สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องทดสอบอุณหภูมิโดยใช้อินฟราเรด
IR THERMOMETER

T 061343

โดย

นายคมสัน บัณฑิตธรรมคุณ

นางสาวเสาวณีย์ เครือศรี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61343
วัน,เดือน,ปี 17 ก.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าทหารคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IR THERMOMETER

BY

MR.KHOMSON BUNDITTAMMAKHUN

MISS.SAVONEE KRUARSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMANT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTD OF TECNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	เครื่องทดสอบอุณหภูมิโดยใช้อินฟราเรด
ชื่อนักศึกษา	นายคมสัน บัณฑิตธรรมคุณ 45015787
	นางสาวเสาวณีย์ เครือศรี 45015829
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ไพศาล สิทธิโยภากุล
	ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2547

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(ผศ.ไพศาล สิทธิโยภากุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผศ.อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้อินฟราเรด
นักศึกษา	นายคมสัน บัณฑิตธรรมคุณ รหัสนักศึกษา 45015807
	นางสาวเสาวณีย์ เครือศรี รหัสนักศึกษา 45015829
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ไพศาล สิทธิโยภากุล
	ผศ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2547

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอเครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้อินฟราเรด ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพอุณหภูมิของวัสดุ จะช่วยให้ผู้ที่ต้องการที่จะซื้อวัสดุได้รับทราบข้อมูลที่แท้จริงของวัสดุที่ต้องการใช้งาน มีจอ LCD โมดูลแบบ 16 ตัวอักษร 2 แถว มาแสดงผลอุณหภูมิ และมีการแสดงผลของการวัดอุณหภูมิของวัสดุในลักษณะรูปแบบกราฟ

เครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้อินฟาเรดนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ T89C51AC2 ซึ่งเป็นไอซีตระกูล MCS51 เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญ มีคุณสมบัติที่น่าสนใจ คือ ขนาดเล็ก ราคาถูก นอกจากนี้ยังมีความคล่องตัวในการพัฒนาโปรแกรมได้ง่าย โดยไมโครคอมพิวเตอร์จะทำงานตามโปรแกรมที่เขียนขึ้นและสามารถที่จะพัฒนาโปรแกรมใหม่ๆ ได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	IR THERMOMETER
Student	Mr.Khomson Bundittammakhun ID. 45015807
	Miss.Savonee Kruarsri ID. 45015829
Advisor	Asst.Prof.Pisal Sittiyopakung
	Asst.Prof.Uthai Sirteraviroe
Department	Information Engineering
Academic Year	2004

ABSTRACT

The objective of this project is to design and construct an IR thermometer and data collection system to measure the temperature. The temperature data is stored in a database and the results are presented using Visual Basic to produce the graphs. The IR thermometer instrumentation consists of a 2 row, 16 digit LCD which has a microcontroller that provides easy integration with the data collection system that is also built using Visual Basic.

The most important component of the system is the microcontroller T89C51AC2 series MCS-51. The advantages of this system are smaller size, reduced cost, and improved programming features which provide more flexibility to the system. This system satisfies the current design requirements and the software allows for customization to meet future requirements.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ทางผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ไพศาล สิทธิโยภากุล และ อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ ที่คอยให้คำแนะนำ คำชี้แนะ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ผู้เขียนเอกสาร และตำราอ้างอิงต่างๆ ทุกท่าน ที่ผู้จัดทำได้นำข้อมูลมาทำโครงงานนี้ จนเป็นผลสำเร็จ

ขอบพระคุณ บิดา มารดาของผู้จัดทำ ที่ได้อุปการะผู้จัดทำ ช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆ แนวทางในการเขียนโปรแกรม ตลอดจนอุปกรณ์ในการทำงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ผู้จัดทำมีโอกาสเข้ามาศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้

สุดท้าย ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำชี้แนะ คำปรึกษา คำแนะนำ และประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้จัดทำ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลงได้ดี

ผู้จัดทำ

นายคมสัน บัณฑิตธรรมคุณ

นางสาวเสาวณีย์ เครือศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ที่มาของโครงงาน	1
1.2แนวคิดของโครงงาน	2
1.3วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการอินฟราเรด	3
2.1.1 อุณหภูมิ	3
2.1.2 การวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 เบอร์ T89C51AC2	5
2.2.1ลักษณะโดยทั่วไป	5
2.2.2 สัญญาณนาฬิกา CLOCK	6
2.2.3 การทำงานของรีจิสเตอร์ CKCON	7
2.2.4 การจัดสรร I/O ของ CPU เบอร์ T89C51AC2	9
2.3 พอร์ตอนุกรม	11
2.3.1 การสื่อสารแบบอนุกรม	11
2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	12
2.3.3 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	14
2.3.4 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232	16
2.3.5 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H : รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.6 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H : รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ 19

2.3.7 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02 H : รีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานการณ์อินเตอร์รัปต์ 20

2.3.8 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 03H : รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล 21

2.3.9 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 04H : รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม 22

2.3.10 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม 23

2.3.11 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 07H : รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว 24

2.4ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232 24

2.5 Visual Basic เบื้องต้นการใช้งาน 26

2.5.1Visual Basic เบื้องต้น 26

2.5.2ตัวอย่างโปรแกรมติดต่อกับบอร์ดอินเตอร์เฟส เพื่อรับและส่งค่าข้อมูล 32

บทที่3 การออกแบบ 36

3.1 ภาพโดยรวมของระบบ 36

3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์ 37

3.2.1 ส่วนของตัววัดอุณหภูมิ 37

3.2.2 วงจรขยายสัญญาณ 38

3.2.3 ส่วนของ MCS-51 40

3.2.4 ส่วนของการแสดงผล 42

3.3 การออกแบบซอฟท์แวร์ 47

บทที่4 ผลการทดลอง 52

4.1 วิธีการทดลอง 53

4.2 ผลการทดลอง 54

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 56

5.1 สรุปผลการทดลอง 56

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 56

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 สเปตรัมความถี่อินฟราเรด 4

รูปที่ 2.2 Block Diagram ของ T89C51AC2 6

รูปที่ 2.3 แสดง ลักษณะโครงสร้างของรีจิสเตอร์ CKCON (ตำแหน่ง 8FH) 7

รูปที่ 2.4 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม 12

รูปที่ 2.5 รูปอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส 13

รูปที่ 2.6 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-25 และ DB-9 15

รูปที่ 2.7 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมกับพอร์ตอนุกรมของ 15

รูปที่ 2.8 แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ 18

รูปที่ 2.9 แสดงรีจิสเตอร์สำหรับการอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ 19

รูปที่ 2.10 แสดงรีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานการณ์อินเตอร์รัปต์ 20

รูปที่ 2.11 แสดงรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล 21

รูปที่ 2.12 แสดงรีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม 22

รูปที่ 2.13 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม 23

รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม 24

รูปที่ 2.15 แสดงหน้าจอการเลือกการสร้างงาน 26

รูปที่ 2.16 แสดงส่วนต่างๆ ของเครื่องมือสร้างโครงงาน 27

รูปที่ 2.17 แสดง เครื่องมือ 28

รูปที่ 2.18 4. า ยละเอียดของการใช้เครื่องมือต่างๆ 31

รูปที่ 2.19 แสดงรูปการติดต่อพอร์ต 33

รูปที่ 3.1 แสดงภาพของระบบของเครื่องวัดอุณหภูมิโดยรวม 36

รูปที่ 3.2 รูปแสดง ตัวเซ็นเซอร์ ที่ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ 37

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของการใช้ตัวเซ็นเซอร์ มาวัดอุณหภูมิ 37

รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของตัวเซ็นเซอร์ 38

รูปที่3.5 แสดง ลักษณะของการแผ่กระจายรังสีจากวัสดุสู่เซ็นเซอร์ 38

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรขยายแรงดัน 39

รูปที่3.6 แสดงรูปของบอร์ด CP-JR51AC2 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.7 แสดงวงจรของ บอร์ด CP-JR51AC2 41
รูปที่ 3.8 แสดงการต่อการใช้งาน LCD 44
รูปที่ 3.9 Flow Chart แสดงส่วนของการรับส่งข้อมูล 45
รูปที่ 3.10 โฟว์ชาร์ท แสดงการรับสัญญาณมาประมวลผล 46
รูปที่ 3.11 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานส่วนซอฟท์แวร์ 48
รูปที่ 3.12 แสดงไนแอมในส่วนของซอฟท์แวร์ 49
รูปที่ 3.13 แสดงการเลือกการสร้างฐานข้อมูลโดยใช้มุมมองออกแบบ 50
รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะการสร้าง ตาราง สำหรับเก็บ ชื่อ วัสดุ โดยใช้ Access 50
รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ระหว่างตารางโดยใช้ Access 50
รูปที่ 4.1 แสดงภาพวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 52
รูปที่ 4.2 แสดงภาพภายในเครื่องวัดอุณหภูมิโดยอินฟาเรด 53
รูปที่ 4.3 แสดงภาพขณะทำการทดสอบการวัดอุณหภูมิ 53
รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอสำหรับวัดอุณหภูมิ 53
รูปที่ 4.4 ขยายแสดงผลกราฟของการวัดอุณหภูมิ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม 25

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือ Visual Basic 28

ตารางที่ 3.1 แสดงคำสั่งควบคุม LCD 43

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการเก็บค่าข้อมูล 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันนี้มีการใช้พลังงานมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นพลังงานในด้านใดก็ตาม ดังจะเห็นได้จากสื่อต่างๆ ที่มีการรณรงค์ในด้านการประหยัดพลังงานกันมากขึ้น อีกทั้งราคาน้ำมันดิบของโลกในขณะนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตเป็นอย่างมาก ซึ่งมีการคาดเดาว่าจะเหลือปริมาณน้ำมันดิบบนพื้นโลกให้มนุษย์ใช้อีกไม่มากนักเหมือนเมื่อในอดีตแล้วนั้น ทำให้เราต้องพยายามหาพลังงานทดแทนมาใช้แทนน้ำมันดิบที่เป็นพลังงานหลังพื้นฐานในปัจจุบันนี้ ซึ่งในช่วงที่มีการศึกษาหาพลังงานใหม่มาทดแทนพลังงานในส่วนต่างๆ นั้น วิธีการที่ทำให้พลังงานที่มีเหลือมีใช้ต่อไปอีกในอนาคตให้ยาวนานที่สุดเท่าที่จะทำได้คือ การอนุรักษ์พลังงานซึ่งเป็นการใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างรู้คุณค่าสำหลับในประเทศไทยมีอัตราใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นอยู่อย่างมาก เนื่องจากจำนวนประชากรที่มีเพิ่มมากขึ้นปัจจุบันดังที่จะสามารถเห็นได้ง่ายๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง นั้นมีการบริโภคพลังงานเหล่านี้มากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากมีการใช้ปริมาณมากมายนี้เอง จึงเป็นสาเหตุทำให้สภาวะสิ่งแวดล้อมในประเทศมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังที่จะสามารถสังเกตได้ง่ายๆ จากฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงในประเทศไทยการที่มีอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นมากกว่าในอดีตจะสังเกตว่าถ้าหากมีที่อยู่อาศัย ในสภาวะแวดล้อมที่มีมลพิษมากในอากาศโดยรอบบริเวณนั้นจะอุณหภูมิค่อนข้างสูง อาจจะเป็นเพราะลักษณะการปลูกสร้างบ้านเรือนที่เปลี่ยนแปลงไป จากบ้านลักษณะไทยจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบบ้านเป็นลักษณะทางตะวันตกมากขึ้น แต่ในปัจจุบันนี้งานทางด้านสถาปนิกก็ได้ออกแบบบ้านมาให้มีการระบายอากาศได้ดีขึ้น เช่น โดยการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้างบ้านที่มีการใช้วัสดุที่ช่วยลดอุณหภูมิในบ้านในเย็นลง แล้วยังเป็นการช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าอีกด้วย หากสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง ซึ่งบางห้องในบ้านอาจจะไม่ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศเลยก็ได้ หรือหากจำเป็นต้องมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศในห้องนั้นก็มีการใช้ไม่มากนัก เป็นผลทำให้สามารถช่วยประหยัดพลังงานตามการรณรงค์ทางภาครัฐอีกประการหนึ่ง ด้วยสาเหตุนี้เองจึงเป็นแนวความคิดของโครงงานนี้ที่ว่าจะทราบได้อย่างไร ว่าอุปกรณ์ที่เรานำมาใช้ตามคำแนะนำของสถาปนิก หรือ พนักงานขายวัสดุก่อสร้างนั้นจะช่วยลดอุณหภูมิได้อย่างแท้จริง จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดโครงงานเครื่องทดสอบอุณหภูมินี้ขึ้นมา โดยผลของการทดลองนั้นอาจจะช่วยให้ท่านผู้ที่กำลังจะตัดสินใจปลูกสร้างบ้าน และต้องการเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างบ้านที่ทำให้บ้านมีอุปกรณ์ไม่ร้อนมากนัก มีข้อมูลที่ถูกต้องในการเลือกในวัสดุในการใช้งานได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 แนวคิดของโครงงาน

ในปัจจุบันได้มีการรณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานและความร้อนเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหานี้ ยกตัวอย่างเช่น ทุกวันนี้อุณหภูมิความร้อนสูงขึ้นมากกว่าในอดีตวิธีการช่วยลดความร้อนที่นิยมใช้กันก็คือ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทพวกเครื่องปรับอากาศ หรือ พัดลม โดยมีการใช้พลังงานความร้อนสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เท่ากัน และมีการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ไม่เท่ากัน ซึ่งหากมีการจัดพื้นที่ใช้สอยให้ถูกต้องมีการเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาสร้างตัวอาคารสำนักงานหรือที่อยู่อาศัยให้เหมาะสมแล้ว จะช่วยลดความจำเป็นในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อลดความร้อนได้อีกประการหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถทดสอบการนำความร้อนของวัสดุให้สามารถตรวจวัดอุณหภูมิของวัสดุ โดยค่าที่วัดได้จะมีการเก็บผลข้อมูลลงยังคอมพิวเตอร์

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นการศึกษาเครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้อินฟราเรด
2. เพื่อทำการทดสอบการนำความร้อนของวัสดุ
3. สามารถคำนวณการนำความร้อนและบันทึกลงคอมพิวเตอร์แสดงข้อมูลเป็นกราฟ
4. เพื่อนำผลข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการเลือกวัสดุใช้งานได้อย่างถูกต้อง

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1. ทำเครื่องทดสอบอุณหภูมิโดยใช้อินฟราเรด
2. ขอบเขตในการวัดอยู่ที่ย่าน 0-100 °C
3. ระดับในการวัดใช้ระดับในการวัดขั้นละ 0.1 โดยมีอัตราส่วน 8 : 1
4. ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ MCS-51 ในการทดลอง
5. ทำฐานข้อมูลในการาจัดเก็บอุณหภูมิและแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำไปใช้วัดอุณหภูมิของพื้นผิววัสดุต่างๆ
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะของห้องทดสอบ หรือ ด้านอุตสาหกรรม
3.ตัวชิ้นงานและโปรแกรมนี้จะสามารถนำไปใช้งานในการเลือกใช้อุปกรณ์ให้ถูกต้องตามลักษณะได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการอินฟราเรด

2.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติที่ใช้บอกความร้อนและความเย็นของวัตถุ และถือว่าเป็นพารามิเตอร์สำคัญ ซึ่งใช้กันอยู่ในวงการวิศวกรรม และอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นงานผลิต งานควบคุม หรืองานซ่อมบำรุงก็มักต้องมีค่าอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นตัวชี้สถานะของอุปกรณ์ ระบบการผลิต และผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้เองการวัดค่าอุณหภูมิจึงมีความสำคัญ และเครื่องมือวัดอุณหภูมิก็ได้รับการพัฒนาขึ้นจากอดีตมาโดยตลอด เช่นเดียวกัน

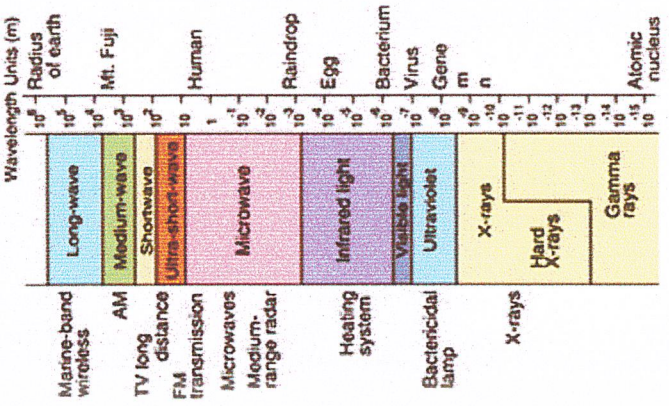
2.1.2 การวัดอุณหภูมิด้วยแสงอินฟราเรด

เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดวัดอุณหภูมิได้โดยการตรวจจับพลังงานอินฟราเรด ที่แพร่กระจายออกจากวัตถุซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ (ศูนย์องศาเคลวิน) โดยโครงสร้างของเครื่องประกอบไปด้วย เลนส์ ซึ่งทำหน้าที่รวมพลังงานแสงอินฟราเรดเข้าไปยัง ตัวตรวจจับ (Detector) และตัวตรวจจับจะทำหน้าที่แปลงพลังงานดังกล่าวให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถแสดงค่าเป็นหน่วยของอุณหภูมิ หลังจากที่มีการชดเชยอุณหภูมิแวดล้อมแล้ว

จากที่กล่าวข้างต้น คลื่นอินฟราเรดที่แพร่กระจายออกจากวัตถุก็คือ สเปกตรัมของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างคลื่นความถี่ของแสงที่ตามองเห็น (Visible Light) กับคลื่นความถี่วิทยุ โดยในสเปกตรัมความถี่อินฟราเรด มีช่วงความยาวคลื่น 0.7 ไมครอน ถึง 1000 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 อย่างไรก็ตามย่านความถี่อินฟราเรดที่ใช้ในทางปฏิบัติ อยู่ในช่วง 0.7 ถึง 20 ไมครอนเท่านั้น ด้วยสาเหตุนี้เอง ที่ทำให้ตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน มีความไวไม่เพียงพอที่จะวัดพลังงานอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นเกิน 20 ไมครอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้



รูปที่ 2.1สเปกตรัมความถี่อินฟราเรด

แม้ว่าเราจะมองไม่เห็นแสงอินฟราเรดได้ด้วยตาเปล่า แต่พฤติกรรมของแสงอินฟราเรดก็เหมือนกับแสงที่มองด้วยตาเปล่าเห็น อย่างแรกก็คือ แสงอินฟราเรดเดินทางเป็นเส้นตรงจากแหล่งกำเนิดแสง สามารถสะท้อนกลับ หรือถูกดูดซับ โดยพื้นผิววัสดุได้เช่นเดียวกัน เมื่อคลื่นแสงอินฟราเรดพุ่งเข้าสู่วัสดุแข็งทึบแสง แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับที่พื้นผิวของวัสดุ และส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ ทั้งนี้คลื่นแสงในส่วนที่ถูกดูดซับไว้ที่พื้นผิววัสดุจะเกิดการแพร่กระจายอีกครั้งหนึ่งและสะท้อนกลับภายในพื้นผิววัสดุ กรณีวัสดุที่โปร่งแสงด้วยเช่นกัน อย่างเช่น กระจก, ก๊าซ หรือพลาสติกใส ก็จะเกิดปรากฏการณ์เช่นเดียวกับวัสดุทึบแสง แต่ที่ไม่เหมือนกันก็คือพลังงานแสงอินฟราเรดบางส่วนจะสามารถลอดผ่านวัสดุโปร่งแสงได้ด้วย

ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในย่านกว้าง โดยความเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดก็คือ การพัฒนาตัวตรวจจับให้มีความเป็นเชิงเส้น, มีอัตราขยายสัญญาณสูงขึ้น และมีวงจรกรองสัญญาณ (Selective Filter) เพิ่มเข้าไว้ในตัวตรวจจับอีกด้วย ตัวตรวจจับบางรุ่นมีเอาต์พุตเป็นกระแสและแรงดันมาตรฐานให้ด้วย (4-20mA / 0- 10 Volt) โครงสร้างภายในของตัวตรวจจับในปัจจุบันนี้จึงดูซับซ้อนยิ่งขึ้น

ในช่วง 3-5 ปีที่ผ่านมา ตลาดเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด ได้เปลี่ยนแปลงไปใน 2 ทิศทาง อย่างแรกก็คือราคาของตัวเครื่องที่ลดต่ำลงกว่าในอดีต บางรุ่นนั้นราคาลดต่ำลงกว่าเมื่อ 5 ปีที่แล้วกว่าครึ่ง ทั้งนี้สาเหตุน่าจะมาจากชิ้นส่วนที่มีราคาแพง คือ เลนส์ และตัวตรวจจับ ซึ่งได้รับการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีใหม่ และมีการนำเอาวัสดุอื่นมาใช้ทำเลนส์ อย่างเช่น พลาสติก และเลนส์ Fresnel เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากกระบวนการผลิตตัวตรวจจับทีละมากๆ (Mass Production) ในลักษณะเช่นเดียวกับการผลิตตัวตรวจจับที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องปิ้งขนมปัง เครื่องเป่าผม หรือ Ear Thermometer (เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในทางการแพทย์) ก็เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตตัวตรวจจับ นั้นลดลง ความเปลี่ยนแปลงอีกอย่าง คือ เซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

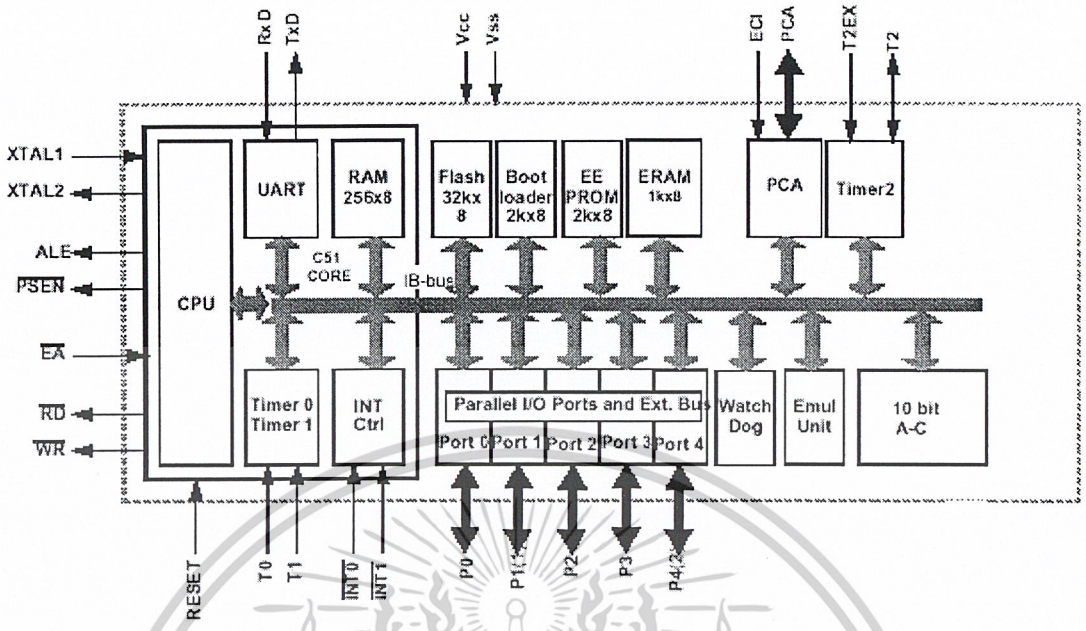
มีขนาดเล็กลง ต่างจากในอดีตที่ต้องใช้เลนส์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ เพื่อสร้างพลังงานแสงที่เพียงพอ ปัจจุบันนี้ด้วยเทคโนโลยีไมโครซิสเต็ม (Microsystems) และวงจรขยายสัญญาณอนาลอกที่ได้มีการปรับปรุงเรื่องของสัญญาณรบกวนให้ต่ำลง ก็ช่วยให้ขนาดของหัวตรวจจับแสงอินฟราเรดมีขนาดเล็กมาก ยกตัวอย่างเช่น เซนเซอร์แสงที่ผลิตใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม และอุตสาหกรรมพลาสติก ฯลฯ ในปัจจุบันจะมีคุณลักษณะในการตอบสนองด้วยค่าการแยกแยะ (Resolution) เท่ากับ 0.1 C และสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง 0 C แม้ว่าตัวเลนส์จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเลนส์เพียง 14 มิลลิเมตร

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 เบอร์ T89C51AC2

2.2.1ลักษณะโดยทั่วไป

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 เบอร์ T89C51AC2เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดกลาง โดยเป็น CPU ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ของ ATMEL ในตระกูล MCS51 ซึ่ง CPU ตัวนี้บรรจุอยู่ภายในตัวถังแบบ PLCC ขนาด 44 ขา และมีทรัพยากรต่างๆ บรรจุไว้ภายในตัวCPUอย่างครบถ้วนไม่ว่าจะเป็น ADC/TIMER/COUNTER/PWM หรือ PORT I/O ต่างๆซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ ใช้งานในลักษณะต่างๆได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสถาปัตยกรรมทางด้านฮาร์ดแวร์ของ CPU เบอร์นี้ จะมีความอ่อนตัวในการใช้งานได้ค่อนข้างดี กล่าวคือฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆของฮาร์ดแวร์สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้ด้วยโปรแกรม ดังนั้นผู้ใช้งานจึงสามารถนำระบบฮาร์ดแวร์แบบเดียวกันไป ประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่างๆ กันได้โดยไม่ยากนัก โดยการปรับเปลี่ยนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Block Diagram ของ T89C51AC2

จากรูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ T89A51AC2 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ RAMขนาด 256X8 พอร์ตสำหรับต่อใช้งานทั้งหมด 34 เส้น สัญญาณ คือ P0[0..7], P1[0..7],P2[0..7],P3[0..7]และP4[0..1] ส่วนของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ขนาด 10 บิต 8 ช่อง ส่วนของสัญญาณนาฬิกา Timer0 และ Timer1 ส่วนของการอินเตอร์รัปต์ ซึ่งทั้งหมดนี้จะได้อธิบายรายละเอียดต่อไป

2.2.2 สัญญาณนาฬิกา CLOCK

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้กับ CPU เบอร์ T89C51AC2 นั้น ตามปรกติทั่วๆไปแล้ว จะสามารถป้อนค่าความถี่ของ Crystal ได้มากถึง 40MHz ในกรณีที่จะโปรแกรมโหมดการทำงานของ CPU ให้ทำงานใน Standard Mode (12 Clock / 1 Machine Cycle) แต่ในกรณีที่โปรแกรมโหมดการทำงานของ CPUใน X2 Mode (6 Clock / 1 Machine Cycle) จะสามารถใช้ค่าความถี่สูงสุดได้ 20MHz ซึ่งเทียบเท่ากับความเร็ว40 MHz ใน Standard Mode แต่สำหรับบอร์ด CP-JR51AC2 นั้นจะกำหนดให้ใช้ค่าความถี่ของ Crystal ที่ป้อนให้กับ CPU ด้วยค่าความถี่ Crystal เป็น 18.432MHz เพื่อให้การใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม สามารถหาค่า Baudrate ได้ลงตัวตามมาตรฐานของการสื่อสารอนุกรมทั่วๆไป ซึ่งค่าความเร็วการทำงานของ CPU ในบอร์ดจะอ้างอิงการทำงานจากความถี่ 18.432MHz นี้เป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามค่าความเร็วในการปฏิบัติงานของ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปรับเปลี่ยนได้จากโปรแกรมเพื่อให้การทำงานเร็วขึ้นเป็น 2 เท่า โดยกำหนดให้การทำงานของ CPUทำงานใน X2 Mode ซึ่งจะเปรียบเทียบได้กับการทำงานด้วยความเร็วเท่ากับความถี่ 36.864MHz ใน Standard Mode โดยคุณสมบัติการทำงานของ สัญญาณนาฬิกามีดังนี้

1. กำหนดให้ CPU ทำงานใน Standard Mode หรือ 12 Clock / 1 Machine Cycle ซึ่งคุณสมบัตินี้จะเหมือนกับ CPU ในตระกูล MCS51 มาตรฐานทั่วๆไป

2. กำหนดให้ CPU ทำงานใน X2 Mode หรือ 6 Clock / 1 Machine Cycle ซึ่งจะทำให้การทำงานของ CPU เร็วกว่า CPU ในตระกูล MCS51 มาตรฐานทั่วๆไปถึง 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่าความถี่ของ Crystal ด้วยค่าความถี่เดียวกัน

2.2.3 การทำงานของรีจิสเตอร์ CKCON

CKCON เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดความเร็วในการทำงานของ CPU และอุปกรณ์ต่างๆที่บรรจุไว้ภายในตัว CPU โดยหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งค่าของรีจิสเตอร์ตัวนี้จะมีค่าเป็น “0” ทุกบิต

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
-	WDX2	PCAX2	SIX2	T2X2	T1X2	T0X2	X2

รูปที่ 2.3 แสดง ลักษณะ โครงสร้างของรีจิสเตอร์ CKCON (ตำแหน่ง 8FH)

1. WDX2 เป็นบิต Watch Dog Clock ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติโหมดการทำงานของสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้กับวงจร Watch Dog ซึ่งตามปรกติหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งนั้นบิตนี้จะมีค่าเป็น“0” เสมอ โดยบิตนี้จะมีผลเมื่อบิต X2 ถูกเซ็ตเป็น “1” ไว้แล้วเท่านั้น โดยถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น “0” จะหมายถึง เลือกโหมดการทำงานของความถี่ของวงจร Watch Dog เป็นแบบ 6 Clock /1 Watch Dog Clock แต่ถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น “1” จะหมายถึง การเลือกโหมดการทำงานของความถี่ของจร Watch Dog เป็น 12 Clock / 1 Watch Dog Clock

2. PCAX2 เป็นบิต Programmable Counter Array Clock ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติโหมดการทำงานของสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้กับวงจร PCA ซึ่งตามปรกติหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งนั้นบิตนี้จะมีค่าเป็น “0” เสมอ โดยบิตนี้จะมีผลเมื่อบิต X2 ถูกเซ็ตเป็น “1” ไว้แล้วเท่านั้น โดยถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น “0” จะหมายถึง เลือกโหมดการทำงานของความถี่ของวงจร PCAเป็นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6Clock / 1 PCA Clock แต่ถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น “1” จะหมายถึง การเลือกโหมดการทำงานของความถี่ของจร PCA เป็น 12 Clock / 1 PCA Clock

3. SIX2 เป็นบิต Enhanced UART Clock (Mode 0 and 2) ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติโหมดการทำงานของสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้กับวงจร UART หรือพอร์ตสื่อสารอนุกรม ซึ่งตามปรกติหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งนั้นบิตนี้จะมีค่าเป็น “0” เสมอ โดยบิตนี้จะมีผลเมื่อบิต X2 ถูกเซ็ตเป็น “1”ไว้แล้วเท่านั้น โดยถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น “0” จะหมายถึง เลือกโหมดการทำงานของความถี่ของวงจร UART เป็นแบบ 6 Clock / 1 UART Clock แต่ถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น “1” จะหมายถึง การเลือกโหมดการทำงานของความถี่ของจร UART เป็น 12 Clock / 1 UART Clock

4. -.306.เป็นบิต Timer2 Clock ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติโหมดการทำงานของสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้กับวงจร Timer2 ซึ่งตามปรกติหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งนั้นบิตนี้จะมีค่าเป็น “0” เสมอ โดยบิตนี้จะมีผลเมื่อบิต X2 ถูกเซ็ตเป็น “1” ไว้แล้วเท่านั้น โดยถ้ากำหนดให้บิต T2X2 นี้ มีค่าเป็น “0”จะหมายถึง เลือกโหมดการทำงานของความถี่ของวงจร Timer2 เป็นแบบ 6 Clock แต่ถ้ากำหนดให้บิต T2X2 นี้มีค่าเป็น “1” จะหมายถึง การเลือกโหมดการทำงานของความถี่ของจร Timer2 เป็นแบบ 12 Clock

5. T2X1 เป็นบิต Timer1 Clock ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติโหมดการทำงานของสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้กับวงจร Timer1 ซึ่งตามปรกติหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งนั้นบิตนี้จะมีค่าเป็น “0” เสมอ โดยบิตนี้จะมีผลเมื่อบิต X2 ถูกเซ็ตเป็น “1” ไว้แล้วเท่านั้น โดยถ้ากำหนดให้บิต T1X2 นี้ มีค่าเป็น “0”จะหมายถึง เลือกโหมดการทำงานของความถี่ของวงจร Timer1 เป็นแบบ 6 Clock แต่ถ้ากำหนดให้บิต T1X2 นี้มีค่าเป็น “1” จะหมายถึง การเลือกโหมดการทำงานของความถี่ของจร Timer1 เป็นแบบ 12 Clock

6. T0X2 เป็นบิต Timer0 Clock ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติโหมดการทำงานของสัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนให้กับวงจร Timer0 ซึ่งตามปรกติหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งนั้นบิตนี้จะมีค่าเป็น “0” เสมอ โดยบิตนี้จะมีผลเมื่อบิต X2 ถูกเซ็ตเป็น “1” ไว้แล้วเท่านั้น โดยถ้ากำหนดให้บิต T0X2 นี้ มีค่าเป็น “0”จะหมายถึง เลือกโหมดการทำงานของความถี่ของวงจร Timer0 เป็นแบบ 6 Clock แต่ ถ้ากำหนดให้บิต T0X2 นี้มีค่าเป็น “1” จะหมายถึง การเลือกโหมดการทำงานของความถี่ของจร Timer0 เป็นแบบ 12 Clock

8. X2 เป็นบิต CPU Clock ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของสัญญาณนาฬิกาที่เป็นให้กับCPU ซึ่งตามปรกติหลังการรีเซ็ตทุกๆครั้งนั้นบิตนี้จะมีค่าเป็น “0” เสมอ โดยเมื่อกำหนดให้บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้มีค่าเป็น “0” จะเป็นการกำหนดโหมดการทำงานของสัญญาณความถี่นาฬิกาของ CPU ให้ทำงาน

ใน Standard Mode (12 Clock / 1Machine Cycle) ซึ่งการทำงานของ CPU และอุปกรณ์ภายในตัว CPU ทั้งหมดจะอ้างอิงการทำงานจาก Machine Cycle แบบ 12 Clock ทั้งหมด แต่ถ้ากำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น “1” จะเป็นการกำหนดโหมดการทำงานของสัญญาณความถี่นาฬิกาของ CPUให้ทำงานใน X2 Mode (6 Clock / 1Machine Cycle) ซึ่งการทำงานของ CPU จะอ้างอิงการทำงานจาก Machine Cycle แบบ 6 Clock ส่วนอุปกรณ์ภายในอื่นๆนั้นจะขึ้นอยู่กับการกำหนดบิตเลือกโหมดสัญญาณนาฬิกา ของแต่ละอุปกรณ์อีกครั้งหนึ่ง

2.2.4 การจัดสรร I/O ของ CPU เบอร์ T89C51AC2

CPU เบอร์ T89C51AC2 เป็น CPU ประจำบอร์ด โดยตัว CPU เบอร์นี้จะมีขาสัญญาณที่สามารถนำมาใช้งานเป็น I/O Port ได้ทั้งหมด 34 เส้นสัญญาณ ประกอบด้วย

- P0[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P1[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P2[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P3[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P4[0..1] จำนวน 2 เส้นสัญญาณ

โดยการออกแบบวงจรของบอร์ด CP-JR51AC2 นั้น ได้พยายามออกแบบวงจรโดยวางโครงสร้างของบอร์ด ให้มีความอ่อนตัวในในการใช้ งานมากที่สุด เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำบอร์ดไปประยุกต์ใช้งานในหลายๆลักษณะได้ โดยไม่ต้องดัดแปลงโครงสร้างวงจรของบอร์ดไปจากเดิมมากนัก ดังนั้นจึงได้มีการจัดสรรขาสัญญาณ Port I/O ของ CPU ให้สามารถทำงานได้หลายหน้าที่ โดยให้ผู้ใช้สามารถเลือกได้ตามต้องการ โดยบางขาสัญญาณสามารถกำหนดได้จากโปรแกรม แต่บางขาสัญญาณก็อาจต้องกำหนดจาก Jumper ด้วย โดยหน้าที่การใช้งาน Port I/O ของ CPU ในบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0 นั้น สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

P0.0-P0.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้สามารถใช้งานเป็น Input หรือ Output ได้ตามต้องการ โดยในบอร์ด CP-JR51AC2 V2.0 นั้น ขาสัญญาณของ P0 ทั้งหมด จะถูกเชื่อมต่อไปยังขั้วต่อ 34 PIN และขั้วต่อ P0(KBI) ไว้ด้วย โดยที่ P0.0-P0.6 จะต่อตรงไปยังขั้วต่อ P0(KBI) ทั้งหมด แต่ P0.7 นั้นจะต่อผ่าน Jumper4X4/SPK โดยถ้าเลือก Jumper ไว้ด้าน 4x4 สัญญาณ P0.7 ก็จะต่อไปยังขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P0(KBI) ด้วย แต่ถ้า Jumper4x4/SPK ถูกเลือกไว้ทางด้าน SPK สัญญาณ P0.7 ก็จะถูกต่อไปควบคุมการทำงานของลำโพงแทน

P1.0-P1.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้จะสามารถใช้งานได้หลายหน้าที่ เช่น ใช้งานเป็น ADC ใช้งานเป็น Input หรือ Output และบางขายังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษของระบบ Timer และ PCA ได้อีกด้วย โดยขาสัญญาณทั้งหมดจะถูกเชื่อมต่อไปยังขั้วต่อ 34 PIN และขั้วต่อ P1(ADC) ไว้ให้เลือกใช้งานตามต้องการ นอกจากนี้แล้วยังมีขาสัญญาณบางขาของ P1 ถูกจัดสรรไปยังวงจรอื่นๆด้วยดังนี้

- P1.3 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM0
- P1.4 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM1
- P1.5 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM2
- P1.6 ถูกต่อไปยังขั้วต่อ PWM3

P2.0-P2.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้จะสามารถใช้งานได้ทั้งเป็น Input และ Output โดยขาสัญญาณทั้งหมดของ P2 จะถูกต่อไปยังขั้วต่อ 34PIN ส่วน P2.0-P2.5 นั้นนอกจากจะต่อไปยังขั้วต่อ 34PIN แล้วยังต่อไปยังขั้วต่อ CLCD เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของ LCD อีกด้วยดังนี้

- P2.0 ทำหน้าที่เป็น D4 ของ LCD
- P2.1 ทำหน้าที่เป็น D5 ของ LCD
- P2.2 ทำหน้าที่เป็น D6 ของ LCD
- P2.3 ทำหน้าที่เป็น D7 ของ LCD
- P2.4 ทำหน้าที่เป็น EN ของ LCD
- P2.5 ทำหน้าที่เป็น RS ของ LCD

P3.0 ทำหน้าที่เป็น RXD ของวงจรสื่อสารอนุกรม RS232/422/485

P3.1 ทำหน้าที่เป็น TXD ของวงจรสื่อสารอนุกรม RS232/422/485

P3.2-P3.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้ จะสามารถใช้งานได้ ทั้งเป็น Input และ Output โดยขาสัญญาณทั้งหมดของ P3 ทั้ง 6 เส้นนี้ จะถูกต่อไปยังขั้วต่อ 34 PIN ทั้งหมด แต่ยังมีขาสัญญาณของ P3 อีกบางขาที่มีการจัดสรรหน้าที่ออกไปใช้งานยังส่วนอื่นๆด้วยดังนี้

- P3.3 ถู กต่อไปยังขั้วต่อของเครื่องอ่านบัตรแถบแม่เหล็กโดยทำหน้าที่เป็น PRESENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- P3.4 ถู กต่อไปควบคุมทิศทางการ รับ-ส่ง ข้อมูลของ RS485 โดยผ่าน Jumper 422/485
- P3.5 ถู กต่อไปควบคุมการทำงานของ RELAY โดยเลือกผ่าน Jumper P3.5(RELAY)
- P3.6 ถู กต่อไปยังขั้วต่อเครื่องอ่านบัตรแถบแม่เหล็กโดยทำหน้าที่เป็น DATA
- P3.6 ถู กต่อไปยังขั้วต่อเครื่องอ่านบัตรแถบแม่เหล็กโดยทำหน้าที่เป็น CLOCK

P4.0 จะใช้ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ I2C BUS โดยทำหน้าที่เป็น SCL

P4.1 จะใช้ทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ I2C BUS โดยทำหน้าที่เป็น SDA

2.3 พอร์ตอนุกรม

มีทางเลือกอยู่ 2 ทางในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมการรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้การรับและส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง ซึ่งก็หมายความว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลที่จะส่งก็ได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

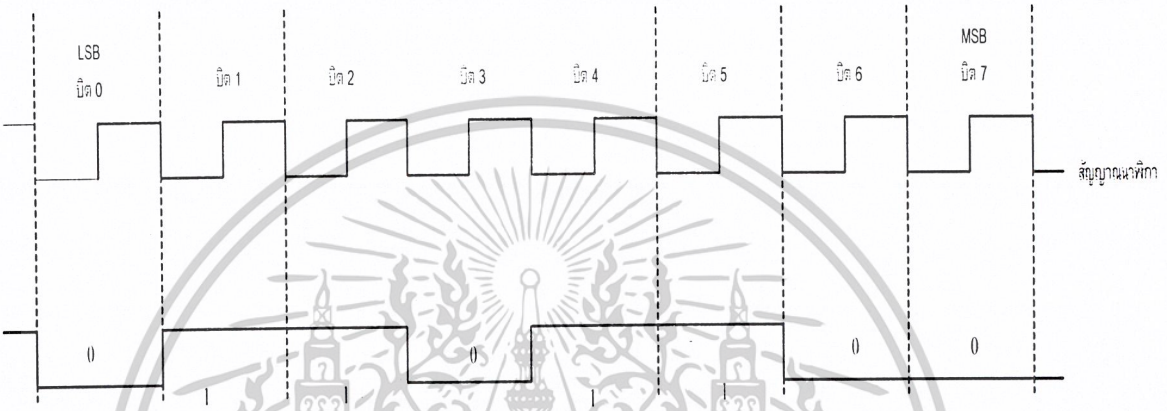
ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิตแต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆ บิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2 – 3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

2.3.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกัน แบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่อ อย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูลและกราวด์



รูปที่ 2.4 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

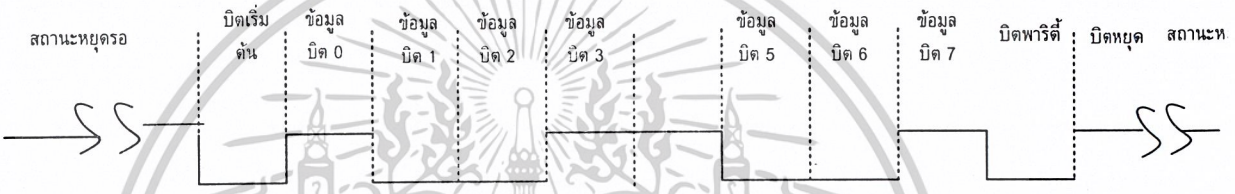
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ การรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรด (baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่งขา DATA จะมีลอจิก "1" ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้นจากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคับต่ำสุด(LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจะตามด้วยพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขาดาต้ามีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2.5 รูปอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัส

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver/Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือ ค่าบอดเรตซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลบอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรมRS-232ได้แก่ 150 , 300 ,600 ,1200,2400, 4800,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และ มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115,200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรดคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่างข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่(odd),แบบคู่(even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิตและมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหา หรือ 1001101 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ค่าในพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้าพาริตี้เป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตี้จะต้องเป็น "1"เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้มีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก "1" มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตี่คี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ UART เบอร์ 8250 UART ชิป เหล่านี้มีระดับแรงดันเป็นแบบทีทีแอล(0 และ +5V)แต่เพื่อให้แรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอดจิก "0" มีระดับแรงดัน +3V ถึง+12V ในขณะที่ลอจิก "1" มีระดับแรดงดัน -3V จนถึง -12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง(space),,

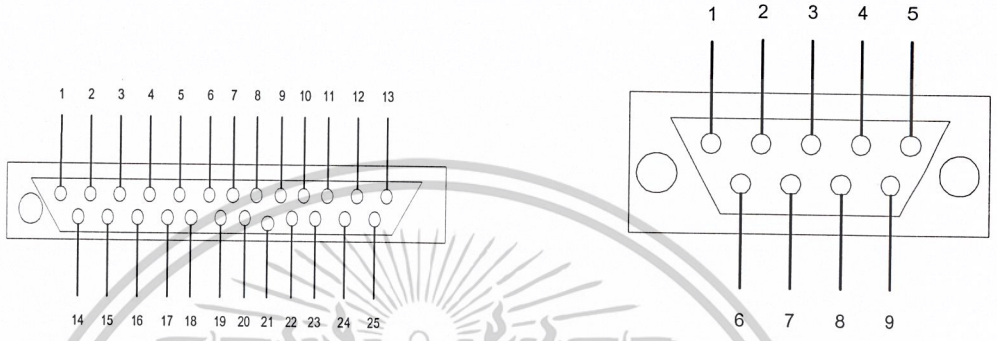
มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล(Data Terminal Equipment :DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง(Data Circuit Terminating:DCE) ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232 ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCEสำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุด 20 เมตร

2.3.3 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

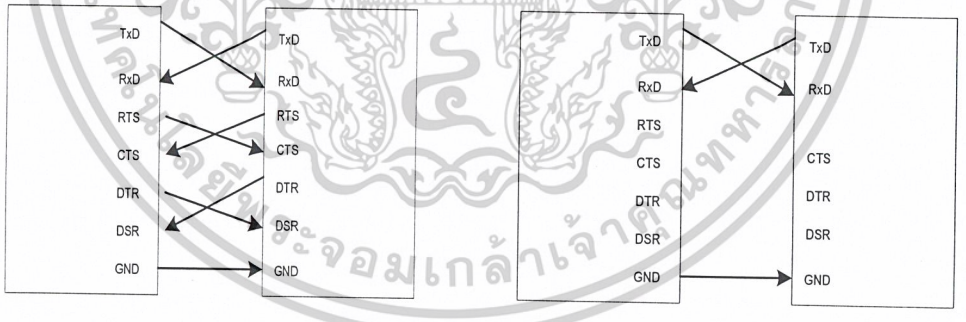
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-25 และ DB-9



รูปที่ 2.7 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมกับพอร์ตอนุกรมของ

คอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังในรูปที่ 1-4 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 1-4 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 1-4(ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้นโดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะแอกตีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

2.Receive Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

3.Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

4.Data Terminal Ready : DTRเป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์ Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ

5.Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

6.Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

7.Clear To Send : CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่

8.Ring Indicator : RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.4 วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรม **RS-232** สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งจะมีชื่อเรียกเป็น COM1,COM2,COM3 และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน

ในรูปที่ 2.8 แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรม ซึ่งประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 8 ตัวที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ จะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

01H รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้ในการเซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTR

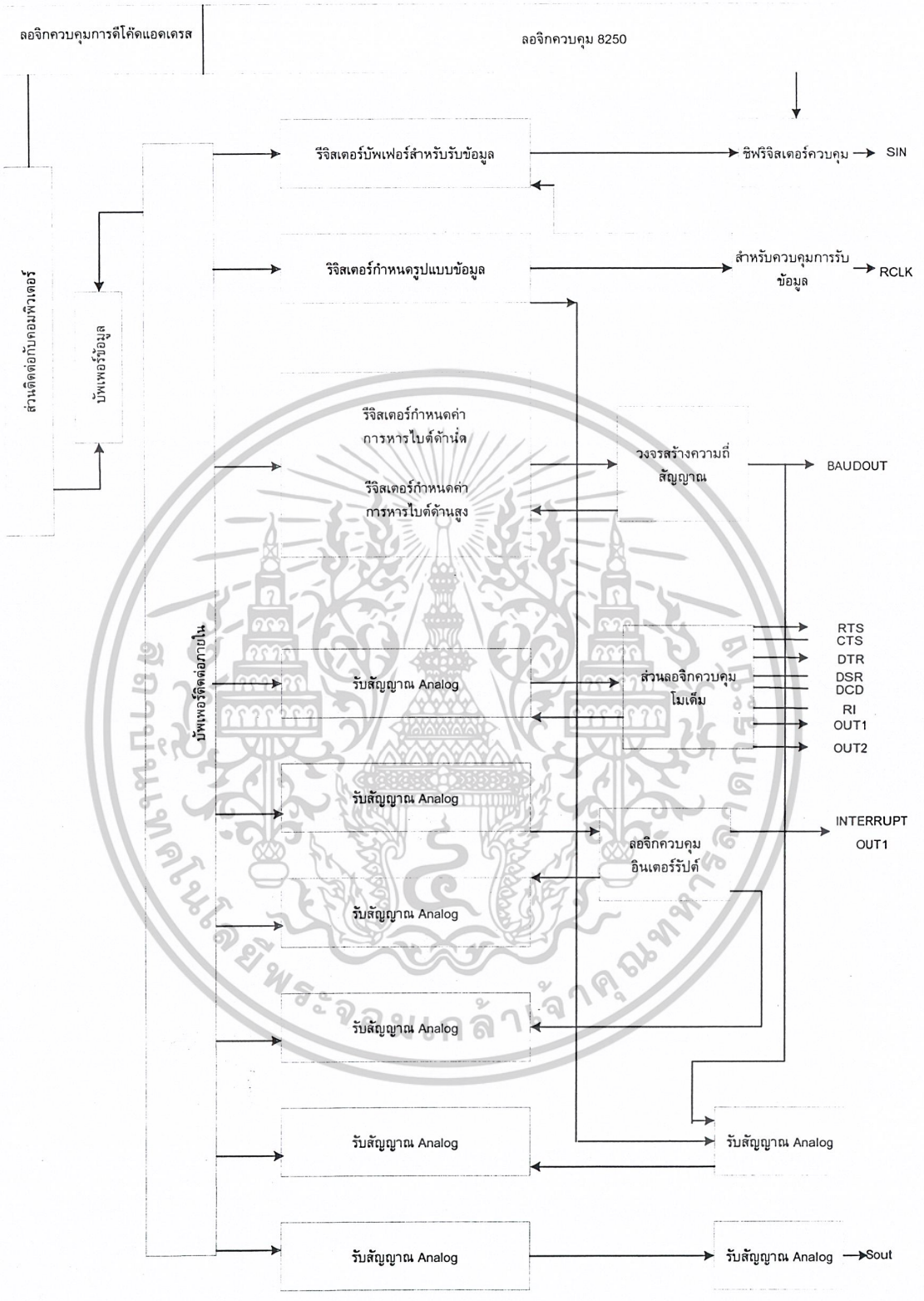
05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการณ์รับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD,RI,DSR และ CTS

07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว

61343

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H : รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาและข้อมูลที่จะส่งออกไป โดยการติดต่อกับรีจิสเตอร์นี้เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการจะส่งจะต้องกำหนดให้บิต DLAB ในรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล (03H) จะต้องมีสถานะเป็น 0 ซึ่งการเขียนข้อมูลมายังแอดเดรสนี้ เป็นการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและข้อมูลจะถูกส่งออกไปแบบอนุกรม สำหรับการรับข้อมูล เมื่อข้อมูลที่รับเข้ามาเรียบร้อยและแปลงเป็นแบบขนานแล้ว ข้อมูลจะถูกส่งมายังรีจิสเตอร์เก็บข้อมูล หลังจากมีการอ่านรีจิสเตอร์นี้ออกไปรีจิสเตอร์นี้จะถูกเคลียร์ และเตรียมพร้อมสำหรับการรับข้อมูลในไบต์ต่อไป

2.3.6 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H : รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	SINP	ERBK	TBE	R×RD

รูปที่ 2.9 แสดงรีจิสเตอร์สำหรับการอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ซึ่งเป็นการกำหนดให้ UART สร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้นมา ฟังก์ชันการทำงานในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์นี้มีดังนี้

บิต 4-7 บิตเหล่านี้ไม่ถูกใช้งาน กำหนดให้เท่ากับ “0”

SINP อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสถานะที่ขาอินพุต CTS, DSR.DCD หรือขา RI
“1” อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์
“0” ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

ERBK อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากเกิดความผิดพลาดขึ้นด้วยสาเหตุจากพาริตี้ โอเวอร์รัน เฟรมข้อมูล หรือการเบรกข้อมูล
“1” อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์
“0” ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

TBE อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เมื่อรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำรับส่งข้อมูลว่าง
“1” อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์
“0” ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

RxRD อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ได้รับข้อมูลเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"1" อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์

"0" ไม่มีการใช้อินเตอร์รัปต์รูปแบบนี้หรือดิสเอเบิล

2.3.7 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02 H : รีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานการณ์อินเตอร์รัปต์

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	ID1	ID0	PND

รูปที่ 2.10 แสดงรีจิสเตอร์แสดงโหมดและสถานการณ์อินเตอร์รัปต์

บิต 3-7 ไม่ได้ใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ "0"

ID1,ID0 ใช้งานร่วมกันเพื่อแจ้งสาเหตุของการเกิดอินเตอร์รัปต์

"00"เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุตขึ้นการอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 4

"01"เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่างขึ้นการอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 3

"10"เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคับเป็นอันดับ 2

"11"เกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการถ่ายทอดข้อมูลหรือเกิดการเบรก (break : เกิดการหยุดถ่ายทอดข้อมูลกระทันหัน) การอินเตอร์รัปต์แบบนี้มีนัยสำคัญเป็นอันดับ 1 หรือมีนัยสำคัญสูงสุด PND ใช้แสดงสถานะของการเกิดอินเตอร์รัปต์

"1" แสดงว่าไม่มีการอินเตอร์รัปต์

"0" แสดงว่ามีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

เมื่อมีการสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้น จะต้องมีการเคลียร์ค่าก่อนที่จะให้เกิดอินเตอร์รัปต์ครั้งต่อไป โดยสามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขาอินพุตจะต้องอ่านค่าจากรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์
2. ถ้าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลว่าง จะต้องเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ส่งข้อมูล (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) หรืออ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานะอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 02H) เพื่อเคลียร์ค่าการอินเตอร์รัปต์
3. ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการเก็บข้อมูลลงในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเรียบร้อย จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถ้าเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลหรือเกิดการเบรก จะต้องเคลียร์ค่าอินเตอร์รัปต์โดยการอ่านค่ารีจิสเตอร์แสดงสถานการณ์รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

2.3.8รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 03H : รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DLAB	BPK	PAR2	PAR1	PAR0	STOP	DAB1	DAB0

รูปที่ 2.11 แสดงรีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล

DLAB ใช้ในการกำหนดหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H)

"1" เป็นการเข้าสู่โหมดการหารค่าบอดเรต

"0" เป็นการเข้าถึงรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 00H) และรีจิสเตอร์สำหรับอีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ (รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 01H)

เมื่อบิต DSAB เป็น "1"รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ (00H) และรีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ (0111) จะใช้สำหรับโหลดค่าการหารความถี่สำหรับกำหนดค่าบอดเรต โดยรีจิสเตอร์ 00H เก็บค่าตัวหารไบต์ต่ำ ส่วนรีจิสเตอร์ 01Hใช้เก็บค่าตัวหารไบต์สูง การหารค่าบอดเรตสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ บอดเรต = 115200/ค่าตัวหาร 16 บิต ค่าตัวเลข 115200 มาจากความถี่ของคริสตอลในวงจร UART ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยคริสตอลที่ใช้มีความถี่ 1.8432 MHz วงจรภายใน UART จะทำการหารค่าความถี่นี้ด้วย 16 ทำให้ได้ค่าความถี่ 115200 Hz ออกมา

ค่าตัวหาร 16 บิต=ข้อมูลในรีจิสเตอร์00H+ (256xข้อมูลในรีจิสเตอร์01H) สมมติว่าต้องการค่าบอดเรตเท่ากับ 9600 ค่าตัวหารที่ใช้จะต้องมีค่าเท่ากับ 12 ซึ่งค่านี้จะต้องถูกโหลดลงในรีจิสเตอร์ 00H และโหลดค่า 0 ลงไปใน รีจิสเตอร์ 01H ค่าตัวหารที่ทำให้เกิดค่าบอดเรตสูงสุดที่ 115200 บิตต่อวินาทีคือ ค่า 0001 นั่นคือรีจิสเตอร์ 00H มีค่าเท่ากับ 1 และรีจิสเตอร์ 01H มีค่าเท่ากับ 0 BRK ใช้ควบคุมการหยุดถ่ายทอดข้อมูล

"1" สามารถหยุดหรือเบรกได้

"0" ไม่มีการหยุดหรือเบรกได้

PAR2,PAR1,PAR0 ใช้เพื่อกำหนดบิตพาริตี้

"000" ไม่ใช้บิตพาริตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"001" กำหนดบิตพาริตี้คี่

"011" กำหนดบิตพาริตี้คู่

"101" มาร์ก (mark)

"111" ช่องว่าง (spacc)

STOP ใช้กำหนดจำนวนบิตปิดท้าย

"1" มีบิตปิดท้าย 2 บิต

"0" มีบิตปิดท้าย 1 บิต

DAB1,DAB0 ใช้ร่วมกันในการกำหนดจำนวนบิตของข้อมูลที่ต้องการถ่ายทอด

"00" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 5 บิต

"01" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 6 บิต

"10" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 7 บิต

"11" จำนวนบิตข้อมูลเท่ากับ 8 บิต

2.3.9 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 04H : รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม

มีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	LOOP	OUT2	OUT1	RTS	DTR

รูปที่ 2.12 แสดงรีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม

บิต 5-7 ไม่มีการใช้งาน อ่านค่าได้เท่ากับ 0

LOOP "1" อีนาเบิลการส่งค่ากลับ

"0" ดิสเอเบิล

OUT1,OUT2 "1" อีนาเบิลการใช้งานภายใน

"0" ดิสเอเบิล

RTS ใช้ควบคุมการทำงานของขา RTS (Ready To Send)

"1" อีนาเบิล

"0" ดิสเอเบิล

DTR ใช้ควบคุมการทำงานของขา DTR (Data Terminal Ready)

"1" อีนาเบิล

"0" ดิสเอเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.10 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 06H : รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม

ใช้เพื่อกำหนดสถานะสัญญาณอินพุต ของพอร์ตอนุกรม RS-232 ซึ่งได้แก่ สัญญาณ DCD,CTS และ RT สำหรับการเชื่อมต่อใช้งานแบบอเนกประสงค์ ดังมีรายละเอียดหน้าที่ของแต่ละบิตต่อไปนี้ดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
DCD	RI	DSR	CTS	DDCD	DRI	DDSR	DCTS

รูปที่ 2.13 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม

DCD ใช้แสดงสภาวะของขา DCD "1" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "1" "0" แสดงว่าที่ขา DCD เป็นลอจิก "0"

RI ใช้แสดงสภาวะของขา RI "1" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "1" "0" แสดงว่าที่ขา RI เป็นลอจิก "0"

DSR ใช้แสดงสภาวะของขา DSR "1" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "1" "0" แสดงว่าที่ขา DSR เป็นลอจิก "0"

DCTS(Delta Clear To Send) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต CTS

"1" แสดงว่าบิต CTS (Clear To Send) เกิดการ เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบจากการอ่านค่า ครั้งที่แล้ว "0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DDSR(Delta Set Ready) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต DSR"1" แสดงว่าบิต DSR (Data Set Ready) เกิด การเปลี่ยนแปลงจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว "0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DRI (Delta Ring Indicator) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิต RI"1" แสดงว่าบิต RI (Ringing Indicator) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว "0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

DDCD (Delta Data Carrier Detect) ใช้แจ้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของบิตDDCD "1" แสดงว่าบิต CTS (Clear To Send) เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบจากการอ่านค่าครั้งที่แล้ว"0" แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอ่านค่าครั้งที่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DCTS (Delta Clear To Send) ใช้แสดงสภาวะของขา CTS“1” แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอจิก “1” “0” แสดงว่าที่ขา CTS เป็นลอจิก“0”

2.3.11 รีจิสเตอร์ตำแหน่ง 07H : รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว

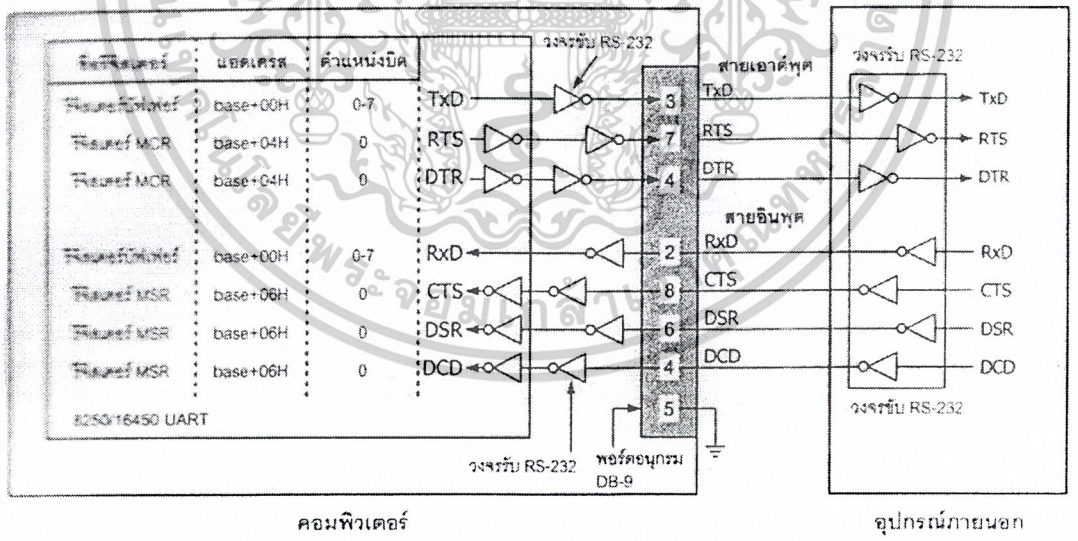
ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำแรมขนาด 1 ไบต์ การอ่านและเขียนข้อมูลที่รีสจิเตอร์ตัวนี้ไม่ส่งผลใดๆ ต่อการใช้งาน UART

2.4 ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต(CTS, และ DTR)ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ ดังแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.14

แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ



รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมแสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COM1 : 3F8H

COM2 : 2F8H

COM3 : 3E8H

COM1 : 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆ มีรายละเอียดดังนี้

COM2 : 0000:0402H-0000:0403H

COM3 : 0000:0404H-0000:0405H

COM4 : 0000:0460H-0000:0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000:0411H ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1-2

คารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม

บิต 3	บิต 2	บิต 1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

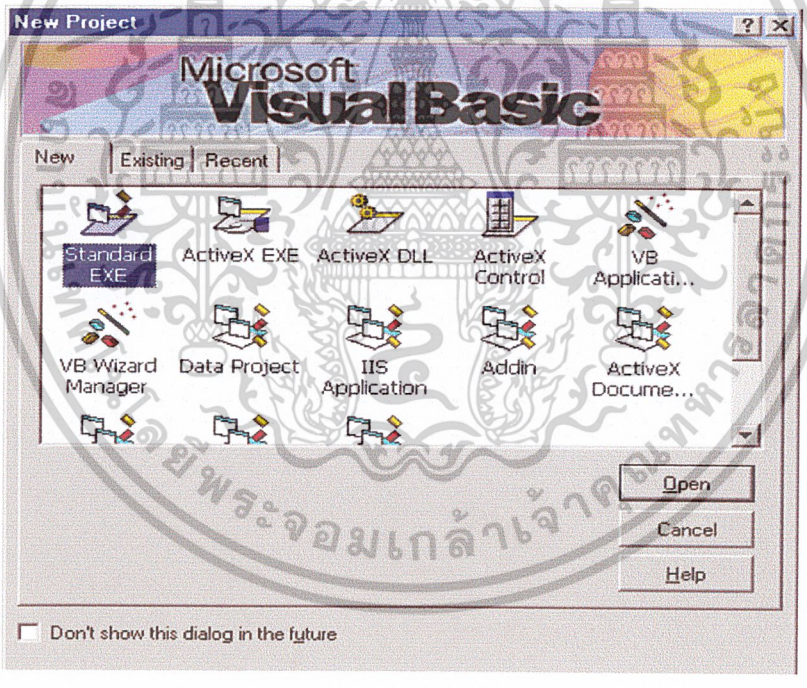
2.5 Visual Basic เบื้องต้น

เราจะพบว่าในปัจจุบันนี้ windows เป็นระบบปฏิบัติการที่นิยมมาก และการใช้ windows ก็แพร่หลายทั่วโลก ไม่ว่าใครก็สมารถใช้ windows ได้อย่างง่ายดายนั้นเพราะ windows สามารถใช้งานและเรียนรู้ได้ง่าย และจุดเด่นที่สำคัญอีกอย่างนั้นก็คือมันสามารถที่จะทำงานหลายอย่างพร้อมๆ กันได้ (Multitasking) ดังนั้น software ที่เป็นที่นิยม ปัจจุบันนี้จึงเป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานบน windows ได้

Visual Basic เป็นโปรแกรมภาษาของคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาให้สามารถใช้งานได้ง่ายและสามารถพัฒนาโปรแกรมบน windows แต่ก่อนจะพบว่าการเขียนโปรแกรมบน windows การจะเขียนหน้าต่างของ windows ขึ้นมานั้นจะต้องใช้คำสั่งต่างๆ มากมาย แต่ถ้าเป็น Visual Basic แล้วสามารถสร้างได้ง่ายดาย ต่อไปจะได้กล่าวถึงการใช้งาน Visual Basic 6.0

2.5.1 การใช้งาน Visual Basic เบื้องต้น

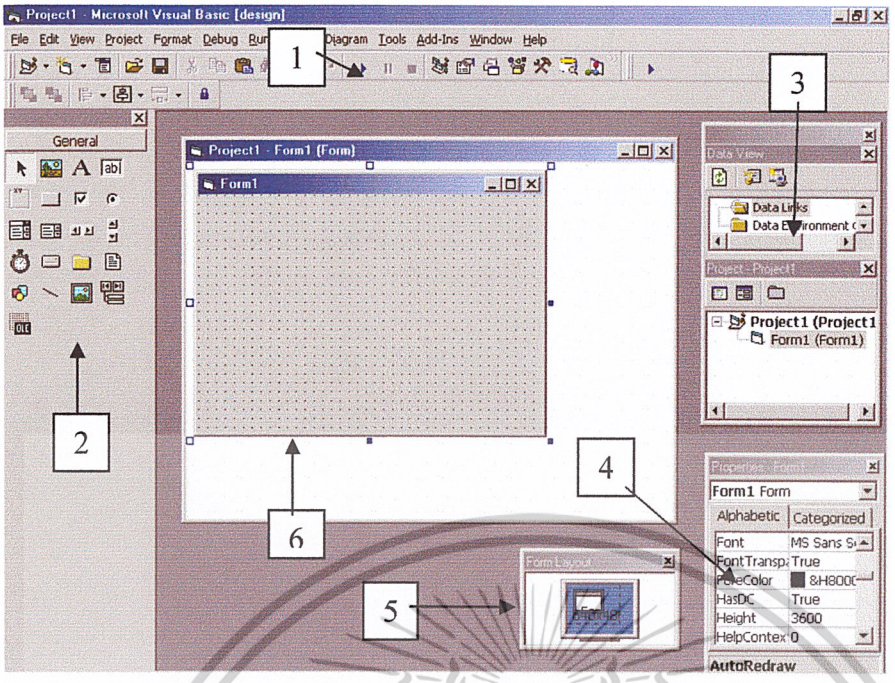
สิ่งแรกที่จะพบเมื่อเข้าสู่โปรแกรมก็คือหน้าจอสำหรับเปิด Project ดังรูป



รูปที่ 2.15 แสดงหน้าจอการเลือกการสร้างงาน

ในที่นี้จะเลือก “Standard EXE เพื่อเข้าสูการใช้ Visual Basic ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมต่อดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

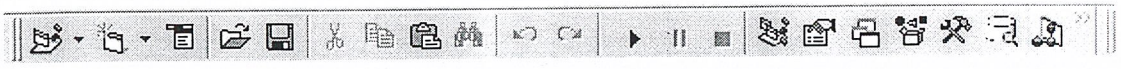


รูปที่ 2.16 แสดงส่วนต่างๆ ของเครื่องมือสร้างโครงงาน

1. Toolbar จะประกอบด้วย Icon ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม เหมือนกับในโปรแกรมอื่นๆ
2. Toolbox จะประกอบด้วย Icon ต่าง ๆ ซึ่งใน Visual Basic เรียกว่า Control
3. Project Explorer Windows จะแสดงรายชื่อ From ที่พร้อมจะถูกแก้ไข
4. Properties Windows ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติ (Property) ให้กับ From และ Object ต่างๆ ที่อยู่บน Form
5. Form Layout Windows จะแสดงตำแหน่งของ From บนจอคอมพิวเตอร์เมื่อทำการ Run
6. Form เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างจอเมื่อทำการรัน แล้วว่าจะมีหน้าตาอย่างไรซึ่งเราสามารถที่จะตกแต่งให้สวยงามได้ และเป็นส่วน ที่เราสามารถเลือกเอา control ต่างๆ มาวางไว้และสามารถจัดตำแหน่งได้

ส่วนของ control ต่างๆ ที่สามารถดึงมาใช้ได้นอกจากนี้ยังมีอีกส่วน โดยการ Click ขวา ส่วนของ Toolbar เป็นแถบเครื่องมือที่ประกอบด้วย Icon ต่างๆ ดังรูป จะมีลักษณะที่คล้ายกัน Toolbar ของ MS-Word และมีหน้าที่คล้ายๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดง เครื่องมือ

Toolbar ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งเมื่อเลื่อนเมาส์ไปชี้ยัง Icon ใด ก็จะปรากฏชื่ออยู่ใต้ Icon นั้นแต่ละ Icon จะมีหน้าที่ต่างกันไปดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของเครื่องมือ Visual Basic

รูป Icon	ชื่อเรียก	รายละเอียดการใช้
	Add Standard EXE-Project	ใช้สำหรับเปิด Project ใหม่ในกรณีที่มีหลาย Project อยู่บนจอภาพ สามารถสลับไปมาระหว่าง Project ได้โดยเข้าไปเลือกในเมนู Windows
	Add Form	ใช้ในการเพิ่ม Form ให้กับ Project ซึ่งอาจเรียกจากเมนู Project และ Add Form ตามลำดับ
	Menu Editer	ใช้เรียก Menu Editor ซึ่งเป็น Tool สำหรับสร้างเมนูให้กับ Form ซึ่งอาจใช้การกดปุ่ม Ctrl+E หรือเลือกจากเมนู Tools และ Editor ตามลำดับ
	Open Project	ใช้สำหรับเปิด Project ซึ่งอาจใช้ Hot Key Ctrl+O หรือเรียกจากเมนู File และ Open Project ตามลำดับ
	Save Project	ใช้สำหรับบันทึก Project และ Form ซึ่งอาจเลือกจากเมนู File และ Save Project หรือ Save Project As ตามลำดับ ถ้าต้องการระบุชื่อของ Project ใหม่
	Cut	ใช้สำหรับตัด Object ต่างๆ บน Form ซึ่งอาจเลือกจากเมนู Edit และ Cut ตามลำดับ
	Copy	ใช้สำหรับ Copy Object บน Form ซึ่งอาจใช้ Hot Keys Ctrl+C หรือเลือกจากเมนู Edit และ Copy ตามลำดับ สำหรับ Object ที่ถูก Copy จะเรียกว่า Control Array ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

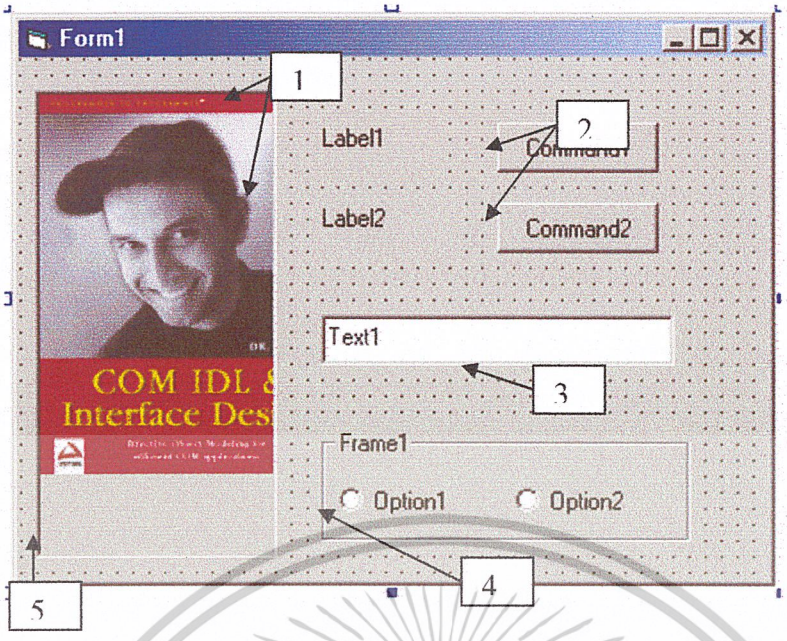
	Paste	ใช้สำหรับ Paste Object ที่ Cut หรือ Copy ไว้ ซึ่งอาจใช้ Hot Keys Ctrl+V หรือเลือกจากเมนู Edit และ Paste ตามลำดับ
	Find	ใช้สำหรับค้นหาคำใน Editor ซึ่งเป็น Tool ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยอาจใช้ Hot Keys Ctrl+F หรือเลือกจากเมนู Edit และ Find ตามลำดับ
	Undo Typing	ใช้สำหรับยกเลิกคำที่พิมพ์ใน Editor ซึ่งอาจใช้ Hot Keys Ctrl+Z หรือเลือกจากเมนู Edit และ Undo Typing ตามลำดับ ในกรณีที่ไม่ได้อยู่ในจอภาพ Editor จะปรากฏข้อความ Can't Undo แทนทั้งในส่วนของชื่อได้ Icon และในเมนู Edit
	Redo Typing	ใช้สำหรับทำซ้ำคำที่พิมพ์ใน Editor ซึ่งอาจเลือกจากเมนู Edit และ Redo Typing ตามลำดับ และก็เช่นเดียวกับ Undo Typing ในกรณีที่ไม่ได้อยู่ในจอภาพ Editor ปรากฏข้อความ Can't Redo แทน
	Start	ใช้สำหรับ Run Project ที่จัดทำขึ้น ซึ่งอาจใช้ Hot Keys F5 หรือเลือกจากเมนู Run และ Start ตามลำดับ
	Break	ใช้สำหรับหยุดการทำงานของ Project ชั่วคราว ซึ่งอาจใช้ Hot Keys Ctrl+Break หรือเลือกจากเมนู Run และ Break ตามลำดับ
	End	ใช้สำหรับหยุดการทำงานของ Project ซึ่งอาจเลือกจากเมนู Run และ End ตามลำดับ
	Project Explorer	ใช้แสดงว่า Project นั้นประกอบไปด้วย Form และ module ใดบ้าง ซึ่งอาจใช้ Hot Keys Ctrl-R หรือเลือกจากเมนู View และ Project Explorer ตามลำดับ
	Properties Window	ใช้สำหรับกำหนดคุณสมบัติ(Property) ของ Objecct และ Form ซึ่งอาจจะใช้ Hot Keys F4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หรือเลือกจากเมนู View และ Properties Window ตามลำดับ
	Form layout-Window	ใช้สำหรับเรียกจอภาพ Form Layout ซึ่งใช้แสดงตำแหน่งของ Form บนจอภาพโดยอาจเลือกจากเมนู View และ Form Layout Window ตามลำดับ
	Object Browser	ใช้สำหรับเรียกจอภาพ Object Browser ซึ่งใช้แสดงถึง Class และสมาชิกของแต่ละ Class อาจใช้ Hot Keys F2 หรือเลือกจากเมนู View และ Object Brower ตามลำดับ
	Toolbox	ใช้สำหรับเรียก Toolbox ขึ้นมาบนจอภาพ ซึ่งอาจเลือกเมนู View และ Toolbar ตามลำดับ
0, 0	ตำแหน่งของ Form	ใช้บอกตำแหน่งในแกน X และY ของ Form
4800 x 3600	ขนาดของ Form	ใช้บอกตำแหน่งในแกน X และY ของ Form

Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการเรียนรู้ และมีขั้นตอนที่ง่ายด้วยอาทิเช่นว่า เมื่อเราต้องการที่จะต้องการให้หน้าจอของเราเป็นอย่างไรก็แต่เพียงดึงเอา Control นั้นๆ มาวางไว้บน Form จึงทำให้เราไม่ต้องเขียน คำสั่งต่างๆ มากมายจึงทำให้ผู้ใช้สะดวกมาก บนหน้าจอของ Form ก็คือส่วนที่เราจะแสดงเมื่อมีการ Run เราสามารถที่จะตกแต่งให้ดูสวยงามได้ซึ่งจะยกตัวอย่างการเขียน Form และการดึง Control มาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงรายละเอียดของการใช้เครื่องมือต่างๆ

หมายเลข 1 เป็นการใช้ Control ชื่อ Label เมื่อเราดึงมาวางบน Form เราก็จะสามารถที่พิมพ์ข้อความใส่รูปแบบตัวอักษรหรือใส่สีให้ข้อความได้

หมายเลข 2 เป็นการใช้ Control ชื่อ Command Button เป็นลักษณะของปุ่มให้เรา Click ซึ่งจะพบว่าเราจะคุ้นเคยกับ Control ตัวนี้มากในการใช้งาน Windows ซึ่งเราสามารถที่จะเขียนโปรแกรมให้กับตัวมัน โดยมองลักษณะที่ว่าเมื่อมีเกิดการ Click แล้วให้ทำงานใดๆ ก็ได้

หมายเลข 3 เป็นการใช้ Control ชื่อ TextBox เป็นลักษณะ กล่องข้อความใช้แสดงข้อความ

หมายเลข 4 เป็นการใช้ Control Frame และ Control Option Button ร่วมกันลักษณะเช่นนี้ก็จะพบบ่อยคือเราอาจจะเขียนโปรแกรมให้ผู้ใช้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจึงเอารวมเป็น Frame เดียวกัน

หมายเลข 5 เป็นการใช้ Control Picture Box ก็เป็นการใส่รูปภาพเพื่อเป็นการจัดให้โปรแกรมของเรามี Presentation ที่สวยงาม

Form ตัวอย่างข้างบนทำให้มองเห็นภาพการใช้งานของ Visual Basic ได้ชัดมากขึ้นจะพบว่าเราสามารถที่จะจัดรูปแบบตามที่จะเขียนคำนวณ และพัฒนาโปรแกรมที่ซับซ้อน อาทิเช่น พวกโปรแกรมที่ติดต่อกับอุปกรณ์ Input/Output,งานด้านทางฐานข้อมูล,Application ทางด้าน Internet และยังมีด้านต่างๆ มากมาย ดังนั้นจึงพบว่า Visual Basic เป็นโปรแกรมภาษาที่น่าสนทีเดียว ที่สามารถรวมเอา Presentation ที่สวยงามแถมง่ายและรวดเร็ว ความสามารถที่สูงในการคำนวณและการพัฒนาโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ยกตัวอย่างการใช้งาน Control บาง Control เท่านั้นเองยังมี Control ที่ไม่ได้กล่าวถึงอีกมากมายและแต่ละ Control ก็มีเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นกับตัวมันได้หลายเหตุการณ์เช่นกันที่กล่าวไว้เป็นเพียงการแนะนำเท่านั้นเอง ปัจจุบัน Visual Basic เป็นโปรแกรมที่น่าสนใจและมีหนังสือที่อธิบายไว้ค่อนข้างละเอียดสามารถที่จะทำตามเป็นขั้นตอนได้ แต่หนังสือมีในท้องตลาดนั้นจะกล่าวไว้เพียงบางส่วนที่เป็นการใช้งาน และพัฒนาด้านสำนักงาน ที่มี Presentation ที่สวยงาม และการคำนวณเบื้องต้น ท่านที่สนใจในงานวิศวกรรมก็ควรที่จะอ่านส่วนที่เป็นพื้นฐานให้เข้าใจ และยังอีกแหล่งข้อมูลที่รวบรวมการใช้งานและยังโปรแกรมตัวอย่างไว้ค่อนข้างละเอียดก็คือ Liberary ของ Visual Basic ที่มีขายตามท้องตลาด

2.5.2 ตัวอย่างโปรแกรมติดต่อกับบอร์ดอินเตอร์เฟส เพื่อรับและส่งค่าข้อมูล

เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา C กับการเขียนด้วย Visual Basic

```
#include<stdio.h>
#include<dos.h>
#include<conio.h>
#define PORT1 0×2F8
{     int c;
      int ch;
      clrscr();
      ch=inportb(PORT1);clrscr();
      printf("Press Esc to quit.input data is %X= = :" ,ch);
      outporb(PORT1,ch);
}     if(kbhit())
      {
        ch=getch();
        outportb(PORT 1.0 ×00);
      }
    }  while(ch!=27);
}
outportb(PORT1+1.0×00);
outportb(PORT1+3.0×80);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
outportb(PORT1+0,0×0C);
outportb(PORT1+1,0×00);
outportb(PORT1+1,0×03);
outportb(PORT1+2,0×C7);
outportb(PORT1+4,0×0B);
outportb(PORT1+0,0×FF);
delay(5000);
outportb(PORT1+0,0×00);
do{
        c=inportb(PORT1+5);
        if(c&1);
{
```

รูปที่ 2.19 แสดงรูปการติดต่อพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ Visual Basic

```
Private Sub Command1_Click( )          'เมื่อมีการClick ที่ปุ่ม ส่งข้อมูล
Command2 = False                       ' กำหนดให้ปุ่มไม่ทำงาน
MSComm1.CommPort=2                     ' ติดต่อกับ port 2
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"        'เซ็ตค่าการรับส่งข้อมูลของ port 2
MSComm1.InputLen = 0
MSComm.PortOpen = True                 'เปิดพอร์ต
MSComm1.Output = Chr(Text1.Text)       'เอาข้อมูลที่เราป้อนเข้ามาเก็บไว้ในport
MSComm1.PortOpen = False               'ปิดพอร์ต
End Sub
Private Sub Command2_Click()           'Click ที่ปุ่มรับข้อมูล
Dim InString As String
Command1 = False
MSComm1.CommPort = 2
MsComm1.Settings = "9600,N,8,1"
MsComm1.InputLen = 0
MsComm1.PortOpen = True
InString = MSComm1.Input
Text2.Text = Asc(InString)
MSComm1.PortOpen = False
End Sub
Private Sub Command3_Click()           'Click ที่ปุ่ม End
End
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่า Visual Basic จะมีการแสดงผลที่สวยงามและยังง่ายต่อการใช้งานทำให้ User ที่ใช้โปรแกรมสะดวกสบายและตัว Source code ก็ศึกษาทำความเข้าใจง่าย จากที่ได้กล่าวไว้ตั้งแต่ตอนต้นแล้วว่า Visual Basic จะมองเป็น วัตถุ(object) แต่ละวัตถุก็แตกต่างกันออกไปแล้วแต่เราจะเลือกใช้ Control อะไรแล้ว วัตถุแต่ละวัตถุก็มีคุณสมบัติหลายอย่างซึ่งเราสามารถกำหนดให้มันได้

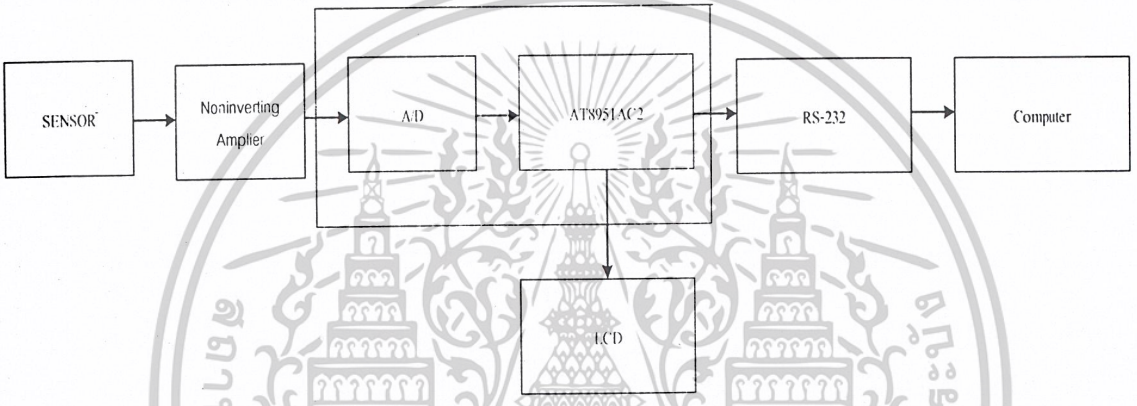
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การออกแบบ

3.1 ภาพโดยรวมของระบบ

ภาพโดยรวมของการออกแบบเครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการของ อินฟราเรด คือจะมีการรับค่าอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ภาคขยาย แล้วนำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งค่าอุณหภูมิเข้าเก็บในฐานข้อมูลต่อไป



รูปที่ 3.1 แสดงภาพของระบบของเครื่องวัดอุณหภูมิโดยรวม

จากรูปที่ 3.1 จะแสดงการทำงานของระบบประกอบด้วย 7 ส่วน ได้แก่

1.ส่วนตัว เซ็นเซอร์ อินฟราเรด จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่ได้ได้จากวัสดุต่างๆ

2. ส่วนของวงจรขยาย เป็นส่วนที่ใช้สำหรับขยายแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเพิ่มขึ้นเพื่อให้นำแรงดันมาใช้งานได้สะดวกมากขึ้น

3. ส่วนของวงจร แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นส่วนที่อยู่ในบอร์ด CP-JR51AC2 โดยจะทำหน้าที่แปลง สัญญาณจาก ภาคขยายแรงดัน มากทำการแปลงข้อมูล

4. ส่วนแสดงผล (LCD) เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลค่าอุณหภูมิที่วัดได้

5. MCS51 (T8951AC2) เป็นส่วนที่เป็นศูนย์กลางที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูล แล้วทำการส่งต่อไปยังภาคต่อไป

6. RS-232 เป็นส่วนที่ใช้สำหรับรับค่าอุณหภูมิที่ได้จาก ส่วนกลางคือ บอร์ด CP-JR51AC2 เพื่อส่งข้อมูลต่อไปยัง คอมพิวเตอร์ ต่อไป

7.Computer เป็นส่วนที่ใช้การติดต่อกับผู้ใช้และเป็นส่วนที่ใช้เป็น ฐานข้อมูล เพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้

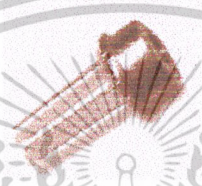
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์

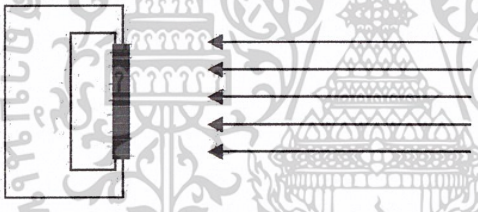
ในส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์นั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือในส่วนของการวัดอุณหภูมิ ส่วนของวงจรขยายแรงดันแบบ Noninverting amplifier ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูล

3.2.1 ส่วนของตัววัดอุณหภูมิ

ในส่วนของตัววัดอุณหภูมิ จะใช้ตัววัดอุณหภูมิในย่าน Infrared ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้วัดนี้คือตัวเซ็นเซอร์ในการวัดอุณหภูมิ โดยใช้หลักการของการแพร่กระจายของรังสีในช่วงย่านอินฟราเรด โดย เซ็นเซอร์ตัวนี้จะทำการแปลงสัญญาณจากอุณหภูมิ มากเป็นแรงดัน



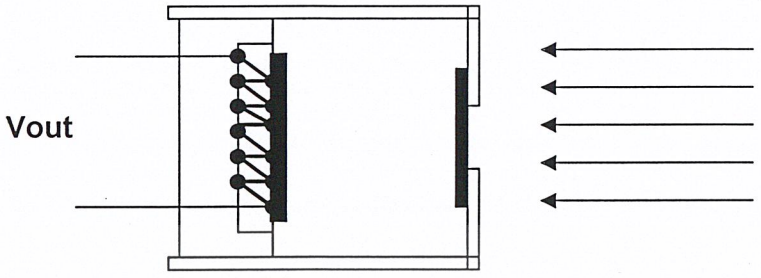
รูปที่ 3.2 รูปแสดง ตัวเซ็นเซอร์ ที่ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ



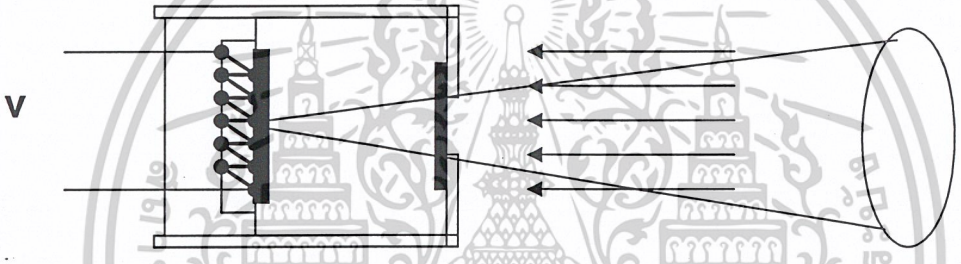
รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของการใช้ตัวเซ็นเซอร์มาวัดอุณหภูมิ

โดยภายในตัวเซ็นเซอร์ จะมีตัวเทอร์โมคัปเปิลต่ออนุกรมกัน 100 ตัวทำหน้าที่ แปลงสัญญาณที่ได้มาให้เป็นแรงดัน โดยหลักการของ เซ็นเซอร์ ตัวนี้จะต้องต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณ โดยจะมีเลนส์ทำน้าที่ป้องกันฝุ่นละอองสิ่งสกปรกที่อาจเข้ามากระทบต่อตัว Black Receiver Plate ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของตัวเซ็นเซอร์

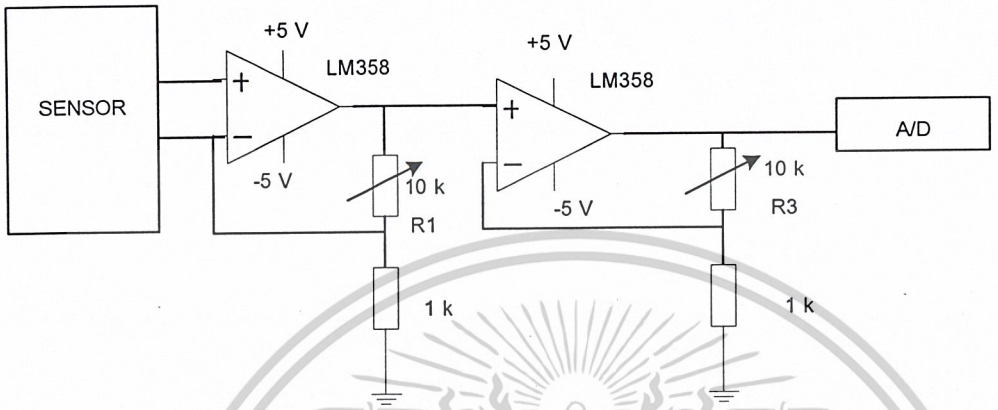


รูปที่3.5 แสดง ลักษณะของการแผ่กระจายรังสีจากวัสดุสู่เซ็นเซอร์

การทำงานของเซ็นเซอร์ ตัวนี้ จะทำงานโดยตรวจจับการแพร่กระจายรังสีในช่วงอินฟราเรด โดยใช้ Black Receiver Plate (sensor) ทำหน้าที่ในการรับ อุณหภูมิจาก วัสดุ โดยการแพร่กระจายรังสีจะมีมากน้อยก็ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของวัสดุนั้น โดย Black Receiver Plate (sensor) จะทำการแปลงจาก รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มาเป็นแรงดันไฟฟ้า ตามค่าอุณหภูมิที่รับได้ โดยอุณหภูมินั้นอาจจะติดลบ หรือ อยู่ที่จุดเดือดก็ได้ แต่ในโครงงานนี้จะเน้นในช่วงอุณหภูมิช่วงอากาศปกติ ที่สามารถทดสอบการวัดอุณหภูมิ จำพวกวัสดุกันความร้อนต่างๆ โดยตัว เซ็นเซอร์ แต่ละตัวก็จะมีย่านการวัด และระยะทางที่เป็นขีดจำกัดที่สามารถวัดได้ ใกล้ไกลต่างกัน โดยตัวที่นำมาใช้งานนี้มีระยะค่อนข้างใกล้ ฉะนั้นในการวัดวัสดุจึงต้องนำตัววัดไปวางไว้ใกล้ๆ สิ่งที่ต้องการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2วงจรขยายสัญญาณ



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรขยายแรงดัน

วงจรขยายสัญญาณ โดยวงจรนี้จะรับค่าสัญญาณอนาลอกจากตัว เซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิในช่วงอินฟราเรด ซึ่งอยู่ในย่าน 0.7 - 100 แต่ในเครื่องวัดตัวนี้ วัดได้ในช่วง 0.7 - 20 ไมครอน ซึ่งเป็นมาตรฐานของเครื่องมือวัดแบอินฟราเรดโดยทั่วไป โดยค่าที่ได้ จาก ตัววัดที่ได้มีค่าสูงสุดประมาณ 10μV ซึ่งมีค่าน้อย ดังนั้นจึงต้องนำมาเข้าวงจรขยาย ให้ได้แรงดันเพิ่มขึ้นมีหน่วยเป็น โวลต์ โดยจะต้องมีการปรับค่าที่ตัวความต้านทานปรับค่าได้ให้ได้แรงดันที่กำหนด ซึ่ง ค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 0-2 โวลต์ ซึ่งไม่เกินค่าแรงดันอ้างอิง ของ วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล จากบอร์ด CP-R51AC2 ซึ่งแรงดันอ้างอิงอยู่ในช่วง 0 – 2.5 โดยวงจรที่ใช้ขยายนี้จะเป็นวงจรแบบ Noninverting Amplifier โดยวงจรขยายนี้จะใช้ OP-AMP เบอร์ LM358 ซึ่งไอซีเบอร์นี้จะเป็นไอซีแบบ 8 ขา ซึ่ง TA = 0° ถึง $+70^{\circ}C$ อยู่ใน Package Plastic DIP โดยจากวงจรจะต้องทำการจ่ายไฟ 9 โวลต์ที่ Vcc เพื่ออ้างอิงแรงดันช่วงบวกและจ่ายไฟ –9 โวลต์ที่ VEE เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงในช่วงลบ โดยจะหาค่าแรงดันได้จากสูตร

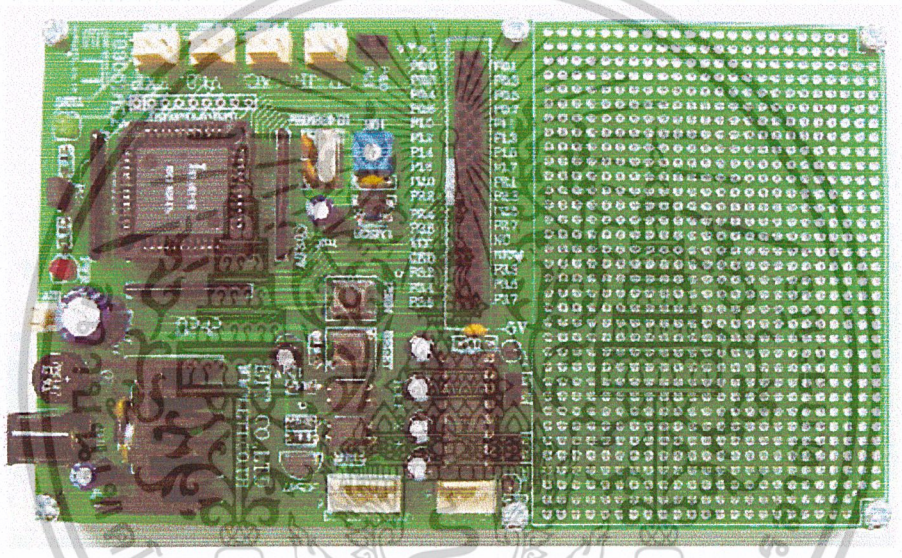
$$Vo = \left(1 + \frac{Rf}{R1}\right) Vi$$

เมื่อทำการวัดก็จะได้แรงดันออกมาจากตัวเซ็นเซอร์ซึ่งเป็นระดับแรงดันต่างๆ กันแล้วแต่ค่าอุณหภูมิ โดย 0 โวลต์ จะเท่ากับ 0 องศา และ ที่ 2 โวลต์ จะได้ ช่วง 100 องศา แต่ไม่สามารถ แบ่งอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันได้ เนื่องจากตัววัดเซ็นเซอร์ ตัวนี้ ทำงานแบบไม่เชิงเส้น จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

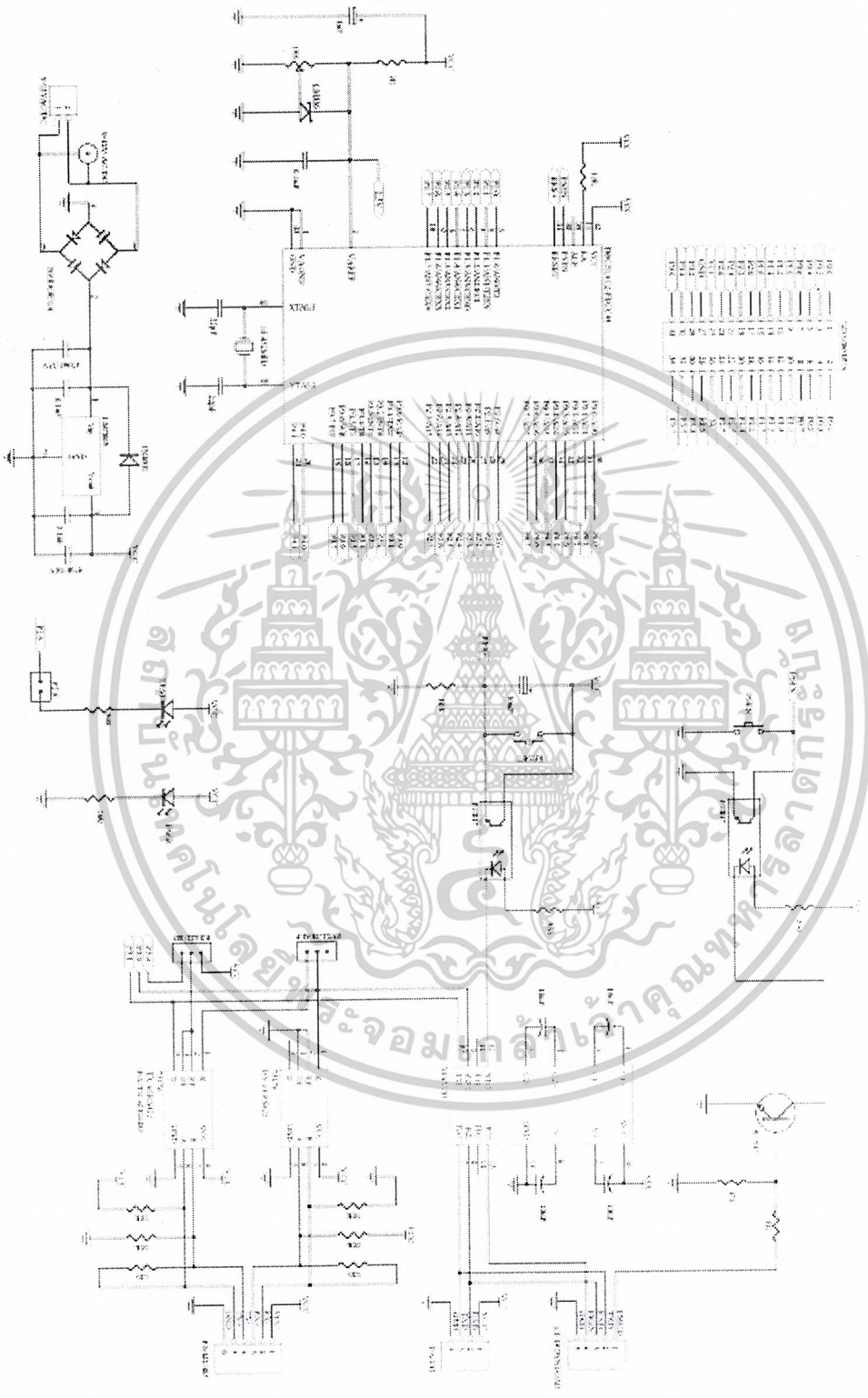
3.2.3 ส่วนของ MCS-51

MCS-51 ได้ใช้ของ Atmel ขนาด 8 บิต เบอร์ T89C51AC5 เป็นตัวประมวลผลโดยหน้าที่หลักของ MCS-51 ก็คือการรับข้อมูลจากวงจรขยายสัญญาณที่เป็นอนาลอกส่งเข้าพอร์ต P1.3 ซึ่งเป็นพอร์ตที่เตรียมไว้สำหรับวงจร แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล มาทำการแปลงข้อมูลที่เป็น Digital เป็นค่าอุณหภูมิที่วัดได้โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าฐาน 16 ตั้งแต่ 00-FF เป็นค่าอุณหภูมิ 0 - 100 องศาเซลเซียส ในรูปแบบ ASCII เพื่อส่งค่าไปแสดงผลบน LCD และส่งผ่านพอร์ต RS-232 เข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยในส่วนนี้จะมีการหน่วง เวลา 20 วินาที เพื่อทำการ เก็บผลข้อมูลสู่ฐานข้อมูล



รูปที่3.6 แสดงรูปของบอร์ด CP-JR51AC2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรของ บอร์ด CP-JR51AC2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 จะพบว่าเป็นวงจรที่ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ T89C51AC2 เป็นศูนย์กลางในการทำงาน โดยการนำมาใช้งานนั้นเราจะใช้พอร์ต P1 ในการเชื่อมต่อรับสัญญาณอนาลอกจาก ภาคขยายสัญญาณ โดยโครงงานนี้จะใช้ขา P1.3 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ PWM0 เมื่อได้รับอินพุตจากขาที่กำหนดแล้ว ก็จะนำมาประมวลผล ในการรับส่งข้อมูล แล้วส่งแสดงผลที่จอ LCD โดยใช้ขา P2 ในการเชื่อมต่อ โดยการใช้งานบอร์ดนี้ จะต้องใช้ไฟ DC 9-12 V เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้วงจร เมื่อมีการต่อไฟเข้าวงจร ก็จะมีไฟสถานะแสดงผลให้รู้ว่ากำลังใช้งานอยู่ โดนในการส่งข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้ว เพื่อใช้งาน ก็ทำได้หลายวิธี ซึ่งในโครงงานนี้ จะใช้ พอร์ตของ RS-232 ซึ่งใช้ DOWNLOAD โปรแกรม เข้าสู่บอร์ดและการส่งข้อมูลผ่านพอร์ต RS-232 ซึ่งในขั้วต่อนี้ก็จะประกอบไปด้วย VCC, TXD, RXD, GND ซึ่ง TXD ใช้สำหรับส่งข้อมูล และ RXD ใช้สำหรับรับข้อมูล ที่ได้จากการโหลดโปรแกรม

3.2.4 ส่วนของการแสดงผล

ส่วนของ LCD ใช้สำหรับแสดงผลค่าอุณหภูมิ ต่อ 1 วินาที ซึ่ง LCD Module จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. Display จะเป็นส่วนที่แสดงข้อความต่างๆ ให้เราดูซึ่งข้อความเหล่านี้ก็ได้มาจากหน่วยความจำที่ชื่อว่า DDRAM
2. DDRAM จะเป็นหน่วยความจำที่เก็บรหัส ASCII ซึ่ง LCD จะนำข้อมูลรหัส ASCII มาแสดงที่ Display โดยอัตโนมัติ
3. REGISTER SETTING จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ เซตลักษณะการแสดงผลของ LCD
4. D0-D7 จะเป็นขาข้อมูลที่ป้อนเข้าไปใน LCD ซึ่งข้อมูลจะเข้าไปยังส่วนของ DDRAM หรือ Register Setting ก็ขึ้นอยู่กับลอจิคของขา RS ถ้า RS เป็น “0” ข้อมูล D0-D7 จะถูกส่งไปยัง Register Setting
   ถ้า RS เป็น 1 ข้อมูล D0-D7 จะถูกส่งไปยัง .3054A ดังนั้นข้อมูลที่ป้อนมาก็ควรจะเป็นรหัส ASCII
5. Enable(E) เป็นขาที่ควบคุมว่าจะให้ข้อมูล D0-D7 เข้าไปยัง LCD หรือไม่ ซึ่งเราจะต้องป้อนพัลส์ลบ เข้าที่ขานี้
6. R/W เป็นขาที่กำหนดว่าจะให้เขียนข้อมูล หรือให้อ่านข้อมูล ถ้าเป็น 0 จะเป็นการเขียน และถ้าเป็น 1 จะเป็นการอ่านโดยส่วนใหญ่แล้วเราจะทำการเขียนข้อมูลมากกว่าคำสั่งที่อยู่ใน Register Setting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงคำสั่งควบคุม LCD

คำสั่ง	Command Code							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1.เคลียร์หน้าจอ	0	0	0	0	0	0	0	1
2. เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังซ้ายสุดของจอ	0	0	0	0	0	0	1	x
3.เลือกโหมดการป้อนข้อมูล	0	0	0	0	0	1	I/D	S
4.เปิดปิดจอแสดงผลและเคอร์เซอร์	0	0	0	0	1	D	C	B
5.เลื่อนจอแสดงผลและเลื่อนเคอร์เซอร์	0	0	0	1	s/c	R/l	X	X
6. กำหนดฟังก์ชั่น	0	0	1	D/l	N	F	X	X
7. เซต Address ของ CGRAM	0	1	**Address CGRAM**					
8. เซต Address ของ DDRAM	1		**Address DDRAM**					

I/D=เป็นบิตที่กำหนดว่า เมื่อเราเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก DDRAM Address จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีก 1 1=เพิ่ม, 0=ลด

S= 1 เมื่อใส่ข้อมูลเข้าไปใน DDRAM แล้วCursor จะอยู่กับที่ตัวอักษรที่อยู่บนหน้าจอ จะถูกเลื่อนไปทางซ้าย S=0 เมื่อใส่ข้อมูลเข้าไปใน DDRAM แล้วCursor จะเลื่อนไปทางขวามือ ส่วนตัวอักษรบนหน้าจออยู่กับที่

D=1: LCD ทำงาน ม .0 :LCD ไม่ทำงาน N= 1: แสดงข้อความมากกว่า 8 ตัวอักษร

C=1:แสดง Cursor ,0:ไม่แสดง Cursor 0:แสดงข้อความเท่ากับ8ตัวอักษร

B=1:Cursor กระพริบ ,0:Cursor ไม่กระพริบ

S/C =1:เลื่อน Cursor , 0= เลื่อนตัวอักษร F= 1:ขนาดของตัวอักษร 5x10 dot

R/L =1 :เลื่อนไปทางขวา , 0: เลื่อนไปทางซ้าย 0:ขนาดของตัวอักษร 5 x7 dot

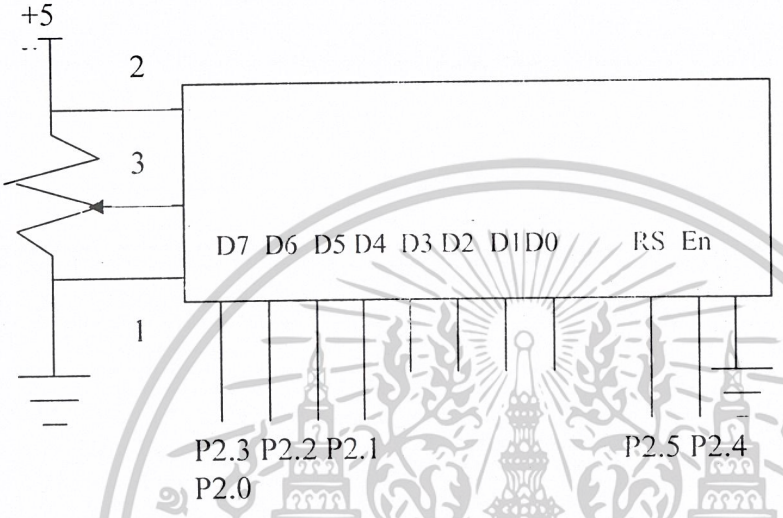
DL = 1: ติดต่อกับ LCD แบบ 8 bit

DL = 0: ติดต่อกับ LCD แบบ 4 bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address CGRAM :เป็นแอดเดรสของหน่วยความจำที่สามารถสร้างตัวอักษรหรือรูปขึ้นมาได้ตามต้องการ

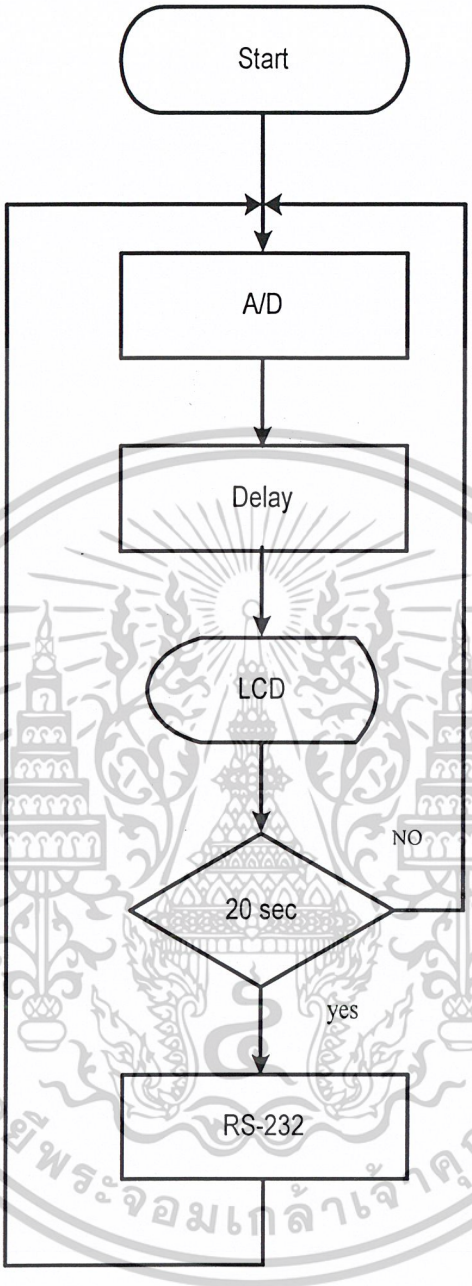
Address DDRAM : เป็นแอดเดรสเริ่มต้นในข้อความเข้าไปที่ DDRAM ซึ่งตำแหน่งที่เราเขียนก็คือ ตำแหน่งตัวอักษรที่อยู่บนหน้าจอ LCD นั่นเอง



รูปที่ 3.8 แสดงการต่อการใช้งาน LCD

LCD นั้นวิธีติดต่อได้ 2 แบบ 4 บิต และแบบ 8 บิต การติดต่อแบบ 4 บิตจะใช้ขาข้อมูล D4-D7 ของ LCD เท่านั้น ทำให้เราประหยัดพอร์ทของ MCS-51 ซึ่งเราจะใช้วิธีต่อแบบ 4 บิต และเราใช้เพียงพอร์ต 2 ที่ถูกจัดเตรียมไว้สำหรับ ติดต่อกับ LCD คือ P2.0,P2.1 P2.2,P2.3 P2.4,P2.5 ตามรูปที่ 3.7 โดยจะทำการต่อ P2.0,P2.1 P2.2,P2.3 เข้ากับ D7 D6 D5 D4 และ P2.4,P2.5 ต่อเข้ากับ ขา RS และ En

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

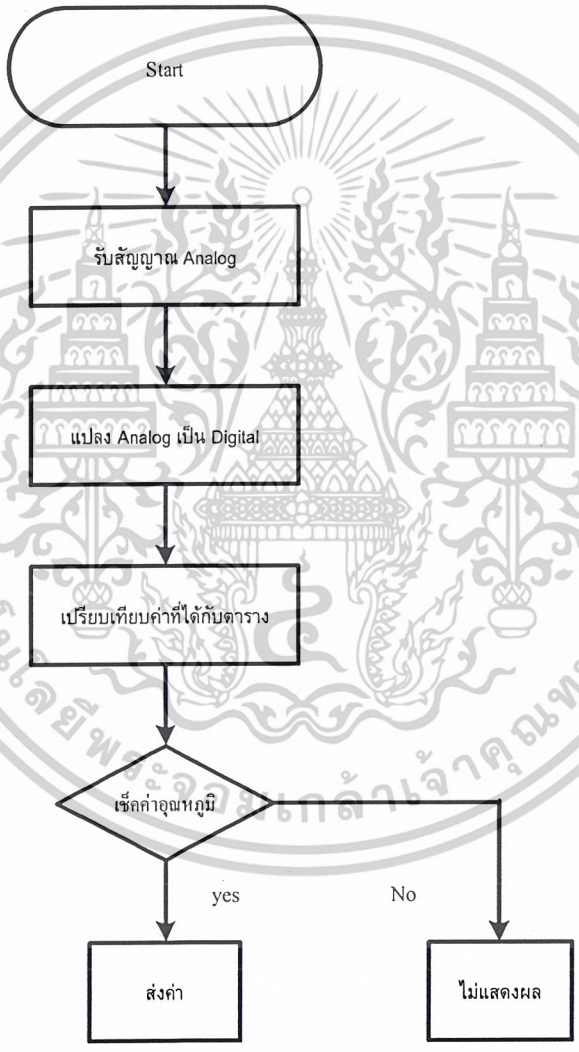


รูปที่ 3.9 Flow Chart แสดงส่วนของการรับส่งข้อมูล

การทำงานโฟว์ชาร์ทของการรับส่งข้อมูล จะเริ่มจากเมื่อมีข้อมูลเข้ามาเป็นสัญญาณอนาลอกจากส่วนของตัววัดอุณหภูมิ อินฟราเรดเซ็นเซอร์ที่ทำน้าที่แปลงการแพร่กระจายรังสีจากย่านความถีช่วง 0.7-20 ไมครอน ซึ่งเป็นความถี่ในช่วงของ อินฟราเรด มาแปลงเป็นแรงดัน ซึ่งในส่วนนี้จะมีแรงดันออกมาน้อยมากจึงต้องทำการขยายแรงดันให้มากขึ้น โดยวงจรขยาย ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ LM358 ซึ่งมีแพกเกจแบบ Plastic DIP และ Operating Temperature Range :TA = -40°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

to +70° C จะได้แรงดันในช่วง 0-2 โวลต์ เข้ามาที่ภาค แปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล จากที่กำหนดไว้ในช่วง 00-FF และมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ได้กำหนดไว้แล้ว ช่วง 0 -100° C เนื่องจาก การวัดอุณหภูมิจาก ตัววัดจะมีการส่งค่าออกมาอยู่ตลอดเวลา จึงต้องมีการหน่วงเวลา ทุกหนึ่งวินาที เพื่อ ที่จะส่งค่าแสดงผลออกทาง จอแอลซีดี ทำให้เราเห็นผลค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปทุกๆ วินาที จากนั้นจะมีการนับการวนรอบของอุณหภูมิที่เข้ามาทุกๆ 1 วินาที จำนวน 20 ครั้ง คือ 20 วินาที เพื่อส่งค่า มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลต่อไป



รูปที่ 3.10 โฟว์ชาร์ท แสดงการรับสัญญาณมาประมวลผล

จากรูป 3.9 การทำงานของโฟว์ชาร์ทในส่วนของ ส่วนการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็คือจะเริ่มจากรับข้อมูลเข้ามา ทำการเปลี่ยนจากค่าอนาลอกเป็นดิจิตอล และ

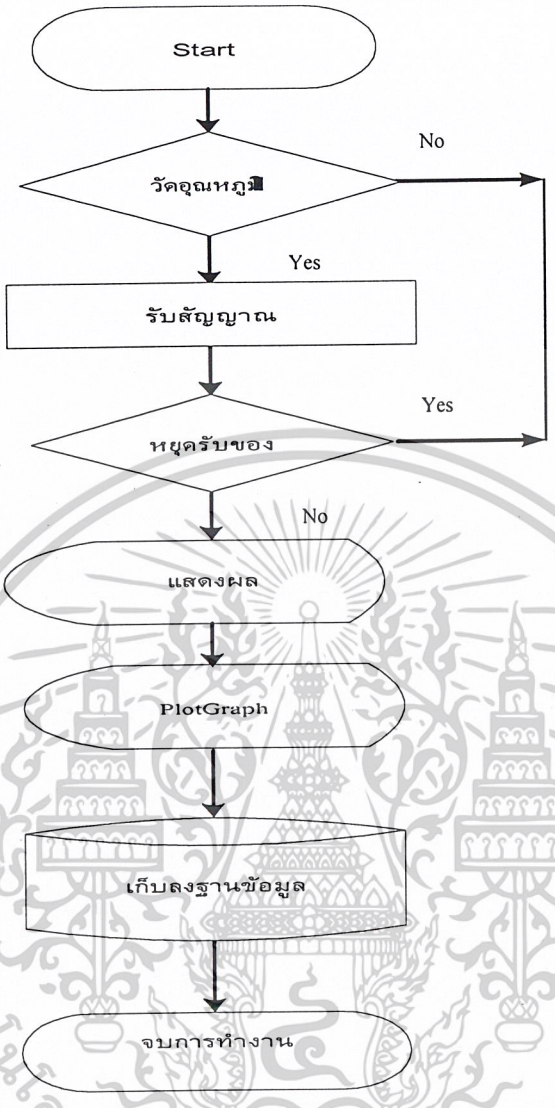
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ได้บันทึกไว้ เพราะว่าค่าตัวเลขที่ได้จาก อนาล็อก ซึ่งเป็น ดิจิตอล จะได้ค่าเป็นตัวเลขที่ไม่ใช่ค่าอุณหภูมิ คือจะได้ค่าตัวเลขที่แปลงจากค่า เป็นแรงดันไฟฟ้า เป็น ดิจิตอล 00-FF (0-255) ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเทียบค่าอุณหภูมิกับเครื่องมือวัดที่ได้ มาตรฐาน โดยในการวัดนั้น เราจะนำค่า ตัวเลขที่ได้จาก อนาล็อกเป็นดิจิตอลซึ่งแปลงเป็น ตัวเลขแล้ว (ASCII) มาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิจริงที่ได้จาก เครื่องมือวัดมาตรฐาน แล้วทำการบันทึกค่า ลงในโปรแกรม เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิที่ถูกต้อง หลังจากที่ได้ค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องแล้ว จึงนำไปเข้าส่วนของการหน่วงเวลาต่อไป

3.3 การออกแบบซอฟท์แวร์

โดยในการออกแบบในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูล และแสดงผลทั้งในรูปแบบของตัวเลขและทั้งในรูปแบบกราฟ โดยจะมีการเก็บข้อมูล โดยมีการเก็บข้อมูลออกเป็นช่วง ช่วงละ 20 วินาที และสามารถเรียกข้อมูลที่ทำการบันทึกไปแล้วโดยจะเรียกจาก รหัสหาวัสดุที่ทำการบันทึก และมีวันที่แสดงผลการบันทึก มีการแสดงเวลาที่ทำการบันทึกข้อมูล โดยการออกแบบนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกันคือ ในส่วนของ Visual Basic และ Microsoft Access

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

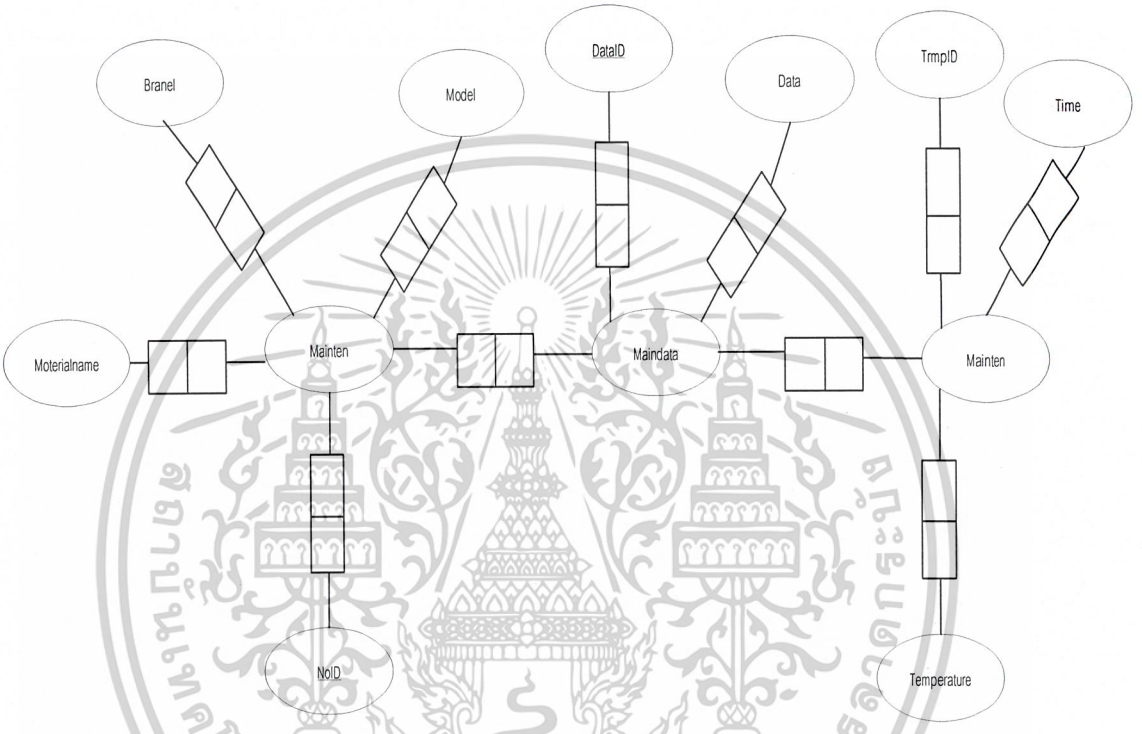


รูปที่ 3.11 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานส่วนซอฟท์แวร์

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการทำงานในส่วนของซอฟท์แวร์ ในส่วนนี้จะเริ่มจากการรับค่าอุณหภูมิที่ได้รับจาก ส่วนของฮาร์ดแวร์ ที่เป็นค่าตัวเลข โดยในขั้นแรกเราจะทำการกดปุ่มเปิดพอร์ตของคอมพิวเตอร์ก่อน โดยในที่นี้ใช้พอร์ต Com1เพียงพอร์ตเดียวเท่านั้น เมื่อกดปุ่มแล้ว โปรแกรมก็จะทำการเช็คว่า พอร์ตเปิดหรือไม่ ถ้าเปิดพอร์ตแล้ว ก็จะทำการรับค่าที่ได้มา ทุก 20 วินาที ตามที่รับมาจากโปรแกรมแอสเซมบลีในส่วนของฮาร์ดแวร์ จากนั้นเมื่อเราทำการกดปุ่มหยุด ระบบก็จะหยุดทำงานเพราะพบว่าเมื่อกดปุ่มแล้วพอร์ตปิด โปรแกรมจึงหยุดทำงาน ในส่วนต่อไปเมื่อเราได้ค่าผ่านมาถึงส่วนของฐานข้อมูลแล้ว ก็จะทำบันทึกค่าของอุณหภูมิที่ได้ เป็นตัวเลข และจะมีการบันทึกวันที่ และ เวลาที่วัดอุณหภูมิ ทุก ๆ 20 วินาที และแสดงค่าออกทั้งแบบตัวเลขและแบบกราฟ โดยส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกราฟนั้นจะแสดงกราฟเป็นช่วงเวลา โดยอาจจะวัดจากเวลาเริ่มต้นถึงเวลาที่เราต้องการ ก็แล้วแต่ผู้ใช้ต้องการ โดยในการวัดนั้น จะวัดได้นาน ที่สุด 24 ชั่วโมง โดยที่ค่าที่บันทึกไปแล้วนั้น จะสามารถเรียกดูข้อมูลได้ โดยจะต้องทำการค้นหาจากรหัสของวัสดุที่เราทำการวัด เช่น 01,02 เป็นต้น

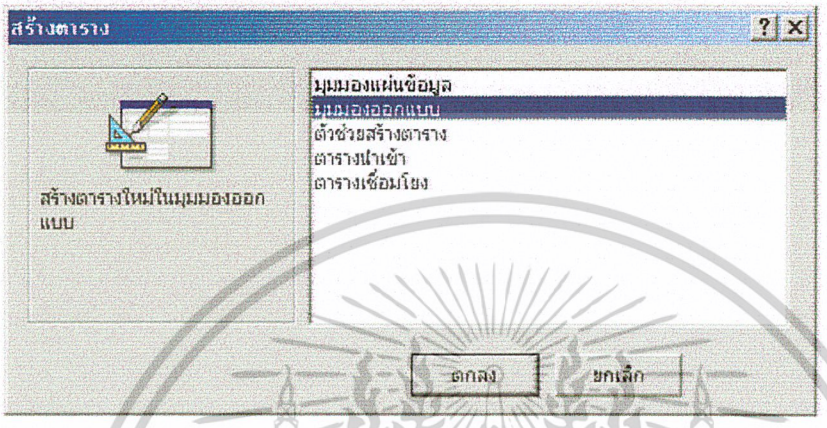


รูปที่ 3.12 แสดงไนแอมในส่วนของซอฟท์แวร์

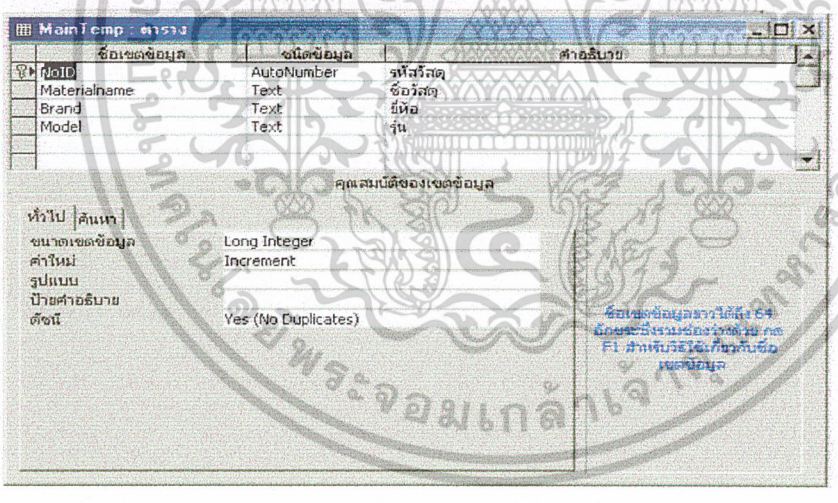
ในส่วนของ NIAM ของซอฟท์แวร์นั้น จะเป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์ ของตารางที่ใช้เก็บชื่อวัสดุ,ตารางเก็บวันที่, ตารางเก็บค่าอุณหภูมิและเวลา โดย ตาราง MainTempนั้นจะประกอบไปด้วย รหัสของวัสดุที่ทำการวัดโดยกำหนดให้เป็นคีย์หลักของตาราง และประกอบด้วย ชื่อวัสดุ ยี่ห้อ รุ่น โดยจะทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ตาราง เก็บวันที่ MainDate โดยในตารางนี้จะมีรหัสวันเป็นคีย์หลัก และประกอบด้วย วันที่ทำการวัด และจะเชื่อมโยงตารางนี้กับ ตาราง Temperature โดยในตารางนี้จะมี รหัสค่าอุณหภูมิเป็นคีย์หลัก และประกอบด้วย เวลาและค่าอุณหภูมิ โดยในการทำงานนั้น วัสดุ แต่ละอย่างนั้นจะสามรถวัดได้ หลายครั้ง วันใดก็ได้ ใน หนึ่งวันจะวัดวัสดุกี่ชนิดก็ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลา โดยสามารถวัดได้ตลอด 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

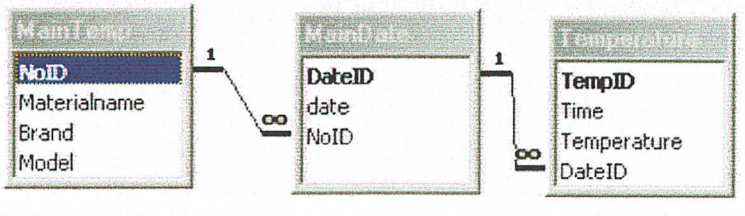
ในการใช้งานในส่วนของซอฟท์แวร์ จะมีอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของ ฐานข้อมูลโดยใช้ MS-Access และส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ visual Basic ส่วนของ ฐานข้อมูลโดยใช้ MS-Access จะทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูลที่รับมาจาก ฮาร์ดแวร์ โดยมีลักษณะการออกแบบโดยประมาณดังนี้



รูปที่ 3.13 แสดงการเลือกการสร้างฐานข้อมูลโดยใช้มุมมองออกแบบ



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะการสร้าง ตาราง สำหรับเก็บ ชื่อ วัสดุ โดยใช้ Access



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานโดยเริ่มจากสร้างตารางที่เราได้ออกแบบมาแล้วจากในส่วนของ NIAM เป็น 3 ตาราง คือตางราง MainTemp ,MainDate, Temperature เมื่อได้ตารางทั้ง 3 แล้วจึงนำมาสร้างความสัมพันธ์ ทั้ง3 ดังรูปที่ โดยจะมีความสัมพันธ์กันโดย 1 to many ทั้ง 3 ตาราง โดยจากรูปที่ 3.14 จะแสดงให้เห็น ถึงวิธีการสร้าง ตาราง ของการเก็บข้อมูล MainTemp โดยในตารางนี้จะประกอบด้วย รหัสของวัสดุ ชื่อของวัสดุ ชื่อยี่ห้อ รุ่น เป็นต้นโดยมีการกำหนดชนิดของข้อมูลและขอบเขตของข้อมูล เริ่มจากรหัสของวัสดุ เป็นข้อมูลชนิด AutoNumber ชื่อของวัสดุ ชื่อยี่ห้อ รุ่น เป็นข้อมูลประเภท TEXT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้อินฟราเรด ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพอุณหภูมิของวัสดุ จะช่วยให้ผู้ที่ต้องการที่จะซื้อวัสดุได้รับทราบข้อมูลที่แท้จริงของวัสดุที่ต้องการใช้งาน โดยการแสดงผลอุณหภูมิผ่านทาง LCD และมีการแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยได้มีการอธิบายในส่วนของ กราฟอุณหภูมิ, วันเวลาที่ทำการทดสอบ, ค่าสูงสุดและต่ำสุดของอุณหภูมิที่ทำการวัด, รูปเทอร์โมมิเตอร์แสดงอุณหภูมิ, รหัสของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ และ แสดงอุณหภูมิเป็นตัวเลขในขณะวัดอุณหภูมิ

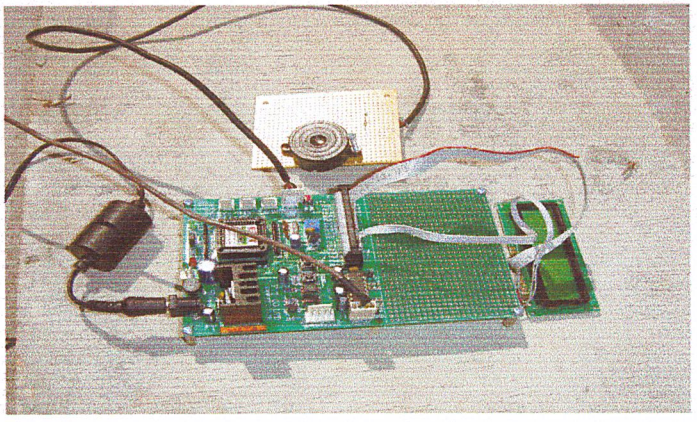
ในส่วนของการทดลองนี้ลักษณะการทำงานคือ เมื่อมีข้อมูลส่งมาจากเครื่องวัดโดยผ่านพอร์ต RS-232 ตัวโปรแกรมจะแสดงผลที่ได้ทำการวัดในขณะนั้นแสดงผลออกมาทางหน้าจอ LCD และ ทางจอคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยมีการเก็บบันทึกผลของข้อมูลทุกๆ 20 วินาที เพื่อนำมาสร้างกราฟแสดงผลของอุณหภูมิ

สำหรับในการทดลองนี้ได้ยกตัวอย่างการวัดอุณหภูมิของวัสดุชนิดหนึ่ง โดยวัสดุที่ใช้ทดสอบคือ ยิปซัม ของตราช้าง ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดความร้อน 95 เปอร์เซ็นต์ โดยแสดงรูปการทดลองและผลการทดลองดังนี้

4.1 วิธีการทดลอง

รูปที่ 4.1 แสดงภาพวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



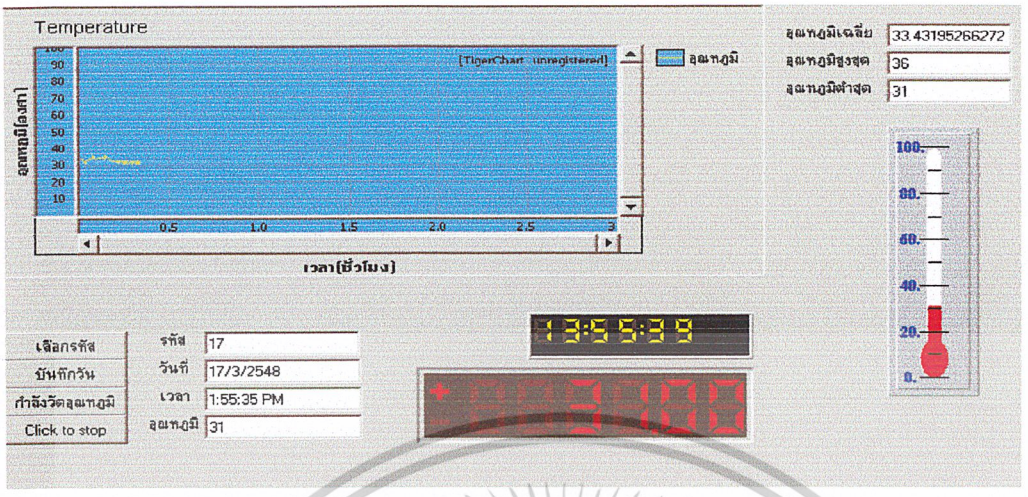
รูปที่ 4.2 แสดงภาพภายในเครื่องวัดอุณหภูมิโดยอินฟาเรด

รูปที่ 4.3 แสดงภาพขณะทำการทดสอบการวัดอุณหภูมิ

จากรูปของการทดลอง เราจะนำวัสดุที่ต้องการทำการทดสอบอุณหภูมิ คือ ยิปซั่ม ตราช้าง จากที่เห็นดังรูป ที่ 4.1 มาวางไว้ในที่โล่งแจ้ง คือในสถานที่ มีแดดส่องได้ จากนั้น เราจะนำอุปกรณ์เครื่องมือวัด ดังที่เห็นในรูป 4.2 ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อเตรียมทำการวัดอุณหภูมิโดยในการวัดนั้นจะนำ เครื่องวัด มาวางไว้ใต้ ยิปซั่ม ในระยะใกล้ ประมาณ 2 นิ้ว ห่างจาก วัสดุ แล้วทำการเปิดเครื่องมือวัด ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ทั้งแสดงผลและบันทึกลงฐานข้อมูล

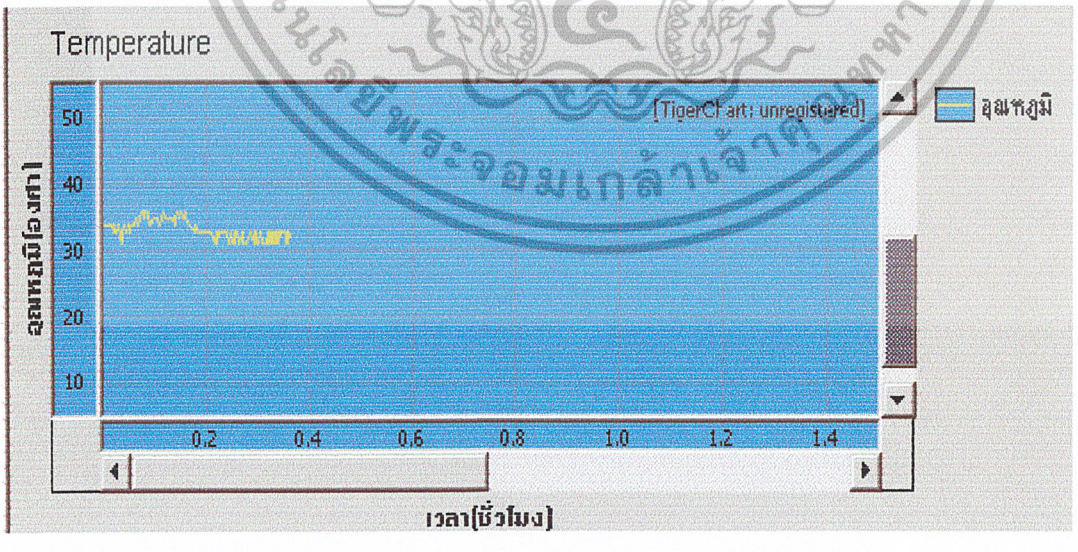
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอสำหรับวัดอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.4 ได้การวัดผลของอุณหภูมิในขณะนั้น โดยรูปที่แสดงนี้จะเป็นในส่วนของการแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์ โดยจากกราฟแนวตั้งแสดงค่าของอุณหภูมิ หน่วยเป็น องศาเซลเซียส ส่วนในแนวนอนนั้น แสดงค่าช่วงเวลาโดย 1 ส่วนแบ่งเป็น 80 วินาที มีการแสดงรหัสของวัสดุที่ได้มีการบันทึกไว้ในฐานข้อมูล มีการแสดงวัน เดือน ปี ที่ทำการทดลอง แสดงผลของอุณภูมิในขณะวันเป็นตัวเลข แสดงรูปเทอร์โมมิเตอร์แสดงค่าของอุณภูมิขณะนั้นด้วย ส่วนด้านบนขวาของหน้าจอ จะมีการแสดง อุณหภูมิเฉลี่ย,อุณภูมิสูงสุดและต่ำสุดในขณะวัดอีกด้วย



รูปที่ 4.5 แสดงภาพผลกราฟของการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างการเก็บค่าข้อมูล

Time	Temperature
13:07:05	34
13:07:25	34
13:07:45	34
13:08:05	34
13:08:25	34
13:08:45	35
13:09:05	35
13:09:25	35
13:09:45	34
13:10:05	35
13:10:25	35
13:10:46	36
13:11:06	35
13:11:26	36
13:11:46	36
13:12:06	36
13:12:26	36
13:12:46	36
13:13:06	36
13:13:26	34
13:13:46	34
13:14:06	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้เสนองานเกี่ยวกับเครื่องวัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการหาอินฟราเรดในการทดสอบวัดอุณหภูมิของวัสดุกันความร้อน เช่น กระเบื้อง ยิปซั่ม เป็นต้น เพื่อเป็นการพิสูจน์การกันความร้อนของวัสดุนั้นๆ โดยในการวิเคราะห์นั้น ก็จะมีการนำเอาวัสดุที่การทดสอบ มาบันทึกชื่อของวัสดุ เก็บไว้ในหน่วยความจำ และบันทึกไว้ในฐานข้อมูลเพื่อทำการประมวลผลและสามารถเรียกใช้ข้อมูลได้ต่อไป ในการทดลองนั้นจะนำวัสดุที่ต้องการทำการทดลองมาวางไว้ในกลางที่โล่งแจ้ง โดยนำเครื่องวัดมาทำการวัดค่าอุณหภูมิบริเวณใต้พื้นผิวของวัสดุภายหลังที่มีตากแดด จากนั้นทำการวัดค่าของอุณหภูมิของวัสดุที่ได้นำมาทำการทดลอง ระหว่างที่เครื่องวัดอุณหภูมิ ทำการวัดอุณหภูมือยู่นั้นก็จะการบันทึก ผลของอุณหภูมิ,วันที่ และ เวลาที่ทำการทดลองไว้ในฐานข้อมูลด้วย ผลที่ได้จากการทดลองจะมีการแสดงผลในรูปกราฟของอุณหภูมิที่ทำการวัดในขณะนั้น โดยสรุปแล้วเครื่องวัดอุณหภูมิโดยอินฟราเรดนั้นให้ผลการทดลองในการนำไปใช้งานได้ดีในระดับหนึ่ง

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการลงมือเริ่มทำโครงงานนี้ จะพบปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองและทดสอบ เช่น ปัญหาเกี่ยวกับตัวเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้งาน เพราะว่าเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้งานหาได้ยาก และข้อมูลค่อนข้างน้อย ประกอบกับอุปกรณ์ประเภทเครื่องวัดอุณหภูมินั้นมีความละเอียดค่อนข้างสูง ระหว่างการทดลองนั้นมีสัญญาณรบกวนค่อนข้างมาก ในการออกแบบจึงค่อนข้างยากและเมื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิยังมีความคลาดเคลื่อน อันเนื่องจากอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ดังนั้นแนวทางการแก้ไขจึงควรพัฒนาในส่วนของตัวเซ็นเซอร์ ให้มีความละเอียดในการวัดที่มากขึ้นเพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลในการทดสอบอุณหภูมิที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] เอกชัย มะการ," คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-JR51AC2 V1&V2", บริษัท อีทีที จำกัด

[2] อภิชาติ ภู่พลับ," รวมคอนโทรลฟรี [สำหรับ VB6] ",บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด

[3] ศุภชัย สมพานิช ,"สร้างระบบงานฐานข้อมูลด้วย Visual Basic", บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด

[4] กิตติ ภักดีวัฒนะกุล ,"Visual Basic ฉบับ ฐานข้อมูล ", บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 5,2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างโปรแกรม Visual Basic

```
àOption Explicit
Dim tmp As Long
Public z As Double
Public t As Double
Public avtemp As Double
Public avcount As Integer
Public mintemp As Double
Public maxtemp As Double

Private Sub Command1_Click()
MSComm1.PortOpen = False
Timer1.Enabled = False
Command9.Caption = "วัดอุณหภูมิ"
Command1.Caption = "หยุด"
End Sub

Private Sub Command6_Click()
With DataEnvironment4.rsCommand1
.MoveLast
tmp = .Fields("DateID").Value + 1
.AddNew
txtDateID(0).Text = tmp
End With
End Sub

Private Sub Command8_Click()
With DataEnvironment4.rsCommand1
txtdate.Text = Date
.Fields("NoID").Value = txtNoID(1).Text
.Fields("Date").Value = txtdate.Text
.Update
End With
End Sub

Private Sub Command9_Click()
MSComm1.PortOpen = True
Timer1.Enabled = True
Command9.Caption = "กำลังวัดอุณหภูมิ"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Command1.Caption = "Click to stop"
End Sub

Private Sub Form_Activate()
MSComm1.RThreshold = 1
MSComm1.InputLen = 0
End Sub

Private Sub Form_Load()
Timer1.Enabled = False
        avtemp = 0
        avcount = 0
        mintemp = 1000
        maxtemp = 0
    MSComm1.CommPort = 1
   MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
   MSComm1.InputLen = 0

Form2.WindowState = 2
Timer1.Interval = 4320

TigerChart1.Title = "Temperature"
TigerChart1.XAxisLabel = "เวลา(ชั่วโมง)"
TigerChart1.YAxisLabel = "อุณหภูมิ(องศา)"
TigerChart1.MaxCountOfPlots = 1
Call TigerChart1.SetPlotAspects(1, "อุณหภูมิ", , , , 1, , , True)
Call TigerChart1.SetGlobalBorders(0.1, 3, 0.1, 100, 0, 0)
Call TigerChart1.ClearAllPlotData
Call TigerChart1.Refresh
z = Timer
Gauge1.PanelMax = 100
End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm()
Select Case MSComm1.CommEvent
    Case comEvReceive
    Dim buffer As Integer
    Dim temp As Integer
   temp = MSComm1.Input
    buffer = temp
    txtTemperature.Text = Val(buffer)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
txtTime.Text = Time
txtDateID(1).Text = tmp


        NumberLed1.Value = buffer
        Gauge1.BandID = 1
        Gauge1.BandEnd = buffer
       avcount = avcount + 1
        avtemp = avtemp + buffer
        Text4.Text = (avtemp / avcount)
        If buffer > maxtemp Then
        maxtemp = buffer
        Text5.Text = maxtemp
        ElseIf buffer < maxtemp Then
        maxtemp = maxtemp
        End If
        If buffer < mintemp Then
        mintemp = buffer
        Text6.Text = mintemp
        ElseIf buffer > mintemp Then
        mintemp = mintemp
        End If


        Call TigerChart1.AddNewDataPoint(1, t, buffer)
       Call TigerChart1.Refresh
        End Select
With DataEnvironment4.rsCommand2
.MoveLast
.AddNew
MSComm1.InputLen = 0
.Fields("DateID").Value = tmp
.Fields("Time").Value = Time
.Fields("Temperature").Value = buffer
.Update
Me.Show
End With
    End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
t = Timer - z
t = Int(t * 1) / 10000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Option Explicit
Public X As Double
Public i As Double
Public z As Double
Public t As Double
Dim ComOnOff As Boolean
Dim chkstop As Boolean
Dim buffer As Variant

Private Function GetInputData(ByVal SndData As String)
Dim VbspLen As Integer, VbspInd As Integer
Dim VbspCode As Byte
Dim VbspPrev As String, VbspCur As String
Dim VbspData As String
VbspLen = Len(SndData)
End Function

Private Sub Form_Load()
Dim tua As Variant
Form1.WindowState = 2
z = Timer
End Sub

Option Explicit
Public z As Double
Private Sub Ccmdfirst_Click()
With DataEnvironment1.rsCommand1
.MoveFirst
End With
End Sub
Private Sub cmAdd_Click()
With DataEnvironment3.rsCommand1
.MoveLast
.AddNew
txtNoID(0).Enabled = False
End With
cmAdd.Enabled = False
cmUpdate.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cmDelete.Enabled = False
cmExit.Enabled = False
cmdfirst.Enabled = False
cmdprevious.Enabled = False
cmdnext.Enabled = False
cmdlast.Enabled = False
cmdOK.Visible = True
cmdcancel.Visible = True
End Sub
Private Sub cmdcancel_Click()
With DataEnvironment3.rsCommand1
.CancelUpdate
End With
cmAdd.Enabled = True
cmUpdate.Enabled = True
cmDelete.Enabled = True
cmExit.Enabled = True
cmdOK.Value = False
cmdcancel.Visible = False
cmdOK.Visible = False
cmdfirst.Enabled = True
cmdprevious.Enabled = True
cmdnext.Enabled = True
cmdlast.Enabled = True
End Sub

Private Sub cmDelete_Click()
If MsgBox("คุณต้องการลบเร็คคอร์ดนี้ ใช่หรือไม่?", vbYesNo, "ยืนยันการลบเร็คคอร์ด") = vbYes Then
With DataEnvironment3.rsCommand1
.Delete
.MoveNext
If .EOF Then
.MoveLast
End If
End With
End If
End Sub
Private Sub cmdfirst_Click()
With DataEnvironment3.rsCommand1
.MoveFirst
End With
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub cmdlast_Click()
With DataEnvironment3.rsCommand1
.MoveLast
End With
End Sub

Private Sub cmdnext_Click()
With DataEnvironment3.rsCommand1
.MoveNext
If .EOF Then
.MoveLast
End If
End With
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
If (txtMaterialname(0).Text = "") Or (txtBrand(0).Text = "") Or (txtModel(0).Text = "") Then
MsgBox "คุณยังใส่ข้อมูลไม่ครบ", vbOKOnly, "ข้อผิดพลาด"
Else
cmUpdate.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub cmdprevious_Click()
With DataEnvironment3.rsCommand1
.MovePrevious
If .BOF Then
.MoveFirst
End If
End With
End Sub

Private Sub cmExit_Click()
 If MsgBox("คุณต้องการออกจากโปรแกรม ใช่หรือไม่", vbYesNo, "ยืนยันการออกจากโปรแกรม") = vbYes Then
 With DataEnvironment3.rsCommand1
 End
  End With
  End If
 End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmUpdate_Click()
With DataEnvironment3.rsCommand1
.Fields("materialname").Value = txtMaterialname(0).Text
.Fields("Brand").Value = txtBrand(0).Text
.Fields("Model").Value = txtModel(0).Text
.Update
txtNoID(1).Enabled = True
End With
cmAdd.Enabled = True
cmUpdate.Enabled = True
cmDelete.Enabled = True
cmExit.Enabled = True
cmdfirst.Enabled = True
cmdprevious.Enabled = True
cmdnext.Enabled = True
cmdlast.Enabled = True
cmdOK.Visible = False
cmdcancel.Visible = False
End Sub
Private Sub Form_Load()
cmdOK.Visible = False
cmdcancel.Visible = False
With MSHFlexGrid2
MSHFlexGrid2.Refresh
End With
z = Timer
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Introduction

The Smartec infrared sensor SMTIR9901 and SMTIR9902 are sophisticated full silicon infrared sensors. The sensors can be used in measuring the radiation temperature without any contact. For the different radiation temperature ranges various filters are available. The sensor type SMTIR9902 contains a temperature sensor for measuring the temperature of the sensor itself. The temperature range of the sensor-element is between - 40 to 100 °C. The sensor is available in a standard TO-05 encapsulation and with a 5.5. µm high pass filter.

2 Typical applications

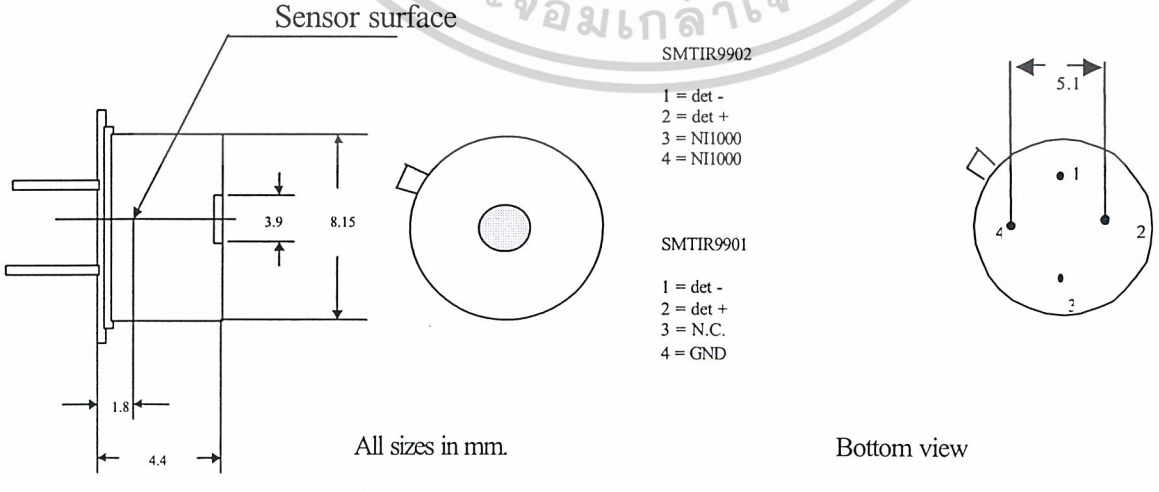
- Contactless measurement of surface temperatures or Infrared radiation
- temperature measurement on moving objects.
- Continuous temperature control of manufacturing.
- Thermal alarmsystems
- Climate control
- Medical instruments
- Home appliances.

Easy and accurate measuring of the sensors temperature by means of a built-in temperature sensor(only for type SMTIR9902).

The main characteristics of the infrared sensor are:

- High accuracy
- High sensitivity (110 V/W)
- Low resistance (50 KΩ) and therefore
- Very good signal-to-noise-ratio
- Good response time (40 ms)
- Low cost thin film technology

3 Pin-out and housing (TO 5)



All sizes in mm.

Bottom view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 Product description.

Thermopiles are based on the Seebeck effect, which can be considered ever since a long time as standard for conventional thermocouples.The application of thin film technology allows the production of miniaturized and low cost sensor elements.
A series connection of thermojunctions deposited on a silicon substrate forms the thermopile. The hot junctions are thermally isolated from the cold junctions on the substrate by etching an extremely thin membrane. A black absorbing layer on the hot junctions transform the incoming radiation into heat. A voltage proportional to the radiation is generated by the thermoelectric effect.
The used thermopiles are processed on 400 µm silicon substrates using BiSb and NiCr for the thermojunctions.
For different radiation spectra various filters are available to find the optimal solution.

5 Specifications

Parameters	**typical**	**units**
Number of thermojunctions	100	
Active area	0.50	mm^2
Die size	2.2 * 2.2	mm^2
Resistance of thermopile	50 ± 15	KΩ
Sensitivity	110 ± 20	V/W 1)
Temp coeff of sensitivity	-0.52 ± 0.08	%/K
Specific Detectivity	2.1 * 10e8	cm.Hz½W 1)
Noise equivalent power	0.35	nW 1)
Noise Voltage	37	nV/Hz½
Time constant	40 ± 10	ms (63 %)
Temperature range (sensor)	-20 - 100	°C
Storage temperature	-40 - 100	°C
Filter (high Pass)	5.5	µm

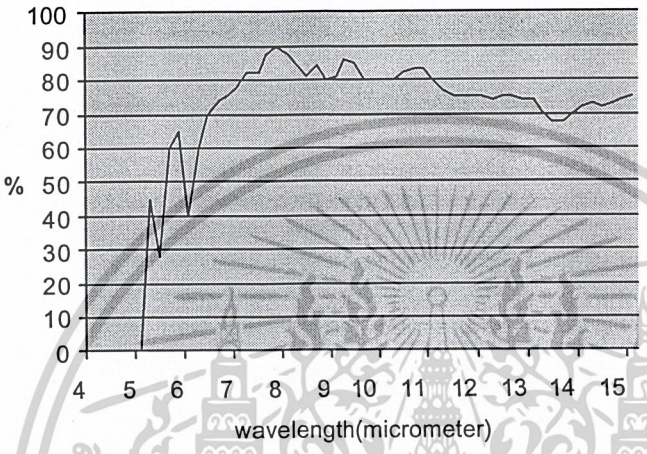
1) at 500 K,DC

Reference thermistor (SMTIR9902 only)

Resistance	1.000 ± 0.004	KΩ (@ 0°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FILTER (characteristic)



6 Understanding the specifications

Sensitive area
The sensitive area is a square of .5 mm². By using the distance between the sensor element and the glass filter and its diameter the field of view can be determined. The field of view can be changed by using special lenses. In case lenses are used the emissivity and the spectrum has to be considered.

Filter.
The sensors are standardwise equipped with a high pass filter. From the theory it is well known that each body has a radiation at a certain temperature. This radiation temperature has a frequency related to that temperature. For general use the filter used is a high pass filter with a cut-off wavelength of 5.5 µm.

Sensor resistance.
It must be clear that this type of thermopile has a reasonable output resistance. This resistance has to be considered when designing the input amplifier to prevent off-setts, etc.

Time constant.
The time constant is the time needed to reach an output voltage of 66 % of the final level. This time constant only depends on the physical construction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature reference resistor(SMTIR9902).
It is well known that for application on a infrared sensor the temperature of the sensor must be considered in the calculation of the radiation temperature. The used resistor Is a standard Ni resistor with a value of 1000 Ω @ 0 °C.

The relation between the resistance value and the temperature is given below:

$R(T)=R0*(1+A*T+B*T^2+C*T^4+D*T^6)$ tolerance class B

R0= resistance @ 0°C = 1000 Ω
T = Temperature in °C
A = $5.485 * 10^{-3}$
B = $6.650 * 10^{-6}$
C = $2.805 * 10^{-11}$
D = $-2.000 * 10^{-17}$

7 Ordering information

SMTIR9901 Infraredsensor without temperature sensor
SMTIR9902 Infraredsensor with temperature sensor

For more information and or samples:

SMARTEC BV
Delpratsingel 26
4811 AP BREDA
The Netherlands

Tel: * 31 76 520 5353
Fax: * 31 76 520 5354

Email: SMARTECNL@CS.COM
URL: WWW.SMARTEC.NL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM358, LM258, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904

Single Supply Dual Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature low power drain, a common mode input voltage range extending to ground/V_{EE}, and single supply or split supply operation. The LM358 series is equivalent to one−half of an LM324.

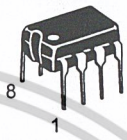
These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one−fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

Features

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation
- Pb−Free Packages are Available
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Site and Control Changes

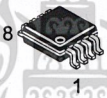
ON Semiconductor®

http://onsemi.com



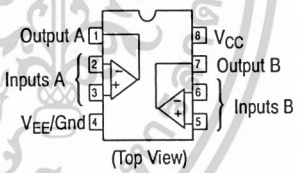
PDIP−8
N, AN, VN SUFFIX
CASE 626

SOIC−8
D, VD SUFFIX
CASE 751



Micro8™
DMR2 SUFFIX
CASE 846A

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1.

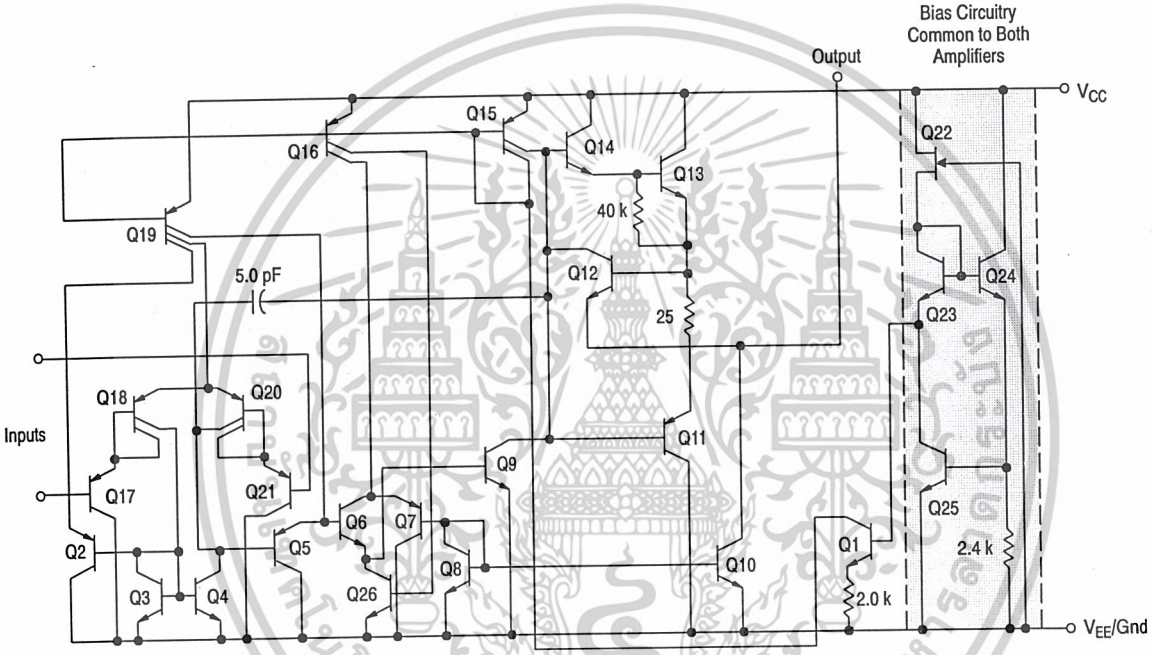


Figure 2. Representative Schematic Diagram
(One−Half of Circuit Shown)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	 V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	 32 ±16	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	±32	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	−0.3 to 32	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous	
Junction Temperature	T_J	150	°C
Thermal Resistance, Junction−to−Air (Note 3)	$R_{\theta JA}$	238	°C/W
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55 to +125	°C
ESD Protection at any Pin Human Body Model Machine Model	V_{esd}	 2000 200	V
Operating Ambient Temperature Range LM258 LM358 LM2904/LM2904A LM2904V, NCV2904 (Note 4)	T_A	 −25 to +85 0 to +70 −40 to +105 −40 to +125	°C

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

1. Split Power Supplies.
2. For Supply Voltages less than 32 V the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
3. $R_{\theta JA}$ for Case 846A.
4. *NCV2904 is qualified for automotive use.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = GND, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258 Min	LM258 Typ	LM258 Max	LM358 Min	LM358 Typ	LM358 Max	Unit
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V, V_{IC} = 0 V to V_{CC} −1.7 V, $V_O \simeq$ 1.4 V, R_S = 0 Ω	V_{IO}							mV
T_A = 25°C		–	2.0	5.0	–	2.0	7.0	
T_A = T_{high} (Note 5)		–	–	7.0	–	–	9.0	
T_A = T_{low} (Note 5)		–	–	7.0	–	–	9.0	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current	I_{IO}	–	3.0	30	–	5.0	50	nA
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)		–	–	100	–	–	150	
Input Bias Current	I_{IB}	–	−45	−150	–	−45	−250	
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)		–	−50	−300	–	−50	−500	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 6), V_{CC} = 30 V	V_{ICR}	0	–	28.3	0	–	28.3	V
V_{CC} = 30 V, T_A = T_{high} to T_{low}		0	–	28	0	–	28	
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain	A_{VOL}							V/mV
R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V, For Large V_O Swing, T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)		50	100	–	25	100	–	
		25	–	–	15	–	–	
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	−120	–	–	−120	–	dB
Common Mode Rejection R_S ≤ 10 kΩ	CMR	70	85	–	65	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	dB
Output Voltage−High Limit	V_{OH}							V
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)								
V_{CC} = 5.0 V, R_L = 2.0 kΩ, T_A = 25°C		3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	
V_{CC} = 30 V, R_L = 2.0 kΩ		26	–	–	26	–	–	
V_{CC} = 30 V, R_L = 10 kΩ		27	28	–	27	28	–	
Output Voltage−Low Limit V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ, T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current V_{ID} = +1.0 V, V_{CC} = 15 V	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current	I_{O-}							
V_{ID} = −1.0 V, V_{CC} = 15 V		10	20	–	10	20	–	mA
V_{ID} = −1.0 V, V_O = 200 mV		12	50	–	12	50	–	μA
Output Short Circuit to Ground (Note 7)	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (Total Device) T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)	I_{CC}							mA
V_{CC} = 30 V, V_O = 0 V, R_L = ∞		–	1.5	3.0	–	1.5	3.0	
V_{CC} = 5 V, V_O = 0 V, R_L = ∞		–	0.7	1.2	–	0.7	1.2	

5. LM258: T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°C
   LM358: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   LM2904/LM2904A: T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°C
   LM2904V & NCV2904: T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C
   NCV2904 is qualified for automotive use.
6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} − 1.7 V.
7. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM2904			LM2904A			LM2904V, NCV2904			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V, V_{IC} = 0 V to V_{CC} −1.7 V, $V_O \simeq$ 1.4 V, R_S = 0 Ω T_A = 25°C $T_A = T_{high}$ (Note 8) $T_A = T_{low}$ (Note 8)	V_{IO}	 – – –	 2.0 – –	 7.0 10 10	 – – –	 2.0 – –	 7.0 10 10	 – – –	 – – –	 7.0 13 10	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8) Input Bias Current $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8)	I_{IO} I_{IB}	– – – –	5.0 45 −45 −50	50 200 −250 −500	– – – –	5.0 45 −45 −50	50 200 −100 −250	– – – –	5.0 45 −45 −50	50 200 −250 −500	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Common Mode Voltage Range (Note 9), V_{CC} = 30 V V_{CC} = 30 V, $T_A = T_{high}$ to T_{low}	V_{ICR}	0 0	– –	24.3 24	0 0	– –	24.3 24	0 0	– –	24.3 24	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V, For Large V_O Swing, $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8)	A_{VOL}	25 15	100 –	– –	25 15	100 –	– –	25 15	100 –	– –	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	−120	–	–	−120	–	–	−120	–	dB
Common Mode Rejection R_S ≤ 10 kΩ	CMR	50	70	–	50	70	–	50	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	50	100	–	50	100	–	50	100	–	dB
Output Voltage−High Limit $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8) V_{CC} = 5.0 V, R_L = 2.0 kΩ, T_A = 25°C V_{CC} = 30 V, R_L = 2.0 kΩ V_{CC} = 30 V, R_L = 10 kΩ	V_{OH}	 3.3 22 23	 3.5 – 24	 – – –	 3.3 22 23	 3.5 – 24	 – – –	 3.3 22 23	 3.5 – 24	 – – –	V
Output Voltage−Low Limit V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ, $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	mV
Output Source Current V_{ID} = +1.0 V, V_{CC} = 15 V	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current V_{ID} = −1.0 V, V_{CC} = 15 V V_{ID} = −1.0 V, V_O = 200 mV	I_{O-}	 10 –	 20 –	 – –	 10 –	 20 –	 – –	 10 –	 20 –	 – –	 mA μA
Output Short Circuit to Ground (Note 10)	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (Total Device) $T_A = T_{high}$ to T_{low} (Note 8) V_{CC} = 30 V, V_O = 0 V, R_L = ∞ V_{CC} = 5 V, V_O = 0 V, R_L = ∞	I_{CC}	 – –	 1.5 0.7	 3.0 1.2	 – –	 1.5 0.7	 3.0 1.2	 – –	 1.5 0.7	 3.0 1.2	mA

8. LM258: T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°C
   LM2904/LM2904A: T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°C
   LM358: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   LM2904V & NCV2904: T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C
   NCV2904 is qualified for automotive use.
9. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} − 1.7 V.
10. Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM358 series is made using two internally compensated, two−stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single−ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Each amplifier is biased from an internal−voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

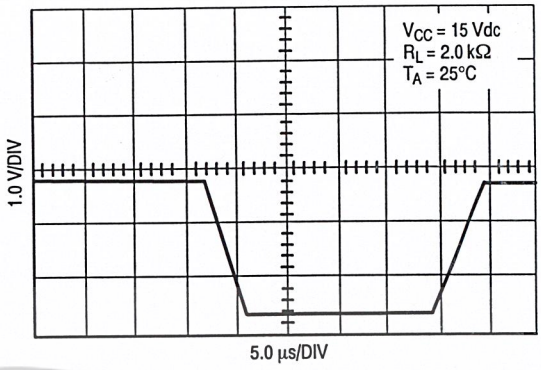


Figure 3. Large Signal Voltage Follower Response

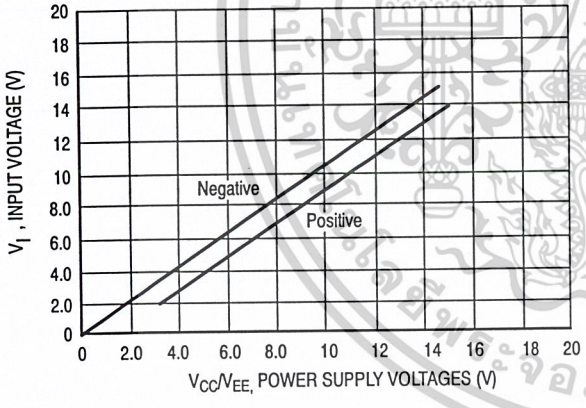


Figure 4. Input Voltage Range

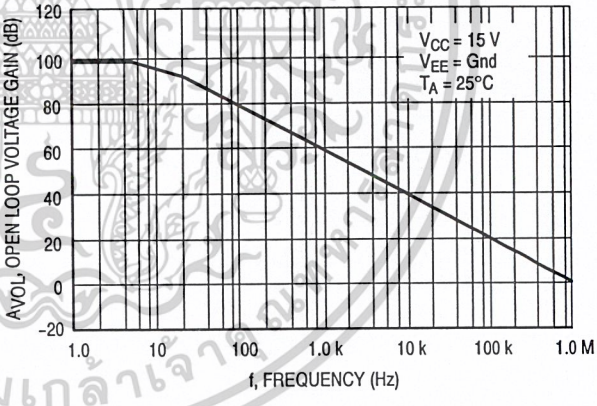


Figure 5. Large−Signal Open Loop Voltage Gain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

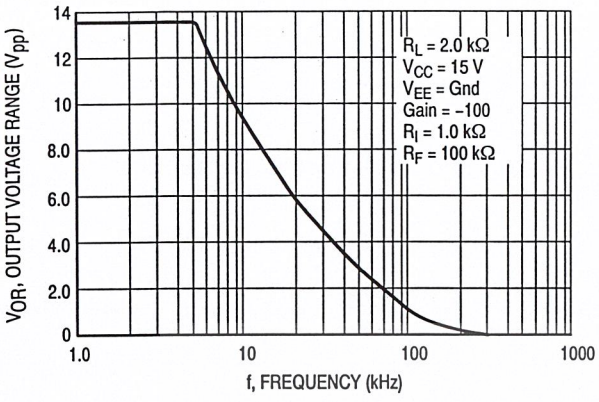


Figure 6. Large−Signal Frequency Response

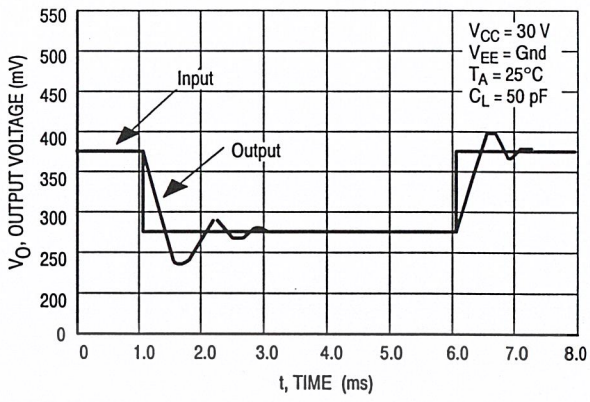


Figure 7. Small Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

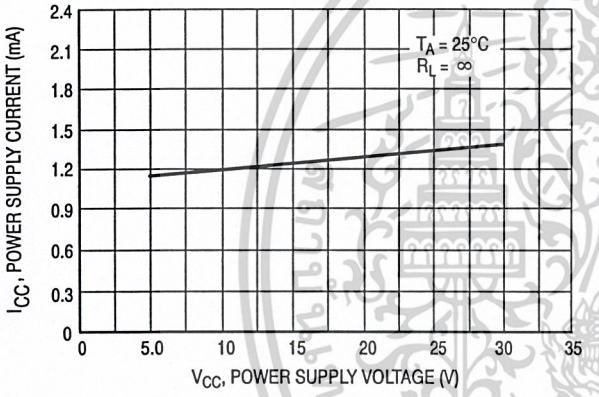


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

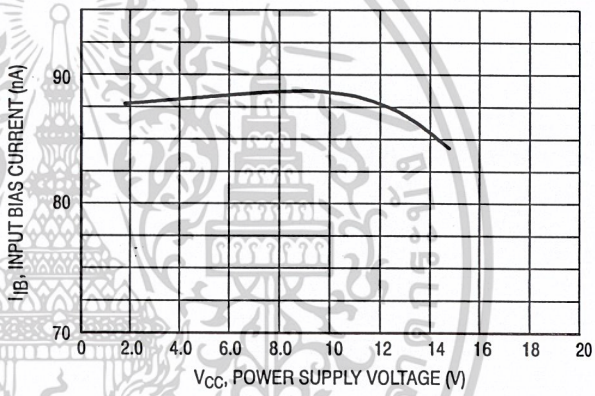


Figure 9. Input Bias Current versus Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

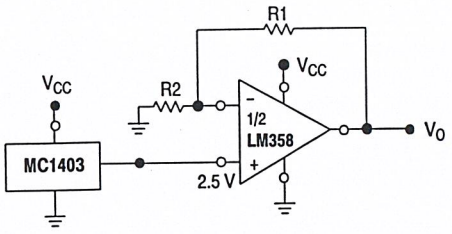


Figure 10. Voltage Reference

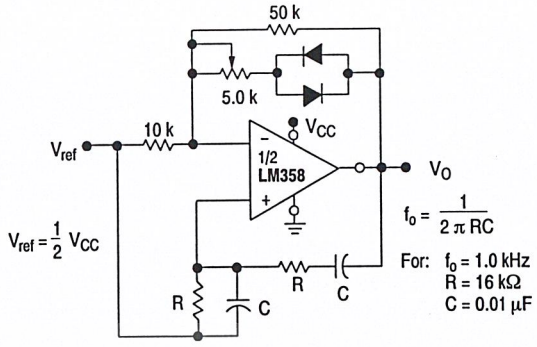


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

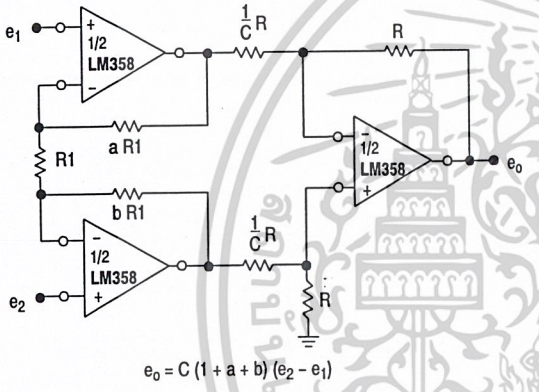


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

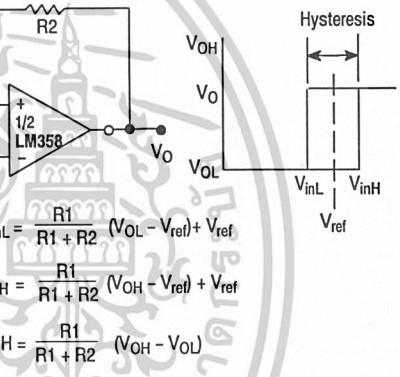


Figure 13. Comparator with Hysteresis

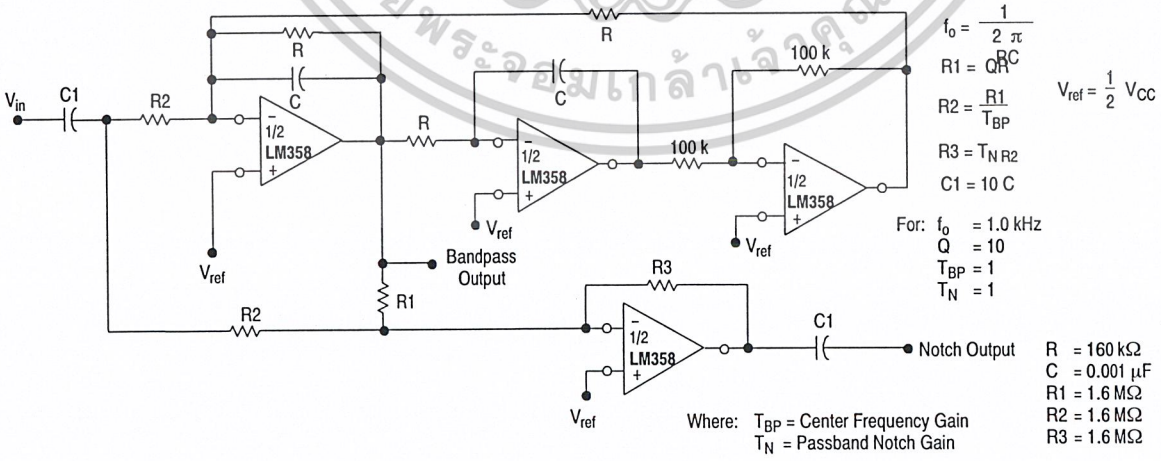
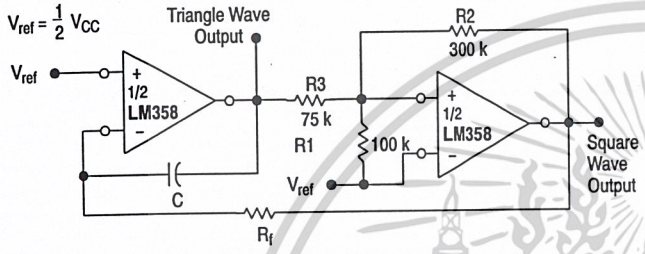


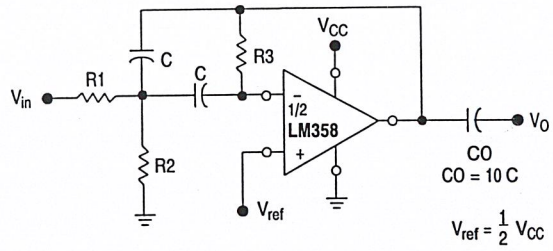
Figure 14. Bi−Quad Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$f = \frac{R1 + R_C}{4\,CR_f\,R1} \quad \text{if, } R3 = \frac{R2\,R1}{R2 + R1}$$

Figure 15. Function Generator



Given: f_o = center frequency
$A(f_o)$ = gain at center frequency

Choose value f_o, C

Then: $R3 = \frac{Q}{\pi f_o C}$

$$R1 = \frac{R3}{2\,A(f_o)}$$

$$R2 = \frac{R1\,R3}{4Q^2\,R1 - R3}$$

For less than 10% error from operational amplifier. $\frac{Q_o\,f_o}{BW} < 0.1$

Where f_o and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package	Shipping†
LM358D	0°C to +70°C	SOIC−8	98 Units/Rail
LM358DR2		SOIC−8	2500 Tape & Reel
LM358DR2G		SOIC−8 (Pb−Free)	2500 Tape & Reel
LM358DMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM358DMR2G		Micro8 (Pb−Free)	4000 Tape & Reel
LM358N		PDIP−8	50 Units/Rail
LM358NG		PDIP−8 (Pb−Free)	50 Units/Rail
LM258D	−25°C to +85°C	SOIC−8	98 Units/Rail
LM258DR2		SOIC−8	2500 Tape & Reel
LM258DR2G		SOIC−8 (Pb−Free)	2500 Tape & Reel
LM258DMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM258N		PDIP−8	50 Units/Rail
LM2904D	−40°C to +105°C	SOIC−8	98 Units/Rail
LM2904DR2		SOIC−8	2500 Tape & Reel
LM2904DR2G		SOIC−8 (Pb−Free)	2500 Tape & Reel
LM2904DMR2		Micro8	2500 Tape & Reel
LM2904DMR2G		Micro8 (Pb−Free)	2500 Tape & Reel
LM2904N		PDIP−8	50 Units/Rail
LM2904ADMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM2904AN		PDIP−8	50 Units/Rail
LM2904VD	−40°C to +125°C	SOIC−8	98 Units/Rail
LM2904VDG		SOIC−8 (Pb−Free)	98 Units/Rail
LM2904VDR2		SOIC−8	2500 Tape & Reel
LM2904VDMR2		Micro8	4000 Tape & Reel
LM2904VN		PDIP−8	50 Units/Rail
NCV2904DR2*		SOIC−8	2500 Tape & Reel
NCV2904DMR2*		Micro8	4000 Tape & Reel

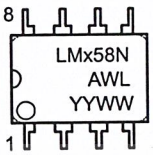
*NCV2904 is qualified for automotive use.

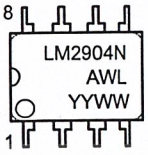
†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

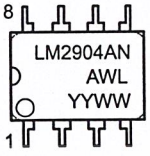
MARKING DIAGRAMS

PDIP−8
N SUFFIX
CASE 626

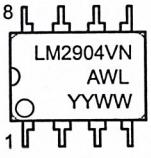




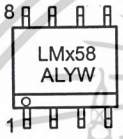
PDIP−8
AN SUFFIX
CASE 626

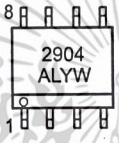


PDIP−8
VN SUFFIX
CASE 626

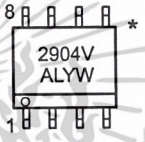


SOIC−8
D SUFFIX
CASE 751

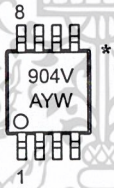




SOIC−8
VD SUFFIX
CASE 751



Micro8
DMR2 SUFFIX
CASE 846A



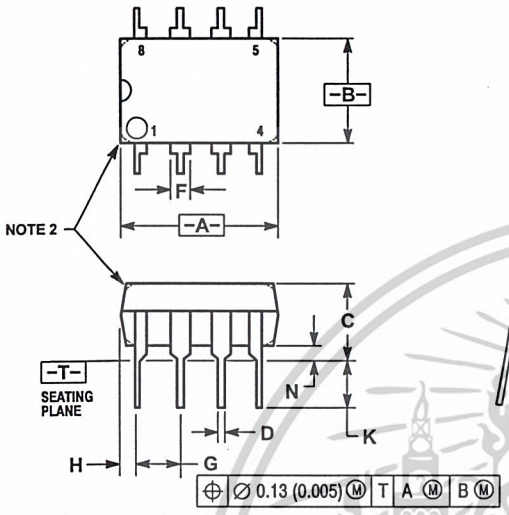
x	= 2 or 3
A	= Assembly Location
WL, L	= Wafer Lot
YY, Y	= Year
WW, W	= Work Week

*This diagram also applies to NCV2904

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

PDIP−8
N, AN, VN SUFFIX
CASE 626−05
ISSUE L



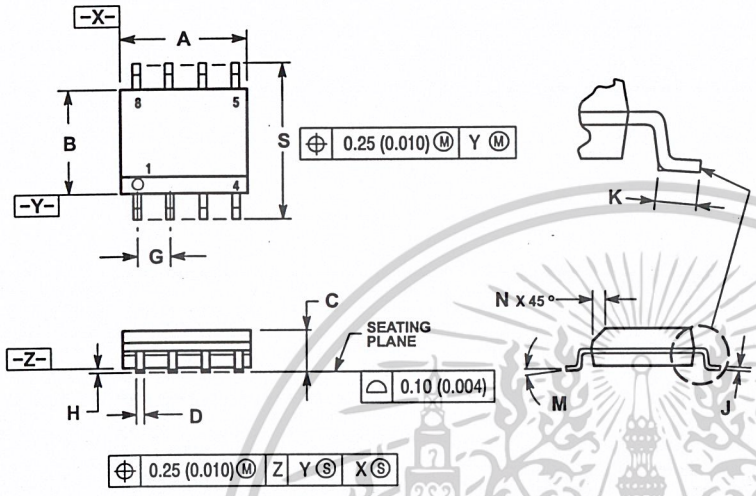
NOTES:
1. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
2. PACKAGE CONTOUR OPTIONAL (ROUND OR SQUARE CORNERS).
3. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.40	10.16	0.370	0.400
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.94	4.45	0.155	0.175
D	0.38	0.51	0.015	0.020
F	1.02	1.78	0.040	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	0.76	1.27	0.030	0.050
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	---	10°	---	10°
N	0.76	1.01	0.030	0.040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

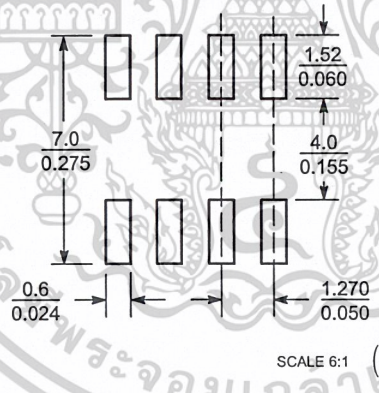
SOIC−8
D, VD SUFFIX
CASE 751−07
ISSUE AB



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
6. 751−01 THRU 751−06 ARE OBSOLETE. NEW STANDARD IS 751−07.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.80	5.00	0.189	0.197
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.053	0.069
D	0.33	0.51	0.013	0.020
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
H	0.10	0.25	0.004	0.010
J	0.19	0.25	0.007	0.010
K	0.40	1.27	0.016	0.050
M	0 °	8 °	0 °	8 °
N	0.25	0.50	0.010	0.020
S	5.80	6.20	0.228	0.244

SOLDERING FOOTPRINT*



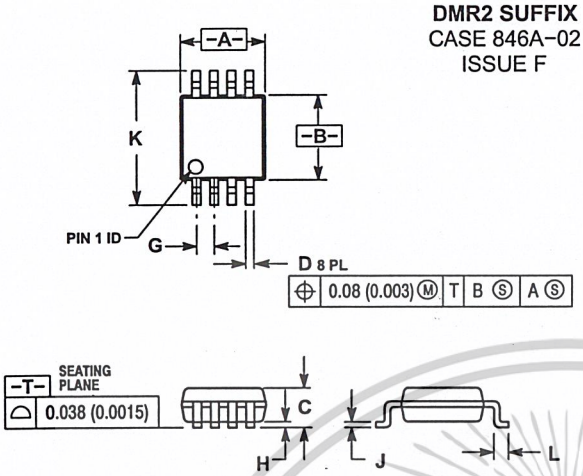
SCALE 6:1 (mm / inches)

*For additional information on our Pb−Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

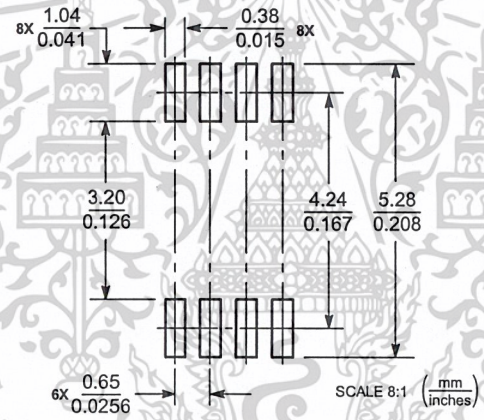
Micro8
DMR2 SUFFIX
CASE 846A−02
ISSUE F



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
5. 846A−01 OBSOLETE, NEW STANDARD 846A−02.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	2.90	3.10	0.114	0.122
B	2.90	3.10	0.114	0.122
C	---	1.10	---	0.043
D	0.25	0.40	0.010	0.016
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.05	0.15	0.002	0.006
J	0.13	0.23	0.005	0.009
K	4.75	5.05	0.187	0.199
L	0.40	0.70	0.016	0.028

SOLDERING FOOTPRINT*



*For additional information on our Pb−Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

Micro8 is a trademark of International Rectifier.

ON Semiconductor and ◯ are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 61312, Phoenix, Arizona 85082−1312 USA
Phone: 480−829−7710 or 800−344−3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 480−829−7709 or 800−344−3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800−282−9855 Toll Free USA/Canada

Japan: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
2−9−1 Kamimeguro, Meguro−ku, Tokyo, Japan 153−0051
Phone: 81−3−5773−3850

ON Semiconductor Website: http://onsemi.com

Order Literature: http://www.onsemi.com/litorder

For additional information, please contact your local Sales Representative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้