล์ภาพ ไฟล์เอกสาร

2.7.2.4 ใช้งานง่าย เมื่อได้ทดลองใช้งาน ผู้ใช้ควรจะรู้สึกสะดวกง่ายดาย เหมือนกับการจัดเก็บข้อมูลลงในสื่อบันทึกแบบที่คุ้นเคย เช่น FlashDrive หรือ External Hard Disk Drive แม้การจัดเก็บข้อมูลจะดูซ้ำกว่าบ้าง แต่ก็ควรจะต้องแสดงสถานการณ์ใช้แบบพื้นฐานให้ผู้ใช้ง่าย

2.7.2.5 มีฟีเจอร์ Share with anyone ที่จะทำให้เราสามารถแชร์ไฟล์ให้กับใครต่อใครที่ต้องการสามารถดาวน์โหลดไฟล์ไปใช้งานได้ แม้คนเหล่านั้นจะไม่ได้ใช้ระบบคลาวด์แบบเราก็คตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.6 มีแอปพลิเคชัน (Applications) ช่วยในการจัดการไฟล์ โดยปกติผู้ให้บริการระบบคลาวด์ แทบทุกที่จะเปิดให้ใช้บริการได้โดยตรงผ่านโปรแกรมท่องอินเทอร์เน็ตหรือเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ได้อยู่แล้ว และเพื่อความสะดวกยิ่งขึ้นผู้ให้บริการ ระบบคลาวด์ จึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับอัปโหลดดาวน์โหลดไฟล์ (หรืออัปเดตเปลี่ยนแปลงไฟล์) บน ระบบคลาวด์ แบบอัตโนมัติหรือที่เรียกกันว่าซิงโครไนซ์ (Synchronize) นั่นเอง

### 2.7.3 ประโยชน์ของการใช้งานระบบคลาวด์

2.7.3.1 สามารถเข้าถึงไฟล์ต่าง ๆ ได้ทุกที่ทุกเวลา

2.7.3.2 สามารถเพิ่มขนาดจัดเก็บไฟล์ได้

2.7.3.3 คุ่มค่ามากกว่าการซื้ออุปกรณ์จัดเก็บไฟล์อย่างพวงฮาร์ดดิสก์

2.7.3.4 ไม่มีความเสี่ยงกับในเรื่องของอุปกรณ์จัดเก็บไฟล์เสีย

2.7.3.5 ได้รับบริการเสริมต่าง ๆ เช่น การสำรองข้อมูล การรับประกันในกรณีข้อมูล

สูญหาย เป็นต้น

### 2.7.4 ข้อเสียของการใช้งานระบบคลาวด์

2.7.4.1 จำเป็นต้องใช้งานผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเท่านั้น

2.7.4.2 ความปลอดภัยของข้อมูลซึ่งอาจถูกแฮ็กข้อมูลได้

2.7.4.3 เสียค่าบริการ ในกรณีที่มีการฝากไฟล์เกินขนาดที่ผู้ให้บริการแต่ละราย

กำหนด

## 2.8 Amazon EC2 [17]

Amazon EC2 เป็นส่วนสำคัญของแพลตฟอร์มการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนระบบคลาวด์ (Cloud Computing) ของ Amazon.com ซึ่งระบบ Cloud Computing คือ การให้บริการระบบคอมพิวเตอร์ ที่ผู้ใช้สามารถซื้อบริการไอที (IT Services) ชนิดต่าง ๆ ได้โดยตรงจากผู้ให้บริการ โดยผู้ให้บริการสามารถจัดสรรทรัพยากรตามที่ผู้ใช้ระบุและพร้อมใช้งานในเวลาเพียงไม่กี่นาที ทั้งนี้ ผู้ใช้บริการไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์แต่อย่างใด เพียงแค่สามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต ก็สามารถใช้บริการ Cloud Computing ได้ ระบบคลาวด์ จะมีคุณลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. ผู้ใช้สามารถกำหนดและควบคุมปริมาณการใช้ทรัพยากรได้ด้วยตนเอง (On-demand Self-Service)
2. ผู้ใช้สามารถเข้าถึงบริการได้จากทุกที่ที่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตได้ (Broad Network Access)
3. มีความยืดหยุ่นและปรับเปลี่ยนได้ง่าย (Rapid Elasticity) โดยสามารถปรับ-ลดขนาด หรือเพิ่ม - ลดความสามารถได้อย่างรวดเร็วตามความต้องการของธุรกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amazon EC2 หรือ Amazon Elastic Compute Cloud เป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้บริการด้านเว็บ มีหน้าที่ในการสร้างและรันเครื่องเสมือน (Virtual Machine) ในระบบคลาวด์ AWS ซึ่งเครื่องเสมือนเหล่านี้ถูกเรียกว่า “อินสแตนซ์ (Instance)” Amazon EC2 เปรียบเสมือนการให้บริการเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในบริการของ Amazon Web Services หรือเรียกย่อ ๆ ว่า “Amazon AWS” หลักการทำงานของ EC2 คือการสร้างเซิร์ฟเวอร์เสมือน (Virtual Server) ขึ้นมาใช้งาน โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกขนาดของทรัพยากรได้ เช่น เลือกขนาดของ CPU, Memory และ Disk ได้ตามต้องการ อย่างไรก็ตาม ระบบ Amazon EC2 จะไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนของอุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์และค่าซอฟต์แวร์โอเอสของระบบปฏิบัติการ อย่างเช่น โอเอสของ MS Windows Server เป็นต้น จุดเด่นของระบบ Amazon EC2 ดังนี้

1. สามารถสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เสมือน (Virtual Machine) ขึ้นมาใช้งานได้อย่างรวดเร็ว
2. ผู้ใช้เลือกชนิดของระบบปฏิบัติการ OS ที่ต้องการได้ทั้ง Windows หรือ Linux
3. สามารถเลือกขนาดของฮาร์ดดิสก์ที่ต้องการ ตั้งค่าระบบรักษาความปลอดภัย โดยสามารถกำหนดได้เอง
4. สามารถต่อยอดในการทำระบบสำรองข้อมูล (Backup) หรือระบบกู้ข้อมูล (Disaster Recover) ได้อย่างง่ายดายและมีค่าใช้จ่ายต่ำ

## 2.9 Node-red [18]



**Node-RED**

รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์ของ Node-red

(ที่มา: <https://nodered.org/about/>)

Node-RED เป็นโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือในการพัฒนาไอโอทีซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท IBM Emerging Technology และส่วนหนึ่งของทีมงาน JS Foundation ลักษณะของ Node-RED เป็นการจำลองการทำงานของอุปกรณ์ (Virtual Tool) ซึ่งเชื่อมโยงฮาร์ดแวร์ Service และ API ต่าง ๆ เข้าด้วยกันในลักษณะ Flow-Base ซึ่งฮาร์ดแวร์เซอร์วิส หรือ API ต่าง ๆ ที่อยู่ใ้ในแผนผัง (Flow) จะถูกแสดงผลในรูปแบบโหนด (Node) และโหนดแต่ละโหนดจะทำงานได้ด้วยตัวเอง ทำให้ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันไม่ต้องเขียนโค้ดให้ยุ่งยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Node-RED ได้รับการคิดค้นโดย J. Paul Morrison ในทศวรรษที่ 1970 การเขียนโปรแกรมตามการไหล (flow-based programming) เป็นวิธีการอธิบายลักษณะการทำงานของแอปพลิเคชันเสมือนเป็นเครือข่ายของ black-boxes หรือโหนดที่ถูกเรียกใน Node-Red โดยแต่ละโหนดจะมีวัตถุประสงค์และข้อมูลเพื่อให้มีการทำงานตามที่ระบุไว้ และเครือข่ายมีหน้าที่สำหรับให้ข้อมูลไหลระหว่างโหนดได้

Node-RED เป็นโปรแกรมที่ทำงานภายใต้ Node.js สามารถเขียนแผนผังการทำงานร่วมกันของแอปพลิเคชันต่าง ๆ ได้อย่างง่ายบนเบราว์เซอร์ และสามารถทำงานร่วมกันกับ JavaScript function ผ่าน text editor ได้ ตัว Node-RED มีไลบรารีในตัว หรือ ฟังก์ชัน ที่มีประโยชน์ต่าง ๆ ใช้อย่างเพียงพอ อีกทั้งยังมีรูปแบบ (Template) ที่สามารถใช้งานได้หลากหลาย

### 2.9.1 ประวัติความเป็นมาของ Node-red

Node-Red เริ่มต้นในช่วงก่อนปี 2013 จากโครงการเล็ก ๆ ของ Nick O'Leary และ Dave Conway-Jones จากกลุ่มบริการเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่ของ IBM สิ่ง que เริ่มเป็นหลักฐานแนวคิดสำหรับการแสดงภาพและการจัดการแผนภาพระหว่างหัวข้อ mqtt กลายเป็นมากกว่าเครื่องมือทั่วไปที่สามารถขยายได้ในหลายทิศทาง

Node-Red เปิดให้บริการในเดือนกันยายน ปี 2013 และได้รับการพัฒนานับตั้งแต่ตอนนั้น เป็นต้นมา และกลายเป็นโครงการก่อตั้งของ JS Foundation ในเดือนตุลาคม ปี 2016

### 2.10 phpMyAdmin [19]



รูปที่ 2.21 สัญลักษณ์ของ phpMyAdmin

(ที่มา: <https://www.phpmyadmin.net>)

phpMyAdmin เป็น freeware open sources หรือโปรแกรมที่ ถูกพัฒนาโดยใช้ ภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL แทนการคีย์คำสั่ง เนื่องจากถ้าใช้ฐานข้อมูลที่เป็น MySQL บางครั้งจะมีความลำบากและยุ่งยากในการใช้งาน ดังนั้นจึงมีเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ขึ้นมาเพื่อให้สามารถจัดการ ระบบจัดการฐานข้อมูล (Data base management system; DBMS) ที่เป็น MySQL ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น โดย phpMyAdmin ถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยสามารถทำการสร้างฐานข้อมูล หรือ สร้างตารางข้อมูลใหม่ได้ และยังมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการทดสอบการควิรี (query) ข้อมูลด้วยภาษา SQL พร้อมกันนั้น สามารถทำการ แทรก (insert), ลบ (delete), อัปเดต (update) หรือใช้คำสั่งต่าง ๆ เหมือนกันกับการใช้ภาษา SQL ในการสร้างตารางข้อมูล

phpMyAdmin เป็นโปรแกรมประเภท MySQL Client ตัวหนึ่งที่ใช้ในการจัดการข้อมูล MySQL ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ได้โดยตรง phpMyAdmin ตัวนี้จะทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์เป็น พีเอชพี แอปพลิเคชัน (PHP Application) ที่ใช้ควบคุมจัดการ MySQL Server ความสามารถของ phpMyAdmin [20] คือ

1. สร้างและลบฐานข้อมูล (Database)
2. สร้างและจัดการตาราง เช่น แทรกข้อมูล, ลบข้อมูล, แก้ไขข้อมูล, ลบตาราง, แก้ไขประเภท
3. โหลดเท็กซ์ไฟล์เข้าไปเก็บเป็นข้อมูลในตารางได้
4. ทาผลสรุป (Query) ด้วยคำสั่ง SQL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงาน

#### 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

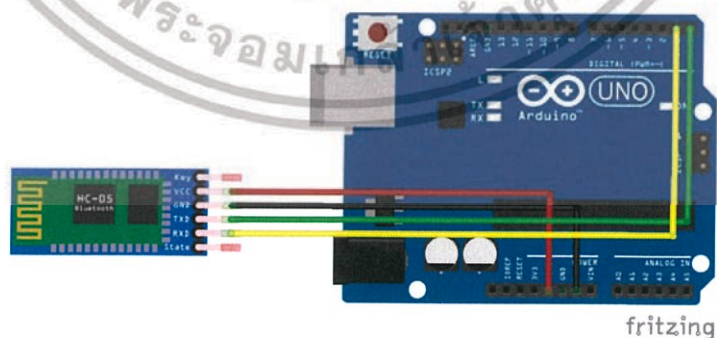
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight scale)
2. บอร์ดเอ็นบีไอโอที ของเครือข่าย ทรูมูฟ (True NB-IoT board)
3. อาร์ดูโนโอโน่ อาร์สาม (Arduino UNO R3)
4. อาร์ดูโนโนานา (Arduino Nano)
5. โมดูลบลูทูธ HC-05 (HC-05 Bluetooth Module)
6. โมดูลเซนเซอร์ขยายสัญญาณน้ำหนัก HX-711 (HX711 Weight Sensor Amplifier Module)
7. ลูกต้อน้ำหนัก

#### 3.2 ทดลองการสื่อสารระหว่างอาร์ดูโน (Arduino) ผ่าน โมดูลบลูทูธ (Bluetooth Module)

##### 3.2.1 การตั้งค่าโมดูลบลูทูธ HC-05

ในการตั้งค่าโมดูลบลูทูธ HC-05 เพื่อแบ่งโหมดการทำงานเป็นโหมดมาสเตอร์ (Master Mode) หรือโหมดสเลฟ (Slave Mode) นั้น จะต้องใช้คำสั่งที่เรียกว่า AT Command Set ซึ่งคือชุดคำสั่งที่เอาไว้ใช้ในการควบคุมโมดูลบลูทูธ HC-05



รูปที่ 3.1 การต่อวงจรสายระหว่างอาร์ดูโนกับโมดูลบลูทูธ HC-05

(ที่มา: <https://www.allaboutcircuits.com/projects/control-an-arduino-using-your-phone/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อวงจรตามรูปที่ 3.1 และเมื่อต่อสายไฟเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ไฟบนโมดูลบลูทูธจะกระพริบเร็ว ซึ่งเป็นการเข้าสู่โหมดการทำงานปกติ โดยที่โมดูลบลูทูธยังไม่ได้รับการตั้งค่า

วิธีการเข้า AT Command Set ต้องถอดสายไฟจากแหล่งจ่ายไฟออก แล้วกดปุ่มรีเซ็ตของโมดูลบลูทูธค้างไว้ จากนั้นต่อสายไฟเข้ากับแหล่งจ่ายไฟตามเดิม ถ้าไฟบนโมดูลกระพริบช้าๆ อย่างเป็นจังหวะ แสดงว่า เข้าสู่ AT Mode สำเร็จ

เมื่อเข้าสู่ AT Mode ให้ตั้งค่าโมดูลบลูทูธ แต่ละโหมดดังนี้

### 3.2.1.1 โหมดมาสเตอร์ (Master Mode)

- AT+RMAAD เป็นการล้างการจับคู่ของอุปกรณ์
- AT+ROLE = 1 ตั้งค่าอุปกรณ์เป็นโหมดมาสเตอร์
- AT+CMODE = 0 เชื่อมต่อโมดูลเฉพาะบลูทูธแอดเดรส (Address)
- AT+BIND = 98D3,31,F94620 ใส่แอดเดรสของบลูทูธที่เป็นโหมดสลาฟ
- AT+UART = 38400,0,0 ตั้งค่า baud rate ที่ 38400

### 3.2.1.2 โหมดสลาฟ (Slave Mode)

- AT+RMAAD เป็นการล้างการจับคู่ของอุปกรณ์
- AT+ROLE = 0 ตั้งค่าอุปกรณ์เป็นโหมดสลาฟ
- AT+ADDR ตรวจสอบแอดเดรสของบลูทูธ โดยนำแอดเดรสที่ได้ ใช้ในการตั้งค่าของบลูทูธที่เป็นโหมดมาสเตอร์
- AT+UART = 38400,0,0 ตั้งค่า baud rate ที่ 38400

### 3.2.2 การทดลองเปิด-ปิดไฟบนอาร์ดูโน้

เป็นการทดลองการสื่อสารระหว่างอาร์ดูโน้สองตัวผ่านบลูทูธ โดยการเขียนโค้ดคำสั่งให้อาร์ดูโน้ที่อยู่ในโหมดมาสเตอร์ ให้มีการป้อนคำสั่ง 0 และ 1 เพื่อสั่งการให้มีการปิดและเปิดหลอดไฟแอลอีดี (LED) ที่ขา 13 ของอาร์ดูโน้อีกตัวที่อยู่ในโหมดสลาฟ ทำการอัปโหลดโค้ดในโหมดมาสเตอร์และโหมดสลาฟไปยังอาร์ดูโน้แต่ละตัว จากนั้นเปิดซีเรียลมอนิเตอร์ที่โหมดมาสเตอร์ เมื่อพิมพ์ 1 หลอดไฟแอลอีดีของอาร์ดูโน้ที่อยู่ในโหมดสลาฟจะติด และเมื่อพิมพ์ 0 หลอดไฟแอลอีดีจะดับ

```
// Keep reading from HC-05 and send to Arduino Serial Monitor
if (BTserial.available())
{
  c = BTserial.read();
  Serial.write(c);
}
// Keep reading from Arduino Serial Monitor and send to HC-05
if (Serial.available())
{
  c = Serial.read();
  BTserial.write(c);
}
```

รูปที่ 3.2 โค้ดอาร์ดูโน้ของโหมดมาสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (BTSerial.available() > 0)
{
  ch = BTSerial.read();
}
if (ch == '1')
{
  digitalWrite(13, HIGH);
}
else if (ch == '0')
{
  digitalWrite(13, LOW);
}

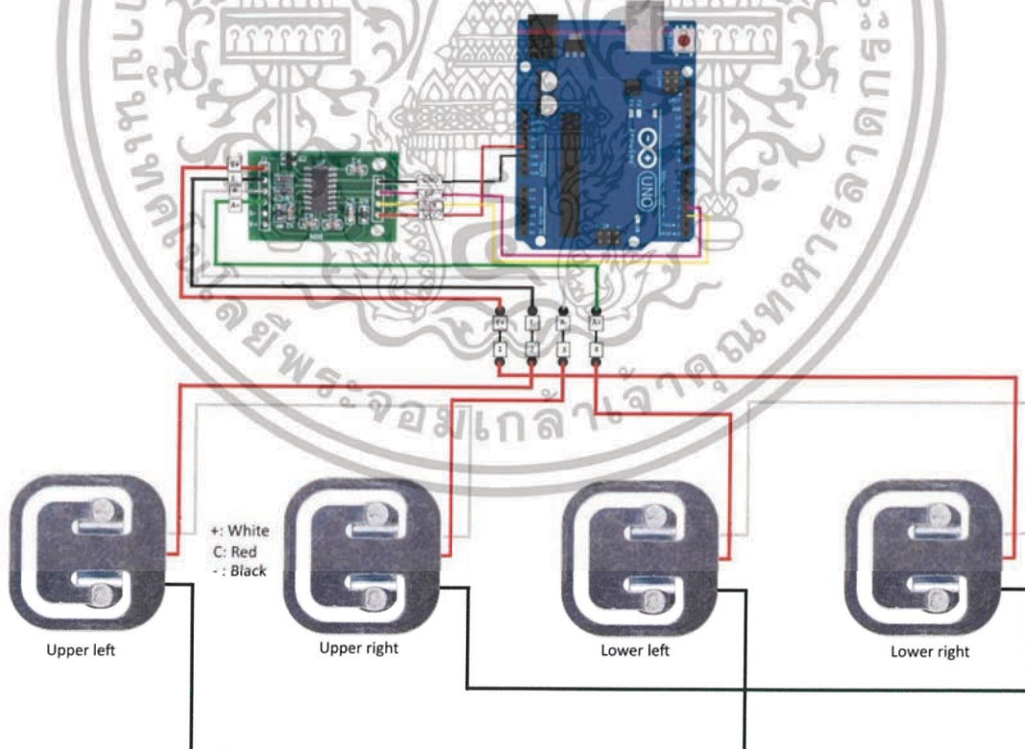
```

รูปที่ 3.3 โค้ดอาร์ดูโน้ของโหมตสลาฟ

### 3.3 การรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่องชั่งน้ำหนัก

#### 3.3.1 การสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนัก

ในขั้นตอนนี้จะต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนได้ เพื่อทำการสอบเทียบ โดยทั่วไปมักใช้ลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน แต่ถ้าไม่มีลูกตุ้มสามารถใช้อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ระบุน้ำหนักได้ เช่น ขวดน้ำหนักต่าง ๆ



รูปที่ 3.4 การต่อโหลดเซลล์ทั้ง 4 ตัวในเครื่องชั่งน้ำหนักเข้ากับโมดูล HX711 และอาร์ดูโน้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการต่อวงจร ตามรูปที่ 3.4 จากนั้นทำการเขียนโค้ด เพื่ออ่านค่าจากเครื่องชั่งน้ำหนัก ผ่านโมดูล HX711 ค่าที่อ่านได้จะแสดงบนซีเรียลมอนิเตอร์ (Serial Monitor) จากนั้นทำการสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักให้ค่าที่อ่านได้ตรงกับน้ำหนักจริงของวัตถุ โดยการปรับค่า `calibrate_factor` ในโค้ด

```

if(Serial.available())
{
  char temp = Serial.read();
  if(temp == '+' || temp == 'a')
    calibration_factor += 10;
  else if(temp == '-' || temp == 'z')
    calibration_factor -= 10;
}

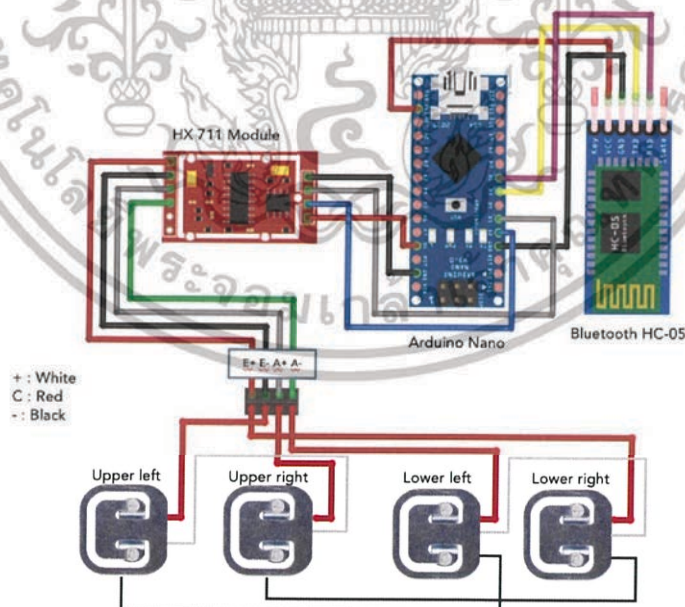
```

รูปที่ 3.5 โค้ดอาร์ดูโน้ในการสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนัก

### 3.3.2 การรับข้อมูลจากเครื่องชั่งน้ำหนักโดยการสื่อสารผ่านโมดูลบลูทูธ HC-05

#### 3.3.2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก

เมื่อเครื่องชั่งน้ำหนักผ่านการสอบเทียบเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการรับข้อมูลจากเครื่องชั่งน้ำหนักมาแสดงที่ซีเรียลมอนิเตอร์ผ่านบลูทูธ โดยที่เครื่องชั่งน้ำหนักจะต่อเข้ากับบลูทูธที่ทำหน้าที่ในโหมดมาสเตอร์ เพื่อส่งค่าไปยังอาร์ดูโน้ที่ต่อเข้ากับบลูทูธที่ทำหน้าที่ในโหมดสลาฟ เพื่อรับค่ามาแสดงผล



รูปที่ 3.6 วงจรทั้งหมดภายในเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยมีการเชื่อมต่อโหนดเซลล์ทั้ง 4 ตัวเข้ากับโมดูล HX711, อาร์ดูโน้ และบลูทูธ

หมายเหตุ ในขั้นตอน 3.3.2.1 ได้เปลี่ยนจากการใช้ Arduino Uno R3 ไปเป็น Arduino Nano

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

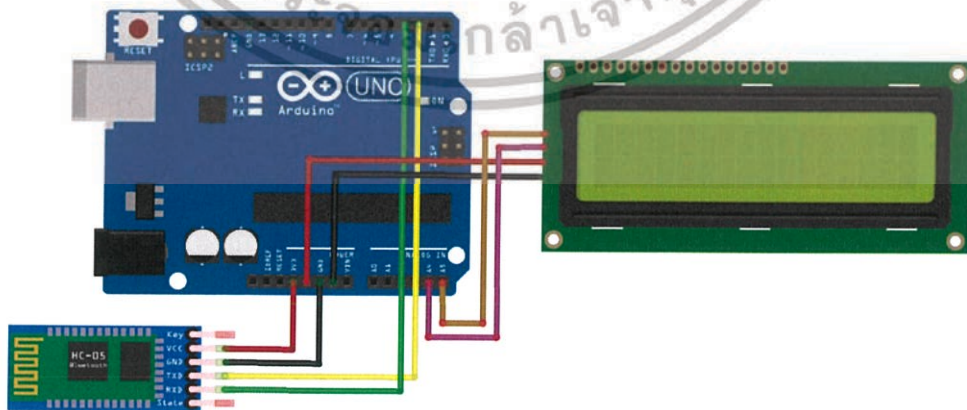
if (c == 0)
{
  float data = scale.get_units();
  a = data * 100;
  if (a == b && a >= 30)
  {
    c = 2;
  }
  b = a;
  if (c == 2)
  {
    d = a;
    val = d / 100;
    Serial.print(val);
    mySerial.print(val);
    Serial.println(" kg.");
  }
}
else
{
  delay(500);
  float data = scale.get_units();
  a = data * 100;
  if(a <= 30)
  {
    c=0;
  }
}
}

```

รูปที่ 3.7 โค้ดอาร์ดูโน้ที่เครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูล

### 3.3.2.2 อุปกรณ์รับส่งข้อมูล (Data Transmission device)

เชื่อมต่อเอ็นบีไอโอทีชิลด์ (NB-IoT Shield) เข้ากับอาร์ดูโน้ที่เชื่อมต่อกับโมดูลบลูทูธที่ทำหน้าที่ในโหนดสลาฟเพื่อสามารถรับข้อมูลมาจากเครื่องชั่งน้ำหนัก และเชื่อมต่อกับจอแอลซีดีเพื่อให้มีการแสดงผลข้อมูลน้ำหนัก จากนั้นเขียนโค้ดส่งข้อมูลไปจัดเก็บลงฐานข้อมูล โดยใช้เอ็นบีไอโอทีเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลไปที่เซิร์ฟเวอร์ผ่านคลื่นสัญญาณโทรศัพท์



fritzing

รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่ออาร์ดูโน้เข้ากับบลูทูธและจอแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (mySerial.available() > 0)
{
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print("Wait...");
  data = mySerial.read();
  delay(3);
  val += (char)data;
  a = 1;|
}

```

รูปที่ 3.9 โค้ดอาร์ดูโนที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูล เพื่อทำการรับข้อมูลจากเครื่องซึ่งนำหน้าและแสดงผลบนจอแอลซีดี

### 3.3.3 การส่งข้อมูลจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล

เมื่ออาร์ดูโนรับข้อมูลจากเครื่องซึ่งนำหน้ามายังอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (Data transmission device) จะมีการเขียนโค้ดให้มีการส่งข้อมูลไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลบน phpMyAdmin ผ่าน เอ็นบีไอโอที ที่มีรูปแบบการส่งข้อมูลแบบโพรโทคอลยูดีพี (UDP Protocol) โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านการทำงานบนโปรแกรม Node-red

```

String udpRemoteIP = "13.229.229.244"; // Your Server IP
String udpRemotePort = "50005"; // Your Server Port

```

รูปที่ 3.10 โค้ดอาร์ดูโนที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูล เพื่อทำการประกาศตัวแปร server ip และ port ที่รองรับ

```

/* send data to node red */
modem.sendUDPstr(udpRemoteIP, udpRemotePort, val);
Serial.println("Sent = OK!");

```

รูปที่ 3.11 โค้ดอาร์ดูโนที่อุปกรณ์รับส่งข้อมูล เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Node-red

## 3.4 การออกแบบและจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล

### 3.4.1 การสร้างเซิร์ฟเวอร์ส่วนตัว

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) คือ Amazon Web Service ที่ใช้เพื่อสร้างและรันเครื่องเสมือนในระบบคลาวด์ AWS โดยเรียกเครื่องเสมือนเหล่านี้ว่า “อินสแตนซ์”

#### 3.4.1.1 ตั้งค่าและลงชื่อสมัครใช้งาน AWS

#### 3.4.1.2 เปิดใช้งาน Amazon EC2 Instance

ในแดชบอร์ด (Dashboard) Amazon EC2 เลือก “Launch Instance” (เปิดใช้งานอินสแตนซ์) เพื่อสร้างและกำหนดค่าเครื่องเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Resources

You are using the following Amazon EC2 resources in the US East (N. Virginia) region:

- 0 Running Instances
- 0 Elastic IPs
- 0 Volumes
- 0 Snapshots
- 0 Key Pairs
- 0 Load Balancers
- 0 Placement Groups
- 1 Security Groups

**Create Instance**

To start using Amazon EC2 you will want to launch a virtual server, known as an Amazon EC2 instance.

**Launch Instance**

Note: Your instances will launch in the US East (N. Virginia) region.

Service Health

Service Status: US East (N. Virginia): This service is operating normally

Availability Zone Status:

- us-east-1a: Availability zone is operating normally
- us-east-1b: Availability zone is operating normally
- us-east-1c: Availability zone is operating normally
- us-east-1e: Availability zone is operating normally

Scheduled Events

US East (N. Virginia): No events

### รูปที่ 3.12 การเปิดใช้งาน Amazon EC2 Instance

#### 3.4.1.3 กำหนดค่าอินสแตนซ์

- เลือก Amazon Machine Image (AMI) AMI คือ เทมเพลตเซิร์ฟเวอร์ที่กำหนดค่าไว้ล่วงหน้า ซึ่งสามารถใช้เพื่อเปิดใช้งานอินสแตนซ์ แต่ละ AMI มีระบบปฏิบัติการหนึ่งระบบ และสามารถรวมแอปพลิเคชันและเซิร์ฟเวอร์แอปพลิเคชันได้ ใช้ Ubuntu Server 18.04 และคลิก Select

Step 1: Choose an Amazon Machine Image (AMI)

Root device type: ebs Virtualization type: hvm

**SUSE Linux Enterprise Server 15 (HVM), SSD Volume Type** - ami-0920c364049458e86

SUSE Linux Enterprise Server 15 (HVM); EBS General Purpose (SSD) Volume Type; Public Cloud, Advanced Systems Management, Web and Scripting, and Legacy modules enabled

Root device type: ebs Virtualization type: hvm

**Ubuntu Server 18.04 LTS (HVM), SSD Volume Type** - ami-0c5199d385b432989

Ubuntu Server 18.04 LTS (HVM); EBS General Purpose (SSD) Volume Type; Support available from Canonical (<http://www.ubuntu.com/cloud/services>)

Root device type: ebs Virtualization type: hvm

**Are you launching a database instance? Try Amazon RDS.**

Amazon Relational Database Service (RDS) makes it easy to set up, operate, and scale your database on AWS by automating time-consuming database management tasks. With RDS, you can easily deploy **Amazon Aurora, MariaDB, MySQL, Oracle, PostgreSQL, and SQL Server** databases on AWS. Aurora is a MySQL- and PostgreSQL-compatible, enterprise-class database at 1/10th the cost of commercial databases. [Learn more about RDS](#)

**Launch a database using RDS**

**Ubuntu Server 14.04 LTS (HVM), SSD Volume Type** - ami-039950107c4a0d878

Ubuntu Server 14.04 LTS (HVM); EBS General Purpose (SSD) Volume Type; Support available from Canonical (<http://www.ubuntu.com/cloud/services>)

Root device type: ebs Virtualization type: hvm

**Microsoft Windows Server 2019 Base** - ami-0bdcef808b488bca4

Microsoft Windows 2019 Datacenter edition. [English]

Root device type: ebs Virtualization type: hvm

### รูปที่ 3.13 การเลือก Amazon Machine Image (AMI)

- เลือกประเภทอินสแตนซ์ โดยประเภทอินสแตนซ์ประกอบด้วยส่วนประกอบแตกต่างกัน ทั้งหน่วยความจำ พื้นที่จัดเก็บหน่วยความจำ และความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เลือก t2.micro และคลิก Review and Launch

### Step 2: Choose an Instance Type

Amazon EC2 provides a wide selection of instance types optimized to fit different use cases. Instances are virtual servers that can run applications. They have varying combinations of CPU, memory, storage, and networking capacity, and give you the flexibility to choose the appropriate mix of resources for your applications. Learn more about instance types and how they can meet your computing needs.

Filter by: All instance types Current generation Show/Hide Columns

Currently selected: t2.micro (Variable ECUs, 1 vCPU, 2.5 GHz, Intel Xeon Family, 1 GiB memory, EBS only)

Family	Type	vCPUs	Memory (GiB)	Instance Storage (GiB)	EBS-Optimized Available	Network Performance
General purpose	t2.micro	1	1	EBS only	-	Low to Moderate
General purpose	t2.small	1	2	EBS only	-	Low to Moderate
General purpose	t2.medium	2	4	EBS only	-	Low to Moderate
General purpose	t2.large	2	8	EBS only	-	Low to Moderate
General purpose	m4.large	2	8	EBS only	Yes	Moderate
General purpose	m4.xlarge	4	16	EBS only	Yes	High
General purpose	m4.2xlarge	8	32	EBS only	Yes	High
General purpose	m4.d4xlarge	16	64	EBS only	Yes	High
General purpose	m4.l4xlarge	40	160	EBS only	Yes	10 Gbps
General purpose	m3.medium	1	3.75	1 x 4 (SSD)	-	Moderate
General purpose	m3.large	2	7.5	1 x 32 (SSD)	-	Moderate
General purpose	m3.xlarge	4	15	2 x 40 (SSD)	Yes	High
General purpose	m3.2xlarge	8	30	2 x 80 (SSD)	Yes	High

Cancel Previous **Review and Launch** Next Configure Instance Details

รูปที่ 3.14 การเลือกประเภทอินสแตนซ์

- ตรวจสอบการกำหนดค่า พื้นที่จัดเก็บ การติดแท็ก และการตั้งค่าความปลอดภัย  
คลิก Launch

### Step 7: Review Instance Launch

Please review your instance launch details. You can go back to edit changes for each section. Click Launch to assign a key pair to your instance and complete the launch process.

AMI Details Edit AMI

Free tier eligible

Ubuntu Server 18.04 LTS (HVM), SSD Volume Type - ami-0c51903385b432369

Ubuntu Server 18.04 LTS (HVM) EBS-Optimized (SSD) Volume Type, Support available from Canonical <https://www.ubuntu.com/cloud/services>

Root Device Type: ebs Virtualization Type: hvm

Instance Type Edit instance type

Instance Type	ECUs	vCPUs	Memory (GiB)	Instance Storage (GiB)	EBS-Optimized Available	Network Performance
t2.micro	Variable	1	1	EBS only	-	Low to Moderate

Security Groups Edit security groups

Security group name: launch-wizard-2

Description: launch-wizard-2 created 2019-02-18T11:30:47.974+07:00

Type (1) Protocol (1) Port Range (1) Source (1) Description (1)

This security group has no rules.

Instance Details Edit instance details

Storage Edit storage

Tags Edit tags

Cancel Previous **Launch**

รูปที่ 3.15 ตรวจสอบการตั้งค่าอินสแตนซ์

- สร้างคีย์ คู่คีย์จะใช้ในการเข้าถึงอินสแตนซ์ Linux อย่างปลอดภัยโดยใช้ SSH AWS จัดเก็บส่วนที่เป็นสาธารณะของคีย์  
เลือก Create a new key pair และตั้งชื่อว่า MyKeyPair จากนั้นคลิกปุ่ม Download Key Pair หลังจากนั้นให้จัดเก็บคีย์ในตำแหน่งที่ปลอดภัย แล้วคลิก Launch Instance เพื่อเริ่มต้นใช้ อินสแตนซ์ Linux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Select an existing key pair or create a new key pair** ✕

A key pair consists of a **public key** that AWS stores, and a **private key file** that you store. Together, they allow you to connect to your instance securely. For Windows AMIs, the private key file is required to obtain the password used to log into your instance. For Linux AMIs, the private key file allows you to securely SSH into your instance.

Note: The selected key pair will be added to the set of keys authorized for this instance. Learn more about [removing existing key pairs from a public AMI](#).

Create a new key pair

**Key pair name**

MyKeyPair

Download Key Pair

You have to download the **private key file** (\*.pem file) before you can continue. **Store it in a secure and accessible location.** You will not be able to download the file again after it's created.

Cancel Launch Instances

รูปที่ 3.16 การสร้างคีย์

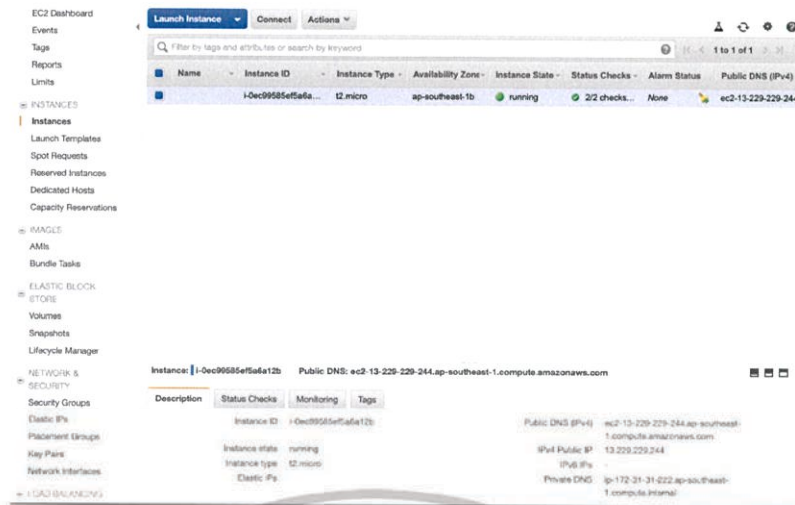
5. คลิก View Instances บนหน้าจอถัดไปเพื่อดูอินสแตนซ์และสถานะของอินสแตนซ์ที่เพิ่งเริ่มใช้



รูปที่ 3.17 ตรวจสอบสถานะอินสแตนซ์ที่เริ่มใช้งาน

6. คอลัมน์ Instance State บนอินสแตนซ์จะเปลี่ยนเป็น “running” และที่อยู่ IP สาธารณะจะปรากฏขึ้น สามารถรีเฟรชคอลัมน์ Instance State ได้โดยการกด refresh button ด้านขวาเหนือตาราง คัดลอก Public IP address ของอินสแตนซ์ AWS เอาไว้เพื่อให้งานใช้งานได้เมื่อเชื่อมต่อกับอินสแตนซ์โดยใช้ SSH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 สถานะการทำงานของอินสแตนซ์

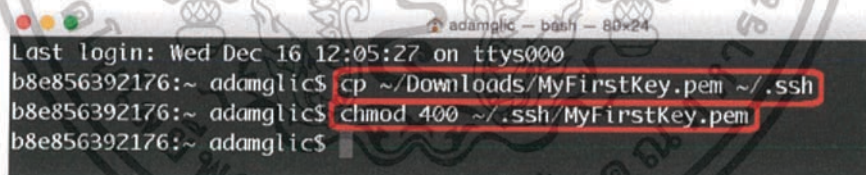
#### 3.4.1.4 เชื่อมต่อกับอินสแตนซ์

เมื่อเปิดใช้งานอินสแตนซ์ จากนั้นทำการเชื่อมต่ออินสแตนซ์โดยใช้ SSH สำหรับผู้ใช้

Mac/Linux user: เลือก Mac / Linux

1. คอมพิวเตอร์ Mac หรือ Linux จะมีโคลเอนต์ SSH รวมอยู่แล้วตามค่าเริ่มต้น สามารถตรวจหาโคลเอนต์ SSH ได้โดยพิมพ์ `ssh` ที่บรรทัดคำสั่ง
2. เปิดหน้าต่างเทอร์มินัล ใช้คำสั่ง `chmod` เพื่อให้แน่ใจว่าไฟล์คีย์ส่วนตัวไม่สามารถดูจากสาธารณะได้ โดยการป้อนคำสั่งต่อไปนี้ เพื่อจำกัดสิทธิ์ให้คีย์ SSH ส่วนตัว:

`chmod 400 ~/.ssh/MyKeyPair.pem`



รูปที่ 3.19 ป้อนคำสั่งจำกัดสิทธิ์ให้คีย์ SSH ส่วนตัว

3. ใช้ SSH เพื่อเชื่อมต่อไปยังอินสแตนซ์ ในกรณีนี้ชื่อผู้ใช้คือ `ec2-user` ส่วนคีย์ SSH จะถูกเก็บไว้ในไดเรกทอรีที่ได้บันทึกไว้ และที่อยู่ IP รูปแบบคือ:  
`ssh -i {full path of your .pem file} ec2-user@{instance IP address}`  
 ใส่รายละเอียดดังต่อไปนี้  
`ssh -i ~/.ssh/MyKeyPair.pem ec2-user@{IP_Address}`  
 ตัวอย่าง: `ssh -i ~/.ssh/MyKeyPair.pem ec2-user@13.229.229.244)`  
 ระบบจะขึ้นข้อความโต้ตอบที่คล้ายกับข้อความต่อไปนี้:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

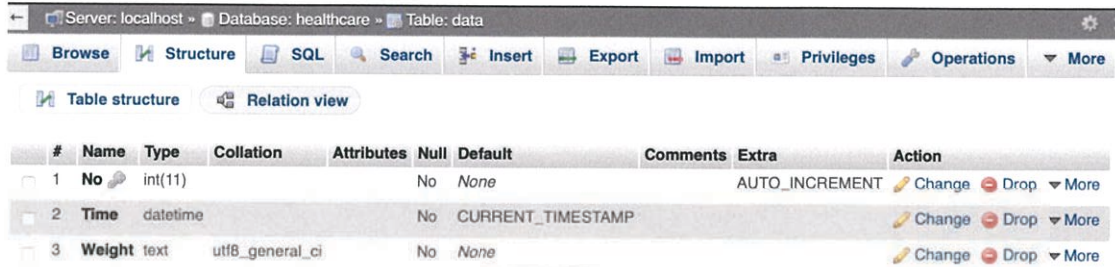


ข้อมูลในตารางมีดังนี้

No คือ ลำดับของข้อมูล

Time คือ เวลาและวันที่ ที่ได้รับข้อมูล

Weight คือ ข้อมูลที่รับเข้ามา เป็นน้ำหนักที่ได้จากการชั่งน้ำหนัก

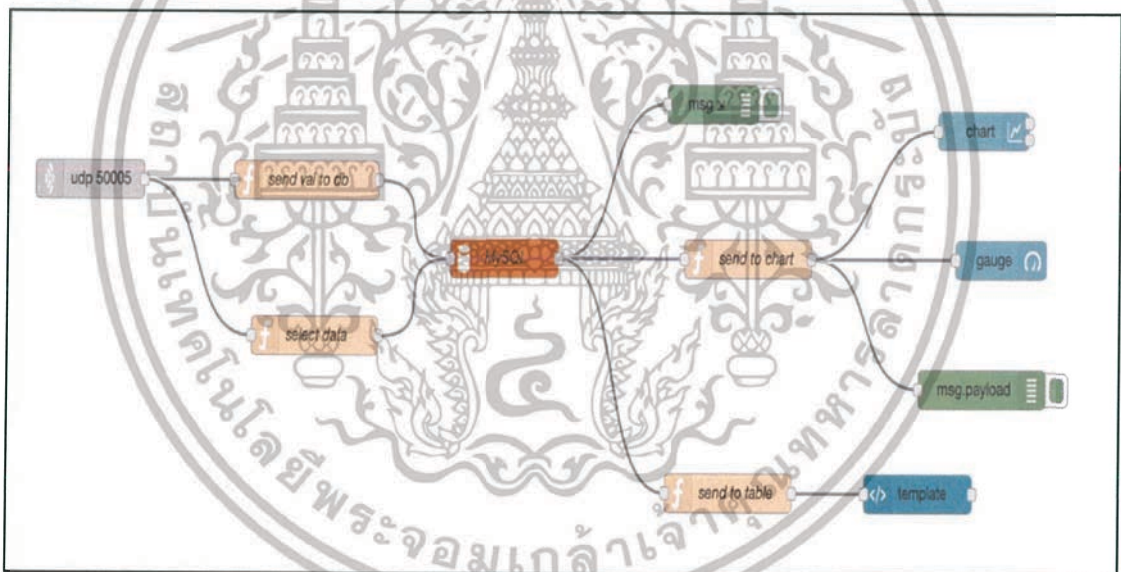


#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	No	int(11)			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop More
2	Time	datetime			No	CURRENT_TIMESTAMP			Change Drop More
3	Weight	text	utf8_general_ci		No	None			Change Drop More

รูปที่ 3.24 ข้อมูลในตารางเมื่อสร้างเสร็จ

### 3.4.2 การออกแบบ flow บน Node-red

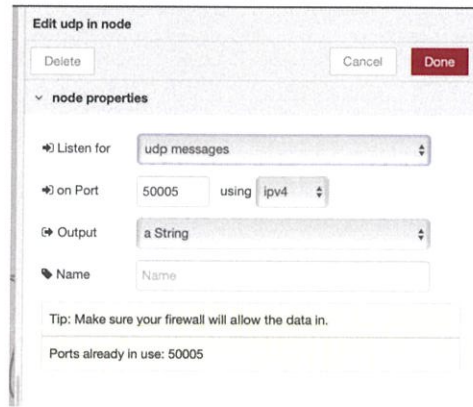
Node-RED เป็นการจำลองระบบ (Virtual Tool) ซึ่งเชื่อมโยงฮาร์ดแวร์เซอร์วิสและ API ต่าง ๆ เข้าด้วยกันในลักษณะ Flow-Base



รูปที่ 3.25 ออกแบบการทำงานบน Node-red

1. รับข้อมูลจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (Data Transmission device) โดยมี เอ็นบีไอโอที เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลมายังเซิร์ฟเวอร์ผ่าน โพรโทคอลยูดีพี ที่พอร์ต 50005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



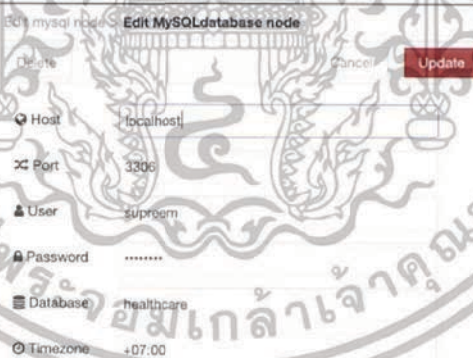
รูปที่ 3.26 การตั้งค่าโหนดโปรโทคอลยูดีพี

2. สร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด send val to db เพื่อทำการส่งข้อมูลที่ได้รับไปจัดเก็บลงฐานข้อมูล (MySQL)



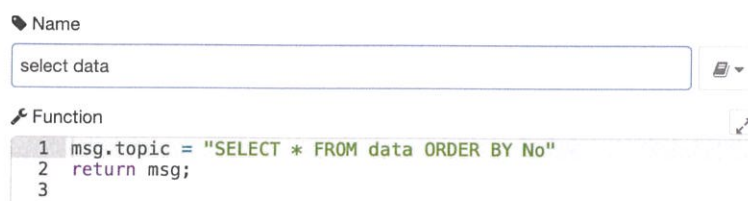
รูปที่ 3.27 การสร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด send val to db

3. โหนด MySQL จะเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลใน phpMyAdmin



รูปที่ 3.28 การตั้งค่าโหนด MySQL

4. สร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด select data เพื่อทำการเลือกข้อมูลจากฐานข้อมูลในตาราง



รูปที่ 3.29 การสร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด select data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด send to chart เพื่อนำข้อมูลที่เลือกมาไปแสดงผลผ่านหน้าแอปพลิเคชัน

```

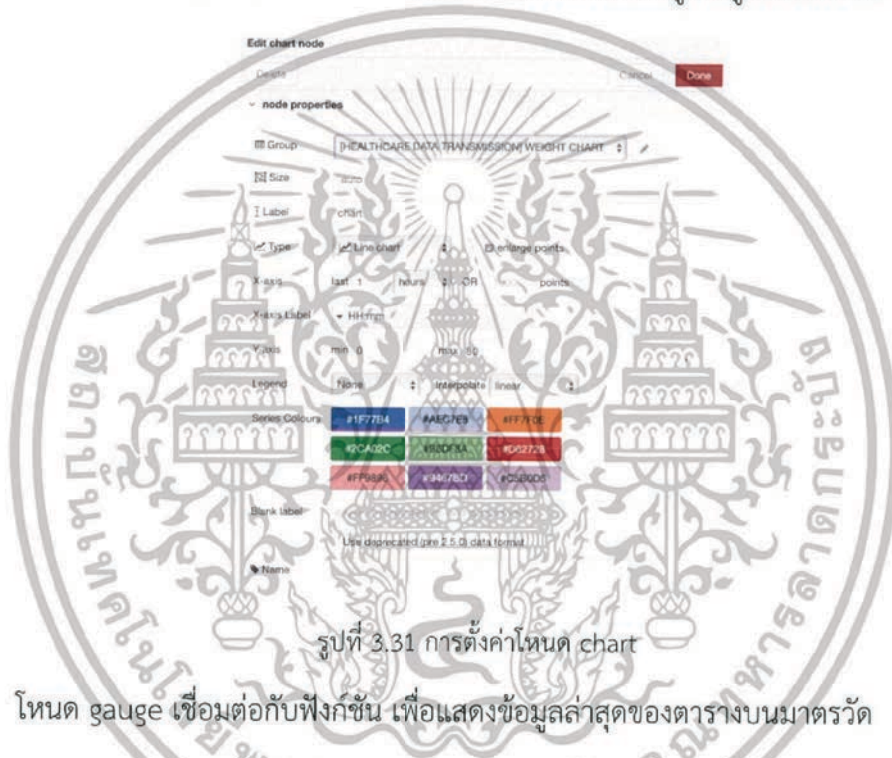
Name
send to chart

Function
1 var str = msg.payload;
2 str = str[msg.payload.length-1]['Weight'];
3 msg.payload = str;
4 return msg;

```

รูปที่ 3.30 การสร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด send to chart

6. โหนด chart เชื่อมต่อกับฟังก์ชัน เพื่อแสดงแนวโน้มของข้อมูลในรูปแบบกราฟ



รูปที่ 3.31 การตั้งค่าโหนด chart

7. โหนด gauge เชื่อมต่อกับฟังก์ชัน เพื่อแสดงข้อมูลล่าสุดของตารางบนมาตรวัด



รูปที่ 3.32 การตั้งค่าโหนด gauge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สร้างฟังก์ชันการทำงานที่โหนด send to table เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดแสดงผลบนตาราง
9. โหนด template เป็นการออกแบบตาราง เพื่อใส่ข้อมูลทำการวัดตามเวลาและวันที่

Template type: Widget in group

Group: [HEALTHCARE DATA TRANSMISSION] TABLE

Size: auto

Name:

Pass through messages from input.

Add output messages to stored state.

Template

```

1 <table id = "table" border = "1" width = "100%">
2 <tr>
3 <th>No.</th>
4 <th>Date/Time</th>
5 <th>Weight</th>
6 </tr>
7 <tbody>
8 <tr ng-repeat = "row in msg.payload">
9 <td align="center" ng-repeat = "item in row">{{item}}</td>
10 </tr>
11 </tbody>
12 </table>
13

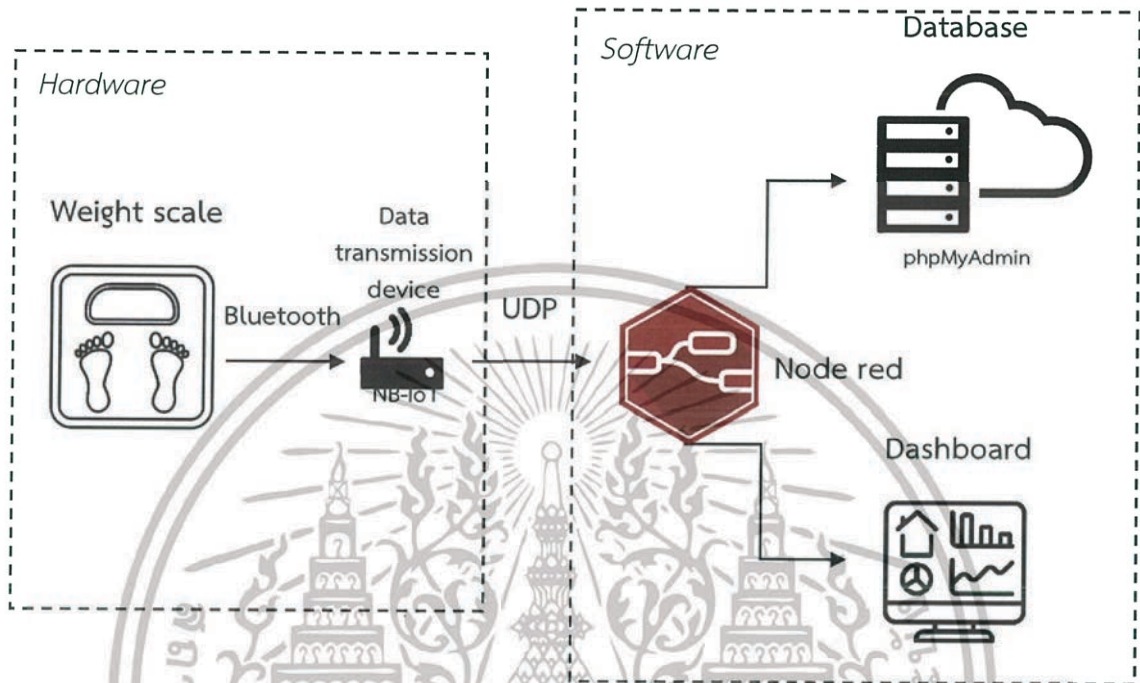
```

รูปที่ 3.33 การตั้งค่าโหนด template

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการส่งข้อมูลไปที่ฐานข้อมูลและแสดงบนแดชบอร์ด (Dashboard)

การทำงานของระบบการส่งข้อมูลสุขภาพจากเครื่องชั่งน้ำหนัก ผ่านอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (Data transmission device) โดยรับข้อมูลผ่านบลูทูธ และส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านตัวกลางเอ็นบีไอโอที (NB-IoT) โดยข้อมูลที่ได้จะถูกจัดเก็บลงฐานข้อมูล (Database) และมีการแสดงผลผ่านทางหน้าแดชบอร์ด (Dashboard) ดังรูปที่ 4.1

จากการกำหนดข้อมูลเฉพาะของเครื่อง คำนวณและออกแบบการทำงานของวงจรย่อยแต่ละส่วน ตลอดจนการทำงานของวงจรโดยรวม และนำรูปแบบวงจรทั้งหมดมาประกอบ ซึ่งในแต่ละส่วนพบปัญหา อุปสรรค และได้ผลการทำงานดังนี้

#### 4.1 การแสดงผลในส่วนของเครื่องชั่งน้ำหนัก

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับเครื่องชั่งน้ำหนักและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลอย่างเรียบร้อย หน้าจอแอลซีดีจะแสดงคำว่า Healthcare Data Project ดังรูปที่ 4.2 หลังจากนั้น จะแสดงคำว่า Weight scale ดังรูปที่ 4.3 เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทำงาน

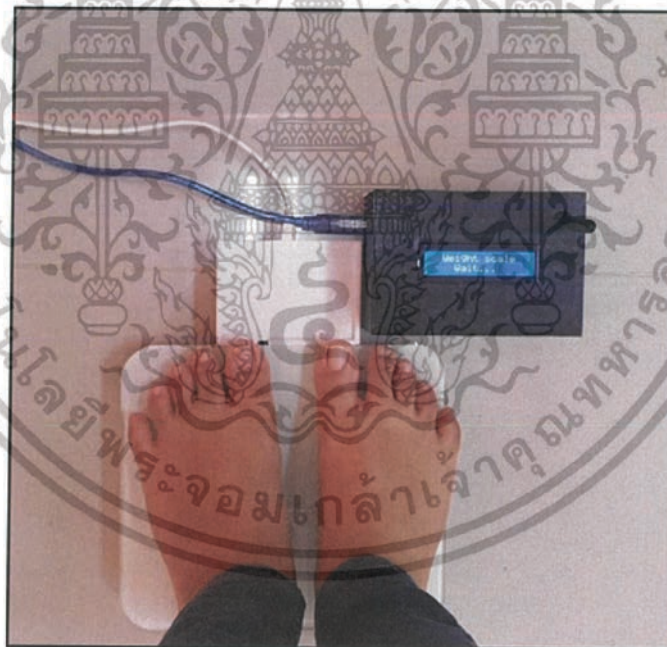


รูปที่ 4.2 จอแอลซีดีแสดง Healthcare Data Project



รูปที่ 4.3 จอแอลซีดีแสดง Weight scale เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการชั่งน้ำหนัก

ในการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก เมื่อผู้ทดลองทำการชั่งน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.4 บนหน้าจอลซีดีจะแสดงคำว่า Weight scale wait... ดังรูปที่ 4.5 เพื่อรอการประมวลผลและแสดงค่าน้ำหนักต่อไป



รูปที่ 4.4 ทดลองชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 4.5 จอแอลซีดีแสดงคำว่า wait... เพื่อรอการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าน้ำหนักจะถูกแสดงบนหน้าจอแอลซีดี ดังรูปที่ 4.6



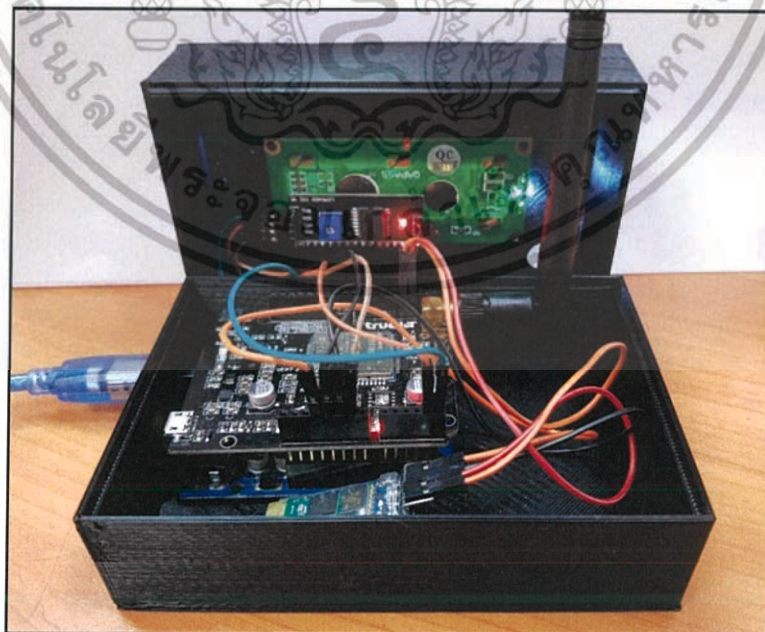
รูปที่ 4.6 จอแอลซีดีแสดงค่าน้ำหนัก

ในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ทั้งหมดจะมีเครื่องชั่งน้ำหนักและอุปกรณ์รับส่งข้อมูล ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เครื่องชั่งน้ำหนักและกล่องอุปกรณ์รับส่งข้อมูล

ภายในกล่องอุปกรณ์รับส่งข้อมูลจะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.8

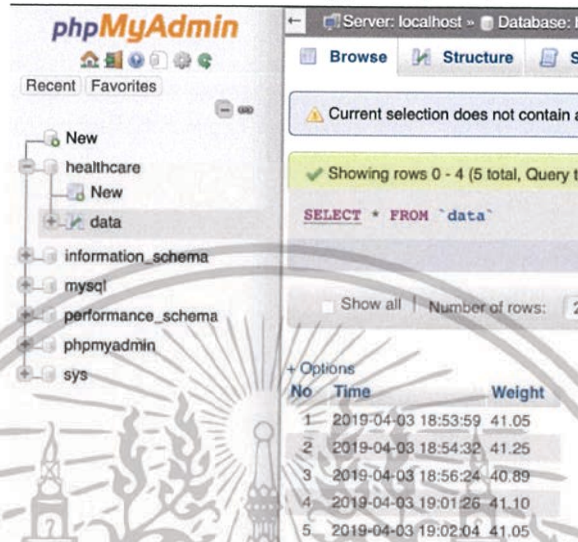


รูปที่ 4.8 ภายในกล่องอุปกรณ์รับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล

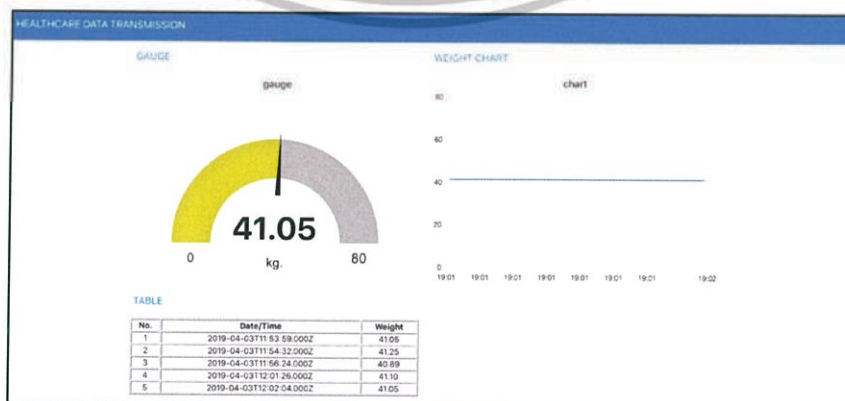
เมื่อทำการซิงค์น้ำหนักแล้ว ข้อมูลน้ำหนักจะถูกส่งไปจัดเก็บบนฐานข้อมูล phpMyAdmin ในตารางที่ได้สร้างไว้ ซึ่งมีการระบุลำดับ วันที่ และเวลา ตามที่ทำการวัดค่า ดังรูปที่ 4.9 และเมื่อต้องการดูข้อมูลโดยรวมภายหลัง สามารถล็อกอินเข้าสู่ฐานข้อมูลได้ทุกเมื่อ



รูปที่ 4.9 ฐานข้อมูล phpMyAdmin

## 4.3 การแสดงผลบนแดชบอร์ด (Dashboard)

ส่วนของแดชบอร์ดเมื่อทำการซิงค์น้ำหนัก ข้อมูลจะถูกส่งมาแสดงบนหน้าเว็บนี้ได้อย่างทันที ซึ่งเป็นการแสดงผลข้อมูลตามเวลาจริง (Real time) โดยการซิงค์น้ำหนักครั้งล่าสุด ข้อมูลจะปรากฏบนมาตรวัด (Gauge) ในหน่วยกิโลกรัม และมีการแสดงการพล็อตกราฟ (Weight chart) ของข้อมูลน้ำหนักตามเวลา โดยที่แกน x คือ เวลาที่ทำการซิงค์น้ำหนัก และแกน y คือ ค่าน้ำหนัก อีกทั้งมีตาราง (Table) แสดงค่าน้ำหนักที่วัดได้ทั้ง ตามวันที่และเวลา ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 หน้าแดชบอร์ด (Dashboard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผล

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้มีการสร้างระบบจัดเก็บข้อมูลสุขภาพเพื่อติดตามรักษาผู้ป่วยเรื้อรังในพื้นที่ไร้สัญญาณอินเทอร์เน็ต เพื่อลดขั้นตอนการจัดเก็บข้อมูลของเจ้าหน้าที่ ที่มีความเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูลขณะเคลื่อนย้าย และเพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการเข้าถึงและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

โดยหลักการทำงานคือการส่งข้อมูลสุขภาพจากเครื่องมือวัดผ่านตัวกลาง เอ็นบีไอโอที (NB-IoT) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานภายใต้สัญญาณโทรศัพท์ ให้มีการส่งข้อมูลไปจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลได้ทันที และมีการแสดงผลผ่านทางหน้าแดชบอร์ด (Dashboard)

จากการทดสอบการทำงานของระบบการจัดเก็บข้อมูลสุขภาพพบว่า เมื่อทำการวัดข้อมูลจากเครื่องมือวัดในที่นี้ คือเครื่องชั่งน้ำหนัก ข้อมูลจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล (Data Transmission device) ซึ่งจะมีหน้าจอแสดงผลข้อมูล (LCD) จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปจัดเก็บลงฐานข้อมูล phpMyAdmin และแสดงผลผ่านแดชบอร์ด

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

##### 5.2.1 การระบุตัวตนในฐานข้อมูล

###### ปัญหา

ฐานข้อมูลไม่สามารถระบุตัวตนของข้อมูลได้ เนื่องจากต้องมีการระบุตัวตนตั้งแต่ก่อนวัดข้อมูลสุขภาพ แล้วส่งข้อมูลไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลก่อน

###### แนวทางการแก้ไข

สามารถระบุตัวตนโดยการใช้ เทคโนโลยีแบบ RFID คือ ความสามารถในการอ่านข้อมูลของฉลากได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัส สามารถอ่านค่าได้แม่นยำแม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก และสามารถอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง

##### 5.2.2 ความไม่แน่นอนในการส่งข้อมูล

###### ปัญหา

เนื่องจาก เอ็นบีไอโอที มีการสื่อสารแบบโพรโทคอลยูดีพี (UDP) คือ มีการส่งข้อมูลที่รวดเร็วและมีขนาดเล็ก แต่มีข้อเสียคือไม่มีการทำงานเกี่ยวกับการส่งข้อมูลซ้ำหรือคำนวณอัตราการส่งข้อมูล ซึ่งจะเหมาะกับการส่งข้อมูลตามเวลาจริง (real time) ซึ่งข้อมูลที่สูญหายบางส่วนหรือข้อมูลที่เกิดการล่าช้า (delay) จะถูกละความสนใจไป โดยยูดีพีจะไม่มีการสร้างขั้นตอนการสื่อสารกับอุปกรณ์ปลายทางเกิดขึ้น ทำให้มีการการยืนยันการรับข้อมูลจากปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### แนวทางการแก้ไข

หากไม่เน้นเรื่องความเร็วในการส่งข้อมูลให้ใช้ การสื่อสารโพรโทคอลแบบทีซีพี (TCP) จะควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างแม่ข่ายถึงแม่ข่ายบนเครือข่าย เพื่อใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน โดยตัวโพรโทคอลจะรับประกันความถูกต้อง และลำดับของข้อมูลที่ส่งผ่านระบบเครือข่าย นอกจากนั้นทีซีพียังช่วยจำแนกข้อมูลให้ส่งผ่านไปยังแอปพลิเคชัน ที่ทำงานอยู่บนแม่ข่ายเดียวกันให้ถูกต้องด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] เครื่องชั่งไทย [ออนไลน์]. 2555 [ค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2561]. จาก <https://www.เครื่องชั่งไทย.com/digitalscale/how2use/การทำงานของเครื่องชั่ง/>.
- [2] วิธีการใช้งาน load cell กับ hx 711 amplifier module [ออนไลน์]. 2557 [ค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2561]. จาก <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module.html>.
- [3] ไมโครคอนโทรลเลอร์ [ออนไลน์]. 2552 [ค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2561]. จาก [http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP\\_Unit\\_1.pdf](http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf). 2561.
- [4] Bluetooth [ออนไลน์]. 2554 [ค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2561]. จาก <http://www.siamphone.com/news/bluetooth/page.htm>. 2561.
- [5] โมดูลบลูทูธ HC-05 [ออนไลน์]. 2556 [ค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2561]. จาก [http://synes.co.th/media/wysiwyg/Product/Wireless/RF/2400/Bluetooth/HC-05\\_Thai-Manual.pdf](http://synes.co.th/media/wysiwyg/Product/Wireless/RF/2400/Bluetooth/HC-05_Thai-Manual.pdf).
- [6] HX711 Weight Sensor Amplifier Module [ออนไลน์]. 2556 [ค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2561]. จาก <https://www.arduino.com/product/388/hx711-weight-sensor-amplifier-module-สำหรับ-load-cell>.
- [7] Internet of Things [ออนไลน์]. 2559 [ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2561]. จาก [http://203.155.220.230/bmainfo/data\\_DDS/document/internet-of-things.pdf](http://203.155.220.230/bmainfo/data_DDS/document/internet-of-things.pdf).
- [8] การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ไอโอทีบนเครือข่ายไร้สาย [ออนไลน์]. 2559 [ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2561]. จาก [https://www.tci-thaijo.org/index.php/NBTC\\_Journal/article/Download/116003/89414/](https://www.tci-thaijo.org/index.php/NBTC_Journal/article/Download/116003/89414/).
- [9] เอ็นบีไอโอที [ออนไลน์]. 2561 [ค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2561]. จาก <https://www.macthai.com/2017/08/11/cellular-internet-of-things/>.
- [10] ความแตกต่างของโพรโทคอลแบบ ทีซีพี และ ยูดีพี [ออนไลน์]. 2558 [ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2561]. จาก <http://metrabyteone.co.th/1-12-tcp-คือ-udp-คือ-ต่างกันอย่างไร/>.
- [11] โพรโทคอลยูดีพี [ออนไลน์]. 2558 [ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2561]. จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ยูดีพี>.
- [12] MQTT และ CoAP โพรโทคอลสำหรับรับส่งข้อมูลบนเครือข่าย IoT [ออนไลน์]. 2556 [ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2561]. จาก <http://www.adslthailand.com/post/mqtt-coap-comparison-iot-protocol>.
- [13] ระบบจัดการฐานข้อมูล [ออนไลน์]. 2557 [ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2562]. จาก <http://www.ict.up.ac.th/worrakits/Database.files/charpcter2.pdf>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] ระบบคลาวด์ [ออนไลน์]. 2555 [ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2562]. จาก <https://www.Gotoknow.org/posts/558104>.
- [15] ประเภทของระบบคลาวด์ [ออนไลน์]. 2555 [ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2562]. จาก <http://mindphp.com/บทความ/91-hosting/5015-what-is-cloud-storage.html>.
- [16] การเลือกใช้ระบบคลาวด์ [ออนไลน์]. 2558 [ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2562]. จาก <https://www.mmthailand.com/cloud-storage-บริการเก็บไฟล์บน-internet/>.
- [17] การใช้งานAmazon EC2 [ออนไลน์]. 2557 [ค้นเมื่อ 24 มกราคม 2562]. จาก [https://aws.amazon.com/th/ec2/?nc2=h\\_m1](https://aws.amazon.com/th/ec2/?nc2=h_m1).
- [18] Node-red [ออนไลน์]. 2559 [ค้นเมื่อ 24 มกราคม 2562]. จาก <https://nodered.org/about/>. 2562.
- [19] phpMyAdmin [ออนไลน์]. 2556 [ค้นเมื่อ 24 มกราคม 2562]. จาก <https://www.phpmyadmin.net>.
- [20] คู่มือการใช้งาน phpMyAdmin [ออนไลน์]. 2556 [ค้นเมื่อ 24 มกราคม 2562]. จาก <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2285-phpmyadmin-คืออะไร.html>.

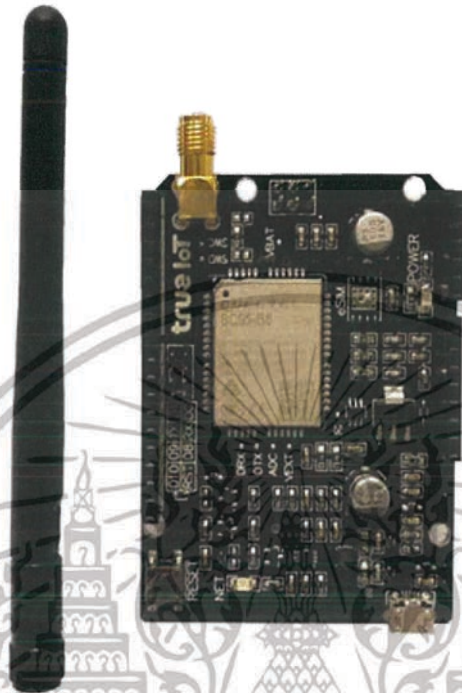




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## True NB-IoT board (NB-IoT Shield for Arduino)

truemove 



ชื่อสินค้า : True NB-IoT board

แบรนด์ : True IoT

### ลักษณะเด่น

- True NB-IoT board (หรือที่เรียกทางเทคนิคว่า NB-IoT Shield for Arduino)
- บอร์ดสื่อสารสำหรับเครือข่าย NB-IoT (Narrow Band Internet of Things)
- ใช้โมดูลรุ่น BC95-B8 จาก Quectel ซึ่งรองรับการใช้งานในย่านความถี่ 900 MHz ของ True NB-IoT SIM
- พร้อมความสะดวกในการใช้งานผ่าน USB
- เหมาะสำหรับนักพัฒนาด้าน IoT หรือ นักประดิษฐ์ (Maker) เพื่อสร้างอุปกรณ์ หรือโซลูชัน IoT
- สำหรับใช้กับ Arduino Board
- ในโซลูชันนี้ ท่านจะได้ดังต่อไปนี้
- NB-IoT Shield for Arduino พร้อมซิมการ์ดสำหรับ True NB-IoT ติดตั้งมาในบอร์ด
- สัญญาเข้าถึงและใช้เครือข่าย True NB-IoT เป็นเวลา 1 ปี โดยไม่จำกัดปริมาณข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายละเอียดสินค้า

- ออกแบบโดยไข่มุกสื่อสาร BC95-B8 จาก Quectel Wireless Solutions Co., Ltd. ซึ่งเป็นโมดูลสื่อสารที่ได้รับอนุญาตจาก กสทช. อีกทั้งยังใช้พลังงานต่ำและง่ายต่อการพัฒนา
- รองรับความถี่ 900 MHz ในระบบ LTE-Cat.NB1
- รองรับความเร็วในการสื่อสารข้อมูลสูงสุดที่ 24 kbps (download) และ 15.625 kbps (upload)
- รองรับคำสั่ง AT Command 3GPP TS 27.007 V14.3.0 (2017-03) และ enhanced AT Command ของ Quectel สะดวกคือนักพัฒนาในการเขียนโปรแกรม
- รองรับโปรโตคอลต่างๆ UDP, CoAP, IPv4 ตามมาตรฐานของ NB-IoT
- ออกแบบเป็น Shield เสริมการทำงานของ Arduino
- สั่งงาน Serial UART ด้วย AT Command
- สามารถเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi ผ่าน USB ได้และสามารถเลือกใช้ผ่านทาง UART ได้
- มีไฟแสดงสถานะโมดูล เปิดการทำงาน (Status LED)
- มีคอนเน็คเตอร์สำหรับเสาอากาศสื่อสาร (Antenna) แบบ SMA
- มีช่องเสียบ SIM Card แบบ Push-Pull พร้อมวงจรป้องกันกระแสไฟฟ้ายากไฟฟ้าสถิตย์
- มีปุ่ม Reset เพื่อทำการสั่ง Reboot Module ด้วย Hardware
- บอร์ดสามารถเลือกแหล่งจ่ายไฟและช่องทางการสื่อสารได้โดยอัตโนมัติ (จาก USB หรือ Arduino)

## ข้อมูลทางเทคนิค

- NB-IoT module : Quectel BC95-B8
- Network Support : 900 MHz True LTE-Cat.NB1
- Data transmission rate:
- 24 kbps (Download)
- 15.625 kbps (Upload)
- NB-IoT protocol support : UDP, CoAP, IPv4
- SIM Socket : Hinged Lid
- UART Serial, AT Commands

## อุปกรณ์ภายในกล่อง

- True NB-IoT board
- Antenna
- NB-IoT SIM

## ขนาดและน้ำหนักแพ็คเกจ

- ขนาด 8 x 12 x 3 เซนติเมตร
- น้ำหนัก 150 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Arduino Nano 3.1

Item# ARMB-0022



### Overview:

Arduino Nano is a surface mount breadboard embedded version with integrated USB. It is a smallest, complete, and breadboard friendly. It has everything that Diecimila/Duemilanove has (electrically) with more analog input pins and onboard +5V AREF jumper. Physically, it is missing power jack. The Nano is automatically sense and switch to the higher potential source of power, there is no need for the power select jumper.

Nano's got the breadboard-ability of the Boarduino and the Mini+USB with smaller footprint than either, so users have more breadboard space. It's got a pin layout that works well with the Mini or the Basic Stamp (TX, RX, ATN, GND on one top, power and ground on the other). This new version 3.0 comes with ATMEGA328 which offer more programming and data memory space. It is two layers. That make it easier to hack and more affordable.

Electronics Source Co.,Ltd  
7/129 Central Pinklao Bldg., 17FL., Unit 1702  
Baromrachonnee Rd., Bangkok-noi, Bangkok 10700

Website : <http://www.es.co.th>  
Email : [info@es.co.th](mailto:info@es.co.th)  
Tel : (662) 884-9210 (6 line)  
Fax : (662) 884-9213-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Specifications:

Microcontroller	Atmel ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory bootloader)	32 KB (of which 2KB used by
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.70" x 1.70"



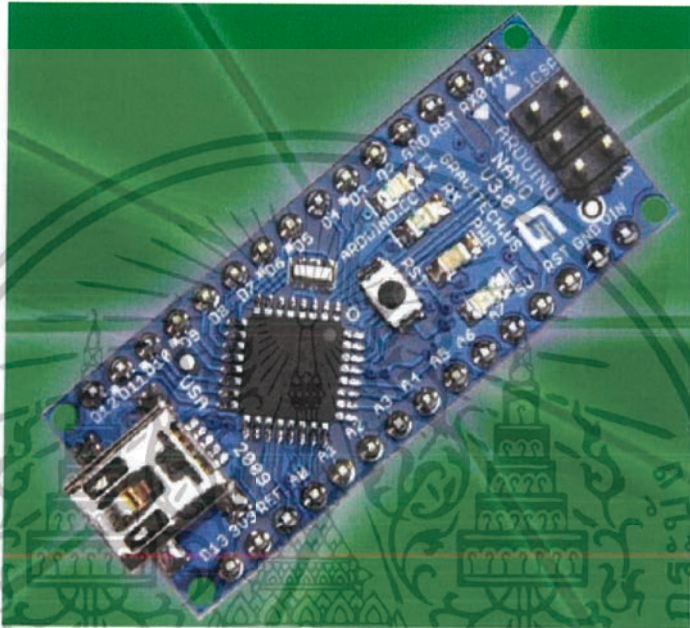
Electronics Source Co.,Ltd  
7/129 Central Pinklao Bldg., 17FL., Unit 1702  
Baromrachonnee Rd., Bangkok-noi, Bangkok 10700

Website : <http://www.es.co.th>  
Email : [info@es.co.th](mailto:info@es.co.th)  
Tel : (662) 884-9210 (6 line)  
Fax : (662) 884-9213-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# *Arduino Nano (V3.0)*

## *User Manual*



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

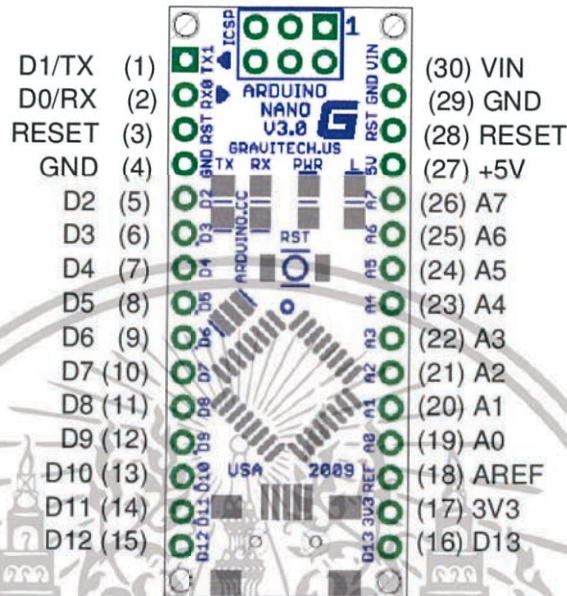
More information:

[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

Rev 3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

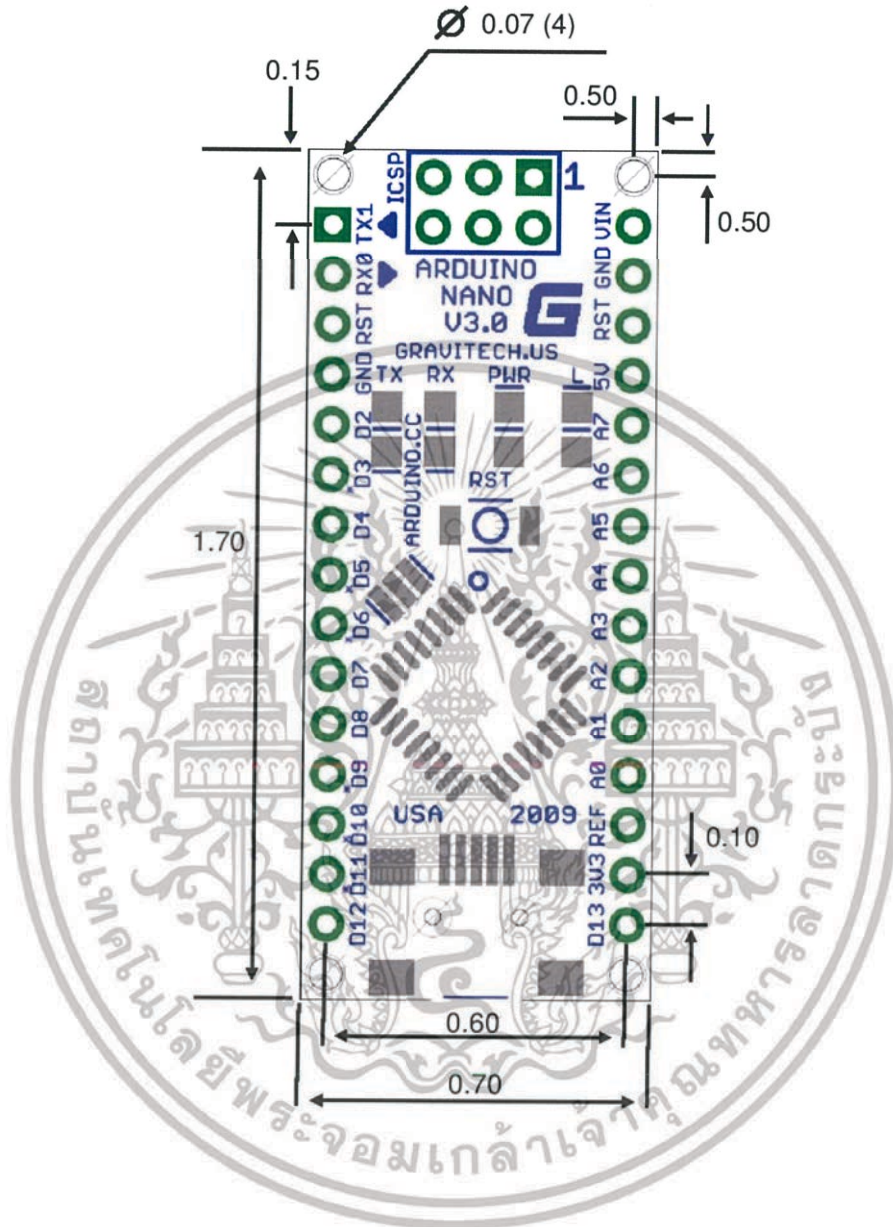
## Arduino Nano Pin Layout



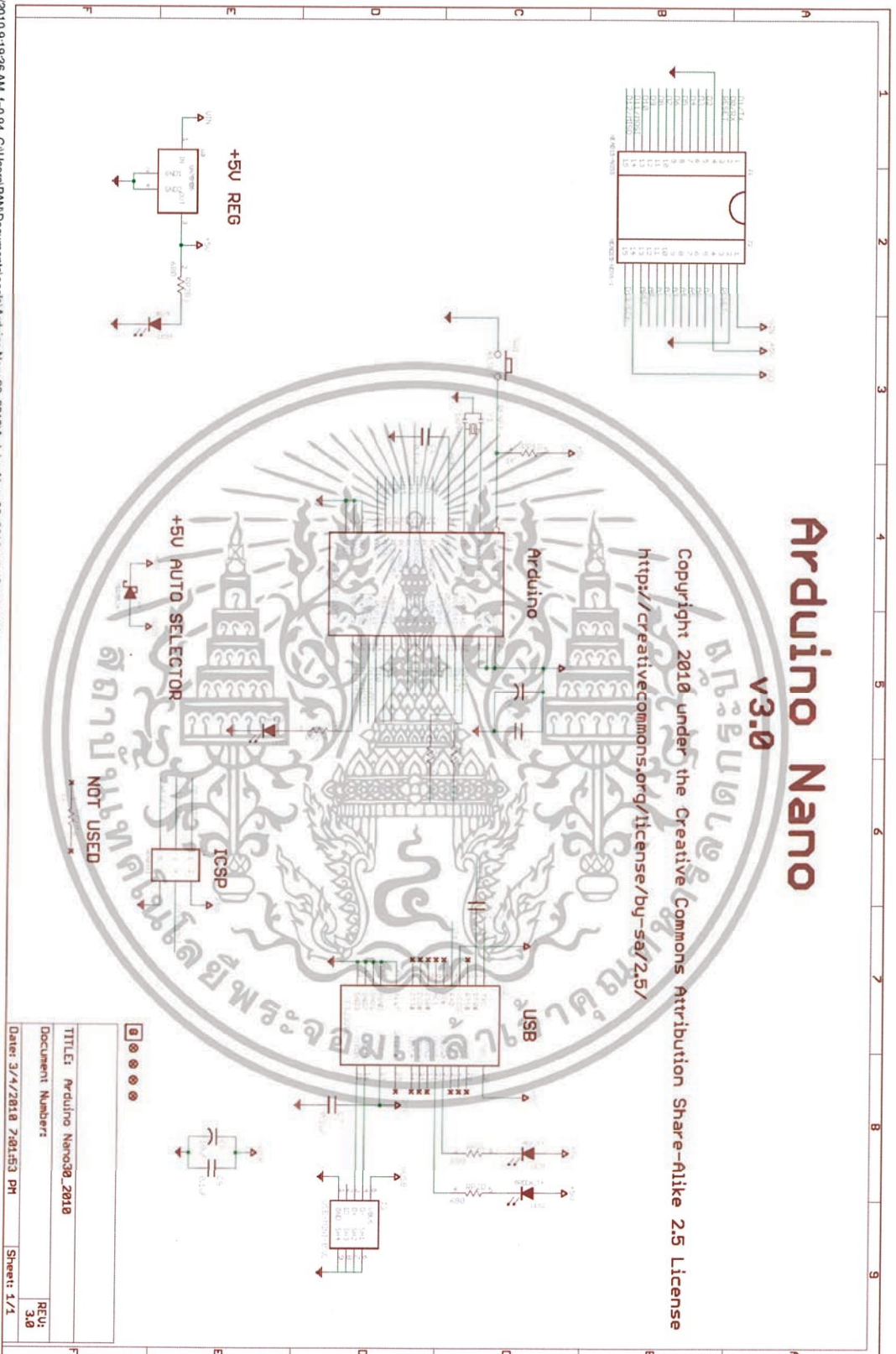
Pin No	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A0-A7	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Arduino Nano Mechanical Drawing



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

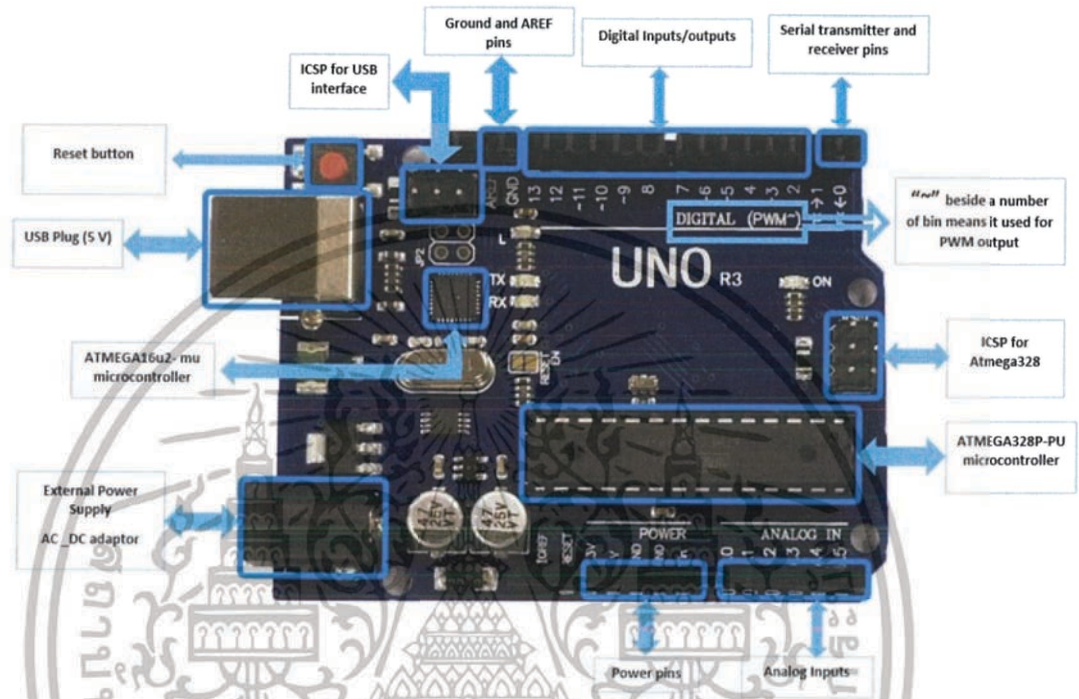


4/12/2010 9:19:36 AM 1-094 C:\Users\PAW\Documents\seag\Arduino Nano00\_2010\Arduino Nano00\_2010.sch (Sheet: 1/1)

TITLE:	Arduino Nano30_2010
Document Number:	
Date:	3/9/2010 7:01:53 PM
REV:	3.0
Sheet:	1/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Arduino Uno R3



### INTRODUCTION

Arduino is used for building different types of electronic circuits easily using of both a physical programmable circuit board usually microcontroller and piece of code running on computer with USB connection between the computer and Arduino.

Programming language used in Arduino is just a simplified version of C++ that can easily replace thousands of wires with words.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ARDUINO UNO-R3 PHYSICAL COMPONENTS

### ATMEGA328P-PU microcontroller

The most important element in Arduino Uno R3 is ATMEGA328P-PU is an 8-bit Microcontroller with flash memory reach to 32k bytes. It's features as follow:

- High Performance, Low Power AVR
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
  - 256/512/512/1K Bytes EEPROM
  - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
  - Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
  - Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I2 C compatible)
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Interrupt and Wake-up on Pin Change

• **Special Microcontroller Features**

- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
- Internal Calibrated Oscillator
- External and Internal Interrupt Sources
- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby

• **I/O and Packages**

- 23 Programmable I/O Lines
- 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF

• **Operating Voltage:**

- 1.8 - 5.5V

• **Temperature Range:**

- -40°C to 85°C

• **Speed Grade:**

- 0 - 4 MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz@2.7 - 5.5.V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V

• **Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C**

- Active Mode: 0.2 mA
- Power-down Mode: 0.1  $\mu$ A
- Power-save Mode: 0.75  $\mu$ A (Including 32 kHz RTC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- Pin configuration

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OG0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

#### ATMEGA16u2- mu microcontroller

Is a 8-bit microcontroller used as USB driver in Arduino uno R3 it's features as follow:

- High Performance, Low Power AVR
- Advanced RISC Architecture
  - 125 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- Non-volatile Program and Data Memories
  - 8K/16K/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
  - 512/512/1024 EEPROM
  - 512/512/1024 Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/ 100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
- In-System Programming by on-chip Boot Program hardware-activated after reset
- Programming Lock for Software Security
- **USB 2.0 Full-speed Device Module with Interrupt on Transfer Completion**
  - Complies fully with Universal Serial Bus Specification REV 2.0
  - 48 MHz PLL for Full-speed Bus Operation: data transfer rates at 12 Mbit/s
  - Fully independent 176 bytes USB DPRAM for endpoint memory allocation
  - Endpoint 0 for Control Transfers: from 8 up to 64-bytes
  - 4 Programmable Endpoints:
    - IN or Out Directions
    - Bulk, Interrupt and Isochronous Transfers
    - Programmable maximum packet size from 8 to 64 bytes
    - Programmable single or double buffer
  - Suspend/Resume Interrupts
  - Microcontroller reset on USB Bus Reset without detach
  - USB Bus Disconnection on Microcontroller Request
- **Peripheral Features**
  - One 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode (two 8-bit PWM channels)
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare and Capture Mode (three 8-bit PWM channels)
  - USART with SPI master only mode and hardware flow control (RTS/CTS)
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- **On Chip Debug Interface (debug WIRE)**
- **Special Microcontroller Features**
  - Power-On Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Five Sleep Modes: Idle, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- **I/O and Packages**
  - 22 Programmable I/O Lines
  - QFN32 (5x5mm) / TQFP32 packages

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V
- Operating temperature
  - Industrial (-40°C to +85°C)
- Maximum Frequency
  - 8 MHz at 2.7V - Industrial range
  - 16 MHz at 4.5V - Industrial range
- Pin configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## OTHER ARDUINO UNO R3 PARTS

### Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 k Ohms. In addition, some pins have specialized functions:

- o Serial: 0 (RX) and 1 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- o External Interrupts: 2 and 3. These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value.
- o PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11. Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.
- o SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). These pins support SPI communication using the SPI library.
- o LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the `analogReference()` function. Additionally, some pins have specialized functionality:

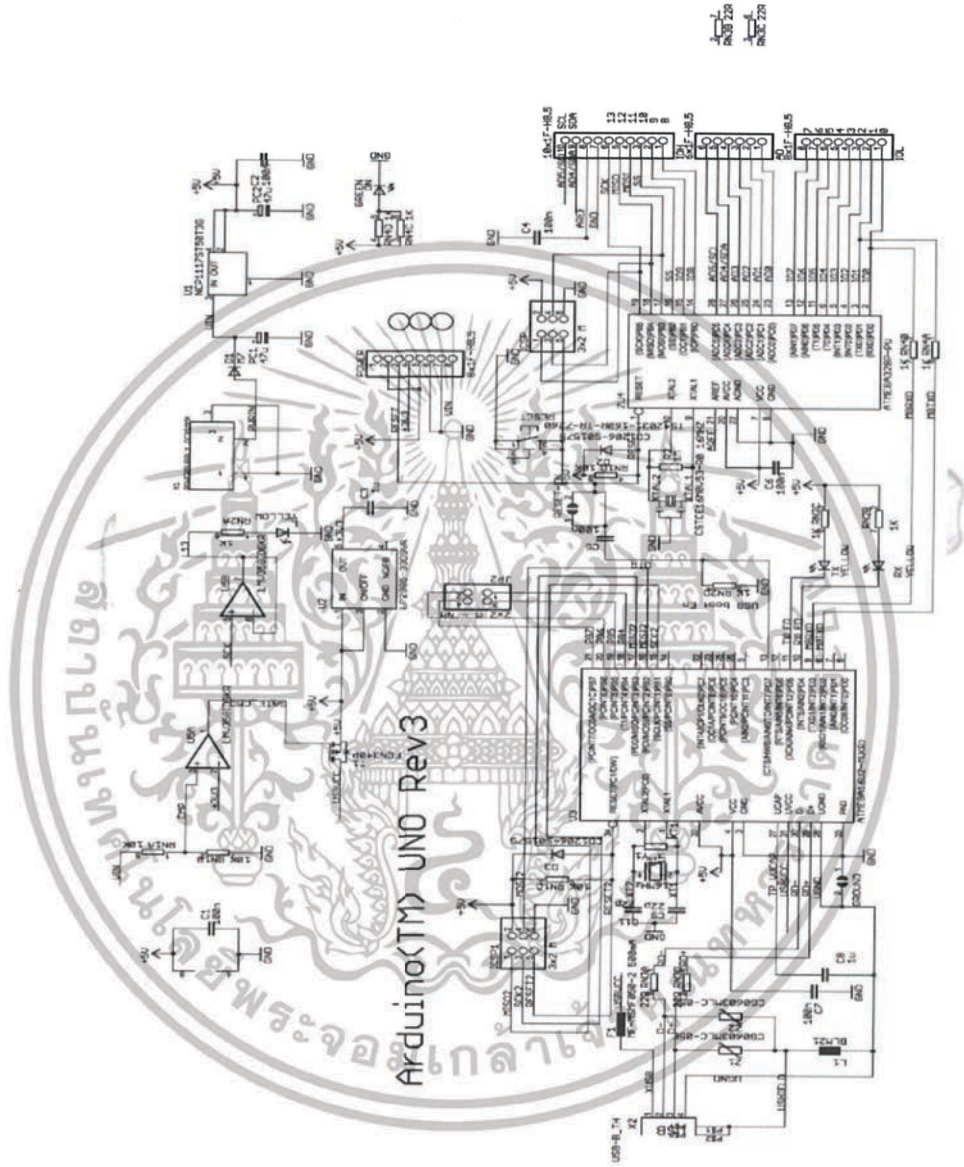
- TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin. Support TWI communication using the Wire library.

There are a couple of other pins on the board:

- AREF: Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- Reset: Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



## ARDUINO UNO R3 SCHEMATIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# HC-05

## -Bluetooth to Serial Port Module

### Overview



HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup.

Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH(Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

### Specifications

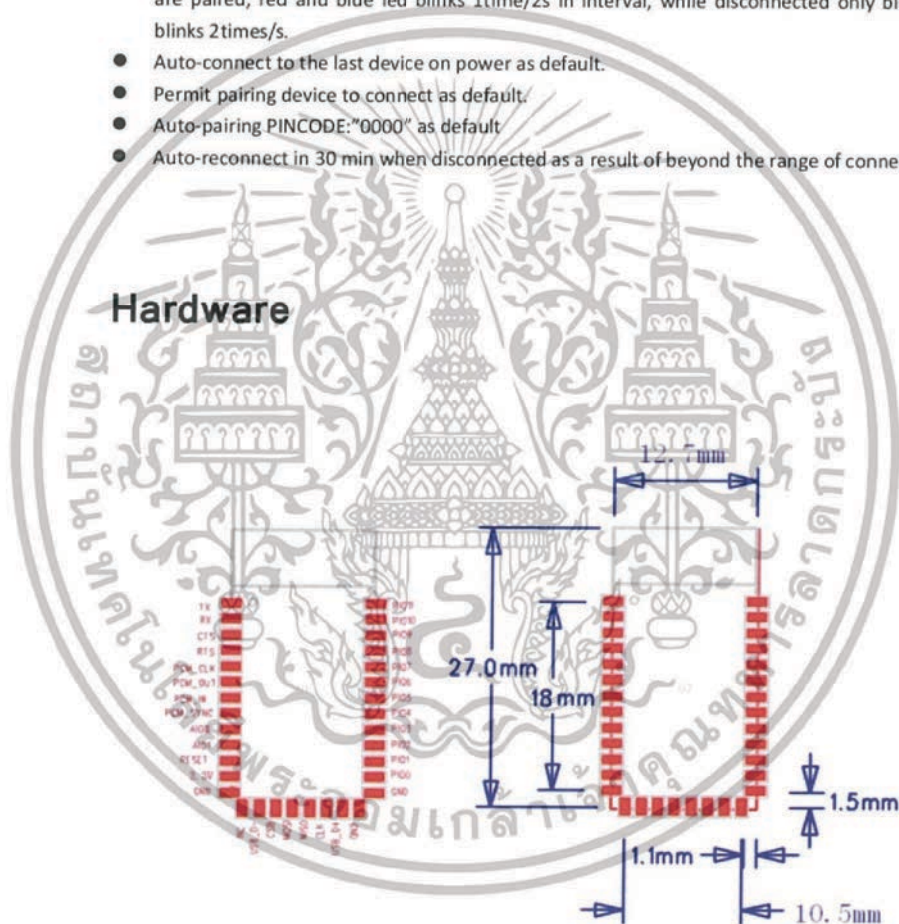
#### Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

## Software features

- Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.
- Given a rising pulse in PIO0, device will be disconnected.
- Status instruction port PIO1: low-disconnected, high-connected;
- PIO10 and PIO11 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.
- Auto-connect to the last device on power as default.
- Permit pairing device to connect as default.
- Auto-pairing PINCODE:"0000" as default
- Auto-reconnect in 30 min when disconnected as a result of beyond the range of connection.

## Hardware



PIN Name	PIN #	Pad type	Description	Note
GND	13	VSS	Ground pot	
	21			
	22			
3.3 VCC	12	3.3V	Integrated 3.3V (+) supply with On-chip linear regulator output within 3.15-3.3V	
AIO0	9	Bi-Directional	Programmable input/output line	
AIO1	10	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO0	23	Bi-Directional RX EN	Programmable input/output line, control output for LNA(if fitted)	
PIO1	24	Bi-Directional TX EN	Programmable input/output line, control output for PA(if fitted)	
PIO2	25	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO3	26	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO4	27	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO5	28	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO6	29	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO7	30	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO8	31	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO9	32	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO10	33	Bi-Directional	Programmable input/output line	
PIO11	34	Bi-Directional	Programmable input/output line	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RESETB	11	CMOS input with weak internal pull-up	Reset if low, input debounced so must be low for >5MS to cause a reset	
UART_RTS	4	CMOS output, tri-stable with weak internal pull-up	UART request to send, active low	
UART_CTS	3	CMOS input with weak internal pull-down	UART clear to send, active low	
UART_RX	2	CMOS input with weak internal pull-down	UART Data input	
UART_TX	1	CMOS output, tri-stable with weak internal pull-up	UART Data output	
SPI_MOSI	17	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data input	
SPI_CS	16	CMOS input with weak internal pull-up	Chip select for serial peripheral interface, active low	
SPI_CLK	19	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface clock	
SPI_MISO	18	CMOS input with weak internal pull-down	Serial peripheral interface data Output	
USB_	15	Bi-Directional		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USB_+	20	Bi-Directional		
NC	14			
PCM_CLK	5	Bi-Directional	Synchronous PCM data clock	
PCM_OUT	6	CMOS output	Synchronous PCM data output	
PCM_IN	7	CMOS Input	Synchronous PCM data input	
PCM_SYNC	8	Bi-Directional	Synchronous PCM data strobe	

## AT command Default:

How to set the mode to server (master):

1. Connect PIO11 to high level.
2. Power on, module into command state.
3. Using baud rate 38400, sent the "AT+ROLE=1\r\n" to module, with "OK\r\n" means setting successes.
4. Connect the PIO11 to low level, repower the module, the module work as server (master).

AT commands: (all end with \r\n)

1. Test command:

Command	Respond	Parameter
AT	OK	

2. Reset:

Command	Respond	Parameter
AT+RESET	OK	

3. Get firmware version

Command	Respond	Parameter
AT+VERSION?	+VERSION:<Param> OK	Param : firmware version

Example:

```
AT+VERSION?\r\n
+VERSION:2.0-20100601
OK
```

## 4. Restore default

Command	Respond	Parameter
AT+ORGL	OK	-

Default state:

Slave mode, pin code :1234, device name: H-C-2010-06-01 ,Baud 38400bits/s.

## 5. Get module address

Command	Respond	Parameter
AT+ADDR?	+ADDR:<Param> OK	Param: address of Bluetooth module

Bluetooth address: NAP: UAP: LAP

Example:

```
AT+ADDR?\r\n
+ADDR:1234:56:abcdef
OK
```

## 6. Set/Check module name:

Command	Respond	Parameter
AT+NAME=<Param>	OK	Param: Bluetooth module name (Default :HC-05)
AT+NAME?	+NAME:<Param> OK (/FAIL)	

Example:

```
AT+NAME=HC-05\r\n      set the module name to "HC-05"
OK
AT+NAME=ITEADSTUDIO\r\n
OK
AT+NAME?\r\n
+NAME: ITEADSTUDIO
OK
```

## 7. Get the Bluetooth device name:

Command	Respond	Parameter
AT+RNAME?<Param1>	1. +NAME:<Param2> OK 2. FAIL	Param1,Param 2 : the address of Bluetooth device

Example: (Device address 00:02:72:0d:22:24, name: ITEAD)

```
AT+RNAME? 0002. 72. 0d2224\r\n
+RNAME:ITEAD
OK
```

## 8. Set/Check module mode:

Command	Respond	Parameter
AT+ROLE=<Param>	OK	Param: 0- Slave
AT+ROLE?	+ROLE:<Param>	

	OK	1-Master 2-Slave-Loop
--	----	--------------------------

## 9. Set/Check device class

Command	Respond	Parameter
AT+CLASS=<Param>	OK	Param: Device Class
AT+ CLASS?	1. +CLASS:<Param> OK 2. FAIL	

## 10. Set/Check GIAC (General Inquire Access Code)

Command	Respond	Parameter
AT+IAC=<Param>	1.OK 2. FAIL	Param: GIAC (Default : 9e8b33)
AT+IAC	+IAC:<Param> OK	

## Example:

```
AT+IAC=9e8b3f\r\n
OK
AT+IAC?\r\n
+IAC: 9e8b3f
OK
```

## 11. Set/Check -- Query access patterns

Command	Respond	Parameter
AT+INQM=<Param>,<Param2>,<Param3>	1.OK 2. FAIL	Param: 0---inquiry_mode_standard 1---inquiry_mode_rssi Param2: Maximum number of Bluetooth devices to respond to Param3: Timeout (1-48 : 1.28s to 61.44s)
AT+ INQM?	+INQM : <Param>,<Param2>,<Param3> OK	

## Example:

```
AT+INQM=1,9,48\r\n
OK
AT+INQM\r\n
+INQM:1, 9, 48
OK
```

## 12. Set/Check PIN code:

Command	Respond	Parameter
AT+PSWD=<Param>	OK	Param: PIN code (Default 1234)
AT+ PSWD?	+ PSWD : <Param> OK	

## 13. Set/Check serial parameter:

Command	Respond	Parameter
AT+UART=<Param>,<Param2>,<Param3>	OK	Param1: Baud Param2: Stop bit Param3: Parity
AT+ UART?	+UART=<Param>,<Param2>,<Param3> OK	

## Example:

```
AT+UART=115200, 1,2,\r\n
OK
AT+UART?
+UART:115200,1,2
OK
```

## 14. Set/Check connect mode:

Command	Respond	Parameter
AT+CMODE=<Param>	OK	Param: 0 - connect fixed address 1 - connect any address 2 - slave-Loop
AT+ CMODE?	+ CMODE:<Param> OK	

## 15. Set/Check fixed address:

Command	Respond	Parameter
AT+BIND=<Param>	OK	Param: Fixed address (Default 00:00:00:00:00:00)
AT+ BIND?	+ BIND:<Param> OK	

## Example:

```
AT+BIND=1234, 56, abcdef\r\n
OK
AT+BIND?\r\n
+BIND:1234:56:abcdef
OK
```

## 16. Set/Check LED I/O

Command	Respond	Parameter
AT+POLAR=<Param1>,<Param2>	OK	Param1: 0- PIO8 low drive LED 1- PIO8 high drive LED
AT+ POLAR?	+ POLAR=<Param1>,<Param2> OK	

		Param2: 0- PIO9 low drive LED 1- PIO9 high drive LED
--	--	--

## 17. Set PIO output

Command	Respond	Parameter
AT+PIO=<Param1>,<Param2>	OK	Param1: PIO number Param2: PIO level 0- low 1- high

Example:

1. PIO10 output high level

AT+PIO=10, 1\r\n

OK

## 18. Set/Check – scan parameter

Command	Respond	Parameter
AT+IPSCAN=<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	OK	Param1: Query time interval
AT+IPSCAN?	+IPSCAN:<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	Param2: Query duration
	OK	Param3: Paging interval
		Param4: Call duration

Example:

AT+IPSCAN =1234,500,1200,250\r\n

OK

AT+IPSCAN?

+IPSCAN:1234,500,1200,250

## 19. Set/Check – SHIFF parameter

Command	Respond	Parameter
AT+SNIFF=<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	OK	Param1: Max time
		Param2: Min time
AT+ SNIFF?	+SNIFF:<Param1>,<Param2>,<Param3>,<Param4>	Param3: Retry time
	OK	Param4: Time out

## 20. Set/Check security mode

Command	Respond	Parameter
AT+SENM=<Param1>,<Param2>	1. OK	Param1: 0—sec_mode0+off 1—sec_mode1+non_se
	2. FAIL	
AT+ SENM?	+ SENM:<Param1>,<Param2>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	OK	cure 2—sec_mode2_service 3—sec_mode3_link 4—sec_mode_unknow n Param2: 0—hci_enc_mode_off 1—hci_enc_mode_pt_t o_pt 2—hci_enc_mode_pt_t o_pt_and_bcast
--	----	--

## 21. Delete Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+PMSAD=<Param>	OK	Param: Authenticated Device Address

Example:

AT+PMSAD=1234,56,abcdef\r\n

OK

## 22. Delete All Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+RMAAD	OK	-

## 23. Search Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+FSAD=<Param>	1. OK 2. FAIL	Param: Device address

## 24. Get Authenticated Device Count

Command	Respond	Parameter
AT+ADCN?	+ADCN: <Param> OK	Param: Device Count

## 25. Most Recently Used Authenticated Device

Command	Respond	Parameter
AT+MRAD?	+MRAD: <Param> OK	Param: Recently Authenticated Device Address

## 26. Get the module working state

Command	Respond	Parameter
---------	---------	-----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+ STATE?	+ STATE: <Param> OK	Param: "INITIALIZED" "READY" "PAIRABLE" "PAIRED" "INQUIRING" "CONNECTING" "CONNECTED" "DISCONNECTED" "NUKNOV"
------------	------------------------	--

## 27. Initialize the SPP profile lib

Command	Respond	Parameter
AT+INIT	1. OK 2. FAIL	-

## 28. Inquiry Bluetooth Device

Command	Respond	Parameter
AT+INQ	+INQ: <Param1> , <Param2> , <Param3> .... OK	Param1: Address Param2: Device Class Param3 : RSSI Signal strength

Example:

```

AT+INIT\r\n
OK
AT+IAC=9e8b33\r\n
OK
AT+CLASS=0\r\n
AT+INQM=1,9,48\r\n
At+INQ\r\n
+INQ:2:72:D2224,3E0104,FFBC
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC1
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC0
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC1
+INQ:2:72:D2224,3F0104,FFAD
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFBE
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFC2
+INQ:1234:56:0,1F1F,FFBE
+INQ:2:72:D2224,3F0104,FFBC
OK
  
```

## 28. Cancel Inquiring Bluetooth Device

Command	Respond	Parameter
AT+ INQC	OK	-

## 29. Equipment Matching

Command	Respond	Parameter
AT+PAIR=<Param1>,<Param2>	1. OK 2. FAIL	Param1: Device Address Param2: Time out

## 30. Connect Device

Command	Respond	Parameter
AT+LINK=<Param>	1. OK 2. FAIL	Param: Device Address

Example:

```
AT+FSAD=1234,56,abcdef\r\n
OK
AT+LINK=1234,56,abcdef\r\n
OK
```

## 31. Disconnect

Command	Respond	Parameter
AT+DISC	1. +DISC:SUCCESS OK 2. +DISC:LINK_LOSS OK 3. +DISC:NO_SLC OK 4. +DISC:TIMEOUT OK 5. +DISC:ERROR OK	Param: Device Address

## 32. Energy-saving mode

Command	Respond	Parameter
AT+ENSNIFF=<Param>	OK	Param: Device Address

## 33. Exerts Energy-saving mode

Command	Respond	Parameter
AT+ EXSNIFF =<Param>	OK	Param: Device Address

## Revision History

Rev.	Description	Release date
v1.0	Initial version	7/18/2010



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

### DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

### FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
  - normal operation  $< 1.5\text{mA}$ , power down  $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range:  $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

### APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

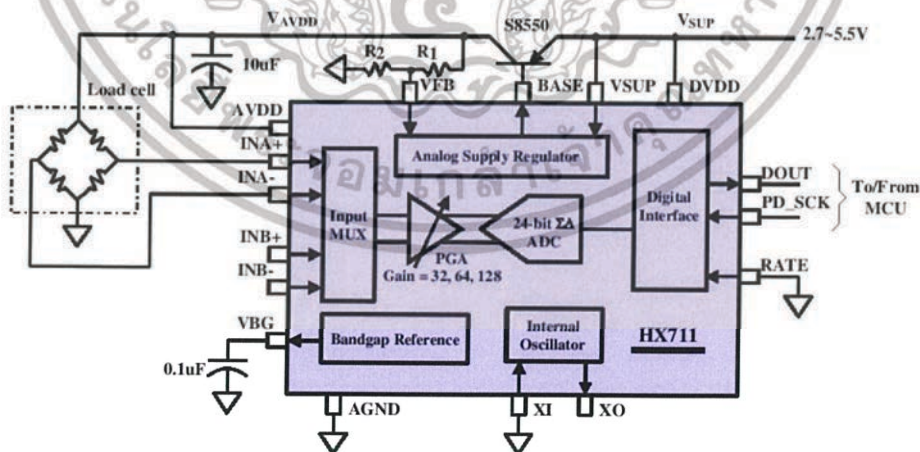
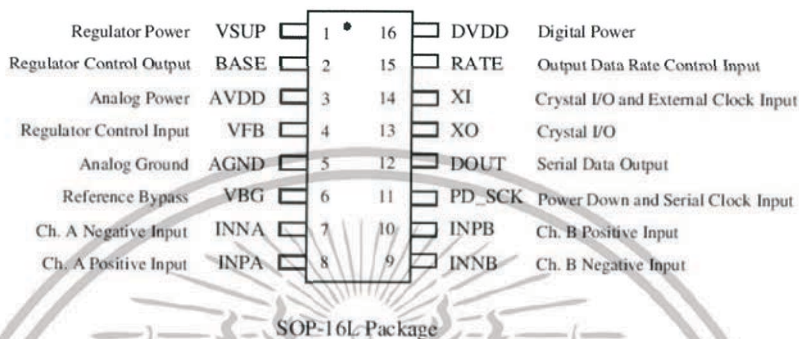


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

**Pin Description**


Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply; 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply; 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply; 2.6 ~ 5.5V

**Table 1 Pin Description**

**KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)	±0.5(AVDD/GAIN)			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{clk}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{clk}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFFF	HEX
Output settling time <sup>(1)</sup>	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		±6		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		±5		ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V <sub>BG</sub> )			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		μA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μA
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

**Table 2 Key Electrical Characteristics**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is  $\pm 80\text{mV}$ , when 5V supply is used at the AVDD pin.

## Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to  $V_{AVDD} = V_{BG} \cdot (R1+R2) / R1$  (Fig. 1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1 $\mu\text{F}$  bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

## Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

## Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24 bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

## Serial Interface

Pin PD\_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD\_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25-27 positive clock pulses at the PD\_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD\_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25<sup>th</sup> pulse at PD\_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection is controlled by the number of the input PD\_SCK pulses (Table 3). PD\_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

**Table 3 Input Channel and Gain Selection**

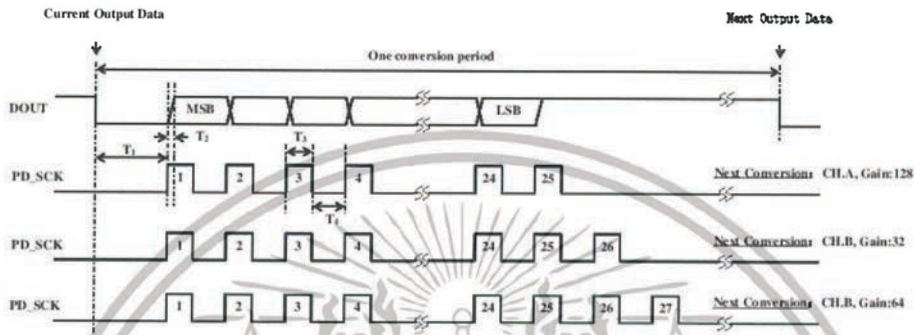


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T <sub>1</sub>	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T <sub>2</sub>	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T <sub>3</sub>	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T <sub>4</sub>	PD_SCK low time	0.2	1		μs

### Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on rest circuitry will reset the chip.

Pin PD\_SCK input is used to power down the HX711. When PD\_SCK Input is low, chip is in normal working mode.

powered down. When PD\_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

### Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.

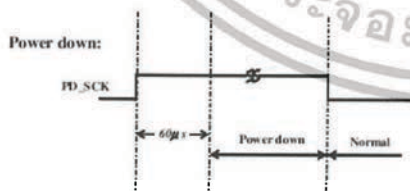


Fig.3 Power down control

When PD\_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be

Reference PCB Board (Single Layer)

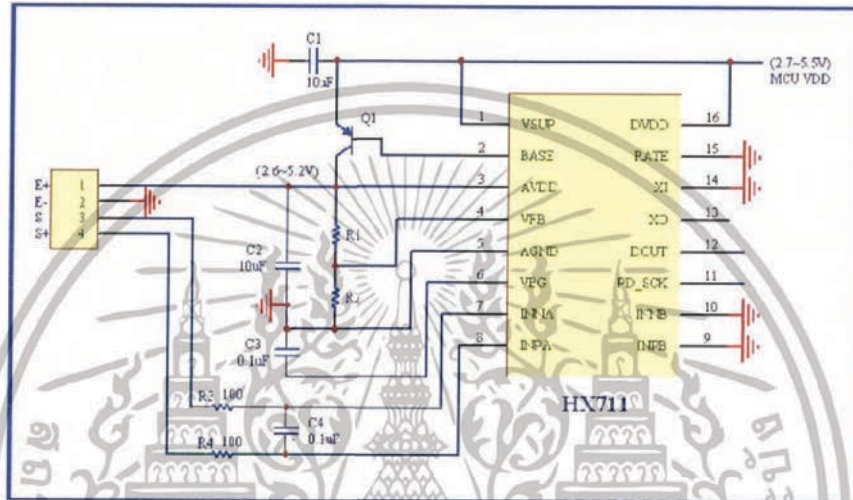


Fig.4 Reference PCB board schematic

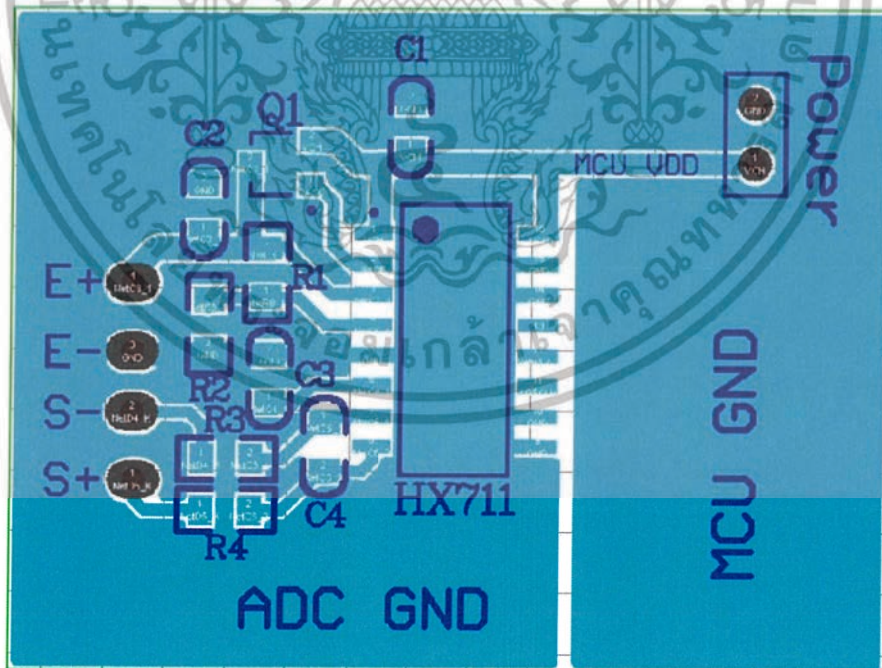


Fig.5 Reference PCB board layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### Reference Driver (C)

```
//-----  
sbit ADDO = P1^5,  
sbit ADSK = P0^0,  
unsigned long ReadCount(void) {  
    unsigned long Count,  
    unsigned char i,  
    ADDO=1,  
    ADSK=0,  
    Count=0,  
    while (ADDO) {  
        for (i=0; i<24; i++) {  
            ADSK=1,  
            Count=Count<<1,  
            ADSK=0,  
            if (ADDO) Count++  
        }  
        ADSK=1,  
        Count=Count + 0x800000,  
        ADSK=0,  
        return (Count)  
    }  
}
```

Package Dimensions

