สำนักหอสมุด

อภินันทนาการ

เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล

DIGITAL TEMPERATURE DATA-LOGGER

นายภาสกร ศรีพระจันทร์ รหัส 53362969

I7194584

ฝ
ภ 473ค
2557

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 10 ต.ค. 2560
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน เครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอล

ผู้ดำเนินโครงงาน นายภาสกร ศรีพระจันทร์ รหัส 53362969

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติแย้มเม่น

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2557

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ดร.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอล
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายภาสกร ศรีพระจันทร์ รหัส 53362969
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

.....

บทคัดย่อ

ในอดีตการบันข้อมูลต้องใช้แรงงานจากมนุษย์เมื่อทำการบันทึกข้อมูลเวลานานทำให้ข้อมูลที่ได้ผิดพลาดเนื่องจากความเหนื่อยล้าของมนุษย์ โครงงานนี้ได้พัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่สามารถบันทึกข้อมูลอุณหภูมิพร้อมกัน 3 ตำแหน่ง สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิเทียบกับมัลติมิเตอร์ผลพบว่าเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นมีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เพียง 6.65 เปอร์เซ็นต์

Project title	Digital Temperature Data-Logger
Name	Mr. Passgorn Sriparjan ID. 53362969
Project advisor	Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

Abstract

In the past, information or data was recoreded by using people. When they recoded the data for long hours, the data record offen had an error due to their fatigue. This project is develope a digital data logger to record temperature at three locations on the floor plate of the iron. To test performance of the developed data loggerwith temperature measure, it is found that the developed data logger has a relative error of 6.65 % when compared with the digital multimeter.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงงานและให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณดร.ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์และดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลาของการศึกษาเล่าเรียน ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงงานนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มอบความรักความเมตตากรุณา และเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายภาสกร ศรีพระจันทร์

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA328P-PU 4
2.1.1 ฮาร์ดแวร์ เอสพีไอ(Serial Peripheral Interface : SPI) 4
2.1.2 ฮาร์ดแวร์ ไอ2ซี(I2C) 5
2.1.3 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560-16AU 5
2.2 ภาษาซี (C Programming Language) 7
2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) 8
2.3.1 คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน 8
2.3.1.1 ความไว (Sensitivity) 8
2.3.1.2 โครงสร้าง (Construction) 9
2.3.1.3 ย่านการใช้งาน (Range) 9
2.3.1.4 เวลาตอบสนอง (Time Response) 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1.5 การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) 9
2.4 อุณหภูมิ 11
2.5 การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 11
2.6 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 12

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 13
3.1 ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 13
3.2 ไอซี MAX6675 14
3.3 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมอดูอิโน่และโครงสร้างภาษาซี 15
3.4 ศึกษาการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค 16
3.5 ศึกษาทฤษฎีอุณหภูมิ 16
3.6 ศึกษาการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 16
3.7 ศึกษาการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 16
3.8 ศึกษาการใช้งานของโมดูลเก็บข้อมูล 17
3.9 ศึกษาข้อมูลและระดับความเร็วของเอสดีการ์ด (SD CARD) 18
3.10 ออกแบบอุปกรณ์และการเขียนโปรแกรมในการควบคุมระบบ 18
3.11 ทดลองการทำงานเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลกับเตารีด 21
3.12 วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ 21
3.13 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ 21

บทที่ 4 ผลการทดลอง 22
4.1 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกขอมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล 22
4.2 ทดสอบประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ 27
4.3 ทดสอบความคงทนและการบันทึกอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องของเครื่องบันทึกข้อมูล-อุณหภูมิแบบดิจิตอลที่ได้พัฒนาขึ้น 29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 30
5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล 30
5.2 ปัญหาและการแก้ไข 31
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 31

เอกสารอ้างอิง 32

ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล 33
ภาคผนวก ข รายละเอียดไอซี MAX6675 38
ภาคผนวก ค รายละเอียดบอร์ด อาร์ดุไอโน่ 2560(Arduino MEGA2560) 47
ภาคผนวก ง การใช้งานโมดูลเก็บข้อมูล 56
ภาคผนวก จ การใช้งานนาฬิกาแบบเวลาจริง (DS1307) 62
ภาคผนวก ฉ การติดตั้งโปรแกรม อาร์ดุไอโน่ ดูเอมิลาร์นูฟ (Arduino -Duemilanove) เพื่อใช้งาน 77
ภาคผนวก ช ข้อมูลที่ทำการบันทึกเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยบันทึกทุกๆ 1 นาที 81

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 93

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560..... 6
4.1 แสดงอุณหภูมิที่วัดจากเทอร์มิสเตอร์และอุณหภูมิที่วัดจากมัลติมิเตอร์มาตรฐาน โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิทุกทุก 1 นาที จนครบ 10 นาที..... 23
4.2 แสดงอุณหภูมิที่วัดจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลและอุณหภูมิที่วัดจากมัลติมิเตอร์แบบมาตรฐานโดยเก็บข้อมูลทุกทุก 1 นาที จนครบ 10 นาที 25
4.3 แสดงอุณหภูมิที่วัดจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นและค่าอุณหภูมิที่วัดเทอร์มิสเตอร์โดยเก็บข้อมูลทุกทุก 1 นาที จนครบ 10 นาที..... 27
4.4 ค่าอุณหภูมิที่ได้ทดสอบความคงทนและการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลเป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง..... 29

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560 5
2.2 การแสดงการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) 8
2.3 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) 9
3.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA2560 13
3.2 MAX6675 14
3.3 การใช้เชื่อมต่อโมดูลเก็บข้อมูล 17
3.4 เอสดีการ์ดที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 18
3.5 แผนภาพแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 19
3.6 แผนภาพแสดงการรับค่า 20
4.1 การวางตำแหน่งหัววัดอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลในส่วนต่างของเตารีด 22
4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์มิสเตอร์เทียบกับมัลติมิเตอร์ 24
4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้นเทียบกับมัลติมิเตอร์ 26
4.4 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้นเทียบกับเทอร์มิสเตอร์ 28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในอดีตการเก็บข้อมูลนั้นต้องใช้แรงงานจากคนที่ต้องคอยจดลงบนกระดาษ แล้วจึงนำข้อมูลมาบันทึกลงบนคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลและจัดเรียงข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ เมื่อทำการจดบันทึกเป็นเวลานานทำให้ข้อมูลที่ได้นั้นผิดพลาดเนื่องจากความเหนื่อยล้าของมนุษย์ ทำให้ข้อมูลบางส่วนที่ทำการจดบันทึกนั้นมีค่าต่างไปจากข้อมูลจริงและยังมีปัญหาในด้านพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึงเช่น สถานที่ที่ร้อนจัด ทำให้ช่วยบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ผู้ทำโครงงานได้พัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลเพื่อลดภาระของมนุษย์เพื่อความสะดวกในการนำข้อมูลไปใช้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลพร้อมวัดประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เครื่องบันทักข้อมูลแบบดิจิตอลพัฒนาด้วยโปรแกรม Arduino sketch เวอร์ชัน 1.0.5 โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์หมายเลข ATMEGA2560 ทำงานร่วมกับโมดูลเก็บข้อมูลเพื่อบันทึกข้อมูลลงเอสดีการ์ด (SD Card) ขนาด 8 กิกะไบต์ โครงงานนี้เป็นการบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิเท่านั้น สามารถบันทึกอุณหภูมิได้พร้อมกัน 3 ตำแหน่งและทำงานอย่างมีเสถียรภาพต่อเนื่องในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ตารางขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2557								
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1. ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	←	→							
2. ศึกษาการใช้งานของวงจรไอซี MAX6675		←	→						
3. ศึกษาการใช้งานโปรแกรมอดูอิโน่และโครงสร้างภาษาซี			←	→					
4. ศึกษาการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค			←	→					
5. ศึกษาทฤษฎีอุณหภูมิ			←	→					
6. ศึกษาการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์			←	→					
7. ศึกษาการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาดิจิตอล				←	→				
8. ศึกษาการใช้งานของโมดูลเก็บข้อมูล				←	→				
9. ศึกษาข้อมูลและระดับความเร็วของเอสดีการ์ด						← →			
10. ออกแบบอุปกรณ์และการเขียนโปรแกรมควบคุม						← →			
11. ทดลองการทำงานเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลกับเตารีด							←	→	
12. สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ								← →	
13. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									← →

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 พัฒนาเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่สามารถบันทึกข้อมูลลงเอสดีการ์ด

1.5.2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลสามารถช่วยลดภาระให้กับมนุษย์ได้

1.5.3 เครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องบันทึกข้อมูลที่มีขายตามท้องตลาด

*1.5.4 พัฒนาทักษะในการใช้โปรแกรม Arduino scketh

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

*1.6.1 ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	500	บาท
1.6.2 ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	500	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (หนึ่งพันบาทถ้วน)	1,000	บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้จัดทำโครงงานนี้ได้ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยเริ่มต้นศึกษาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรไอซี MAX6675 ภาษาซี อุณหภูมิ การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และเทอร์โมคัปเปิลโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์คือส่วนที่ใช้ในการควบคุมและกำหนดการทำงานของอุปกรณ์ในส่วนอื่นเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามที่เราต้องการดังนั้นการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติและโครงสร้างได้แก่ จำนวนขา หน่วยความจำภายใน จำนวนพอร์ต และการเชื่อมต่อในนี้โครงงานนี้ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลขATMEGA2560-16AU เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับที่ต้องการและมีโครงสร้างที่ใช้คือติดต่อสื่อสารโดยใช้พอร์ตยูเอสบี พิดิจิตอล 54 พิน ฮาร์ดแวร์ไอ2ซี(I2C) ฮาร์ดแวร์ เอสพีไอ(SPI)และยังรองรับการพัฒนาด้วยภาษาซี

2.1.1) ฮาร์ดแวร์ เอสพีไอ(Serial Peripheral Interface : SPI) เป็นวิธีการสื่อสารรูปแบบหนึ่ง ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์โดยมีสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อจำนวน 3 กลุ่มคือ

1) สัญญาณข้อมูล (Data) เป็นสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลในโครงงานนี้จะเป็นการรับข้อมูลเพียงอย่างเดียวโดยการรับข้อมูลนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับข้อมูลจากไอซี MAX6675

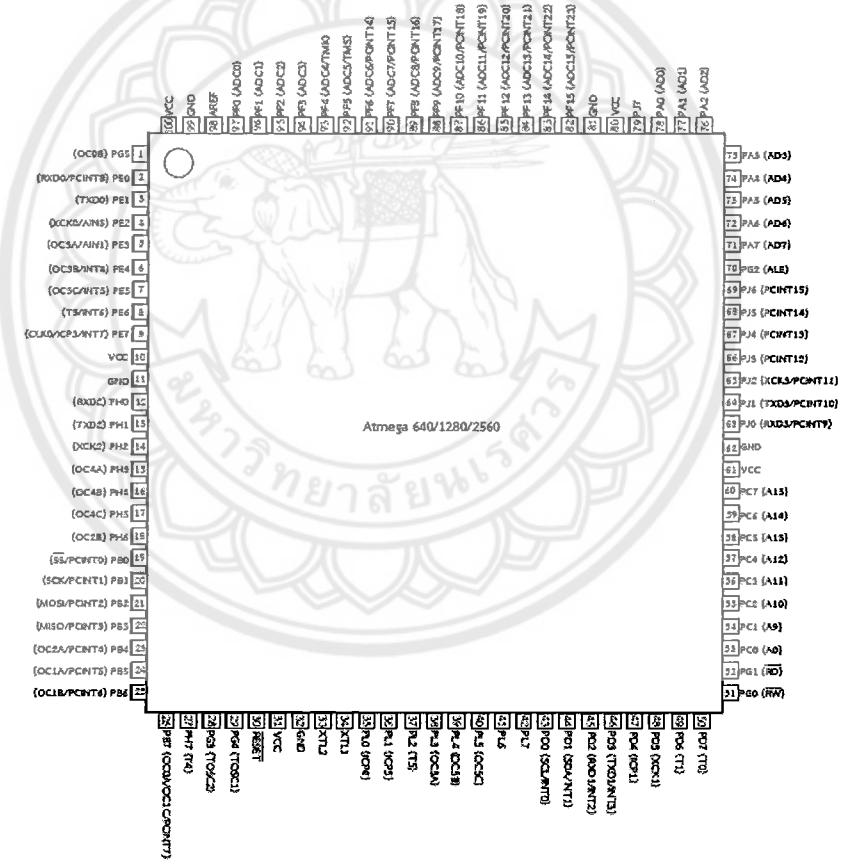
2) สัญญาณนาฬิกา (Clock) จะใช้สำหรับทำหน้าที่ซิงโครไนซ์ระหว่างตัวรับและตัวส่งในการรับส่งข้อมูลจะทำการอ่านสัญญาณข้อมูลให้สอดคล้องกับสัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์การเชื่อมตอนี้นี้เป็นการเชื่อมต่อของไอซีMAX6675กับไมโครคอนโทรลเลอร์

3) สัญญาณควบคุม (SS#) เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับเลือกการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องการจะติดต่อด้วยและสัญญาณนี้จะเป็นตัวเลือกการทำงานให้กับอุปกรณ์เพื่อให้เริ่มรับส่งข้อมูลกัน

2.1.2) ฮาร์ดแวร์ ไอ2ซี(I2C)เป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้สร้างสัญญาณเอสซีแอล(SCL) มาควบคุมจังหวะเมื่อไม่มีการสื่อสารใดๆ สถานะลอจิกของ เอสซีแอล(SCL) จะเป็น 1 ในโครงงานนี้ใช้ฮาร์ดแวร์ไอ2ซี(I2C)ในการพัฒนาในส่วนของเวลาและวันที่ของข้อมูลที่บันทึก

2.1.3) โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560-16AU

ไมโครคอนโทรเลอร์หมายเลข ATmega2560 ประกอบด้วยขาที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์มีทั้งหมด 100 ขาแบ่งออกเป็นพอร์ตทั้งหมด 11 พอร์ตคือพอร์ตเอ พอร์ตบี พอร์ตซี พอร์ตดี พอร์ตอี พอร์ตเอฟ พอร์ตจี พอร์ตเอช พอร์ตเจ พอร์ตเคและพอร์ตแอล โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้พอร์ตบี พอร์ตดี พอร์ตอีและพอร์ตเอชดั่งแสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560-16AU

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATMEGA2560

พอร์ต	หน้าที่การทำงาน	ขาที่ใช้งาน
VCC	แรงดันดิจิตอล	10,31,61,80
GND	สำหรับต่อลงกราวด์	11,32,62,81
Port B (PB0-PB7) SPI	พอร์ต B เป็น 8 บิตสองทิศทางพอร์ต I / O มีตัวต้านทานพูล-อัพภายใน (เลือกสำหรับแต่ละบิต)พอร์ต A บัฟเฟอร์ส่งออกtri-stated เมื่อตั้งค่าเงื่อนไขจะกลายเป็นการใช้งานแม้ว่านาฬิกาไม่ได้ทำงานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าฟิวส์ เลือกนาฬิกาPB6 สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการขยายสัญญาณแบบกลับหัวPB7 สามารถใช้เป็นเอาท์พุทจากขยายการกลับหัวออสซิลเลเตอร์มีการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ SPI SPI เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบ ซิงโครนัส (Synchronize) มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	28,50,51,52,53
Port D (PD0-PD7)	พอร์ต D จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต B มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต D ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต D จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใหม่ใช้งาน แม้ว่าสัญญาณนาฬิกาไม่ได้ทำงานและรองรับการต่อใช้งานกับฮาร์ดแวร์ ไอ2ซี(I2C)	20,21
Port E (PE0-PE7)	พอร์ต E จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต E มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต E ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต E จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใหม่ใช้งาน แม้ว่าสัญญาณนาฬิกาไม่ได้ทำงาน	2,3,5

พอร์ต	หน้าที่การทำงาน	ขาที่ใช้งาน
Port H (PH0-PH7)	พอร์ต H จะมีพอร์ต I/O ทิศ 8 บิต มี resistors pull-up ภายใน (เลือกในแต่ละบิต) บัฟเฟอร์ของพอร์ต H มีลักษณะสมมาตรไดรฟ์อ่างสูงและความสามารถของแหล่ง เป็นอินพุต หมุดพอร์ต H ที่ ภายนอกดึงต่ำจะแหล่งปัจจุบันถ้ามีการเรียกใช้ pull-up resistors หมุดพอร์ต H จะระบุตรีเมื่อการ สภาพใช้งานใหม่	6,7,8,9
RESET	ป้อนข้อมูลใหม่ อยู่ในระดับต่ำใน PIN แม้นาฬิกา ไม่ทำงาน	-

2.2 ภาษาซี (C Programming Language)[**]

การเขียนภาษซีเป็นส่วนที่ใช้ในการพัฒนาควบคุมการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลโดยในการพัฒนาภาษาซีนั้นต้องเข้าใจถึงโครงสร้างและการทำงานในแต่ละฟังก์ชันเพื่อให้ทราบว่าแต่ละฟังก์ชันนั้นทำงานได้อย่างไรโดยโครงสร้างของภาษาซีจะประกอบด้วยฟังก์ชันอย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชันคือฟังก์ชันหลักและโปรแกรมภาษาซีจะเริ่มทำงานที่ฟังก์ชันหลักก่อน ในแต่ละฟังก์ชันจะประกอบด้วย

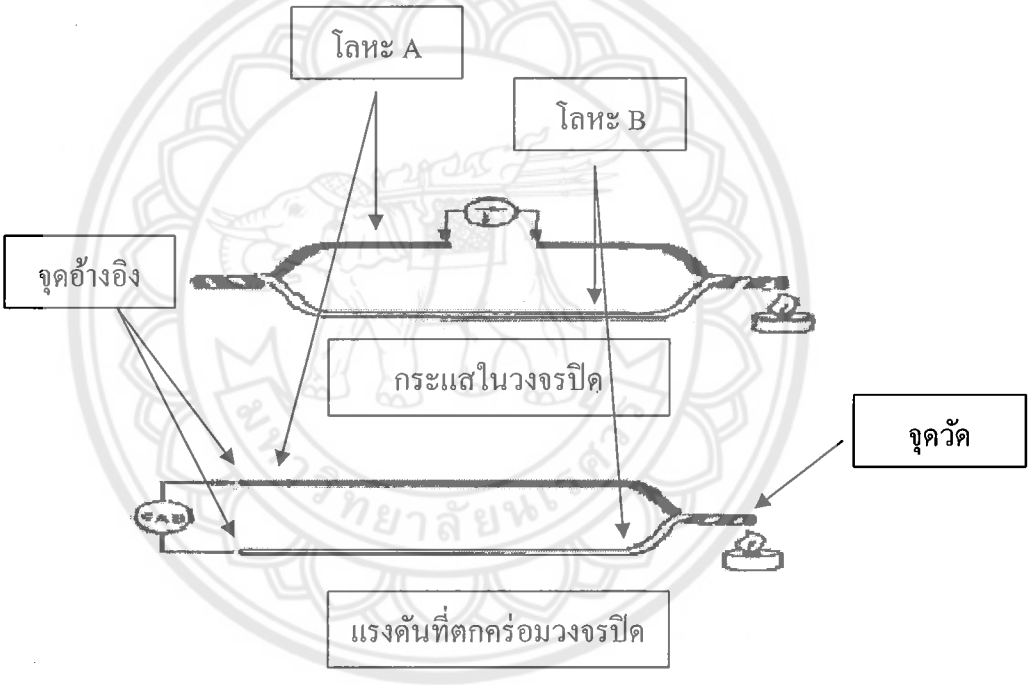
1. Function Heading ประกอบด้วยชื่อฟังก์ชัน และอาจมีรายการของ Argument (บางคนเรียก Parameter) อยู่ในวงเล็บหรือเป็นการเรียกใช้ไลบรารี่(Library)ที่ปีนส่วน รวบรวมกระบวนการและฟังก์ชันย่อนต่างๆอาจรวมถึงซอร์ดโค้ดหรือไม่ก็ได้

2. Variable Declaration ส่วนประกาศตัวแปร สำหรับภาษาซี ตัวแปรหรือค่าคงที่ทุกตัว ที่ใช้ในโปรแกรมจะต้องมีการประกาศก่อนว่าจะใช้งานอย่างไรจะเก็บค่าในรูปแบบใดเช่น จำนวนจริง

3. Compound Statements ส่วนของประโยคคำสั่งต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็นประโยคเชิงซ้อน (Compound Statement) กับ ประโยคนิพจน์ (Expression Statement) โดยประโยคเชิงซ้อนจะอยู่ภายในวงเล็บปีกกาคู่หนึ่ง { และ } โดยในหนึ่งประโยคเชิงซ้อน จะมีประโยคนิพจน์ที่แยกจากกันด้วยเครื่องหมาย semicolon (;) หลายๆ ประโยครวมกัน และ อาจมีวงเล็บปีกกาใส่ประโยคเชิงซ้อนย่อยเข้าไปอีกได้

2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกัน ก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821 ในรูปที่ 2.1 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว ดังนั้นสิ่งที่เทอร์โมคัปเปิลวัดได้จึงเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ 2 จุด

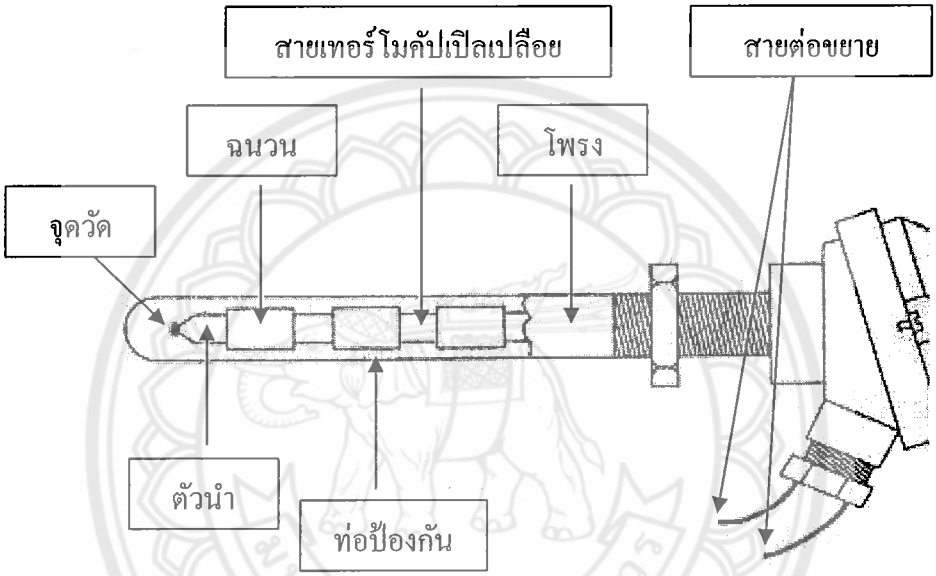


รูปที่ 2.2 การแสดงการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

2.3.1.คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิล

2.3.1.1. ความไว (Sensitivity) ย่านของแรงเคลื่อนจากเทอร์โมคัปเปิล จะมีค่าน้อยกว่า 100 มิลลิโวลต์ แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้วงจรปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง

2.3.1.2. โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณดังรูปที่ 2.4 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากแสตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอรมันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอโมอิเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (Peltier element) มากกว่าที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

2.3.1.3. ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิล แต่ละตัว จะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิ จะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

2.3.1.4. เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

2.3.1.5. การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิล จะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค ธาตุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปนด้วยอะลูมิเนียมส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะว่าในปี ค.ศ. 1916 ยังไม่สามารถสร้างนิเกิลลบบริสุทธิ์ได้จึงได้เติมสารไม่บริสุทธิ์ต่าง ๆ ในส่วนผสมของวัสดุชนิด เค แต่ในปัจจุบันได้มีการระมัดระวังส่วนผสมที่จะทำให้เกิดความไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงรักษาและสอบเทียบ

ด้วยเหตุนี้เทอร์มคัปเปิลชนิด เค ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช้โลหะผสมแต่โดยทั่วไปจะผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อน/อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ ข้อควรระวังในการใช้งานของชนิด เค มีดังนี้

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

2. ที่อุณหภูมิสูง ๆ (ช่วง 200 องศาเซลเซียส ถึง 600 องศาเซลเซียส) เทอร์โมคัปเปิลชนิด เค จะมีผลของฮีสเตอร์รีซีสเกิดขึ้นขณะที่มันอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดเดาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้

3. ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค จะเกิดออกไซด์ เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อน

4.การใช้โคบอลต์เป็นโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค จะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูง ๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุต

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลคลาส 2 ที่สามารถรับค่าของอุณหภูมิในช่วง -40 องศาเซลเซียส ถึง 1,200 องศาเซลเซียส

ข้อดีของเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค

1. เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด
2. สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิง หรือสภาวะแบบเฉื่อยได้ดีกว่าแบบอื่น
3. สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี
4. ให้อัตราการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่นๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน

ข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค

1. ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง
2. ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของซัลเฟอร์
3. ไม่เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ)

2.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในโครงงานนี้อุณหภูมิคือข้อมูลที่ต้องการบันทึกดังนั้นการศึกษาวัสดุที่เป็นตัวนำของอุณหภูมิต้องสอดคล้องกับหัววัดอุณหภูมิที่เลือกใช้ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเคเป็นตัวรับค่าอุณหภูมิซึ่งมีคุณสมบัติตามที่ได้อธิบายไวในหัวข้อที่ 2.3 โดยการวัดค่าอุณหภูมินั้นมีหน่วยวัดตามหลักสากลคือองศาเซลเซียส, องศาฟาเรนไฮต์, องศาเคลวินและองศาโรเมอร์ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้องศาเซลเซียสเป็นหน่วยวัดอุณหภูมิ

องศาเซลเซียส (อังกฤษ: degree Celsius, สัญลักษณ์ °C) หน่วยนี้ตั้งตามชื่อของนาย แอนเดอร์ เซลเซียส นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน เขาเป็นคนแรกที่เสนอระบบที่ใกล้เคียงกับระบบนี้ในปี พ.ศ. 2285 (ค.ศ. 1742) แต่แรกกำหนดให้อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำคือ 0 องศา และจุดเดือดของน้ำคือ 100 องศาที่ระดับความดันบรรยากาศมาตรฐาน

2.5 การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลนั้น ต้องมีการคำนวนหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลว่ามีมากหรือน้อย โดยการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยสามารถหาได้โดยสมการที่ 2.1 และ สมการที่ 2.2

ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)

$$\%RelativeError = \left| \frac{Yi - Xi}{Yi} \right| \times 100 \qquad (2.1)$$

จากสมการที่ 2.1

โดยที่ *% Relative Error* คือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)

Yi คือ ค่าจริงจากการวัด (โดยวัดจากเทอร์โมมิเตอร์แบบมาตรฐาน)

Xi คือ ค่าที่วัดได้ (โดยวัดจากเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น)

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย(เปอร์เซ็นต์)

$$\%Relative\ Error\ Average = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{Yi - Xi}{Yi}\right| \times 100 \qquad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.2

โดยที่ *% Relative Error Average* คือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)

Yi คือ ค่าจริงจากการวัด (โดยวัดจากเทอร์โมมิเตอร์แบบมาตรฐาน)

Xi คือ ค่าที่วัดได้ (โดยวัดจากเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น)

N คือ จำนวนครั้งของการวัด

2.6 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

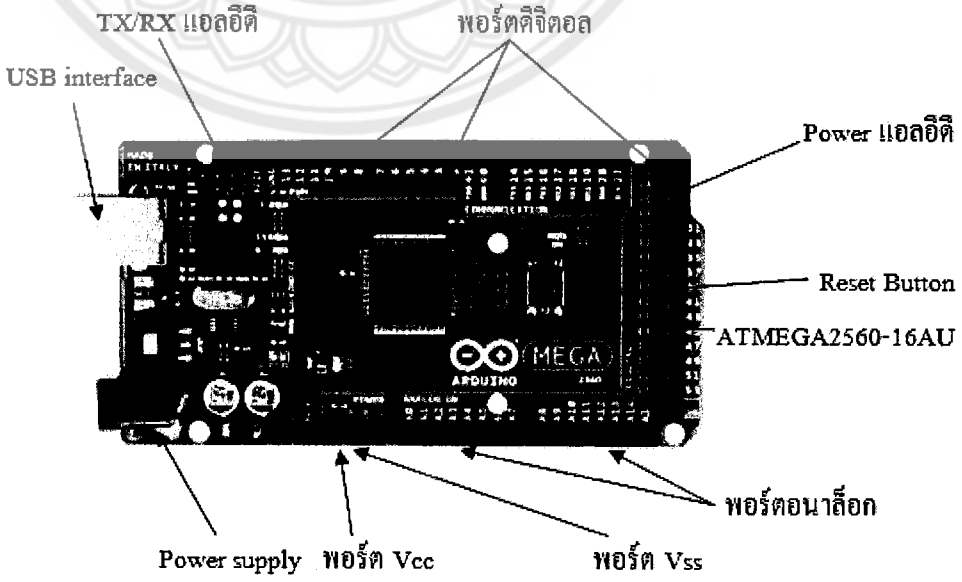
การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเป็นการทำงานในส่วนของไอซีMAX6675 เพื่อแปลงข้อมูลจากเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคที่ส่งสัญญาณเป็นแบบอนาลอกโดยขั้นตอนการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นจะอยู่ในส่วนการทำงานของการสื่อสารแบบ เอสพีไอ(SPI) การสื่อสารแบบเอสพีไอนั้นเป็นการส่งข้อมูลออกมาแบบ บิตที่มีเลขนัยสำคัญสูงสุง (Most Significant Bit :MSB) ขนาด16 บิตและข้อมูลสำหรับค่าของอุณหภูมิมีขนาด 12 บิตและมีความละเอียด 0.25 องศาเซลเซียส

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล ผู้จัดทำโครงงานมีขั้นตอนในการดำเนินงานเริ่มจากศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ศึกษาการใช้งานของวงจรไอซี MAX6675 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมอดูอิโน่และโครงสร้างภาษาซี ศึกษาการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค ศึกษาทฤษฎีอุณหภูมิ ศึกษาการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ ศึกษาการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาดิจิตอล ศึกษาการใช้งานของโมดูลเก็บข้อมูล ศึกษาข้อมูลและระดับความเร็วของเอสดีการ์ด ออกแบบอุปกรณ์และการเขียนโปรแกรมควบคุม ทดลองการทำงานเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลกับเตารีด สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มคือส่วนที่ใช้ในการสั่งงานและควบคุมการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลในการเลือกไมโครลคอนโทรลเลอร์ต้องคำนึงถึงจำนวนพินและฮาร์ดแวร์ที่รองรับการพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล ในโครงงานนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลขATmega2560ในการทำงาน โดยมีส่วนประกอบต่างๆที่สำคัญดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 มีส่วนประกอบต่างๆที่เป็นปัญจัยสำคัญในการใช้งาน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

TX/RX แอลอีดี(TX/RX Led) คือ หลอดแอลอีดีแสดงผลเมื่อมีการรับค่าหรือส่งค่าจากคอมพิวเตอร์

พอร์ตดิจิตอล คือ ขาดิจิตอลสำหรับรับและส่งค่าเป็นดิจิตอล

พาวเวอร์แอลอีดี คือ ไฟแอลอีดีแสดงสถานะบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานหรือไม่ทำงาน

ปุ่มรีเซ็ต คือ สวิตช์เพื่อใช้ในการรีเซ็ตการทำงาน

พอร์ตอนาล็อก คือ ขาอนาล็อกสำหรับรับค่าอนาล็อก

พอร์ตไฟเลี้ยง คือ ทำหน้าที่จ่ายไฟ 5 โวลต์

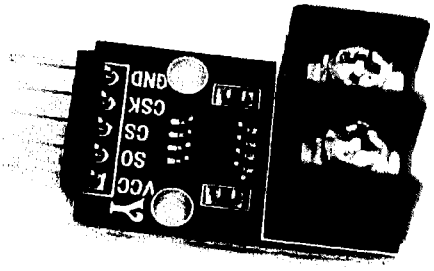
พอร์ตกราว คือ ทำหน้าที่เป็นกราวด์

พอร์ตUSB คือ บริเวณเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

พอร์ตรับไฟเลี้ยง คือ จุดรับไฟจากภายนอก

3.2 ไอซี MAX6675

ไอซี MAX6675 เป็นไอซีสำหรับอ่านค่าอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลเพื่อแปลแรงดันไฟฟ้าให้เป็นค่าอุณหภูมิซึ่งใช้กับเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคและให้เอาต์พุตแบบดิจิตอล สามารถแปลงค่าของอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 1024 องศาเซลเซียสได้ โดยมีความถูกต้องที่อุณหภูมิ 0 ถึง 700 องศาเซลเซียสและใช้ไฟเลี้ยงในไอซี MAX6675 คือ 3 ถึง 6 โวลต์ และมีการสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบเอสพีไอ (SPI) โดยมีสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อจำนวน 3 กลุ่มคือสัญญาณข้อมูล (SO) สัญญาณนาฬิกา(CSK)และสัญญาณเลือกใช้ไอซีในการทำงาน(CS) และมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.2 รูป MAX6675

สัญญาณข้อมูล(SO) คือ สัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากไอซี MAX6675 ซึ่งต้องทำการกำหนดขาในการเชื่อมต่อ โดยการเขียนภาษาซี

สัญญาณนาฬิการ(CSK) คือ สัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลโดยสัญญาณที่ใช้ต้องตรงกับสัญญาณที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

สัญญาณเลือกใช้ไอซีในการทำงาน(CS) คือ สัญญาณที่กำหนดให้ไอซี MAX6675 ทำงานโดยจะทำงานที่ลอจิต่ำ

คุณสมบัติของ MAX6675 มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

ส่งข้อมูลออกมาแบบบิตที่มีเลขนัยสำคัญสูงสุดขนาด 16 บิต

มีขาสำหรับอุณหภูมิด้านบวกและอุณหภูมิด้านลบเพื่อใช้ต่อกับเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคและใช้กับเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคเท่านั้น

ข้อมูลสำหรับอุณหภูมิมีขนาด 12 บิตและมีความละเอียด 0.25 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการแปลงค่าคือ 0.22 วินาที

วัดอุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 1023.75 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างการแปลงเลขฐาน 2 เป็นฐาน 10 แบบ MSB โดยทั้งหมด 16 บิต

ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส = 0000000110100000

$=(0x2^{11})+(0x2^{10})+(0x2^{9})+(0x2^{8})+(0x2^{7})+(1x2^{6})+(1x2^{5})+(0x2^{4})+(1x2^{3})+(0x2^{2})+(0x2^{1})+(0x2^{0})$

$=$ 104x0.25

$=$ 26 องศาเซลเซียส

3.3 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมอดูอิโนและโครงสร้างภาษาซี

จากการศึกษาการใช้งานภาษาซีที่นำมาใช้งานร่วมกับโปรแกรมอดูอิโน(Arduino Sketch) จะประกอบ 3 ส่วนการทำงานคือฟังก์ชันหลัก ส่วนในการต้องค่าและส่วนการทำงานซึ่งโปรแกรมภาษาซีจะเริ่มทำงานที่ฟังก์ชันหลักก่อน โดยในแต่ละฟังก์ชันจะประกอบด้วยชื่อฟังก์ชัน ส่วนประการตัวแปรและประโยคคำสั่งต่างๆ (ดั่งแสดงในหัวข้อ 2.2 ของบทที่ 2)

ชื่อฟังก์ชัน คือ การเลือกใช้ไลบรารี่ที่เป็นส่วนรวบรวมกระบวนการและฟังก์ชันย่อยต่างๆ อาจรวมถึงซอร์ดโค้ดหรือไม่ก็ได้

การประกาศตัวแปร คือ การกำหนดตัวแปรหรือค่าคงที่ต้องมีการประกาศตัวแปรก่อนว่าใช้งานอย่างในส่วนไหนหรือใช้งานอย่างไร

ประโยคคำสั่ง คือ ส่วนของประโยคคำสั่งต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็นประโยคเชิงซ้อน (Compound Statement) กับ ประโยคนิพจน์ (Expression Statement)โดยประโยคเชิงซ้อนจะอยู่ภายในวงเล็บปีกกาคู่หนึ่ง

3.4 ศึกษาการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัวนำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่งเรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้เรียกว่าจุดอ่างอิง โดยนำปลายที่ปล่อยไวมาต่อกับไอซี MAX6675ที่ขา T-และขาT+ที่มีไวสำหรับต่อกับเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคเท่านั้น (ดั่งแสดงในหัวข้อที่ 2.3 ของบทที่ 2)

3.5 ศึกษาทฤษฎีอุณหภูมิ

ทำการศึกษาวัสดุที่เป็นตัวนำของอุณหภูมิเพื่อเลือกหัววัดอุณหภูมิและหน่วยวัดอุณหภูมิที่เหมาะสมในการดำเนินโครงงานโดยโครงงานนี้ได้เลือกใช้องศาเซลเซียสเป็นหน่วยวัดอุณหภูมิและมีจุดเยือกแข็งของน้ำคือ 0 องศาเซลเซียสและจุดเดือดของน้ำคือ 100 องศาเซลเซียสที่ระดับความดันบรรยากาศมาตรฐานโดยต้องคำนึงถึงอุณหภูมิสูงสุดที่เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง (ดั่งแสดงในหัวข้อที่ 2.4 ของบทที่ 2)

3.6 ศึกษาการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลนั้น ต้องมีการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยเพื่อหาความคลาดเคลื่อนของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลว่ามีมากหรือน้อยโดยยิ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยหมายถึงประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลจะมาก แต่ในทางกลับกันเมื่อความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์มีมากหมายถึงประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลก็จะน้อย (ดังแสดงในสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2 หัวข้อที่ 2.5 ของบทที่ 2)

3.7 ศึกษาการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคจะส่งสัญญาณแบบอนาลอกและไอซี MAX6675 จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นเป็นการทำงานของไอซี MAX6675 โดย จะทำการส่งข้อมูลออกมาที่ละบิตเป็นการเลื่อนแบบ บิตที่มีเลขนัยสำคัญสูงสุด(MSB) ตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาทั้งหมด 16 บิต (ดังแสดงในหัวข้อที่ 2.6 ของบทที่ 2)

3.8 ศึกษาการใช้งานของโมดูลเก็บข้อมูล

การทำงานของโมดูลเก็บข้อมูลจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเอสดีการ์ดเพื่อเก็บข้อมูล โดยใช้การเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำใน โหมด SPI ใช้สัญญาณในการติดต่อสื่อสาร 4 เส้นสัญญาณ โดยภายในบอร์ด ได้จัดให้มีวงจรแปลงระดับสัญญาณโลจิกพร้อมวงจรปรับแรงละดัน3.3โวลต์/1แอมป์ไว้ด้วยเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อการ์ดความจำกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นระบบ 5โวลต์ได้ โดยตรงซึ่งจะติดตั้งโมดูลเก็บข้อมูลไว้หน้ากล่องควบคุมเพื่อง่ายต่อการนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยมีคุณสมบัติและการใช้งานดังนี้

รองรับการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับการ์ดหน่วยความจำ (SD/MicroSD) ในโหมด เอสพีไอ(SPI)

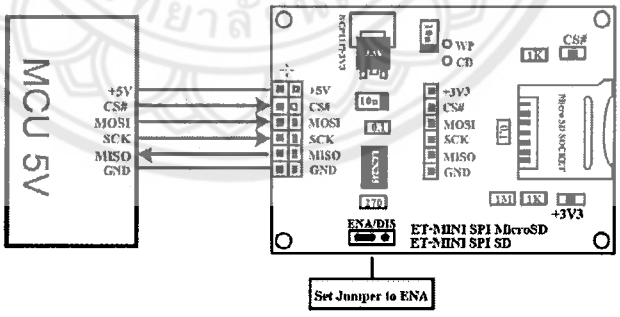
มีวงจรแปลงระดับสัญญาณโลจิกระหว่าง 5โวล์ตและ 3.3โวล์ตบนบอร์ดพร้อมจั้มเปอร์สำหรับเลือกใช้วงจรแปลงระดับสัญญาณได้ในกรณีต้องการต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จ่ายแรงดัน 3.3โวลต์

มีวงจรแปลงแรงดันขนาด3.3โวลต์/1แอมป์บนบอร์ดเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายให้การ์ดหน่วยความจำและวงจรบัพเฟอร์แปลงระดับสัญญาณโลจิกในกรณีใช้กับไมโครคอนโทลเลอร์ที่เป็นระบบ 5 โวลต์

ใช้ขั้วสัญญาณการเชื่อมต่อแบบพิน1x6 ตัวเมีย และ ตัวผู้ อย่างละ 1 ชุด

มีแอลอีดีสำหรับแสดง สถานะของแหล่งจ่ายไฟ และ การติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำ

ขนาด PCB Size 4.3 เซนติเมตร(cm) x 5.6 เซนติเมตร(cm)



รูปที่ 3.3 การใช้เชื่อมต่อโมดูลเก็บข้อมูล

การเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำในโหมด เอสพีไอ(SPI)จะใช้สัญญาณในการติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรเลอร์ 4 เส้นสัญญาณคือ สัญญาณข้อมูล(MOSI,MISO) สัญญาณนาฬิกา(SCK)และสัญญาณเลือกใช้บอร์ด(CS) ดังรูปที่ 3.3

สัญญาณข้อมูล(MISO,MOSI) คือสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทลเลอร์

สัญญาณนาฬิการ(CSK) คือ สัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลโดยสัญญาณที่ใช้ต้องตรงกับสัญญาณที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์

สัญญาณเลือกใช้ไอซีในการทำงาน(CS) คือ สัญญาณที่กำหนดให้ไอซี MAX6675 ทำงานโดยจะทำงานที่ลอจิต่ำ

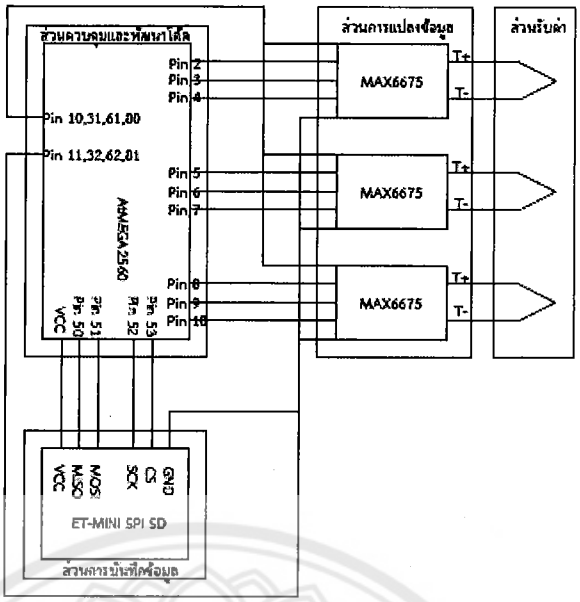
3.9 ศึกษาข้อมูลและระดับความเร็วของเอสดีการ์ด (SD CARD)

เอสดีการ์ดเป็นการ์ดหน่วยความจำแบบไม่ลบเลือน ซึ่งเป็นหน่วยความจำในเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ข้อมูลในนั้นจะไม่ลบหายไป แม้ว่าจะปิดกระแสไฟแล้วก็ตาม ขนาดมาตรฐานของเอสดีการ์ดคือ 32 มิลลิเมตร × 24 มิลลิเมตร × 2.1 มิลลิเมตร แต่สามารถลดความหนาให้เหลือ 1.4 มิลลิเมตร เท่ากับมัลติมีเดียการ์ดได้ความจุมาตรฐานของเอสดีการ์ดสามารถมีความจุได้ตั้งแต่ 4 เมกะบต์ถึง 4 กิกะไบต์และยังมีรุ่นที่สามารถมีความจุสูงคือสามารถมีความจุได้ถึง 4 กิกะไบต์ถึง 32 กิกะไบต์ โดยโครงงานนี้ได้เลือกใช้เอสดีการ์ดขนาด 8 กิกะไบต์ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 เอสดีการ์ดที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.10 ออกแบบอุปกรณ์และการเขียนโปรแกรมในการควบคุมระบบ

การออกแบบและการเขียนโปรแกรมนั้นได้ทำการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานและกำหนดขาการทำงานให้กับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมนั้นจะใช้ภาษาซี ในการพัฒนาและการติดตั้งโปรแกรมเพื่อนำมาใช้งาน (ดังแสดงในหัวข้อภาคผนวก ก และภาคผนวก ง) ซึ่งวงจรที่ได้ทำการออกแบบมีแผนผังวงจรและแผนผังแสดงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์

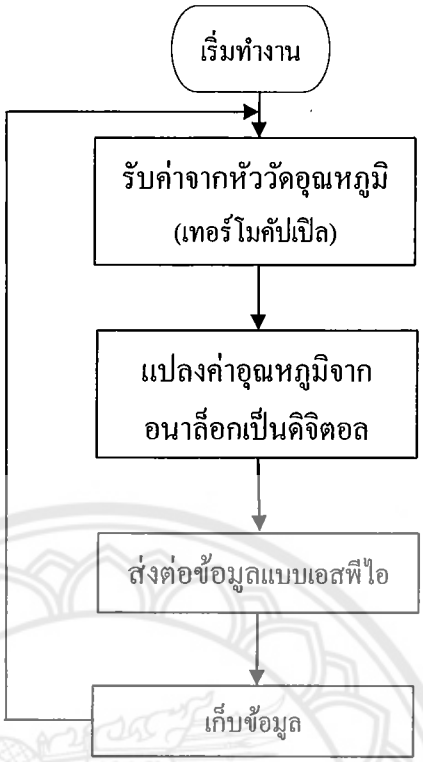
จากรูปที่ 3.5 สามารถแบ่งการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลเป็น 4 ส่วนคือ

ส่วนการรับค่าคือส่วนที่ใช้ในการรับค่าอุณหภูมิของวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ต้องการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิโดยในดครงงานนี้ได้ทำการทดลองบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลกับเตารีดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเคในการรับข้อมูลอุณหภูมิ

ส่วนในการแปลงข้อมูลจากอนาลอกเป็นดิจิตอลจะเป็นการแปลงสัญญาณอนาลอกที่รับมาจากเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคแล้วแปลงเป็นดิจิตอลโดยส่งสัญญาณออกมาแบบบิตเลขนัยสำคัญสูงสุด

ส่วนควบคุมและพัฒนาโค้ดในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลและพัฒนาโค้ดในส่วนของเวลาและเพิ่มจำนวนหัวที่ใช้รับค่าอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจอตอล

ส่วนการบันทึกข้อมูลจะเป็นส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเอสดีการ์ดโดยใช้การเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำในโหมด เอสพีไอ(SPI) ใช้สัญญาณในการติดต่อสื่อสาร 4 เส้นสัญญาณ



รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงการรับค่า

จากรูปที่ 3.6 มีขั้นตอนการทำงาน 4 ขั้นตอนดั่งนี้

ขั้นตอนที่ 1 :รับข้อมูลจากเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค โดยข้อมูลที่รับนั้นจะเป็บข้อมูลแบบอนาลอก

ขั้นตอนที่ 2 :แปลงค่าจากอนาลอกเป็นดิจิตอล โดยส่งข้อมูลออกมาจากไอซีทีละบิตเป็นการเลื่อนบิตแบบ MSB First ตามจังหวะของสัญญาณ SCK ทั้งหมด 16 บิต บิตที่ 14 ถึง 3 เป็นข้อมูลขนาด 12 บิต และต้องนำไปคูณด้วย 0.25 °C จึงจะได้ค่าอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 3 :รับค่าและส่งต่อข้อมูลให้กับโมดูลเก็บข้อมูล โดยเชื่อมต่อแบบเอสพีไอ (Serial Peripheral Interface)

ขั้นตอนที่ 4 :ทำการบันทึกค่าที่ได้ลงเอสดีการ์ด (SD CARD)

3.11 ทดลองการทำงานเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลกับเตารีด

จากการทดลองการทำงานของเครื่องวัดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลกับเตารีดว่าสามารถบันทึกค่าของอุณหภูมิได้จริงพร้อมวัดประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดและทดลองการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจอตอลเป็วเวลา48ชั่วโมงเพื่อหาความคงทนของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล (ดังแสดงในบทที่ 4)

3.12 วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองและสรุปผลการทดลองของเครื่องบันทึกของมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลว่าเป็นจริงตามที่ได้วิเคราะห์ไวหรือไม่ (ดังแสดงในบทที่ 4 และแสดงในบทที่ 5 หัวข้อ 5.1 5.2 และ 5.3)

3.13 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

มีการแก้ไขปรับปรุงรูปเล่มตามคำแนะนำของกรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพร้อมทั้งการจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

บทที่ 4
ผลการทดลองหรือการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล ได้ทำการทดสอบกับหน้าสัมผัสความร้อนของเตารีดโดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของเตารีดแล้วจึงนำมาเทียบกับ มัลติมิเตอร์ และ เทอร์มิสเตอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล โดยวางตำแหน่งหัววัดของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลเทียบกับเทอร์มิสเตอร์และมัลติมิเตอร์ไว้ 3 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 ของเตารีด ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การวางตำแหน่งหัววัดอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลในส่วนต่างของเตารีด

4.1 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกขอมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล

ทำการทดลองบันทึกอุณหภูมิของเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลเทียบกับเทอร์มิสเตอร์และมัลติมิเตอร์บนหน้าสัมผัสของเตารีด ในการทดลองนี้จะทำการบันทึกอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มทำการทดลองเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อหาความคลาดเคลื่อนและความเที่ยงตรงของเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอล ทั้งนี้ได้บันทึกค่าของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายของเตารีดประมาณ 4 ถึง 6 องศาเซลเซียส ในแต่ละครั้งที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและที่อุณหภูมิลดลง จากนั้นนำข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลเทียบกับ เทอร์มิสเตอร์ และมัลติมิเตอร์ว่าเป็นไปตามการวิเคราะห์ตั้งแต่เตารีดเริ่มทำงานจนครบ 10 นาที

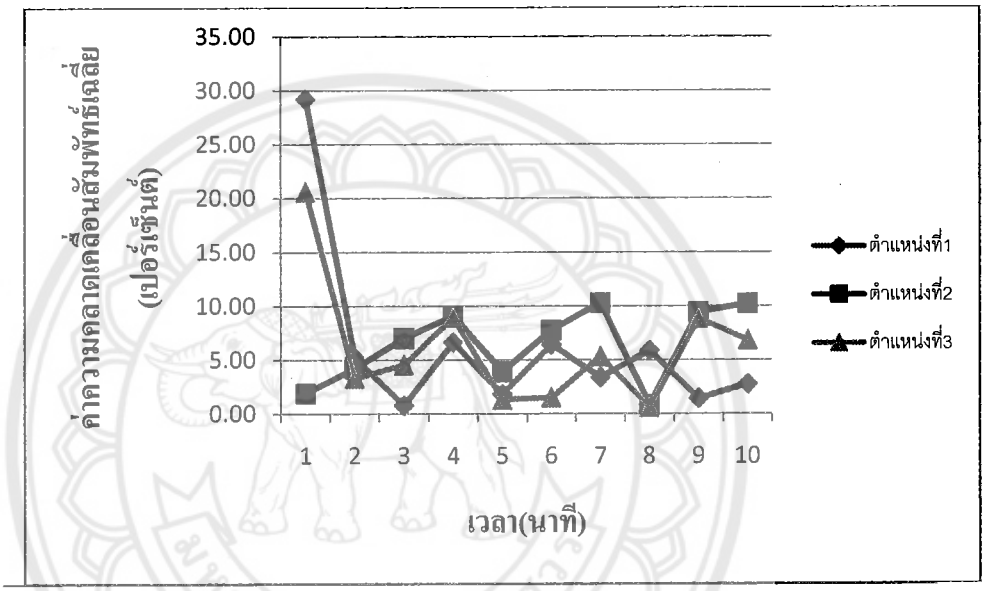
ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละช่วงของอุณหภูมิที่บันทึกไว้ เพื่อให้ได้ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่น้อยที่สุด เพื่อให้ความเที่ยงตรงของเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลมีมากที่สุด ดังสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2 (ดังแสดงในหัวข้อ 2.5 ในบทที่ 2)

ตารางที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิที่วัดจากเทอร์มิสเตอร์และอุณหภูมิที่วัดจากมัลติมิเตอร์มาตรฐาน โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิทุกทุก 1 นาที จนครบ 10 นาที

เวลา (นาที)	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส) ที่วัดจาก						ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)		
	เทอร์มิสเตอร์			มัลติมิเตอร์					
	ตำแหน่งที่			ตำแหน่งที่			ตำแหน่งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	100.63	170.19	101.2	130	167	122	29.19	1.87	20.55
2	108.35	140.86	111.35	114	135	115	5.21	4.16	3.28
3	101.79	119.36	106.22	101	111	111	0.78	7.00	4.50
4	106.91	134.14	108.35	114	122	118	6.63	9.05	8.91
5	104.89	120.33	107.62	103	125	109	1.80	3.88	1.28
6	109.02	131.15	111.35	116	121	113	6.40	7.74	1.48
7	107.62	120.33	109.78	104	108	104	3.36	10.25	5.27
8	106.22	125.98	107.62	100	127	107	5.86	0.81	0.58
9	110.56	124.73	112.94	109	113	103	1.41	9.40	8.80
10	104.89	114.69	108.35	102	103	101	2.76	10.19	6.78
ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย(เปอร์เซ็นต์)							6.34	6.44	6.14

จากตารางที่ 4.1 การวัดอุณหภูมิจากมัลติมิเตอร์เทียบกับเทอร์มิสเตอร์ในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีด มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 1 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงถึง 29.19 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดอยู่ชุดที่ 3 มีค่าอยู่ที่ 0.78 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีด มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 6.34 เปอร์เซ็นต์ในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 7 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 10.25 เปอร์เซ็นต์ และ มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดอยู่ในชุดที่ 8 มีค่าอยู่ที่ 0.81 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 6.44

เปอร์เซ็นต์ ในตำแหน่งที่ 3 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อน 20.55 เปอร์เซ็นต์ และในชุดที่ 8 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดในตำแหน่งที่ 3 ล่างของเตารีด มีค่าอยู่ที่ 0.58 เปอร์เซ็นต์แต่ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 3 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์อยู่ที่ 6.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากทดลองทั้ง 3 ตำแหน่งของเตารีด จะพบว่าตำแหน่งที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุด มีค่าอยู่ที่ 6.14 เปอร์เซ็นต์ ณ ตำแหน่งนี้ จึงเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมกับการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์มิสเตอร์เทียบกับมัลติมิเตอร์

จากรูปที่ 4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์มิสเตอร์เทียบกับมัลติมิเตอร์แบบมาตรฐานที่เวลาตั้งแต่ 1 นาที ถึง 10 นาทีซึ่งจากการทำงานของเตารีดจะใช้อุณหภูมิในการรีดอยู่ที่ 90 - 170 องศาเซลเซียสจะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดจะมีอุณหภูมิตั้งแต่ 140 - 170 องศาเซลเซียสเป็นตำแหน่งที่ให้ความร้อนได้ดีมากกว่าตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 และมีความคลาดเคลื่อนที่น้อยมากแต่ในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 ของเตารีดที่วัดค่าได้ มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) มากกว่าตำแหน่งที่ 2 ของเตารีด จึงเป็นตำแหน่งที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนัก

17194564 ป ก493ค 2557

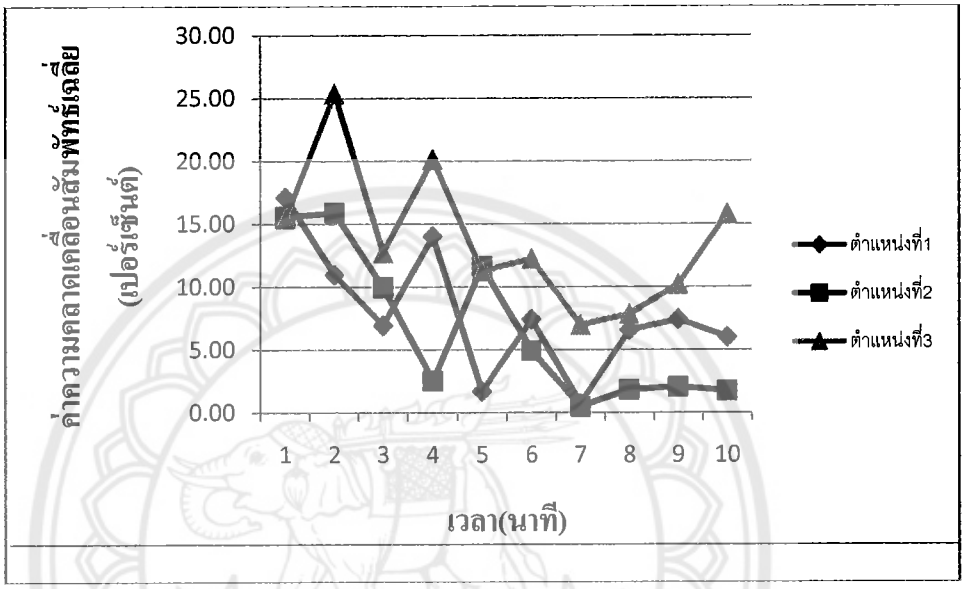
สำนักหอสมุด
10 มิ.ย. 2560

ตารางที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิที่วัดจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลและอุณหภูมิที่วัดจากมัลติมิเตอร์แบบมาตรฐานโดยเก็บข้อมูลทุกทุก 1 นาที จนครบ 10 นาที

เวลา (นาที)	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส) ที่วัดจาก						ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)		
	เครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น			มัลติมิเตอร์					
	ตำแหน่งที่			ตำแหน่งที่			ตำแหน่งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	111	144.5	105.7	130	167	122	17.12	15.57	15.42
2	102.75	116.5	91.75	114	135	115	10.95	15.88	25.34
3	108.5	123.25	98.5	101	111	111	6.91	9.94	12.69
4	100	119	98.25	114	122	118	14.00	2.52	20.10
5	104.75	112	98	103	125	109	1.67	11.61	11.22
6	108	127.25	100.7	116	121	113	7.41	4.91	12.21
7	103.25	107.5	97.25	104	108	104	0.73	0.47	6.94
8	107	124.75	99.25	100	127	107	6.54	1.80	7.81
9	101.5	110.75	93.5	109	113	103	7.39	2.03	10.16
10	96.25	101.25	87.25	102	103	101	5.97	1.73	15.76
ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย(เปอร์เซ็นต์)							7.87	6.65	13.77

จากตารางที่ 4.2 การวัดอุณหภูมิจากเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลเทียบกับมัลติมิเตอร์มาตรฐานในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 1 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์สูงถึง 17.12 เปอร์เซ็นต์และชุดที่ 5 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีดมีค่าอยู่ที่ 1.67 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีด มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 7.87 เปอร์เซ็นต์ และในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 15.88 เปอร์เซ็นต์และชุดที่ 7 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าอยู่ที่ 0.47 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลียอยู่ที่ 6.65 เปอร์เซ็นต์ในตำแหน่งที่ 3 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 2 มีค่าความ

คลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 25.34 เปอร์เซ็นต์และในชุดที่ 7 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดในตำแหน่งด้านล่างของเตารีดมีค่าอยู่ที่ 6.94 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 3 ของเตารีด มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์อยู่ที่ 13.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองทั้ง 3 ตำแหน่งของเตารีด จะพบว่าตำแหน่งที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 6.65 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้นเทียบกับมัลติมิเตอร์

จากรูปที่ 4.4 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้นกับเทอร์มิสเตอร์แบบมาตรฐานที่เวลาตั้งแต่ 1 นาที จนถึง 10 นาที ซึ่งจากการทำงานของเตารีดจะใช้อุณหภูมิในการรีดอยู่ที่ 90 - 170 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดจะมีอุณหภูมิตั้งแต่ 140 - 170 องศาเซลเซียส เป็นตำแหน่งที่ให้ความร้อนได้ดีมากกว่าตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 และมีความคลาดเคลื่อนที่น้อยมากกว่า แต่ในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 ของเตารีดที่วัดค่าได้ มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) มากกว่าตำแหน่งที่ 2 ของเตารีด จึงเป็นตำแหน่งที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนัก

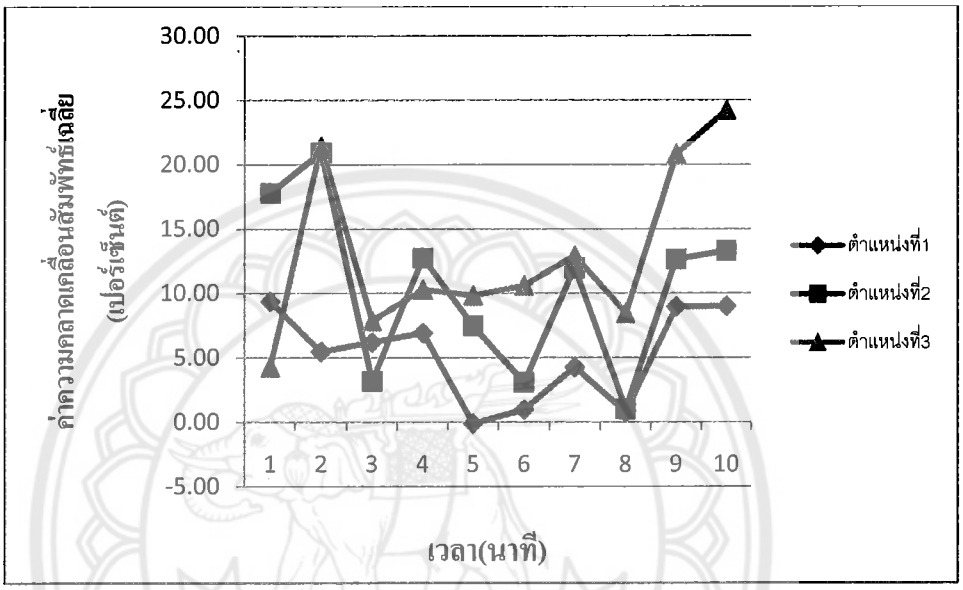
4.2 ทดสอบประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์

ตารางที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิที่วัดจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นและค่าอุณหภูมิที่วัดเทอร์มิสเตอร์ โดยเก็บข้อมูลทุกทุก 1 นาที จนครบ 10 นาที

เวลา (นาที)	ค่าอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส) ที่วัดจาก						ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์)		
	เครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น			เทอร์มิสเตอร์					
	ตำแหน่งที่			ตำแหน่งที่			ตำแหน่งที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	111	144.5	105.7	100.63	170.19	101.2	9.34	17.78	4.26
2	102.75	116.5	91.75	108.35	140.86	111.35	5.45	20.91	21.36
3	108.5	123.25	98.5	101.79	119.36	106.22	6.18	3.16	7.84
4	100	119	98.25	106.91	134.14	108.35	6.91	12.72	10.28
5	104.75	112	98	104.89	120.33	107.62	0.13	7.44	9.82
6	108	127.25	100.7	109.02	131.15	111.35	0.94	3.06	10.58
7	103.25	107.5	97.25	107.62	120.33	109.78	4.23	11.93	12.88
8	107	124.75	99.25	106.22	125.98	107.62	0.73	0.99	8.43
9	101.5	110.75	93.5	110.56	124.73	112.94	8.93	12.62	20.79
10	96.25	101.25	87.25	104.89	114.69	108.35	8.98	13.27	24.18
ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย(เปอร์เซ็นต์)							5.16	10.39	13.04

จากตารางที่ 4.3 การวัดอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นเทียบกับเทอร์มิสเตอร์ในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 1 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์สูงถึง 9.34 เปอร์เซ็นต์และชุดที่ 5 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีดมีค่าอยู่ที่ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 1 ของเตารีด มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 5.16 เปอร์เซ็นต์และในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 20.91 เปอร์เซ็นต์และชุดที่ 8 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าอยู่ที่ 0.99 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลียอยู่ที่ 10.39 เปอร์เซ็นต์ในตำแหน่งที่ 3 ของเตารีดมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จากการวัดอุณหภูมิมากอยู่ในชุดที่ 10 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 24.18

เปอร์เซ็นต์และในชุดที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดในตำแหน่งด้านล่างของเตารีดมีค่าอยู่ที่ 4.26 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่วัดได้ในตำแหน่งที่ 3 ของเตารีด มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์อยู่ที่ 13.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองทั้ง 3 ตำแหน่งของเตารีด จะพบว่าตำแหน่งที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ยที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 5.16 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้นเทียบกับเทอร์มิสเตอร์

จากรูปที่ 4.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) ของอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้นกับเทอร์มิสเตอร์ที่เวลาตั้งแต่ 1 นาที จนถึง 10 นาที ซึ่งจากการทำงานของเตารีดจะใช้อุณหภูมิในการรีดอยู่ที่ 90 - 170 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ 2 ของเตารีดจะมีอุณหภูมิตั้งแต่ 140 - 170 องศาเซลเซียส เป็นตำแหน่งที่ให้ความร้อนได้ดีมากกว่าตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 และจะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยมากกว่า แต่ในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 ของเตารีดที่วัดค่าได้ มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) มากกว่าตำแหน่งที่ 2 ของเตารีด จึงเป็นตำแหน่งที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนัก

4.3 ทดสอบความคงทนและการบันทึกอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่ได้พัฒนาขึ้น

ในการทดสอบความคงทนของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลได้ทำการทดสอบโดยทำการเปิดเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลให้ทำการเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อดูศักภาพการบันทึกข้อมูลของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่ได้พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิที่ได้ทดสอบความคงทนและการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลเป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง

ข้อมูลที่	วันที่	เวลา	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
1	21/7/2015	17.22	33.75	33.50	33.25
2	21/7/2015	21.22	32.00	31.50	31.50
3	22/7/2015	01.22	28.25	27.50	27.25
4	22/7/2015	05.22	27.25	26.50	26.25
5	22/7/2015	09.22	26.50	25.75	26.00
6	22/7/2015	13.22	29.75	31.25	30.25
7	22/7/2015	15.22	32.50	31.75	29.50
8	22/7/2015	21.22	32.75	31.50	32.00
9	23/7/2015	01.22	26.25	26.25	26.25
10	23/7/2015	05.22	27.75	27.25	27.75
11	23/7/2015	09.22	26.75	26.50	26.75
12	23/7/2015	13.22	30.75	29.50	29.75
12	23/7/2015	15.22	32.25	32.00	31.00

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลสามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยเริ่มเก็บข้อมูลอุณหภูมิตั้งแต่เวลา 17.22 วันที่ 21 กรกฎาคม 2558 ถึง 17.22 ของวันที่ 23 กรกฎาคม 2558 เวลา 17.22 และสามารถเก็บข้อมูลอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่องดังรูปที่ 4.2

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา พัฒนา ทดสอบและเปรียบเทียบเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล โดยใช้ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2 ภาคการศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลพร้อมวัดประสิทธิภาพของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอล โดยได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาโปรแกรมให้เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลทำงานได้จริงตามจุประสงค์ของโครงงานและทดลองการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลว่าสามารถทำงานได้จริงตรงตามที่ได้วิเคราะห์ไว

การทดลองการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลได้มีการออกแบบการทดสอบการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลอยู่สองขั้นตอนคือการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบันข้อมูลทึกอุณหภูมิแบบดิจิตอลแล้วจึงทดสอบความคงทนและการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง จากการทดสอบทั้ง 2 ขั้นตอนทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ในบทนี้เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลอง พร้อมข้อเสนอแนะแนวทางในการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอล

เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลสามารถบันทึกค่าอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในส่วนของโปรแกรมได้ออกแบบเพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ จากการติดตามการทำงานของระบบพบว่ามีปัญหาความล่าช้าในการบันทึกข้อมูล ในกรณีที่ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าไปขณะที่ระบบกำลังทำงาน โปรแกรมจะมีความหน่วงในการบันทึกข้อมูลช้า ไม่สามารถประมวลผลได้ทันที และต่อมาโปรแกรมก็สามารถแสดงผลได้ทันกับข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจากระบบและสามารถบันทึกข้อมูลได้โดยไม่มีปัญหาใด ๆ

การบันทึกอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลบนแผ่นนำความร้อนของเตารีดมีความคลาดเคลื่อนบางตำแหน่งเนื่องจากเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคมีความเร็วในการตอบสนองสูงทำเกิดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลโดยตำแหน่งที่มีความผิดพลาดสูงที่สุดจะอยู่ที่ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 โดยตำแหน่งที่ 2 จะเป็นตำแหน่งที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด กล่าวคือตำแหน่งที่ 2 มีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับตำแหน่ง 1 และตำแหน่งที่ 2

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. ระบบยังมีความคลาดเคลื่อนในการวัดอุณหภูมิ กล่าวคือมีการแกว่งของอุณหภูมิที่บันทึกจากเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลจึงเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิให้ถูกต้องกับวัสดุที่เป็นตัวนำอุณหภูมิ

2. หัววัดอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค มีความไวในการตอบสนองสูงเมื่อเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค สัมผัสกับโลหะนำความร้อนของเตารีดทำให้ข้อมูลที่ได้ผิดพลาดจึงต้องใช้เซรามิกหุ้มในจุวัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค

3. ไฟล์ที่ได้จากการบันทึกอุณหภูมิของเครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิแบบดิจิตอลเป็นไฟล์เดียวทำให้เวลาบันทึกข้อมูลอุณหภูมิเป็นเวลานานจะทำข้อมูลมีมาเกินไปจึงต้องเขียนโค้ดให้สามารถสร้างเก็บข้อมูลโดยสร้างไฟล์ใหม่ขึ้นเมื่อเข้าสู่วันต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

จากปัญหาที่พบในการพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอลที่พัฒนาขึ้น จำเป็นต้องศึกษาแนวทาง แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ดังต่อไปนี้

1. เพิ่มจอแสดงผลเพื่อให้ดูอุณหภูมิได้ตลอดเวลา
2. เพิ่มหัวเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคได้สองถึงสามหัว
3. เพิ่มการบันทึกข้อมูลแบบเพิ่มไฟล์ใหม่เมื่อเข้าสู่วันถัดไป
4. เพิ่มความยาวของสายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเคด้ามต้องการ
5. เพิ่มส่วนของการกำหนดเวลาในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 สืบค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2557
จาก http://www.atmel.com/devices/atmega328p.aspx

[2] การทำงานของ IC MAX6675 สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2557
จาก http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=max6675_thermocouple

[3] ภาษาซี (C Programming Language) สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2557
จาก http://itd.htc.ac.th/st_it50/it5016/nidz/Web_C/unit2.html

[4] ความหมายของเทอร์โมคับเปิล สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2557
จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0991/thermocouple-เทอร์โมคัปเปิล

[5] คุณสมบัติของเทอร์โมคับเปิล ข้อดี ข้อเสีย สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2557
จาก http://itd.htc.ac.th/st_it50/it5016/nidz/Web_C/unit2.html

[6] การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์(เปอร์เซ็นต์) และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2557
จาก http://errorsofmeasurement.blogspot.com/2013_11_01_archive.html

[7] การติดตั้งโปรแกรม Arduino สืบค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2557
จาก http://arduino.cc/en/main/software

[8] อุณหภูมิ สืบค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2558
จาก http://th.wikipedia.org/wiki/อุณหภูมิ

[9] การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558
จาก http://cptd.chandra.ac.th/selfstud/datacom/analoganddigital.htm

[10] ระบบเลขฐานสอง สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558
จาก http://neung.kaengkhoi.ac.th/mdata/data3.html

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอล

```
#include <SPI.h>                          //ฟังก์ชันการเชื่อมต่อข้อมูลแบบ SPI
#include <SD.h>                           //ฟังก์ชันโมดูลเก็บข้อมูล
#include <MAX6675.h>                      //ฟังก์ชันของไอซีMAX6675
#include <Wire.h>                         //ฟังก์ชันคุมสัญญาณแต่ละเส้น
#include "RTClib.h"                       //ฟังก์ชันนาฬิกาแบบเวลาจริง
RTC_DS1307 RTC;
MAX6675 thermocouple01;                   //กำหนดชื่อตัวแปร
MAX6675 thermocouple02;                   //กำหนดชื่อตัวแปร
MAX6675 thermocouple03;                   //กำหนดชื่อตัวแปร
const int chipSelect = 53;                //กำหนดขาชิฟ
// on most Arduino uno boards
// MOSI = pin 11
// MISO = pin 12
// CLK = pin 13
// CS = pin 4
// Arduino Mega
// MISO = pin 50
// MOSI = pin 51
// CLK = pin 52
// CS = pin 53
void setup() {
 Serial.begin(9600);                      //กำหนดความเร็วในการเชื่อมต่อข้อมูล
  Wire.begin();                           //ให้โปรแกรมควบคุมสัญญาณทำงาน
  RTC.begin();                            //ให้นาฬิกาแบบเวลาจริงทำงาน
 if (! RTC.isrunning()) {
  Serial.println("RTC is NOT running!");  //เมื่อนาฬิการแบบเวลาจริงไม่ทำงาน
  // following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled
  //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
```

```
}
 while (!Serial) {
  ; // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo only
 }
 thermocouple01.init(2, 3, 4);//PIN2 = S0, PIN3 = CSK, PIN4 = CS // กำหนดขา SO CSK CS
 thermocouple02.init(5, 6, 7);//PIN5 = S0, PIN6 = CSK, PIN7 = CS // กำหนดขา SO CSK CS
 thermocouple03.init(8, 9, 10);//PIN8 = S0, PIN9 = CSK, PIN10 = CS // กำหนดขา SO CSK CS
 Serial.print("Initializing SD card...");                    //เชื่อมต่อการทำงานกับ Serial Moniter
 // make sure that the default chip select pin is set to
 // output, even if you don't use it:
 pinMode(10, OUTPUT);                                       //กำหนดขาเอาพุด
 // see if the card is present and can be initialized:
 if (!SD.begin(chipSelect)) {
 Serial.println("Card failed, or not present");             //เมื่อไม่สามารถเชื่อมต่อกับเอสดีการ์ดได้
 // don't do anything more:
 return;
 }
 Serial.println("card initialized.");                       //เมื่อเชื่อต่อกับเอสดีการ์ดได้
 Serial.println("MAX6675 test");                            //ทดสอบการทำงานของไอซี MAX6675
 // wait for MAX chip to stabilize
 delay(59760);                                              //กำหนดดีเลย์ของการวัดอุณหภูมิ
}
void loop() {
 // basic readout test, just print the current temp
  DateTime now = RTC.now();                                 //กำหนดเวลาเป็นเวลาจริง
  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
```

```
Serial.print('/');
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print(' ');
Serial.print(now.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print(" Temp01 : ");
Serial.print(float(thermocouple01.measure(TEMPC)));
Serial.print(" C / Temp02 : ");
Serial.print(float(thermocouple02.measure(TEMPC)));
Serial.print(" C / Temp03 : ");
Serial.print(float(thermocouple03.measure(TEMPC)));
Serial.print(" C ");
Serial.println(" ");
// open the file. note that only one file can be open at a time,
// so you have to close this one before opening another.
File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);     //เปิดเอสดีการ์ดและสร้างไฟล์.txt
// if the file is available, write to it:
if (dataFile) {
   dataFile.print(now.year(), DEC);
   dataFile.print('/');
   dataFile.print(now.month(), DEC);
   dataFile.print('/');
   dataFile.print(now.day(), DEC);
   dataFile.print(' ');
```

```
    dataFile.print(now.hour(), DEC);
    dataFile.print(':');
    dataFile.print(now.minute(), DEC);
    dataFile.print(':');
    dataFile.print(now.second(), DEC);
    dataFile.print(" ");
    dataFile.print(" Temp01 :");
    dataFile.print(float(thermocouple01.measure(TEMPC)));
    dataFile.print(" C / Temp02 : ");
    dataFile.print(float(thermocouple02.measure(TEMPC)));
    dataFile.print(" C / Temp03 : ");
    dataFile.print(float(thermocouple03.measure(TEMPC)));
    dataFile.print(" C ");
    dataFile.println(" ");
    dataFile.close();
    // print to the serial port too:
    //Serial.println(Temp01);
     delay(59760);
  }
  else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");          //แสดง error opening datalog.txt เมื่อไม่
                                                          สามารถเปิดไฟล์.txtในเอสดีการ์ดได้
  }
}
```

ภาคผนวก ข

รายละเอียด MAX6675

19-225; Rev 1; 3/03

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures spanning from

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution

Ordering Information

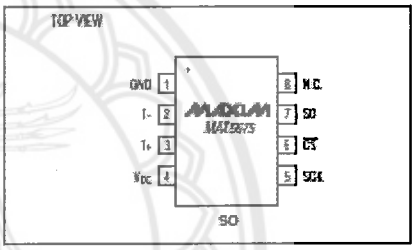
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

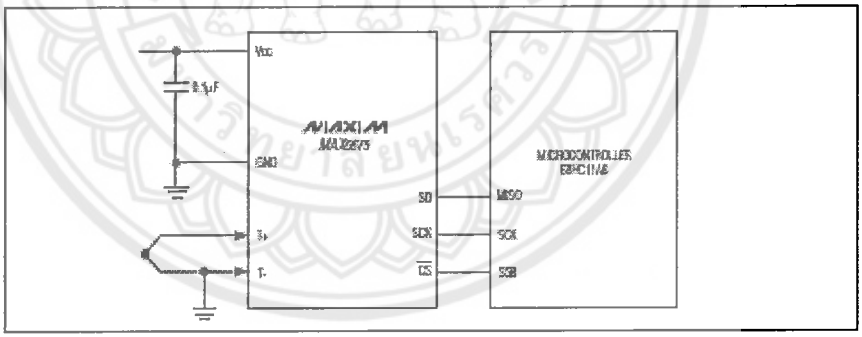
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Pin Configuration



Typical Application Circuit



For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND) ..... -0.3V to +6V
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND ..... -0.3V to V_{CC} + 0.3V
SO Current 50mA
ESD Protection (Human Body Model) ..... ±2000V
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
Operating Temperature Range ..... -20°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +150°C
Junction Temperature ..... +150°C
SO Package
Vapor Phase (60s) ..... +215°C
Infrared (15s) ..... +220°C
Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V_{CC} = +5V	-6		+6	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V_{CC} = +5V	-9		+9	
		$T_{THERMOCOUPLE}$ = +700°C to +1000°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-17		+17	
			V_{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant					±0.25		µV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V_{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution					0.25		°C
Thermocouple Input Impedance					60		kΩ
Supply Voltage	V_{CC}			3.0		5.5	V
Supply Current	I_{CC}				0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising		1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					92		mV
Conversion Time		(Note 2)			0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V_{IL}					0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_{IH}			0.7 x V_{CC}			V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	V_{IN} = GND or V_{CC}				±5	µA
Input Capacitance	C_{IN}				5		pF

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VCC = +3.0V to +5.5V, TA = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

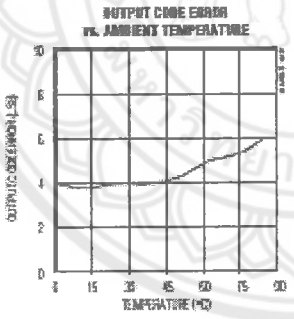
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	VOH	ISOURCE = 1.6mA	VCC - 0.4			V
Output Low Voltage	VOL	ISINK = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	fSCL				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	tCH		100			ns
SCK Pulse Low Width	tCL		100			ns
CS↓ Fall to SCK Rise	tCSS	CL = 100pF	100			ns
CS↓ Fall to Output Enable	tDV	CL = 100pF			100	ns
CS↑ Rise to Output Disable	tTR	CL = 100pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	tDO	CL = 100pF			100	ns

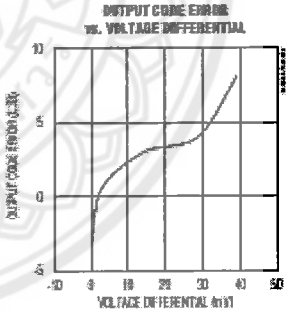
Note 1: All specifications are 100% tested at TA = +85°C. Specification limits over temperature (TA = TMIN to TMAX) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(VCC = +3.3V, TA = +25°C, unless otherwise noted.)





Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	CS	Chip Select. Set CS low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / °C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force $\overline{CS}$ low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing $\overline{CS}$ low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing $\overline{CS}$ high.

Force $\overline{CS}$ low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1µF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid sharp temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

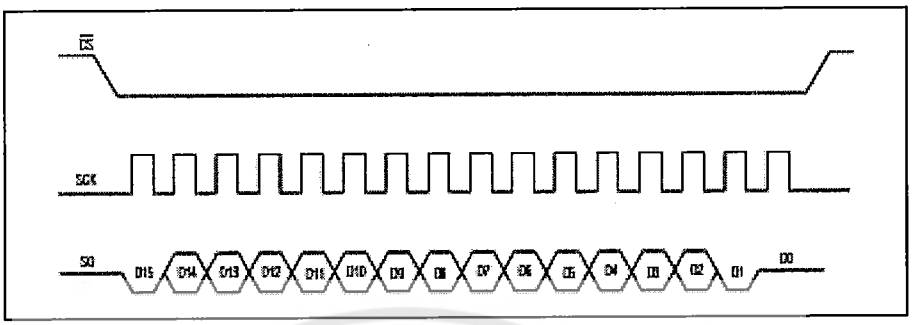


Figure 1a. Serial Interface Protocol

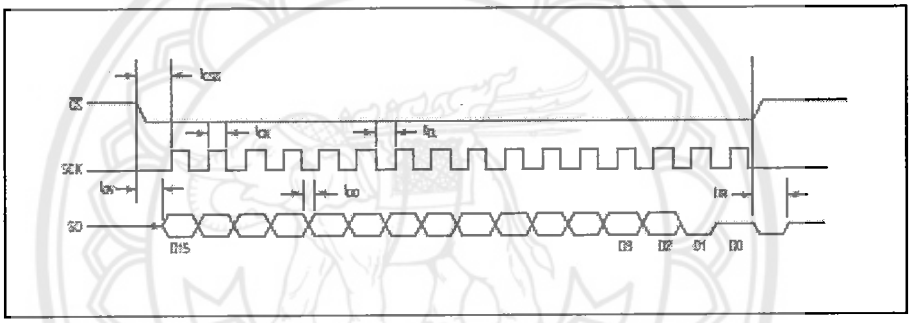


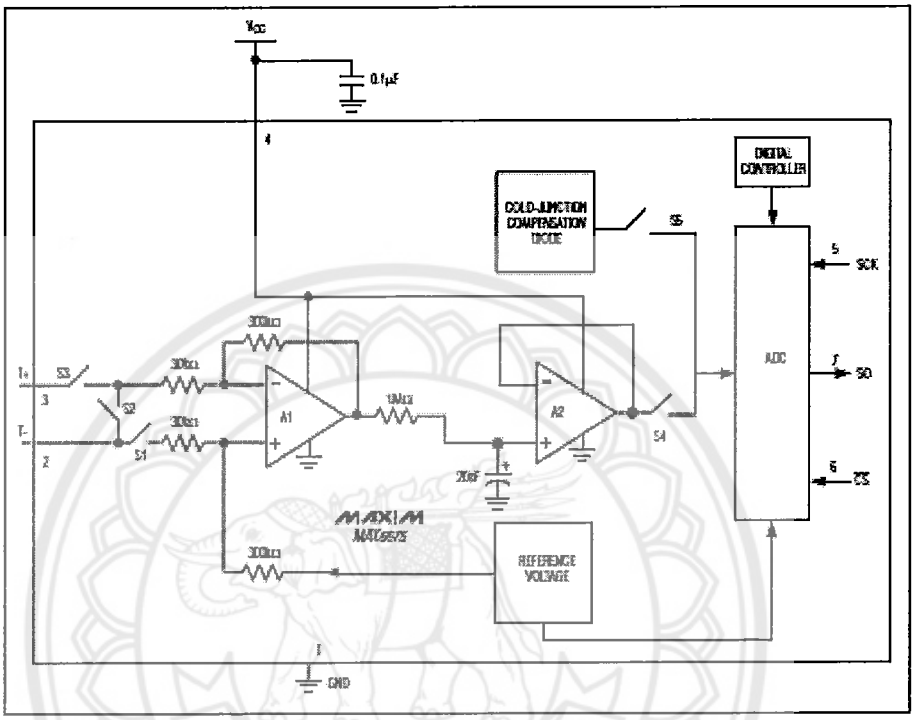
Figure 1b. Serial Interface Timing

BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Figure 2. SO Output

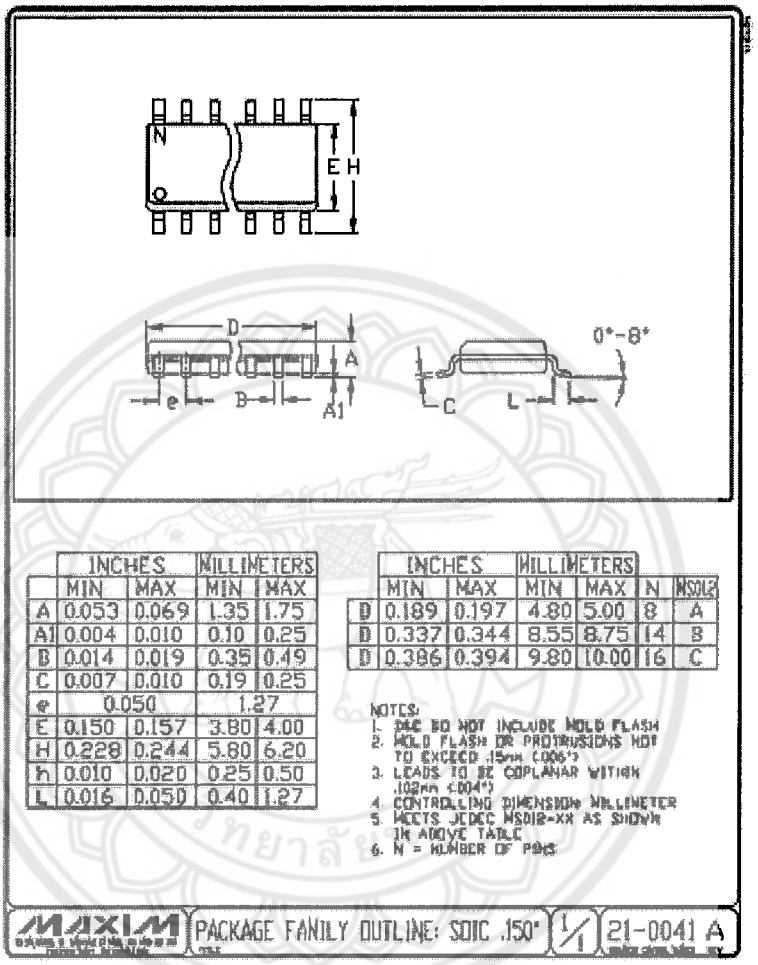
Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Block Diagram



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Package Information



	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050		1.27	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
h	0.010	0.020	0.25	0.50
L	0.016	0.050	0.40	1.27

	INCHES		MILLIMETERS			
	MIN	MAX	MIN	MAX	N	MS012
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	A
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	B
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	C

NOTES:
1. DAC BO NOT INCLUDE MOLD FLASH
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCECD .15mm (.006")
3. LEADS TO BE COPLANAR WITIHN .102mm (.004")
4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
5. MEETS JEDEC MS012-xx AS SHOWN IN ABOVE TABLE
6. N = NUMBER OF PINS

MAXIM | PACKAGE FAMILY OUTLINE: SOIC .150" | 1/1 | 21-0041 A

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

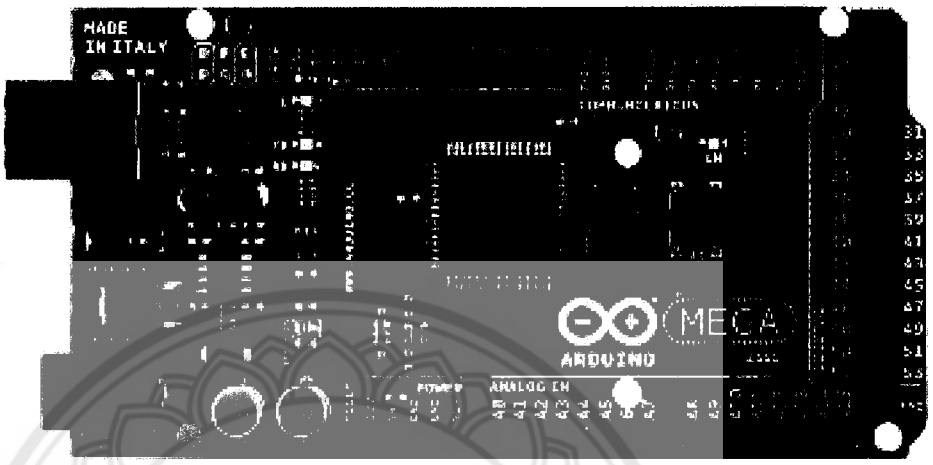
© 2002 Maxim Integrated Products Printed USA MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

ภาคผนวก ค

รายละเอียดบอร์ด อาร์ดุไอโน่ 2560

(Arduino MEGA2560)

Arduino MEGA 2560



CE

Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical Specifications — Page 2

How to use Arduino
Programming Enviroment, Basic Tutorials — Page 6

Terms & Conditions — Page 7

Enviromental Policies — Page 7

RS radiospares RADIONICS

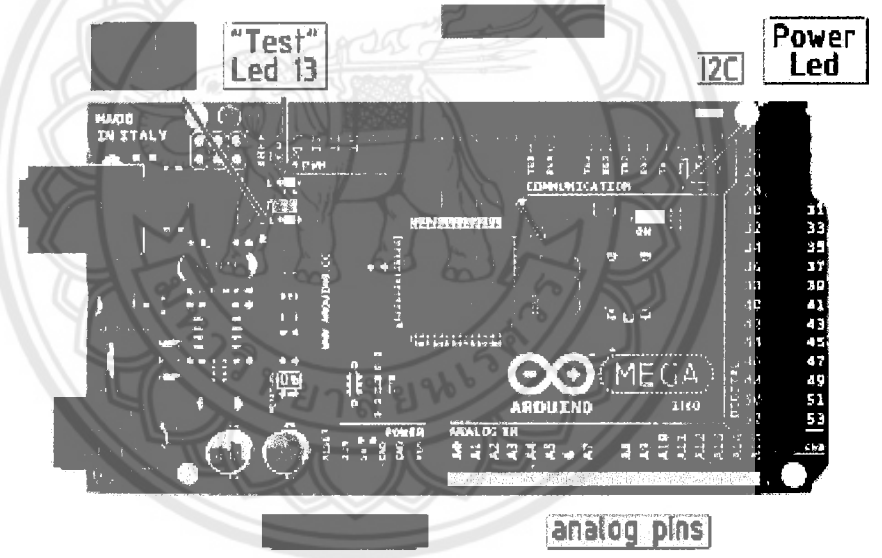
Technical Specification

EAGLE files: arduino-mega2560-reference-design.zip Schematic: arduino-mega2560-schematic.pdf

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



RS radiospares RADIONICS

Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead() functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip .
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the attachInterrupt() function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the analogWrite() function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the Wire library (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and analogReference() function.

There are a couple of other pins on the board:

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

RS Radiospares RADIONICS

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A SoftwareSerial library allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

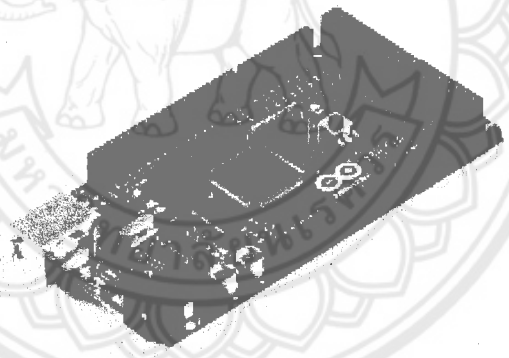
The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation on the Wiring website for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

Programming

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software (download). For details, see the reference and tutorials.

The Atmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details.



RS radiospares RADIONICS

Automatic (Software) Reset

Rather then requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega is designed to be compatible with most shields designed for the Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega and Duemilanove / Diecimila. Please note that I2C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).

RS radiospares RADIONICS

How to use Arduino

Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the Arduino programming language (based on Wiring) and the Arduino development environment (based on Processing). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the Arduino site for the latest instructions. *http://arduino.cc/en/Guide/HomePage*

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

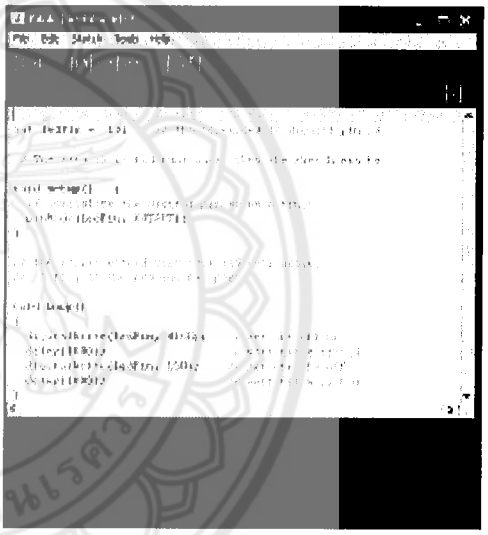
Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink

Once you have your skecth you'll see something very close to the screenshot on the right.

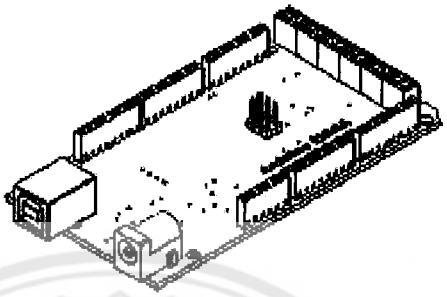
In Tools>Board select MEGA

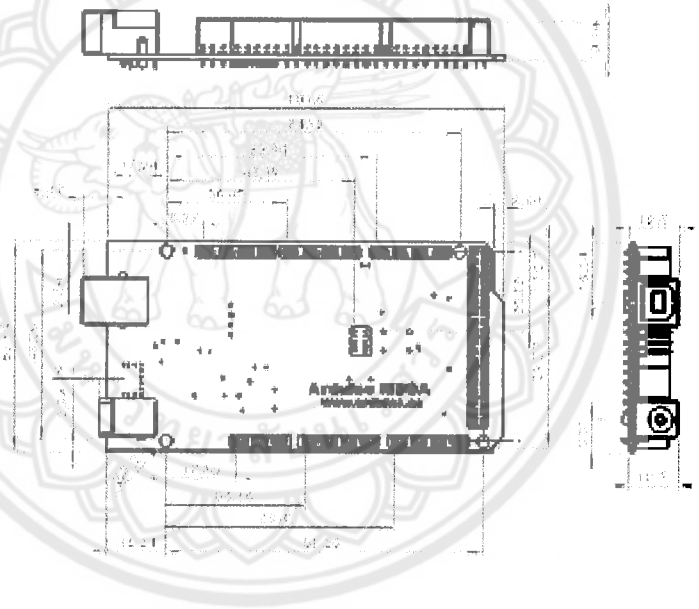
Now you have to go to
Tools>SerialPort
and select the right serial port, the one arduino is attached to.



RS radiospares RADIONICS

Dimensioned Drawing





radiospares RADIONICS

Terms & Conditions

1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replace parts. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

Enviromental Policies

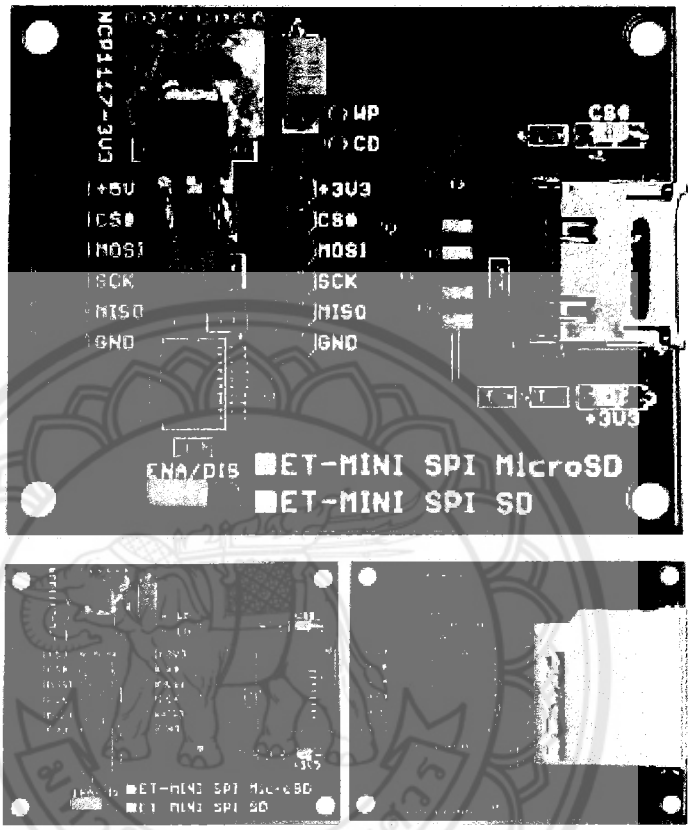
The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.

IMPATTO ZERO® www.lifegate.it LIFEGATE

RS radiospares RADIONICS

ภาคผนวก ง
การใช้งานโมดูลเก็บข้อมูล

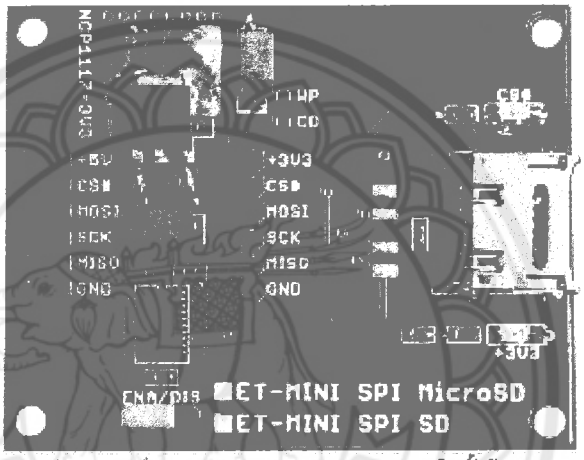
ET MINI SPI SD/MicroSD



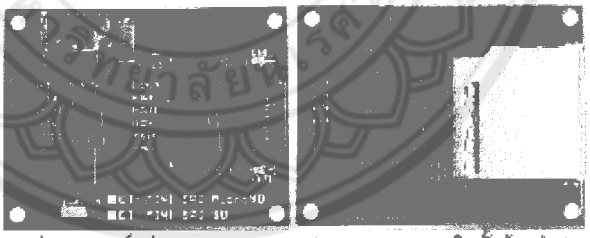
ET-MINI SPI SD/MicroSD เป็นบอร์ด เชื่อมต่อระหว่าง MCU กับการ์ดหน่วยความจำ โดยรองรับการ์ดหน่วยความจำทั้งแบบ SD Card และ Micro-SD Card โดยใช้การเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำในโหมด SPI ใช้สัญญาณในการติดต่อสื่อสาร 4 เส้น สัญญาณ โดยภายในบอร์ด ได้จัดให้มีวงจร แปลงระดับสัญญาณโลจิก (74LCX245) พร้อมวงจร Regulate 3.3V/1A ไว้ด้วย เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อ การ์ดหน่วยความจำ กับ MCU ที่เป็นระบบ 5V ได้โดยตรง

คุณสมบัติของบอร์ด ET-MINI SPI SD/MicroSD

1. รองรับการสื่อสารระหว่าง MCU กับการ์ดหน่วยความจำ (SD/MicroSD) ในโหมด SPI
2. มีวงจรแปลงระดับสัญญาณโลจิกระหว่าง 5V และ 3.3V บนบอร์ด (ใช้ 74LCX245) พร้อม Jumper สำหรับเลือกใช้หรือไม่ใช้ วงจรแปลงระดับสัญญาณได้ในกรณีต้องการต่อกับ MCU ที่เป็น 3.3V
3. มีวงจร Regulate ขนาด 3.3V/1A บนบอร์ด เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายให้การ์ดหน่วยความจำและวงจร Buffer แปลงระดับสัญญาณโลจิก ในกรณีใช้กับ MCU ที่เป็นระบบ 5V
4. ใช้เชื่อมสัญญาณการเชื่อมต่อแบบ Pin Header 1x6 ตัวเมีย และ ตัวผู้ อย่างละ 1 ชุด
5. มี LED สถานะสำหรับแสดง สถานะของแหล่งจ่ายไฟ และ การติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำ
6. ขนาด PCB Size 4.3 cm x 5.6 cm

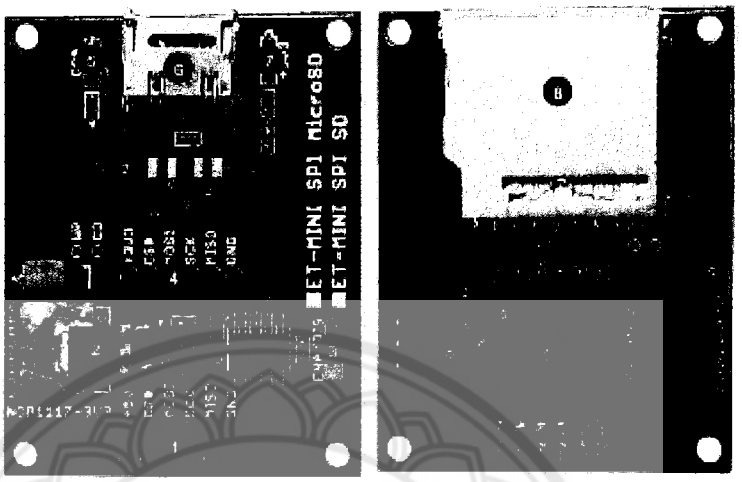


รูปแสดง บอร์ดรุ่น ET-MINI SPI MicroSD (Socket ติดตั้งด้านบน)



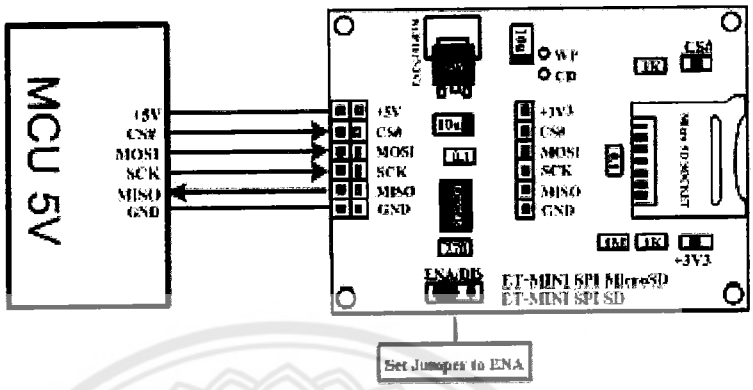
รูปแสดง บอร์ดรุ่น ET-MINI SPI SD (Socket SD Card ติดตั้งด้านล่าง)

โครงสร้างบอร์ด ET-MINI SD/MicroSD

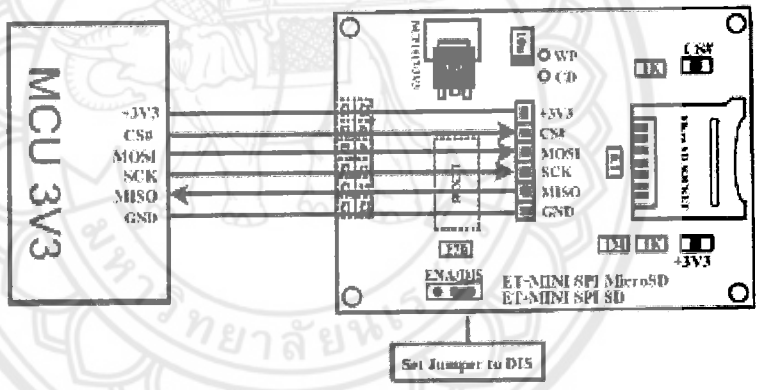


รูปแสดง ตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆในบอร์ด ET-MINI SPI SD/MicroSD

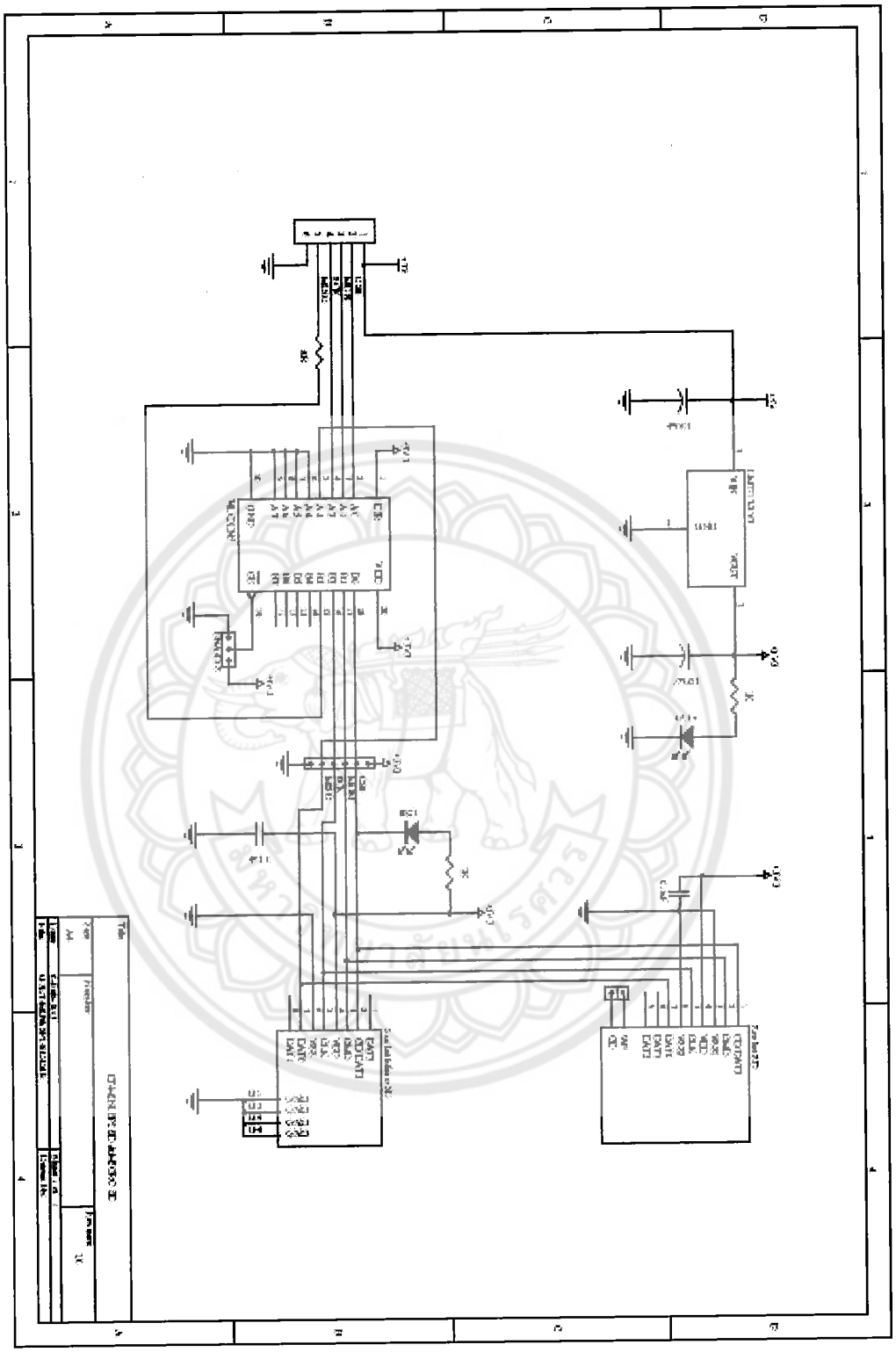
- หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อสัญญาณคิดต่อกับการ์ดหน่วยความจำใช้กับ MCU ที่มีระดับโลจิก 5V
- หมายเลข 2 คือ IC Regulate 3.3V/1A ใช้สำหรับแปลงแรงดันระดับแหล่งจ่ายจาก 5V ให้เป็น 3.3V เพื่อจ่ายให้กับการ์ดหน่วยความจำและวงจรแปลงระดับสัญญาณโลจิก
- หมายเลข 3 คือ Jumper สำหรับเลือกเปิดปิดการทำงานของวงจรแปลงระดับโลจิก โดยถ้าใช้กับ MCU ที่เป็น 5V ต้องเลือกเป็น Enable(ENA) และเชื่อมต่อสัญญาณที่ Connector หมายเลข 1 แต่ถ้าใช้กับวงจร MCU ที่เป็นระดับโลจิก 3.3V ต้องเลือกเป็น Disable(DIS) และเชื่อมต่อสัญญาณเข้าที่ Connector หมายเลข 4
- หมายเลข 4 คือ ขั้วต่อสัญญาณคิดต่อกับการ์ดหน่วยความจำใช้กับ MCU ที่มีระดับโลจิก 3.3V
- หมายเลข 5 คือ LED แสดงสถานะ(CS#) เมื่อมีการติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำ
- หมายเลข 6 คือ ขั้วต่อ Socket สำหรับ ใส่การ์ดหน่วยความจำ แบบ MicroSD
- หมายเลข 7 คือ LED แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ(3.3V) ของการ์ดหน่วยความจำ
- หมายเลข 8 คือ ขั้วต่อ Socket สำหรับ ใส่การ์ดหน่วยความจำ แบบ SD Card



รูปแสดง ตัวอย่างการเชื่อมต่อกับ MCU ที่ใช้ไฟเลี้ยง +5V



รูปแสดง ตัวอย่างการเชื่อมต่อกับ MCU ที่ใช้ไฟเลี้ยง +3V3



ภาคผนวก จ

การใช้งานนาฬิกาแปบเวลาจริง (DS1307)

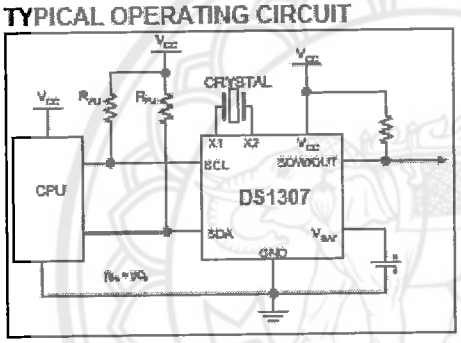
maxim integrated

DS1307
64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

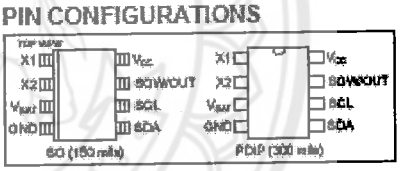
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



BENEFITS AND FEATURES

- Completely Manages All Timekeeping Functions
  - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
  - 56-Byte, Battery-Backed, General-Purpose RAM with Unlimited Writes
  - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Port Interfaces to Most Microcontrollers
  - I²C Serial Interface
- Low Power Operation Extends Battery Backup Run Time
  - Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
  - Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- 8-Pin DIP and 8-Pin SO Minimizes Required Space
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C Supports Operation in a Wide Range of Applications
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE	TOP MARK*
DS1307+	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307N+	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307Z+	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307ZN+	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307Z+T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307ZN+T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N

+Denotes a lead-free/RoHS-compliant package.
**A "+" anywhere on the top mark indicates a lead-free package. An "N" anywhere on the top mark indicates an industrial temperature range device.*
Underwriters Laboratories, Inc. is a registered certification mark of Underwriters Laboratories, Inc.

REV: 3/15

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground .....-0.5V to +7.0V
Operating Temperature Range (Noncondensing)
Commercial.....0°C to +70°C
Industrial .....-40°C to +85°C
Storage Temperature Range ..... -55°C to +125°C
Soldering Temperature (DIP, leads).....+260°C for 10 seconds
Soldering Temperature (surface mount).....Refer to the JPC/JEDEC J-STD-020 Specification.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Logic 1 Input	V_{IH}		2.2		V_{CC} + 0.3	V
Logic 0 Input	V_{IL}		-0.3		+0.8	V
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}		2.0	3	3.5	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 4.5V to 5.5V; T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Leakage (SCL)	I_{LI}		-1		1	µA
I/O Leakage (SDA, SQW/OUT)	I_{LO}		-1		1	µA
Logic 0 Output (I_{OL} = 5mA)	V_{OL}				0.4	V
Active Supply Current (f_{SCL} = 100kHz)	I_{CCA}				1.5	mA
Standby Current	I_{CCS}	(Note 3)			200	µA
V_{BAT} Leakage Current	I_{BATLKG}			5	50	nA
Power-Fail Voltage (V_{BAT} = 3.0V)	V_{PF}		1.216 x V_{BAT}	1.25 x V_{BAT}	1.284 x V_{BAT}	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 3.0V; T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}			300	500	nA
V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I_{BAT2}			480	800	nA
V_{BAT} Data-Retention Current (Oscillator Off)	I_{BATDR}			10	100	nA

WARNING: Negative undershoots below -0.3V while the part is in battery-backed mode may cause loss of data.

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS
(V_{CC} = 4.5V to 5.5V; T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f_{SCL}		0		100	kHz
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t_{BUF}		4.7			µs
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HD:STA}$	(Note 4)	4.0			µs
LOW Period of SCL Clock	t_{LOW}		4.7			µs
HIGH Period of SCL Clock	t_{HIGH}		4.0			µs
Setup Time for a Repeated START Condition	$t_{SU:STA}$		4.7			µs
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$		0			µs
Data Setup Time	$t_{SU:DAT}$	(Notes 5, 6)	250			ns
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t_R				1000	ns
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t_F				300	ns
Setup Time for STOP Condition	$t_{SU:STO}$		4.7			µs

CAPACITANCE
(T_A = +25°C)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Pin Capacitance (SDA, SCL)	$C_{I/O}$				10	pF
Capacitance Load for Each Bus Line	C_B	(Note 7)			400	pF

Note 1: All voltages are referenced to ground.

Note 2: Limits at -40°C are guaranteed by design and are not production tested.

Note 3: I_{CCA} specified with V_{CC} = 5.0V and SDA, SCL = 5.0V.

Note 4: After this period, the first clock pulse is generated.

Note 5: A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the $V_{IH(MIN)}$ of the SCL signal) to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.

Note 6: The maximum $t_{HD:DAT}$ only has to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.

Note 7: C_B—total capacitance of one bus line in pF.

TIMING DIAGRAM

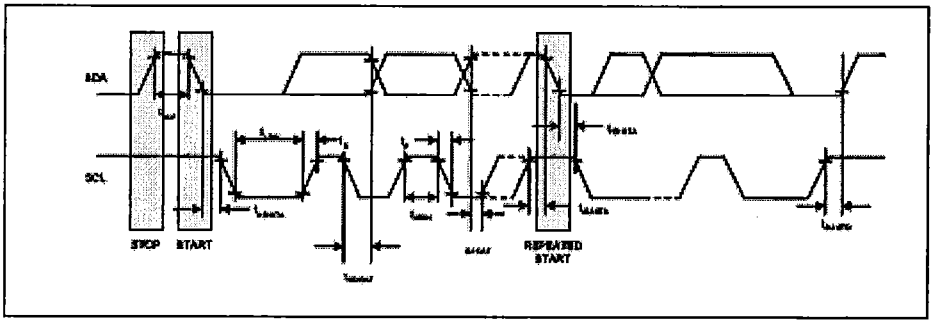
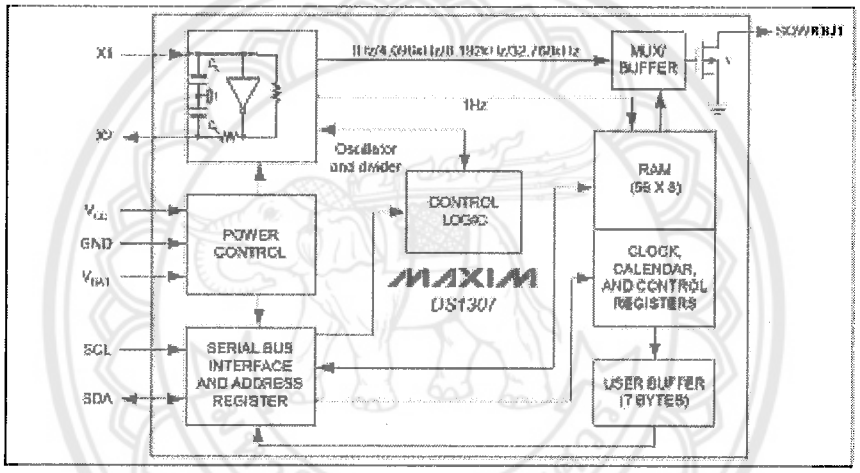
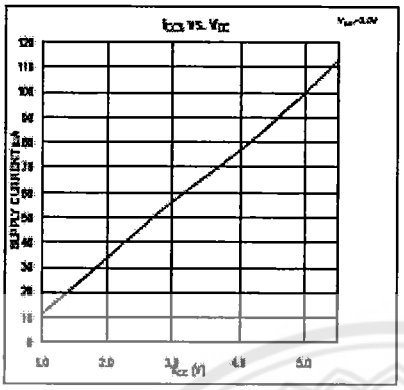


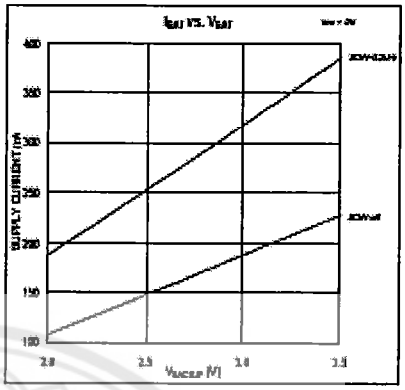
Figure 1. Block Diagram

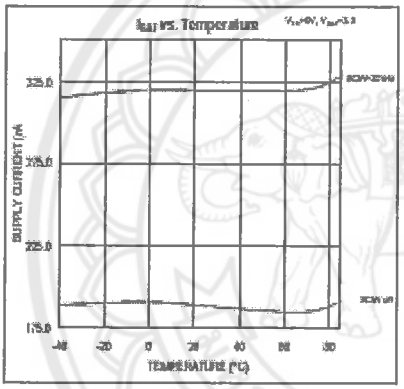


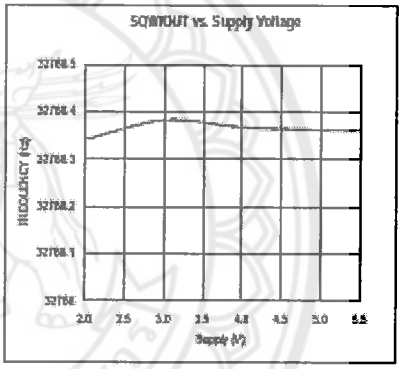
TYPICAL OPERATING CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 5.0V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)









PIN DESCRIPTION

PIN	NAME	FUNCTION
1	X1	Connections for Standard 32.768kHz Quartz Crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (C_L) of 12.5pF. X1 is the input to the oscillator and can optionally be connected to an external 32.768kHz oscillator. The output of the internal oscillator, X2, is floated if an external oscillator is connected to X1. Note: For more information on crystal selection and crystal layout considerations, refer to *Application Note 58: Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks*.
2	X2	
3	V_{BAT}	Backup Supply Input for Any Standard 3V Lithium Cell or Other Energy Source. Battery voltage must be held between the minimum and maximum limits for proper operation. Diodes in series between the battery and the V_{BAT} pin may prevent proper operation. If a backup supply is not required, V_{BAT} must be grounded. The nominal power-fail trip point (V_{PF}) voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A lithium battery with 48mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at +25°C. UL recognized to ensure against reverse charging current when used with a lithium battery. Go to: www.maxim-ic.com/qa/info/ul/.
4	GND	Ground
5	SDA	Serial Data Input/Output. SDA is the data input/output for the I²C serial interface. The SDA pin is open drain and requires an external pullup resistor. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V_{CC}.
6	SCL	Serial Clock Input. SCL is the clock input for the I²C interface and is used to synchronize data movement on the serial interface. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V_{CC}.
7	SQW/OUT	Square Wave/Output Driver. When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square-wave frequencies (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). The SQW/OUT pin is open drain and requires an external pullup resistor. SQW/OUT operates with either V_{CC} or V_{BAT} applied. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V_{CC}. If not used, this pin can be left floating.
8	V_{CC}	Primary Power Supply. When voltage is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a backup supply is connected to the device and V_{CC} is below V_{TP}, read and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage.

DETAILED DESCRIPTION

The DS1307 is a low-power clock/calendar with 56 bytes of battery-backed SRAM. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The DS1307 operates as a slave device on the I²C bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below 1.25 x V_{BAT}, the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out-of-tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT}, the device switches into a low-current battery-backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than V_{BAT} +0.2V and recognizes inputs when V_{CC} is greater than 1.25 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

OSCILLATOR CIRCUIT

The DS1307 uses an external 32.768kHz crystal. The oscillator circuit does not require any external resistors or capacitors to operate. Table 1 specifies several crystal parameters for the external crystal. Figure 1 shows a functional schematic of the oscillator circuit. If using a crystal with the specified characteristics, the startup time is usually less than one second.

CLOCK ACCURACY

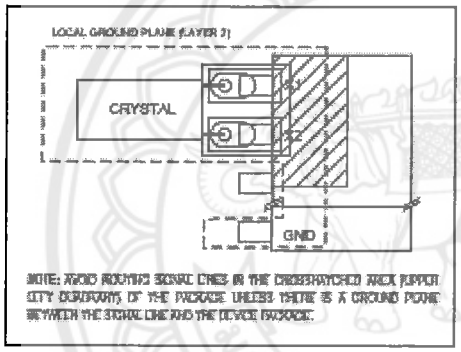
The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. Refer to Application Note 58: *Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks* for detailed information.

Table 1. Crystal Specifications*

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
Nominal Frequency	f_O		32.768		kHz
Series Resistance	ESR			45	kΩ
Load Capacitance	C_L		12.5		pF

**The crystal, traces, and crystal input pins should be isolated from RF generating signals. Refer to Application Note 58: Crystal Considerations for Dallas Real-Time Clocks for additional specifications.*

Figure 2. Recommended Layout for Crystal



RTC AND RAM ADDRESS MAP

Table 2 shows the address map for the DS1307 RTC and RAM registers. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multibyte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. Table 2 shows the RTC registers. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the BCD format. The day-of-week register increments at midnight. Values that correspond to the day of week are user-defined but must be sequential (i.e., if 1 equals Sunday, then 2 equals Monday, and so on.) Illogical time and date entries result in undefined operation. Bit 7 of Register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to 1, the oscillator is disabled. When cleared to 0, the oscillator is enabled. On first application of power to the device the time and date registers are typically reset to 01/01/00 01 00:00:00 (MM/DD/YY DOW HH:MM:SS). The CH bit in the seconds register will be set to a 1. The clock can be halted whenever the timekeeping functions are not required, which minimizes current (I_{BATDR}).

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12-hour or 24-hour mode-select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10-hour bit (20 to 23 hours). The hours value must be re-entered whenever the 12/24-hour mode bit is changed.

When reading or writing the time and date registers, secondary (user) buffers are used to prevent errors when the internal registers update. When reading the time and date registers, the user buffers are synchronized to the internal registers on any I²C START. The time information is read from these secondary registers while the clock continues to run. This eliminates the need to re-read the registers in case the internal registers update during a read. The divider chain is reset whenever the seconds register is written. Write transfers occur on the I²C acknowledge from the DS1307. Once the divider chain is reset, to avoid rollover issues, the remaining time and date registers must be written within one second.

Table 2. Timekeeper Registers

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00h	CH	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59
01h	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59
02h	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours				Hours	1–12 +AM/PM 00–23
		24	PM/ AM							
03h	0	0	0	0	0	DAY			Day	01–07
04h	0	0	10 Date		Date				Date	01–31
05h	0	0	0	10 Month	Month				Month	01–12
06h	10 Year				Year				Year	00–99
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08h–3Fh									RAM 56 x 8	00h–FFh

0 = Always reads back as 0.

CONTROL REGISTER

The DS1307 control register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

Bit 7: Output Control (OUT). This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square-wave output is disabled. If *SQWE* = 0, the logic level on the *SQW/OUT* pin is 1 if OUT = 1 and is 0 if OUT = 0. On initial application of power to the device, this bit is typically set to a 0.

Bit 4: Square-Wave Enable (SQWE). This bit, when set to logic 1, enables the oscillator output. The frequency of the square-wave output depends upon the value of the RS0 and RS1 bits. With the square-wave output set to 1Hz, the clock registers update on the falling edge of the square wave. On initial application of power to the device, this bit is typically set to a 0.

Bits 1 and 0: Rate Select (RS[1:0]). These bits control the frequency of the square-wave output when the square-wave output has been enabled. The following table lists the square-wave frequencies that can be selected with the RS bits. On initial application of power to the device, these bits are typically set to a 1.

RS1	RS0	SQW/OUT OUTPUT	SQWE	OUT
0	0	1Hz	1	X
0	1	4.096kHz	1	X
1	0	8.192kHz	1	X
1	1	32.768kHz	1	X
X	X	0	0	0
X	X	1	0	1

I²C DATA BUS

The DS1307 supports the I²C protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are referred to as slaves. The bus must be controlled by a master device that generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the I²C bus.

Figures 3, 4, and 5 detail how data is transferred on the I²C bus.

- Data transfer can be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is high will be interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

Bus not busy: Both data and clock lines remain HIGH.

START data transfer: A change in the state of the data line, from HIGH to LOW, while the clock is HIGH, defines a START condition.

STOP data transfer: A change in the state of the data line, from LOW to HIGH, while the clock line is HIGH, defines the STOP condition.

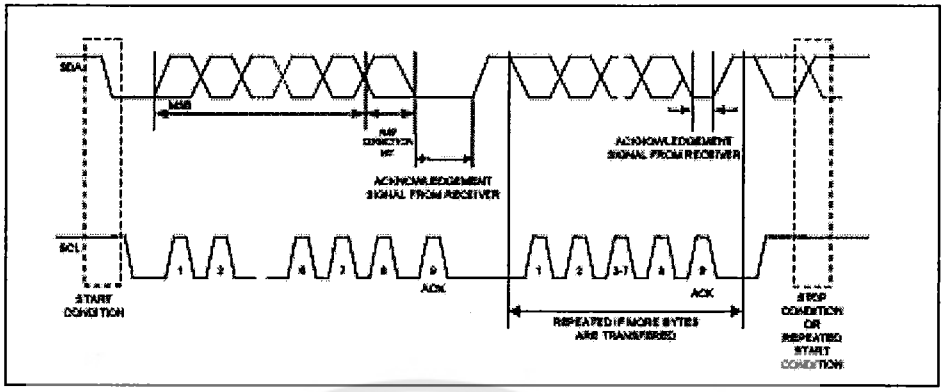
Data valid: The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal. The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between START and STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte-wise and each receiver acknowledges with a ninth bit. Within the I²C bus specifications a standard mode (100kHz clock rate) and a fast mode (400kHz clock rate) are defined. The DS1307 operates in the standard mode (100kHz) only.

Acknowledge: Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master must signal an end of data to the slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave must leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

Figure 3. Data Transfer on I²C Serial Bus



Depending upon the state of the R/W bit, two types of data transfer are possible:

1. Data transfer from a master transmitter to a slave receiver. The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

2. Data transfer from a slave transmitter to a master receiver. The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a "not acknowledge" is returned.

   The master device generates all the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

The DS1307 can operate in the following two modes:

1. **Slave Receiver Mode (Write Mode):** Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Hardware performs address recognition after reception of the slave address and direction bit (see Figure 4). The slave address byte is the first byte received after the master generates the START condition. The slave address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W), which for a write is 0. After receiving and decoding the slave address byte, the DS1307 outputs an acknowledge on SDA. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a word address to the DS1307. This sets the register pointer on the DS1307, with the DS1307 acknowledging the transfer. The master can then transmit zero or more bytes of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The register pointer automatically increments after each data byte are written. The master will generate a STOP condition to terminate the data write.

2. **Slave Transmitter Mode (Read Mode):** The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. The DS1307 transmits serial data on SDA while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (see Figure 5). The slave address byte is the first byte received after the START condition is generated by the master. The slave address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W), which is 1 for a read. After receiving and decoding the slave address the DS1307 outputs an acknowledge on SDA. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The register pointer automatically increments after each byte are read. The DS1307 must receive a Not Acknowledge to end a read.

Figure 4. Data Write—Slave Receiver Mode

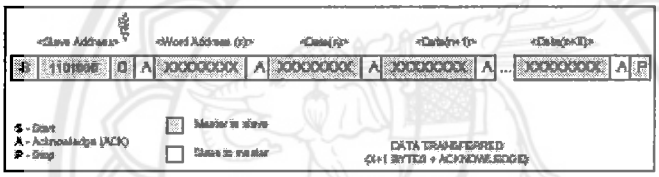


Figure 5. Data Read—Slave Transmitter Mode

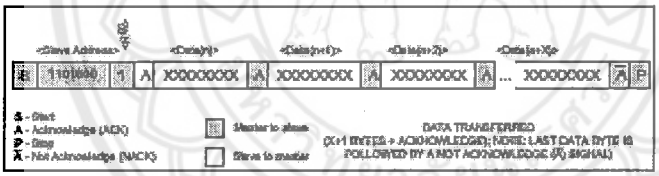
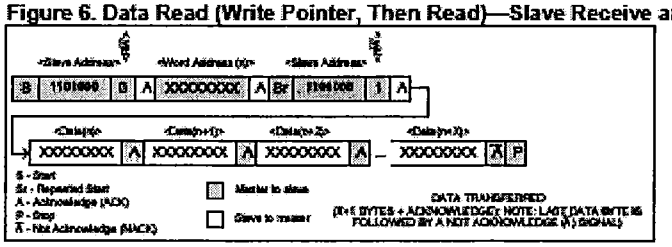


Figure 6. Data Read (Write Pointer, Then Read)—Slave Receive and Transmit



PACKAGE INFORMATION

For the latest package outline information and land patterns, go to www.maxim-ic.com/packages.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	DOCUMENT NO.
8 PDIP	—	21-0043
8 SO	—	21-0041

REVISION HISTORY

REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
100208	Moved the *Typical Operating Circuit* and *Pin Configurations* to first page.	1
	Removed the leaded part numbers from the *Ordering Information* table.	1
	Added an open-drain transistor to SQW/OUT in the block diagram (Figure 1).	4
	Added the pullup voltage range for SDA, SCL, and SQW/OUT to the *Pin Description* table and noted that SQW/OUT can be left open if not used.	6
	Added default time and date values on first application of power to the *Clock and Calendar* section and deleted the note that initial power-on state is not defined.	8
	Added default on initial application of power to bit info in the *Control Register* section.	9
	Updated the *Package Information* section to reflect new package outline drawing numbers.	13
3/15	Updated *Benefits and Features* section	1

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600

© 2015 Maxim Integrated Products Maxim is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

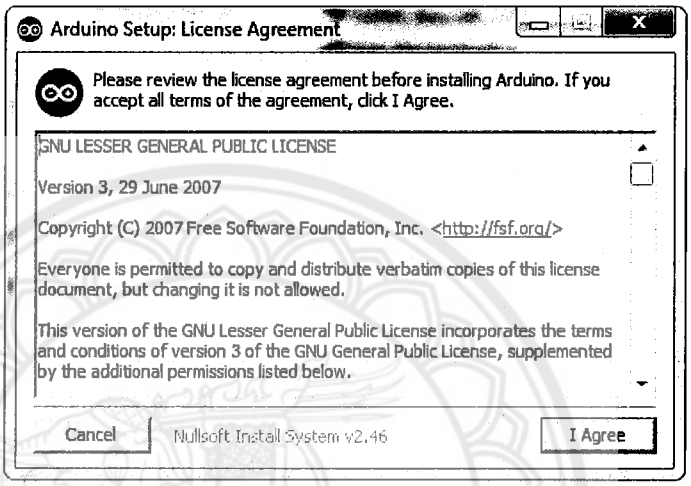
ภาคผนวก ฉ

การติดตั้งโปรแกรม อาร์ดุไอโน่ ดูเอมิลาร์นูฟ (Arduino Duemilanove) เพื่อใช้งาน

การติดตั้งโปรแกรมอาร์ดุไอโน่ ดูเอมิลาร์นูฟ (Arduino Duemilanove)

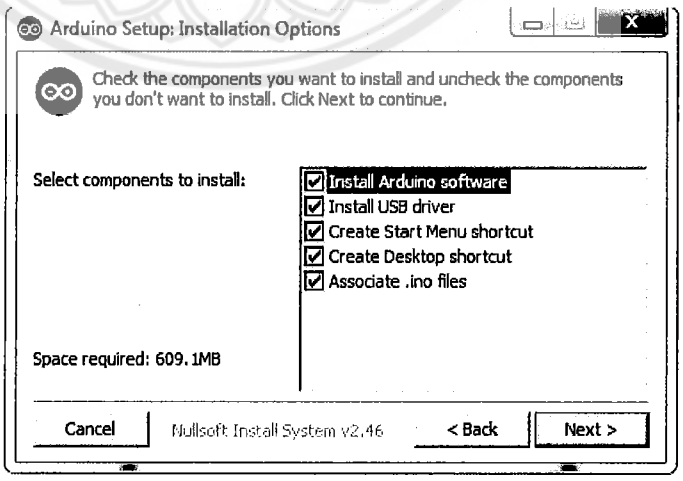
1. ติดตั้ง arduino-1.5.8-windows.exe เพื่อใช้เป็นตัวคอมไพเลอร์โปรแกรมเพื่อติดตั้ง

1.1 ทำการ run ไฟล์ arduino-1.5.8-windows.exe จะปรากฏหน้าต่าง ให้เลือก I Agree ต้องการจะติดตั้ง (ตามรูปที่ 1)



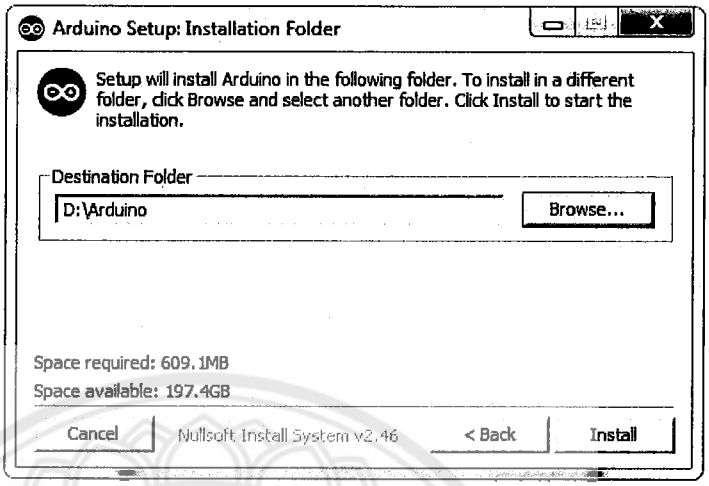
รูปที่ 1

1.2 จากนั้นกดปุ่ม Next (ตามรูปที่ 2)



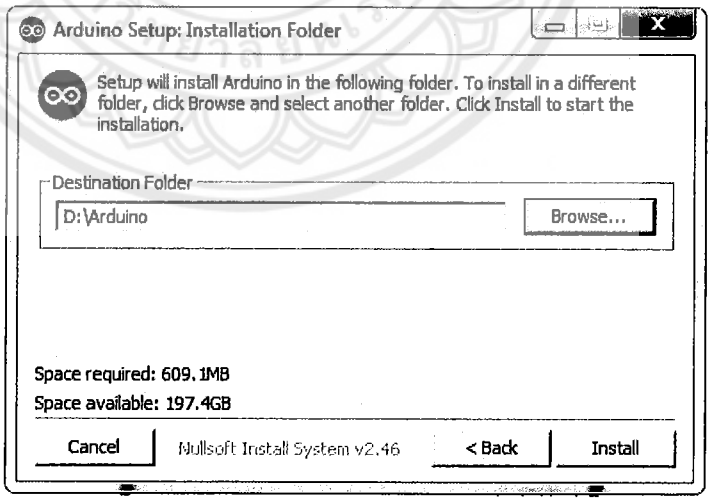
รูปที่ 2

1.3 จากนั้นจะขึ้นหน้าต่างเพื่อให้เลือกไดรฟ์ที่ต้องการติดตั้ง (ตามรูปที่ 3)



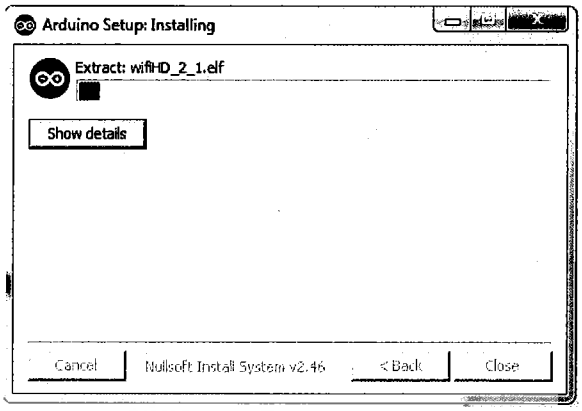
รูปที่ 3

1.4 จากนั้นกดปุ่ม Install เพื่อลงโปรแกรม (ตามรูปที่ 4)



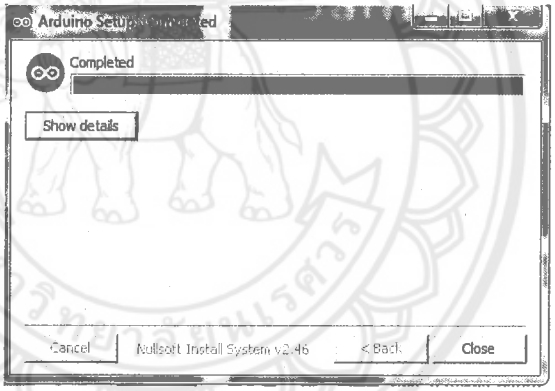
รูปที่ 4

1.5 พอโหลดเสร็จแล้วจะขึ้นหน้าจอ (ตามรูปที่ 5)



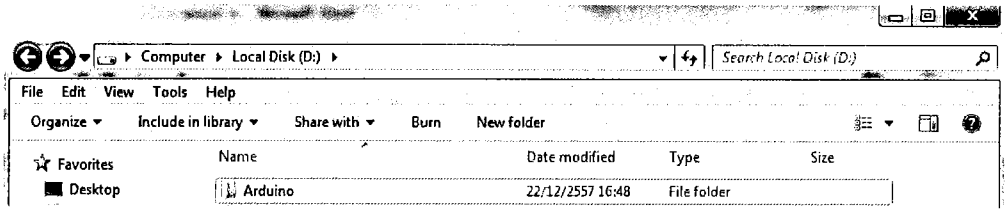
รูปที่ 5

1.6 กด Close เพื่อเสร็จสิ้นการลงโปรแกรม (ตามรูปที่ 6)



รูปที่ 6

1.7 จากโปรแกรมที่ลงจะอยู่ตามไดรฟ์ที่ลงไว้ (ตามรูปที่ 7)



รูปที่ 7

ภาคผนวก ช

ข้อมูลที่ทำการบันทึกเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยบันทึกทุกๆ 1 นาที

2015/7/21 17:22:33 Temp01 :33.75 C / Temp02 : 33.50 C / Temp03 : 33.25 C

2015/7/21 17:23:33 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 17:24:33 Temp01 :33.75 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:25:33 Temp01 :33.75 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 17:26:33 Temp01 :33.75 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:27:33 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 33.50 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 17:28:33 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 17:29:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:30:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:31:33 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:32:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:33:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 17:34:33 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:35:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 17:36:33 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:37:33 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:38:33 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 17:39:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:40:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:41:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:42:33 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:43:33 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:44:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:45:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:46:34 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:47:34 Temp01 :33.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 17:48:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:49:34 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:50:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:51:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 33.25 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 17:52:34 Temp01 :33.50 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:53:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:54:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 33.50 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:55:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 17:56:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 17:57:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:58:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 17:59:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:0:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 18:1:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:2:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:3:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:4:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:5:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:6:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 18:7:34 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:8:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:9:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:10:34 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:11:34 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:12:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:13:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:14:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:15:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 33.00 C / Temp03 : 33.00 C

2015/7/21 18:16:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:17:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:18:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:19:34 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.75 C

2015/7/21 18:20:34 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:21:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:22:35 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:23:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:24:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:25:35 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:26:35 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:27:35 Temp01 :33.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:28:35 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:29:35 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:30:35 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:31:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:32:35 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 18:33:35 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:34:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:35:35 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:36:35 Temp01 :33.00 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:37:35 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:38:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:39:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:40:35 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:41:35 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:42:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:43:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 18:44:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:45:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 18:46:35 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 18:47:35 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:48:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:49:35 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:50:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 18:51:35 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:52:35 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 18:53:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:54:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:55:35 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 18:56:35 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 18:57:36 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:4:7 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:5:7 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:6:7 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.75 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 19:8:29 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 19:9:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 30.25 C

2015/7/21 19:10:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 19:11:29 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 19:12:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 19:13:29 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 19:14:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.50 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 19:15:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 19:16:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:17:29 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.50 C

2015/7/21 19:18:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:19:29 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 30.25 C

2015/7/21 19:21:46 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:22:47 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:23:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:24:47 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:25:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 19:26:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 19:27:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:28:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:29:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:30:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 19:31:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:32:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:33:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 19:34:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:35:47 Temp01 :32.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 19:36:47 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:37:47 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 19:38:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:39:47 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:40:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:41:47 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:42:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 19:43:47 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:44:47 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:45:47 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:46:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 19:47:47 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:48:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 19:49:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:50:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 19:51:47 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:52:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:53:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:54:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 19:55:47 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:56:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:57:47 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 19:58:48 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 19:59:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:0:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:1:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:2:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:3:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 20:4:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.25 C

2015/7/21 20:5:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:6:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:7:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:8:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:9:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:10:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:11:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:12:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:13:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:14:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:15:48 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:16:48 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:17:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:18:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:19:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:20:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:21:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:22:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:23:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:24:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 20:25:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:26:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:27:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:28:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:29:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:30:48 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:31:48 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:32:48 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:33:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 20:34:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:35:48 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:36:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:37:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:38:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:39:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 20:40:49 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:41:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 20:42:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:43:49 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:44:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:45:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:46:49 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:47:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:48:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:49:49 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:50:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:51:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:52:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:53:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:54:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:55:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:56:49 Temp01 :31.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 20:57:49 Temp01 :31.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 20:58:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 30.25 C / Temp03 : 30.75 C

2015/7/21 20:59:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:0:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 21:1:49 Temp01 :31.00 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 30.75 C

2015/7/21 21:2:49 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:3:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 30.75 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:4:49 Temp01 :31.00 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 21:5:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:6:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 30.50 C

2015/7/21 21:7:49 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:8:49 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:9:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 21:10:49 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 30.50 C

2015/7/21 21:11:49 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:12:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:13:49 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 21:14:50 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 21:15:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:16:50 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:17:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 21:18:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:19:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:20:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:21:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:22:50 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:23:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:24:50 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 30.75 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 21:25:50 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:26:50 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 21:27:50 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 21:28:50 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:29:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 21:30:50 Temp01 :31.00 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:31:50 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.25 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:32:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 21:33:50 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:34:50 Temp01 :32.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 21:35:50 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 21:36:50 Temp01 :32.25 C / Temp02 : 31.75 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 21:37:50 Temp01 :32.00 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 31.75 C

2015/7/21 21:39:33 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 32.25 C / Temp03 : 32.00 C

2015/7/21 21:40:33 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:41:33 Temp01 :31.75 C / Temp02 : 32.00 C / Temp03 : 31.50 C

2015/7/21 21:42:33 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.50 C / Temp03 : 31.25 C

2015/7/21 21:43:33 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 30.75 C

2015/7/21 21:44:33 Temp01 :31.50 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 30.75 C

2015/7/21 21:45:33 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 21:46:33 Temp01 :31.00 C / Temp02 : 31.00 C / Temp03 : 31.00 C

2015/7/21 21:47:33 Temp01 :31.25 C / Temp02 : 30.75 C / Temp03 : 30.75 C

2015/7/21 21:48:33 Temp01 :30.50 C / Temp02 : 30.75 C / Temp03 : 30.50 C

2015/7/21 21:49:33 Temp01 :30.00 C / Temp02 : 30.50 C / Temp03 : 30.25 C

2015/7/21 21:50:33 Temp01 :30.00 C / Temp02 : 30.25 C / Temp03 : 30.00 C

2015/7/21 21:51:33 Temp01 :29.50 C / Temp02 : 30.50 C / Temp03 : 30.25 C

2015/7/21 21:52:33 Temp01 :29.75 C / Temp02 : 30.25 C / Temp03 : 29.50 C

2015/7/21 21:53:33 Temp01 :30.00 C / Temp02 : 30.25 C / Temp03 : 30.00 C

2015/7/21 21:54:33 Temp01 :29.50 C / Temp02 : 30.25 C / Temp03 : 30.25 C

2015/7/21 21:55:33 Temp01 :29.50 C / Temp02 : 30.00 C / Temp03 : 29.50 C

2015/7/21 21:56:33 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 30.25 C / Temp03 : 29.50 C

2015/7/21 21:57:33 Temp01 :29.75 C / Temp02 : 30.00 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 21:58:33 Temp01 :29.50 C / Temp02 : 30.00 C / Temp03 : 29.75 C

2015/7/21 21:59:33 Temp01 :29.25 C / Temp02 : 29.50 C / Temp03 : 29.00 C

2015/7/21 22:0:33 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.50 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 22:1:33 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 22:2:33 Temp01 :29.75 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 22:3:33 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 29.50 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 22:4:33 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.75 C / Temp03 : 29.50 C

2015/7/21 22:5:33 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 29.50 C

2015/7/21 22:6:33 Temp01 :29.50 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 29.50 C

2015/7/21 22:7:33 Temp01 :29.25 C / Temp02 : 29.50 C / Temp03 : 29.00 C

2015/7/21 22:8:33 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 22:9:34 Temp01 :29.25 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 22:10:34 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.50 C / Temp03 : 29.00 C

2015/7/21 22:11:34 Temp01 :28.00 C / Temp02 : 29.50 C / Temp03 : 29.00 C

2015/7/21 22:12:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 29.00 C

2015/7/21 22:13:34 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:14:34 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:15:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:16:34 Temp01 :29.25 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:17:34 Temp01 :28.50 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:18:34 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 29.00 C

2015/7/21 22:19:34 Temp01 :28.25 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:20:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:21:34 Temp01 :28.25 C / Temp02 : 28.25 C / Temp03 : 27.75 C

2015/7/21 22:22:34 Temp01 :28.25 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:23:34 Temp01 :28.25 C / Temp02 : 28.75 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:24:34 Temp01 :28.00 C / Temp02 : 28.25 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:25:34 Temp01 :27.75 C / Temp02 : 28.00 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:26:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.75 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:27:34 Temp01 :28.25 C / Temp02 : 28.75 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:28:34 Temp01 :28.25 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 28.00 C

2015/7/21 22:29:34 Temp01 :28.00 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:30:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.75 C / Temp03 : 28.00 C

2015/7/21 22:31:34 Temp01 :29.00 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:32:34 Temp01 :28.50 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:33:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 29.00 C

2015/7/21 22:34:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.75 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:35:34 Temp01 :28.50 C / Temp02 : 28.25 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:36:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 28.00 C

2015/7/21 22:37:34 Temp01 :28.50 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 27.75 C

2015/7/21 22:38:34 Temp01 :28.00 C / Temp02 : 28.25 C / Temp03 : 28.00 C

2015/7/21 22:39:34 Temp01 :28.50 C / Temp02 : 28.75 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:40:34 Temp01 :28.00 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:41:34 Temp01 :28.00 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:42:34 Temp01 :28.50 C / Temp02 : 28.25 C / Temp03 : 28.25 C

2015/7/21 22:43:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.25 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:44:34 Temp01 :29.25 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:45:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 29.25 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:46:34 Temp01 :28.50 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 29.25 C

2015/7/21 22:47:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.75 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:48:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 29.00 C / Temp03 : 28.75 C

2015/7/21 22:49:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.50 C / Temp03 : 28.50 C

2015/7/21 22:50:34 Temp01 :28.75 C / Temp02 : 28.25 C / Temp03 : 28.25 C