ระบบมอนิเตอร์แหล่งจ่ายลมด้วยสกาดา

SCADA - BASED AIR SUPPLY MONITORING SYSTEM

นายณัฐพล ขุนเกษม

นายพีรัศมิ์ ทิศราชภาน

นายศุภณัฐ ห้าฉุด

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ระบบมอนิเตอร์แหล่งจ่ายลมด้วยสกาดา
SCADA - BASED AIR SUPPLY MONITORING SYSTEM

นายณัฐพล สุขเกษม
นายพีรัตน์ ซัดเราะมาน
นายศุภณัฐ ห้าสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

SCADA - BASED AIR SUPPLY MONITORING SYSTEM

NUTTAPON SUKKASEM

PEERAT SUTROWMAN

SUPANUT HASAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบมอนิเตอร์แหล่งจ่ายลมด้วยสกาดา			
	SCADA - BASED AIR SUPPLY MONITORING SYSTEM			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายณัฐพล	สุขเกษม	**รหัสนักศึกษา**	53010495
	นายพีรัตน์	ซัดเราะมาน	**รหัสนักศึกษา**	53011176
	นายศุภณัฐ	ห้าสกุล	**รหัสนักศึกษา**	53011600
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ			
ปีการศึกษา	2556			

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**ระบบมอนิเตอร์แหล่งจ่ายลมด้วยสกาดา**			
	SCADA - BASED AIR SUPPLY MONITORING SYSTEM			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายณัฐพล	สุขเกษม	**รหัสนักศึกษา**	53010495
	นายพีรัตน์	ซัดเราะมาน	**รหัสนักศึกษา**	53011176
	นายศุภณัฐ	ห้าสกุล	**รหัสนักศึกษา**	53011600
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ประสิทธิ์	จุลเสรีวงศ์		
ปีการศึกษา	2556			

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบมอนิเตอร์แหล่งจ่ายลมด้วยสกาดา แหล่งจ่ายลมที่สร้างขึ้นเป็นโมเดลของกระบวนการอัดลมที่ใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีการติดตั้งเครื่องอัดลม ถังเก็บลม และเครื่องทำลมแห้ง และหน่วยแสดงผลด้วยจอแอลซีดี ตัวแปรกระบวนการ 6 ตัวแปร ที่ถูกตรวจวัดเพื่อแสดงผลและเก็บค่าไว้ในฐานข้อมูล ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องอัดลมใช้ ค่าอุณหภูมิในถังเก็บลม อุณหภูมิหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง ค่าความดันหลังออกจากถังเก็บลม ค่าความดันหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง และค่าอัตราการไหลของลมที่จุดจ่ายลม การวัดและจัดการสัญญาณถูกควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น PIC18FK20 ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกส่งต่อไปจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยใช้บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิตรุ่น Raspberry Pi เพื่อให้มีการเข้าถึงข้อมูลโดยผู้ใช้ผ่านเว็บบราวเซอร์ได้

Thesis Title	Scada – Based Air Compressor Monitoring System	
Authors	Mr. Nuttapon	Sukkasem
	Mr. Peerat	Sutrowman
	Mr. Supanut	Hasakul
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Prasit	Julsereewong
Year	2013	

ABSTRACT

This thesis presents a design and implementation of air supply monitoring system based on supervisory control and data acquisition (SCADA). The implemented air supply unit is a model of typical compressed air production used in manufacturers, which comprises of an air compressor, air tank, air dryer, and liquid crystal display (LCD)-based local display unit. Six measured process variables for mornitoring and database storage are current consumed by the air compressor, temperature inside the air tank, outlet air temperature of the air dryer, outlet air pressure of the air tank, outlet air pressure of the air dryer, and air flow rate for supplying. Measurement and signal conditioning procedures are controlled by using a PIC18FK20 microcontroller. Processed data are sent to store in created database on a Raspberry Pi credit-card-sized single board for providing user access via web browser.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยการที่ได้รับข้อมูลต่าง ๆ และคำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินโครงงานจาก รองศาสตราจารย์ ประสิทธ์ จุลเสรีวงศ์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ตลอดจนความช่วยเหลือจากอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่าน ขอขอบคุณ บริษัท แอร์ เพาเวอร์ ซิสเท็ม จำกัด ผู้ให้ความอนุเคราะห์ด้านการเงิน เครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนให้คำปรึกษาในด้านการออกแบบระบบอัดลม

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนทางด้านการเงินและให้กำลังใจแก่คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์เสมอมาจนประสบความสำเร็จ และที่สำคัญคือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ ประสาทปัญญาแห่งนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

สารบัญรูป (ต่อ)

สารบัญรูป (ต่อ)

สารบัญรูป (ต่อ)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีแหล่งพลังงานหลัก ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ คือ ไฟฟ้า น้ำ ลม และความร้อน ซึ่งการที่จะได้มาของแต่ละพลังงานนั้นต้องสูญเสียทรัพยากรมากมาย ยิ่งเสียทรัพยากรมากยิ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย และในปัจจุบันนี้มีการส่งเสริมและรณรงค์เรื่อง Green-Technology จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จัดทำโครงงานนี้ขึ้น

เนื่องจากลมเป็นหนึ่งในทรัพยากรหลักที่ถูกใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรม และในการผลิตลมนั้นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยส่วนใหญ่ ค่าไฟฟ้าที่ต้องเสียให้กับพลังงานลม คิดเป็นประมาณร้อยละ 20 ถึง ร้อยละ 30 ของค่าไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน เพราะฉะนั้นการบริหารจัดการที่ถูกต้องจะสามารถช่วยให้ประหยัดได้มากขึ้น เป็นผลทำให้ต้นทุนการ-ผลิตต่ำลง

ปัจจุบันนี้การเก็บข้อมูลเกี่ยวระบบลมแบบอัตโนมัติยังไม่แพร่หลาย โดยส่วนใหญ่มีการเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพียงแค่ช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 3-7 วันเท่านั้น ซึ่งอาจไม่ใช่ข้อมูลที่แท้จริงเพราะเป็นเพียงการสุ่มตัวอย่างพฤติกรรมการใช้ลมเพียงระยะเวลาสั้น ๆ

โครงงานนี้จึงได้มีการนำระบบสกาดา (Supervisory Control and Data Acquisition : SCADA) เข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลจากระบบจ่ายลม (Air Supply System) เพื่อนำไปสู่การบริหารจัดการทางด้านการประหยัดพลังงาน และระบบความปลอดภัยภายในระบบอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างระบบที่เป็นต้นแบบหรือโมเดล (Model) ของกระบวนการอัดลม (Air Compress Process) ที่ใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อตรวจวัดและติดตามการเปลี่ยนแปลง (Monitor) ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีความสำคัญต่อกระบวนการอัดลม เช่น ค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องอัดลมใช้ ค่าความดันก่อนและหลังจากเข้าเครื่องทำลมแห้ง ค่าอุณหภูมิก่อนและหลังจากเข้าเครื่องทำลมแห้ง และค่าอัตราการไหลของลมที่จุดใช้ลม เป็นต้น
3. เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมในอนาคต
4. เพื่อให้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหาร และวางแผนธุรกิจได้

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1. ศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างทรานสมิตเตอร์อัตราการไหล (Flow Transmitter)
2. ออกแบบโมเดลของกระบวนการอัดลมและกำหนดจุดติดตั้งเครื่องมือวัด
3. ติดตั้งเครื่องมือวัด
   3.1 ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ
   3.2 ทรานสมิตเตอร์ความดัน
   3.3 ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหล
   3.4 เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า
4. ออกแบบวงจรจัดการสัญญาณที่แปลงกระแส 4-20 mA ให้เป็นสัญญาณแรงดัน 1-5 Vdc
5. เขียนโปรแกรมที่ควบคุมการวัดและจัดการสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น PIC18FK20
6. ออกแบบระบบเก็บฐานข้อมูล ในคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิตรุ่น Raspberry Pi
7. ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานหรือ HMI (Human Machine Interface) เพื่อใช้แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ
   7.1 ค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องอัดลมใช้
   7.2 ค่าอุณหภูมิก่อนและหลังจากเข้าเครื่องทำลมแห้ง
   7.3 ค่าความดันก่อนและหลังจากเข้าเครื่องทำลมแห้ง
   7.4 ค่าอัตราการไหลของลมที่จุดใช้ลม
   7.5 จำนวนชั่วโมงที่เครื่องอัดลมทำงาน (Loaded Hour)
   7.6 จำนวนชั่วโมงที่เครื่องอัดลมไม่งาน (Unloaded Hour)
8. ออกแบบส่วนแสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี (LCD-Based Local Display Unit)
9. จัดทำไซต์ (Web Site)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบแหล่งจ่ายลมที่สามารถมอนิเตอร์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สำคัญได้
2. สามารถเข้าถึงฐานข้อมูลที่จัดเก็บจากการวัดได้จากระยะไกลโดยผ่านเว็บไซต์
3. สามารถตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งในระบบได้
4. ระบบฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อการบริหารจัดการทางด้านการประหยัดพลังงานและระบบความปลอดภัยของระบบได้
5. สามารถนำระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบแหล่งจ่ายลม กระบวนการอัดลม และปัญหาที่พบตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
2. ออกแบบโมเดลของกระบวนการอัดลมและเขียนแบบ P&ID
3. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่เหมาะสมกับงาน เช่น
   3.1 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างทรานสมิตเตอร์
   3.2 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดัน
   3.3 อุปกรณ์เซนเซอร์
   3.4 คอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิตรุ่น Raspberry Pi
4. ติดตั้งเครื่องมือวัดตามค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการเก็บข้อมูล
5. เขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น PIC18FK20
6. ออกแบบและสร้างในส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Human Machine Interface : HMI)
7. ทำระบบฐานข้อมูล
8. ทดสอบระบบและแก้ไขปัญหาหรือข้อผิดพลาด

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

เดือน	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์			
สัปดาห์ที่	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาระบบแหล่งจ่ายลม เครื่องอัดลมและปัญหาที่พบ	■	■	■	■																																
เสนอหัวข้อโครงงาน และ Project Proposal				■	■	■																														
ศึกษาการทำงานของระบบจ่ายลมและเขียน P&I Diagram						■	■	■	■	■																										
ศึกษาลักษณะเซนเซอร์และทรานสมิตเตอร์ที่ใช้											■	■	■	■	■	■																				
ออกแบบโมเดลของกระบวนการอัดลม																	■	■																		
สั่งซื้อ Raspberry PI พร้อมศึกษาการทำงาน																	■	■	■	■	■	■														
ศึกษาภาษา PHP และการทำ Server																			■	■	■	■														
จัดทำวงจรแปลงสัญญาณ																					■	■	■	■	■	■	■	■								
จัดทำ Web Server จาก Raspberry PI																							■	■	■	■										
จัดทำระบบฐานข้อมูล																										■	■	■								
จัดทำทรานสมิตเตอร์อัตราการไหล																											■	■	■							
ติดตั้งทุกส่วนเข้าโมเดลของกระบวนการอัดอากาศ																													■	■	■					
ทดสอบการทำงานพร้อมแก้ไขปัญหาและข้อผิดพลาด																															■	■	■			
จัดทำปริญญานิพนธ์ และคู่มือการใช้งาน																																	■	■	■	■

บทที่ 2
อุปกรณ์ที่เลือกใช้งานและหลักการ

2.1 เครื่องอัดลม [1]-[4]

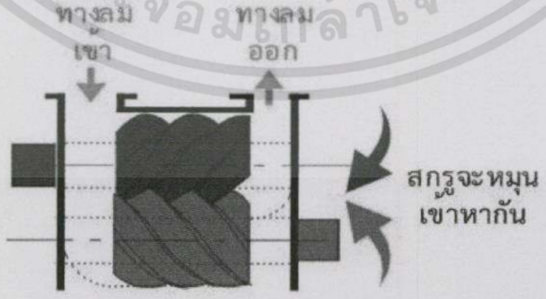
โรงงานอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่จะต้องใช้ลมอัด (Compressed Air) เป็นส่วนหนึ่งในระบบการผลิต เช่น ทำความสะอาดอุปกรณ์หรือใช้ในระบบควบคุม เป็นต้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องอัดลม เครื่องอัดลม คือ อุปกรณ์บีบอัดอากาศจากบรรยากาศ เพื่อให้เกิดความดันสูงขึ้น และสามารถนำไปใช้เป็นรูปแบบหนึ่งของ "พลังงาน" ที่มีความจำเป็นในกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ยังมีการใช้ลมในการขับเคลื่อนเครื่องจักรต่าง ๆ อีกด้วย

2.1.1 ประเภทของเครื่องอัดลม

1) เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ (Piston Compressor)
2) เครื่องอัดลมแบบสกรู (Screw Compressor)
3) เครื่องอัดลมแบบไดอะเฟรม (Diaphragm Compressor)
4) เครื่องอัดลมแบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Compressor)
5) เครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน (Roots Compressor)
6) เครื่องอัดลมแบบกังหัน (Radial and Axial Flow Compressor)

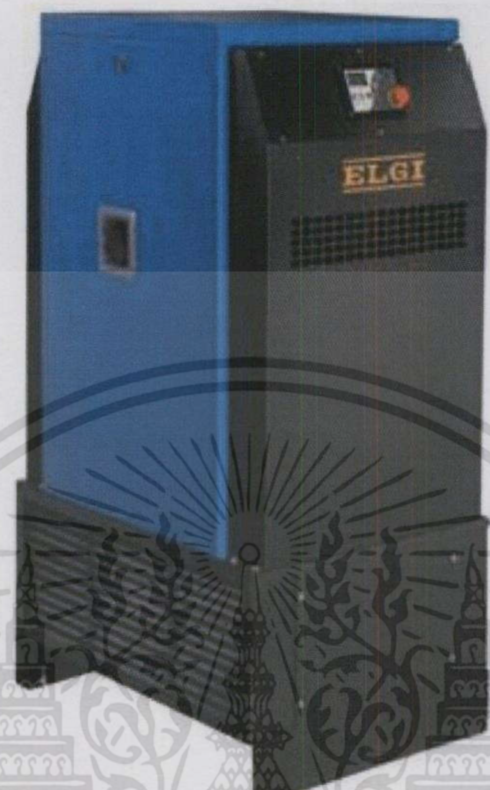
2.1.2 ประเภทเครื่องอัดลมที่เลือกใช้

เครื่องอัดลมแบบสกรู (Screw Compressor) เป็นที่นิยมในโรงงาน การทำงานของภายในเครื่องอัดลมแบบสกรูจะมีโรเตอร์เกลียวสกรูคู่กัน โดยที่สกรูทั้งสองเพลาที่ขบกัน จะเรียกว่าเพลาตัวผู้และเพลาตัวเมียทั้งสองตัวนี้เป็นสกรูที่มีทิศทางการหมุนเข้าหากันทำให้อากาศจากภายนอกถูกดูดและอัดส่งไปรอบ ๆ กระบอกเครื่องอัด และส่งผ่านไปทางออกเข้าสู่ถังเก็บลม โดยที่เพลาตัวผู้จะมีการหมุนเร็วกว่าเพลาตัวเมียเล็กน้อย การไหลของลมจะราบเรียบกว่าแบบลูกสูบ



รูปที่ 2.1 ลักษณะภายในของเครื่องอัดลมแบบสกรู

2.1.3 รายละเอียดของเครื่องอัดลมที่เลือกใช้



รูปที่ 2.2 เครื่องอัดลมแบบสกรู ELGI รุ่น E05GI

ประเภท	: เครื่องอัดลมแบบสกรู (Screw Compressor)
ยี่ห้อ	: ELGI
รุ่น	: E05en-7
ขนาด	: 5.5 KW หรือ 7.5 HP
Voltage/Phase/Frequency	: 400 V / 3 Ph / 50 Hz
Volume rate of flow	: 0.75 m^3/min
Rate Pressure	: 7 Bar

2.2 เครื่องทำลมแห้ง [2][5]

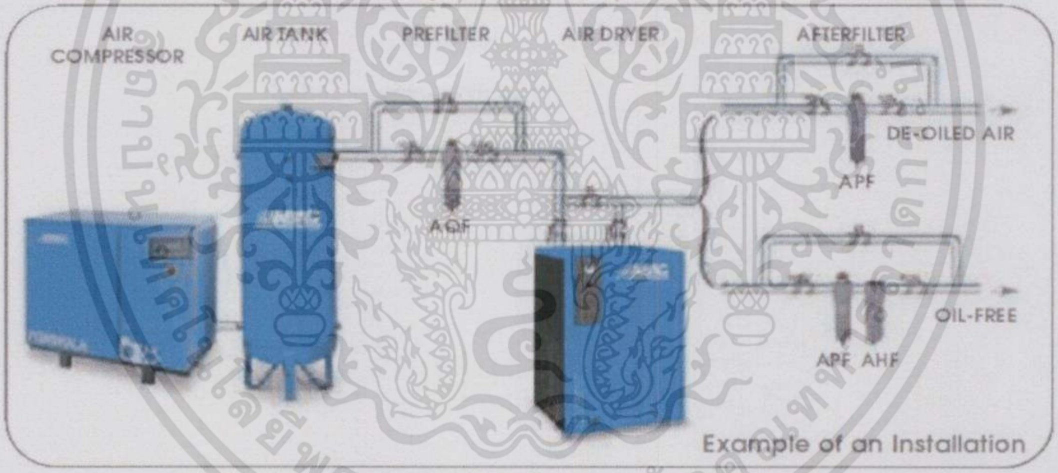
เครื่องทำลมแห้ง (Air dryer) ทำหน้าที่ให้ลมที่ถูกผลิตมาจากเครื่องอัดลม ซึ่งเป็นลมที่มีความชื้นติดมาด้วย ลดความชื้นลงให้น้อยมากที่สุด หลักการทำงานของเครื่องทำลมแห้ง คือ ลมที่เข้ามาจะถูกแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับน้ำยาทำความเย็น ซึ่งจะทำให้ความชื้นที่อยู่ในลมกลั่นตัวออกเป็นน้ำ และถูกระบายทิ้งโดยเครื่องทำลมแห้ง ลมที่ผ่านกระบวนการนี้ จะมีสถานะเป็นลมที่แห้ง ออกจากเครื่องทำลมแห้งไปสู่กระบวนการใช้งานลมต่อไป

2.2.1 ประเภทเครื่องทำลมแห้ง

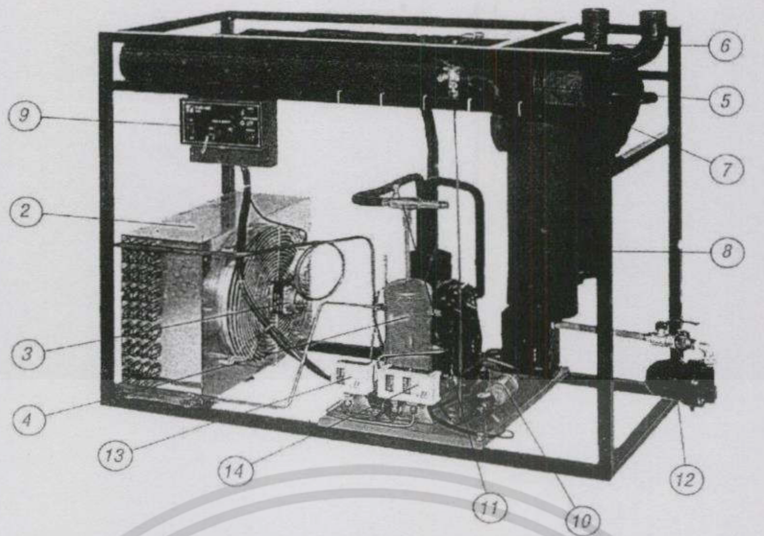
1) เครื่องทำลมแห้งด้วยสารทำความเย็น (Refrigeration Dryer)
2) เครื่องทำลมแห้งแบบ Over-Compression
3) เครื่องทำลมแห้งแบบดูดกลืน (Absorption Drying)
4) เครื่องทำลมแห้งแบบมวลสาร (Adsorption Drying)

2.2.2 ประเภทเครื่องทำลมแห้งที่เลือกใช้

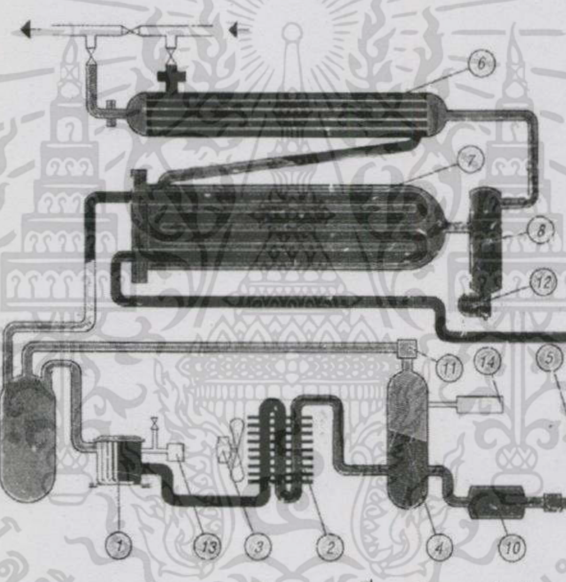
เครื่องทำลมแห้งด้วยสารทำความเย็น (Refrigeration Dryer) โดยปกติแล้วเครื่องระบายความร้อนไม่สามารถกำจัดความชื้นหรือไอน้ำออกได้หมดซึ่งจะกำจัดได้ประมาณ 70–80 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น น้ำที่เหลือจะปนมากับลมอัด จึงต้องใช้อุปกรณ์ที่ทำให้ลมปราศจากความชื้นหรือไอน้ำอีกครั้งด้วยเครื่องทำลมแห้ง เครื่องทำลมแห้งด้วยสารทำความเย็นมีหลักการทำงานคือลมอัดไหลเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบอากาศกับอากาศ (Air to Air Heat Exchanger) ทำให้ลมอัดที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง เมื่อลมไหลผ่านอิวาพอเรเตอร์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดน้ำค้างประมาณ 2-10 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับจุดแข็งตัว (Freezing point) ของน้ำ น้ำที่เกิดจากการควบแน่นจะถูกระบายออกจากเครื่องทำลม



รูปที่ 2.3 การติดตั้งเครื่องทำลมแห้ง



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของเครื่องทำลมแห้ง



รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมการทำงานภายในของเครื่องทำลมแห้งด้วยสารทำความเย็น

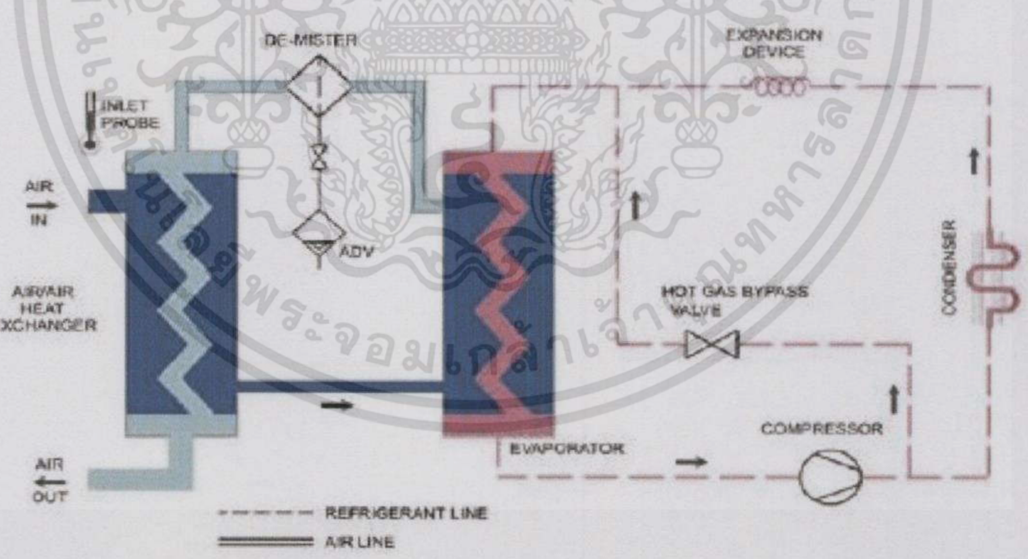
จากรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5 ส่วนประกอบต่าง ๆ มีดังนี้

1) เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็น
2) รังผึ้งระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled Condenser)
3) พัดลมระบายอากาศ
4) ถังพักน้ำยาที่เป็นของเหลว
5) วาล์วลดแรงดันน้ำยา (Expansion valve)
6) ห้องระบายอากาศอัดร้อนขาเข้ากับอากาศอัดเย็นขาออก
7) ห้องระเหยน้ำยา (Evaporator)
8) ถังกลมให้อากาศหมุนภายในถังเพื่อแยกหยดน้ำออกจากอากาศอัด
9) แผงควบคุมเครื่อง ปุ่มกด เดิน/หยุดเครื่อง
10) สารดูดความชื้นของน้ำยา

11) วาล์วลัดผ่าน (By pass valve)
12) วาล์วทิ้งน้ำอัตโนมัติ
13) สวิตซ์ตัดหยุดเมื่อแรงอัดน้ำยาสูงหรือต่ำไป (Hi-Low Switch)
14) สวิตซ์อุณหภูมิตัดหยุดเมื่ออุณหภูมิต่ำไป

2.2.3 รายละเอียดของเครื่องทำลมแห้งที่เลือกใช้

รูปที่ 2.6 เครื่องทำลมแห้ง TRIDENT CS20



รูปที่ 2.7 วงจรการทำงานภายในของเครื่องทำลมแห้ง TRIDENT CS20

ประเภท	: เครื่องทำลมแห้งด้วยสารทำความเย็น
ยี่ห้อ	: TRIDENT Pneumatics Pvt. Ltd
รุ่น	: CS20
Capacity	: 20 cfm
MWP	: 16 Kg/Cm^2
Power	: 0.38 KW
Electrical	: 230 V, 50 Hz, 1 Ph
Refrigerant	: R134A

2.3 ถังเก็บลม [2]

ในอดีตสำหรับกระบวนการอัดลมการใช้ถังเก็บลม (Air Receiver Tank) มีหน้าที่ช่วยกักเก็บลมอัด และใช้ในการทำให้ลมอัดมีแรงดันสูงเมื่อเกิดการอัดและแรงดันต่ำลงเมื่อเกิดการดูด (Pulsation) ให้มีความดันสม่ำเสมอเหมาะสมในการใช้งาน และในปัจจุบันมีการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1) การให้เครื่องเดินและหยุดยาวออกไปเพื่อป้องกันมอเตอร์เดินและหยุดถี่เกินไปอันอาจทำให้มอเตอร์ไหม้เสียหายได้ โดยเฉพาะสถานประกอบการที่มีการใช้เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ ถังเก็บลมนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพราะมีการกระเพื่อมของลมอัดค่อนข้างมาก รวมทั้งเครื่องอัดลมแบบสกรูและโรตารี่เวน

2) ใช้สำรองลมไว้ให้เครื่องจักรที่ใช้ลมอัดครั้งละมาก ๆ และป้องกันมิให้แรงดันในระบบลดต่ำลง เมื่อมีการใช้ลมปริมาณมาก ๆ ในแต่ละครั้ง

3) ช่วยระบายความร้อนของลมอัด ทำให้อากาศภายในถังเย็นลงเนื่องจากถังเก็บลมมีพื้นผิวค่อนข้างมาก แล้วนำน้ำและน้ำมันที่ผสมมากับลมออกใต้ถังเก็บลม

รูปที่ 2.8 ถังเก็บลม

2.3.1 รายละเอียดของถังเก็บลมที่เลือกใช้

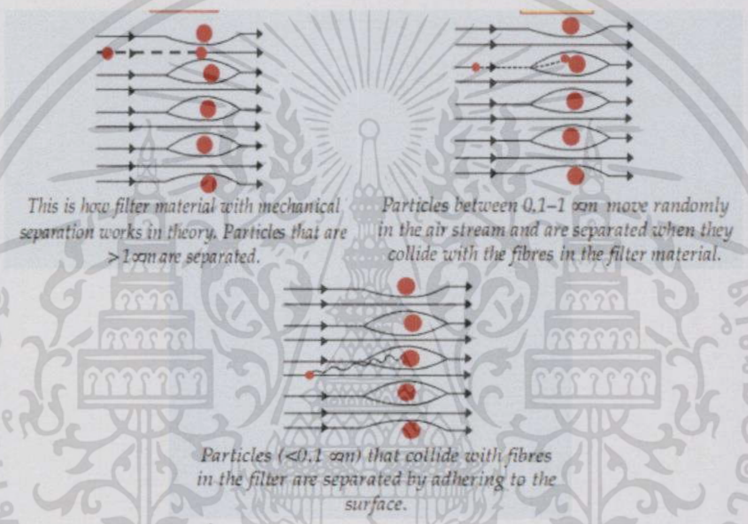
ประเภท : ถังเก็บลมแบบนอน

ผู้ผลิต : Air power system.co,. Ltd

ความจุ : 300 ลิตร

2.4 ตัวกรองอากาศอัด [2]

โดยทั่วไปแล้วอากาศในบรรยากาศประกอบด้วยสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน และฝุ่นละออง ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องติดตั้งตัวกรองอากาศ (Compressed Air Filters) เพื่อกรองสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ซึ่งขนาดฝุ่นละอองมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน จะถูกดักไวและฝุ่นที่มีขนาดระหว่าง 0.1–1 ไมครอน จะถูกดักโดยฟิลเตอร์ (Filter) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะการกรองอากาศอัด

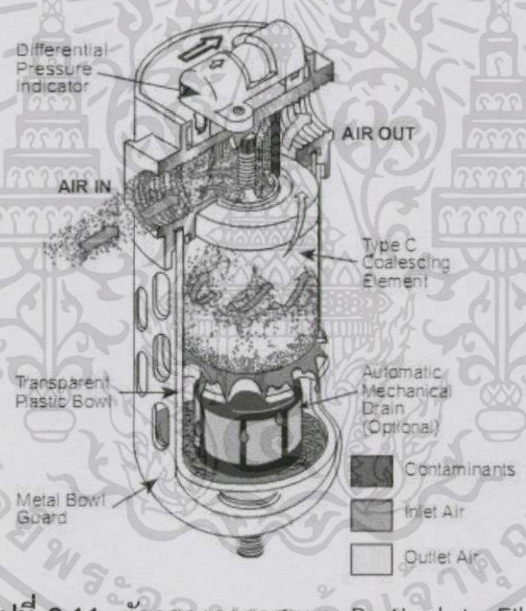
รูปที่ 2.10 แผนภาพขนาดฝุ่นละอองในอากาศ

2.4.1 ประเภทตัวกรองอากาศอัด

1) Particulate Filter
2) Coalescing Filter Coil removal
3) Oil Vapor Filter

2.4.2 ประเภทตัวกรองอากาศอัดที่เลือกใช้

Coalescing Filter Coil removal กรองลักษณะนี้ออกแบบมาโดยเฉพาะในการนำฝุ่นละอองออกจากอากาศอัด ชิ้นส่วนของกรองออกแบบจากเส้นใยขนาดเล็กมาก ทำให้มีประสิทธิภาพสูงและมีความดันตกคร่อมน้อยมาก โดยที่ลมอัดจะไหลผ่านชั้นในสุด ซึ่งเป็นการกรองขั้นต้น ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่จะถูกดักไว้ในบริเวณนี้ ส่วนชิ้นส่วนของฝุ่นที่มีขนาดละเอียดรวมถึงความชื้นและไอน้ำมันหล่อลื่นจะถูกดักโดยชุดกรอง ทำจากเส้นใยละเอียด “Wet-band” เพื่อแยกน้ำและความชื้นออกจากลมอัด และระบายออกโดยอัตโนมัติ การแยกของเหลวและฝุ่นละอองออกจากลมอัด ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ตัวกรองอากาศแบบ Particulate Filter

2.4.3 รายละเอียดตัวกรองอากาศอัดที่เลือกใช้

ประเภท	: Coalescing Filter Coil removal
ยี่ห้อ	: Air power supply.co,. Ltd
Model Number	: RSG0017XA
Flow Rate	: 1.02 m^3/min
Max Pressure	: 16 BAR

2.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ [6][7]

การวัดอุณหภูมิ (Temperature Measurement) เป็นการวัดที่อาศัยหลักการแตกต่างจากหลักการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ของตัวแปรอื่น ๆ ตรงที่การวัดอุณหภูมิสนใจที่สเกล (scale) ในขณะที่การวัดอื่น ๆ สนใจที่หน่วย (Unit) เช่น การวัดความยาว หากให้นิยามว่าไม้ 1 อันมีความยาวเท่ากับ 1 เมตร ถ้านำไม้ 2 อันที่มีความยาวเท่ากับที่กำหนดนิยามไว้มาวางต่อกัน จะได้ความยาวเท่ากับ 2 เมตร โดยแนวคิดนี้ไม่สามารถนำมาใช้กับการวัดอุณหภูมิได้ เช่น แก้วน้ำ 2 ใบบรรจุน้ำด้วยปริมาณที่เท่ากัน อุณหภูมิเท่ากันเท่ากับ T เมื่อนำมาเทรวมกันในแก้วใบที่ 3 ผลที่ได้คือ น้ำในแก้วใบที่ 3 มีปริมาณเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิยังคงเท่าเดิมซึ่งมีค่าเท่ากับ T หน่วยของอุณหภูมิ ที่สำคัญและใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ องศาเซลเซียส (Celsius) องศาฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit) และเคลวิน (Kelvin, K) ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของอุณหภูมิแบบต่าง ๆ

2.5.1 หลักการวัดอุณหภูมิแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติ

2.5.1.1 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้า

ค่าสมบัติทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า อาร์ทีดี (RTD) และเทอร์-มิสเตอร์ (Thermistor) ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน เป็นต้น

2.5.1.2 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสงและการแผ่รังสี

การวัดอุณหภูมิที่สูงมาก ๆ ไม่สามารถใช้เครื่องมือวัด (Instrument) ดังกล่าวข้างต้นได้ เนื่องจากอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือวัด จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดชนิดพิเศษที่สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุที่ต้องการวัด แต่อาศัยการวัดการแผ่รังสีความร้อนของวัตถุเพื่อบ่งบอกอุณหภูมิ โดยทั่วไปวัตถุในช่วงอุณหภูมิประมาณ 800°C ถึง 1800°C แผ่รังสีออกมาในรูปของแสงในย่านที่ตามองเห็น ส่วนวัตถุในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 800°C จนถึงอุณหภูมิห้อง วัตถุจะแผ่รังสีออกมาในย่านของรังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation) ซึ่งอุณหภูมิแตกต่างกันความยาวคลื่นหรือความถี่ของรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุจะแตกต่างกันด้วย เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการแผ่รังสีและสมบัติเชิงแสงนี้เรียกว่า ไพโรมิเตอร์ (Pyrometer) สามารถแบ่งประเภทตามหลักการทำงานได้ 3 ประเภท คือ ไพโรมิเตอร์ชนิดเทียบความสว่างของไส้หลอด (Optical pyrometer) ไพโรมิเตอร์ชนิดวัดการแผ่รังสี (Radiation Pyrometer) และไพโรมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared Pyrometer)

2.5.1.3 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกล

หลักการวัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้มีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของเทอร์โมมิเตอร์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (Liquid Filled in Glass Thermometer) ทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในหลอดแก้ว เทอร์โมมิเตอร์แบบเปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (Pressure Thermometer) และเทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่ (Bi-metal Thermometer) โดยเทอร์โมมิเตอร์ประเภทนี้มีช่วงของการวัดอุณหภูมิ (Range) ค่อนข้างแคบขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้และชนิดของเทอร์โมมิเตอร์

2.5.1.4 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี

เครื่องมือวัดอุณหภูมิประเภทนี้ทำงานโดยอาศัยอุณหภูมิเฉพาะที่สารเคมีละลายหรือเปลี่ยนสีเป็นจุดสังเกต เช่น อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบดินสอ (Crayon Temperature Indicator) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบแล็กเกอร์ (Lacquer Temperature Indicator) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเม็ดยา (Pellet Temperature Indicator) และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบแผ่นฉลาก (Label Temperature Indicator) เป็นต้น

2.5.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เลือกใช้

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomus Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821 ในรูปที่ 2.12 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว

รูปที่ 2.12 ผลของซีแบ็คผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปลเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิดสเตด เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าวตามสมการที่ 2.1

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT \tag{2.1}$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

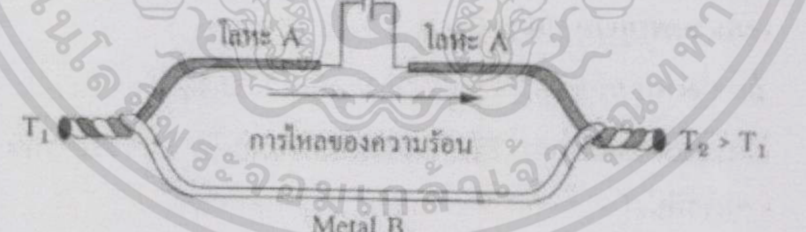
1) ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ
2) ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า emf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์
3) ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกันตามสมการ 2.2

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1) \tag{2.2}$$

เมื่อ α= ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค ; volts/K

T_1 , T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ; K

ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



รูปที่ 2.13 ผลของเพลเทียร์

2.5.3 รายละเอียดของเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เลือกใช้

Thermocouple Type K ธาตุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปนด้วยอะลูมิเนียมส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะว่าในปี ค.ศ. 1916 ยังไม่สามารถสร้างนิเกิลลบบริสุทธิ์ได้จึงได้เติมสารไม่บริสุทธิ์ต่าง ๆ ในส่วนผสมของวัสดุชนิด K แต่ในปัจจุบันได้มีการระมัดระวังส่วนผสมที่จะทำให้เกิดความไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงรักษาและสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้เทอร์มคัปเปิลชนิด K ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช้โลหะผสม

แต่โดยทั่วไปจะผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อน/อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ข้อควรระวังในการใช้งานของชนิด K มีดังนี้

1) ขั้วลบของเทอร์โมคัปเปิลจะเป็นวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก (เหล็กที่เป็นสารแม่เหล็ก) ที่อุณหภูมิห้อง แต่ที่จุดคิวรีของมัน (curie point คืออุณหภูมิที่มันเปลี่ยนจากคุณสมบัติเหล็กไปเป็นแม่เหล็ก) อยู่ในช่วงที่ใช้งานพอดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางเอาต์พุตอย่างทันทีทันใด ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าจุดคิวรีดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะผสม จุคิวรีนี้จะเปลี่ยนคุณสมบัติจากเทอร์โมคัปเปิลตัวหนึ่งให้เป็นเทอร์โมคัปเปิลอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องทดลองหาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่ไม่ทราบค่า ณ อุณหภูมิที่เราไม่ทราบค่านี้

2) ที่อุณหภูมิสูง ๆ (ช่วง 2,000 °C ถึง 6,000 °C) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะมีผลของฮีสเตอร์รีซีสเกิดขึ้นขณะที่มันอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดเดาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้

3) ที่อุณหภูมิ 10,000 °C ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะเกิดออกไซด์ เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อน

4) การใช้โคบอลต์เป็นโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูง ๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุต

ย่านการทำงานและความแน่นอนของเทอร์โมคัปเปิลในงานอุตสาหกรรม ที่กำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584(รหัสสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล) ช่วงนการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น –2700 °C ถึง +13,700 °C

โดยมีระดับความแน่นอนซึ่งกำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584 (ตารางอ้างอิงสำหรับเทอร์โมคัปเปิลนานาชาติ เป็นดังนี้

1) Class 1 = -400C ถึง +10,000 °C 0.004 x t หรือ 1.50 °C
2) Class 2 = -400C ถึง + 12,000 °C 0.0075 x t หรือ 2.50 °C
3) Class 1 = -2,000C ถึง +400 °C 0.015 x t หรือ 2.50 °C

รหัสสีสำหรับสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดโดยมาตรฐาน BS 4937 part 30 ,1993 (รหัสสีตามมาตรฐานอังกฤษสำหรับสายชดเชยแบบคู่ของเทอร์โมคัปเปิล) สำหรับชนิด K ขั้วบวกจะเป็นสีเขียว ขั้วลบจะเป็นสีขาว ถ้าตลอดทั้งตัวจะเป็นสีเขียว ส่วนสายชดเชยสัญญาณ (ชนิด vx) ก็เหมือนกับสีด้านบนที่กล่าวมา โดยสรุป

ข้อดีของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

1) เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด
2) สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้น ๆ จะวัดได้จาก –1,800 °C ถึงประมาณ 13,500 °C
3) สามารถใช้ในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิงหรือสภาวะแบบเฉื่อย (inert) ได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ
4) สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี
5) ให้อัตราการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่น ๆ ความชันมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน

ข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

1) ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง
2) ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของซัลเฟอร์

3) ไม่เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้น ๆ)

4) หลังการใช้งานไป 30 ปี ทำให้ส่วนผสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป

2.5.4 เครื่องมือแปลงสัญญาณอุณหภูมิที่เลือกใช้ [8]

ชื่อ : Thermocouple Transmitter

ยี่ห้อ : Primus

รุ่น : TM-004 220 1 2

รูปที่ 2.14 Primus Thermocouple Transmitter TM-004 220 1 2

2.5.4.1 คุณสมบัติทั่วไป

อุปกรณ์แปลงสัญญาณอุณหภูมิจาก Thermocouple type K, type J หรือ Type R เป็นสัญญาณมาตรฐานอินพุตและเอาต์พุตแยกอิสระจากกัน (Isolation) สามารถปรับ Zero และ Span ได้มี LED แสดงแรงดันไฟเลี้ยง

2.5.4.2 ลักษณะการทำงาน

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงสัญญาณอุณหภูมิที่ได้รับมาจากThermocouple ให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mAdc ได้โดยสัญญาณทางด้านอินพุตเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณทางด้านเอาต์พุตในแบบเชิงเส้น (Linearity) ที่ถูกต้องแม่นยำ

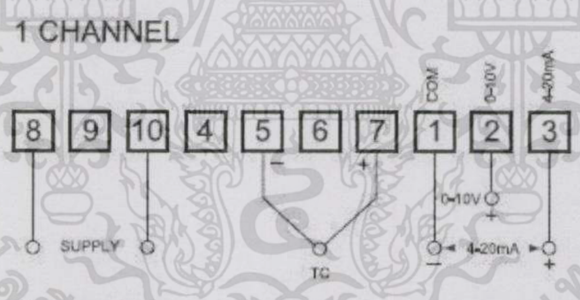
2.5.4.3 ข้อมูลทางเทคนิค

ข้อมูลทางเทคนิคแสดงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเชิงเทคนิค Primus Thermocouple Transmitter TM-004 220 1 2

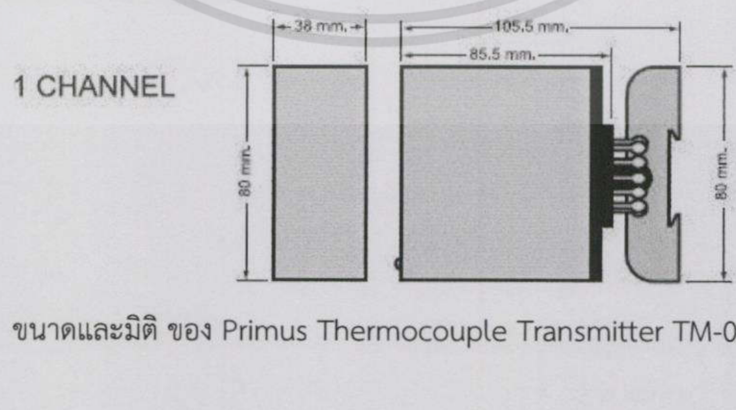
แรงดันไฟเลี้ยง	24, 110, 220, 240 VAC ±10%
ความถี่	45-60 Hz
กระแสไฟฟ้า	2.5 VA
อุณหภูมิการทำงาน	0-60 °C
การปรับสเกล	โดยใช้ POT ปรับหมุน 2 ตัว
Zero	±20%
Span	±20%
ความเที่ยงตรง	±1%
การบอกแสดง	LED แสดงแรงดันไฟเลี้ยง
ความต้านทานเอาต์พุต	0-20 mA
ต่อโหลดสูงสุด	500 Ω
เอ้าท์พุท	4-20 mA
ต่อโหลดสูงสุด	500 Ω
น้ำหนัก	190 g.

2.5.4.4 แบบการต่อสายสาย



รูปที่ 2.15 แบบการต่อสายของ Primus Thermocouple Transmitter TM-004 220 1 2

2.5.4.5 ขนาดและมิติ



รูปที่ 2.16 ขนาดและมิติ ของ Primus Thermocouple Transmitter TM-004 220 1 2

2.6 เครื่องมือวัดความดัน [6]

การวัดและควบคุมค่าความดัน (Pressure) ไม่ว่าจะเป็นความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) ความดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure) เป็นต้น ซึ่งการวัดหรือควบคุมความดันในกระบวนการมีความสำคัญในทางอุตสาหกรรม เนื่องจากค่าความดันมีผลต่อกระบวนการผลิต โดยเฉพาะด้านความปลอดภัย

2.6.1 เครื่องมือวัดความดันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม

1) ระบบการวัดความดันแบบเชิงกล เช่น เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) ต่าง ๆ

2) ระบบการวัดความดันแบบเชิงไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ส่งสัญญาณความดัน (Pressure - Transmitter) ต่าง ๆ

2.6.2 รายละเอียดเครื่องมือวัดความดันที่เลือกใช้

DP520C Pressure Transmitter
Compact Size and Unibody Type
Excellent EMI/EMC and Noise Properties
Embedded ASIC for High Accuracy
Wide Range (-40~100°C)
DIN and Cable Type
Perfect Compatibility with Dotech's Air Compressor Controllers

รูปที่ 2.17 DP520C Pressure Transmitter

2.6.2.1 ข้อมูลทางเทคนิค

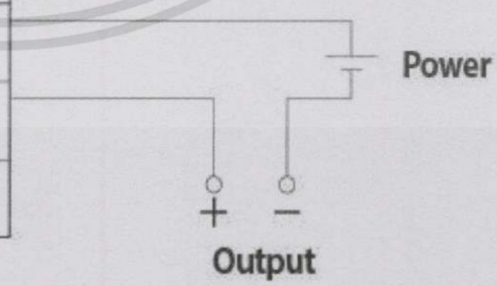
ข้อมูลทางเทคนิคแสดงตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลทางเทคนิค DP520C Pressure Transmitter

รุ่น	DP520C
Range	0 to 16bar
Connection	Cable type (Cable length 2m)
Overload Pressure	1.5 times of rated pressure
Burst Pressure	3 times of rated pressure
Accuracy	±1%F.S
Stability	Typically: 0.5%F.S, Maximum: 1%F.S
Signal Output	4~20mA
Wiring	Two-wire
Power Supply	10~30Vdc
Load Resistance	(U-10)/0.02(Ω)
Insulation	>100M Ω @50V
Protection Degree	IP67
Pressure Port	G1/4, NPT1/4, R1/4
Response time	10ms
Certificate	Intrinsic safety E, RoHS, CE
Operation	-40°C ~100°C
Compensation	-10°C ~80°C
Storage	-50°C ~125°C

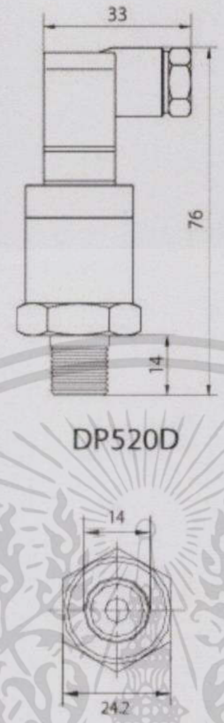
2.6.2.2 แบบการต่อสาย

Din connect type	Cable type	Pin
VCC(+)	RED	1
Signal(+)	Blue/Green	2
Shield	Black	⏚



รูปที่ 2.18 แบบการต่อสาย ของ DP520C Pressure Transmitter

2.6.2.3 ขนาดและมิติ



รูปที่ 2.19 ขนาดและมิติ ของ DP520C Pressure Transmitter

2.7 หม้อแปลงกระแส [9]

รูปที่ 2.20 หม้อแปลงกระแส

2.7.1 หลักการเบื้องต้นของหม้อแปลงกระแส

หลักการเบื้องต้นของหม้อแปลงกระแส (Current Transformer) กระแสโหลดที่ต้องการวัด จะไหลผ่านขอปฐมภูมิ ซึ่งอาจจะเป็นลวดตัวนำเส้นเดียว ถือว่าเป็นหนึ่งรอบทางปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบมากกว่า และจะต่อกับมาตรวัดกระแส ขดลวดของรีเลย์หรือขดลวดของวัตต์มิเตอร์ การทำงานของหม้อแปลงกระแสจะขึ้นอยู่กับสมดุลของค่าแอมแปร์-รอบที่สร้างขึ้น

โดยขดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ถ้าหม้อแปลงเป็นอุดมคติ คือ ไม่มีกระแสทำแม่เหล็ก (Magnetizing Current) หรือความสูญเสียในแกน ตามสมการที่ 2.3

$$\frac{I_p}{I_s} = n_{ct} \tag{2.3}$$

n_{ct} คือ อัตราส่วนรอบของหม้อแปลงกระแสโดย

$$n_{ct} = \frac{n_s}{n_p} \tag{2.4}$$

ปกติจะออกแบบให้ขดลวดทุติยภูมิจ่ายกระแสทุติยภูมิขนาด 5 A แผ่นป้ายชื่อบนตัวจะกำหนดอัตราส่วนของหม้อแปลง เช่น 500:5 A ค่านี้ไม่ใช่อัตราส่วนรอบ เพียงแต่แสดงว่า กระแสปฐมภูมิ 500 A จะให้กระแสทุติยภูมิ 5 A เพื่อต่อขดทุติยภูมิเข้ากับแอมมิเตอร์พิสัย 5 A เพราะว่าโหลดในระบบจะกำหนดกระแสปฐมภูมิ กระแสทุติยภูมิจะสัมพันธ์กับกระแสปฐมภูมิ โดยอัตราส่วนรอบผกผัน (โดยประมาณ) ในการสร้าง จะต้องทำให้กระแสทำแม่เหล็ก ความสูญเสียในแกน และเส้นแรงรั่วซึมน้อยที่สุด เพื่อจะแน่ใจว่า อัตราส่วนกระแสปฐมภูมิต่อทุติยภูมิจริง ๆ จะเข้าใกล้อัตราส่วนรอบผกผัน จะมีความผิดพลาดที่สำคัญในหม้อแปลงกระแสคือ ความผิดพลาดของกระแสกับความผิดพลาดมุมเฟส มีการนิยามความผิดพลาดกระแสหรืออัตราส่วน (Current or Ratio Error) ตามสมการ 2.4

$$\frac{(I_p/I_s)_1 - (I_p/I_s)_2}{(I_p/I_s)_2} \times 100\% \tag{2.5}$$

$(I_p/I_s)_1$ คือ อัตราส่วนตามพิกัด
$(I_p/I_s)_2$ คือ อัตราส่วนจริง

ความผิดพลาดมุมเฟสคือ มุมเฟสระหว่างเวกเตอร์ของกระแสปฐมภูมิกับเวกเตอร์ของกระแสทุติยภูมิที่กลับทิศ สำหรับหม้อแปลงที่สมบูรณ์ ค่ามุมเฟสนี้จะเป็น 0 ค่าความผิดพลาดเหล่านี้จะกำหนดโดยเทียบกับโหลดที่ต่ออยู่กับขดทุติยภูมิโดยเฉพาะค่าหนึ่ง เรียกโหลดนี้ว่า เบอร์เดน (Burden) ของหม้อแปลง และกำหนดเบอร์เดนนี้โดยกำลังปรากฏ (VA) ที่ใช้ไปในโหลดภายใต้ความถี่และกระแสทุติยภูมิที่กำหนด และโดยตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของมัน

2.7.2 รายละเอียดของหม้อแปลงกระแสที่เลือกใช้

หม้อแปลงกระแสขนาด 30/5 A

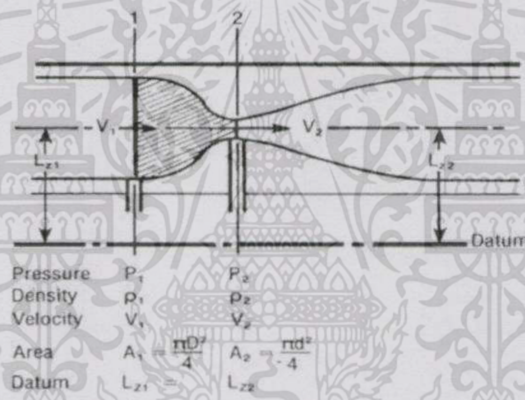
2.8 เครื่องมือวัดอัตราการไหล [6][10]

เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow Transmitter) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีความสำคัญในระบบควบคุมมาก เนื่องจากตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องการควบคุมจะถูกควบคุมโดยปริมาณของอัตราการไหลเกือบทั้งสิ้น โดยส่งผลไปที่วาล์วควบคุม (Control Valve) ส่วนวิธีการวัดอัตราการไหลมีหลายชนิด แต่ละวิธีจะมีหลักการแตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่แล้วมิใช่เป็นการหาค่าอัตราการไหลโดยตรง แต่จะวัดความเร็ว (Velocity) ของการไหลและคำนวณออกมาเป็นอัตราการไหลอีกที

2.8.1 ทฤษฎีในการวัดอัตราการไหลแบบแผ่นออริฟิส

เครื่องมือวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิส(Orifice Plate) เป็นการวัดอัตราการไหลแบบวัดความดันแตกต่าง โดยอาศัยหลักการทฤษฎีของ Bernoulli

โดยที่ทฤษฎีของ Bernoulli กล่าวว่า “ของไหลแบบที่มีอัตราการไหลสม่ำเสมอภายในท่อที่ปราศจากแรงเสียดทานแล้วผลบวกของ Velocity Head, Pressure Head และ Elevation Head ในทุกจุดของท่อจะเป็นค่าคงที่ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ทฤษฎีของ Bernoulli

ตามสมการ Bernoulli จะได้ว่า

$$\text{Total Energy 1} = \text{Total Energy 1}$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho g H_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho g H_2 \quad (2.6)$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{{V_1}^2}{2g} + H_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{{V_2}^2}{2g} + H_2$$

$$\frac{P_1}{r} + \frac{{V_1}^2}{2g} + H_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{{V_2}^2}{2g} + H_2 \quad (2.7)$$

เมื่อ r คือน้ำหนักจำเพาะของของไหล มีค่าเท่ากับ ρg

จากสมการที่ (2.7) $H_1 = H_2$ จะได้

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\Delta P = \rho(\frac{{V_2}^2 - {V_1}^2}{2}) \quad (2.8)$$

จากกฎ Conversation of Mass

$$m_1' = m_2' = \rho V_1 A_1 = \rho V_2 A_2$$

และ

$$Q_1 = Q_2 = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

จะได้

$$V_2 = \frac{A_1 V}{A_2}$$

แทนค่า V_2 ในสมการที่ (2.8) จะได้

$$\Delta P = \frac{\rho {V_1}^2}{2} \frac{{A_1}^2 - 1}{{A_2}^2}$$

เมื่อ

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\Delta P = \frac{\rho {V_1}^2}{2} \frac{D^4 - 1}{d} \quad (2.9)$$

ให้

$$B = \frac{d}{D}$$

จากสมการที่ (2.9) จะได้

$$V_1 = \frac{\sqrt{2\Delta P}}{\rho} \times \frac{B^2}{\sqrt{1 - B^4}} \quad (2.10)$$

ให้ค่า

$$\frac{B^2}{\sqrt{1 - B^4}} = E$$

จะได้

$$V_1 = EB^2 \sqrt{2\Delta \frac{P}{\rho}} \tag{2.11}$$

จากสมการที่ (2.6) ถึงสมการที่ (2.11) มีสมมติฐานคือ ไม่มีการสูญเสียพลังงาน แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปไม่ได้ ย่อมมีการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นเสมอ ในรูปแบบของ Friction Loss ทำให้ค่า SubmitP (Actual) มีค่าสูงกว่า SubmitP (Theoretical) เสมอ และจากสมการ (6) จะได้ค่า V1 (Theoretical) สูงกว่า V1 (Actual) จึงได้มีการกำหนดค่าอัตราส่วนระหว่างค่า Actual กับค่าทาง Theoretical เรียกว่า Discharge Coefficient (Cd)

$$C_d = \frac{\text{Actual Discharge}}{\text{Theoretical Discharge}} = \frac{V_{1a}}{V_{1T}} = \frac{V_{1a}}{EB^2 \sqrt{2\Delta \frac{P}{\rho}}}$$

ดังนั้น จะได้สมการที่สำคัญดังนี้ คือ

$$V_{1a} = EB^2 \sqrt{2\Delta \frac{P}{\rho}}$$

$$Q_{1a} = A_1 V_{1a} = \frac{\pi^2}{4}(d^2B^2)(C_dE) \sqrt{2\Delta \frac{P}{\rho}}$$

ดังนั้น

$$Q_{Actual} = \frac{\pi^2}{4} C_d D^2 E \sqrt{2\Delta \frac{P}{\rho}} \tag{2.12}$$

$$m'_{1a} = \rho\, A_1 V_{1a}$$

$$m'_{1a} = \rho \frac{\pi^2}{4} C_d D^2 E \sqrt{2\Delta \frac{P}{\rho}}$$

ดังนั้น

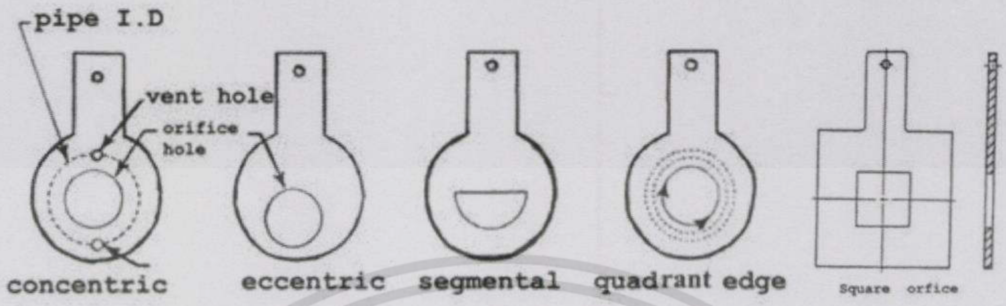
$$m'_{Aactual} = \frac{\pi^2}{4} C_d D^2 E \sqrt{2\Delta \frac{P}{\rho}} \tag{2.13}$$

สมการที่ (2.12) และสมการที่ (2.13) จะใช้กับ Primary Element ที่เป็นแผ่นออริฟิส, Nozzle, Venturi โดยมีค่า Cd ประมาณ 0.6, 0.75 จนถึง, 0.98 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า Venturi จะสูญเสียความดันน้อยที่สุด

แผ่นออริฟิสมี 5 รูปแบบ คือ

1) Concentric Orifice เป็นแบบที่นิยมใช้งานมากที่สุด

2) Eccentric Orifice
3) Segmental Orifice
4) Quadrant Edge Orifice
5) Square Orifice



รูปที่ 2.22 ชนิดของแผ่นออริฟิส

ออริฟิสเป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลชนิดความดันแตกต่างหรือรู้จักกันในอีกชื่อว่า โดยเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิส ประกอบด้วยแผ่นที่มีรูลักษณะเป็นวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของ Pipe หรือ Duct ที่ติดตั้งอยู่ (ตั้งแต่ 10% - 80% ของ Pipe Diameter) อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางรูออริฟิส และเส้นผ่าศูนย์ท่อเรียกว่า Beta Ratio ซึ่งใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการคำนวณ เพื่อออกแบบขนาดรูออริฟิส (เพราะขนาดของ Beta Ratio มีผลต่อค่าความดันแตกต่าง)

ในการติดตั้งแผ่นออริฟิสส่วนใหญ่นิยมใช้ Pipe Flange ในการติดตั้งและสัญญาณ ความดันแตกต่าง จะถูกต่อออกมาจากท่อ ซึ่งระยะห่างระหว่างจดต่อความดันแตกต่าง และแผ่นออริ-ฟิส จะขึ้นอยู่กับการออกแบบ โดยทั่วไปแผ่นออริฟิสจะมีค่าความแม่นยำเหมาะสมกับราคา อย่างไรก็ตามแผ่นออริฟิสง่ายต่อการเสียหายอันเนื่องมากจากของแข็งที่อาจไหลปนมาจากของไหลในกระบวนการ ซึ่งทำให้ความแม่นยำเสียไปด้วย

หลักการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิส โดยเมื่อของไหลไหลผ่านแผ่นออริฟิส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของการไหลอย่างทันทีทันใดบริเวณออริฟิส จะทำให้ของเหลว ไหลไม่เต็มท่อทั้งด้านหน้า และด้านหลัง

โดยขณะเดียวกันความดันด้านหลังจะลดลงเรื่อย ๆ มีสาเหตุมาจากแรงเสียดทานและความหนืดของของไหลในขณะที่ของไหลไหลผ่านแผ่นออริฟิส ไปแล้วนั้นความดันจะเพิ่มขึ้นทันทีทันใดบริเวณด้านหน้าของแผ่นออริฟิสจากนั้นความดันจะลดลงอย่างรวดเร็ว

เมื่อของไหลไหลผ่านแผ่นออริฟิสและความดันยังคงลดลงต่อไปจนถึงตำแหน่งที่ลดลงต่ำสุด เช่นเดียวกับขนาดของความเร็วของไหลจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งต่ำสุดเช่นกัน ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวเรียกว่า Vena Contracta จากนั้นขนาดของความเร็วของของไหลและความดัน จะเพิ่มขึ้นแต่ไม่เท่ากับ P_1 เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น

2.8.2. รายละเอียดของเครื่องมือวัดอัตราการไหลที่ใช้

ประเภท	: เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิส
ขนาด	: Do = 22 mm. , Di = 17 mm
Supply	: +12V, -12V, 5V, GND
Output	: 1-5 V_{DC}
Range	: 0-45 m^3/hr
ค่าความดันแตกต่าง	: 50,000 mmH2O

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F45K20 [11]-[14]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

2) หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใด ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุทและพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาท์พุท ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุท เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาท์พุท เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

4) ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

รูปที่ 2.23 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F45K20

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F45K20 แสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่ง PIC คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่งแนวคิดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น Program memory, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, UART, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) ตัวหนึ่ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F45K20 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาจาก Microchip Technology Incorporation มีจุดเด่น คือ มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ทำงานในช่วงแรงดันที่ 2.0V ถึง 5.5V และเหมาะสมต่อการพัฒนาด้วยโปรแกรมภาษา C เพราะทาง Microchip Technology Incorporation ผู้ผลิตได้พัฒนาคอมไพเลอร์ภาษา C สำหรับ PIC18 โดยมีขาพอร์ตให้ใช้งานทั้งหมด 40 ขา แสดงในรูปที่ 2.24 มีโมดูลแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter (ADC) ทั้งหมด 13 ช่อง (AN0-AN12) ที่มีความละเอียดขนาด 10 บิต (0 – 1023 บิต) สามารถเก็บข้อมูลสำหรับการแปลงสัญญาณได้อัตโนมัติ เปรียบเทียบแรงดัน Analog 2 ช่องพร้อมอินพุตแบบมัลติเพล็กซ์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F45K20 ยังมีฟังก์ชั่นการทำงานอย่างครบถ้วน เช่น โมดูลเชื่อมต่ออนุกรม Serial Peripheral Interface (SPI), โมดูล 2-wire Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART), โมดูล Pulse Width Modulation (PWM) และอื่น ๆ

รูปที่ 2.24 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F45K20

2.10 จอแสดงผลแอลซีดี [15][16]

จอแสดงผลแบบแอลซีดี (Liquid Crystal Display) จัดเป็นจอแสดงผลอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งจอแสดงผลแบบแอลซีดีมีทั้งแบบที่แสดงผลเป็นอักขระเพียงอย่างเดียว (Dot Matrix หรือ Character LCD) และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์อื่น ๆ ตามความต้องการได้ (Graphic LCD) โดยจอแสดงผลแอลซีดี ที่พบเห็นกันโดยทั่ว ๆ ไปในชีวิตประจำวันนี้อาจมีอยู่หลายแบบ บางชนิดก็เป็นแบบที่มีการสั่งผลิตขึ้นเฉพาะงานโดยมีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะ เช่น แอลซีดีที่นำไปใช้ในนาฬิกาข้อมือแบบดิจิตอล เครื่องเล่นเกม เครื่องคิดเลข หรือหน้าปัดวิทยุแบบต่าง ๆ เป็นต้น แต่ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะจอที่แสดงผลเป็นอักขระแบบจุดแมทริก (Dot-Matrix LCD) ที่มีวางจำหน่ายกันทั่ว ๆ ไปที่สามารถซื้อหามาใช้งานกันได้ง่าย โดยที่พบเห็นกันทั่วไปได้แก่ขนาด 16 ตัวอักษรไปจนถึง 40 ตัวอักษร และมีจำนวนบรรทัดตั้งแต่ 1 บรรทัดไปจนถึง 4 บรรทัด (หรืออาจมากกว่านั้น) โดยจอแสดงผลแอลซีดีเหล่านี้อาจมีหลายผู้ผลิต แต่ส่วนมากแล้วจะมีโครงสร้างการทำงานและชุดคำสั่งที่เหมือนกันเกือบทุกประการ อาจมีแตกต่างกันบ้างในเรื่องของความเร็วในการอ่านหรือเขียน

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้งานจอแสดงผลแอลซีดีขนาด 20x4 หมายถึง จอแสดงผลแอลซีดี มีขนาด 20 ตัวอักษร และมีจำนวนบรรทัดตั้งแต่ 4 บรรทัด แสดงในรูปที่ 2.25

รูปที่ 2.25 จอแสดงผลแอลซีดี 20x4

2.10.1 โครงสร้างจอแสดงผลแอลซีดี

โดยปกติโครงสร้างของแอลซีดี จะประกอบขึ้นด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกันอยู่ โดยเว้นช่องว่างตรงกลางไว้ 6-10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าชนิดใสเพื่อใช้แสดงตัวอักษร ระหว่างตัวนำไฟฟ้าใสกับผลึกเหลวจะมีชั้นสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบซึ่งเรียกว่า Alignment Layer และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Magnetic โดย แอลซีดี สามารถแสดงผลให้เรามองเห็นได้ทั้งหมด 3 แบบด้วยกันคือ

1) แบบใช้การสะท้อนแสง (Reflective Mode) ซึ่งจะใช้สารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของแอลซีดี ซึ่งแอลซีดีประเภทนี้เหมาะกับการนำมาใช้งานในที่ ๆ มีแสงสว่างเพียงพอ

2) แบบใช้การส่งผ่าน(Transitive Mode) โดยแอลซีดีแบบนี้จะวางหลอดไฟไว้ด้านหลังจอ เพื่อทำให้การอ่านค่าแสดงผลทำได้ชัดเจน

3) แบบส่งผ่านหรือสะท้อน (Transflective Mode) แอลซีดีแบบนี้จะเป็นการนำเอาข้อดีของจอแสดงผลแอลซีดี ทั้ง 2 แบบมารวมกัน

2.10.2 คุณสมบัติของแอลซีดี

1) ตัวอักษรแสดงด้วยจุดแมทริก ขนาด 5×8 จุด

2) สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะ คือ แบบ Memory Map และแบบผ่านขาพอร์ต ซึ่งจะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 14 ช่อง

3) การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับ แอลซีดี โมดูล เท่านั้น ข้อความจะปรากฏบนแผงแสดงและจะค้างไว้ตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ

4) มีคำสั่งพิเศษสำหรับช่วยให้ง่ายต่อการใช้งาน เช่น CLEAR DISPLAY, HOME CURSOR, ON OFF CUTSOR, BLANK CHARACTER เป็นต้น

5) สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัวและสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว

6) กินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5V

7) ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงให้กับแอลซีดี ค้างไว้ตลอดเวลาเพื่อให้แอลซีดีแสดงผลตามที่ต้องการได้เนื่องจากจะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีขึ้นและจะทำให้อายุการใช้งานแอลซีดีสั้นลง ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องป้อนสัญญาณสลับระหว่างปิดกับเปิด (SCAN) ด้วยความถี่ไม่น้อยกว่า 30 Hz เพื่อไม่ให้หน้าจอกระพริบ

2.11 รีเลย์

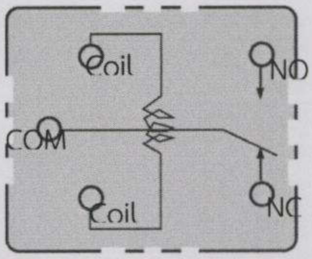
รูปที่ 2.26 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตช์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด

ในปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้ HRS4-(S)-DC5V

ตารางที่ 2.3 Coil Data

Nominal Voltage (VDC)	Coil Resistance (Ω±10%)	Operate Voltage (≤VDC)	Release Voltage (≥VDC)	Coil Power (mW)
5	55	3.50	0.50	450



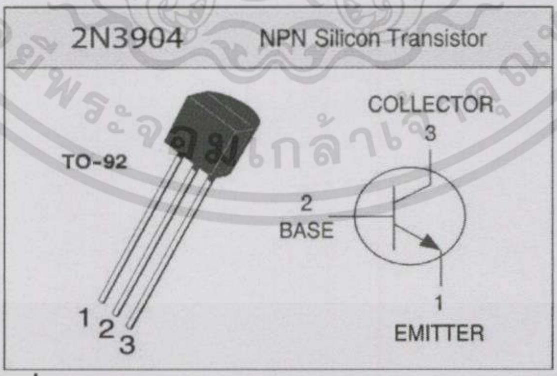
รูปที่ 2.27 แบบการต่อสายของรีเลย์

2.12 ทรานซิสเตอร์

รูปที่ 2.28 ทรานซิสเตอร์

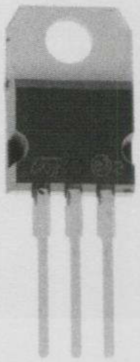
ทรายซิสเตอร์ (Transister) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถควบคุมการไหลของอิเล็กตรอนได้ ใช้ทำหน้าที่ ขยายสัญญาณไฟฟ้า, เปิด/ปิดสัญญาณไฟฟ้า, ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่, หรือกล้ำสัญญาณไฟฟ้า (modulate) เป็นต้น การทำงานของทรานซิสเตอร์เปรียบได้กับวาล์วควบคุมที่ทำงานด้วยสัญญาณไฟฟ้าที่ขาเข้า เพื่อปรับขนาดกระแสไฟฟ้าขาออกที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายไฟ

ในปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้ 2N3904 (NPN)



รูปที่ 2.29 ทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN เบอร์ 2N3904

2.13 เร็กกูเลเตอร์



รูปที่ 2.30 เร็กกูเลเตอร์

เร็กกูเลเตอร์ (Regulator) ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดัน ที่ไปจ่ายให้ส่วนต่าง ๆ ของวงจรให้มีค่าคงที่

ในปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้ LM7812, LM7912, LM7805 และ KIA278

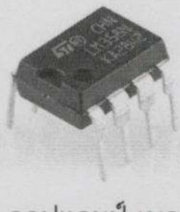
2.14 บริดจ์เรกติฟายเออร์

รูปที่ 2.31 บริดจ์เรกติฟายเออร์ เบอร์ KBP206G

บริดจ์เรกติฟายเออร์ (Bridge Rectifier) เป็น IC ที่ทำหน้าที่เหมือนบริดจ์ไดโอด เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

ในปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้ KBP206

2.15 ออปแอมป์



รูปที่ 2.32 ออปแอมป์ เบอร์ LM358N

ออปแอมป์ (Operation Amplifier : OPAMP) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีการทำงานเป็นแบบ Voltage-controlled Voltage Source ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการจัดการสัญญาณได้ดังนี้

1) รวมสัญญาณ (Summer)
2) อนุพันธ์สัญญาณ (Differentiator)
3) อินทิเกรตสัญญาณ (Integrator)
4) ขยายสัญญาณ (Amplifier)

ในปริญญานิพนธ์นี้เลือกใช้ LM358N

2.16 เทคโนโลยีการสื่อสาร [17]

การส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย สามารถส่งได้ 2 ลักษณะ คือ การส่งแบบขนานและการส่งแบบอนุกรม

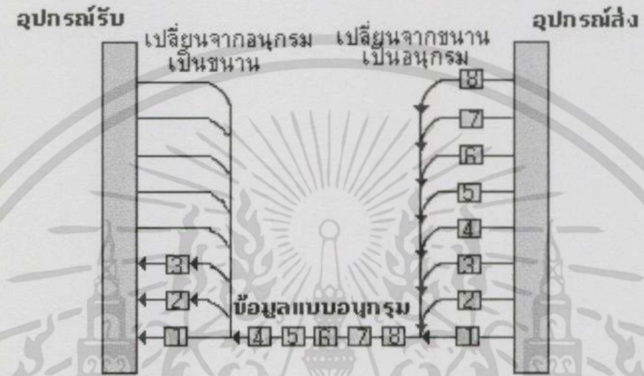
2.16.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน

การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission) คือการส่งข้อมูลพร้อมกันทีละหลาย ๆ บิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกา โดยการส่งจะรวมบิต 0 และ 1 หลาย ๆ บิตเข้าเป็นกลุ่มจำนวน n บิต ผู้ส่งจะส่งครั้งละ n บิต ผู้รับจะรับครั้งละ n บิตเช่นกัน เมื่อส่งครั้งละ n บิต ต้องใช้สาย n เส้น แต่ละบิตมีสายของตนเอง ในการส่งแต่ละครั้งทุกเส้นต้องใช้สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน ทำให้สามารถส่งข้อมูลออกไปยังอุปกรณ์อื่นพร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.33 การส่งข้อมูลแบบขนาน โดยให้ n เท่ากับ 8 โดยทั่วไปแล้วปลายของสายทั้ง 2 ข้างจะถูกต่อด้วยคอนเนค-เตอร์ด้านละ 1 ตัว ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบขนานคือ ความเร็ว เพราะส่งข้อมูลได้ครั้งละ n บิต ดังนั้น ความเร็วจึงเป็น n เท่าของการส่งแบบอนุกรม แต่ข้อเสียคือ ค่าใช้จ่าย เพราะต้องใช้สายจำนวน n เส้น ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบขนาน เช่น การส่งข้อมูลภายในระบบบัสของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น

รูปที่ 2.33 การส่งข้อมูลแบบขนาน

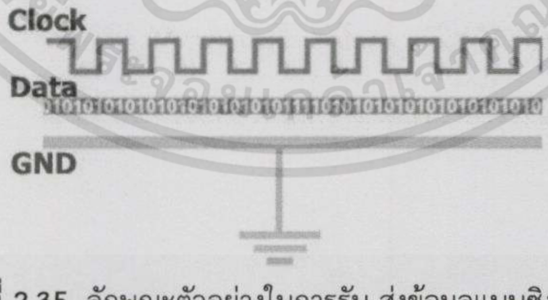
2.16.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission) คือการส่งข้อมูลทีละ 1 บิตในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกา ทำให้ดูเหมือนว่าบิตต่าง ๆ เรียงต่อเนื่องกันไป จากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอีกอุปกรณ์หนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.34 ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ การใช้ช่องทางการสื่อสารเพียง 1 ช่อง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลง แต่ข้อเสียคือ ความเร็วของการส่งที่ต่ำ ตัวอย่างของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เช่น โมเด็มจะใช้การส่งแบบอนุกรมเนื่องจากในสัญญาณโทรศัพท์มีสายสัญญาณเส้นเดียวและอีกเส้นหนึ่งเป็นสายดิน



รูปที่ 2.34 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

1) การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) เป็นรูปแบบที่ใช้วิธีส่งข้อมูลโดยใช้สัญญาณนาฬิกามาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล การส่งข้อมูลแบบนี้เป็นการรับส่งที่มีคุณภาพ และส่งได้ที่ความเร็วสูง มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายระหว่างทางน้อย ตัวอย่างการส่งข้อมูลลักษณะนี้เช่น I2C, SPI ข้อเสียของการรับส่งข้อมูลแบบนี้คือ ต้องใช้สายสัญญาณมากเพราะว่าต้องมีสายส่งสัญญาณนาฬิกาด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.35

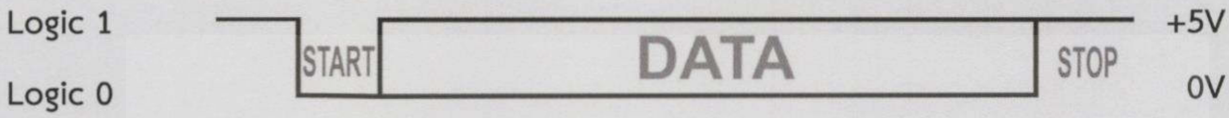


รูปที่ 2.35 ลักษณะตัวอย่างในการรับ-ส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

2) การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) เป็นการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องใช้สายสัญญาณนาฬิกา มาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล แต่ใช้วิธีกำหนดรูปแบบการรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และอาศัยการกำหนด ความเร็วของการรับและส่ง (Baud rate) ที่เท่ากันทั้งฝั่งรับและฝั่งส่ง ข้อดีของการใช้ อะซิงโครนัสคือสามารถสื่อสารแบบสองทิศทางที่สามารถส่งข้อมูลได้ในเวลา

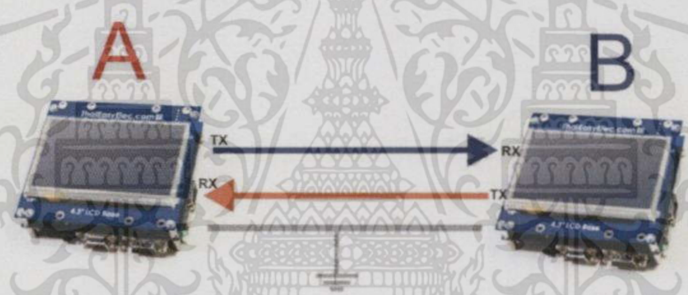
เดียวกัน (Full Duplex) แต่การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายขณะรับส่งข้อมูล หรือรับส่งข้อมูลผิดพลาดได้มากกว่าแบบซิงโครนัส

3) UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) เป็นรูปแบบการส่งข้อมูลที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส โดยมีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.36 เริ่มต้นจากบิตเริ่มต้น (Start Bit) เป็น Logic 0 จากนั้นจะตามด้วยข้อมูล (Data) ที่ส่ง แล้วจะถูกปิดด้วยบิตหยุด (STOP Bit) เป็น Logic 1



รูปที่ 2.36 ลักษณะตัวอย่างในการรับ-ส่งข้อมูลแบบ UART

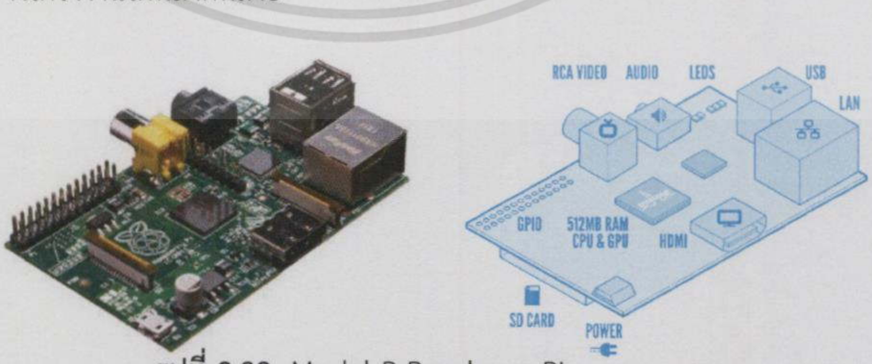
การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในการรับส่งข้อมูลของ UART ทั้งสองอุปกรณ์จะต้องต่อสายสัญญาณขาพอร์ต TX จากอุปกรณ์หนึ่ง เข้าขาพอร์ต RX อีกอุปกรณ์หนึ่ง ทั้งหมด 2 เส้น และต้องต่อสายดินร่วมกันระหว่างสองอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 ลักษณะตัวอย่างในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ในการรับ-ส่งข้อมูลแบบ UART

2.17 บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi [18]

Raspberry Pi คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต ภายในแผงวงจรเดียว ที่ออกแบบมาเพื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับวิทยาการคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานภายในโรงเรียน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างโครงงานได้หลากหลาย



รูปที่ 2.38 Model B Raspberry Pi

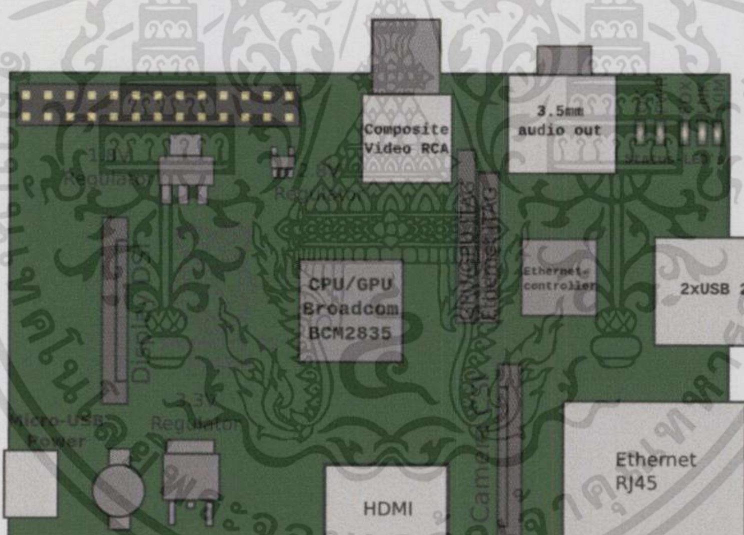
2.17.1 ประวัติของ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต Raspberry Pi

ในปี ค.ศ. 2006 บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิตรุ่น Raspberry Pi ได้ถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของ Atmel ATmega644 microcontroller โดยวงจร รวมถึง PCB Layout ทั้งหมด สามารถทำการดาวน์โหลดโดยสาธารณะชนทั่วไป มูลนิธิ Eben Upton ที่เป็นการรวมตัวของอาจารย์ นักวิชาการ และผู้ชื่นชอบในวงการประดิษฐ์คอมพิวเตอร์ ได้สร้างบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi เพื่อให้เด็กนักเรียนใช้ศึกษา Raspberry Pi ตัวต้นแบบมีขนาดเล็กเท่ากับ USB Drive โดยมีเพียง 1 USB Port และ HDMI Port

ในช่วงเดือน สิงหาคม ปี ค.ศ. 2011 บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิตรุ่น Raspberry Pi รุ่น Alpha ที่มีความสามารถเหมือน Model B แต่มีขนาดใหญ่กว่า จำนวน 50 ชิ้นได้ถูกผลิตขึ้น

ใน ค.ศ. 2011 , รุ่น Model A Beta ได้ออกสู่ในที่สาธารณะ และในปีต่อมา ได้ออกจำหน่าย ค.ศ. 2012 โดยจำหน่ายทางเว็บไซต์ eBay เป็นที่แรกและใน ปี ค.ศ. 2013 บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi จำนวนมากได้ถูกผลิตและจำหน่าย

2.17.2 ส่วนประกอบของ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi



รูปที่ 2.39 ส่วนประกอบของบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi Model B

ส่วนประกอบของ Raspberry Pi แสดงดังรูปที่ 2.39 โดยส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้

2.17.2.1 CPU และ GPU

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi จะมีการรวมส่วนต่าง ๆ เข้ามาอยู่ในชิพตัวเดียว (System on a chip, SoC)โดยรวม CPU 700 MHz ARM1176JZF-S core กับ GPU Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz

2.17.2.2 หน่วยความจำ

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi ใช้หน่วยความจำชนิด SDRAM 512 MB (shared with GPU)

2.17.2.3 การเชื่อต่อผ่าน Port

1) USB 2.0

2) CSI Video Input, Composite Video Output, HDMI 1.4 (1080P)

3) 3.5mm Audio Output

4) 10/100Ethernet, 8 port GPIO

2.17.2.4 หน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูล

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi ใช้ SD Card เป็นหน่วยความจำในการจัดเก็บข้อมูล

2.17.2.5 การใช้พลังงาน

บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi ใช้แรงดัน 5V กระแส 700mA ผ่านทาง Micro USB

2.17.2.6 ระบบปฏิบัติการที่ใช้

1) Arch Linux ARM
2) Debian GNU/Linux
3) Gentoo
4) Fedora
5) FreeBSD
6) NetBSD
7) Plan 9
8) Raspbian OS
9) RISC OS
10) Slackware Linux

2.18 ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ [19]

รูปที่ 2.40 Tux Mascot ของระบบลินุกซ์

ลินุกซ์ (Linux) และรู้จักในชื่อ กนู/ลินุกซ์ (GNU/Linux) โดยทั่วไปเป็นคำที่ใช้ในความหมายที่หมายถึงระบบปฏิบัติการแบบยูนิกซ์ โดยใช้ลินุกซ์ เคอร์เนล เป็นศูนย์กลางทำงานร่วมกับไลบรารีและ

เครื่องมืออื่น ลินุกซ์เป็นตัวอย่างหนึ่งในฐานะซอฟต์แวร์เสรี และซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่ประสบความสำเร็จและมีชื่อเสียง ทุกคนสามารถดูหรือนำโค้ดของลินุกซ์ไปใช้งาน, แก้ไข, และแจกจ่ายได้อย่างเสรี ลินุกซ์นิยมจำหน่ายหรือแจกฟรีในลักษณะเป็นแพคเกจ โดยผู้จัดทำจะรวมซอฟต์แวร์สำหรับใช้งานในด้านอื่นเป็นชุดเข้าด้วยกัน

เริ่มแรกของของลินุกซ์พัฒนาและใช้งานในเฉพาะกลุ่มผู้ที่สนใจ ซึ่งในปัจจุบันลินุกซ์ได้รับความนิยมเนื่องมาจากระบบการทำงานที่เป็นอิสระ ปลอดภัย เชื่อถือได้ และราคาต่ำ จึงได้มีการพัฒนาจากองค์กรต่าง ๆ เช่น ไอบีเอ็ม ฮิวเลตต์-แพคการ์ด และ โนเวลล์ ใช้สำหรับในระบบเซิร์ฟเวอร์และพีซี เริ่มแรกลินุกซ์พัฒนาสำหรับใช้กับเครื่อง อินเทล 386 ไมโครโพรเซสเซอร์ หลังจากที่ได้รับความนิยมปัจจุบัน ลินุกซ์ได้พัฒนารับรองการใช้งานของระบบสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ในระบบต่าง ๆ รวมถึงในโทรศัพท์มือถือ และกล้องวิดีโอ

ลินุกซ์มีสัญญาอนุญาตแบบ GPL ซึ่งเป็นสัญญาอนุญาตที่กำหนดให้ผู้ที่นำโค้ดไปใช้ต้องใช้สัญญาอนุญาตแบบเดิมต่อคือใช้สัญญาอนุญาต GPL เช่นเดียวกัน ซึ่งลักษณะสัญญาอนุญาตแบบนี้เรียกว่า copyleft

2.18.1 ประวัติของระบบปฏิบัติการลินุกซ์

ผู้เริ่มพัฒนาลินุกซ์ เคอร์เนลเป็นคนแรก คือ ลินุส โตร์วัลดส์ (Linus Torvalds) ชาวฟินแลนด์ เมื่อสมัยที่เขายังเป็นนักศึกษาคอมพิวเตอร์ ที่มหาวิทยาลัยเฮลซิงกิ โดยแรกเริ่ม ริชาร์ด สตอลแมน (Richard Stallman) ได้ก่อตั้งโครงการกนูขึ้นในปี พ.ศ. 2526 จุดมุ่งหมายโครงการกนู คือ ต้องการพัฒนาระบบปฏิบัติการคล้ายยูนิกซ์ที่เป็นซอฟต์แวร์เสรีทั้งระบบ ราวช่วงพ.ศ. 2533 โครงการกนูมีส่วนโปรแกรมที่จำเป็นสำหรับระบบปฏิบัติการเกือบครบทั้งหมด ได้แก่ คลังโปรแกรม (Libraries) คอมไพเลอร์ (Compiler) โปรแกรมแก้ไขข้อความ(Text Editor) และเปลือกระบบยูนิกซ์ (Shell) ซึ่งขาดแต่เพียงเคอร์เนล(Kernel) เท่านั้น ในพ.ศ. 2533 โครงการกนูได้พัฒนาเคอร์เนลชื่อ Hurd เพื่อใช้ในระบบกนูซึ่งในขณะนั้นมีปัญหาเกี่ยวกับความเร็วในการประมวลผล

ในพ.ศ. 2534 โตร์วัลดส์เริ่มโครงการพัฒนาเคอร์เนล ขณะศึกษาในมหาวิทยาลัยแล้ว โดยอาศัย Minix ซึ่งเป็นระบบที่คล้ายกับ Unix ซึ่งมากับหนังสือเรื่องการออกแบบระบบปฏิบัติการ มาเป็นเป็นต้นแบบในการเขียนขึ้นมาใหม่โดย Torvalds เขาพัฒนาโดยใช้ IA-32 assembler และภาษาซีคอมไพล์เป็นไฟล์ไบนารีและบูทจากแผ่นฟลอปปี้ดิสก์ เขาได้พัฒนามาเรื่อย ๆ จนกระทั่งสามารถบูทตัวเองได้ (กล่าวคือสามารถคอมไพล์ภายในลินุกซ์ได้เลย) และในปัจจุบันมีนักพัฒนาจากพันกว่าคนทั่วโลกได้เข้ามามีส่วนรวมในการพัฒนาโครงการ Eric S. Raymond ได้ศึกษากระบวนการพัฒนาดังกล่าวและเขียนบทความเรื่อง The Cathedral and the Bazaar ในรุ่น 0.01 นี้ถือว่ามีเครื่องมือที่เพียงพอสำหรับระบบ POSIX ที่ใช้เรียก ลินุกซ์ ที่รันกับ กนู Bash Shell และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและอย่างรวดเร็วโตร์วัลดส์ยังคงมุ่งมั่นพัฒนาระบบต่อไป ซึ่งต่อมาก็สามารถรันบน X Window System และมีการเลือกนกเพนกวินที่ชื่อ Tux ให้เป็นตัวนำโชคหรือ Mascot ของระบบลินุกซ์ ตามรูปที่ 2.40

2.18.2 การใช้งานระบบปฏิบัติการลินุกซ์

การใช้งานดั้งเดิมของลินุกซ์ คือ ใช้เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ แต่จากราคาที่ต่ำ ความยืดหยุ่น พื้นฐานจากยูนิกซ์ ทำให้ลินุกซ์เหมาะกับงานหลาย ๆ ประเภท

ลินุกซ์ ถือเป็นส่วนสำคัญของซอฟต์แวร์เซิร์ฟเวอร์ที่เรียกว่า LAMP ย่อมาจาก Linux, Apache, MySQL, Perl/PHP/Python ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ และพบมากสุดระบบหนึ่ง ตัวอย่างซอฟต์แวร์ซึ่งพัฒนาสำหรับระบบนี้คือ มีเดียวิกิ ซอฟต์แวร์สำหรับวิกิพีเดีย

เนื่องจากราคาที่ต่ำและการปรับแต่งได้หลากหลาย ลินุกซ์ถูกนำมาใช้ในระบบฝังตัว เช่นเครื่องรับสัญญาณโทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์พกพาต่าง ๆ ลินุกซ์เป็นคู่แข่งที่สำคัญของซิมเบียนโอเอส ซึ่งใช้ในโทรศัพท์มือถือจำนวนมาก และใช้แทนวินโดวส์ซีอี และปาล์มโอเอส บนเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา เครื่องบันทึกวิดีโอก็ใช้ลินุกซ์ที่ดัดแปลงเป็นพิเศษ ไฟร์วอลล์และเราเตอร์หลายรุ่น เช่นของ Linksys ใช้ลินุกซ์และขีดความสามารถเรื่องทางเครือข่ายของมัน

ระยะหลังมีการใช้ลินุกซ์เป็นระบบปฏิบัติการของซูเปอร์คอมพิวเตอร์มากขึ้น ในรายชื่อซูเปอร์คอมพิวเตอร์ TOP500 ของเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2548 เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ที่เร็วที่สุดสองอันดับแรกใช้ลินุกซ์ และจาก 500 ระบบ มีถึง 371 ระบบ (คิดเป็น 74.2%) ให้ลินุกซ์แบบใดแบบหนึ่ง

เครื่องเล่นเกม โซนี่ เพลย์สเตชัน 3 ที่ออกในปี พ.ศ. 2549 รันลินุกซ์ โซนียังได้ปล่อย PS2 Linux สำหรับใช้กับเพลย์สเตชัน 2 อีกด้วย ผู้พัฒนาเกมอย่าง Atari และ id Software ก็เคยออกซอฟต์แวร์เกมบนลินุกซ์มาแล้ว

2.19 การใช้งาน MySQL [20][21]

รูปที่ 2.41 สัญลักษณ์ทางการค้าของ MySQL

MySQL (มายเอสคิวแอล) เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) โดยใช้ภาษา SQL แม้ว่า MySQL เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส แต่แตกต่างจากซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สทั่วไป โดยมีการพัฒนาภายใต้บริษัท MySQL AB ในประเทศสวีเดน โดยจัดการ MySQL ทั้งในแบบที่ให้ใช้ฟรี และแบบที่ใช้ในเชิงธุรกิจ

MySQL สร้างขึ้นโดยชาวสวีเดน 2 คน และชาวฟินแลนด์ ชื่อ David Axmark, Allan Larsson และ Michael "Monty" Widenius. ปัจจุบันบริษัทซันไมโครซิสเต็มส์ (Sun Microsystems, Inc.) เข้าซื้อกิจการของ MySQL AB เรียบร้อยแล้ว ฉะนั้นผลิตภัณฑ์ภายใต้ MySQL AB ทั้งหมดจะตกเป็นของซันในเวอร์ชัน 5.0 มีความสามารถหลายอย่างที่สำคัญสำหรับระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่หรือระดับองค์กร (EnterPrise Feature) เช่น Store Procedure, database trigger, database view, database schema ซึ่งได้มีการปรับเพิ่มประสิทธิภาพในส่วนของตารางและการทำดัชนี (index)

ขึ้นมาอีก ปัจจุบันเวอร์ชัน community หรือเวอร์ชันที่เสถียร (stable) 5.0 และเวอร์ชันทดสอบคือ 5.1 beta release และ 5.2 Alpha ตั้งแต่เวอร์ชัน 5.1 เริ่มสนับสนุนการทำ Parttion Database , ตารางเวลาสำหรับเหตุการณ์ต่าง ๆ (Event schedule)

MySQL เป็นที่นิยมใช้กันมากสำหรับฐานข้อมูลสำหรับเว็บไซต์ เช่น มีเดียวิกิ และ PHP BB และนิยมใช้งานร่วมกับภาษาโปรแกรม PHP ซึ่งมักจะได้ชื่อว่าเป็นคู่ จะเห็นได้จากคู่มือคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ที่จะสอนการใช้งาน MySQL และ PHP ควบคู่กันไป นอกจากนี้ หลายภาษาโปรแกรมที่สามารถทำงานร่วมกับฐานข้อมูล MySQL ซึ่งรวมถึง ภาษาซี ซีพลัสพลัส ปาสคาล ซีชาร์ป ภาษาจาวา ภาษาเพิร์ล PHP ไพทอน รูบี และภาษาอื่น ใช้งานผ่าน API สำหรับโปรแกรมที่ติดต่อผ่าน ODBC หรือ ส่วนเชื่อมต่อกับภาษาอื่น (Database Connector) เช่น เอเอสพี สามารถเรียกใช้ MySQL ผ่านทาง My ODBC, ADO, ADO.NET เป็นต้น

โปรแกรมช่วยในการจัดการฐานข้อมูล และ ทำงานกับฐานข้อมูลในการจัดการฐานข้อมูล MySQL สามารถใช้โปรแกรมแบบ command-line เพื่อจัดการฐานข้อมูล หรือจะดาวน์โหลดโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลแบบ GUI จากเว็บไซต์ของ MySQL ซึ่งคือโปรแกรม: MySQL Administrator และ MySQL Query Browser. เป็นต้น

ส่วนเชื่อมต่อกับภาษาในการพัฒนาอื่น (Database Connector) มีส่วนติดต่อ (Interface) เพื่อเชื่อมต่อกับภาษาในการพัฒนา อื่น ๆ เพื่อให้เข้าถึงฟังก์ชันการทำงานกับฐานข้อมูล MySQL ได้เช่น ODBC (Open Database Connector) อันเป็นมาตรฐานกลางที่กำหนดมาเพื่อให้ใช้เป็นสะพานในการเชื่อมต่อกับโปรแกรมหรือระบบอื่น ๆ เช่น My ODBC อันเป็นไดรเวอร์เพื่อใช้สำหรับการเชื่อมต่อในระบบปฏิบัติการ Window, JDBC คลาสส่วนเชื่อมต่อสำหรับ Java เพื่อใช้ในการติดต่อกับ MySQL และมี API (Application Programming Interface) ต่าง ๆ มีให้เลือกใช้มากมายในการที่เข้าถึง MySQL โดยไม่ขึ้นอยู่กับภาษาการพัฒนาใดภาษาหนึ่ง

นอกเหนือจาก ตัวเชื่อมต่อกับภาษาอื่น (Connector) ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมี API ที่สนับสนุนในขณะนี้คือ

1) DBI สำหรับการเชื่อมต่อกับ ภาษา perl
2) Ruby สำหรับการเชื่อมต่อกับ ภาษา ruby
3) Python สำหรับการเชื่อมต่อกับภาษา python
4) .NET สำหรับการเชื่อมกับภาษา .NET framework
5) MySQL++ สำหรับเชื่อมต่อกับภาษา C++
6) Ch สำหรับการเชื่อมต่อกับ Ch (C/C++ interpreter)
7) PHP สำหรับการเชื่อมต่อกับภาษาPHP

ยังมีโปรแกรมอีกตัว เป็นโปรแกรมบริหารพัฒนาโดยผู้อื่น ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายและนิยมกันเขียนในภาษาPHP เป็นโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชัน ชื่อ phpMyAdmin ทั้ง MySQL server และ client libraries ถูกเผยแพร่ในลิขสิทธิ์ 2 แบบ ผู้ใช้สามารถเลือกได้ระหว่างลิขสิทธิ์ GNU General Public License หรือลิขสิทธิ์ Proprietary License

2.20 ภาษา PHP [22]

PHP (พีเอชพี) ซึ่งใช้เป็นคำย่อแบบกล่าวซ้ำ จากคำว่า PHP Hypertext Preprocessor หรือชื่อเดิม Personal Home Page คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษา PHP ใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์ และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษา ภาษาซี ภาษาจาวา และ ภาษาเพิร์ล ซึ่ง ภาษา PHP นั้นง่ายต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป้าหมายหลักของภาษานี้ คือให้นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถเขียน เว็บเพจ ที่มีความตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว PHP รุ่นล่าสุดคือ PHP 5.4.0 ส่วนรุ่นพัฒนาคือ PHP 6.0.0-dev

2.20.1 คุณสมบัติของภาษา PHP

การแสดงผลของ PHP จะปรากฏในลักษณะ HTML ซึ่งจะไม่แสดงคำสั่งที่ผู้ใช้เขียน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่ PHP แตกต่างจากภาษาในลักษณะไคลเอนต์-ไซด์ สคริปต์ เช่น ภาษาจาวาสคริปต์ ที่ผู้ชมเว็บไซต์สามารถอ่าน ดูและคัดลอกคำสั่งไปใช้เองได้ นอกจากนี้ PHP ยังเป็นภาษาที่เรียนรู้และเริ่มต้นได้ไม่ยาก โดยมีเครื่องมือช่วยเหลือและคู่มือที่สามารถหาอ่านได้ฟรีบนอินเทอร์เน็ต ความสามารถการประมวลผลหลักของ PHP ได้แก่ การสร้างเนื้อหาอัตโนมัติจัดการคำสั่ง การอ่านข้อมูลจากผู้ใช้และประมวลผล การอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล ความสามารถจัดการกับคุกกี้ ซึ่งทำงานเช่นเดียวกับโปรแกรมในลักษณะ CGI คุณสมบัติอื่นเช่น การประมวลผลตามบรรทัดคำสั่ง (command line scripting) ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสร้างสคริปต์ PHP ทำงานผ่าน PHP พาร์เซอร์ (PHP parser) โดยไม่ต้องผ่านเซิร์ฟเวอร์หรือบราวเซอร์ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับ Cron (ใน ยูนิกซ์หรือลีนุกซ์) หรือ Task Scheduler (ในวินโดวส์) สคริปต์เหล่านี้สามารถนำไปใช้ในแบบ Simple text processing tasks ได้

การแสดงผลของ PHP ถึงแม้ว่าจุดประสงค์หลักใช้ในการแสดงผล HTML แต่ยังสามารถสร้าง XHTML หรือ XML ได้ นอกจากนี้สามารถทำงานร่วมกับคำสั่งเสริมต่าง ๆ ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลหลัก PDF แฟลช (โดยใช้ libswf และ Ming) PHPมีความสามารถอย่างมากในการทำงานเป็นประมวลผลข้อความ จาก POSIX Extended หรือ รูปแบบ Perl ทั่วไป เพื่อแปลงเป็นเอกสาร XML ในการแปลงและเข้าสู่เอกสาร XML เรารองรับมาตรฐาน SAX และ DOM สามารถใช้รูปแบบ XSLT ของเราเพื่อแปลงเอกสาร XML

เมื่อใช้PHPในการทำอีคอมเมิร์ซ สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมอื่น เช่น Cybercash payment, CyberMUT, VeriSign Payflow Pro และ CCVS functions เพื่อใช้ในการสร้างโปรแกรมทำธุรกรรมทางการเงิน

2.20.2 การรองรับภาษา PHP

คำสั่งของ PHP สามารถสร้างผ่านทางโปรแกรมแก้ไขข้อความทั่วไป เช่น โน้ตแพด หรือ vi ซึ่งทำให้การทำงาน PHP สามารถทำงานได้ในระบบปฏิบัติการหลักเกือบทั้งหมด โดยเมื่อเขียนคำสั่งแล้วนำมาประมวลผล Apache, Microsoft Internet Information Services (IIS) , Personal Web Server, Netscape และ iPlanet servers, Oreilly Website Pro server, Caudium, Xitami, OmniHTTPd, และอื่น ๆ อีกมากมาย. สำหรับส่วนหลักของ PHP ยังมี Module ในการรองรับ CGI มาตรฐาน ซึ่ง PHP สามารถทำงานเป็นตัวประมวลผล CGI ด้วย และด้วย PHP, คุณมีอิสรภาพในการเลือก ระบบปฏิบัติการ และ เว็บเซิร์ฟเวอร์ นอกจากนี้คุณยังสามารถใช้สร้างโปรแกรมโครงสร้าง สร้าง

โปรแกรมเชิงวัตถุ (OOP) หรือสร้างโปรแกรมที่รวมทั้งสองอย่างเข้าด้วยกัน แม้ว่าความสามารถของคำสั่ง OOP มาตรฐานในเวอร์ชันนี้ยังไม่สมบูรณ์ แต่ตัวไลบรารีทั้งหลายของโปรแกรม และตัวโปรแกรมประยุกต์ (รวมถึง PEAR library) ได้ถูกเขียนขึ้นโดยใช้รูปแบบการเขียนแบบ OOP เท่านั้น

PHPสามารถทำงานร่วมกับฐานข้อมูลได้หลายชนิด ซึ่งฐานข้อมูลส่วนหนึ่งที่รองรับได้แก่ ออราเคิล dBase PostgreSQL IBM DB2 MySQL Informix ODBC โครงสร้างของฐานข้อมูลแบบ DBX ซึ่งทำให้ PHP ใช้กับฐานข้อมูลอะไรก็ได้ที่รองรับรูปแบบนี้ และ PHP ยังรองรับ ODBC (Open Database Connection) ซึ่งเป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่ใช้กันแพร่หลายอีกด้วย คุณสามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลต่าง ๆ ที่รองรับมาตรฐานโลกนี้ได้

PHP ยังสามารถรองรับการสื่อสารกับการบริการในโพรโทคอลต่างๆ เช่น LDAP IMAP SNMP NNTP POP3 HTTP COM (บนวินโดวส์) และอื่น ๆ อีกมากมาย คุณสามารถเปิด Socket บนเครือข่ายโดยตรง และ ตอบโต้โดยใช้ โพรโทคอลใด ๆ ก็ได้ PHP มีการรองรับสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบ WDDX Complex กับ Web Programming อื่น ๆ ทั่วไปได้ พูดถึงในส่วน Interconnection, PHPมีการรองรับสำหรับ Java objects ให้เปลี่ยนมันเป็น PHP Object แล้วใช้งาน คุณยังสามารถใช้รูปแบบ CORBA เพื่อเข้าสู่ Remote Object ได้เช่นกัน

2.21 การแสดงผลผ่านเว็บบราวเซอร์

การแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในระบบผ่านทางเว็บบราวเซอร์ มีการนำระบบจัดเก็บฐานข้อมูล (Database) MySQL เข้ามาใช้ในการเก็บข้อมูล โดยหน้าเว็บบราวเซอร์จะทำการดึงข้อมูลจากระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System :DBMS) มาแสดงผลที่หน้าเว็บบราวเซอร์ ในที่นี้ ระบบฐานข้อมูลจะถูกจัดเก็บอยู่ในหน่วยความจำของ Raspberry Pi ที่ได้ติดตั้ง MySQL ไว้แล้ว

รูปที่ 2.42 การแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์

โดยฐานข้อมูล หมายถึง การจัดรวบรวมข้อนิเทศหรือข้อมูลของเรื่องต่าง ๆ ไว้ในรูปแบบที่จะเรียกมาใช้ได้ทันทีเมื่อต้องการ ในการเรียกนั้น อาจเรียกเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งมาใช้ประโยชน์เป็นครั้งเป็นคราวก็ได้ ฐานข้อมูลที่ดีควรจะได้รับการปรับให้ทันสมัยอยู่เสมอ

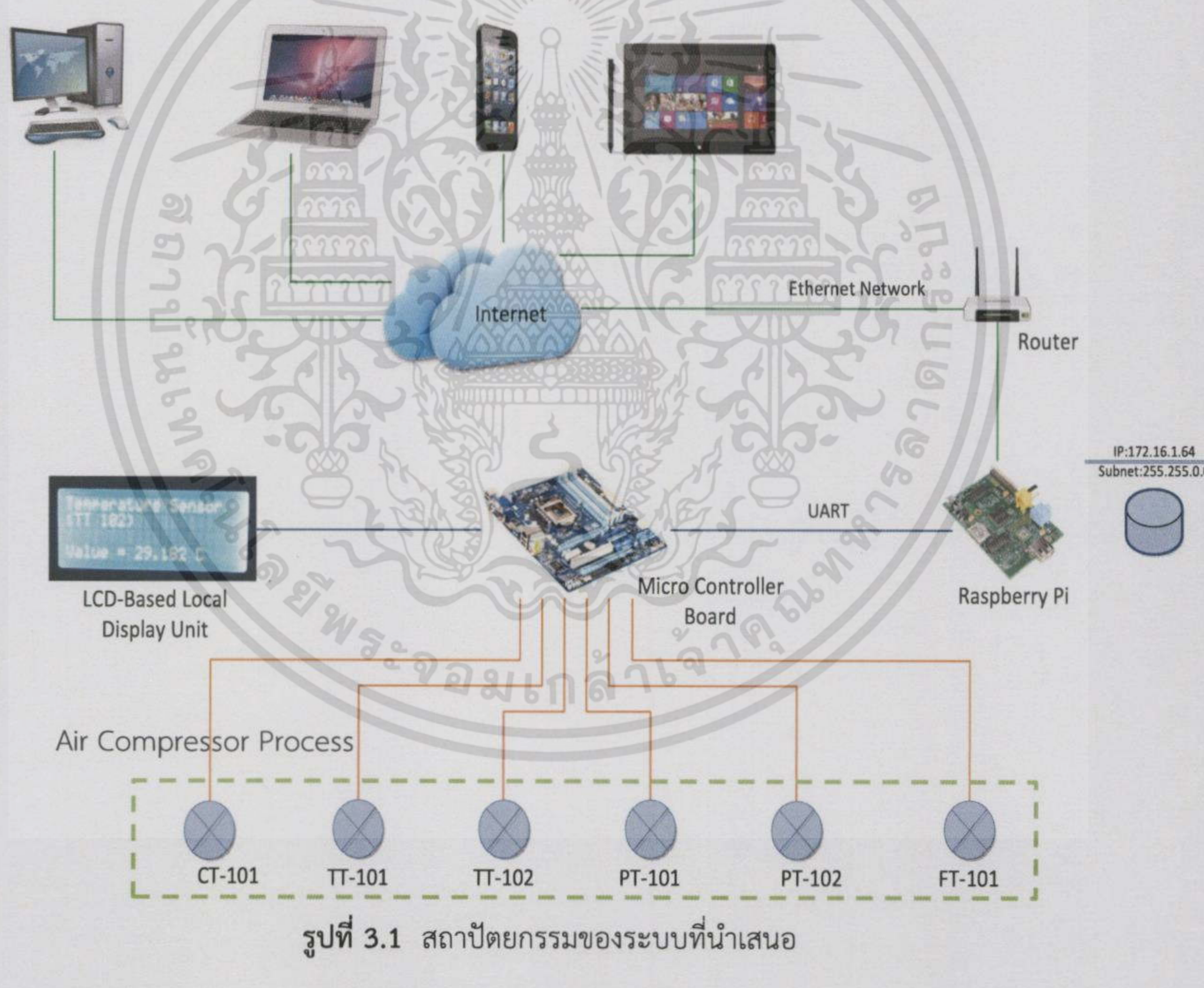
ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System : DBMS) เป็นกลุ่มโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในระบบติดต่อระหว่างผู้ใช้กับฐานข้อมูล เพื่อจัดการและควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ภายในฐานข้อมูล ระบบจัดการฐานข้อมูลที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เช่น Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL, Microsoft Office Access, SQLite เป็นต้น

บทที่ 3
วิธีการออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์

3.1 แนวคิดในการออกแบบระบบ

การออกแบบระบบจะเป็นการออกแบบเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้กับกระบวนการอื่นๆได้ เพียงแต่ต้องทำการเลือกจุดติดตั้งเครื่องมือวัดใหม่เท่านั้น เนื่องจากปริญญานิพนธ์นี้เป็นปริญญานิพนธ์ที่ทำขึ้นเพื่อรับค่าจากเครื่องมือวัดต่าง ๆ มาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล แล้วแสดงผลระยะไกลแบบเรียลไทม์ จึงมีความยืดหยุ่นในการประยุกต์นำไปใช้เก็บค่าได้กับหลายกระบวนการ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้มีการนำหลักการของระบบสกาดา (Supervisory Control And Data Acquisition) เข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากโมเดลของกระบวนการอัดลมไว้ในฐานข้อมูลและแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านเว็บบราวเซอร์ [23]



รูปที่ 3.1 สถาปัตยกรรมของระบบที่นำเสนอ

ตารางที่ 3.1 รายชื่อของอุปกรณ์เครื่องมือวัดในสถาปัตยกรรม

Tag	Function
CT-101	Current Transformer
TT-101	Temperature Transmitter
TT-102	Temperature Transmitter
PT-101	Pressure Transmitter
PT-102	Pressure Transmitter
FT-101	Flow Transmitter

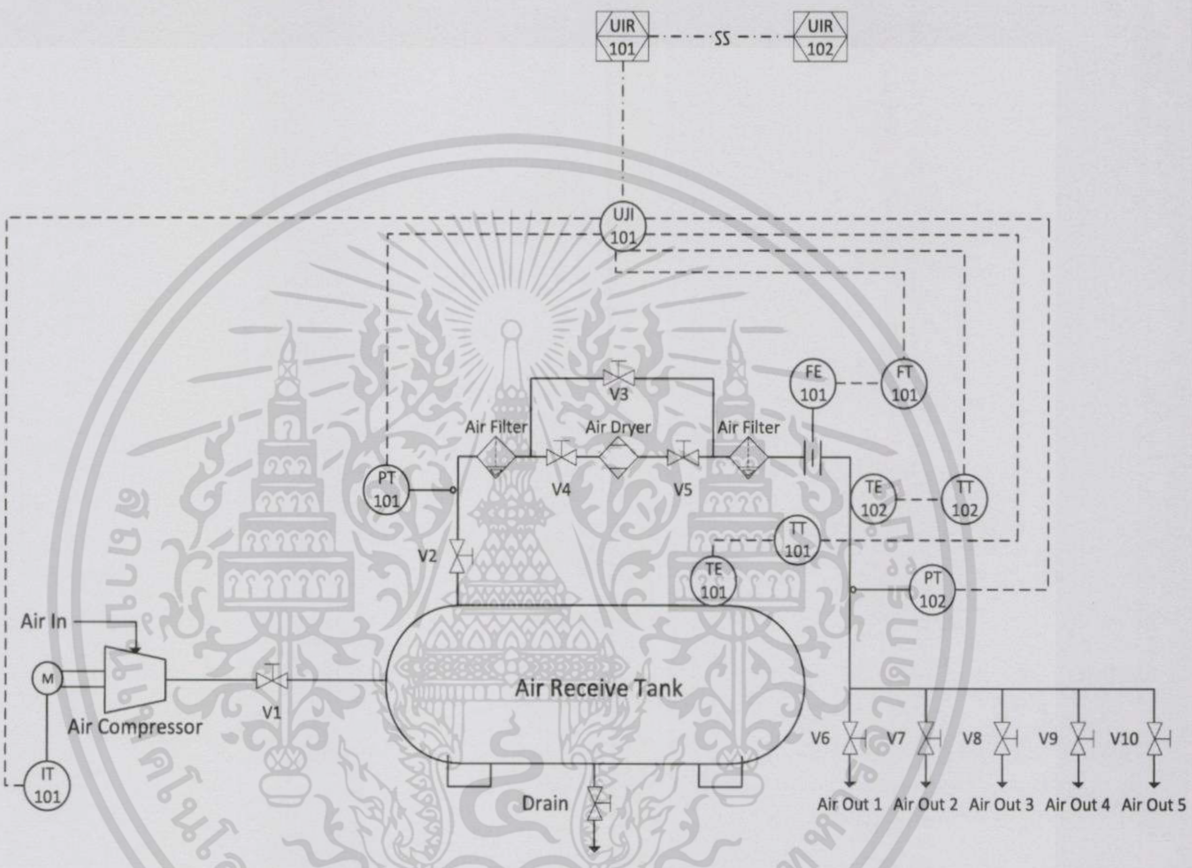
การทำงานของระบบมีดังนี้

1) ชั้นที่ 1 เป็นระดับชั้นของเซนเซอร์ระดับฟิลด์ ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ CT-101 วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องอัดลมใช้ , TT-101 และ TT-102 = วัดค่าอุณหภูมิของลมภายในพลานต์, PT-101 และ PT-102 วัดค่าความดันของลมภายในพลานต์, FT-101 = วัดค่าอัตราการไหลของลมภายในพลานต์ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้จะอยู่ในรูปสัญญาณมาตรฐาน 4 ถึง 20 mA หรือ 1 ถึง 5 V
2) ชั้นที่ 2 เป็นระดับชั้นของการปรับแต่งข้อมูล ประมวลผลสัญญาณที่วัดได้จากเซนเซอร์ เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน ADC (Analog to Digital Converter) เพื่อทำการจัดชุดข้อมูลเป็นบิตแล้วส่งค่าผ่านทาง UART ให้กับบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi
3) ชั้นที่ 3 เป็นระดับชั้นของการรับค่าชุดข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาตัดชุดข้อมูล พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จากบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi แล้วนำข้อมูลที่ได้เก็บเข้าระบบฐานข้อมูล
4) ชั้นที่ 4 เป็นระดับชั้นที่แสดงข้อมูลระยะไกลแบบเรียวไทม์ ผ่านเว็บบราวเซอร์ โดยดึงค่าข้อมูลมาจากระบบฐานข้อมูล มาแสดง เป็นระดับที่สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้

3.2 แนวคิดสำหรับการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์

3.2.1 P&I Diagram ของระบบ [6]

P&I Diagram ของระบบมอนิเตอร์แหล่งจ่ายลมด้วยสกาดาดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบตามตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.2 P&I Diagram ของระบบ

ตารางที่ 3.2 รายชื่อของอุปกรณ์เครื่องมือวัดใน P&I Diagram

Tag	Function	Model
IT101	Current Transformer	Current Transformer 30/5 A
TE101	Temperature Element	Thermocouple Type K
TE102	Temperature Element	Thermocouple Type K
TT101	Temperature Transmitter	TM-004 220 1 2
TT102	Temperature Transmitter	TM-004 220 1 2
PT101	Pressure Transmitter	Pressure Transmitter DP520C
PT102	Pressure Transmitter	Pressure Transmitter DP520C
FE101	Flow Element	Orifice Plate
FT101	Flow Transmitter	ออกแบบและสร้างขึ้นมาเอง

3.2.2 การออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลชนิดแผ่นออริฟิส [6][10]

การออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลชนิดแผ่นออริฟิส ในระบบลมจำเป็นจะต้องทราบ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

1) ค่าอัตราการไหลสูงสุด 45 m^3/hr
ดูจากข้อมูลของเครื่องอัดลมที่ใช้
2) ค่าความดันสูงสุด 7 Bar
ดูจากข้อมูลของเครื่องอัดลมที่ใช้
3) ขนาดท่อลม = ½ นิ้ว
4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของในท่อลมขนาด ½ นิ้ว = 21.3 mm.
5) ค่า Cd (Coefficient of Discharge) = 0.7

Cd จากการกำหนดขึ้น เนื่องจาก Cd เป็นสัมประสิทธิ์ที่ใช้ปรับให้ค่า อัตราการไหลในสูตรลดลง เนื่องจากในทางปฏิบัติจริงนั้นค่าอัตราการไหลที่ได้จะมีค่าลดลงจากสูตร

6) ค่าความดันแตกต่าง 5,000 mmH_2O

ค่าความดันแตกต่าง จากการกำหนดขึ้นเอง เนื่องจากส่วนใหญ่ของไหลที่เป็นอากาศจะเกิด ค่า ความดันแตกต่าง ไม่เกิน 5,000 mmH_2O

7) ค่าความหนาแน่นของอากาศ 1.146 Kg/m^3
8) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิส 8.78 mm.

หาจากสมการที่ 3.1

$$Q = C_f A_o \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \tag{3.1}$$

จะได้ $A_O = 6.045 \times 10^{-5}\ m^2$

$$A_o = \frac{\pi D_o^{\,2}}{4} \tag{3.2}$$

และจากสมการที่ 3.2

จะได้ $D_O = 8.78$ mm.

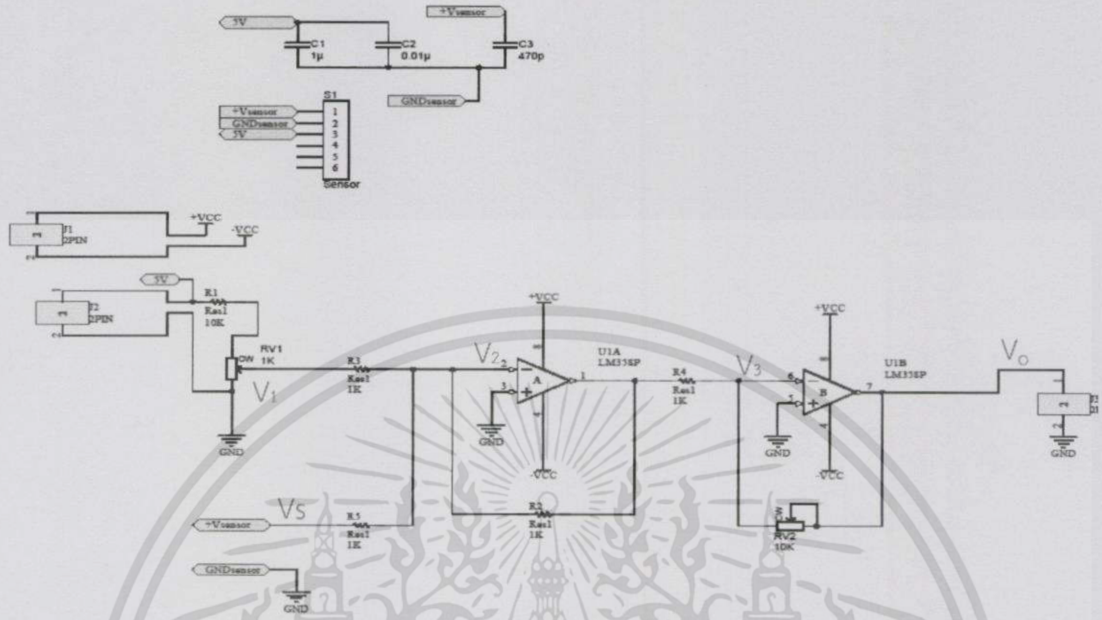
3.2.2.1 เซนเซอร์วัดความดันแตกต่าง

รูปที่ 3.3 เซนเซอร์วัดความดันแตกต่าง

ข้อมูลทางเทคนิค

Pressure Range	0 – 700	kPa
Supply Voltage	5	V
Supply Current	10	mA

3.2.2.2 วงจรแปลงสัญญาณ



รูปที่ 3.4 วงจรแปลงสัญญาณ

แรงดันจาก Pressure Sensor : MPX5700DP จะมีช่วง 0-0.5V

ที่ 0 V

$$V_1 = 0.13V$$
$$V_2 = 0.13V + V_s$$
$$V_2 = 0.13V + 0V$$
$$V_2 = 0.13V$$

$$V_{output} = (-R_f/R_{in})V_{input} \qquad (3.3)$$

จากสมการที่ 3.3 จะได้

$$V_3 = (-R_f/R_{in})V_2$$
$$V_3 = (-1k\Omega/1k\Omega)0.13V$$
$$V_3 = -0.13V$$
$$V_o = (-8k\Omega/1k\Omega)(-0.13V)$$
$$V_o = 1.04V$$

ที่ 0.5 V

$$V_1 = 0.13V$$
$$V_2 = 0.13V + V_s$$
$$V_2 = 0.13V + 0.5V$$

$$V_2 = 0.63V$$
$$V_3 = (-Rf/Rin)V_2$$
$$V_3 = (-1k\Omega/1k\Omega)0.63V$$
$$V_3 = -0.63V$$
$$V_o = (-8k\Omega/1k\Omega)(-0.63V)$$
$$V_o = 5.04V$$

3.2.2.3. อัลกอริทึมที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์

จากวงจรแปลงสัญญาณที่ได้ ทำให้ได้ค่า ΔP มาจากการวัด จากนั้นจะต้องนำค่า ΔP นี้มาเข้าสูตรเพื่อคำนวณหา อัตราการไหลในขณะนั้น โดยจะต้องใส่สมการลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้

จากสมการที่ 3.3

จะได้ $$Q = 0.15255 \times \sqrt{174{,}520.68 \times \Delta P} \quad (m^3/hr)$$

โดย ΔP จะมีค่าตั้งแต่ 0 – 0.5 Bar

3.2.3 การออกแบบโมเดลของกระบวนการอัดลม [2]-[6]

3.2.3.1 การหาขนาดเครื่องอัดลมและเครื่องอัดลมที่เลือกใช้

3.2.3.1.1 การหาขนาดเครื่องอัดลม

สิ่งที่ต้องรู้เพื่อเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดลม :

1) ความดันใช้งาน
2) อัตราการใช้ลม
3) ความสะอาดของลมอัดสำหรับงานเฉพาะด้านและต้องการลมที่สะอาดมากเท่านั้น เช่น อุตสาหกรรมอาหาร เวชภัณฑ์ พ่นสี ฯลฯ

3.2.3.1.2 รายละเอียดเครื่องอัดลมที่เลือก

ประเภท	: เครื่องอัดลมแบบสกรู
ยี่ห้อ	: ELGI
รุ่น	: E05en-7
ขนาด	: 5.5 KW หรือ 7.5 HP
Voltage/Phase/Frequency	: 400 V / 3 Ph / 50 Hz
Volume rate of flow	: 0.75 m^3/min
Rate Pressure	: 7 Bar

3.2.3.1.3 เหตุผลในการเลือก

เนื่องจากเป็นกระบวนการจำลองจึงเลือกขนาดให้เครื่องอัดลมไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไปและยังเป็นการประหยัดพื้นที่อีกด้วย

3.2.3.2 การหาขนาดเครื่องทำลมแห้งและเครื่องทำลมแห้งที่เลือกใช้

3.2.3.2.1 การหาขนาดเครื่องทำลมแห้ง

ปัจจัยในการเลือกขนาดเครื่องทำลมแห้งมี 5 ปัจจัยดังนี้หลัก

1) อัตราลมอัด (Air delivery)
2) อุณหภูมิน้ำค้าง (Dew point)
3) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Environment temperature)
4) อุณหภูมิลมเข้า (Inlet temperature)
5) ความดันใช้งาน (Working pressure)

สูตรการเลือกขนาดเครื่องทำลมแห้ง (ขึ้นอยู่กับยี่ห้อและรุ่น)

$$\text{อัตราลมอัดที่ยอมรับได้} = \frac{\text{อัตราลมเข้า}}{K1 \times K2 \times K3 \times K4} \qquad (3.4)$$

เมื่อ K1 = เฟคเตอร์ความดันใช้งาน (Working pressure factor)
K2 = เฟคเตอร์อุณหภูมิลมเข้า (Air inlet temperature factor)
K3 = เฟคเตอร์อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Environment temperature factor)
K4 = เฟคเตอร์อุณหภูมิน้ำค้าง (Pressure dew point factor)

จากสมการที่ 3.4

$$\text{อัตราลมอัดที่ยอมรับได้} = \frac{26.486}{1\times1\times1\times1}$$

$$\text{อัตราลมอัดที่ยอมรับได้} = 24.486 \text{ cfm}$$

3.2.3.2.2 รายละเอียดของเครื่องทำลมแห้งที่เลือก

ประเภท	: เครื่องทำลมแห้งด้วยสารทำความเย็น (Refrigeration Dryer)
ยี่ห้อ	: TRIDENT Pneumatics Pvt. Ltd
รุ่น	: CS20
Capacity	: 20 cfm
MWP	: 16 Kg/Cm^2
Power	: 0.38 KW
Electrical	: 230 V, 50 Hz, 1 Ph
Refrigerant	: R134A

3.2.3.2.3 เหตุผลในการเลือก

เนื่องจากอัตราลมอัดที่ยอมรับได้จากการคำนวณ ได้ 24.486 cfm แต่เลือกเครื่องทำลมแห้งที่มีขนาด 20 cfm เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านผลิตภัณฑ์ เพราะฉะนั้นขณะใช้งานจะต้องทำการเปิดวาล์วให้พอดีที่ลมจะไม่ออกมามีอัตราการไหลมากเกินไปทำให้เรื่องทำลมแห้งทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ

3.2.3.3 การหาขนาดของถังเก็บลมและถังเก็บลมที่เลือกใช้

3.2.3.3.1 การหาขนาดของถังเก็บลม

$$V_t = \frac{\text{Qmax t P0}}{\text{PG} \times \text{P0}} \tag{3.5}$$

V_t = ขนาดของถังลม (L)

Q_{max} = อัตราการไหลสูงสุด (m^3/min)

t = เวลาที่สามารถ stock ลม (min)

P_0 = ความดันบรรยากาศ (Bar)

P = ความดันเกจ (Bar)

จากสมการที่ 3.5

$$V_t = \frac{0.75 \times 3 \times 1.013}{7 \times 1.013}$$

V_t = 284 L หรือ ประมาณ 300 L

3.2.3.3.2 เหตุผลในการเลือก

เนื่องจากการคำนวณมีหลากหลายสูตร แต่จะขึ้นอยู่กับการใช้งานของกระบวนการ เหตุผลที่ใช้สูตรนี้เพราะเป็นกระบวนการที่ไม่ได้ใช้งานหนักจึงไม่จำเป็นต้องเผื่อขนาดถังให้ใหญ่เกินความจำเป็น และต้องการประหยัดเนื้อที่

3.2.3.4 ตัวกรองอากาศ ที่เลือกใช้

ประเภท : Coalescing Filter Coil removal

ยี่ห้อ : Air power supply.co,. Ltd

Model Number : RSG0017XA

Flow Rate : 1.02 m^3/min

Max Pressure : 16 BAR

3.2.3.5 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัด

3.2.3.5.1 TT-101, TT-102

TT-101 ติดตั้งในถังเก็บลม TT-102 ติดตั้งหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง เพื่อให้เห็นค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งมีประโยชน์ทั้งในด้านการตรวจสอบการทำงานของเครื่องทำลมแห้งและสามารถเห็นความผิดปกติของอุปกรณ์อื่นๆได้หากอุณหภูมิระหว่าง TT-101 และ TT-102 เปลี่ยนไป เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ใช้ เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค เพราะ เป็นที่นิยมใช้ในการวัดอุณหภูมิ มีราคาถูก และย่านวัดอยู่ในช่วงที่ต้องการ ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ ใช้ เทอร์โมคัปเปิลทรานสมิตเตอร์ เพราะต้องการแปลงค่าอุณหภูมิที่วัดจาก เทอร์โมคัปเปิล เป็นสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าได้

(ก.)

(ข.)

รูปที่ 3.5 การติดตั้ง เทอร์โมคัปเปิล
(ก) TT-101
(ข) TT-102

3.2.3.5.2 PT-101, PT-102

PT-101 ติดตั้งหลังออกจากถังเก็บลม PT-102 ติดตั้งหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง เพื่อให้เห็นค่าความแตกต่างของความดัน ซึ่งมีประโยชน์ทั้งด้านตรวจสอบสภาพของตัวกรองอากาศว่ามีประสิทธิภาพสมบูรณ์สามารถใช้งานได้ปกติหรือไม่ โดยดูจากค่าความดันระหว่าง PT-101 และ PT-102 นี้ นอกจากนี้ยังสามารถเห็นความผิดปกติในด้านอื่นๆได้อีกด้วย
ใช้ทรานสมิตเตอร์ความดัน เพราะต้องการแปลงค่าความดันที่วัดได้เป็นสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าได้

(ก) (ข)

รูปที่ 3.6 การติดตั้ง ทรานสมิตเตอร์ความดัน
(ก) PT-101
(ข) PT-102

3.2.3.5.3 FT-101

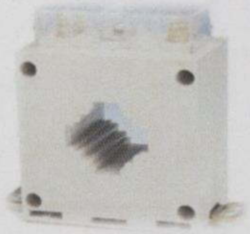
FT-101 ติดตั้งในจุดที่จะนำลมอัดไปใช้ เพื่อตรวจสอบอัตราการไหลว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใดหากมีการใช้ลมในปริมาณที่ต่างกันและยังสามารถบอกได้ว่า หากเกิดการรั่วไหลของลมอัดค่าอัตราการไหลจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
ใช้ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหล แบบแผ่นออริฟิสเพราะเป็นชนิดที่มีหลักการทำงานไม่ซับซ้อน ราคาถูก และสามารถสร้างขึ้นเองได้

(ก.) (ข.)

รูปที่ 3.7 การติดตั้ง ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหล
(ก) FT-101 (ข) แผ่นออริฟิส

3.2.3.5.4 CT-101

CT-101 ถูกติดตั้งไว้ในตู้ควบคุมหลักของเครื่องอัดลมโดยตรวจวัดค่าที่เฟสใดเฟสหนึ่งในสามเฟสที่เข้าเครื่องอัดลม แล้วทำการแปลงค่ากระแสออกมา ตัวที่ใช้เป็น CT 30/5 คือที่กระแส 30 แอมป์แปร์ จะแปลงค่ากระแสออกมา 5 แอมป์แปร์เหตุผลที่เลือกใช้และติดตั้งหม้อแปลงกระแส เพราะต้องการเก็บค่ากระแสที่เครื่องอัดลมใช้ใน 3 สถานะ คือ สถานะ LOAD UNLOAD และ OFF เพราะมีผลต่อค่าไฟฟ้า และเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน



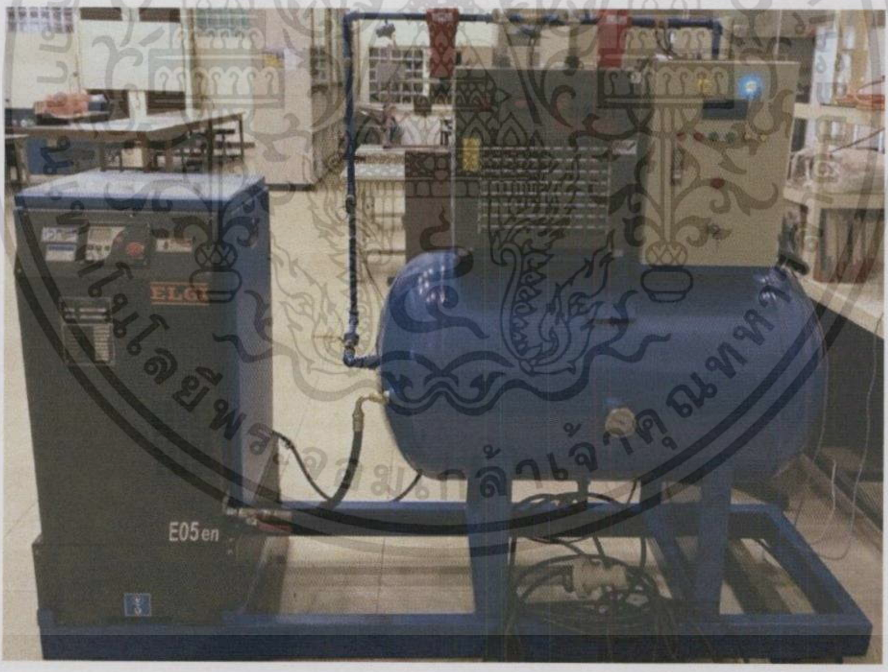
รูปที่ 3.8 หม้อแปลงกระแส

3.2.3.6 ภาพรวมของโมเดลของกระบวนการอัดลม

3.2.3.6.1 ด้านหน้าของโมเดลของกระบวนการอัดลม

ประกอบด้วย

1) เครื่องอัดลม
2) ถังเก็บลม
3) เครื่องทำลมแห้ง
4) ตู้ควบคุมไฟฟ้า

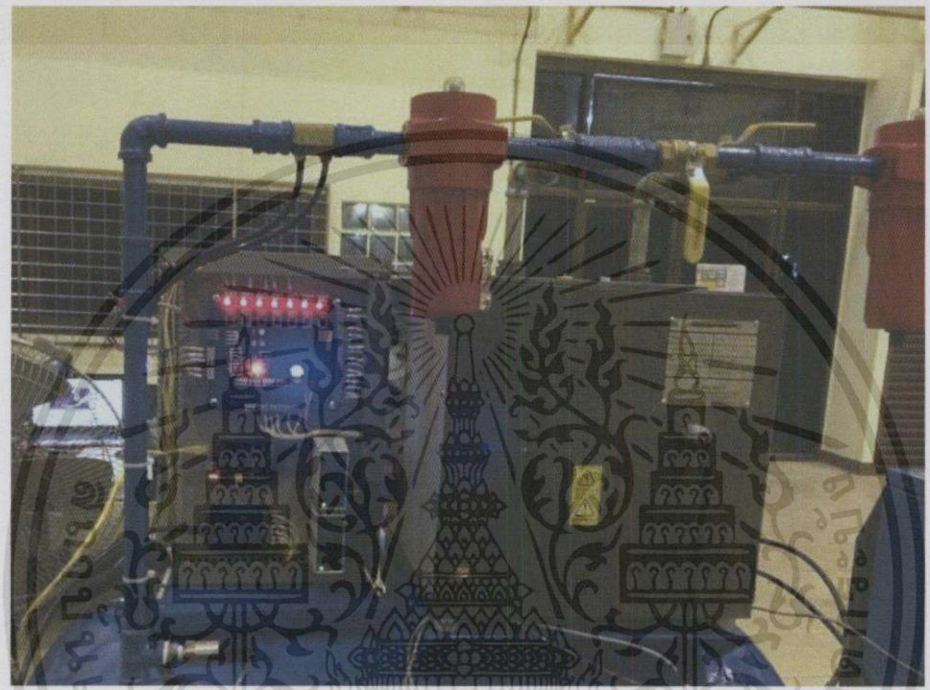


รูปที่ 3.9 ภาพรวมด้านหน้ากระบวนการ

3.2.3.6.2 ด้านหลังของโมเดลของกระบวนการอัดลม

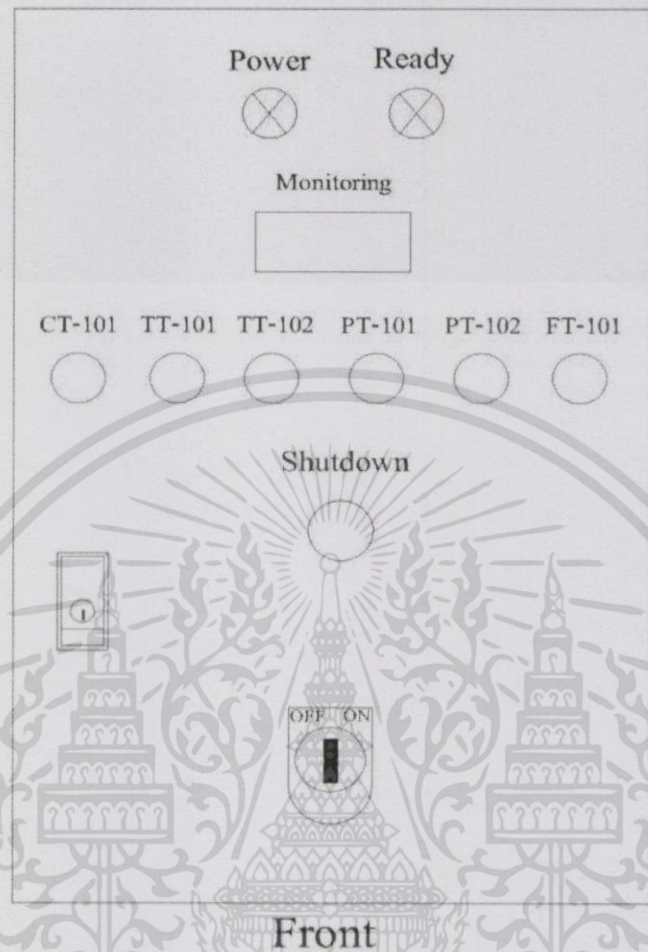
ประกอบด้วย

1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
2) บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi
3) เซนเซอร์และตัวแปลงสัญญาณ
4) ตัวกรองอากาศ

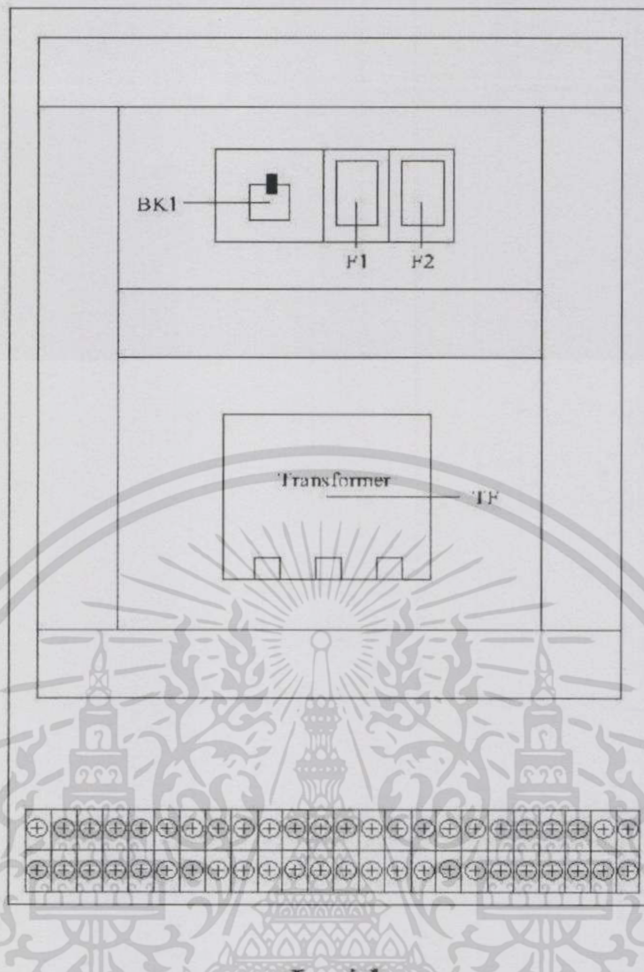


รูปที่ 3.10 ภาพรวมด้านหลังกระบวนการ

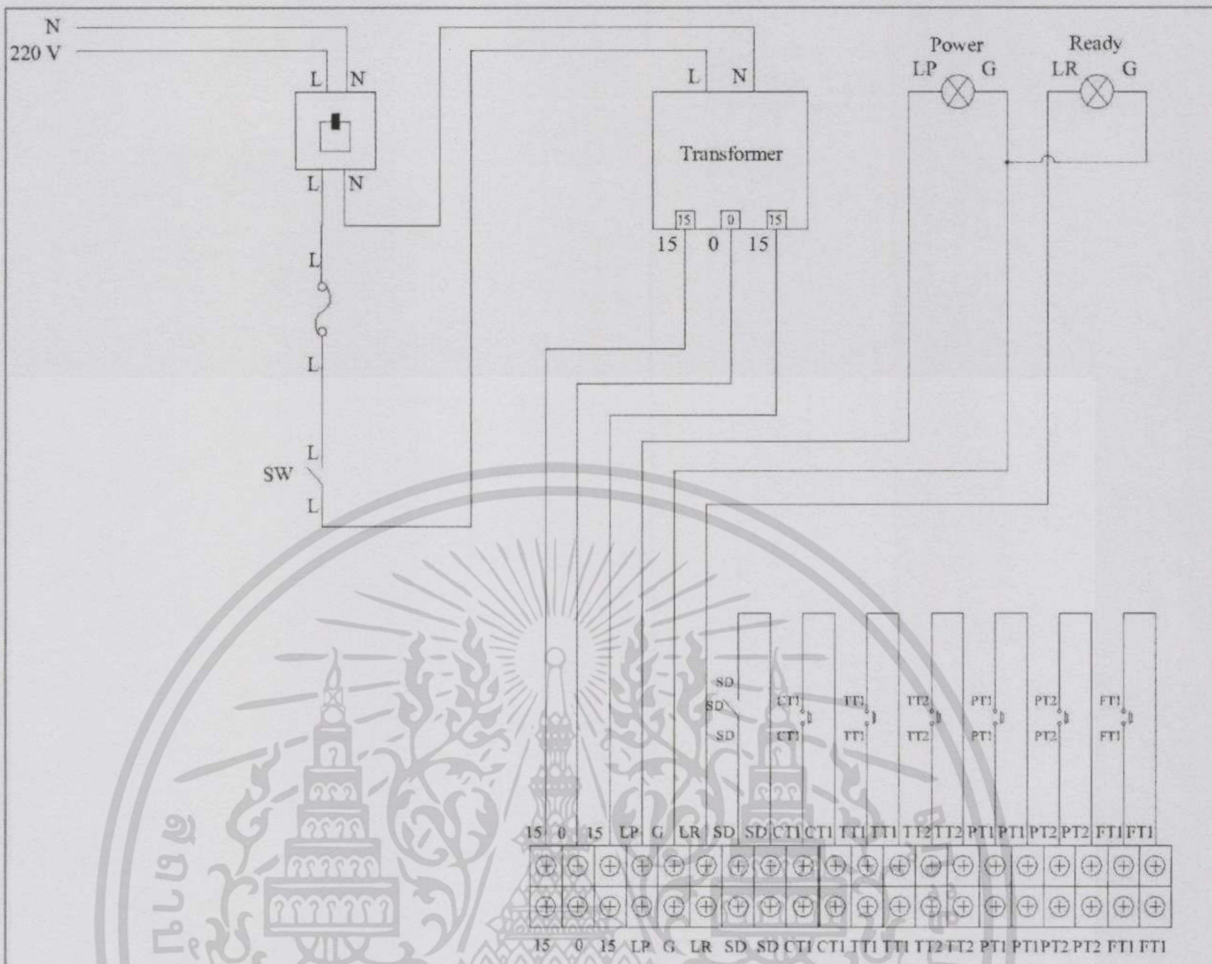
3.2.4 การออกแบบตู้ควบคุมไฟฟ้า



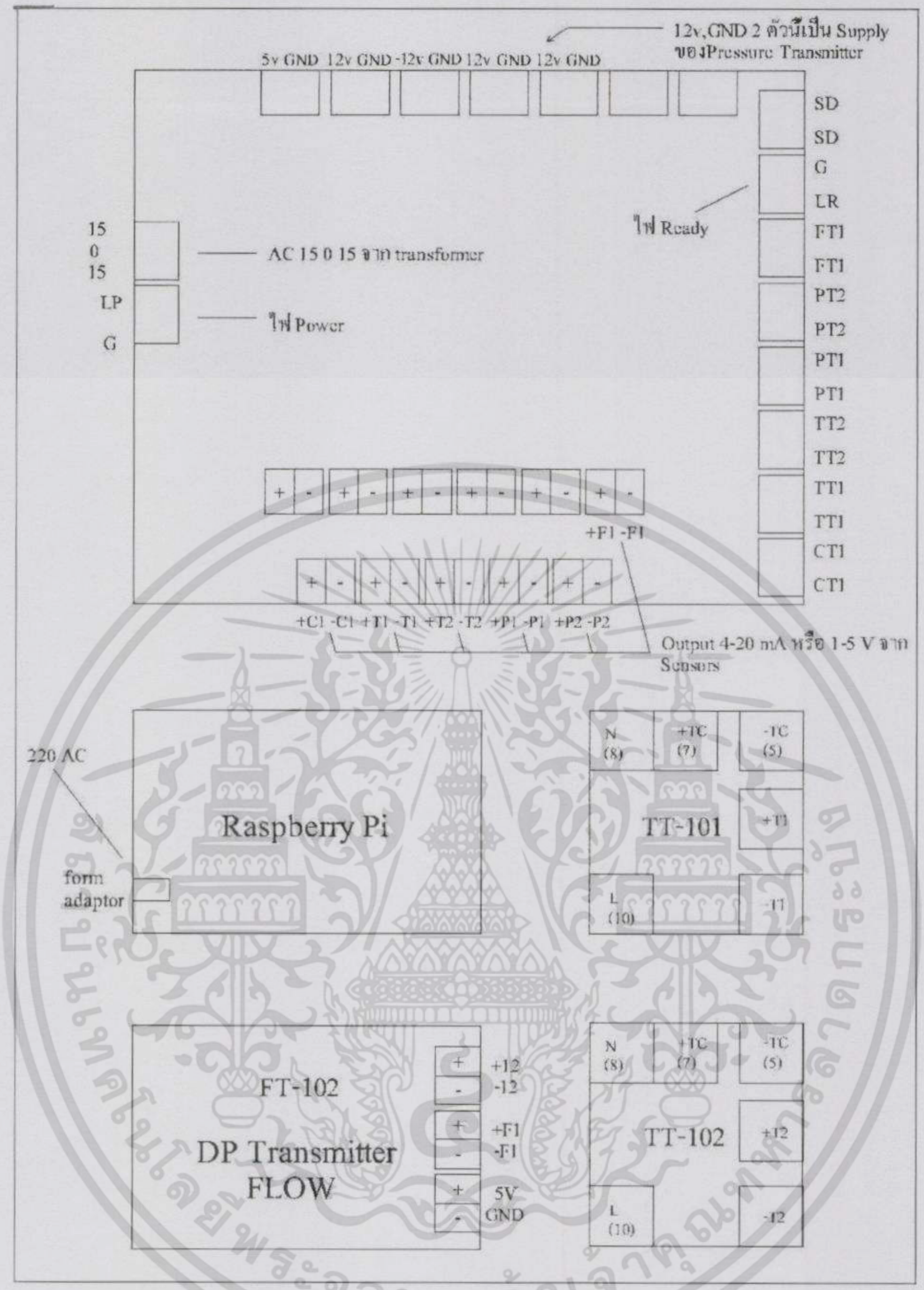
รูปที่ 3.11 การออกแบบหน้าตู้ควบคุมไฟฟ้า



รูปที่ 3.12 การออกแบบภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า



รูปที่ 3.13 การออกแบบวงจรไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า

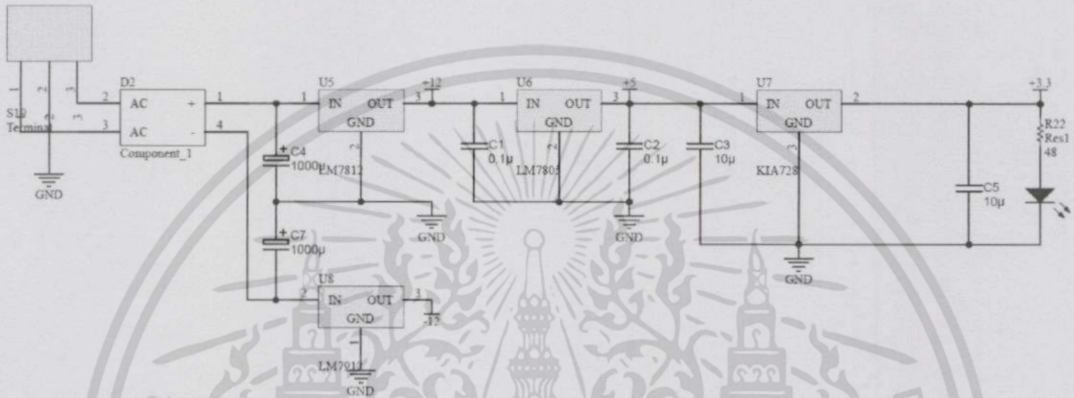


รูปที่ 3.14 การออกแบบด้านหลังตู้ควบคุมไฟฟ้า

3.2.5 การออกแบบวงจรในส่วนของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.5.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

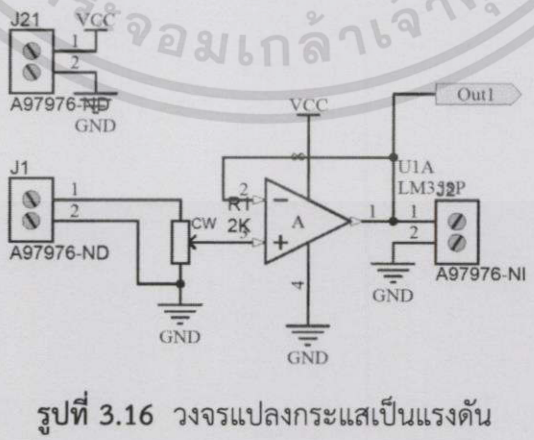
วงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) เป็นวงจรที่แปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220V เป็นไฟฟ้า 15VAC 0 15VAC ผ่านหม้อแปลงแบบ Center-Tap จากนั้นผ่าน Bridge Rectifier จะได้ไฟฟ้า 15VDC และ -15VDC ใช้ IC LM7812 LM7912 LM7805 และ KIA728 เปลี่ยนแรงดันให้เหลือ 12VDC -12VDC 5VDC และ 3.3VDC ตามลำดับ



รูปที่ 3.15 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

3.2.5.2 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน

วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน (Current to Voltage Converter) เป็นวงจรที่เปลี่ยนสัญญาณมาตรฐาน 4-20mA จาก Sensor เป็นแรงดัน 1-5VDC เพื่อที่จะส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่า โดยกระแส 4-20mA จะไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ปรับให้มีค่า 250Ω จะเกิดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทาน 1-5VDC จากนั้นผ่านบัฟเฟอร์ เพื่อไปเข้า ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.16 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน

3.2.5.2.1 การคำนวณแปลงกระแสเป็นแรงดัน

$$V = IR \tag{3.6}$$

ที่ 4mA จากสมการที่ 3.6

$$V = (4mA)(250\Omega)$$

$$V = 1V$$

ที่ 20mA

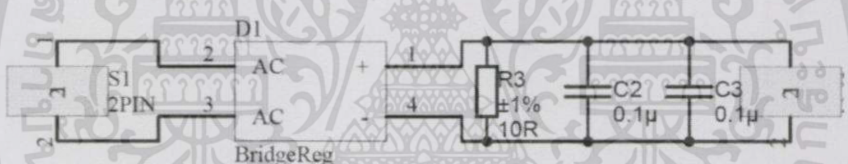
$$V = (20mA)(250\Omega)$$

$$V = 5V$$

3.2.5.2.2 การคำนวณบัฟเฟอร์

$$V_{in} = V_{out}$$

3.2.5.3 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันสำหรับหม้อแปลงกระแส



รูปที่ 3.17 วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดันสำหรับหม้อแปลงกระแส

กระแสที่ออกจากหม้อแปลงกระแสจะอยู่ในช่วง 0-1.6667A

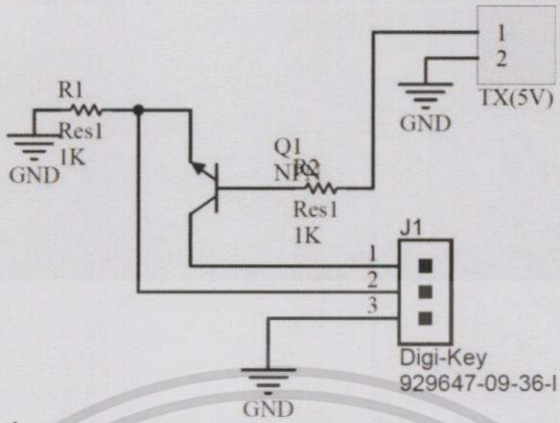
$$R = V/I \tag{3.7}$$

จากสมการที่ 3.7

$$V = (1.6667A)(3\Omega)$$

$$V = 5V$$

3.3.5.4 วงจรแปลงแรงดันจาก 5 โวลต์ เป็น 3.3 โวลต์

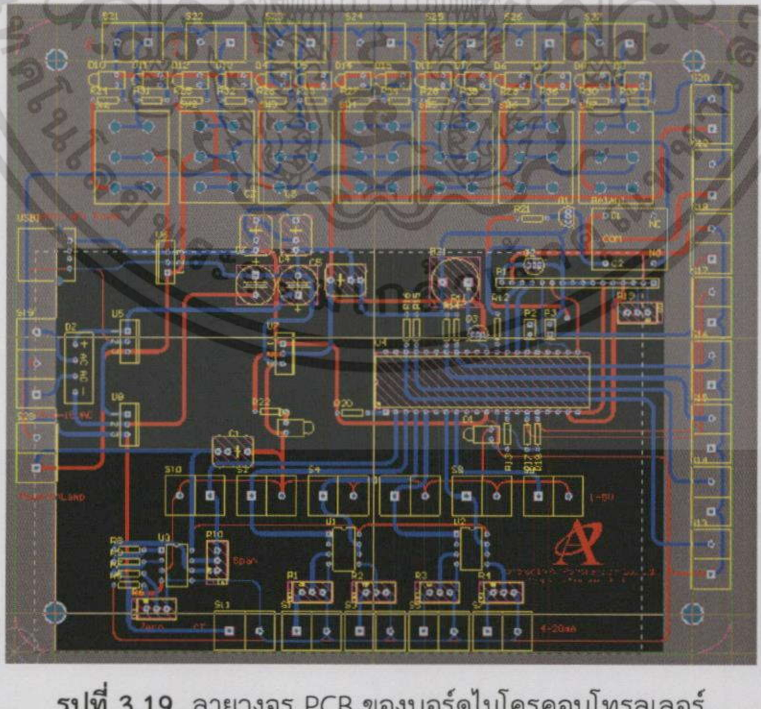


รูปที่ 3.18 วงจรแปลงแรงดันจาก 5 โวลต์เป็น 3.3 โวลต์

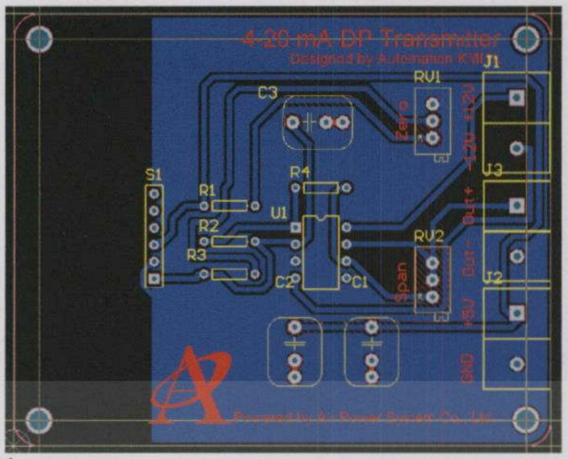
แรงดันจาก Tx ของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีค่า 5 โวลต์ จะเข้าขา B ของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เหมือนสวิทช์ ให้ไฟ 3.3 โวลต์ไหลไปเข้า GPIO ของ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

3.3.5.5 การออกแบบ PCB

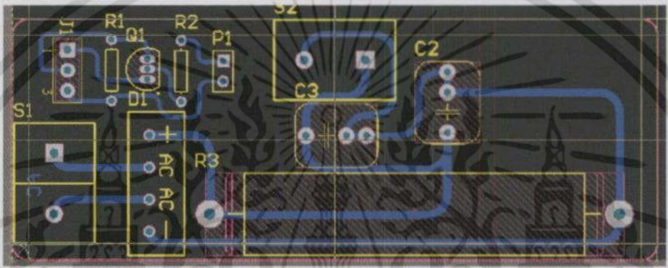
นำวงจรที่ได้กล่าวมาในข้างต้น มาออกแบบลายวงจรในโปรแกรม Altium Designer จากนั้นนำไฟล์ .pcbdoc ส่งไปให้บริษัทผลิต PCB เมื่อได้แผ่น PCB ที่ออกแบบเรียบร้อยแล้ว นำอุปกรณ์ที่ใช้งานบัดกรีลงในแผ่น PCB และทดสอบการทำงานของแผ่นวงจรที่ใช้งานจริง



รูปที่ 3.19 ลายวงจร PCB ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.20 ลายวงจร PCB ของบอร์ด วงจรแปลงสัญญาณ



รูปที่ 3.21 ลายวงจร PCB ของบอร์ดแปลงสัญญาณหม้อแปลงกระแสและแปลงสัญญาณแรงดัน

3.3 แนวคิดสำหรับการออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์เพื่อรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากโมเดลของกระบวนการอัดลมในโรงงานอุตสาหกรรมและส่งข้อมูลเก็บยังระบบฐานข้อมูล

3.3.1 การออกแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ [24]-[27]

3.3.1.1 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC18F45K20) คือ ทำหน้าที่ในการอ่านค่าอนาล็อกที่ได้จากเซนเซอร์ แล้วทำการปรับแต่งค่าของข้อมูลที่ได้ส่งให้กับบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi โดยทำการส่งข้อมูลผ่านทางขาพอร์ต UART และมีการส่งค่าข้อมูลที่ปรับแต่งค่าแล้วแสดงค่าข้อมูลนั้นผ่านทางจอแสดงผลแอลซีดี และมีสวิตซ์เพื่อเลือกดูค่าพารามิเตอร์เฉพาะของเซนเซอร์ตัวนั้นๆ

3.3.1.2 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่เป็นผู้ส่งข้อมูลและบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi ทำหน้าที่เป็นผู้รับข้อมูล ใช้รูปแบบของการส่งข้อมูล UART โดยการเชื่อมต่อของทั้งสองอุปกรณ์จะต้องต่อสายสัญญาณขาพอร์ต TX จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้าขาพอร์ต RX ของบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi และต่อสายดิน ซึ่งใช้แรงดัน 3.3

โวลต์ ความเร็วในการรับส่งข้อมูล (baud rate) ที่ใช้ คือ 38400 บิตต่อวินาที การส่งข้อมูลเป็นแบบส่งสัญญาณทางเดียว (Simplex) อยู่ในรูป 0 หรือ 1

3.3.1.3 รูปแบบการส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์และบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

การส่งข้อมูลถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้สะดวกต่อการรับส่งข้อมูลและเป็นการสื่อสารตกลงกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi ข้อมูลของเซนเซอร์ 1 ตัว จะมีขนาด 13 ไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.22 เนื่องจากมีเซนเซอร์ทั้งหมด 6 ตัว ที่ต้องการเก็บค่าพารามิเตอร์ ทำให้แพ็กเกจของข้อมูลที่รับส่งระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi จะมีขนาด 78 ไบต์ ข้อมูลในแต่ละเซนเซอร์ 1 ตัว จะประกอบด้วย

1) ที่อยู่ขนาด 5 ไบต์ ทำหน้าที่บอกที่อยู่ของตัวที่จะรับข้อมูล เพื่อที่จะได้ส่งข้อมูลหรือจัดเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง
2) ตรวจสอบหลักของข้อมูลขนาด 1 ไบต์ ทำหน้าที่บอกจำนวนหลักของข้อมูล เพื่อที่ตัวรับสามารถตัดข้อมูลออกได้ถูกต้อง
3) ข้อมูลขนาด 6 ไบต์ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลวัดและปรับแต่งค่าแล้วจากเซนเซอร์
4) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล 1 ไบต์ ทำหน้าที่ให้ตัวส่งและตัวรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยจะคำนวณจากการนำค่าทั้งหมด 11 ไบต์ มาบวกกันและค่าที่บวกได้ทั้งหมดจะมีไม่เกินค่า 10 ถ้าค่าเกินจะนำค่า 10 มาลบออกให้ค่าอยู่ในช่วง 0-9 ซึ่งการส่งข้อมูลที่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจะช่วยป้องกันการรับส่งที่ผิดพลาด

ที่อยู่ (Address)	ตรวจสอบหลักของข้อมูล (Check Digit)	ข้อมูล Data	ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล Check sum
10001,10002,... (5 ไบต์)	1-6 (1 ไบต์)	000001-999999 (6 ไบต์)	0,1,2,... (1 ไบต์)

รูปที่ 3.22 โครงสร้างการส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และ Raspberry Pi

3.3.1.4 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และจอแสดงผลแอลซีดี

จอแสดงผลแอลซีดีจะทำหน้าที่รับค่าข้อมูลที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงผลออกผ่านทางหน้าจอ โดยจอแสดงผลแอลซีดีจะแสดงค่าพารามิเตอร์ของเซนเซอร์ทั้งหมด 6 ตัว โดยจะแสดงค่าพารามิเตอร์ของเซนเซอร์ตัวละ 3 วินาที นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันการทำงานร่วมกับปุ่มสวิตช์ เมื่อทำการกดปุ่มสวิตช์ของเซนเซอร์ตัวใด 1 ครั้ง จะทำให้แสดงค่าพารามิเตอร์นั้นนาน 6 วินาทีและทำให้ไฟส่องสว่างหน้าจอแสดงผลแอลซีดีติดขึ้นมา เมื่อไม่มีการปุ่มสวิตช์ภายใน 15 วินาที ไฟส่องสว่างหน้าจอจะดับไปเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของจอแอลซีดี และช่วยประหยัดพลังงาน ซึ่งใน

การเขียนโปรแกรมสำหรับจอแสดงผลแอลซีดีจำเป็นต้องโหลดโค๊ดไลบรารี่ สำหรับจอแสดงผลแอลซีดี ขนาด 20 อักษร จำนวน 4 บรรทัด เพิ่มขึ้นไปในโปรแกรม

3.3.1.5 การปรับแต่งค่าจากทรานสมิตเตอร์

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าแรงดันตั้งแต่ในช่วง 0 ถึง 5 โวลต์ เมื่อรับค่าแรงดันเข้ามาจะเปลี่ยนค่าอยู่ในรูปบิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC18F45K20) มีความละเอียด 10 บิต (0-1023) แต่ต้องการแปลงค่าแรงดันให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน 1 ถึง 5 โวลต์ จึงปรับแต่งค่าระหว่างโวลต์และบิตได้ดังนี้

$$\mathbf{y = mx + c} \tag{3.8}$$

จากสมการที่ 3.8

อินพุต (x) คือ แรงดัน เอาท์พุต (y) คือ บิต และ m คือ ความชัน

หาค่า m = $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\mathbf{1023-0}}{\mathbf{5-0}}$ = 204.6

หาค่า c = y – mx

แทนค่า y = 1023 และ x = 5

ได้ c = 1023 – (204.6x5) = 0

ได้สมการ y = 204.6(x) + 0

แทนค่าแรงดันลงในสมการจะได้ความสัมพันธ์ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันและค่าบิต

ค่าแรงดัน (โวลต์)	ค่าบิต
0	0
1	204.6
2	409.2
3	613.8
4	818.4
5	1023

รูปที่ 3.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันและค่าบิต

หลังจากได้ค่าของค่าปรับแต่งค่าระหว่างโวลต์และบิต แสดงให้เห็นค่าบิตในช่วงต่างๆตั้งแต่ 0 ถึง 5 โวลต์ ซึ่งอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับ 1 ถึง 5 โวลต์ เพื่อให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน

1) หม้อแปลงกระแส

ค่าของ CT เป็นค่าที่ได้จากการวัดค่ากระแสที่ปั๊มลมในพลานต์ทำงาน จะแสดงตั้งแต่ 0 ถึง 10 แอมป์

จากสมการที่ 3.8

อินพุต (x) คือ ค่าบิต เอาท์พุต (y) คือ ค่ากระแสที่ต้องการแสดง และ m คือ ความชัน

หาค่า m = $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10-0}{456.2539-0}$ = 0.021917

หาค่า c = y – mx

แทนค่า y = 10 และ x = 456.2539

ได้ c = 10 – (0.021917×456.2539) = 0.0001

ได้สมการ y = 0.021917(x) + 0.0001

แทนค่ากระแสลงในสมการจะได้ความสัมพันธ์ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่ากระแส

ค่าบิต	ค่ากระแส
0	0
114.0635	2.5
228.127	5
342.1905	7.5
456.2539	10

รูปที่ 3.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่ากระแส

2) ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ

ค่าของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิเป็นค่าที่ได้จากการวัดค่าอุณหภูมิที่ของลมภายในพลานต์ จะแสดงตั้งแต่ 0 ถึง 100 องศา

จากสมการที่ 3.8

อินพุต (x) คือ ค่าบิต เอาท์พุต (y) คือ ค่าอุณหภูมิที่ต้องการแสดง และ m คือ ความชัน

หาค่า m = $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{100-0}{1023-204.6}$ = 0.1221

หาค่า c = y – mx

แทนค่า y = 100 และ x = 1023

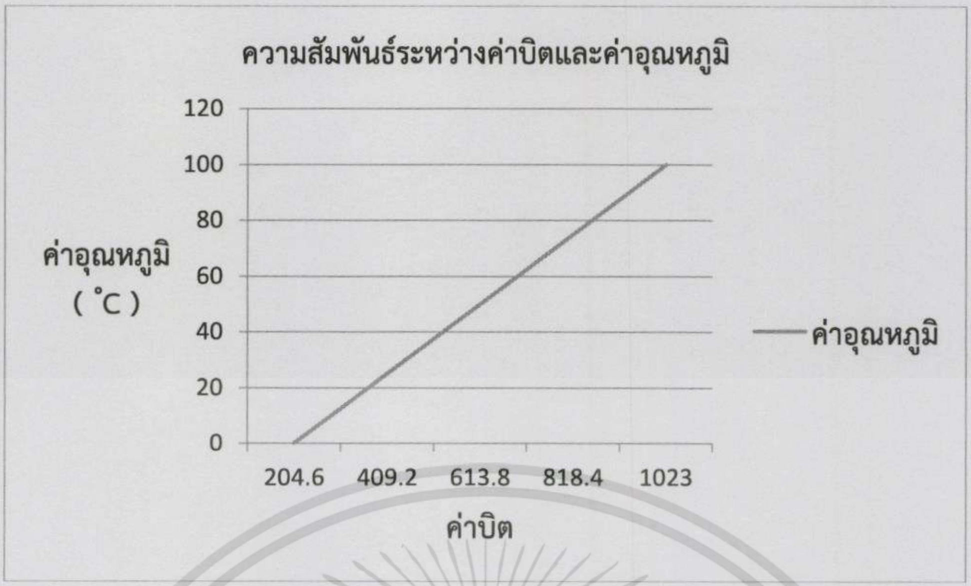
ได้ c = 100 – (0.1221x1023) = -24.9083

ได้สมการ y = 0.1221(x) – 24.9083

แทนค่าบิตลงในสมการจะได้ความสัมพันธ์ตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่าอุณหภูมิ

ค่าบิต	อุณหภูมิ
204.6	0.07336
409.2	25.05502
613.8	50.03668
818.4	75.01834
1023	100



รูปที่ 3.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่าอุณหภูมิ

3) ทรานสมิตเตอร์ความดัน

ค่าของทรานสมิตเตอร์ความดันเป็นค่าที่ได้จากการวัดค่าความดันของลมภายในพลานต์ จะแสดงตั้งแต่ 0 ถึง 232.06 psi

จากสมการที่ 3.8

อินพุต (x) คือ ค่าบิต เอาท์พุต (y) คือ ค่าความดันที่ต้องการแสดง และ m คือ ความชัน

หาค่า m = $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ = $\frac{232.06-0}{1023-204.6}$ = 0.2835

หาค่า c = y – mx

แทนค่า y = 232.06 และ x = 1023

ได้ c = 232.06 – (0.2835x1023) = -57.9605

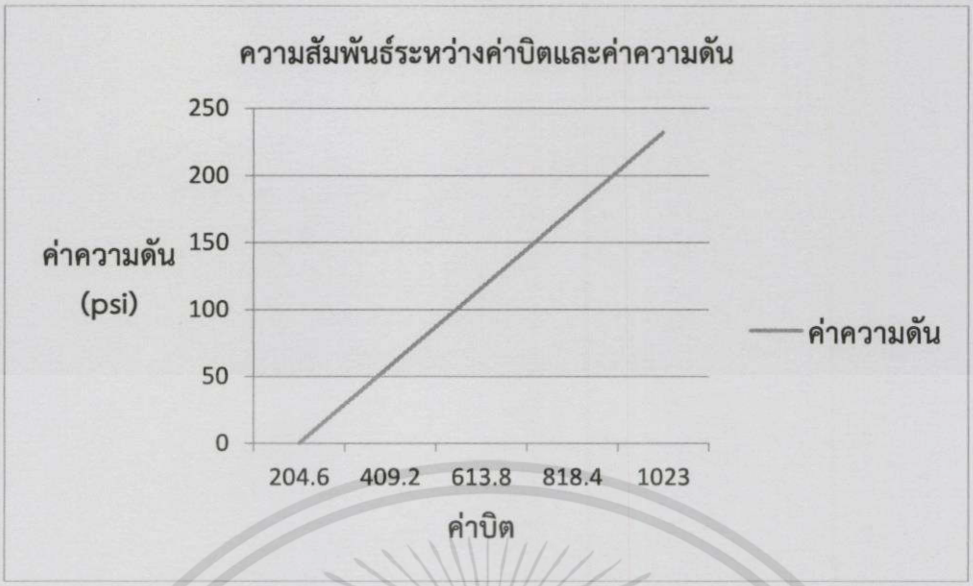
ได้สมการ y = 0.2835(x) – 57.9605

แทนค่าบิตลงในสมการจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

แทนค่าบิตลงในสมการจะได้ความสัมพันธ์ตามตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่าความดัน

ค่าบิต	ค่าความดัน
204.6	0.0436
409.2	58.0477
613.8	116.0518
818.4	174.056
1023	232.060



รูปที่ 3.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่าความดัน

4) ทรานสมิตเตอร์อัตราการไหล

ค่าจากทรานสมิตเตอร์อัตราการไหลเป็นค่าที่ได้จากการวัดค่าอัตราการไหลของลมที่จุดใช้ลม จะต้องปรับแต่งค่าในช่วง 0 ถึง 5 เนื่องจากเป็นค่าที่ต้องไปคำนวณต่อในสูตรอัตราการไหล

จากสมการที่ 3.8

อินพุต (x) คือ ค่าบิต เอาท์พุต (y) คือ ค่าความดันของเซนเซอร์ DP ที่ต้องการแสดง และ m คือ ความชัน

หาค่า m = $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{5-0}{531.956-40.0964}$ = 0.0101655

หาค่า c = y – mx

แทนค่า y = 5 และ x = 531.956

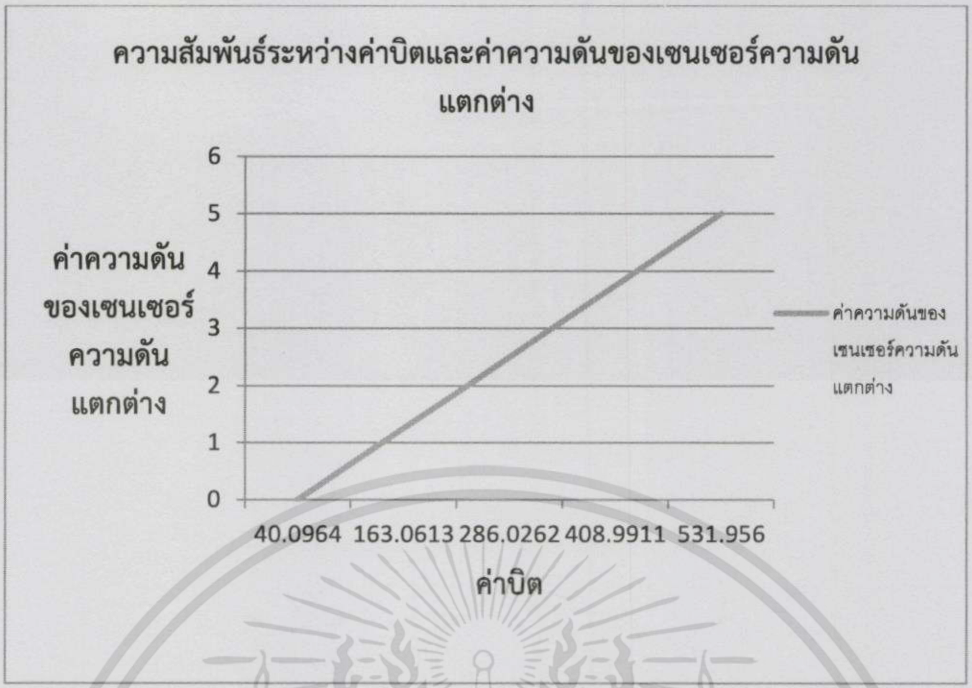
ได้ c = 5 – (0.0101655x531.956) = -0.4076

ได้สมการ y = 0.0101655(x) – 0.4076

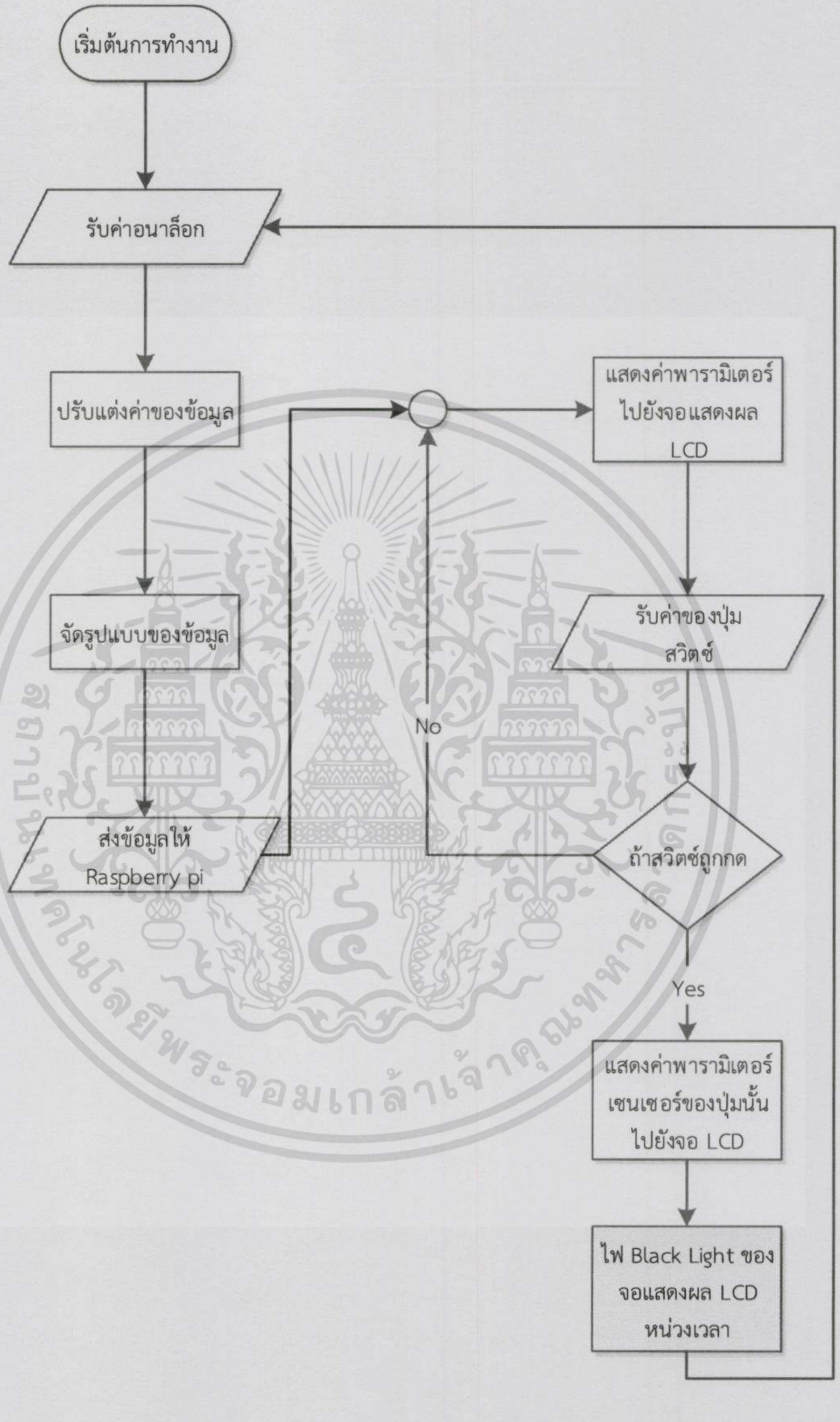
แทนค่าบิตลงในสมการจะได้ความสัมพันธ์ตามตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่าความดันของเซนเซอร์ความดันแตกต่าง

ค่าบิต	ค่าความดันของเซนเซอร์ความดันแตกต่าง
40.0964	0
163.0613	1.25
286.0262	2.5
408.9911	3.75
531.956	5



รูปที่ 3.27 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าบิตและค่าความดันแตกต่าง



รูปที่ 3.28 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3.2 การออกแบบการทำงานบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

Raspberry Pi เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ทำหน้าที่รับค่าข้อมูล 13 หลักจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาเข้าที่ GPIO พอร์ต UART จากนั้นนำค่า 13 หลักที่ได้มาตัดชุดข้อมูล โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนตามที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แบ่งไว้คือ Address Check Digit Data และ Check sum เมื่อตัดชุดข้อมูลแล้วทำการ Check sum ที่ข้อมูลหลักที่ 13 หาก Check sum มีความถูกต้องทั้ง 6 ชุดข้อมูล แล้วจึงทำการเก็บลงฐานข้อมูล แต่หากข้อมูลตัวใดตัวหนึ่งผิด จะทำการเรียกข้อมูลซ้ำจนกว่าจะถูกแล้วจึงค่อยนำไปเก็บลงในระบบฐานข้อมูล

การเก็บข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลจะเก็บตาม Address ดังแสดงในตารางที่ 3.8

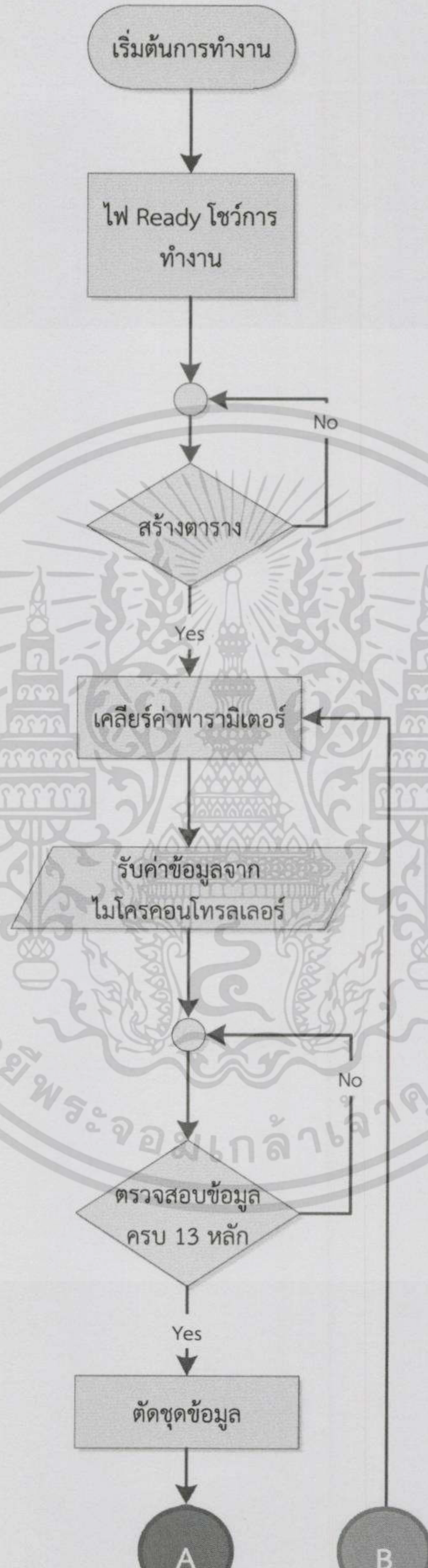
ตารางที่ 3.8 Address ของข้อมูลที่จะเก็บลงระบบฐานข้อมูล

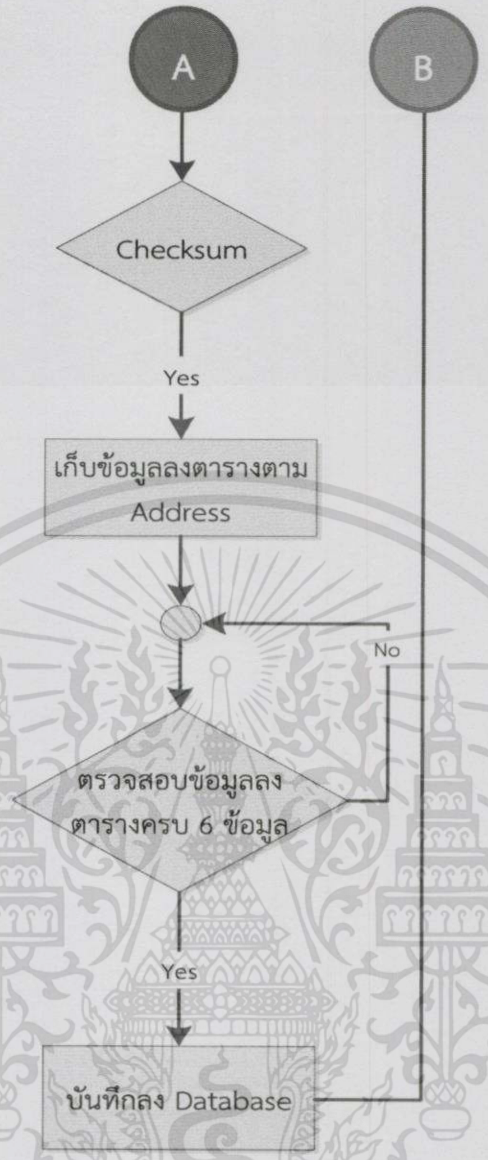
Address	ข้อมูลของเครื่องมือวัด
10001	CT-101
10002	TT-101
10003	TT-102
10004	PT-101
10005	PT-102
10006	FT-101

ส่วนของ Loaded Hours และ Unloaded Hours นั้น จะนำเวลาที่บันทึกค่า CT-101 มาคำนวณเพื่อหาค่าของจำนวนชั่วโมงที่กระแสไฟอยู่ในช่วง Loaded และ Unloaded โดยคำนวณได้ดังนี้

Loaded Hours = (เวลาปัจจุบัน – เวลาของสถานะ Loaded) + จำนวนของ Loaded Hours ล่าสุด

Unloaded Hours = (เวลาปัจจุบัน – เวลาของสถานะ Unloaded) + จำนวนของ Loaded Hours ล่าสุด


เริ่มต้นการทำงาน
ไฟ Ready โชว์การทำงาน
No
สร้างตาราง
Yes
เคลียร์ค่าพารามิเตอร์
รับค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์
No
ตรวจสอบข้อมูลครบ 13 หลัก
Yes
ตัดชุดข้อมูล
A
B



รูปที่ 3.29 แผนผังการทำงานของบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

3.3.3 การออกแบบเว็บไซต์

การออกแบบเว็บไซต์เพื่อแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากโมเดลของกระบวนการอัดลม

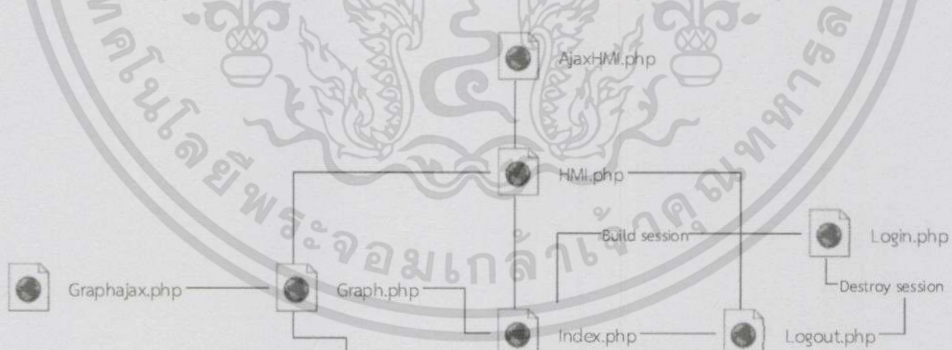
3.3.3.1 กำหนดโครงสร้างของเว็บไซต์

การสร้างเว็บไซต์นั้นควรเริ่มจากการสร้างแผนผังของเว็บไซต์ก่อน หรือที่เรียกว่า Site Map

รูปที่ 3.30 แผนผังของเว็บไซต์

3.3.3.2 กำหนดการเชื่อมโยงระหว่างเว็บเพจ

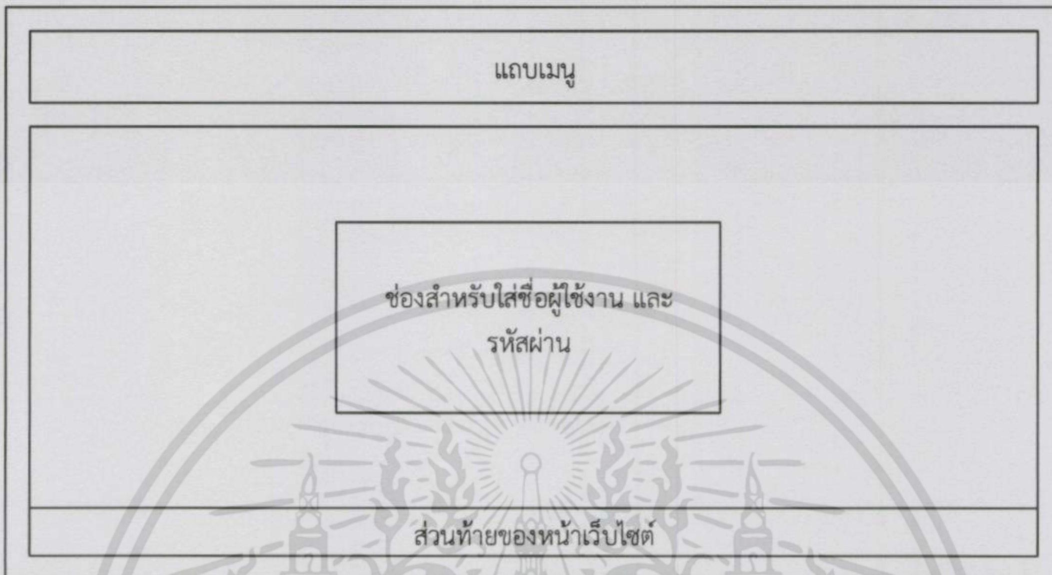
กำหนดการเชื่อมโยงถึงกันเพื่อให้กลับไปกลับมาระหว่างหน้าต่างได้โดยแสดงชื่อไฟล์ แต่ละไฟล์ที่มีการเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน



รูปที่ 3.31 การเชื่อมโยงระหว่างเว็บเพจ

3.3.3.3 การออกแบบเว็บเพจ

การออกแบบเว็บเพจแต่ละหน้าในขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบการวางตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆที่จะแสดงในเว็บไซต์ โดยมีการออกแบบตามรูปที่ 3.32 และรูปที่ 3.33

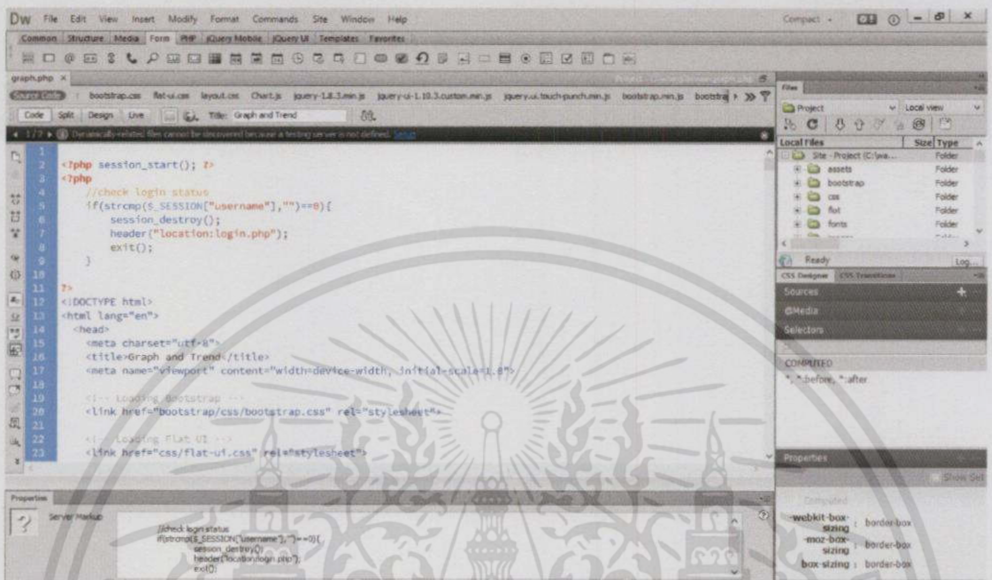


รูปที่ 3.32 การออกแบบเว็บเพจล็อกอิน

รูปที่ 3.33 การออกแบบเว็บเพจ ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ,แนวโน้ม ,การส่งออกข้อมูล

3.3.3.4 การสร้างเว็บเพจ

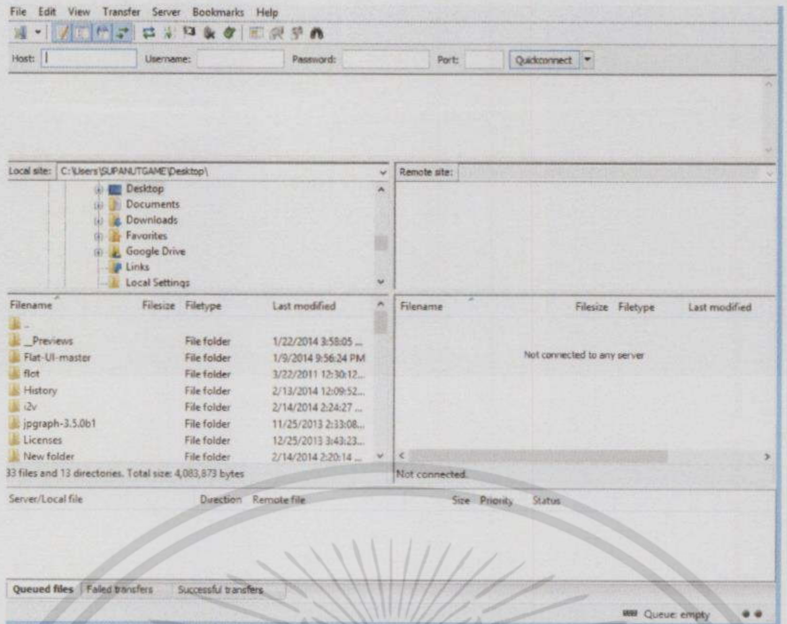
การสร้างเว็บเพจด้วยโปรแกรม Dreamweaver ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยทำงานร่วมการโปรแกรม XAMPเป็นการจำลอง MySQL ที่ทำหน้าที่เก็บฐานข้อมูล ให้เว็บไซต์ดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลมาแสดง



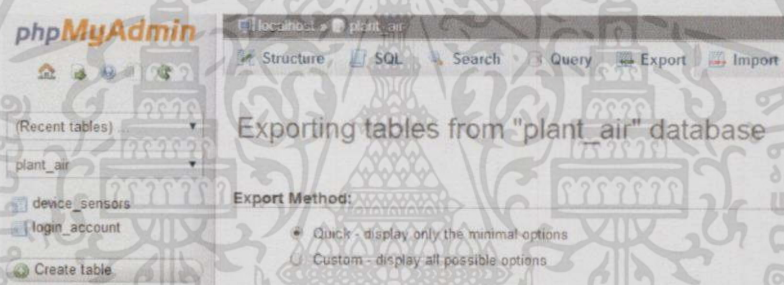
รูปที่ 3.34 การสร้างเว็บเพจแต่ละหน้า

3.3.3.5 การอัพโหลดไฟล์เข้าไปยังบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

การอัพโหลดไฟล์ไปบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi ผ่านโปรแกรม FileZilla และ ส่งออกไฟล์ .slq จาก PHPMyadmin ใน XAMP ไปยัง บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

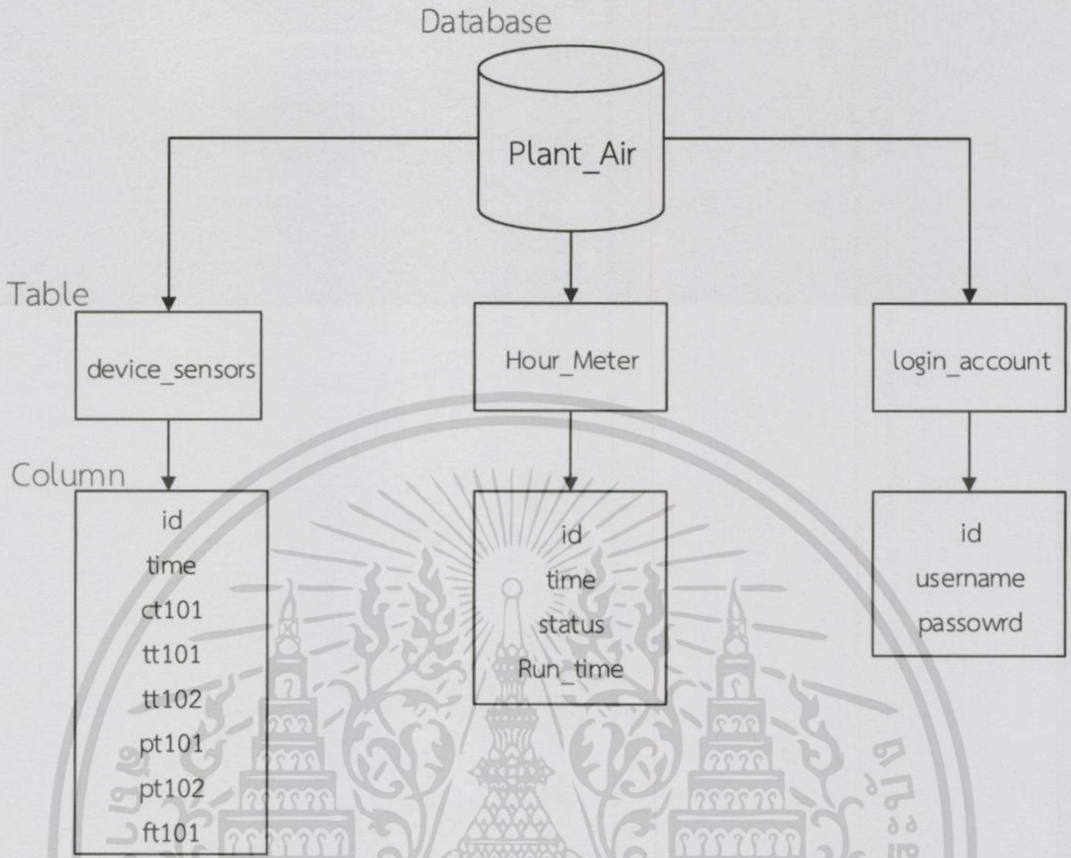


รูปที่ 3.35 การอัพโหลดไฟล์ไปยัง Raspberry Pi ผ่านโปรแกรม File Zilla



รูปที่ 3.36 การส่งออกไฟล์ .sql จาก PHPMyadmin

3.3.4 การออกแบบโครงสร้างของระบบฐานข้อมูล



รูปที่ 3.37 โครงสร้างของระบบฐานข้อมูล

จากรูปที่ 3.37 เป็นรูปที่แสดงถึงโครงสร้างของระบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บค่าพารามิเตอร์ที่จะแสดงบนเว็บเพจ เช่น ค่าตัวแปรกระบวนการจากกระบวนการอัดลม จัดเก็บสถานะ Loaded-Unloaded ของปั๊มลม และ เวลาของสถานะ และ ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านสำหรับการเข้าถึงหน้าเว็บเพจ โดยจะจัดเก็บอยู่ในตาราง ดังนี้

3.3.4.1. device_sensors

ค่าตัวแปรกระบวนการจากกระบวนการอัดลม โดยมีค่าที่เก็บภายในตารางดังนี้

1) id คือ ลำดับของข้อมูล
2) time คือ เวลาที่จัดเก็บข้อมูล
3) ct101 คือ ค่ากระแสที่ปั๊มลมใช้
4) tt101 คือ ค่าอุณหภูมิภายในถังลม ก่อนเข้าเครื่องทำลมแห้ง
5) tt102 คือ ค่าอุณหภูมิหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง
6) pt101 คือ ค่าความดันก่อนเข้าเครื่องทำลมแห้ง
7) pt102 คือค่าความดันหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง

3.3.4.2. Hour_Meter

Hour_Meter เป็นตารางที่เก็บสถานะ Loaded-Unloaded ของปั๊มลม และ เวลาของสถานะ โดยค่าที่เก็บภายในตารางมีดังนี้

1) id คือ ลำดับของข้อมูล
2) time คือ เวลาที่จัดเก็บข้อมูล
3) status คือ สถานะของปั๊มลม
4) Run_time คือ เวลาของสถานะ

3.3.4.3. login_account

login_account เป็นตารางที่เก็บชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน สำหรับการเข้าถึงเว็บเพจ โดยค่าที่เก็บภายในตารางมีดังนี้

1) id คือ ลำดับของข้อมูล
2) username คือ ชื่อผู้ใช้
3) password คือ รหัสผ่าน

บทที่ 4
การทดสอบการทำงานของระบบ

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้นำเสนอการทดสอบการทำงานของระบบการจ่ายลมในกระบวนการอัดลม และการเก็บค่าตรวจวัดเข้าระบบฐานข้อมูล ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ

1) เซนเซอร์และอุปกรณ์แปลงสัญญาณ
2) ไมโครคอนโทรลเลอร์
3) บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิตรุ่น Raspberry Pi
4) เว็บไซต์

4.2 การทดสอบไมโครคอนโทรลเลอร์

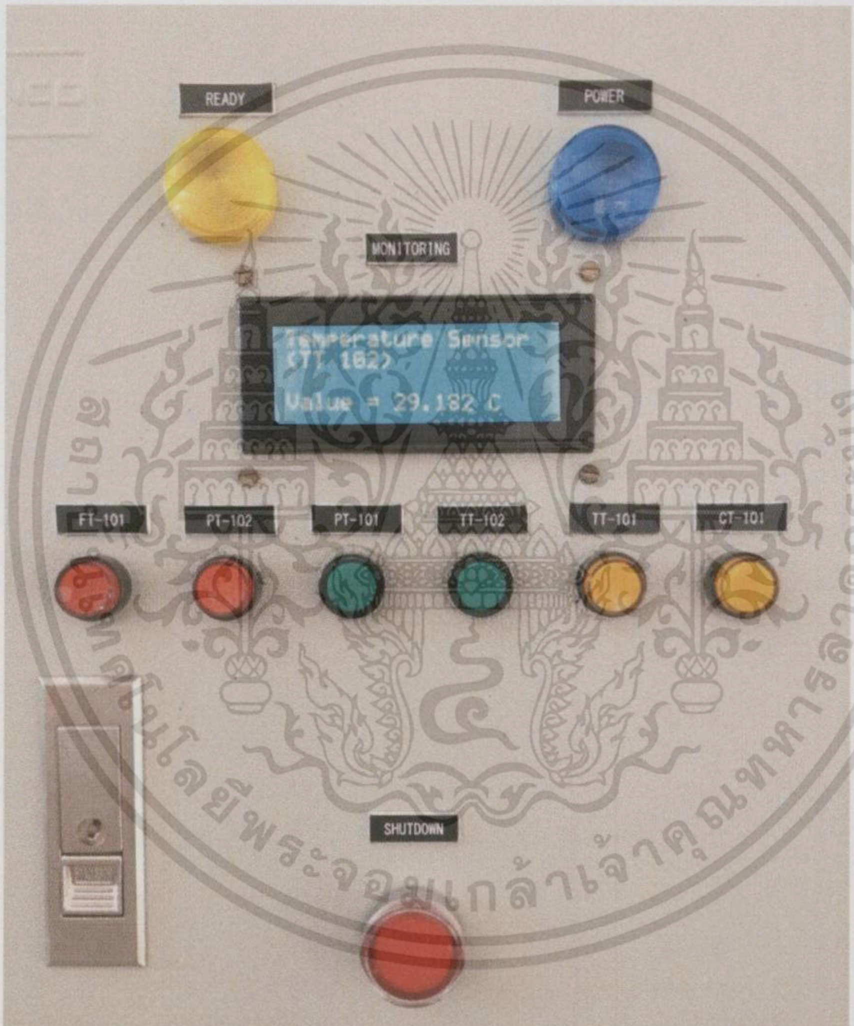
4.2.1 ทดสอบการทำงานของโปรแกรม

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ทันทีเมื่อมีแรงดันมาจากแหล่งจ่ายแรงดัน จึงมีการใช้หลอดไฟแอลอีดีต่อเข้าที่ขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้แสดงว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน โดยหลอดไฟจะกระพริบตามการวนลูปของโปรแกรมในแต่ละรอบการทำงาน

รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2.2 ทดสอบจอแสดงผลแอลซีดีและปุ่มกดสวิตซ์

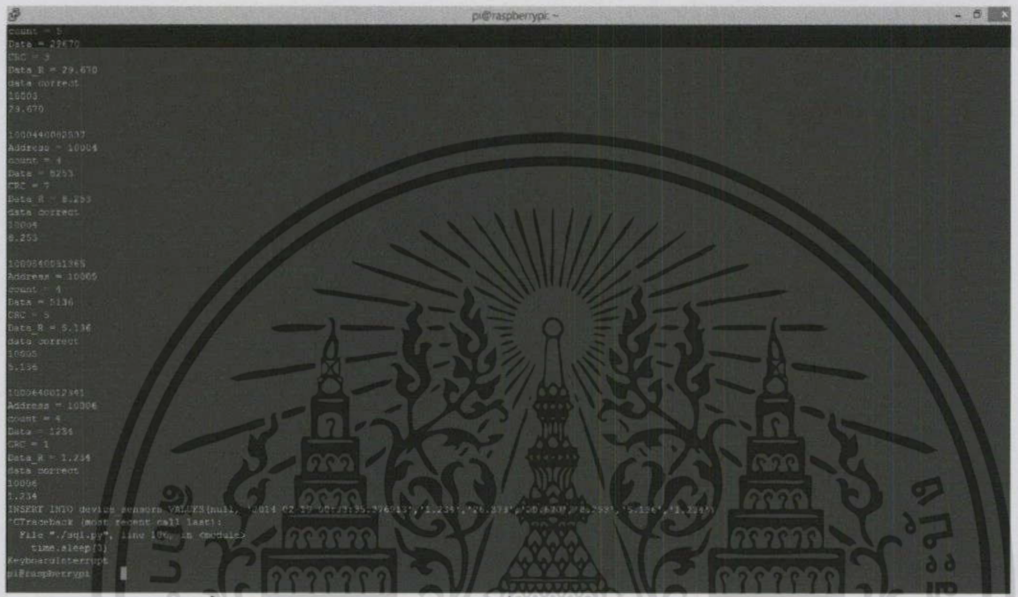
เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงานจอแสดงผลแอลซีดีจะเริ่มทำงานพร้อมกัน โดยแสดงค่าพารามิเตอร์ของ CT-101, TT-101, TT-102, PT-101, PT-102 และ FT-101 เป็นเวลาค่าละ 3 วินาทีตามลำดับ แต่ไฟส่องสว่างของหน้าจอแสดงผลแอลซีดียังไม่ทำงานและถ้ามีการกดปุ่มกดสวิตซ์ที่หน้าตู้จอแสดงผล แอลซีดี จะแสดงค่าพารามิเตอร์นั้นเป็นเวลา 6 วินาที ไฟส่องสว่างของหน้าจอแสดงผลแอลซีดีจะทำงานเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นจะดับไปเองเมื่อไม่มีการกดปุ่มกดสวิตซ์ในช่วงเวลานั้น



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการทางานของจอแสดงผล แอลซีดี

4.3 การทดสอบบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi

1) ทดสอบการทำงานขอโปรแกรมเพื่อรับค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อใช้คำสั่งให้เริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมโปรแกรมจะรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาเก็บทั้ง 6 ค่า



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบการเริ่มต้นทำงานของ Raspberry Pi

2) ทดสอบการตัดชุดข้อมูลเพื่อแบ่งเป็น 4 ส่วนคือ Address Count Data และ Check Sum โปรแกรมจะเริ่มรับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาทีละชุด ชุดละ 13 หลัก แล้วมาตัดแบ่งเป็นส่วน ๆ

รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบการตัดข้อมูลของ Raspberry Pi

3) ทดสอบการ Check Sum โปรแกรมทำการตรวจสอบค่า Check Sum ว่ามีค่าถูกต้องหรือไม่

รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการตรวจสอบสถานะของ Raspberry Pi

4) ทดสอบการเก็บค่าพารามิเตอร์ลงระบบฐานข้อมูล เมื่อข้อมูลมีสถานะของ Check Sum ถูกต้องทั้งหมด จึงทำการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล

```
INSERT INTO device_sensors VALUES(null, '2014-02-19 00:53:28.334843','1.234','27
.594','32.234','108.824','110.524','1.234')
success
```

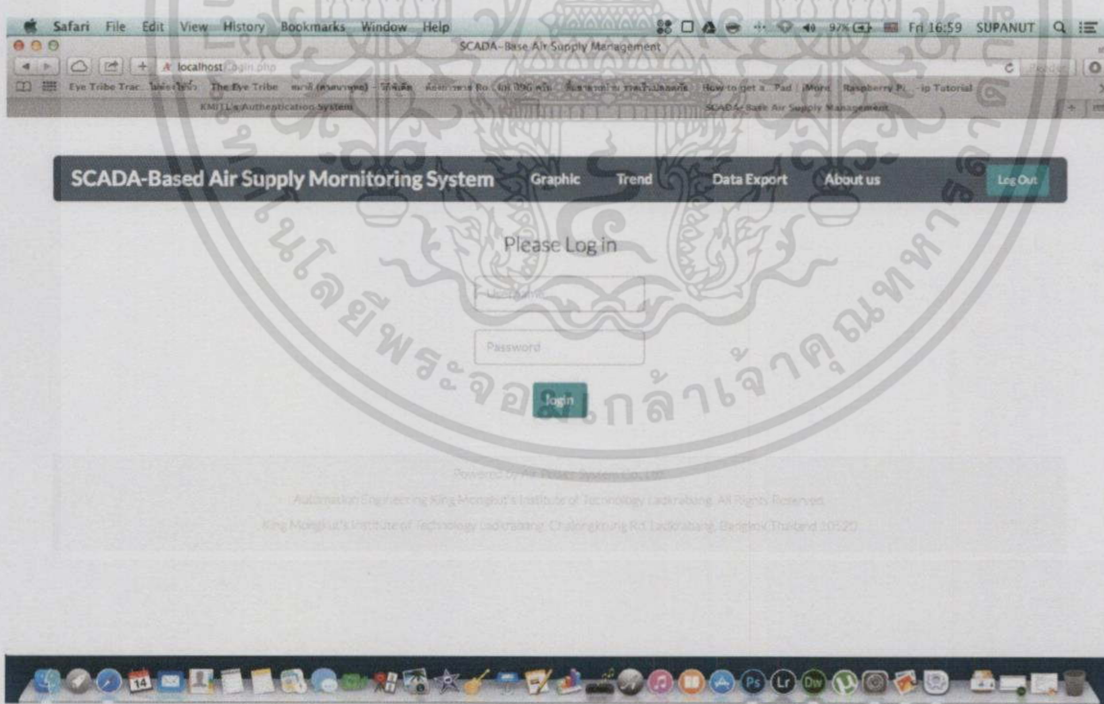
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบการบันทึกข้อมูลลงตารางในระบบฐานข้อมูลของ Raspberry Pi

4.4 การทดสอบเว็บไซต์

4.4.1 ทดสอบในส่วนของการเข้าใช้เว็บไซต์

การเข้าใช้เว็บไซต์จะมีระบบรักษาความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูล โดยผู้ใช้ต้องทำการใส่ ชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน เพื่อยืนยันสิทธิของตนในการเข้าถึงข้อมูล ดังรูปที่ 4.7 โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

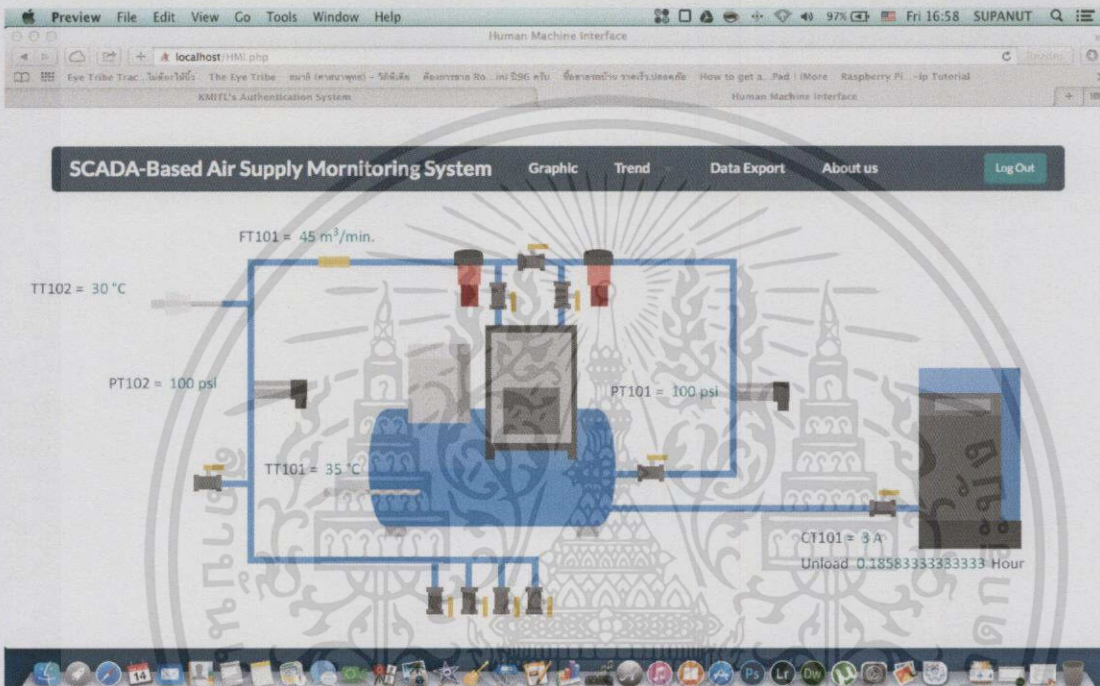
1) ใส่ชื่อผู้ใช้งานในช่อง Username
2) ใส่รหัสผ่านในช่อง Password
3) คลิกปุ่ม login



รูปที่ 4.7 ผลจากการทดสอบหน้าเว็บเพจสำหรับการล็อกอิน

4.4.2 ทดสอบการแสดงค่าแบบเรียลไทม์บนหน้าส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

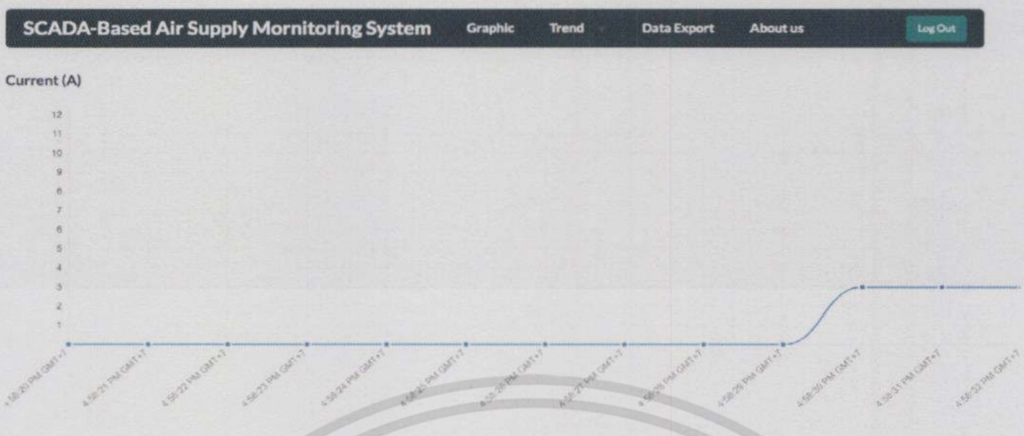
เมื่อใส่ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านที่ถูกต้องแล้ว เว็บไซต์จะเชื่อมต่อมาที่หน้าเว็บเพจส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน แสดงการทำงานของโมเดลของกระบวนการอัดลมแบบเรียลไทม์ โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่นำมาแสดงนั้นถูกดึงมาจาก ระบบฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.8



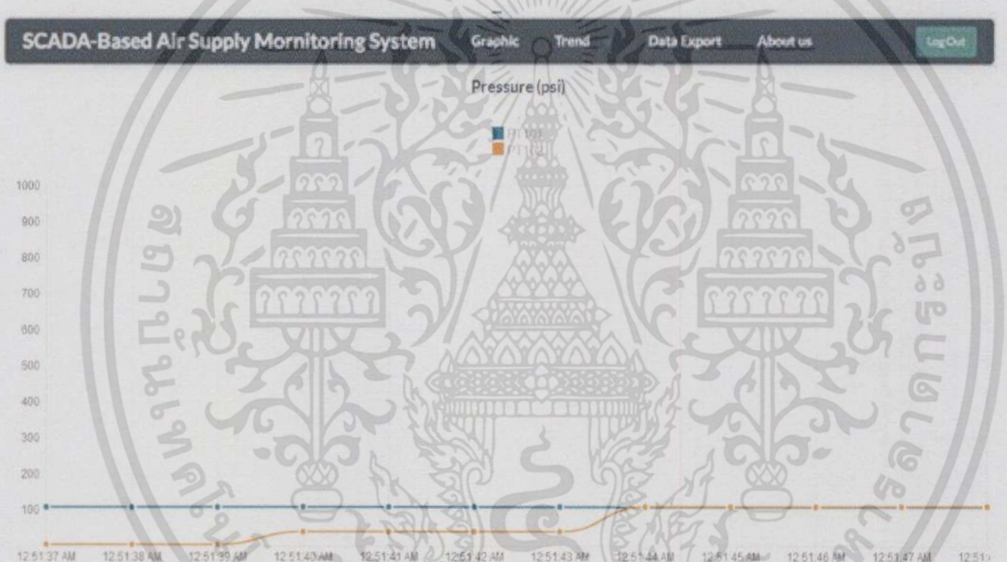
รูปที่ 4.8 ผลจากการทดสอบหน้าเว็บเพจสำหรับแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

4.4.3 ทดสอบการแสดงผลหน้าแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์

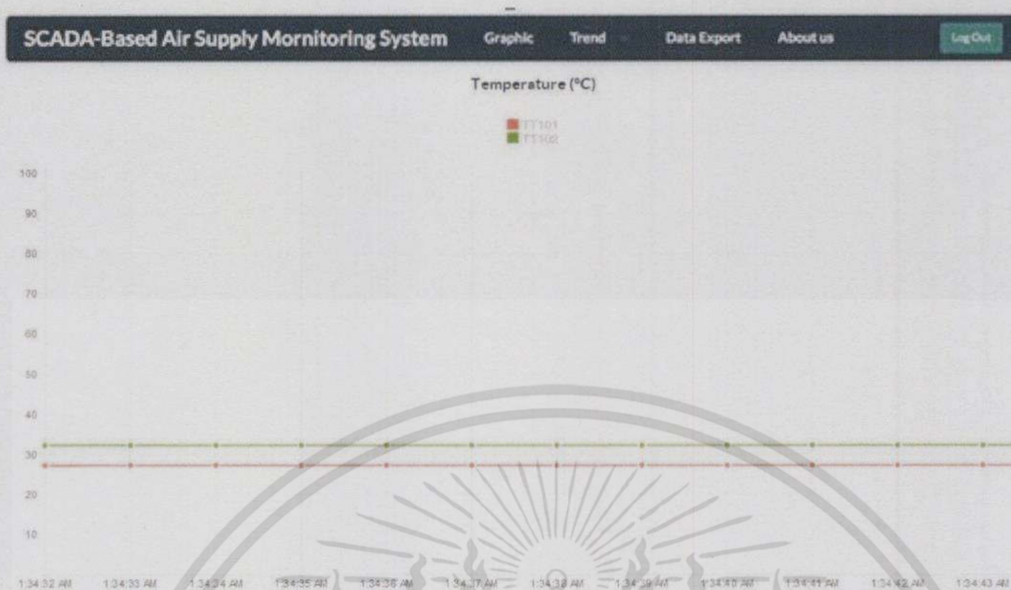
ที่แถบเมนูด้านบน คลิกที่ “Trend” เว็บเพจจะแสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์จำนวน 4 ด้วยกันคือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ FT-101 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PT-101 กับ PT-102 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง TT-101 กับ TT-102 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ CT-101


SCADA-Based Air Supply Mornitoring System
Graphic
Trend
Data Export
About us
Log Out
Current (A)
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

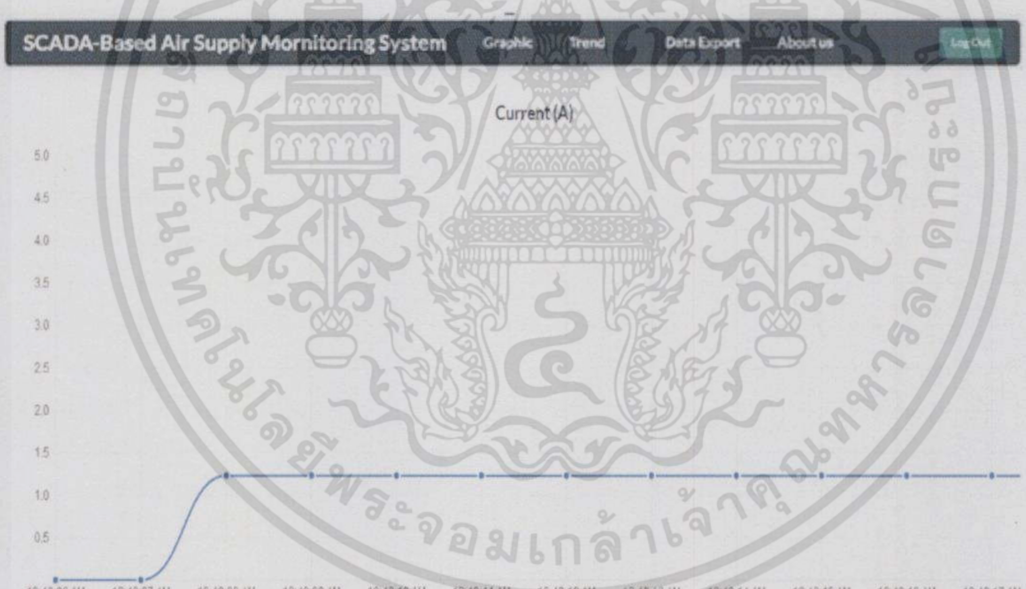
(ก)


SCADA-Based Air Supply Mornitoring System
Graphic
Trend
Data Export
About us
Log Out
Pressure (psi)
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
12:51:37 AM
12:51:38 AM
12:51:39 AM
12:51:40 AM
12:51:41 AM
12:51:42 AM
12:51:43 AM
12:51:44 AM
12:51:45 AM
12:51:46 AM
12:51:47 AM

(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.9 ผลจากการทดสอบหน้าเว็บเพจสำหรับแสดงแนวโน้มของค่าพารามิเตอร์

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ FT-101

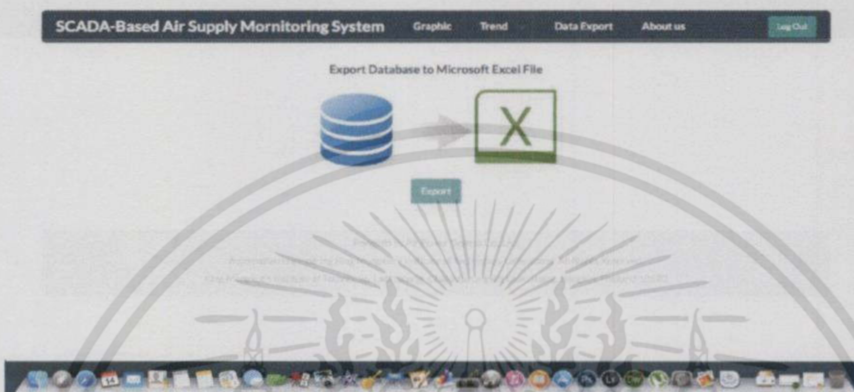
(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง PT-101 กับ PT-102

(ค) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง TT-101 กับ TT-102

(ง) กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ CT-101

4.4.4 ทดสอบในส่วนของการส่งออกข้อมูล

ที่แถบเมนูด้านบน คลิกที่ "Export" เว็บเพจจะแสดงหน้าจอการส่งออกข้อมูล การส่งออกข้อมูลสามารถทำได้โดยกดปุ่มส่งออกเท่านั้นข้อมูลในระบบฐานข้องมูลจะถูกส่งออกมาอยู่ในรูปของไฟล์ Microsoft Excel



รูปที่ 4.10 หน้าเว็บเพจสำหรับการส่งออกข้อมูล

4.5 การทดสอบระบบโดยรวม

การทดสอบระบบโดยรวมทำได้โดย เชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกส่วนเข้าด้วยกัน แล้วทดลองเปิดกระบวนการอัดลมจริง และเก็บค่าตัวแปรกระบวนการลงระบบฐานข้อมูล

1) ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการ ส่งออกข้อมูล ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างค่าที่เก็บในระบบฐานข้อมูล

id	time	ct-101	tt-101	tt-102	pt-101	pt-102	ft-101
1	2014-02-25 16:46:08	9.862	42.857	30.403	110.241	114.773	19.226
2	2014-02-25 16:46:59	6.005	41.392	31.868	113.64	115.057	15.025
3	2014-02-25 16:47:05	5.632	41.758	31.746	113.923	116.19	16.832
4	2014-02-25 16:47:12	9.819	41.269	29.426	113.923	116.19	16.832
5	2014-02-25 16:55:37	5.457	37.362	34.188	111.94	113.357	28.454
6	2014-02-25 16:55:44	5.523	37.24	34.188	112.224	113.357	28.454
7	2014-02-25 16:55:51	9.819	37.484	31.746	111.657	113.64	28.454
8	2014-02-25 16:55:58	9.753	36.874	29.792	111.657	113.64	28.454
9	2014-02-25 16:56:07	9.621	35.653	28.449	111.657	113.64	18.463
10	2014-02-25 16:56:16	9.336	33.943	27.594	111.657	113.64	19.65

การเก็บข้อมูลจะสามารถเก็บได้ 1 ค่า ต่อหน่วยความจำประมาณ 0.0534 KB ทุก 9.72 วินาที

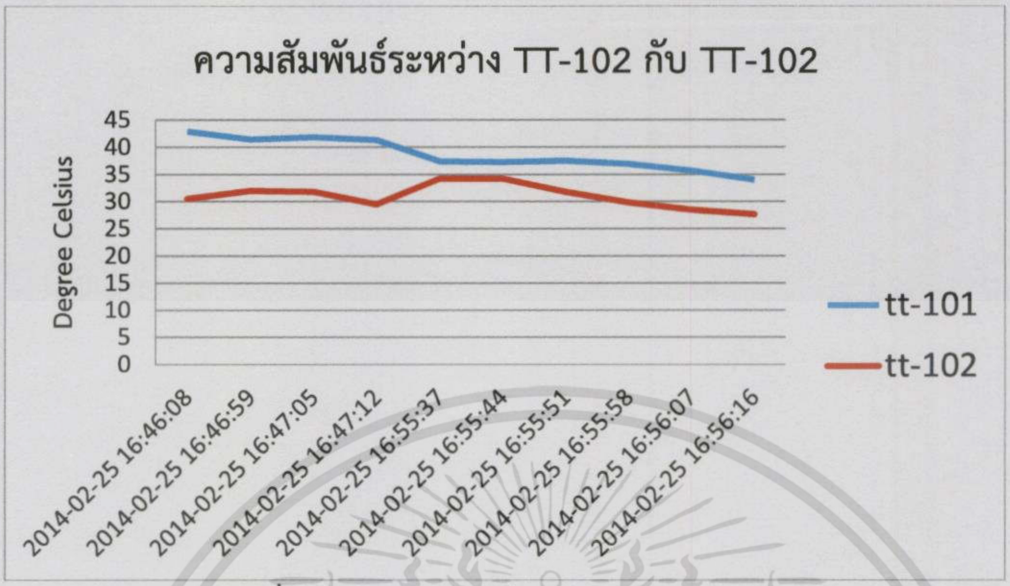
ดังนั้นหน่วยความจำ 1 GB จะเก็บข้อมูลได้นาน 6 ปี และมีข้อมูลทั้งหมด 19,636,254.68 ค่า

เพราะฉะนั้น หน่วยความจำที่ใช้คือ 8 GB แบ่งเป็นโปรแกรมประมาณ 1 GB และส่วนเก็บฐานข้อมูลประมาณ 7 GB จึงสามารถเก็บข้อมูลได้ประมาณ 42 ปี และมีข้อมูลทั้งหมด 137,453,782.8 ค่า

2) วิเคราะห์ข้อมูล

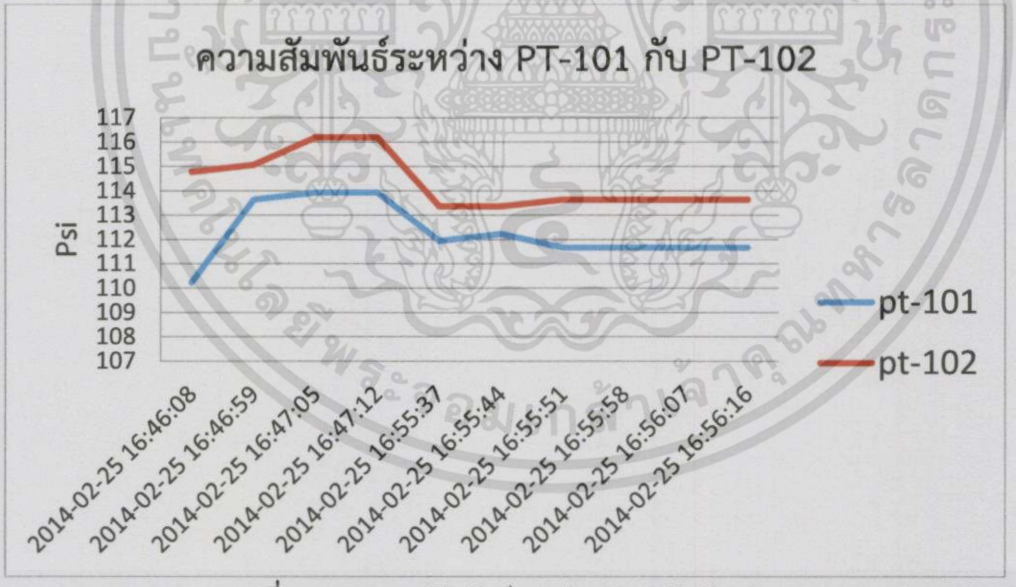
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับเวลาในช่วง Loaded และ Unloaded

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่า ค่ากระแสที่ CT-101 ที่วัดได้มี 2 ช่วง นั่นคือ ช่วง Loaded และ Unloaded ของเครื่องอัดอากาศ หลักการทำงานคือ หากความดันต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้เครื่องจะ Loaded แต่หากความดันสูงถึงจุดที่ต้องการเครื่องจะ Unloaded



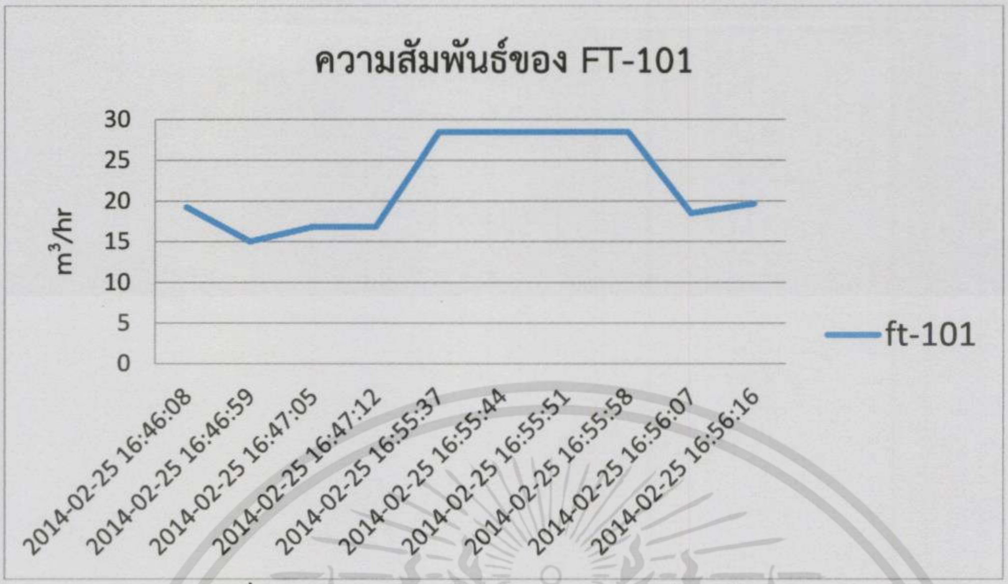
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา

จากรูปที่ 4.12 TT-101 มีค่าอุณหภูมิมากกว่า TT-102 เนื่องจาก TT-102 ถูกติดตั้งอยู่หลังจากอากาศอัดผ่านเครื่องทำลมแห้ง เพราะฉะนั้นอุณหภูมิจึงลดลงเนื่องจากเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเครื่องทำลมแห้ง



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเวลา

จาก รูปที่ 4.13 ค่าความดันใน PT-101 และ PT-10 ไม่แตกต่างกันมากเนื่องจากตอนทำการทดสอบระบบ ทำการเปิดวาล์วทุกตัว ทำให้อากาศอัดมีความดันใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเวลา

จาก รูปที่ 4.14 ค่าอัตราการไหลที่จุดใช้งาน เพื่อทราบปริมาณการใช้อากาศอัดในกระบวนการ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบระบบเก็บฐานข้อมูล และแสดงผลแบบเรียลไทม์ของโมเดลกระบวนการอัดลม สำหรับจัดเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการที่ต้องการตรวจวัด เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นในการใช้ระบบอัดลมและต้องการทราบคุณภาพของอุปกรณ์ในกระบวนการ ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้อาศัยความรู้ทางด้านเครื่องมือวัด ความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ความรู้ทางด้านระบบฐานข้อมูล และความรู้ทางด้านเว็บบราวเซอร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ปริญญานิพนธ์นี้มีการจัดเก็บค่าพารามิเตอร์อยู่ 6 ค่าด้วยกัน ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่องอัดลมใช้ ค่าอุณหภูมิในถังเก็บลม ค่าอุณหภูมิหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง ค่าความดันหลังออกจากถังเก็บลม ค่าความดันหลังออกจากเครื่องทำลมแห้ง และค่าอัตราการไหลของลมที่จุดใช้งานลม โดยเครื่องมือวัดอัตราการไหลออกแบบขึ้นมาจากหลักการของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) หลังจากค่าพารามิเตอร์ถูกจัดเก็บแล้วจะถูกส่งขึ้นไปแสดงบนเว็บ เซิฟเวอร์ จากนั้นหากต้องการข้อมูลมาวิเคราะห์สามารถส่งออกข้อมูลออกมาได้ในรูปแบบไฟล์ข้อมูล Microsoft Excel

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าสัญญาณอนาล็อกไม่นิ่ง ค่ามีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา
2) เวลาในการส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์และเวลาในการรับข้อมูลของบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi ไม่เสถียร ทำให้การรับส่งข้อมูลในบางช่วงเกิดความผิดพลาด
3) ปุ่มกดแสดงค่าพารามิเตอร์หน้าตู้ควบคุมเกิดการหน่วง ทำให้ไม่สามารถกดปุ่มถัดไปได้ในระยะเวลาสั้น
4) จอแอลซีดีไม่สามารถเปิดไฟส่องสว่างหน้าจอได้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากจะทำให้อายุการใช้งานลดลงและกินกระแสไฟฟ้า
5) การคำนวณหาขนาดรูออริฟิส ที่ใช้ประยุกต์ทำเครื่องมือวัดอัตราการไหลทำได้ยากเนื่องจากข้อมูลไม่ถูกเปิดเผย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) สามารถนำหลักการที่นำเสนอนี้ไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการอื่น ๆ ได้
2) อาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนระบบเก็บฐานข้อมูล จาก Raspberry Pi เป็นคอมพิวเตอร์เซิฟเวอร์ เนื่องจากมีความคงทน มีความน่าเชื่อถือ รวดเร็ว และความจุของหน่วยความจำ (Memory) ที่สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Compressor Overview. [Online]. http://www.adekom-thailand.com/th/Products-Overview/Screw-Compressor-Overview. สืบค้นวันที่ 2 พ.ย. 2556

[2] บริษัท แอร์ เพาเวอร์ ซิสเท็ม จำกัด. ปี 2555. รายละเอียดของเครื่องอัดอากาศ เครื่องทำลมแห้ง ตัวกรองอากาศ ถังเก็บลม. : กรุงเทพฯ

[3] คู่มือการปฏิบัติงานที่ดี สำหรับเครื่องอัดอากาศ. [PDF] http://www.ensol.co.th/knowledge/handbook%20for%20Air%20Compressor.pdf สืบค้นวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2556

[4] ประเภทของปั๊มลม. [Online]. http://www.108hardware.com/articles/มารู้จักประเภทปั๊มลม.html สืบค้นวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2556

[5] หลักการทำงานของ Air Dryer. [Online]. http://www.cskpart.com/air-dryer/หลักการทำงานของ-air-dryer/ สืบค้นวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2556

[6] ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์. 2551. ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม INDUSTRIAL AUTOMATION. กรุงเทพฯ. : มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.

[7] การวัดอุณหภูมิ. [Online]. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/004240/temperature-measurement-การวัดอุณหภูมิ. สืบค้นวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2557

[8] บริษัท ไพร มั ส จำกัด. ปี 2556 . Thermocouple Transmitter. : กรุงเทพฯ

[9] หม้อแปลง. [Online]. http://ct-pt.blogspot.com/ สืบค้นวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2557

[10] การคำนวณหาขนาดรูออริฟิซ. [Online]. http://www.efunda.com/formulae/fluids/calc_orifice_flowmeter.cfm สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2556

[11] ประจิน พลังสันติกุล. 2553. การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F ด้วยคอมไพเลอร์ MPLAB C18. กรุงเทพฯ : แอพซอฟต์เทค.

[12] PIC [Online]. http://sisley.en.kku.ac.th/project/2011/COE2011-21/DATA%20FILE/PIC%20thai.pdf สืบค้นวันที่ 22 ธันวาคม 2556

[13] PIC18F23K20/24K20/25K20/26K20/43K20/44K20/45K20/46K20Data Sheet. [Online]. http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41303G.pdf สืบค้นวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

[14] ไมโครคอนโทรลเลอร์ [Online]. http://th.wikipedia.org/wiki/ไมโครคอนโทรลเลอร์ สืบค้นวันที่ 28 มกราคม 2557

[15] LCD display บน PIC18F2550 [Online]. http://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/lcd-display-pic18f2550.html. สืบค้นวันที่ 11 มกราคม 2557

[16] ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ LCD Display [Online]. www.et.prm.chula.ac.th/pdf/**lcd**.pdf สืบค้นวันที่ 29 ธันวาคม 2556

[17] รูปแบบในการส่งข้อมูล [Online]. http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/computer/network/net_datacom3.htm สืบค้นวันที่ 28 มกราคม 2557

[18] Raspberry pi. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi. สืบค้นวันที่ 1 ธันวาคม 2556

[19] ลินุกซ์. [Online]. http://th.wikipedia.org/ลินุกซ์. สืบค้นวันที่ 14 ธันวาคม 2556

[20] มายเอสคิวเอล [Online]. http://th.wikipedia.org/wiki/มายเอสคิวเอล. สืบค้นวันที่ 21 ธันวาคม 2556

[21] ระบบจัดการฐานข้อมูล [Online]. http://th.wikipedia.org/wiki/ระบบจัดการฐานข้อมูล. สืบค้นวันที่ 4 มกราคม 2557

[22] ภาษาพีเอชพี. [Online]. http://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาพีเอชพี. สืบค้นวันที่ 2 ธันวาคม 2556

[23] Scada. [Online]. http://www.eda.co.th/scada.html. สืบค้นวันที่ 26 ธันวาคม 2556

[24] การใช้งานโมดูลแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล [Online]. http://www.mcuthailand.com/articles/pic/Ex_ADC.html. สืบค้นวันที่ 21 ธันวาคม 2556

[25] การใช้งานโมดูล UART [Online]. http://www.mcuthailand.com/articles/pic/Ex_Uart.html สืบค้นวันที่ 29 ธันวาคม 2556

[26] ความรู้ภาษา C และคำสั่งพื้นฐาน [Online]. http://itd.htc.ac.th/st_it50/it5016/nidz/Web_C/unit7.html สืบค้นวันที่ 22 ธันวาคม 2556

[27] CCS C Compiler Example Programs [Online]. http://www.ccsinfo.com/content.php?page=compexamples สืบค้นวันที่ 11 ธันวาคม 2556

ภาคผนวก

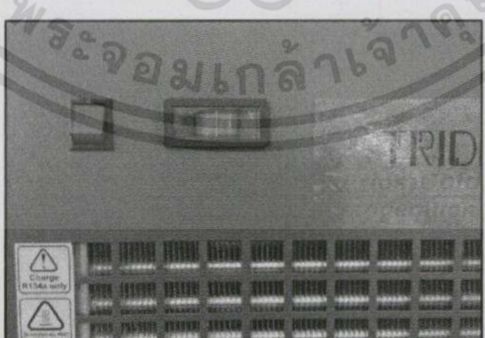
ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งาน

ก.1 ตรวจสอบความพร้อมของพลานต์โมเดล

1) เครื่องอัดลม

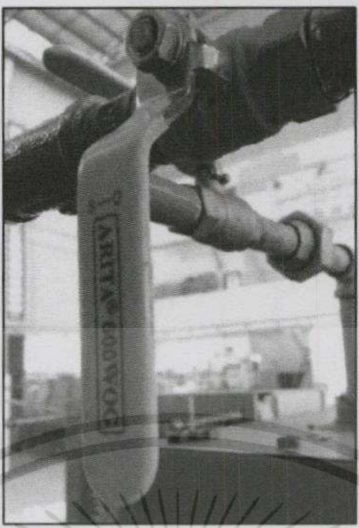
ตรวจสอบความพร้อมโดยทั่วไปของเครื่องอัดลม เช่น ตรวจสอบคราบน้ำมันหรือสิ่งแปลกปลอม ตรวจสอบส่วนประกอบของเครื่องอัดลม เป็นต้น

2) เครื่องทำลมแห้ง



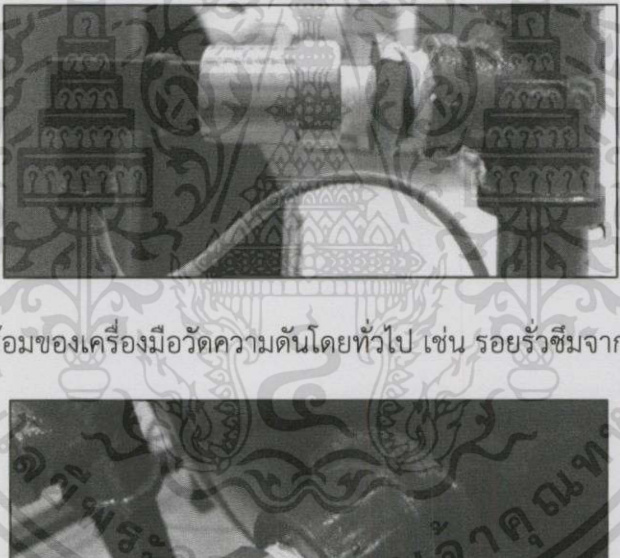
ตรวจสอบความพร้อมโดยทั่วไปของเครื่องทำลมแห้ง เช่น ตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม ตรวจสอบส่วนประกอบของเครื่องทำลมแห้ง เป็นต้น

3) วาล์ว

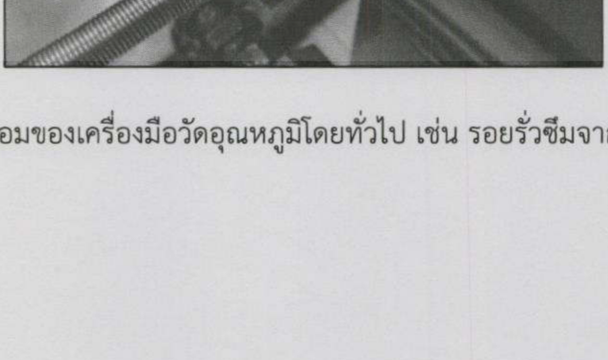


ตรวจสอบความพร้อมโดยทั่วไปของ วาล์ว เช่น วาล์วถูกปิดอยู่ เป็นต้น

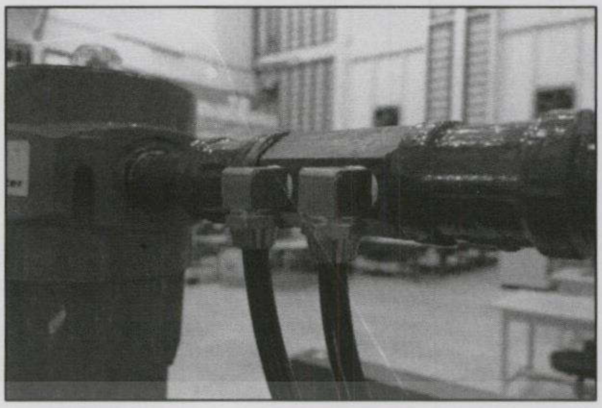
4) เซนเซอร์



ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือวัดความดันโดยทั่วไป เช่น รอยรั่วซึมจากการติดตั้ง เป็นต้น



ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือวัดอุณหภูมิโดยทั่วไป เช่น รอยรั่วซึมจากการติดตั้ง เป็นต้น



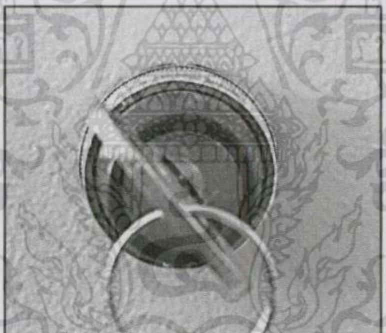
ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยทั่วไป เช่น รอยรั่วซึมจากการติดตั้ง เป็นต้น

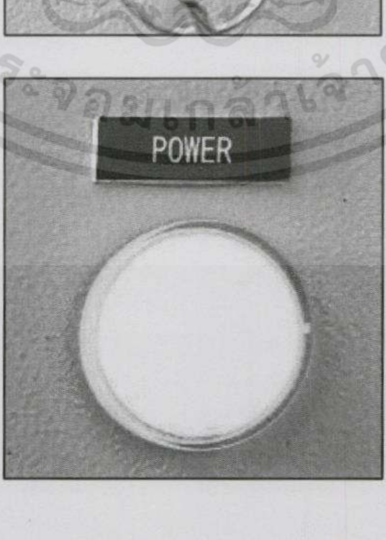
ก.2 เปิดการทำงานของระบบมอนิเตอร์และระบบเก็บฐานข้อมูล

1) เปิด เบรคเกอร์

เปิดเบรคเกอร์ในตู้ควบคุมไฟฟ้า

2) ไขกุญแจเปิดเพาเวอร์





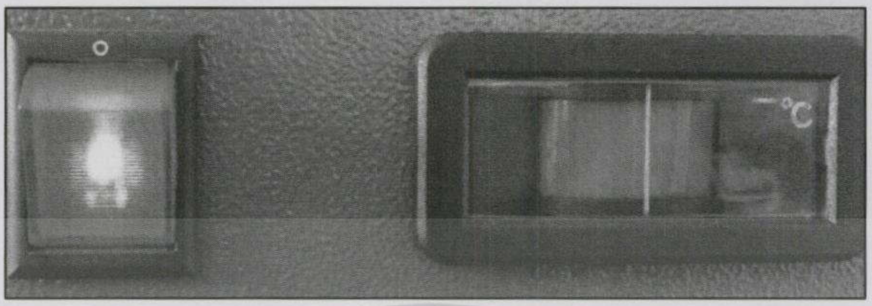
ไขกุญแจจ่ายกระแสไฟฟ้า จากนั้นไฟ POWER แสดงหน้าตู้จะติด เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์ต่างๆทำงาน เช่น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ด Raspberry Pi แหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์ และจอ LCD เป็นต้น

3) สัญญาณไฟ Ready

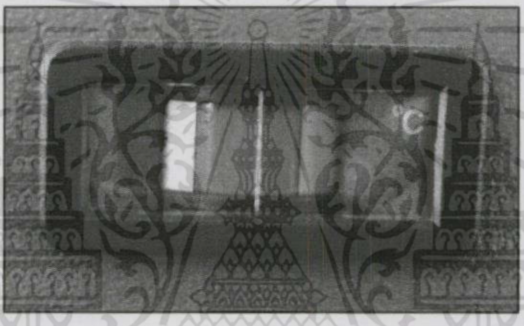
เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบแล้ว ต้องรอสัญญาณไฟ Ready แสดงการทำงาน เพื่อแสดงว่าระบบเก็บฐานข้อมูลได้เริ่มทำงานแล้ว

ก.3 เปิดการทำงานของพลานต์โมเดล

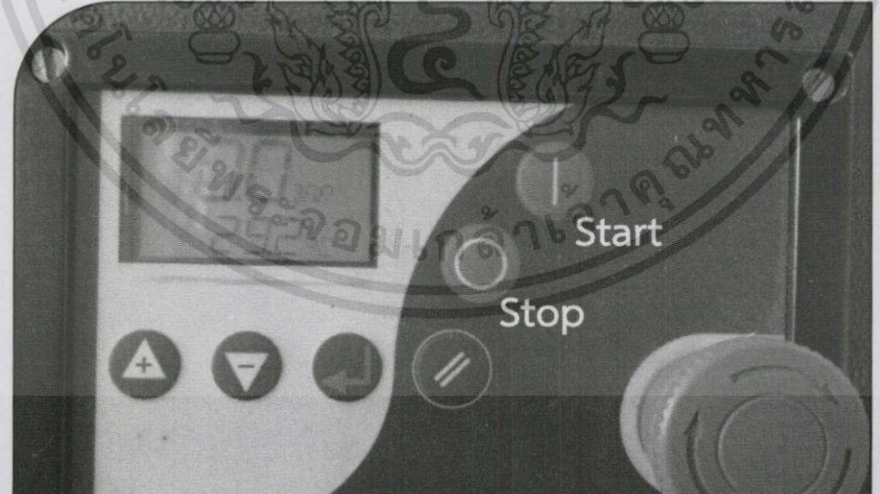
1) เปิดการทำงานเครื่องทำลมแห้ง



เปิดการการทำงานเครื่องอัดลม แล้วรออุณหภูมิถึงแถบสีเขียวเป็นการแสดงว่าเครื่องทำลมแห้งพร้อมทำงาน



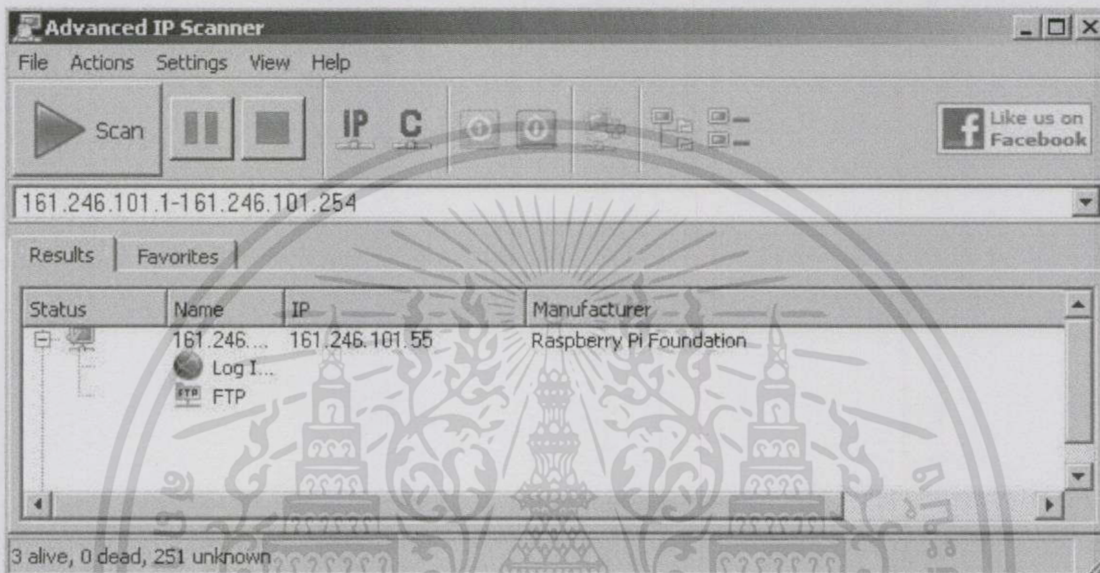
2) เปิดการทำงานเครื่องอัดลม



ตรวจสอบ Error ของเครื่องอัดลมหากไม่มี เปิดการทำงานเครื่องอัดลม

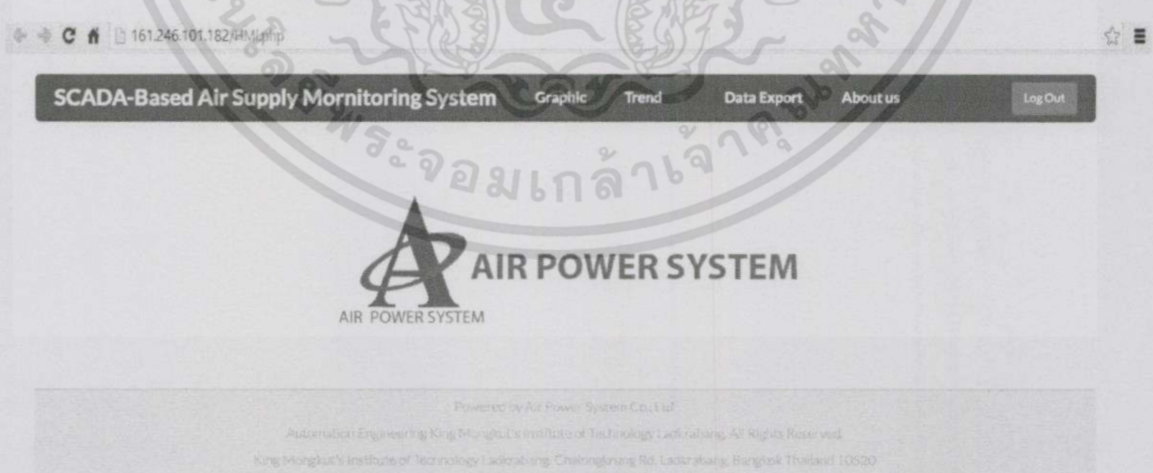
ก.4 การดูกราฟฟิกผ่านเว็บบราวเซอร์

1) หา IP-Address ของ Raspberry Pi

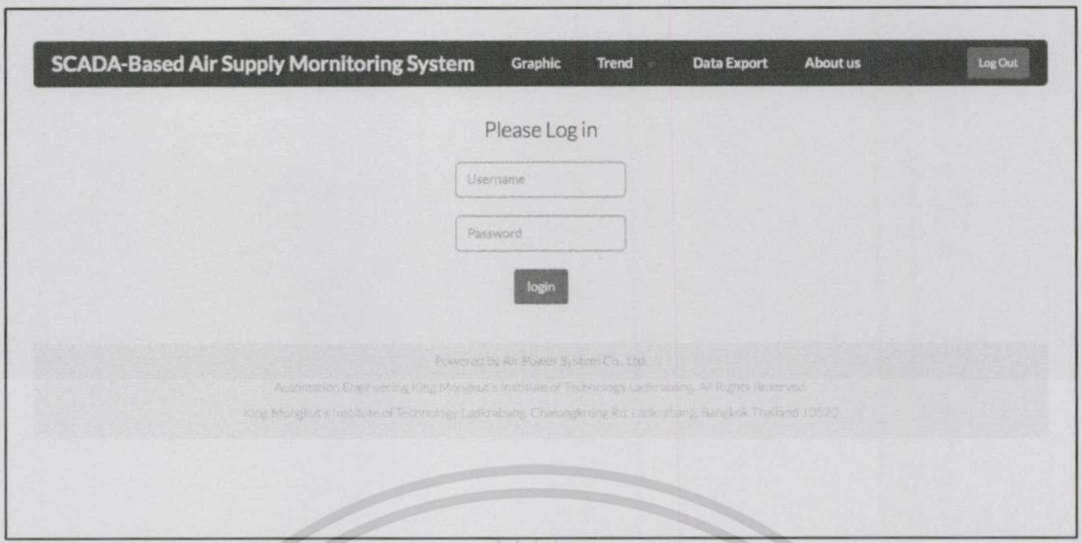


เข้าโปรแกรม Advanced IP Scanner เพื่อหา IP-Address ที่ Raspberry Pi ได้รับ หากไม่ได้ถูกกำหนด IP-Address ตายตัว

2) นำ IP-Address ไปเข้า Web Browser

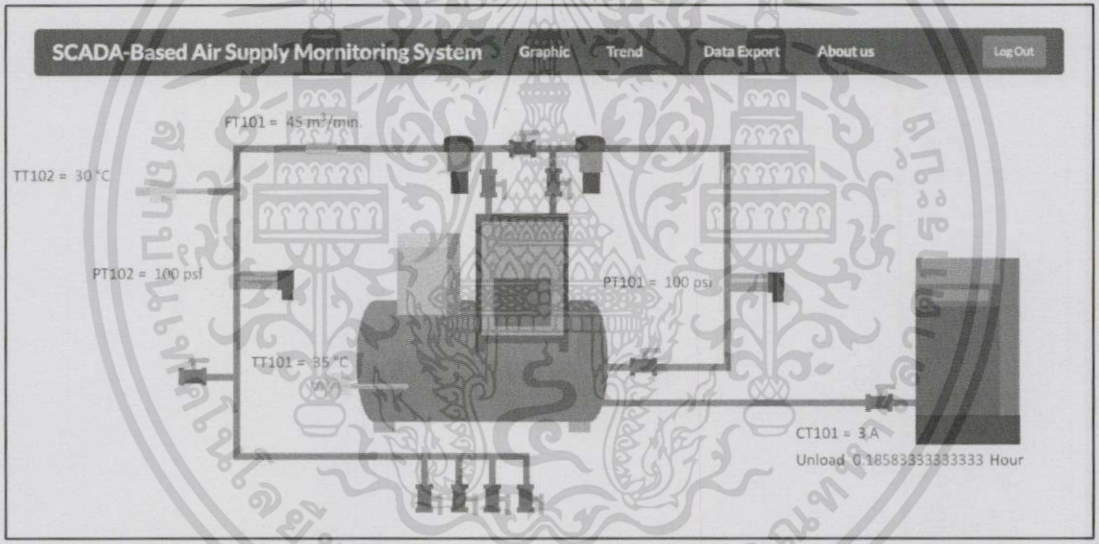


3) Log in



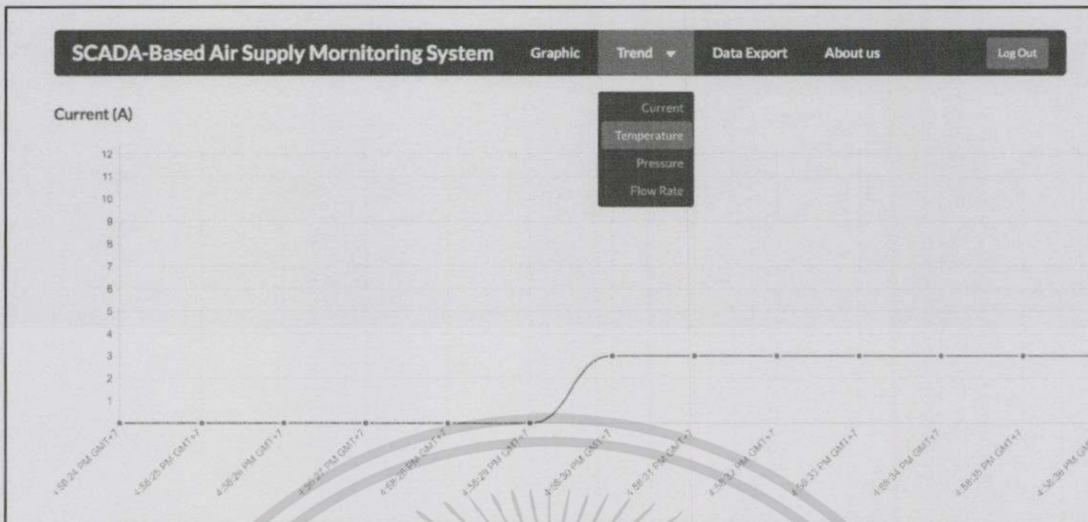
ต้องทำการ Log in เพื่อเป็นการตรวจสอบการเข้าถึงของข้อมูล

4) Graphic



หน้า Graphic แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการโดยรวม

5) Trend



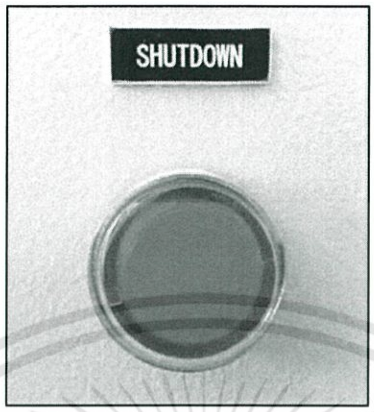
หน้า Trend แสดงค่า Trend ของพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ค่าความสัมพันธ์ความดัน ค่าอัตราการไหล

6) Export

หน้า Data Export ใช้นำข้อมูลออกมาใช้ในรูปแบบ Microsoft Excel

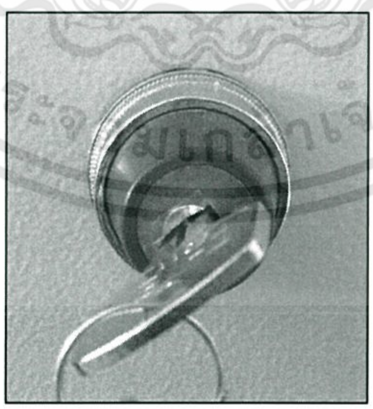
ก.5 การปิดการทำงานของระบบ

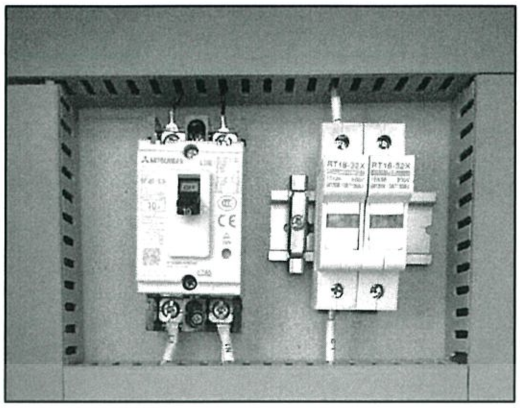
1) Shutdown



กดปุ่ม Shutdown เพื่อปิดระบบเก็บฐานข้อมูลและเว็บบราวเซอร์ แล้วรอจนกว่าไฟ Ready จะดับลง

2) ปิดสวิตซ์กุญแจ ปิดสวิตซ์เบรคเกอร์





ปิดสวิตซ์กุญแจแล้วสัญญาณไฟ POWER จะดับ จากนั้นปิดสวิตซ์เบรคเกอร์

3) ปิดเครื่องอัดลมและปิดเครื่องทำลมแห้ง

กดสวิตซ์ Stop แล้วรอเวลาเครื่องดับ

กดสวิตซ์เพื่อปิดการำงานของเครื่องทำลมแห้ง

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ในปริญญานิพนธ์

ข.1 ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 18FK20A

MICROCHIP

PIC18F2XK20/4XK20

28/40/44-Pin Flash Microcontrollers with nanoWatt XLP Technology

High-Performance RISC CPU:

- C Compiler Optimized Architecture:
  - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- Up to 1024 bytes Data EEPROM
- Up to 64 Kbytes Linear Program Memory Addressing
- Up to 3936 bytes Linear Data Memory Addressing
- Up to 16 MIPS Operation
- 16-bit Wide Instructions, 8-bit Wide Data Path
- Priority Levels for Interrupts
- 31-Level, Software Accessible Hardware Stack
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier

Extreme Low-Power Management with nanoWatt XLP:

- Sleep mode: < 100 nA @ 1.8V
- Watchdog Timer: < 800 nA @ 1.8V
- Timer1 Oscillator: < 800 nA @ 32 kHz and 1.8V

Analog Features:

- Analog-to-Digital Converter (ADC) module:
  - 10-bit resolution, 13 External Channels
  - Auto-acquisition capability
  - Conversion available during Sleep
  - 1.2V Fixed Voltage Reference (FVR) channel

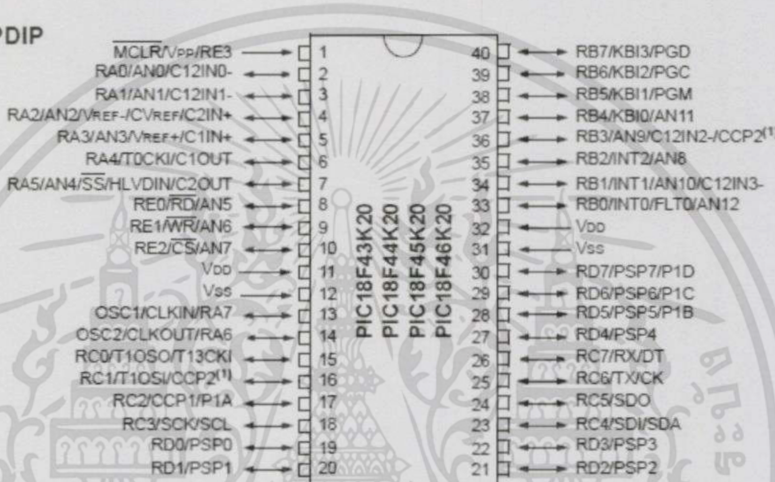
PIC18F2XK20/4XK20

Device	Program Memory		Data Memory		I/O[1]	10-bit A/D (ch)[2]	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I²C™			
PIC18F23K20	8K	4096	512	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F24K20	16K	8192	768	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F25K20	32K	16384	1536	256	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F26K20	64k	32768	3936	1024	25	11	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F43K20	8K	4096	512	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F44K20	16K	8192	768	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F45K20	32K	16384	1536	256	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F46K20	64k	32768	3936	1024	36	14	1/1	Y	Y	1	2	1/3

Note 1: One pin is input only.

2: Channel count includes internal fixed voltage reference channel.

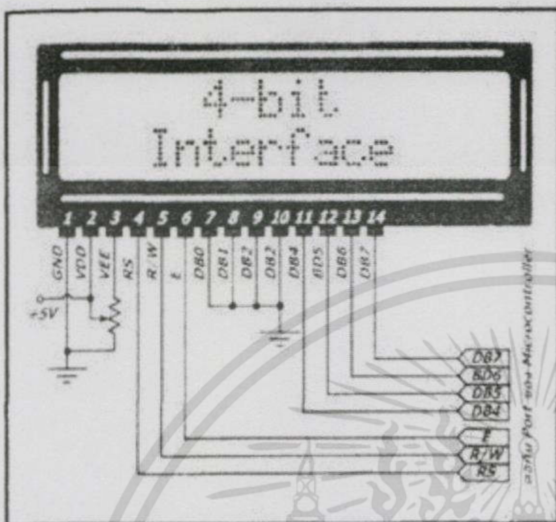
40-pin PDIP

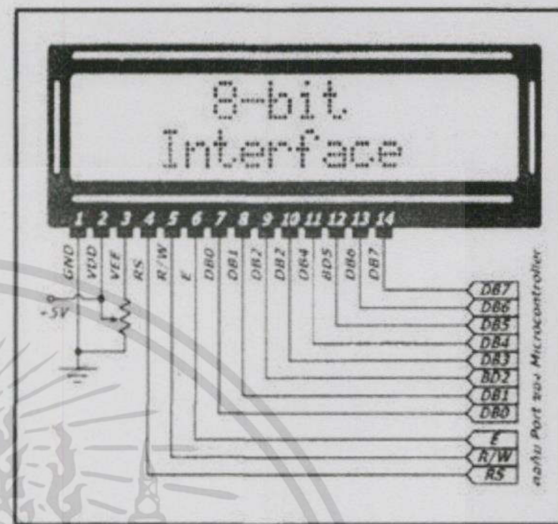


- **Enhanced Addressable USART:** This serial communication module is capable of standard RS-232 operation and provides support for the LIN bus protocol. Other enhancements include automatic baud rate detection and a 16-bit Baud Rate Generator for improved resolution. When the microcontroller is using the internal oscillator block, the USART provides stable operation for applications that talk to the outside world without using an external crystal (or its accompanying power requirement).
- **10-bit A/D Converter:** This module incorporates programmable acquisition time, allowing for a channel to be selected and a conversion to be initiated without waiting for a sampling period and thus, reduce code overhead.

ข.2 จอแสดงผล LCD 20x4

การต่อใช้งานจอ LCD





深圳秋田微电子有限公司
SHENZHEN AV-DISPLAY CO.,LTD.

深圳秋田微电子有限公司
地址：深圳市龙岗区横岗镇荷坳金源工业区金源路39号
电话:(086)0755-88860696 传真:(086)0755-26911092
网址：Http://www.av-display.com.cn

SHENZHEN AV-DISPLAY CO.,LTD
Address: No. 39, Jinyuan Road, He'ao Jinyuan industrial zone, Henggang Town, Long Gang district, Shenzhen, China
TEL: (086)0755-88860696 FAX: (086)0755-26911092
Http://www.av-display.com.cn

SPECIFICATION
FOR
LCM MODULE

MODULE NO.: ABC020004B21-BIW-R-01
DOC.REVISION 00

ข.3 DP sensors

Freescale Semiconductor
Data Sheet: Technical Data

MPX5700
Rev 10, 10/2012

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

MPX5700 Series

0 to 700 kPa (0 to 101.5 psi)
15 to 700 kPa (2.18 to 101.5 psi)
0.2 to 4.7 V Output

The MPX5700 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

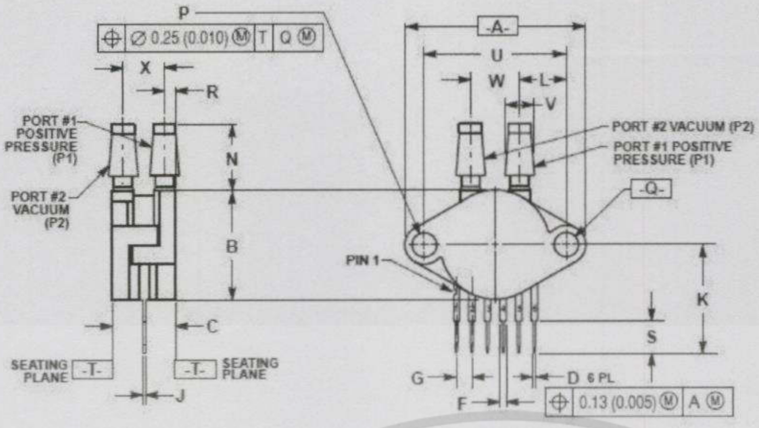
- 2.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configurations
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Durable Epoxy Unibody Element

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics (V_S = 5.0 Vdc, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2. Decoupling circuit shown in required to meet electrical specifications.)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range[1]	Gauge, Differential: MPX5700D Absolute: MPX5700A	P_{OP}	0 15	— —	700 700	kPa
Supply Voltage[2]		V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current		I_O	—	7.0	10	mAdc
Zero Pressure Offset[3]	Gauge, Differential (0 to 85°C) Absolute (0 to 85°C)	V_{off}	0.088 0.184	0.2 —	0.313 0.409	Vdc
Full Scale Output[4]	(0 to 85°C)	V_{FSO}	4.587	4.7	4.813	Vdc
Full Scale Span[5]	(0 to 85°C)	V_{FSS}	—	4.5	—	Vdc
Accuracy[6]	(0 to 85°C)	—	—	—	±2.5	$\%V_{FSS}$
Sensitivity		V/P	—	6.4	—	mV/kPa
Response Time[7]		t_R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output		I_{O+}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time[8]		—	—	20	—	ms

1. 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
2. Device is ratiometric within this specified excitation range.
3. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
4. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
5. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
6. Accuracy (error budget) consists of the following:
   Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
   Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
   Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
   TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
   TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
   Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS}, at 25°C.
7. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
8. Warm-up Time is defined as the time required for the device to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized.



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.145	1.175	29.08	29.85
B	0.686	0.715	17.40	18.16
C	0.405	0.435	10.29	11.05
D	0.027	0.033	0.68	0.84
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.014	0.016	0.36	0.41
K	0.695	0.725	17.65	18.42
L	0.290	0.300	7.37	7.62
N	0.420	0.440	10.67	11.18
P	0.153	0.159	3.89	4.04
Q	0.153	0.159	3.89	4.04
R	0.063	0.083	1.60	2.11
S	0.220	0.240	5.59	6.10
U	0.910 BSC		23.11 BSC	
V	0.182	0.194	4.62	4.93
W	0.310	0.330	7.87	8.38
X	0.248	0.278	6.30	7.06

STYLE 1:
PIN 1. V_{OUT}
2. GROUND
3. V_{CC}
4. V1
5. V2
6. V_{EX}

CASE 867C-05
ISSUE F
PRESSURE AND VACUUM SIDES PORTED (DP)

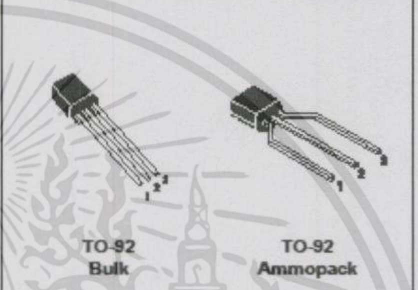
ข.4 Transistor 2N3904

2N3904

SMALL SIGNAL NPN TRANSISTOR

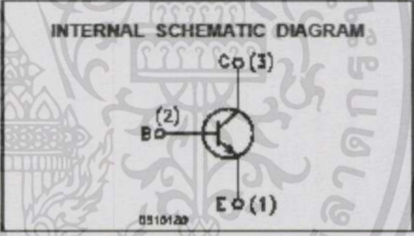
PRELIMINARY DATA

Ordering Code	Marking	Package / Shipment
2N3904	2N3904	TO-92 / Bulk
2N3904-AP	2N3904	TO-92 / Ammopack



- SILICON EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR
- TO-92 PACKAGE SUITABLE FOR THROUGH-HOLE PCB ASSEMBLY
- THE PNP COMPLEMENTARY TYPE IS 2N3906

APPLICATIONS
- WELL SUITABLE FOR TV AND HOME APPLIANCE EQUIPMENT
- SMALL LOAD SWITCH TRANSISTOR WITH HIGH GAIN AND LOW SATURATION VOLTAGE

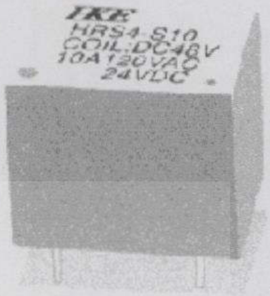


ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	60	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	6	V
I_C	Collector Current	200	mA
P_{tot}	Total Dissipation at T_C = 25 °C	625	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

ข.5 Relay

HRS4(H) Relay



HRS4(H) Relay

1.COIL DATA

1-1.Nominal Voltage	3 VDC to 48 VDC
1-2.Coil Resistance	Refer to Table 1
1-3.Operate Voltage	Refer to Table 1
1-4.Release Voltage	Refer to Table 1
1-5.Nominal Power Consumption	360 to 450 mW

2.CONTACT DATA

2-1.Contact Arrangement		1 Form A , 1 Form C
2-2.Contact Material		AgCdo
2-3.Contact Rating		10A 120VAC / 24 VDC (1C) 15A 120VAC / 24 VDC (1A)
2-4.Max. Switching Voltage		110 VDC / 240 VAC
2-5.Max. Switching Current		15A
2-6.Max. Switching Power		1800 VA , 360W
2-7.Contact Resistance (Initial)		50 m;. at 6 VDC 1A
2-8.Life Expectancy	Electrical	100,000 operations at nominal load
	Mechanical	10,000,000 operations

3.GENERAL DATA

3-1.Insulation Resistance	Min.100M; at 500 VDC
3-2.Dielectric Strength	750VAC , 1min between open contacts 1,500VAC , 1min between contacts and coil
3-3.Operate Time	Max. 8ms
3-4.Release Time	Max. 5ms
3-5.Temperature Range	-30 to +85 ;æ
3-6.Shock Resistance	10G
3-7.Vibration Resistance	10 - 55 Hz , Amplitude 1.5mm
3-8.Weight	10 gr.
3-9.Safety Standard	UL NO. E164730

4.DIMENSIONS (in mm)

ii

5.ORDERING CODE

HRS4	H-	S	DC 3V	A	ii
					CONTACT ARRANGEMENT A: 1 FORM A C: 1 FORM C
					NOMINAL VOLTAGE: DC3V , DC5V , DC6V , DC12V , DC24V , DC48V

ข.6 Regulator LM7812 LM7805

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR®

April 1999
Revised December 2005

LM7805 • LM7806 • LM7808 • LM7809 • LM7810 • LM7812 • LM7815 • LM7818 • LM7824 • LM7805A • LM7806A • LM7808A •LM7809A • LM7810A • LM7812A • LM7815A • LM7818A • LM7824A

3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

General Description

The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Ordering Code:

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
LM7805CT	±4%	TO-220	-40°C - +125°C
LM7806CT			
LM7808CT			
LM7809CT			
LM7810CT			
LM7812CT			
LM7815CT			
LM7818CT			
LM7824CT			
LM7805ACT	±2%		0°C - +125°C
LM7806ACT			
LM7808ACT			
LM7809ACT			
LM7810ACT			
LM7812ACT			
LM7815ACT			
LM7818ACT			
LM7824ACT			

LM7805 • LM7806 • LM7808 • LM7809 • LM7810 • LM7812 • LM7815 • LM7818 • LM7824 • LM7805A • LM7806A • LM7808A •LM7809A • LM7810A • LM7812A • LM7815A • LM7818A • LM7824A 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

 DS400018 www.fairchildsemi.com

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for V_O = 5V to 18V)	V_I	35	V
(for V_O = 24V)	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	°C/W
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	°C/W
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	°C
LM78xx		40 ~ +125	°C
LM78xxA		0 ~ +125	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	65 ~ +150	°C

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

Electrical Characteristics (LM7805)

(Refer to the test circuits. 40°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 10V, C_I = 0.1μF, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions		Min	Typ	Max	Unit
Output Voltage	V_O	T_J = +25°C		4.8	5.0	5.2	V
		5mA ≤ I_O ≤ 1A, P_O ≤ 15W, V_I = 7V to 20V		4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note 2)	Regline	T_J = +25°C	V_O = 7V to 25V	–	4.0	100	mV
			V_I = 8V to 12V	–	1.6	50.0	
Load Regulation	Regload	T_J = +25°C	I_O = 5mA to 1.5mA	–	9.0	100	mV
			I_O = 250mA to 750mA	–	4.0	50.0	
Quiescent Current	I_Q	T_J = +25°C		–	5.0	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	I_O = 5mA to 1A		–	0.03	0.5	mA
		V_I = 7V to 25V		–	0.3	1.3	
Output Voltage Drift (Note 3)	$\Delta V_O/\Delta T$	I_O = 5mA		–	-0.8	–	mV/°C
Output Noise Voltage	V_N	f = 10Hz to 100KHz, T_A = +25°C		–	42.0	–	μV/V_O
Ripple Rejection (Note 3)	RR	f = 120Hz, V_O = 8V to 18V		62.0	73.0	–	dB
Dropout Voltage	V_{DROP}	I_O = 1A, T_J = +25°C		–	2.0	–	V
Output Resistance (Note 3)	rO	f = 1KHz		–	15.0	–	mΩ
Short Circuit Current	I_{SC}	V_I = 35V, T_A = +25°C		–	230	–	mA
Peak Current (Note 3)	I_{PK}	T_J = +25°C		–	2.2	–	A

Note 2: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 3: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

ข.7 Regulator LM7912

National Semiconductor

November 1994

LM79XX Series 3-Terminal Negative Regulators

General Description

The LM79XX series of 3-terminal regulators is available with fixed output voltages of −5V, −8V, −12V, and −15V. These devices need only one external component—a compensation capacitor at the output. The LM79XX series is packaged in the TO-220 power package and is capable of supplying 1.5A of output current.

These regulators employ internal current limiting safe area protection and thermal shutdown for protection against virtually all overload conditions.

Low ground pin current of the LM79XX series allows output voltage to be easily boosted above the preset value with a resistor divider. The low quiescent current drain of these devices with a specified maximum change with line and load ensures good regulation in the voltage boosted mode.

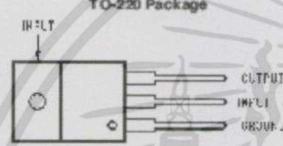
For applications requiring other voltages, see LM137 data sheet.

Features

- Thermal, short circuit and safe area protection
- High ripple rejection
- 1.5A output current
- 4% tolerance on preset output voltage

Connection Diagrams

TO-220 Package



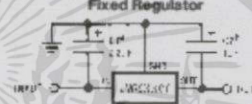
TL/H/7340-14

Front View

Order Number LM7905CT, LM7912CT or LM7915CT
See NS Package Number TO3B

Typical Applications

Fixed Regulator



TL/H/7340-8

*Required if regulator is separated from filter capacitor by more than 3". For value given, capacitor must be solid tantalum. 25 μF aluminum electrolytic may be substituted.

†Required for stability. For value given, capacitor must be solid tantalum. 25 μF aluminum electrolytic may be substituted. Values given may be increased without limit.

For output capacitance in excess of 100 μF, a high current diode from input to output (1N4001, etc.) will protect the regulator from momentary input shorts.

LM79XX Series 3-Terminal Negative Regulators

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

ข.8 Regulator KIA278

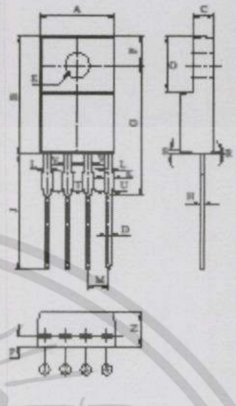
KEC SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

KIA278R25PI~KIA278R37PI

BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

4 TERMINAL 2A OUTPUT LOW DROP VOLTAGE REGULATOR

The KIA278R× × Series are Low Drop Voltage Regulator suitable for various electronic equipments. It provides constant voltage power source with TO-220 4 terminal lead full molded PKG.
The Regulator has multi function such as over current protection, overheat protection and ON/OFF control.



DIM	MILLIMETERS
A	10.00±0.20
B	15.00±0.20
C	2.70±0.20
D	0.60±0.10
E	Φ3.20±0.20
F	3.50±0.10
G	15.70±0.20
H	0.40±0.10
J	14.3+0.2/-0.1
K	1.45±0.10
L	1.00±0.10
M	2.54
N	4.50±0.20
O	7.5±0.1
P	1.50±0.10
R	5°
S	8°
T	1.30±0.1
U	3-1.00±0.1
V	1.30±0.1

① DC INPUT (V_{IN})
② DC OUTPUT (V_O)
③ GND
④ ON/OFF CONTROL

TO-220IS-4

FEATURES

- 2.0A Output Low Drop Voltage Regulator.
- Built in ON/OFF Control Terminal.
- Built in Over Current Protection, Over Heat Protection Function.

LINE UP

ITEM	OUTPUT VOLTAGE (Typ.)	UNIT
* KIA278R25PI	2.5	V
* KIA278R30PI	3.0	
KIA278R33PI	3.3	
* KIA278R35PI	3.5	
* KIA278R37PI	3.7	

* Note) * : Under Development

MAXIMUM RATINGS (Ta=25℃)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT	Remark
Input Voltage	V_{IN}	15	V	-
ON/OFF Control Voltage	V_C	15	V	-
Output Current	I_O	2	A	-
Power Dissipation 1	P_{d1}	1.5	W	No heatsink
Power Dissipation 2	P_{d2}	15	W	with heatsink
Junction Temperature	T_j	125	℃	-
Operating Temperature	T_{opr}	-20 ~ 80	℃	-
Storage Temperature	T_{stg}	-30 ~ 125	℃	-
Soldering Temperature (10sec)	T_{sol}	260	℃	-

KIA278R25PI~KIA278R37PI

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25℃)

(Unless otherwise specified, I_O=1.0A, Ta=25℃, Note1.)

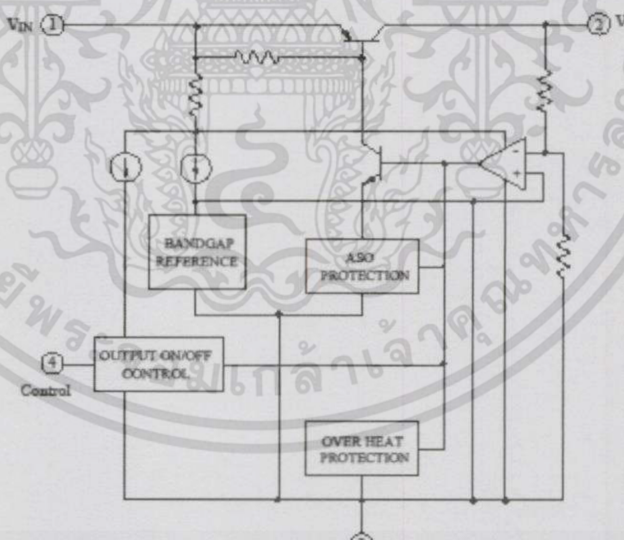
CHARACTERISTIC		SYMBOL	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	KIA278R25	V_O	-	2.438	2.50	2.562	V
	KIA278R30		-	2.925	3.00	3.075	
	KIA278R33		-	3.220	3.30	3.380	
	KIA278R35		-	3.413	3.50	3.587	
	KIA278R37		-	3.608	3.70	3.792	
Load Regulation		Reg Load	I_O=5mA ~ 2A	-	0.1	2.0	%
Line Regulation		Reg Line	(Note 2)	-	0.5	2.5	%
Temperature Coefficient of Output Voltage		T_CV_O	Tj=0 ~ 125℃	-	±0.02	±0.05	%/℃
Ripple Rejection		R · R	-	45	55	-	dB
Drop Out Voltage		V_D	I_O=2A	-	-	0.5	V
Output ON state for control Voltage		$V_{C(ON)}$	-	2.0	-	-	V
Output ON state for control Current		$I_{C(ON)}$	V_C=2.7V	-	-	20	μA
Output OFF state for control Voltage		$V_{C(OFF)}$	-	-	-	0.8	V
Output OFF state for control Current		$I_{C(OFF)}$	V_C=0.4V	-	-	-0.4	mA
Quiescent Current		I_Q	I_O=0	-	-	103	mA

Note1) V_{IN} of KIA278R25=4.2V
" KIA278R30=4.7V
" KIA278R33=5.0V
" KIA278R35=5.2V
" KIA278R37=5.4V

Note2) V_{IN} of KIA278R25=3.2 ~ 10V
" KIA278R30=3.7 ~ 10V
" KIA278R33=4.0 ~ 10V
" KIA278R35=4.2 ~ 10V
" KIA278R37=4.4 ~ 10V

Note3) At V_{IN}=0.95V_O

BLOCK DIAGRAM



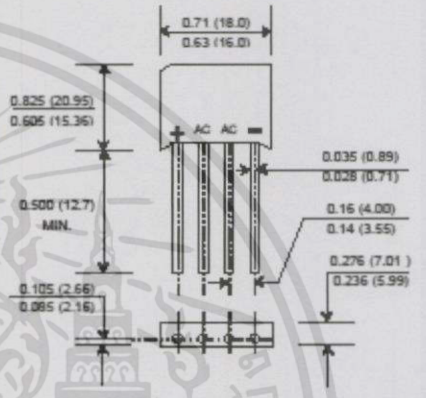
ข.9 Bridge Rectifier

KBP200 - KBP210

SILICON BRIDGE RECTIFIERS

PRV : 50 - 1000 Volts
Io : 2.0 Amperes

KBP



Dimensions in inches and (millimeter)

FEATURES :

* High case dielectric strength
* High surge current capability
* High reliability
* Low reverse current
* Low forward voltage drop
* Ideal for printed circuit board

MECHANICAL DATA :

* Case : Molded plastic
* Epoxy : UL94V-O rate flame retardant
* Terminals : Plated lead solderable per MIL-STD-202, Method 208 guaranteed
* Polarity : Polarity symbols marked on case
* Mounting position : Any
* Weight : 3.4 grams

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

RATING	SYMBOL	KBP 200	KBP 201	KBP 202	KBP 204	KBP 206	KBP 208	KBP 210	UNIT
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum Average Forward Current Tc = 50°C	$I_{F(AV)}$	2.0							Amps.
Peak Forward Surge Current, Single half sine wave Superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	60							Amps.
Rating for fusing (t < 8.3 ms.)	I^2t	10							A^2S
Maximum Forward Voltage per Diode at I_F = 1.0 Amp.	V_F	1.0							Volts
Maximum DC Reverse Current Ta = 25 °C	I_R	10							µA
at Rated DC Blocking Voltage Ta = 100 °C	$I_{R(H)}$	1.0							mA
Typical Junction Capacitance per Diode (Note 1)	C_J	24							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2)	$R_{\theta JA}$	30							°C/W
Operating Junction Temperature Range	T_J	- 50 to + 125							°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	- 50 to + 125							°C

Notes :

1) Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0 Volts.

2) Thermal resistance from Junction to Ambient with units mounted on a 0.47" X 0.47" (12mm X 12mm) Cu. Pads.

UPDATE : MARCH 6, 2000

ข.10 LM358N

LM158, LM258, LM358

Low-power dual operational amplifiers

Datasheet - production data

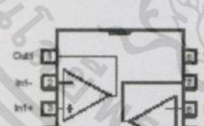
DIP8
(Plastic package)

SO8 and MiniSO8
(Plastic micropackage)

DFN8 2 x 2 mm
(Plastic micropackage)

TSSOP8
(Thin shrink small outline package)

Pin connections
(Top view)



Features

- Internally frequency-compensated
- Large DC voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1.1 MHz (temperature compensated)
- Very low supply current per operator essentially independent of supply voltage
- Low input bias current: 20 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage: 2 mV
- Low input offset current: 2 nA
- Input common-mode voltage range includes negative rails
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0 V to (V_{CC}^+ -1.5 V)

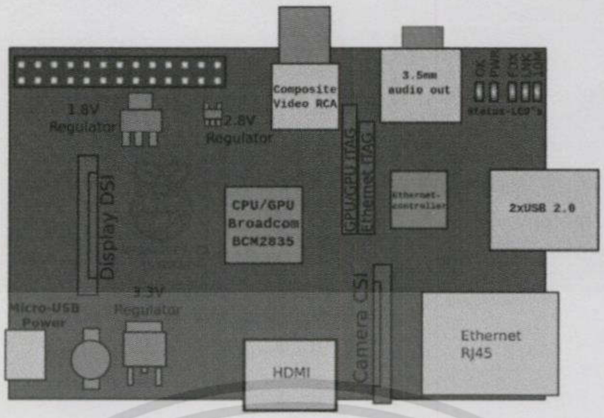
Description

These circuits consist of two independent, high-gain, internally frequency-compensated op-amps, specifically designed to operate from a single power supply over a wide range of voltages. The low-power supply drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op-amp circuits, which can now be more easily implemented in single power supply systems. For example, these circuits can be directly supplied with the standard +5 V, which is used in logic systems and will easily provide the required interface electronics with no additional power supply.

In linear mode, the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.

ข.11 บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดบัตรเครดิต รุ่น Raspberry Pi



Name	Description
SoC:	Broadcom BCM2835 (CPU, GPU, DSP, SDRAM, and single USB port)
CPU:	700 MHz ARM1176JZF-S core (ARM11 family, ARMv6 instruction set)
GPU:	Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS) MPEG-2 and VC-1, 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decoder and encoder
Memory	512 MB (shared with GPU)
USB 2.0 ports:	2 (via the built in integrated 3-port USB hub)
Video input:	A CSI input connector allows for the connection of a RPF designed camera module
Video outputs:	Composite RCA (PAL and NTSC), HDMI (rev 1.3 & 1.4), raw LCD Panels via DSI 14 HDMI resolutions from 640×350 to 1920×1200 plus various PAL and NTSC standards.
Audio outputs:	3.5 mm jack, HDMI, and, as of revision 2 boards, I²Saudio (also potentially for audio input)
Storage:	SD / MMC / SDIO card slot (3.3V card power support only)
Onboard network:	10/100 Mbps Ethernet (8P8C) USB adapter on the third port of the USB hub
Low-level peripherals:	8 × GPIO, UART, I²C bus, SPI bus with two chip selects, I²S audio +3.3 V, +5 V, ground
Power ratings:	700 mA (3.5 W)
Power source:	5 volt via MicroUSB or GPIO header
Operating systems:	Arch Linux ARM, Debian GNU/Linux, Gentoo, Fedora,FreeBSD, NetBSD, Plan 9, Raspbian OS, RISC OS, Slackware Linux