PROGRAMMABLE INDICATOR

ตัวแสดงผลแบบโปรแกรมได้

โดย

นาย ประภาพงษ์ ราชบัณฑิตย์

นาย ศักรินทร์ แสงกฤติยากร

นาย ศรายุทธ รุ่งอ่วม

เลขเรียกหนังสือ ปพ ปรภา ม5ม

C20595

เลขทะเบียน

วัน เดือน ปี 12 ตค มย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C20595

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง PROGRAMMABLE INDICATOR (ตัวแสดงผลแบบโปรแกรมได้)

ผู้จัดทำ

1. นายประภาพงษ์ ราชบัณฑิตย์ เลขประจำตัว 39013390
2. นายศักรินทร์ แสงกฤติยากร เลขประจำตัว 39013392
3. นายศรายุทธ รุ่งอ่วม เลขประจำตัว 39013399

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.กิตติ ตีรเศรษฐ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ตัวแสดงผลแบบโปรแกรมได้

นักศึกษา	1. นาย ประภาพงษ์	ราชบัณฑิตย์	39013390
	2. นาย ศักรินทร์	แสงกฤติยากร	39013392
	3. นาย ศรายุทธ	รุ่งอ่วม	39013399

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. กิตติ ตีรเศรษฐ
อาจารย์ ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์

ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

Programmable Indicator เป็นตัวแสดงผลที่สามารถเปลี่ยนแปลงย่านการแสดงผลหรือย่านการวัด (Measuring Range) ของอุปกรณ์ Sensor โดยการโปรแกรมจาก Dot key ซึ่งจะแสดงผลเป็นค่าตัวเลขที่แท้จริงได้จากการรับ Input Signal 4-20 mA มาจาก Transmitter ผ่านวงจร Amplifier เป็นสัญญาณ 0-5 Vdc จากนั้นจะผ่านวงจรการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล (Analog to Digital Converter) 8 bit (00H-FFH) แล้วเข้าสู่ส่วนที่เป็น Calculator Unit โดยใช้ค่าสัญญาณนี้ไปทำการคำนวณเปรียบเทียบกับย่านการวัด (Measuring Range) เพื่อแสดงผลเป็นค่าที่แท้จริงบนจอ LCD ต่อไป

ในส่วนของโครงงาน Programmable Indicator นี้นอกจากจะแสดงผลที่เป็นตัวเลขผ่านทางจอ LCD แล้ว ยังมีอีกส่วนหนึ่งที่แสดงผลในลักษณะการแสดงผลออกมาผ่านทาง LED หรือที่เรียกว่า Bar graph display ซึ่งการแสดงผลแบบนี้จะสะดวกในการมองระยะไกลๆ รวมทั้งยังมีส่วนที่เป็นระบบสัญญาณเตือนภัย (Alarm)ซึ่งจะแสดงผลในลักษณะของหลอดไฟ LED โดยสามารถโปรแกรมได้เช่นเดียวกับการโปรแกรมย่านการวัดซึ่งจะเห็นได้ว่าส่วนประกอบทั้งหมดของโครงงานนี้จะสะดวกและเป็นประโยชน์อย่างมากในการใช้งานจริงกับระบบการวัดและควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis : Programmable Indicator

Student : Prapapong Ratchbundit 39013390

Sakarin Sangkittiyakorn 39013392

Sarayuth Roong-uam 39013399

Advisor Kitti Teerasate

Prasit Junrasareewong

Education Level : Bachelor of industrial instrument engineering

Education Year : 1998

Abstract

A Programmable Indicator can show the changing results or measurements (Measuring range) of a sensor. A program from Dot Key is used, which will show a result as a true value obtained from an Input signal of 4-20mA, coming from a transmitter, and passing through an amplifier to create a signal of 0-5Vdc. From there it passes an amplifier which changes the analogue signal to be a digital signal (analog to digital converter) 8 bit (00H-FFH). Next it enters the Calculator unit, which is used to compare the value of this signal with the measuring range, and to continuously show a result, which is a true value, on an LCD screen.

In the Programmable Indicator project, in addition to displaying results on an LCD screen, another method of display has also been employed, namely the use of an LED system to display the results in the form of a bar graph. This is a particularly convenient for viewing from a distance. Furthermore, an alarm system has been combined with the system for displaying results through the LED light system,and this can be programmed in the same way as with the measuring system. It can beseen that the accomplishments of this project are convenient and very useful for measurement and control in industrial factories.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

ABSTRACT

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.2 โครงสร้างการทำงานของโครงงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 5

2.1 วงจร Amplifier 5

2.2 วงจรการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล 6

2.2.1 หลักการทำงานของวงจร 6

2.2.2 ความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาท์พุทของวงจร 6

2.2.3 ขนาดของสัญญาณอินพุทของวงจร 7

2.3 วงจรแสดงค่าระดับแรงดันโดยใช้ไอซี LM3914 (dot/bar driver) 8

2.4 การใช้งาน LCD module 12

2.4.1 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 14

2.4.2 ชุดควบคุมคำสั่งและแสดงข้อความ 15

2.4.3 ความเข้าใจพื้นฐานการใช้งาน LCD module 16

2.4.4 รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง 17

2.4.5 การอ่านข้อมูลและการเขียนข้อมูลกับ DDRAM/CGRAM 20

2.5 การใช้งาน DS5000 Soft Microcontroller 20

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป 21

2.5.2 การโหลดโปรแกรม 24

บทที่ 3 การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม 26

3.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัด 27

3.2 สาเหตุของการสอบเทียบเครื่องมือวัด 28

3.3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัด 29

3.4 ระยะเวลาที่ควรจะทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด 30

3.5 การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 31

3.6 การสอบเทียบเครื่องมือวัดความดัน 33

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
บทที่ 5 สรุปผลและบทวิจารณ์	44
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	แสดงกระบวนการของระบบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม	1
รูปที่ 2	Block Diagram แสดงโครงสร้างการทำงานของโครงงาน	2
รูปที่ 3	Block Diagram แสดงส่วนที่แสดงผลออกทาง LCD module	2
รูปที่ 4	แสดง Square Root Curve ของการวัดอัตราการไหล	4
รูปที่ 5	แสดง Block Diagram ของ Bar Graph Display	4
รูปที่ 6	แสดงวงจรการเปลี่ยนสัญญาณ 4-20 มิลลิแอมป์ ไปเป็นแรงดัน 0-5 โวลท์ ดีซี	5
รูปที่ 7	วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณทางดิจิตอล	7
รูปที่ 8	แสดงส่วนประกอบภายในของ LM 3914 และการต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	9
รูปที่ 9	แสดงการต่อไอซีเบอร์ LM3914 เพื่อแสดงค่าระดับแรงดัน 10 ระดับ	10
รูปที่ 10	แสดงการต่อไอซี LM3914 เพื่อแสดงค่าระดับแรงดัน40ระดับโดยใช้ ไอซี 4ตัว	11
รูปที่ 11	แสดงการต่อแบบ Memory map	14
รูปที่ 12	แสดงการต่อแบบ I/O port	15
รูปที่ 13	แสดงขาต่างๆของ DS5000	21
รูปที่ 14	แสดง Program Loading Configulations	23
รูปที่ 15	แสดงวงจรสมบูรณ์ของ DS5000 Serial	24
รูปที่ 16	Flow Chart Diagram แสดงขั้นตอนการทำงาน	34
รูปที่ 17	แสดงส่วนที่เป็นหน้าจอของโครงงาน Programmable Indicator	35
รูปที่ 18	แสดงอุปกรณ์ต่อร่วมในวงจรการทดลอง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงขาสัญญาณของ LCD module	13
ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดของชุดคำสั่ง	16
ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดของขาต่างๆ (*Denote Condition Low)	22
ตารางที่ 4 Temperature Generators and Standards	32
ตารางที่ 5 แสดงผลการวัดความดันในย่านวัด 1 ถึง 7 บาร์	39
ตารางที่ 6 แสดงผลการวัดอุณหภูมิในย่านวัด -200 ถึง 0 องศาเซลเซียส	40
ตารางที่ 7 แสดงผลการวัดอุณหภูมิในย่านวัด -50 ถึง 550 องศาฟาเรนไฮต์	41
ตารางที่ 8 แสดงผลการวัดระดับในย่านวัด 500 ถึง 2500 mmH2O	42
ตารางที่ 9 แสดงผลการวัดอัตราการไหลในย่านวัด 0 ถึง 50 ลิตรต่อวินาที	43

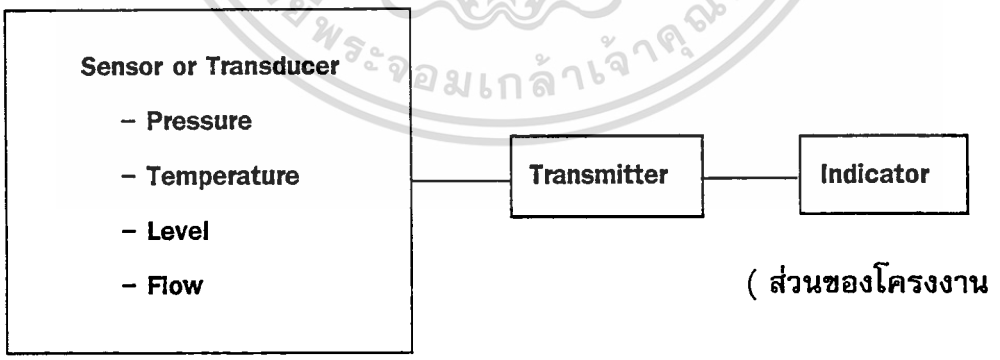
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในระบบการวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม เครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้กระบวนการควบคุมเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ สิ่งที่จะละเลยไปไม่ได้ นอกเหนือจากการตรวจวัด (Detector) และการส่งสัญญาณ (Transmitter) ของเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงแม่นยำแล้ว การแสดงผลที่มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดจะเป็นประโยชน์อย่างมากในกระบวนการควบคุมดังกล่าว เพื่อให้ระบบการทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ตามปกติตัวแสดงผล (Indicator) ที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะเป็นแบบสเกล ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากและมักมีปัญหาในการทำสเกลหรือการอ่านค่าที่ตัวแสดงผล (Indicator) ในปัจจุบันมีการพัฒนา Indicator ขึ้นมาเป็นการแสดงผลแบบตัวเลข เพื่อให้สอดคล้องและง่ายในการแก้ปัญหาดังกล่าว ถึงแม้ Indicator แบบตัวเลขจะสะดวกและง่ายต่อการใช้งานก็จริง แต่ก็ยังมีข้อเสีย คือ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสเกลที่ตัวแสดงผลได้ รวมทั้งยังมีราคาแพงอีกด้วย ดังนั้น จึงเป็นที่มาของแนวคิดโครงงานตัวแสดงผลแบบโปรแกรมได้ (Programmable Indicator) โดยถ้าโครงงานนี้ประสบผลสำเร็จจะสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในระบบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม



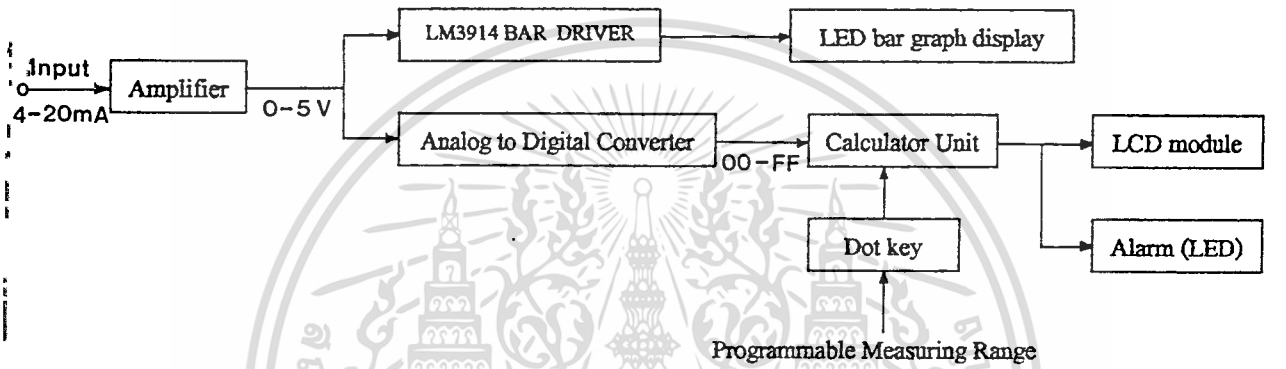
รูปที่ 1 แสดงกระบวนการของระบบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและพัฒนารูปแบบการแสดงผลในเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม
2. สามารถนำความรู้ที่ได้เคยศึกษามาทำการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้กับโครงงานนี้ได้
3. เนื่องจากโครงงานนี้จะสามารถแก้ปัญหาการแสดงผลแบบสเกล (Analog) อีกทั้งยังมีความหลากหลายและสะดวกในการใช้งานจริง

โครงสร้างการทำงานของโครงงาน Programmable Indicator

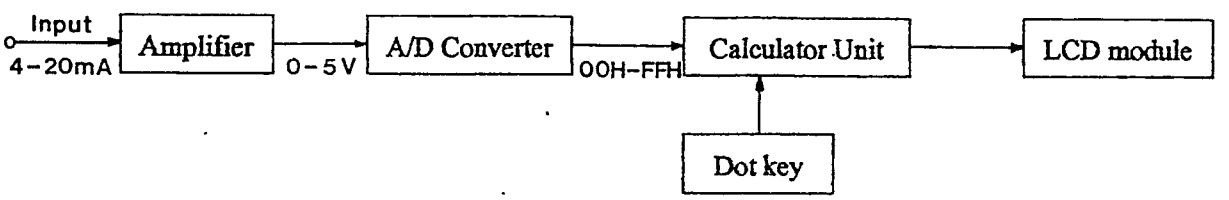


รูปที่ 2 Block Diagram แสดงโครงสร้างการทำงานของโครงงาน Programmable Indicator

การทำงานตาม Block Diagram นี้นั้นจะเริ่มต้นจากการรับสัญญาณอินพุท4-20 mA มาจาก Transmitter ผ่านวงจร Amplifier เพื่อแปลงเป็นระดับสัญญาณ 0-5 โวลท์ จากนั้นจะมีการรับสัญญาณในส่วนนี้ไปแสดงผลโดยการแสดงผลจะสามารถแสดงออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 Programmable LCD Display

การแสดงผลในส่วนนี้ซึ่งเป็นการแสดงผลการวัด Process ต่างๆ โดยแสดงเป็นค่าตัวเลขที่แท้จริง โดยสามารถทำการสอบเทียบได้ ดังนั้น สิ่งที่จะต้องรู้ คือ ย่านการวัด (Measuring Range) ของอุปกรณ์ Sensor เพื่อนำมาเป็นสเกลเปรียบเทียบกับสัญญาณที่วัดได้ (Output ของ Transmitter 4-20 mA) เพื่อใช้ในการแสดงผลเป็นค่าตัวเลขที่วัดได้ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 Block Diagram แสดงส่วนที่แสดงผลออกทาง LCD module

ในการเปลี่ยนแปลงย่านการแสดงผลหรือย่านการวัดนั้น จะสามารถทำได้โดยง่าย กล่าวคือเราสามารถโปรแกรมจาก Dot key ลงไปซึ่งขั้นตอนนี้จะอยู่ในส่วนของ Program menu โดยรายละเอียดนั้นสามารถดูได้จากขั้นตอนการทำงานของเมนูโปรแกรม (Program menu)

ในการรับค่าสัญญาณที่วัดได้จาก Transmitter เพื่อใช้ในการแสดงผล จะต้องแปลงสัญญาณนี้เป็นสัญญาณดิจิตอล (00H-FFH) เสียก่อน โดยผ่านวงจร Amplifier และวงจรแปลงสัญญาณอนาลือกเป็นสัญญาณทางดิจิตอล โดยมีลักษณะการทำงานตาม Block Diagram ในรูปที่ 3

สำหรับในกรณีที่เป็นการวัดอัตราการไหล โดยใช้ ดี/พี ทรานสมิตเตอร์ (Differential Pressure Transmitter) แบบสายสองเส้น เราจะเห็นว่าอัตราการไหลนั้นแปรผันตามสแควรูท (Square Root) ของแรงดันแตกต่าง ($F \propto \sqrt{\Delta P}$ ตามทฤษฎีของ Bernoulli นั่นเอง)สำหรับเครื่อง ดี/พี ทรานสมิตเตอร์นั้นจะเปลี่ยนสัญญาณแรงดันแตกต่าง เป็นสัญญาณกระแส (ΔP เป็น ΔI) และสัญญาณกระแสที่ได้นี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตัวเครื่องจ่ายกำลังอีกทีหนึ่ง (ΔI เป็น ΔP)

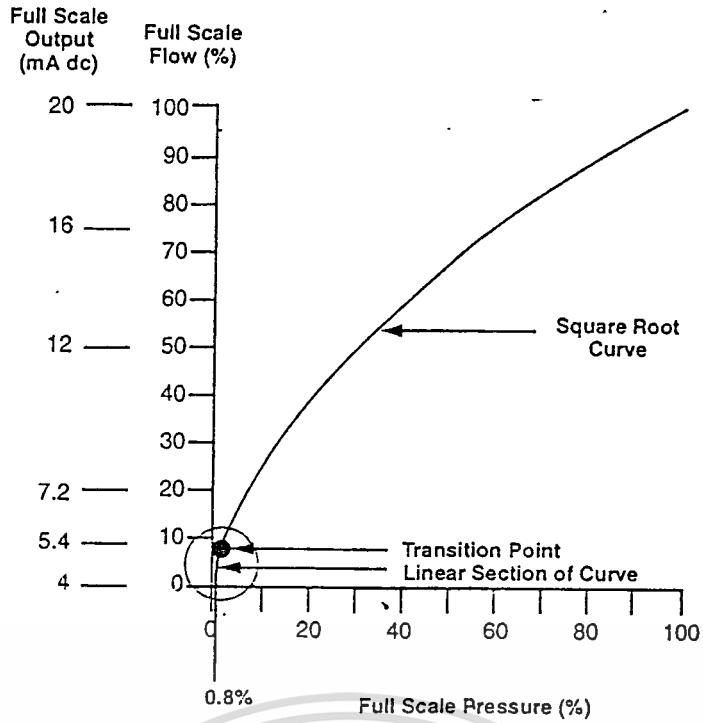
ดังนั้น สมการของอัตราการไหลสามารถเขียนได้เป็น

$$F \propto \sqrt{\Delta V_1}$$

ซึ่งสมการที่ได้นี้เป็นสมการที่ไม่ลิเนียรดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีส่วนของการถอด Square Root ของสัญญาณเสียก่อน เราจึงจะทราบค่าอัตราการไหลที่ถูกต้อง โดยในส่วนของการถอด Square Root นั้น มีความยุ่งยากและซับซ้อน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดขั้นตอนดังกล่าว เราจึงใช้ Software ในการปฏิบัติ โดยจะใช้วิธีการเปิด Table ซึ่งในการคำนวณ Square Root นั้น มีวิธีการดังนี้คือ

สัญญาณ input 0 % (4 mA)	=	$\sqrt{0} \times \sqrt{100}$	สัญญาณ output = 0 %
สัญญาณ input 25 % (8 mA)	=	$\sqrt{25} \times \sqrt{100}$	สัญญาณ output = 50 %
สัญญาณ input 50 % (12 mA)	=	$\sqrt{50} \times \sqrt{100}$	สัญญาณ output = 70.7 %
สัญญาณ input 75 % (16 mA)	=	$\sqrt{75} \times \sqrt{100}$	สัญญาณ output = 86.6 %
สัญญาณ input 100 % (20 mA)	=	$\sqrt{100} \times \sqrt{100}$	สัญญาณ output = 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดง Square Root Curve ของการวัดอัตราการไหล

ส่วนที่ 2 Bar Graph Display

Bar Graph Display เป็นลักษณะของ LED ที่แสดงค่าระดับตามสัญญาณ Input ที่เข้ามาจาก Transmitter ซึ่งในที่นี้จะใช้ LED จำนวน 41 หลอด โดยสัญญาณที่รับมาจาก Transmitter นั้น คือ 4-20 mA

สำหรับการแสดงผลนั้นจะแสดงออกทาง LED จำนวน 41 หลอด คือ หลอดที่ 1 ถึง หลอดที่ 41 ซึ่งจะเทียบเป็น 0% ถึง 100% ดังเช่น

รับ Input 4 mA จำนวนหลอด LED ที่ติดเท่ากับ 1 หลอด (0%)

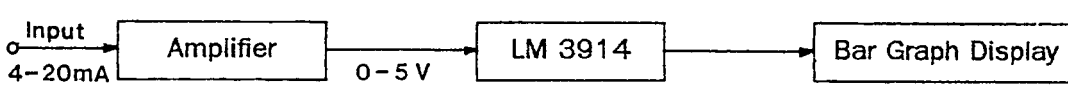
รับ Input 8 mA จำนวนหลอด LED ที่ติดเท่ากับ 11 หลอด (25%)

รับ Input 12 mA จำนวนหลอด LED ที่ติดเท่ากับ 21 หลอด (50%)

รับ Input 16 mA จำนวนหลอด LED ที่ติดเท่ากับ 31 หลอด (75%)

รับ Input 20 mA จำนวนหลอด LED ที่ติดเท่ากับ 41 หลอด (100%)

ในส่วนของการแสดงผลแบบนี้เราจะใช้ไอซี LM3914 เป็นตัวแบ่งระดับสัญญาณ โดยจะรับสัญญาณ 0-5 โวลท์ มาจากวงจร Amplifier ซึ่งเป็นวงจรแปลงระดับสัญญาณ 4-20 mA เป็นสัญญาณ 0-5 โวลท์



รูปที่ 5 แสดง Block Diagram ของ Bar Graph Display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

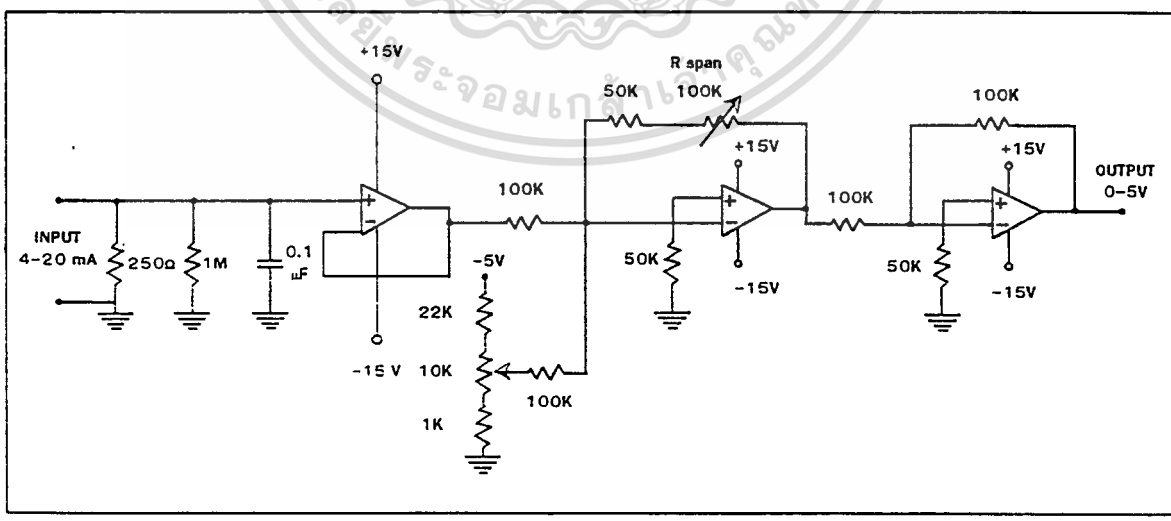
บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 วงจร Amplifier

วงจร Amplifier ในส่วนของโครงงานนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอินพุท 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ ที่รับมาจาก Transmitter ให้ได้ระดับสัญญาณแรงดัน 0 ถึง 5 โวลท์

จากรูปที่ 6 เป็นวงจรแสดงการเปลี่ยนสัญญาณ 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ ไปเป็นสัญญาณแรงดัน 0-5 โวลท์ ซึ่งรับสัญญาณ 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ ที่ส่งมาจาก Transmitter และเมื่อผ่านตัวต้านทานที่มีค่า 250 โอมห์ จะทำให้เกิดสัญญาณแรงดันเป็น 1 ถึง 5 โวลท์ โดยจะส่งผ่านสัญญาณแรงดันนี้ไปยังวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ที่มีอัตราการขยายเท่ากับ 1 ซึ่งจะได้สัญญาณแรงดันเอาท์พุทเป็น 1 ถึง 5 โวลท์ โดยสัญญาณแรงดันในส่วนนี้ จะนำไปป้อนเป็นสัญญาณแรงดันอินพุทของวงจรรวมสัญญาณ (Summing Amplifier) ซึ่งสัญญาณแรงดันอินพุทที่ป้อนไปยังวงจรรวมสัญญาณนี้จะมีด้วยกัน 2 ส่วน โดยสัญญาณแรงดันอีกส่วนหนึ่งที่ป้อนเป็นสัญญาณอินพุทนี้จะรับมาเท่ากับ -1 โวลท์ ซึ่งในส่วนของวงจรรวมสัญญาณส่วนนี้นั้นเราต้องการอัตราการขยายเท่ากับ -1.25 เพื่อที่จะทำให้ได้สัญญาณแรงดันที่ส่งออกเป็นสัญญาณแรงดันเอาท์พุทเท่ากับ 0 ถึง -5 โวลท์ โดยสัญญาณแรงดัน 0 ถึง-5 โวลท์นี้ จะส่งผ่านไปยังวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier) เพื่อที่จะได้รับสัญญาณแรงดันเอาท์พุทเป็น 0 ถึง 5 โวลท์ ตามต้องการ



รูปที่ 6 แสดงวงจรการเปลี่ยนสัญญาณ 4-20 มิลลิแอมป์ ไปเป็นแรงดัน 0-5 โวลท์ ดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล (Analog to Digital Convertor : ADC)

วงจร ADC ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ อนาล็อก (Analog) ให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล (Digital) ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ไอซี ADC0804 ซึ่งเป็น IC ที่มีขนาด 8 บิต โดยไอซี ADC ที่สามารถรับสัญญาณอินพุทแบบอนาล็อกได้โดยตรงสูงถึง +5V หรือหากต้องการให้รับค่าอินพุทได้สูงกว่า +5V แล้วก็สามารถทำได้โดยการเพิ่มวงจรขยายย่านวัดเข้าไปทางภาคหน้าของวงนี้ได้

2.2.1 หลักการทำงานของวงจร

ไอซี ADC จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล โดยใช้หลักการสุ่มรับสัญญาณอนาล็อกทางอินพุท (Sampling) แล้วนำขนาดของสัญญาณอนาล็อกนั้น มาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วจึงเปลี่ยนเป็นค่าข้อมูลแบบดิจิตอลซึ่งความเร็วในการสุ่มขนาดสัญญาณ (Sampling Rate) สามารถกำหนดได้จากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาของวงจร ซึ่งค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกานี้สามารถกำหนดได้โดยวงจร R_2 และ C_5 โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้คือ

$$F = 1 / (1.1\,RC)$$

เมื่อ F คือ ความถี่ของการสุ่มขนาดของสัญญาณของไอซี ADC
R คือ ค่าความต้านทานของ R2 ในวงจร
C คือ ค่าความจุของ C5 ในวงจร

2.2.2 ความสัมพันธ์ของอินพุทและเอาท์พุทของวงจร

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าไอซี ADC จะใช้การเปรียบเทียบขนาดของสัญญาณอินพุท กับแรงดันอ้างอิงของวงจรแล้วจึงเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบดิจิตอล ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้ คือ

- ถ้าค่าของขนาดสัญญาณอนาล็อกอินพุทเท่ากับขนาดของแรงดันอ้างอิงจะได้ข้อมูลมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของข้อมูลสูงสุด
- ถ้าค่าของขนาดสัญญาณอนาล็อกอินพุทมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันอ้างอิง จะได้ข้อมูลมีค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ขนาดของสัญญาณอินพุทของวงจร

ขนาดของสัญญาณอินพุทของวงจรถูกกำหนดโดยค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้คือ

1. แรงดันอ้างอิงของวงจร (Voltage Reference หรือ Vref / 2)

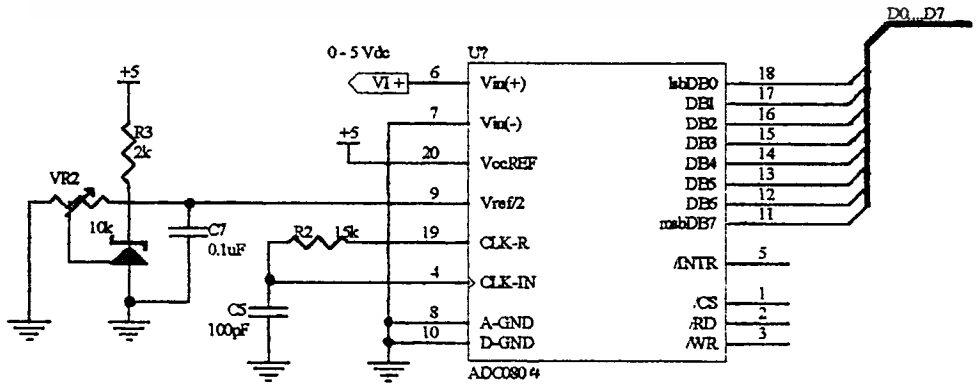
แรงดันอ้างอิงของวงจรนี้เป็นจุดอ้างอิงมาตรฐานของวงจร เป็นตัวกำหนดความเที่ยงตรงในการเปลี่ยนขนาดของสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล ซึ่งวงจรต้องการแรงดันอ้างอิง ที่มีความเที่ยงตรงสูง เพราะหากแรงดันอ้างอิงของวงจรไม่มีความเที่ยงตรงแน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงแล้ว การทำงานของวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงตามด้วย นั่นก็คือจะส่งผลให้ค่าของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลที่ได้ก็จะเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ตามไปด้วย ถึงแม้ว่าสัญญาณอินพุทจะมีขนาดคงที่ก็ตาม และแรงดันอ้างอิงของวงจรนี้ยังเป็นตัวกำหนดค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุท บวกของวงจร โดยค่าสัญญาณอินพุทบวกของวงจรจะถูกกำหนดให้มีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงโดยมีจุดเริ่มต้นที่สัญญาณอินพุทลบของวงจรเสมอ

2. สัญญาณอินพุทลบ (Voltage Input- หรือ VI-)

แรงดันอินพุทลบนี้ เป็นตัวกำหนดค่าอินพุทด้านต่ำของวงจร หรือจุดเริ่มต้นของการตรวจรับสัญญาณอินพุทของวงจรนั่นเอง โดยสัญญาณอินพุทลบนี้สามารถกำหนดได้ให้มีค่าไม่เกินแรงดันอ้างอิงสูงสุดของวงจร (2.50 V)

3. สัญญาณอินพุทบวก (Voltage Input+ หรือ VI+)

แรงดันอินพุทบวกนี้ ก็คือค่าแรงอันอินพุทของวงจรนั่นเอง ซึ่งต้องกำหนดให้มีขนาดสูงสุดไม่เกินกว่าค่าที่วงจร ADC รับได้ซึ่งต้องเป็นค่าแรงดันที่มีค่าอยู่ในช่วงบวกด้วย เนื่องจากไอซี ADC ไม่สามารถรับสัญญาณอินพุทที่มีค่าเป็นลบได้ สัญญาณอินพุทบวกนี้ จะมีค่าสูงสุดประมาณ 2 เท่าของแรงดันอ้างอิงโดยมีจุดเริ่มต้นที่สัญญาณอินพุทลบของวงจรและค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุทบวกนี้ต้องมีค่าต่ำกว่า +5.0 v ด้วยเสมอ



รูปที่ 7 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณทางดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ตัวอย่าง

เราใช้ไอซี ADC ขนาด 8 บิต (ADC0804)

ให้แรงดันอ้างอิงของวงจร (Vref / 2) มีค่าเป็น 2.50 V

ให้แรงดันอินพุทของวงจร (VI-) มีค่าเป็น 0.0 V จะได้ว่า

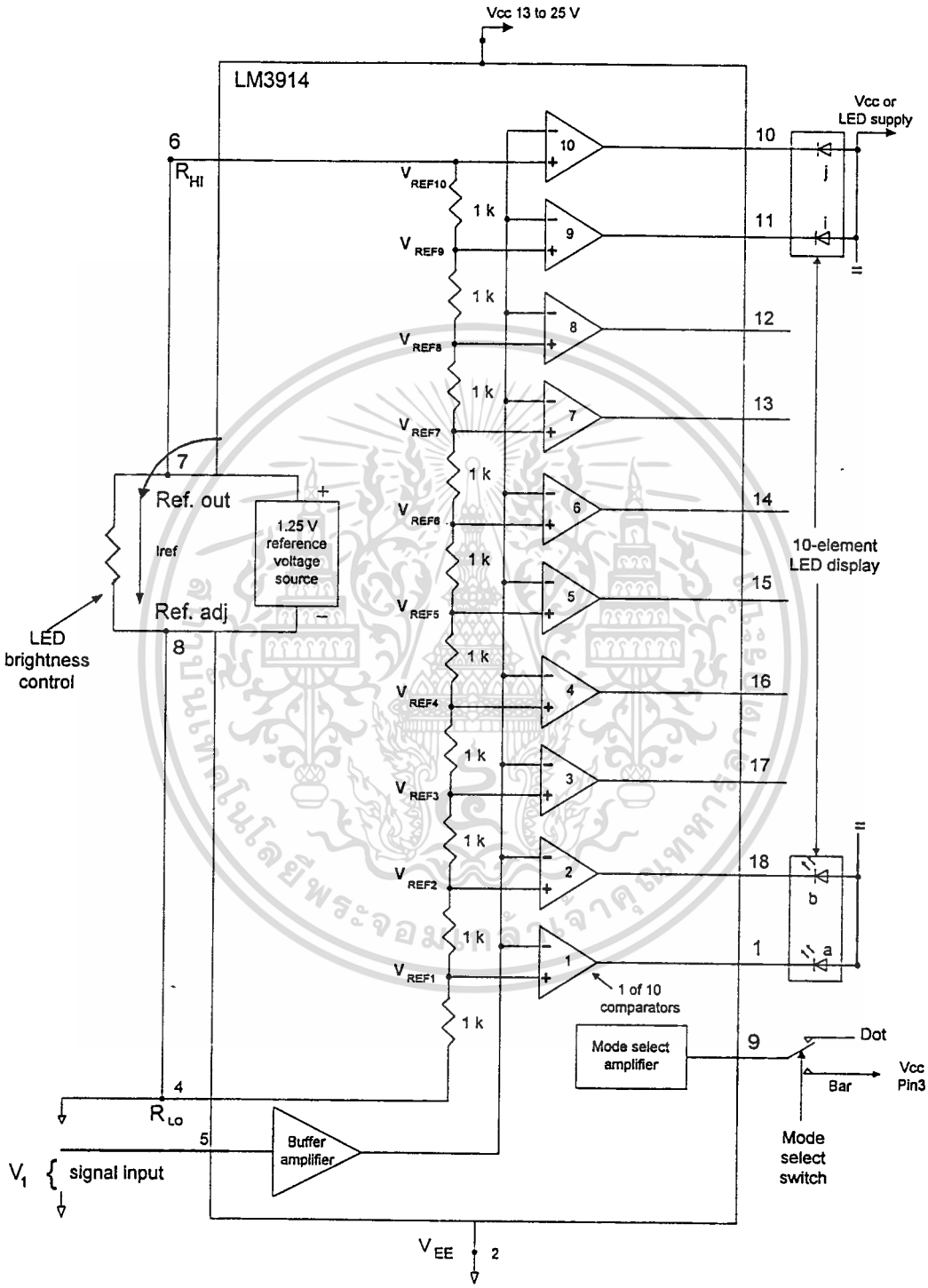
- แรงดันอินพุทบวกของวงจร (VI+) ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 V - 5.0 V
- ถ้าขนาดของสัญญาณอนาล็อกอินพุทมีค่าเป็น 0.0 V จะได้ค่าของข้อมูลเอ้าท์พุทเป็น 00H
- ถ้าขนาดของสัญญาณอนาล็อกอินพุทมีค่าเป็น 2.5 V จะได้ค่าของข้อมูลเอ้าท์พุทเป็น 7FH
- ถ้าขนาดของสัญญาณอนาล็อกอินพุทมีค่าเป็น 5.0 V จะได้ค่าของข้อมูลเอ้าท์พุทเป็น FFH

2.3 วงจรแสดงค่าระดับแรงดันโดยใช้ไอซี LM3914 (dot/bar driver)

แต่เดิมการใช้มิเตอร์ที่มีเข็มชี้แสดงผลเป็นที่นิยมกันมาก เนื่องจากมีความเที่ยงตรงสูงและขนาดไม่ใหญ่โต ถึงแม้จะมีข้อดีอยู่มากแต่ผลจากการที่มีส่วนประกอบที่เคลื่อนไหว จึงทำให้มิเตอร์ชนิดนี้เสียหายได้ง่ายเมื่อได้รับการกระทบกระเทือนแรงๆ ดังนั้นจึงได้เกิดการพัฒนามิเตอร์ที่ไร้ส่วนประกอบที่เคลื่อนไหวโดยการเปลี่ยนวิธีการแสดงผลโดยเข็มมาเป็นรูปแบบของการใช้ LED มาทำเป็นบาร์กราฟ (bar graph) แทน และผลที่ได้ตามมาคือ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุทและทนต่อการกระทบกระเทือนได้ดีกว่าแบบเก่า

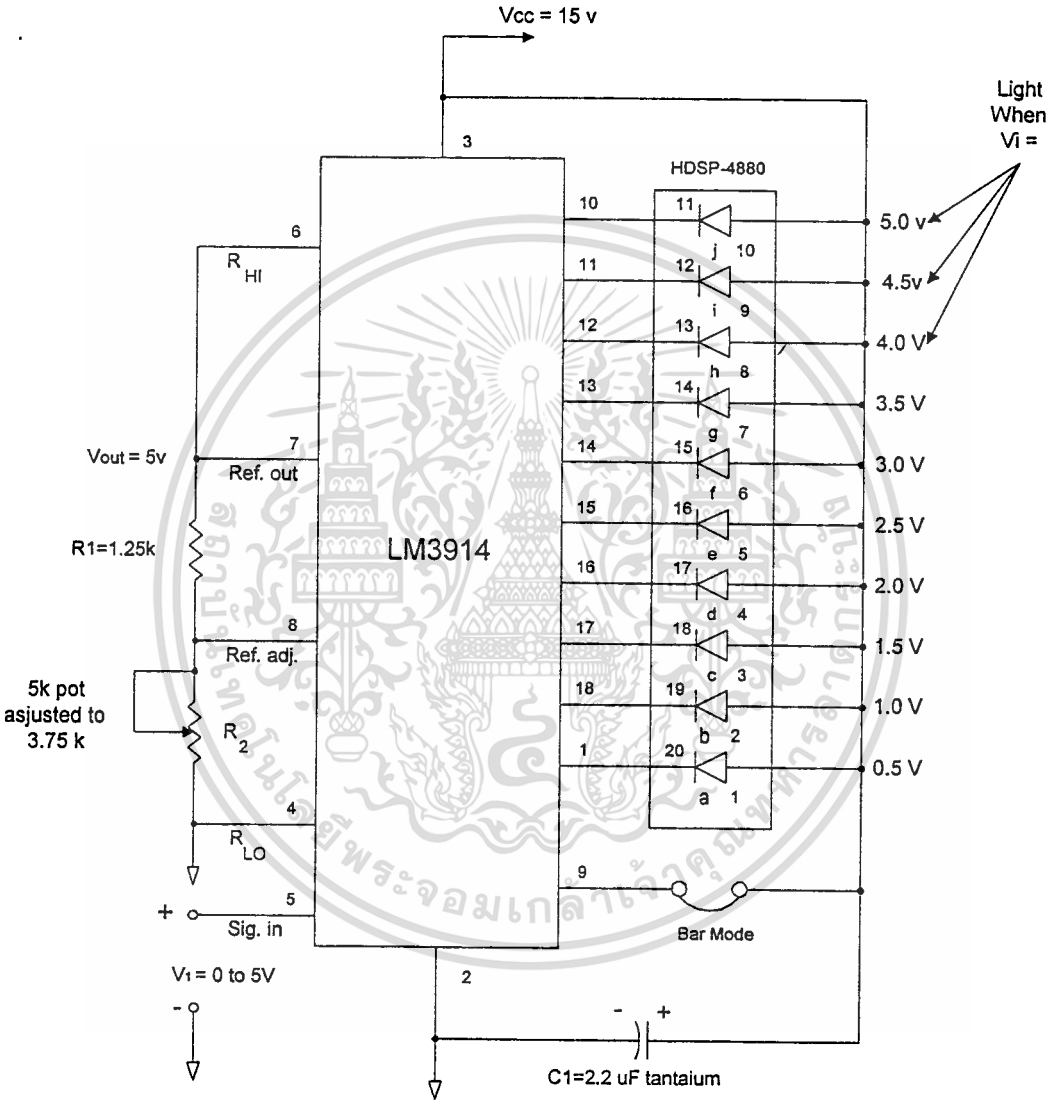
ไอซีตัวนี้ก็คือ LM3914 (dot/bar driver) ซึ่งไอซีตัวนี้จะแสดงผลในลักษณะของลิเนียร์สเกล โดยในรูปที่ 8 จะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายใน และการต่ออุปกรณ์ภายนอกแบบพื้นฐาน โดยป้อนแรงดันที่ต้องการจะวัดเข้าที่ขา 5 (ทนแรงดันได้ถึง +35 โวลต์) และผ่านบัฟเฟอร์ซึ่งมีอัตราการขยายเท่ากับหนึ่ง แล้วจึงไปต่อเข้ากับขาอินเวิร์ตของออปแอมป์ทั้ง 10 ตัว สำหรับเอาต์พุทของออปแอมป์แต่ละตัวสามารถซับกระแสได้ถึง 30 มิลลิแอมป์ และกระแสที่ไหลผ่าน LED แต่ละตัวสามารถควบคุมได้ที่ R1 ซึ่งต่อระหว่างขา 7 กับขา 8 และที่ขา 7 ให้แรงดันอ้างอิงออกมาเท่ากับ 1.25 โวลต์ เมื่อเทียบกับขา 8 จากที่ R1 มีค่าเท่ากับ 1.25 กิโลโอห์ม เป็นผลให้กระแสที่ไหลออกจากขา 7 ประมาณเท่ากับ 1 มิลลิแอมป์ ฉะนั้น กระแสที่ไหลใน LED แต่ละตัวประมาณเท่ากับ 10 มิลลิแอมป์ หรือประมาณ 10 เท่าของกระแสที่ขา 7 นั่นเอง ส่วนขา 9 จะใช้สำหรับควบคุมการแสดงผลที่ LED ถ้าหากปล่อยลอยจะแสดงผลในลักษณะจุด (dot mode) แต่ถ้าหากต่อเข้ากับขา 3 จะแสดงผลแบบบาร์กราฟ (bar graph) และในรูปที่ 9 จะเป็นการแสดงค่าระดับแรงดัน ตั้งแต่ระดับ 0-5 โวลท์ ด้วยการใช้ LED จำนวน 10 ตัว และรูปที่ 10 จะเป็นการแสดงค่าระดับแรงดันตั้งแต่ 0-5 โวลท์ ด้วยการใช้ LED จำนวน 40 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



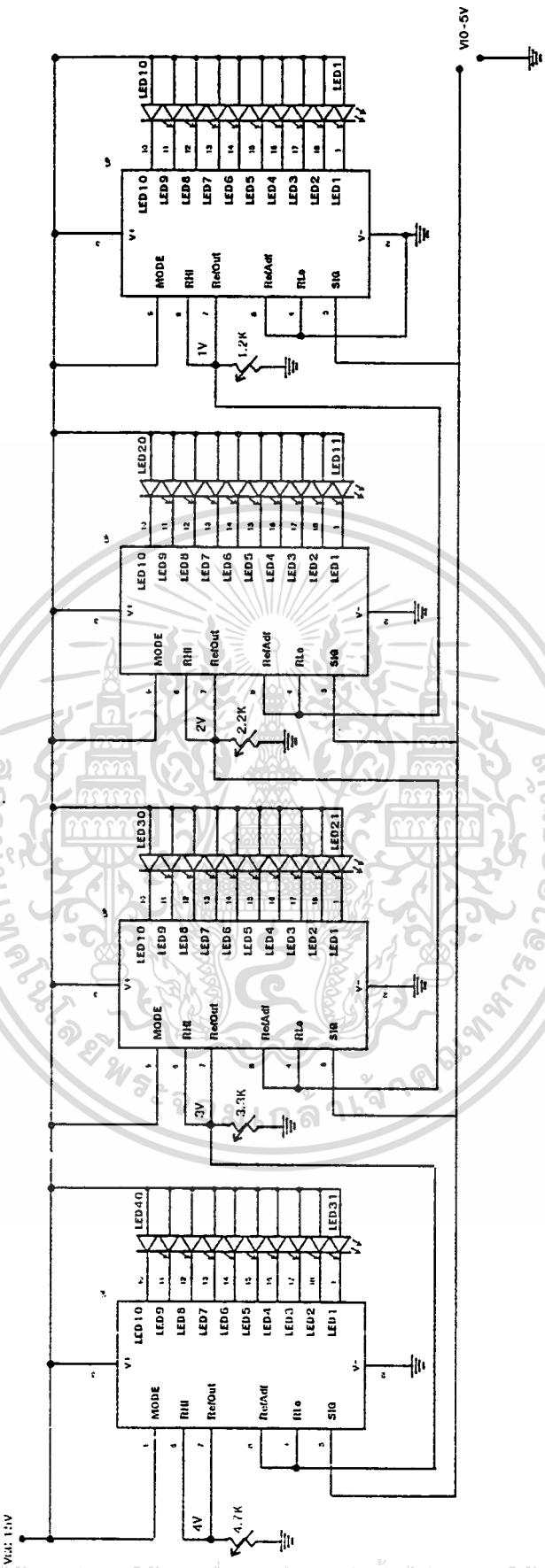
รูปที่ 8 แสดงส่วนประกอบภายในของ LM 3914 และการต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงการต่อไอซีเบอร์ LM3914 เพื่อแสดงค่าระดับแรงดัน 10 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 10 แสดงการต่อไอซีเบอร์ LM 3914 เพื่อแสดงค่าระดับแรงดัน 40 ระดับโดยใช้ ไอซี 4 ตัว

2.4 การใช้งาน LCD module

ปัจจุบัน LCD เป็นที่นิยมกันอย่างมาก สำหรับการแสดงผลในเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากความเหมาะสมด้วยประการทั้งปวง ทั้งในด้านการกินกระแสต่ำสามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรตัวเลข หรือแสดงเป็นกราฟฟิก (Graphic) ได้ (เฉพาะรุ่น) จะติดปัญหาก็คือในด้านวงจร ซึ่งมีระบบการทำงานที่ซับซ้อนและหาอุปกรณ์ได้ค่อนข้างยาก แต่ขณะนี้ผู้ผลิต LCD จะทำรุ่นที่เป็น LCD module ออกมาก็คือเป็น module ที่มีตัว LCD และวงจรควบคุมมาให้พร้อม เรียกว่า LCM ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ (microcontroller) ได้ง่ายและสำหรับการเขียนโปรแกรม รวมทั้งมีการจำหน่ายกันอย่างกว้างขวาง และมีราคาที่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้งานด้านไมโครคอลโทรลเลอร์หันมาใช้แผงแสดงด้วย LCD module กันมากขึ้น

LCD module มีอยู่มากมายหลายรุ่น และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แบบดอทเมตริกซ์ (dot matrix) และกราฟฟิก โดยแบบดอทเมตริกซ์จะแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5x8 dot และมีตัวอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ส่วนแบบกราฟฟิกจะสามารถแสดงผลในแบบบิตแมพ (bitmap) คือสร้างภาพใดๆก็ได้ตามต้องการ แนวทางในการใช้งานของทั้ง 2 แบบจะมีลักษณะใกล้เคียง การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบดอทเมตริกซ์มากกว่า เนื่องจากมีราคาถูก และเพียงพอต่องานส่วนใหญ่ ดังนั้นจะกล่าวถึงการใช้งานกับดอทเมตริกซ์เท่านั้น คุณสมบัติของดอทเมตริกซ์ LCD module สามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. มีให้เลือกหลายรุ่นตามการใช้งาน โดยมีจำนวนตัวอักษรและบรรทัดแตกต่างไป
2. ตัวอักษรแสดงด้วยดอทเมตริกซ์ขนาด 5x8 dot
3. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะ คือ แบบเมโมรีแมพ (memory map) (20-pin LCD bus)และแบบต่อผ่าน 8255 พอร์ต(port)(26-pin 8255 bus) โดยกรณี 26-pin 8255 bus จะใช้แผ่น PCB (DMCAD) เป็นตัวอเดปเตอร์ (adepter) ทำให้เป็น8255 bus อีกที
4. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครคอลโทรลเลอร์เพียงส่งข้อมูลให้กับ LCD module เท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะคงค้างไว้ตลอด ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาหลักของระบบไมโครคอลโทรลเลอร์
5. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น clear display, home cursor, on off cursor, blink character และอื่นๆอีก
6. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว
7. กินกระแสน้อย และมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลต์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	สัญลักษณ์	ระดับ	หน้าที่
1	Vss	-	0 V. GND
2	Vcc	-	+ 5 V power supply
3	Vee	-	+ V for liquid crystal drive
4	RS	H/L	register select H: data input L: instruction input
5	R/W	H/L	H: data read L: data write
6	E	H	Enable signal (LH)
7	DB 0	H/L	Data but bit 0
8	DB 1	H/L	Data but bit 1
9	DB 2	H/L	Data but bit 2
10	DB 3	H/L	Data but bit 3
11	DB 4	H/L	Data but bit 4
12	DB 5	H/L	Data but bit 5
13	DB 6	H/L	Data but bit 6
14	DB 7	H/L	Data but bit 7

ตารางที่ 1 แสดงขาสัญญาณของ LCD module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอลโทรลเลอร์

LCD module จะต่อเข้ากับระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะคือ แบบเมโมรีแมพ โดยผ่าน LCD bus ขนาด 20 pin และแบบ I/O port โดยผ่าน 8255 bus ขนาด 26 pin โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

2.4.1.1 การต่อแบบ Memory map

1. สามารถต่อเข้ากับชิพ (chip) เบอร์ ทั่วๆไปได้เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครคอลโทรลเลอร์มองเห็น LCD module ในลักษณะของหน่วยความจำ (memory)ได้ทันที

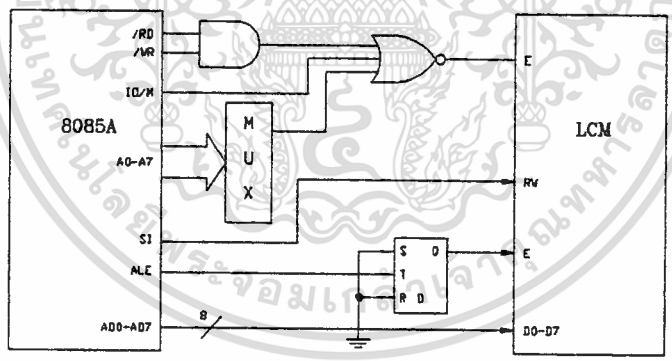
2. ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจาก LCD module ได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็นเมโมรีบัฟเฟอร์ (memory buffer) ไปในตัว

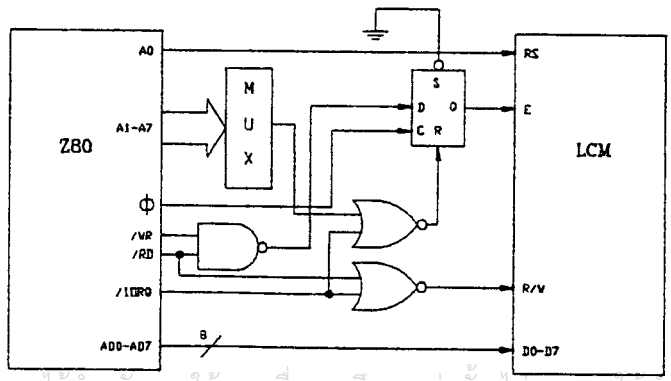
3. เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบแฟลก (flag) ความพร้อมขณะในที่ LCD module กำลังทำงานได้

4. ใช้ได้กับบอร์ด (board) ที่มี LCD bus มาให้พร้อมเท่านั้น

5. ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และจะต้องมีรหัสการเข้า (decode)ละเอียดพอควร

6. การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามชิพของแต่ละเบอร์





รูปที่ 11 แสดงการต่อแบบ Memory map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 การต่อแบบ I/O port

1. สามารถต่อเข้ากับ I/O port ใดๆก็ได้ โดยใช้สัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมาให้ตรงกับข้อกำหนดของ LCD module

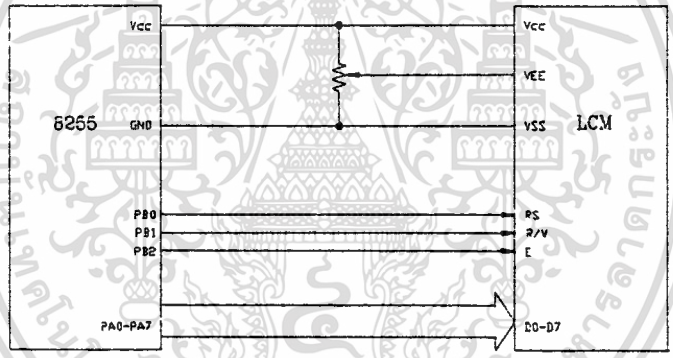
2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้ LCD module ได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนดหน่วยความจำส่วนหนึ่งให้เป็นเสมือนบัฟเฟอร์ให้กับ LCD module อีกที

3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครคอลโทรลเลอร์เอง เพื่อรอให้ LCD module กระทำขบวนการต่างๆ

4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วๆไปที่มีพอร์ต

5. ไม่เปลืองส่วนของหน่วยความจำในการใช้งาน

6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ



รูปที่ 12 แสดงการต่อแบบ I/O port

2.4.2 ชุดควบคุมคำสั่งและแสดงข้อความ

ขาสัญญาณ VEE มีไว้สำหรับกำหนดความเข้มของตัวอักษร โดยถ้าต่อกับ GND จะมีความเข้มสูงสุด แต่ถ้าต่อกับ VCC จะมีความเข้มต่ำสุด การเขียนหรืออ่านข้อมูลกับ LCD module ก็คือการกำหนดคุณสมบัติต่างๆในการใช้งาน LCD ตามชุดคำสั่งควบคุม และรวมถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ เพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงด้วย โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INSTRUCTIION	RS	R/W	DATA BIT								EXE TIME (μS)
			7	6	5	4	3	2	1	0	
CREAR DISPLAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1640
CURSOR AT HOME	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1640
ENTRY MODE SET	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40
DISPLAY ON/OFF	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40
DISPLAT SHIFT	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	40
FUNCTION SET	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	40
SET CGRAM ADD.	0	0	0	1	CGRAM ADDRESS						40
SET DDRAM ADD.	0	0	1	DDRAM ADDRESS							40
BUSY.ADD READ	0	1	BF	ADRESS							40
CGRAM.DDRAM WR	1	0	WRITE DATA								40
CGRAM.DDRAM RD	1	1	READ DATA								40

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดของชุดคำสั่ง

2.4.3 ความเข้าใจพื้นฐาน

1. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD module แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือคำสั่งควบคุม(instruction) และข้อมูล(data) โดยจะกำหนดด้วยสัญญาณ RS คือถ้า RS จะหมายถึงส่งกำลังควบคุมหรืออ่านค่าแฟลกสภาพการทำงานของ LCD module และถ้า RS =1จะหมายถึงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับ LCD module

2. หลักการในการเขียนข้อมูลให้ LCD module นี้ คือ เมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้วตัว LCD module จะต้องใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่ง (ตามค่า execute time ในตาราง) ซึ่งระบบไมโครโปรเซสเซอร์สามารถตรวจสอบได้จากบิวซี่แฟลก(busy flag : BF)และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้ ในการที่การต่อวงจรเป็นแบบอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตคือไม่สามารถอ่านข้อมูลย้อนกลับได้ ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะต้องหน่วงเวลาแทน

3. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD module นี้ สามารถทำได้แบบ 8 บิตและ 4 บิต โดยกรณี 4 บิต จะใช้สายส่งสัญญาณเพียง 4 เส้นคือ DB4-DB7 (ใช้สำหรับระบบไมโครโปรเซสเซอร์แบบ 4 บิต หรือเพื่อการประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 บิต เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้งคือ DB4-DB7 ก่อน แล้วตามด้วย DB0-DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในชุดคำสั่ง (function set) ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N = 0 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/8 ดิวตี้ (duty) และ1/11 ดิวตี้

D = 1 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/16 ดิวตี้

F = 0 กำหนดให้เป็นตัวอักษรแบบ 5X7 dots

F = 1กำหนดให้เป็นตัวอักษรแบบ 5X10 dots (กรณีที่ LCD module เป็นแบบ 5X7 dots อยู่แล้วก็จะไม่มีผลอะไร)

7) Set CGRAM Address

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	CGRAM ADDRESS					

สำหรับการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้ว การอ่านและการเขียนข้อมูลที่ต่อจากนี้จะเป็นตามแอดเดรสที่กำหนดทันที

8) Set DDRAM Address

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	DDRAM ADDRESS						

สำหรับการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้ว การอ่านและเขียนข้อมูลที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตามแอดเดรสที่กำหนดทันที ตำแหน่งของแอดเดรสของแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างกันบ้าง เพราะจำนวนต่อบรรทัดไม่เท่ากัน

9) Busy Flag and Address Read

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	BF	ADDRESS						

สำหรับการอ่านค่าบิวตี้แฟลก ซึ่งบอกถึงความพร้อมของ LCD moduleในการรับข้อมูล ถ้า BF =0 หมายถึงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไปได้ แต่ถ้า BF =1 หมายถึงว่ายังไม่พร้อม นอกจากนี้ยังเป็นการอ่านค่าแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C40593

2.4.5 การอ่านข้อมูลและการเขียนข้อมูลกับ DDRAM/CGRAM

1) Write Data to DDRAM or CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	DATA							

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว แอดเดรสจะถูกเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติ ตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการเขียนจะเป็น DDRAM หรือ CGRAMก็ขึ้นอยู่กับก่อนว่าคำสั่งหน้านี้มีการกำหนดแอดเดรสที่ใด

2) Read Data form DDRAM or CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	DATA							

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว แอดเดรสจะถูกเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติ ตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการเขียนจะเป็น DDRAM หรือ CGRAMก็ขึ้นอยู่กับก่อนว่าคำสั่งหน้านี้ มีการกำหนดแอดเดรสที่ใด

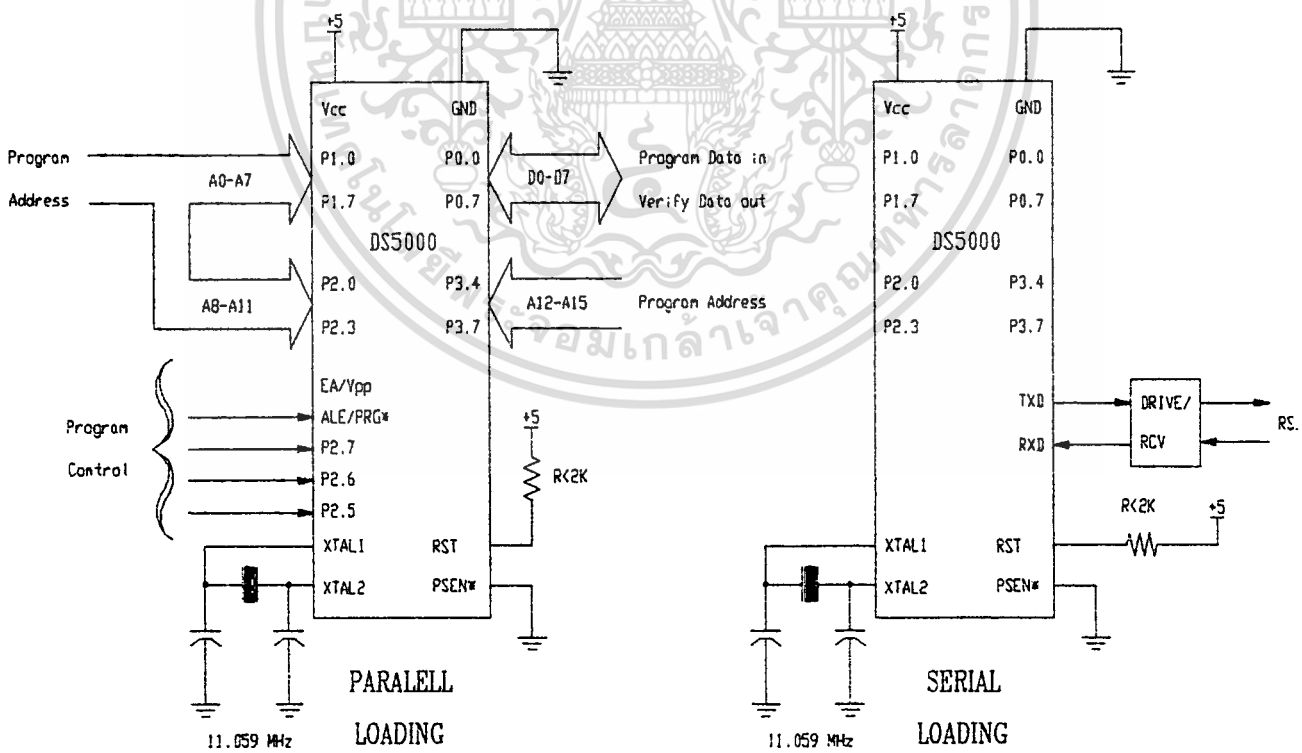
2.5 การใช้งาน DS5000 Soft Microcontroller

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลายท่านคงคุ้นเคยกับชิพ 80C31 กันเป็นอย่างดีแต่สำหรับงานบางอย่างที่ต้องการให้ขนาดของระบบเล็กลง ก็จำเป็นต้องใช้ชิพที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมอยู่ในตัว เป็นชิพที่ต้องสามารถจะทำการพัฒนาได้ไม่ง่าย ในด้านการใช้งานแล้วมีอยู่ในตระกูลเดียวกัน ก็คือเบอร์ 8751 ซึ่งจะมีหน่วยความจำเก็บโปรแกรมเป็นแบบ EPROM อยู่ภายในซึ่งเราสามารถนำ Port ที่มีอยู่บนตัวของ CPU ทั้ง 4 Port ไปใช้งานได้อย่างเต็มที่ (32 bit I/O) ทำให้ระบบรวมเล็กลงอย่างมาก และยังสามารถทำการ Security Lock bit เพื่อป้องกันการ Copy โปรแกรมได้อีกด้วย แต่ในทางพัฒนาแล้วการแก้ไขโปรแกรมที่อยู่บนตัว CPU สามารทำได้โดยการใช้แสงอุลตร้าไวโอเลต ทำการล้างหน่วยความจำแล้วนำไปทำการบันทึกโปรแกรมใหม่ ตรงนี้เองที่จะทำให้เวลาของการพัฒนาโปรแกรมโดยรวมแล้ว เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็นเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เวลาพอสมควรและยังพบว่าเมื่อทำการล้างโปรแกรม หลาย ๆ ครั้งก็จะทำให้ CPU ไม่สามารถทำการบันทึกโปรแกรมได้อีก หรือที่เรามักจะเรียกว่า เกิดการ "ด้าน" คือการโปรแกรมไม่เข้าเนื่องจากจำนวนครั้งที่จำกัดของ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS5000 มีการทำงานในฟังก์ชั่นพิเศษสำหรับการทำงานในสภาวะไม่ปกติ (crash proof operation) อันได้แก่ Power Fail Warning interrupt , Automatic Power Down และ Power On Reset ส่วนระบบ Software Security สำหรับป้องกันการ Copy โปรแกรม ภายในชิพใช้ Software encryption logic เพื่อป้องกันการอ่านและทำการดิสแอสแซมเบลอร์

ส่วนโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของ DS5000 นอกจากหน่วยความจำแล้วยังประกอบไปด้วย 16 bit Counter / timer , Serial I/O port ชนิด Full-duplex ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้งแบบ Asynchronous หรือ Synchronous , 32 bits Parallel I/O และ Watchdog timer ถ้าต้องการต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมในส่วนที่เกินจาก Embedded program/data RAM สามารถทำได้โดยใช้สัญญาณของ Parallel I/O 18 bit เพื่อต่อเป็น Expanded Bus สำหรับหน่วยความจำภายนอก สำหรับรีจีสเตอร์ภายในของ DS5000 แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ Data Registers และ Special Function registers มีทั้งหมด 128 byte รวมทั้ง Bank registers (R0-R7) อีก 4 ชุด (32 byte) ส่วน Special Function registers รวมทั้ง CPU registers ซึ่งใช้เก็บค่าคุมและสภาวะต่างๆ สำหรับการจัดหน่วยความจำทั้ง Program และ Data memory



รูปที่ 14 แสดง Program Loading Configulations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

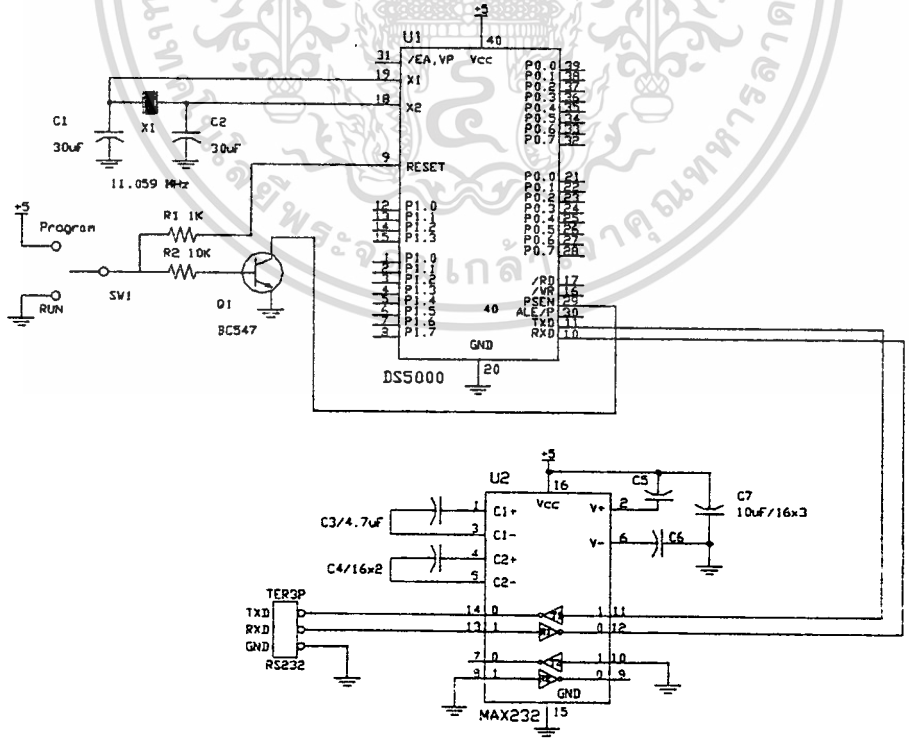
2.5.2 การโหลดโปรแกรม

ก่อนที่จะนำ DS5000 ไปทดสอบการทำงานของระบบ จะต้องทำการโหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเฉพาะงาน (application software) ลง NVRAM ในตัวชิพเสียก่อน วิธีการโหลดโปรแกรมนี้จะกระทำได้ 2 วิธี

1)การโหลดโปรแกรมแบบอนุกรม (serial program loading) ซึ่งจะทำการโหลดโปรแกรมโดยผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 บนตัวชิพกับไมโครคอมพิวเตอร์ PC

2)การโหลดโปรแกรมแบบขนาน (parallel program loading) วิธีนี้จะทำการโหลดจากสัญญาณ Address และ Data ในแบบขนานโดยผ่านทางขา I/O port ซึ่งการโหลดแบบนี้จะเหมือนกับการโปรแกรมข้อมูลลงบนชิพ 8751H microcontroller นั่นเอง

การโหลดโปรแกรมลง DS5000 ทั้ง 2 วิธีนี้จะกระทำได้โดยต้องให้สภาวะที่ขา RST เป็นลอจิก "1" และที่ขา PSEN* เป็นลอจิก "0" ซึ่งเมื่อเข้าสู่สภาวะดังนี้แล้ว DS5000 พร้อมที่จะรับพัลส์สำหรับการโหลดโปรแกรมแบบขนานหรือการรับรหัสแอสกี้ ODH (carriage return character ที่ baudrate 9600 , 2400 , 1200 หรือ 300 ผ่านทางพอร์ทอนุกรมเข้าสู่ Serial bootstrap loader) เพื่อทำการโหลดโปรแกรมต่อไป



รูปที่ 15 แสดงวงจรสมบูรณ์ของ DS5000 Serial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการต่อฮาร์ดแวร์สำหรับการทำงานในการโหลดดปรแกรมทั้งสองวิธีแสดงไว้ดังรูป การโหลดโปรแกรมในแบบขนานนั้นขั้นตอนการโหลดค่อนข้างจะยุ่งยากพอสมควร ดังนั้นในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการโหลดโปรแกรมแบบอนุกรมซึ่งใช้งานได้ง่ายกว่า การโหลดโปรแกรมแบบอนุกรมนี้จะต้องมีซอฟท์แวร์ Serial bootstrap loader อยู่ภายในซึ่งจะช่วยให้การโหลดโปรแกรมได้สะดวกยิ่งขึ้น

Serial Bootstrap Loader

การโหลดโปรแกรมในแบบอนุกรมนี้ สามารถใช้งานได้ง่าย เร็ว ประสิทธิภาพสูงและเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด สำหรับการโหลด Application software ลงบน NVRAM ของ DS5000 การติดต่อสื่อสารจะกระทำได้โดยผ่านพอร์ทสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous โดยใช้ RS-232c Serial interface เพื่อโหลดโปรแกรมลง DS5000 วงจรสมบูรณ์สำหรับการโหลดโปรแกรมแบบอนุกรมแสดงได้ตามรูปด้านล่างโดยสายสัญญาณที่ใช้ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ PC กับ DS5000 ทางพอร์ทอนุกรม RS-232c จะใช้เพียง 3 เส้นเท่านั้นคือ RXD (receive) , TXD (transmit) และ GND (ground)

Serial bootstrap loader เป็นซอฟท์แวร์ที่บรรจุอยู่ใน DS5000 ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการโหลด Application program จะต้องอยู่รูปของ Inter hex format โดยสามารถทำเป็นการโหลดและอ่านโปรแกรมจาก DS5000 ได้จากการแปล Source program (assembly) โดยใช้ 8051 Assembler ซึ่งก็คือไฟล์.HEX นั่นเอง คำสั่งของ Serial loader มีทั้งหมด 11 คำสั่งดังต่อไปนี้

COMMAND	FUNCTION
C	Return CRC-16 checksum of embedded RAM
D	Dump Intel Hex File
F	Fill Embedded RAM block with constant
K	Load 49-bit Encryption Key
L	Load Intel Hex File
R	Read MCON Register
T	Trace (Echo) incoming Intel Hex Data
U	Clear Security Lock
V	Verify Embedded RAM with incoming Intel Hex
W	Write MCON Register
Z	Set Security Lock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม

"เครื่องมือวัดที่ไม่ได้รับการสอบเทียบ คือ เครื่องมือวัดที่เสี่ยงในการใช้ และยังไม่ใช่เครื่องมือวัดและควบคุมที่ไว้ใจได้"

การสอบเทียบเป็นส่วนสำคัญของการวัดและควบคุมในอุตสาหกรรม และด้วยความเป็นจริงแล้ว การสอบเทียบเป็นส่วนสำคัญของขบวนการวัดและควบคุมทุกขบวนการ

การสอบเทียบนั้น โดยทั่วไปมิใช่เป็นการปฏิบัติที่ดึงดูดความสนใจมากนัก เพราะเสียค่าใช้จ่ายโดยไม่มีผลผลิตให้เห็นจริงหรือจับต้องได้ แต่การสอบเทียบต้องกระทำอย่างถูกต้องเหมาะสมสม่ำเสมอ ถ้าต้องการควบคุมคุณภาพผลผลิตและพัฒนาคุณภาพผลผลิต การสอบเทียบเป็นการประกันว่า เครื่องมือวัดอุตสาหกรรมมีความเที่ยงตรง (Accuracy และ Precision รวมกัน) ความต้องการในการรักษาขบวนการผลิตให้อยู่ในสภาพการควบคุมที่ประหยัด และเครื่องมือที่ได้รับการสอบเทียบจะช่วยให้ผู้ผลิต ผลิตสินค้าได้ตามคุณภาพความต้องการของผู้ซื้อ

การสอบเทียบจะต้องกระทำเป็นประจำทุกระยะเวลาหนึ่งๆ (ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเครื่องมือ) และต้องมีมาตรฐานสำหรับอ้างอิง การเปรียบเทียบนี้ต้องการผู้ชำนาญการ ตามมาตรฐานอ้างอิงที่ดีและหลักที่ดี และหลักการการปฏิบัติที่ถูกต้อง ดังนั้น จึงต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดศูนย์สอบเทียบที่ตั้งขึ้นเพื่อการณ์นี้โดยเฉพาะ จึงจะได้ผลที่ถูกต้องสมบูรณ์และประหยัดกว่าการเตรียมห้องสอบเทียบของตนเอง

การสอบเทียบมิใช่การประกันการทำงานของเครื่องมือวัด แต่เป็นการบ่งบอกที่ดีว่า การทำงานของเครื่องมือวัดนั้น ๆ วัดได้ความเที่ยงตรง และช่วงการวัดตามคุณสมบัติจำเพาะ (Specification) ของเครื่องมือนั้นหรือไม่ ถ้าไม่เป็นไปตามคุณสมบัติจำเพาะ และควรจะทำการซ่อมและปรับแต่งโดยผู้ชำนาญการเท่านั้น จากนั้น จะต้องทำการสอบเทียบใหม่หลังการซ่อมและปรับแต่งทุกครั้ง เครื่องมือวัดทุกเครื่องจะต้องผ่านการสอบเทียบโดยผู้ผลิต และมีประวัติผลการสอบเทียบเก็บไว้ ซึ่งผลการสอบเทียบนี้สามารถมอบสำเนาให้ผู้ซื้อได้ถ้าผู้ซื้อบ่งบอกความต้องการไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัด

การสอบเทียบ คือการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากเครื่องมือ กับค่ามาตรฐาน ที่ใส่ให้เครื่องมือนั้น ค่าที่ได้จากเครื่องมืออาจเป็นค่าแสดงผล หรือ ค่าสัญญาณที่ส่งออกจากเครื่องมือค่าที่ได้จากเครื่องมืออาจนำมาใช้เพื่อ

1. กำหนดตำแหน่งของ Scale หรือค่าแสดงผลของเครื่องมือ

2. หาค่าผิดพลาดของเครื่องมือเทียบกับค่ามาฐาน

3.ปรับแต่งเครื่องมือเพื่อให้ค่าที่ได้จากเครื่องนั้นอยู่ในขอบเขตของความผิดพลาดที่กำหนด ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเป็นค่าซึ่งได้จากเครื่องมือ ซึ่งมีความถูกต้องสูงกว่าเครื่องซึ่งนำมาสอบเทียบ ประมาณ 3 - 10 เท่า

การสอบเทียบเครื่องมือจะต้องทำในสภาพแวดล้อมที่กำหนดของเครื่องมือที่เกี่ยวข้องและในกรณีทั่วไปจะต้องทำการสอบเทียบคลอดช่วงการวัดของเครื่อง ตั้งแต่ค่าต่ำสุดถึงสูงสุดของช่วงวัดและควรมีไม่น้อยกว่า 5 ค่าในช่วงดังกล่าว

นอกจากจะเป็นการหา accuracy ของเครื่องมือแล้ว การสอบยังสามารถคุณสมบัติอื่นๆ ได้อีก เช่น linearity, hysteresis, reproducibility ซึ่งมีความสำคัญต่อการใช้เครื่องมือเช่นเดียวกัน

การสอบเทียบเครื่องมือวัด มีความสำคัญเพราะโรงงานอุตาสหกรรม มีเครื่องมือวัดที่สำคัญต่อการผลิต ซึ่งสามารถแบ่งตามความสำคัญได้ดังนี้

ชั้น 1 ได้แก่ เครื่องมือวัดที่มีผลอย่างใหญ่หลวงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต่อความปลอดภัยในขบวนการผลิต และต่อการควบคุมสภาพวะแวดล้อมเป็นพิษ

ชั้น 2 ได้แก่ เครื่องมือวัดในขบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือต่อประสิทธิภาพของขบวนการผลิต

ชั้น 3 ได้แก่ เครื่องมือวัดอื่นๆ นอกเหนือจาก ชั้น 1 และ 2 ที่ชี้นบอกสภาวะการณ์ของเครื่องจักรในขบวนการผลิต

นอกจากนั้น ยังสามารถจัดแบ่งตามสภาพความมากน้อยของการใช้งาน ความเที่ยงตรงได้อีกด้วย สำหรับเครื่องมือวัดเพื่อการซื้อขายนั้น นอกจากการแบ่งชั้นตามวิธีการข้างต้นแล้ว ยังต้องคำนึกถึงแง่กฎหมาย (พรบ. ชั่ง ตวง วัด) อีกด้วย สำหรับเครื่องมือวัดมาตราฐานที่ไม่ได้ใช้ในขบวนการผลิต แต่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ หรือพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ เครื่องวัดเหล่านี้ จะเป็นตัวบอกข้อมูล เพื่อการตัดสินในของแต่ละหน่วยงาน ดังนั้น การสอบเทียบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเหล่านี้ จะช่วยประกันข้อมูลที่นำมาพิจารณาตัดสินใจได้อย่างมั่นใจ และถูกต้องขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สาเหตุของการสอบเทียบเครื่องมือวัด

เหตุที่ต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นระยะๆ เพราะเกิดความเสื่อมคุณภาพของเครื่องมือวัด โดยความเที่ยงตรงจะเสื่อมลงไปตามจำนวนครั้งและเวลาที่ใช้งาน การเสื่อมอันเกิดจากสภาพแวดล้อม วิธีการใช้ ช่วงการวัดที่แตกต่างกันมาก การเก็บรักษาไม่ดีทำให้เครื่องมือเสื่อมคุณภาพลง วิธีการติดตั้งเครื่องมือวัด หรือติดตั้งโดยไม่ระมัดระวัง ก็อาจทำให้เกิดความเสื่อมในคุณภาพของเครื่องวัดได้เช่นกัน จะขอยกตัวอย่างหนึ่งซึ่งเครื่องมือวัดเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในการวัดทำให้ความเที่ยงตรงเสื่อมลงด้วยคือ

หากเราใช้เทอร์โมดับเปิ้ล แบบ RR (Platinum-Rhodium) ใส่ใสท่อป้องกันทำด้วย Cynther alumina วัดอุณหภูมิ 1400 องศาเซลเซียส ในสภาวะของกรด โดยทำการวัดแบบต่อเนื่อง ในกรณีนี้การเสื่อมสภาพจะเกิดภายใน 6 เดือน โดยจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกลง 0.5 - 0.7 mV (3.5 - 5 องศาเซลเซียส) หากในตอนเลือกใช้เทอร์โมดับเปิ้ล เราเลือกใช้ตัวที่ใช้ e.m.f. มากกว่า หรือเท่ากับมาตรฐานแล้วก็แล้วจะได้ความเที่ยงตรง 0.5 %

ในกรณีที่ใช้เทอร์โมคับเปิ้ลอย่างเดียวกันภายใต้อุณหภูมิเดียวกันภายในบรรยากาศรีดัคชั่น 3 เดือนต่อมาปรากฏว่า กำลังไฟฟ้าความร้อนตกลงมา 0.5-0.7 mA ดังนั้น ถ้าจะให้ความเที่ยงตรงอยู่ในระดับ 0.5 % จำเป็นต้องเปลี่ยนเทอร์โมคับเปิ้ลทุกครึ่งคาบเวลา คือ ทุก 1 เดือนครึ่ง

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า ในการที่จะรักษาความเที่ยงตรงตามจุดมุ่งหมายของการวัด จะต้องเข้าใจสภาพการใช้ของเครื่องมือวัดให้ดี และในช่วงเวลาที่เหมาะสมก็ต้องทำการตรวจสอบปรับปรุงและแก้ไขระบบของการวัดทั้งหมด มีจุดสำคัญอยู่ที่การตรวจสอบสภาพแวดล้อมของเครื่องมือวัด ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่จำเป็นที่จะให้ความเที่ยวได้ตรงตามความมุ่งหมายหรือไม่

การสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นระยะ ๆ จึงเป็นการควบคุมความเที่ยงตรง เป็นการให้หลักประกันว่าเครื่องวัดนั้น ๆ มีความเที่ยงตรงเพียงพอที่ใช้ตรวจวัดได้ตามวัตถุประสงค์อย่างต่อเนื่อง ถ้าความเที่ยงตรงเพื่อการตรวจวัดตามวัตถุประสงค์ให้เชื่อว่า ความเที่ยงตรงประสงค์ ความเที่ยงตรงในขณะใช้งาน เรียก ความเที่ยงตรงขณะใช้งาน และความเที่ยงตรงหลังการปรับเทียบ เรียกว่าความเที่ยงตรงปรับเทียบ ปกติความเที่ยงตรงใช้งานจะเลวกว่าความเที่ยงตรงปรับเทียบทั้งนี้เพราะเครื่องมือวัดจำนวนไม่น้อยความเที่ยงคลาดเคลื่อนไป หรือแสดงค่าไม่คงที่ ภายหลังจากการใช้งาน ดังนั้นผู้ที่ดูแลเครื่องมือวัด จะต้องคอยระวังให้ค่าความเที่ยงตรงใช้งานดีกว่าความเที่ยงตรงประสงค์เสมอ ดังนั้น ในการควบคุมเครื่องมือวัด จึงต้องกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับสำหรับความเที่ยงตรงปรับเทียบ และความเที่ยงตรงใช้งานไว้เสมอ เครื่องมือวัดใดคลาดเคลื่อนเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้จะต้องปรับเทียบหรือซ่อมแซม และเครื่องมือวัดที่คาดว่าความเที่ยงจะลดลงจากการใช้งาน ควรให้ค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับหลังการเปรียบเทียบ,ซ่อมหรือซื้อใหม่น้อยกว่าค่าความคาดเคลื่อนที่ยอมรับของความเที่ยงตรงประสงค์ไว้เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเหตุนี้ ค่าความเที่ยงตรงกลังการปรับ , ซ่อมหรือซื้อใหม่ (ค่าในการตรวจรับ) บางครั้งมีค่าราว 50-70 % ของค่าความเที่ยงตรงปรับเทียบ และแน่นอนที่สุดจะต้องเป็นเครื่องชนิดที่ใช้งานโดยยอมให้มีการคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้อยู่ในมาตรฐานดังกล่าว และควรหลีกเลี่ยงการกำหนดให้ดีเลิศเสียจนเกินความสามารถของผู้ผลิตที่จะให้ได้

3.3 วิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัด

เมื่อยอมรับความสำคัญของการสอบเทียบแล้ว ก็มาสู่คำถามว่า จะสอบเทียบอย่างไร การสอบเทียบสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 สอบเทียบเครื่องมือวัดภายในบริษัท คือ การปฏิบัติการสอบเทียบ ปรับเทียบเครื่องมือในห้องปฏิบัติการของบริษัทเอง ซึ่งในห้องปีบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทั่วไปจะแบ่งเครื่องมือมาตรฐานออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. Reference Standard
2. Working Standard

Working Standard ใช้สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือทั่วไปที่ใช้ในโรงงานทั้งหมด ดังนั้น Working Standard จะถูกใช้งานอยู่เป็นประจำ

Reference Standard ใช้สำหรับสอบเทียบ Reference Standard ของห้องปฏิบัตินั้น (หรือเครื่องมือซึ่งมี accuracy สูง) โดยเฉพาะ ดังนั้น Reference Standard จะต้องมี accuracy มากพอ และ Reference Standard จะถูกส่งไปสอบเทียบกับ National Standard ตามระยะเวลาที่กำหนด

วิธีนี้เหมาะสมกับโรงงานหรือบริษัทใหญ่ ๆ ซึ่งมีเครื่องมือวัดจำนวนมาก แต่ถ้าเป็นโรงงานขนาดเล็ก ควรเลือกวิธีที่ 2 จะประหยัดกว่า

วิธีที่ 2 ส่งเครื่องมือวัดไปสอบเทียบที่ศูนย์เทียบภายนอกบริษัท วิธีนี้บริษัทไม่ต้องลงทุนซื้อค่ามาตรฐาน ไม่ต้องดูแลรักษา ไม่ต้องเตรียมห้องปฏิบัติการ และบุคลากร เพียงแต่ส่งเครื่องมือของตนออกไปสอบเทียบ/ปรับเทียบที่ศูนย์สอบเทียบที่ตั้งขึ้นเพื่อบริการสอบเทียบ/ปรับเทียบ เช่น ที่ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นต้น จะประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าการลงทุนเอง ซึ่งจะค้นหารายละเอียดได้จากเอกสารแนะนำศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระยะเวลาที่ควรจะทำการสอบเทียบ (Intervals of Calibration)

เครื่องวัดที่สำคัญจำต้องทำการตรวจเช็ค และปรับเทียบตามระยะเวลาที่กำหนดในบทต่อ ๆ ไป อย่างเคร่งครัด ในการนี้จำต้องมีเครื่องวัดมาตรฐานไว้ด้วย การเปรียบเทียบนี้ บางกรณีเปรียบเทียบใช้งาน บางกรณีก็ต้องถอดมาปรับเทียบของโรงงาน หรือส่งออกไปภายนอกเครื่องวัดมาตรฐานเพื่อการปรับเทียบนั้น นอกจากนั้นจะต้องมีความเที่ยงตรงที่สูงแล้ว ยังต้องสามารถ Traceability ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นอีกด้วย

โดยปกติความเที่ยงตรงของเครื่องวัดมาตรฐานเพื่อการปรับเทียบนั้น ควรจะให้ดีกว่าเครื่องมือที่นำมารับการปรับเทียบไม่น้อยกว่า 3-4 เท่า

ช่วงระยะเวลาที่ทำการสอบเทียบ (Intervals of Calibration)

การที่จะรักษาความถูกต้องของเครื่องวัดมาตรฐาน และเครื่องวัดทั่ว ๆ ไป เครื่องวัดเหล่านั้นจะต้องได้รับการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ

ช่วงเวลาที่ควรจะทำการสอบเทียบนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเครื่องวัด และสภาพการใช้งานของเครื่อง เป็นต้น ถ้าเป็นเครื่องที่ซื้อเข้ามาใหม่ ตอนแรกควรจะใช้ช่วงเวลาค่อนข้างสั้น แล้วดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเครื่องวัดตามเวลานั้น แล้วจึงกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมอีกทีหนึ่ง

ถ้าจะกำหนดระยะเวลาในการสอบเทียบของตนเอง อาจใช้ข้อเสนอ 2 ข้อข้างล่างนี้ไว้ประกอบเพื่อความเหมาะสม ประหยัด และมีประสิทธิภาพ ดังนี้

1.การกำหนดตามประสบการณ์ ได้แก่ การกำหนดระยะเวลาตรวจซ่อมตามความสำคัญของเครื่องแต่ละชนิดจากประสบการณ์ หากเป็นเครื่องวัดชนิดที่ไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน ให้กำหนดจากระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องวัดอื่น ๆ ทั่วไป หรือกำหนดตามโรงงานอื่น โดยให้สั้นกว่าข้อมูลที่ได้มาเล็กน้อย

2. กำหนดตามข้อมูลต่าง ๆ เช่น

ก. ความเที่ยงตรงประสงค์ (ผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ มาก กลาง น้อย)

ข. ขบวนการผลิต (ผลกระทบต่อขบวนการผลิต มาก กลาง น้อย)

ค. ความมากน้อยของการใช้งาน (ทุกเดือน เดือนละหลายครั้ง นาน ๆ ครั้ง)

ง. สภาพ (เก่า กลาง ใหม่)

จ. ความแข็งแรง (น้อย ปกติ มาก)

ฉ. การบำรุงรักษา (ยาก ปกติ ง่าย)

สำหรับเครื่องวัดที่ได้รับการสอบเทียบแล้ว ควรเขียนป้ายบอกวัน เดือน ปี ที่ต้องทำการสอบเทียบในคราวต่อไปติดไว้ที่ตำแหน่งที่เห็นได้ง่าย และป้ายที่ใช้ ถ้าแยกสี โดยแยกจากชนิดของเครื่อง เดือนที่สอบ และสถานที่ที่รับการสอบเทียบ เป็นต้น ก็จะทำให้ใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3,5 การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Calibration)

การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ในที่นี้จะขอแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

1. Temperature Detectors Calibration

2. Temperature Transmitters / Temperature Controllers Calibration

3.5.1 Temperature Detectors Calibration

การสอบเทียบตัววัดอุณหภูมิต่าง ๆ นั้น ปกติจะสอบเทียบอุณหภูมิ 2 จุด คือ ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดใช้งานจุดหนึ่ง และที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดใช้งานจุดหนึ่ง

วิธีการสอบเทียบตัววัดอุณหภูมิมี 2 วิธีคือ

1. วิธีสอบเทียบกับอุณหภูมิมาตรฐานที่เป็นค่าคงตัว

เป็นวิธีสอบเทียบโดยอาศัยอุณหภูมิมาตรฐานที่เป็นค่าคงตัวต่าง ๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด จุดเยือกแข็ง จุดแปรรูปของสารประกอบ หรือธาตุที่กำหนดให้ตามข้อตกลงของ Internation Practical Temperature Scale (IPTS) ตัวอย่างต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4

2. วิธีเปรียบเทียบกับตัววัดอุณหภูมิมาตรฐานในภาชนะกำเนิดอุณหภูมิคงที่

เป็นวิธีการสอบเทียบตัววัดอุณหภูมิกับตัววัดอุณหภูมิมาตรฐาน ในภาชนะกำเนิดอุณหภูมิคงที่เดียวกัน เช่น เตาไฟฟ้า อ่างน้ำมัน เป็นต้น โดยเอาตัววัดอุณหภูมิที่ต้องการสอบเทียบกับตัววัดอุณหภูมิมาตรฐานใส่เข้าไปในตำแหน่งเดียวกันในภาชนะ หาค่าที่อ่านได้จากทั้ง 2 ตัวมาเปรียบเทียบกัน ก็จะสามารถทราบค่าเฉลี่ยคาดเคลื่อน (Error) ได้ วิธีนี้เหมาะที่จะปฏิบัติมากกว่าวิธีแรก เพราะสามารถสอบเทียบได้แต่ละครั้งมากตัวกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gencrating Facility	Standard	Temperature
Water bath	Thermometer	32 to 212 °F
Salt bath	Thermometer	0 to 750 °F
	Thermocouple	0 to 750 °F
Sand bed	Thermometer	200 to 980 °F
	Thermocouple	200 to 2000 °F
Glass bead bed	Thermometer	200 to 980 °F
	Thermocouple	200 to 1200 °F
Liquid nitrogen	Thermometer	- 40 °F
	Thermocouple	- 40 °F
Liquid Nitrogen plus Dry Ice (CO2)	Thermometer	- 80 °F
	Thermocouple	- 80 °F
Dry Ice (CO2 sublimation)	Thermocouple	- 109.3 °F
Ice point	Thermometer	32 °F , 0 °F
	Thermocouple	
Liquid oxygen (bp)	Thermocouple	-297.364 °F
Liquid helium	Thermocouple	
Sulfur (fp)	Thermometer	832.280 °F
	Thermocouple	832.280 °F
Gold (fp)	Thermocouple	1945.4 °F
Palladium (fp)	Thermocouple	2826 °F
Platinum (fp)	Thermocouple	3216 °F
Blackbody	Infrared pyrometer	- 40 to 9000 °F
	Optical pyrometer	1000 to 20;000 °F
Plasma jet	Optical pyrometer	3000 to 30;000 °F

° fp.freezing point ; bp , boiling point ; $C = \frac{5}{9}$ (°F-32)

ตารางที่ 4 Temperature Generators and Standards

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 Temperature transmitter/Temperature Controller calibration

เครื่องมือเหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้ตัววัดอุณหภูมิชนิดเฉพาะเจาะจง ดังนั้นการปรับเทียบเครื่องมือเหล่านี้จึงต้องการผู้มีความรู้เกี่ยวกับ Transmitter และ Controller ว่ามีหลักการอย่างไร วิธีปรับทำอย่างไร จะต้องใช้สัญญาณมาตรฐาน เช่น อุณหภูมิ หรือ E.M.F. หรือค่าความต้านทานหรืออื่นๆ เป็นสัญญาณเข้าของเครื่องมือ และจะต้องใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณที่ได้มาตรฐานมีความเที่ยงตรงเพียงพอจึงจะได้ผลดีและถูกต้อง Transmitter และ Controller มีความสำคัญต่อขบวนการผลิตมาก จึงขอให้มอบหน้าที่ปรับเทียบให้กับบุคคลที่มีความรู้ และมีเครื่องมือมาตรฐานเป็นผู้ทำการปรับเทียบเท่านั้น

3.6 การสอบเทียบเครื่องมือวัดความดัน (Pressure Calibration)

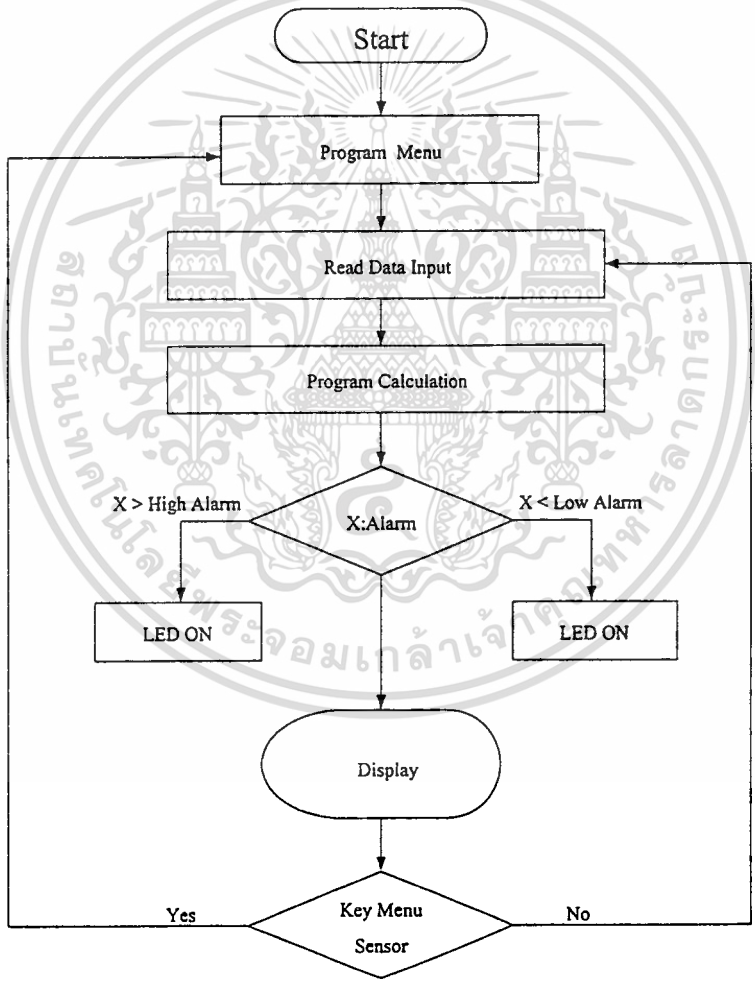
การสอบเทียบเครื่องมือวัดความดันชนิดต่างๆ เช่น Pressure Gauge, Vacuum Gauge, Pressure Transmitter และอื่นๆ กระทำได้โดยการเปรียบเทียบกับค่าความดันมาตรฐานที่อ่านได้จากเครื่องมือมาตรฐานความดันสำหรับสอบเทียบ (Pressure Calibration Standards) เช่น Liquid Column Gauge หรือ Liquid Column Manometer (ใช้กับเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม) , Dead Weight Gauge Tester หรือ สอบเทียบกับ Standard Gauge 2 ตัว ซึ่งใช้สอบเทียบ Gauge ชนิดใช้งานประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

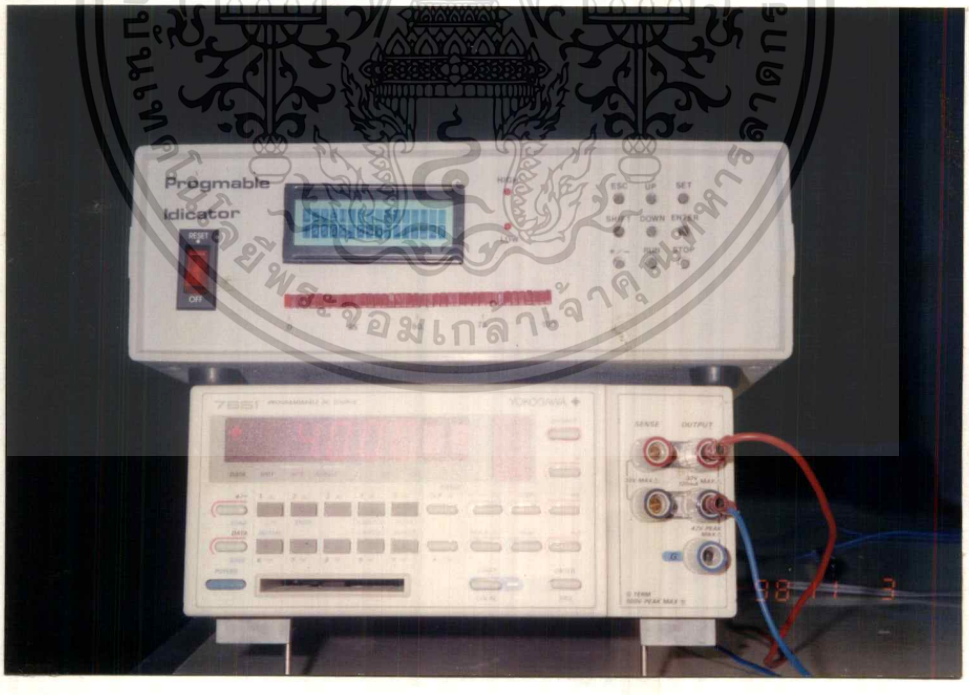
จากรูปที่ 16 เป็น Flow Chart Diagram แสดงขั้นตอนการทำงานในส่วนที่แสดงผลทางจอ LCD (LCD Display)



รูปที่ 16 Flow Chart Diagram แสดงขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 17 แสดงส่วนที่เป็นหน้าจอของโครงงาน Programmable Indicator



รูปที่ 18 แสดงอุปกรณ์ต่อร่วมในวงจรการทดลอง

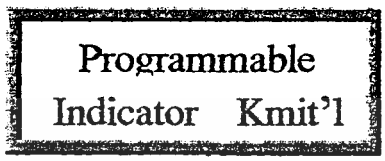
ในการโปรแกรมค่าย่านการวัด (Measuring Range) จะใช้เมนูโปรแกรมในการโปรแกรมค่า โดยค่าที่เราสามารถโปรแกรมได้นั้นเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ -9999 ถึง +9999 โดยในการแสดงผลนั้น จะสามารถแสดงเป็นจุดทศนิยมได้ถึง 3 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการโปรแกรมย่านการแสดงผลหรือย่านการวัด (Measuring Range) ผ่านทางเมนูโปรแกรม (Program Menu)

ขั้นตอนที่ 1

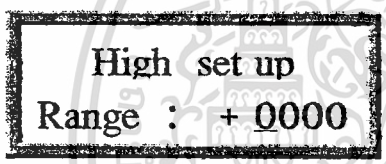
- เมื่อเปิดเครื่อง (Switch On) จอ LCD จะแสดงดังนี้



- หลังจากนั้น กด ENTER

ขั้นตอนที่ 2

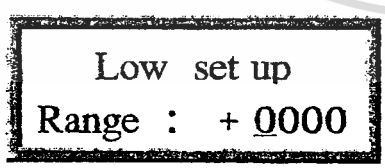
- จอ LCD จะแสดงการ SET ค่า HIGH ของย่านการวัด



- กด SHIFT เพื่อเลือกหลักที่จะ SET ค่า
- กด UP หรือ DOWN เพื่อเปลี่ยนแปลงตัวเลขในหลักนั้นๆ
- กด +/- ตามค่าที่ต้องการ หลังจากนั้นกด ENTER

ขั้นตอนที่ 3

- จอ LCD จะแสดงการ SET ค่า LOW ของย่านการวัด

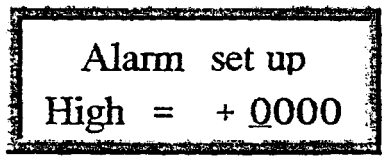


- กด SHIFT เพื่อเลือกหลักที่จะ SET ค่า
- กด UP หรือ DOWN เพื่อเปลี่ยนแปลงตัวเลขในหลักนั้นๆ
- กด +/- ตามค่าที่ต้องการ หลังจากนั้นกด ENTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4

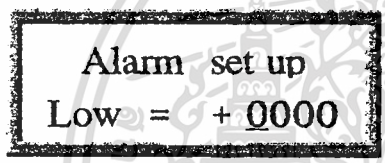
- จอ LCD จะแสดงการ SET ค่า HIGH ALARM ของย่านการวัด



- กด SHIFT เพื่อเลือกหลักที่จะ SET ค่า
- กด UP หรือ DOWN เพื่อเปลี่ยนแปลงตัวเลขในหลักนั้นๆ
- กด +/- ตามค่าที่ต้องการ หลังจากนั้นกด ENTER

ขั้นตอนที่ 5

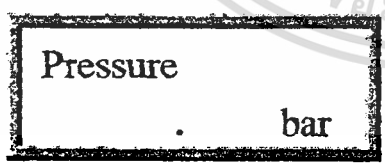
- จอ LCD จะแสดงการ SET ค่า LOW ALARM ของย่านการวัด



- กด SHIFT เพื่อเลือกหลักที่จะ SET ค่า
- กด UP หรือ DOWN เพื่อเปลี่ยนแปลงตัวเลขในหลักนั้นๆ
- กด +/- ตามค่าที่ต้องการ หลังจากนั้นกด ENTER

ขั้นตอนที่ 6

- จอ LCD จะแสดงเมนูกระบวนการวัดในหน่วยต่างๆ

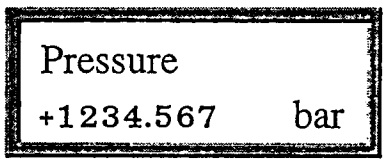


- กด UP หรือ DOWN เพื่อเลือกกระบวนการวัดในหน่วยต่างๆ
- เมื่อได้กระบวนการวัดและหน่วยที่ต้องการแล้ว กด ENTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7

- เป็นการแสดงผลหลังจาก SET ค่าต่างๆ ตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 6 แล้ว

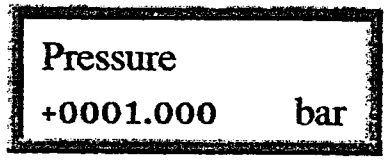


ในกรณีที่ต้องการหยุดการทำงาน หรือต้องการ SET ค่าย่านการวัดใหม่สามารถทำได้โดยการกด STOP และถ้าต้องการที่จะให้โปรแกรมทำงานต่อไป สามารถทำได้โดยการกด RUN หรือถ้าต้องการจะ SET ค่าย่านการวัดใหม่ ก็สามารถทำได้โยการกด SET

ในกรณีเมื่อมีการ SET ค่าที่ผิดพลาด เช่น ในการ SET ค่า LOW ให้มีค่ามากกว่าค่า HIGH จะต้องทำการ SET ค่าใหม่โดยการกด SET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของการแสดงผลสำหรับการวัดความดันในย่านวัด 1 ถึง 7 บาร์

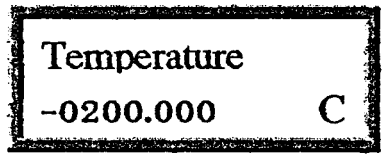


Input 4-20 mA	% Input	Measuring Range 1 to 7 bar	LCD Display Pressure (bar)	% Error of Span
4	0.00	1.000	1.000	0.00
5	6.25	1.375	1.376	+0.02
6	12.50	1.750	1.753	+0.05
7	18.75	2.125	2.129	+0.07
8	25.00	2.500	2.506	+0.10
9	31.25	2.875	2.882	+0.12
10	37.50	3.250	3.259	+0.15
11	43.75	3.625	3.635	+0.17
12	50.00	4.000	4.012	+0.20
13	56.25	4.375	4.364	-0.18
14	62.50	4.750	4.741	-015
15	68.75	5.125	5.117	-0.13
16	75.00	5.500	5.494	-0.10
17	81.25	5.875	5.870	-0.08
18	87.50	6.250	6.247	-0.05
19	93.75	6.625	6.623	-0.03
20	100.00	7.000	7.000	0.00

ตารางที่ 5 แสดงผลการวัดความดันในย่านวัด 1 ถึง 7 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของการแสดงผลสำหรับการวัดอุณหภูมิในย่านวัด-200ถึง0 องศาเซลเซียส

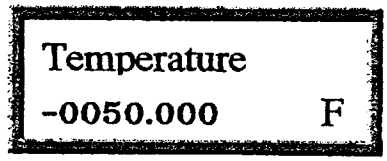


Input 4-20 mA	% Input	Measuring Range -200 to 0 C	LCD Display Temperature (C)	% Error of Span
4	0.00	-200.000	-200.000	0.00
5	6.25	-187.500	-187.460	+0.02
6	12.50	-175.000	-174.900	+0.05
7	18.75	-162.500	-162.360	+0.07
8	25.00	-150.000	-149.800	+0.10
9	31.25	-137.500	-137.260	+0.12
10	37.50	-125.000	-124.700	+0.15
11	43.75	-112.500	-112.160	+0.17
12	50.00	-100.000	-100.400	+0.20
13	56.25	-87.500	-87.840	-0.17
14	62.50	-75.000	-75.300	-0.15
15	68.75	-62.500	-62.740	-0.12
16	75.00	-50.000	-50.200	-0.10
17	81.25	-37.500	-37.640	-0.07
18	87.50	-25.000	-25.100	-0.05
19	93.75	-12.500	-12.540	-0.02
20	100.00	0.000	0.000	0.00

ตารางที่ 6 แสดงผลการวัดอุณหภูมิในย่านวัด -200 ถึง 0 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการแสดงผลสำหรับการวัดอุณหภูมิในย่านวัด-50 ถึง 550องศาฟาเรนไฮต์

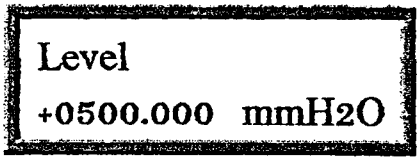


Input 4-20 mA	% Input	Measuring Range -50 to 550 C	LCD Display Temperature (C)	% Error of Span
4	0.00	-50.000	-50.000	0.00
5	6.25	-12.500	-12.380	+0.02
6	12.50	25.000	25.300	+0.05
7	18.75	62.500	62.920	+0.07
8	25.00	100.000	100.600	+0.10
9	31.25	137.500	138.220	+0.12
10	37.50	175.000	175.900	+0.15
11	43.75	212.500	213.520	+0.17
12	50.00	250.000	251.200	+0.20
13	56.25	287.500	286.480	-0.17
14	62.50	325.000	324.100	-0.15
15	68.75	362.500	361.780	-0.12
16	75.00	400.000	399.4000	-0.10
17	81.25	437.500	437.080	-0.07
18	87.50	475.000	474.700	-0.05
19	93.75	512.500	512.380	-0.02
20	100.00	550.000	550.000	-0.00

ตารางที่ 7แสดงผลการวัดอุณหภูมิในย่านวัด –50 ถึง 550 องศาฟาเรนไฮต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของการแสดงผลสำหรับการวัดระดับในย่านวัด 500 ถึง2500 mmH2O

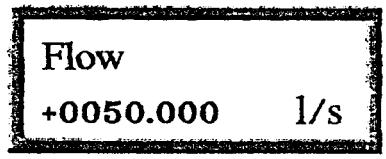


Input 4-20 mA	% Input	Measuring Range 500 to 2500 mmH2O	LCD Display Level (mmH2O)	% Error of Span
4	0.00	500.000	500.000	0.00
5	6.25	625.000	625.400	+0.02
6	12.50	750.000	751.000	+0.05
7	18.75	875.000	876.400	+0.07
8	25.00	1000.000	1002.000	+0.10
9	31.25	1125.000	1127.400	+0.12
10	37.50	1250.000	1253.000	+0.15
11	43.75	1375.000	1378.400	+0.17
12	50.00	1500.000	1504.000	+0.20
13	56.25	1625.000	1621.600	-0.17
14	62.50	1750.000	1747.000	-0.15
15	68.75	1875.000	1872.600	-0.12
16	75.00	2000.000	1998.000	-0.10
17	81.25	2125.000	2123.600	-0.0 7
18	87.50	2250.000	2249.000	-0.05
19	93.75	2375.000	2374.600	-0.02
20	100.00	2500.000	2500.000	0.00

ตารางที่ 8 แสดงผลการวัดระดับในย่านวัด 500 ถึง 2500 mmH2O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการแสดงผลสำหรับการวัดอัตราการไหลในย่านวัด 0 ถึง 50 ลิตรต่อวินาที



Input 4-20 mA	% Input	% Input Through Root	Measuring Range 0 to 50 L/S	LCD Display Flow (L/S)	%Error of Span
4	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00
5	6.25	25.000	12.500	12.550	+0.10
6	12.50	35.355	17.678	17.645	-0.07
7	18.75	43.301	21.651	21.765	+0.23
8	25.00	50.000	25.000	25.100	+0.20
9	31.25	55.902	27.9951	28.040	+0.18
10	37.50	61.237	30.619	30.590	-0.06
11	43.75	66.144	33.072	33.135	+0.13
12	50.00	70.711	35.356	35.295	-0.12
13	56.25	75.000	37.500	37.450	-0.10
14	62.50	79.057	39.529	39.410	-0.24
15	68.75	82.916	41.458	41.375	-0.17
16	75.00	86.603	43.302	43.335	-0.07
17	81.25	90.139	45.070	45.100	+0.06
18	87.50	93.541	46.771	46.665	-0.21
19	93.75	96.825	48.413	48.430	+0.23
20	100.00	100.000	50.000	50.000	0.00

ตารางที่ 9 แสดงผลการวัดอัตราการไหลในย่านวัด 0 ถึง 50 ลิตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและบทวิจารณ์

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าค่าผิดพลาดในการแสดงผลที่เกิดขึ้นสูงสุดมีค่าประมาณ 0.2% ของ Span ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดที่ถือได้ว่าเป็นค่าที่น้อยมาก ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากความละเอียดของสัญญาณเอาท์พุทในส่วนของวงจรการแปลงสัญญาณอนนาล็อกเป็นสัญญาณทางดิจิตอล ซึ่งเป็นการแปลงสัญญาณอินพุท 0-5 โวลท์ ให้เป็นสัญญาณเอาท์พุท 8 บิท (00H-FFH) โดยมีค่า 256 ระดับ ดังนั้นการแบ่งสเกลของย่านการแสดงผลหรือย่านการวัด จึงสามารถแบ่งได้ 256 ระดับเช่นเดียวกัน ซึ่งในแต่ละระดับจะแบ่งได้ประมาณ 0.4% ของ Span เพราะฉะนั้น เมื่อค่าแรงดันอินพุทที่เข้ามาอยู่ตรงจุดช่วงกึ่งกลางสเกลในแต่ละระดับ ซึ่งในจุดนี้จะทำให้เกิดค่าผิดพลาดในการแสดงผลสูงที่สุด คือ ประมาณ 0.2% ของ Span ตามผลการทดลองดังกล่าว สำหรับแนวทางในการพัฒนาเพื่อให้เกิดค่าผิดพลาดที่น้อยกว่านี้ ก็อาจจะสามารถทำได้โดยเพิ่มจำนวนบิทเอาท์พุทของวงจรการแปลงสัญญาณอนนาล็อกเป็นสัญญาณทางดิจิตอล เพื่อทำให้เกิดความละเอียดในการแบ่งสเกลได้มากขึ้น

จากผลการทดลองของการแสดงผลในส่วนที่เป็นตัวเลขบนจอ LCD หรือในส่วนที่เป็น Bar Graph Display รวมทั้งในส่วนที่เป็นระบบสัญญาณเตือนภัย (Alarm) ในโครงงานนี้นั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือขอบเขตที่ได้ตั้งไว้ทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานนี้ ต้องขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือและร่วมมือ ในการทำโครงงาน รวมทั้งรายงานฉบับนี้ ให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงขอขอบคุณไว้ ณ. โอกาสนี้

นายประภาพงษ์	ราชบัณฑิตย์	39013390
นายศักรินทร์	แสงกฤติยากร	39013392
นายศรายุทธ	รุ่งอ่วม	39013399

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. บริษัทศิลารีเสิร์ช จำกัด , "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ เล่ม 1" , กรุงเทพมหานคร 55 หน้า

2. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) , " การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม", กรุงเทพมหานคร , 135 หน้า

3. ต้อง ศรีคชา , "เซมิคอนดัคเตอร์" , กรุงเทพมหานคร , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2532 ฉบับที่ 5 , 337 หน้า

4. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริญสุด "เข้าใจ / สร้าง / เล่นไมโครโปรเซสเซอร์ 2", กรุงเทพมหานครซีเอ็ดยูเคชั่น , 2539 , 200 หน้า

5. อุดม ธีระกาญจน์ ,"ร่วมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์",กรุงเทพมหานคร,ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2527 , ฉบับที่ 5 , 138 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้